



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"CUAUTITLAN"

9.24

**CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES.**  
**Herramientas básicas del Control de Calidad**

**TRABAJO DE SEMINARIO**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :

**Jesús Andrade Granillo**

ASESOR:

ING. JUAN DE LA CRUZ HERNANDEZ ZAMUDIO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

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

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:  
Calidad en las organizaciones

"Herramientas básicas del Control de Calidad"

que presenta el pasante: Andrade Granillo Jesús  
con número de cuenta: 8161885-9 para obtener el Título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 21 de febrero de 1996

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>1 y 3</u>	Ing. <u>Juan de la Cruz Hernandez Zamudio</u>	
<u>2 y 4</u>	Ing. <u>Juan Rafael Garibay Bermudez</u>	
	Ing. <u>Sergio Martín Durán Guerrero</u>	

DEP/VBOSEN

**HERRAMIENTAS BASICAS  
DEL CONTROL DE CALIDAD**

## **Temario**

### **Introducción**

### **Objetivos Generales**

- 1.0.- Antecedentes históricos**
- 1.1.- Calidad en la época artesanal**
- 1.2.- Calidad a partir de la época industrial**
- 1.3.- Tendencias actuales**
- 2.0.- Herramientas básicas del control de calidad**
- 2.1.- Generalidades**
- 2.2.- Concepto de variación (Aleatorización, extracción de datos bajo condiciones uniformes)**
- 2.3.- Medidas de tendencia central ( Media aritmética, Mediana, Moda)**
- 2.4.- Medidas de variación (Desviación estandar, Rango)**
- 2.5.- Distribución de frecuencias (Histograma)**
- 2.6.- Análisis de Pareto ("80:20" muchos triviales pocos vitales")**
- 2.7.- Diagrama de espina de pescado (Diagrama de causas y efecto, Diagrama de Ishikawa)**
- 2.8.- Diagrama de dispersión (correlación)**

### **Conclusiones**

### **Bibliografía**

**Objetivos generales:**

- 1.- Dar una visión breve acerca de la conceptualización de la calidad
- 2.- Dar una idea acerca del papel que juegan las herramientas estadísticas-analíticas en el control de calidad.
- 3.- Dar a conocer algunas de las técnicas o métodos básicos Estadísticos analíticos que se usan el control de calidad.

### **Introducción:**

Existe una gran preocupación no manifiesta por parte de la mayoría de alumnos y exalumnos por la responsabilidad que representa el titularse tradicionalmente (tesis y examen oral), sobre todo cuando las condiciones económicas tanto del país como de los propios alumnos exigen un apego total tanto en el tiempo como en responsabilidades, a las labores propias del trabajo.

Atinadamente los dirigentes de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, abren una gama de opciones de titulación, esto tiene como efecto una especie de catalisis para alumnos en vías de titularse o en estudiantes que ya tenían tiempo de haber concluido sus estudios pero que, tenían pendientes este compromiso.

Este fue el motivo por el cual tomé este seminario de titulación, el seminario de titulación y examen oral es una de las opciones que se implementaron actualmente, sus objetivos primordiales es el de abrir un espacio académico, en el cual, siguiendo, un procedimiento metodológico se presentan una serie de cursos que permitan al egresado desarrollar soluciones a los problemas y desafíos propios de ejercicio profesional.

A través de esta opción, seleccioné el título " El control de calidad en las organizaciones (empresas e instituciones )" por que creo que es de vital importancia sobre todo en estos tiempos de apertura internacional que está viviendo nuestro país.

**De este seminario se desprende este trabajo "Herramientas básicas del Control de Calidad " que representa un estudio particular básico para comprender el Control de Calidad, así pues primeramente veremos un repaso a los orígenes del concepto de calidad, a través de la historia, posteriormente veremos las principales herramientas que se utilizan en el Control de Calidad, basadas éstas en técnicas estadísticas.**

### **1.1.- CALIDAD EN LA ÉPOCA ARTESANAL**

Los trabajos de manufactura en la época preindustrial como eran prácticamente labores de artesanía, tenían mucho que ver con la obra de arte. El artesano ponía todo su empeño en hacer lo mejor posible cada una de sus obras cuidando incluso que la presentación del trabajo satisficiera los gustos estéticos de la época, dado que de la perfección de su obra dependía su prestigio artesanal.

HI. JUICIO ACERCA DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TENÍA ENTONCES COMO BASE LA RELACIÓN PERSONAL QUE SE ESTABLECÍA ENTRE EL ARTESANO Y EL USUARIO. Cuando alguien necesitaba de algún producto, como podría ser una herramienta o un determinado vestido o traje, exponía sus necesidades al fabricante, quien lo elaboraba de acuerdo con los requerimientos establecidos por el cliente. Como eran trabajos " hechos a la medida ", el productor sabía de inmediato si su trabajo había dejado satisfecho al cliente, o no.

### **1.2.- CALIDAD A PARTIR DE LA ÉPOCA INDUSTRIAL**

Con el advenimiento de la era industrial esta situación cambio. El taller cedió su lugar a la fábrica de producción masiva, bien fuera de artículos terminados o bien de piezas que iban a ser ensambladas en una etapa posterior de producción y que, por consiguiente, eran remplazables.

El cambio en el proceso de producción trajo con sigo cambios en la organización de la empresa. Como ya no era el caso de que un operario que se dedicara a la elaboración de un artículo, fue necesario introducir en las fábricas PROCEDIMIENTOS ESPECÍFICOS para atender la calidad de los productos fabricados en forma masiva. Dichos procedimientos han ido evolucionando, sobre todo, durante estos últimos tiempos; lo cual ha sido a su vez ocasión para que se pusieran de relieve determinados matices involucrados en el concepto de calidad.

**En este proceso de evolución se distinguen cuatro diferentes etapas :**

- La etapa en la que se cuida la calidad de los productos mediante un trabajo de inspección
- La etapa en la que cae en la cuenta de que la atención a la calidad exige observación del proceso a fin de mejorarlo.
- La etapa en la que, además el mejoramiento del proceso, se percibe la necesidad de asegurar el mejoramiento introducido.
- Y, finalmente, la etapa en la que la administración misma re define su papel con el propósito de que la calidad del producto sea la estrategia a emplear para tener éxito frente a los competidores.

A continuación el autor describe brevemente cada una de estas etapas.

**Primera etapa: el control de calidad mediante la inspección.**

Esta etapa coincide con el periodo en el que comienza a tener mucha importancia la producción de artículos en serie. Ante esta situación era necesario ver si el artículo, al final de la línea de producción, resultaba apto o no, para el uso para el que estaba destinado; por eso, en las fábricas se vió la conveniencia de introducir un departamento especial a cuyo cargo estuviera la tarea de inspección. A este nuevo organismo se le denominó departamento de control de calidad.

A esta etapa corresponden algunos precursores como lo son Federick W. Taylor, el iniciador de la administración científica, que dice que toca a la administración definir la tarea de los operarios y especificarles el procedimiento y la relación que debe darse entre tiempos y movimientos. La tarea de control de calidad compete a los supervisores. Es esta una de sus ocho tareas específicas.

G. S. Radford, en su obra *The Control of Quality in Manufacturing* afirma que la inspección tiene como propósito examinar de cerca y en forma crítica el trabajo para comprobar su calidad y detectar los errores; una vez que estos han sido identificados, personas especializadas en la materia deben ponerles remedio. Lo importante es que el producto cumpla con los estándares establecidos, por que el comprador juzga la calidad de los artículos tomando como base su uniformidad, que es resultado de que el fabricante se cifa a dichas especificaciones. Radford propone métodos de muestreo como ayuda para llevar a cabo el control de calidad, más no fundamenta sus métodos en la estadística, habla además de como debe organizarse el departamento de inspección.

El libro toca otros aspectos relacionados con la calidad, como lo es la necesidad de que los diseñadores se involucren desde el comienzo en las actividades de calidad, la necesidad de que exista coordinación entre los diferentes departamentos y la relación que debe existir entre el mejoramiento de la calidad y baja de costos.

No obstante los elementos contenidos en este libro y el adelanto que significaba introducir en la organización un departamento dedicado al control de calidad, en esta época todavía no se consideraba tarea de este departamento descubrir las causas de los problemas. En la década siguiente se iba a dar este paso a propósito de la redefinición del papel que una empresa deben desempeñar los profesionales de calidad.

#### Segunda etapa: el control estadístico de la calidad

Los trabajos de investigación llevados a cabo en la década de los treinta, por Bell Telephone Laboratories fueron el origen de lo que actualmente se denomina control estadístico de la calidad (Statistical Quality Control SQC). A este grupo de investigadores pertenecieron, entre otros, W. A. Shewhart, Harold Dodge, Harry Roming y, más tarde, G. D. Edwards Joseph Duran, quienes con el tiempo iban a ser figuras prominentes del movimiento hacia la calidad.

En 1931, W. A. Shewhart publico su libro *Economic Control of Quality of Manufactured product* que significó un avance definitivo en el movimiento hacia la calidad. El autor proporciona una definición precisa del control a efectuarse en el proceso de manufactura, desarrolla técnicas eficaces para monitorear y evaluar día a día la producción, al mismo tiempo que propone diversas formas para mejorar la calidad.

Shewhart fue el primero en reconocer que en toda producción industrial, se da variación en el proceso. Esta variación debe ser estudiada con los principios de la probabilidad y estadística. Observó que no pueden producirse dos partes con las mismas especificaciones, lo cual se debe, entre otras causas, a la diferencia que se dan en la materia prima, a las diferentes habilidades de los operadores y a las condiciones que se encuentra el equipo. Más aún se da variación en las piezas producidas por un mismo operador y con la misma maquinaria.

La administración debe tomar en cuenta este hecho, relacionado íntimamente con el problema de la calidad. No se trata de suprimir la variación esto resulta prácticamente imposible si no de ver que rango de variación es aceptable sin que se originen. El análisis expuesto tuvo su origen en el concepto de control estadístico de Shewhart.

"SE DICE QUE UN FENÓMENO SE CONTROLA CUANDO, CON BASE EN EXPERIENCIAS ANTERIORES, PODEMOS PREDECIR, AL MENOS DENTRO DE CIERTO LIMITE, COMO ESPERAMOS QUE EL FENÓMENO VA A VARIAR EN EL FUTURO. ESTA PREDICCIÓN SIGNIFICA QUE PODEMOS ESTABLECER, EN FORMA AL MENOS APROXIMADA, LA PROBABILIDAD CON LA QUE EL FENÓMENO OBSERVADO SE VA A DAR DENTRO DE CIERTOS LIMITE".

Teniendo en cuenta los conceptos anteriores, Shewhart desarrolló técnicas estadísticas sencillas para determinar dichos límites y gráficas de control en las que se pudieran presentar los resultados.

Mientras Shewhart proseguía su trabajo con respecto al control del proceso, otros investigadores de la misma compañía, principalmente Harold Dodge y Harry Roming, avanzaban en la forma de llevar a cabo la práctica del muestreo, que es el segundo elemento importante del control estadístico del proceso.

Las técnicas del muestreo parten del hecho que en una producción masiva es imposible inspeccionar todos los productos, para diferenciar los productos buenos de los malos. De ahí la necesidad de verificar un cierto número de artículos entresacados de un mismo lote de producción, para predecir sobre esta base si el lote entero es aceptable o no.

Sin embargo esta forma de proceder incluye riesgos: debido a defectos de unas cuantas muestras se puede rechazar todo el lote de producción de calidad aceptable, como también se puede pasar como bueno un lote que en realidad debería ser rechazado. Los investigadores, que consideraron este problema como riesgo del productor y del consumidor, desarrollaron también algunas técnicas para solventarlo.

La participación de Estados Unidos en la segunda guerra mundial y la necesidad de producir armamento en grandes cantidades fueron ocasión para que se aplicaran con mayor amplitud los conceptos y técnicas del control de estadístico de la calidad.

En diciembre de 1940, el departamento de Guerra de Estados Unidos formo un comité para establecer estandares de calidad. Dicho departamento se enfrentó con el problema de determinar los niveles aceptables de calidad de las armas e instrumentos estratégicos proporcionados por diferentes proveedores. Se presentaron dos alternativas; o se daba un entrenamiento masivo a los contratistas en el uso de las gráficas del control del proceso, o bien, se desarrolla un sistema de procedimientos de aceptación mediante un sistema de muestreo a ser aplicado por inspectores del gobierno. Se optó por esta segunda forma de proceder; en 1942 el departamento de guerra estableció la sección de control de calidad, organismo en que ocuparon puestos

relevantes algunos especialistas en estadística de la compañía Bell Telephone Laboratories.

Este grupo desarrolló pronto un conjunto de tablas de muestreo basadas en el concepto de niveles aceptables de calidad (acceptal quality levels AQL). En ellas se determinaba el máximo por ciento de defectos que se podía tolerar para que la producción de un proveedor pudiera ser considerada satisfactoria.

La necesidad de elaborar programas de entrenamiento en asuntos referentes al control de la calidad con la cooperación de importantes universidades de Estados Unidos, fue la ocasión para que los conceptos y las técnicas del control estadístico se introdujeran en el ámbito universitario. Los estudiantes que habían tomado curso comenzaron a integrar sociedades locales de control de calidad. Fue así como se originó la AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY CONTROL (ASQC) y otras más.

A finales de la década de los cuarentas, el control de la calidad era parte ya de la enseñanza académica. Sin embargo, se le consideraba únicamente desde el punto de vista estadístico y se creía que el ámbito de su aplicación se reducía a la práctica, al departamento de manufactura y producción.

Se inicia una nueva etapa en el movimiento hacia la calidad solo hasta el momento en que se perciben las implicaciones que el control estadístico de la calidad tiene para la administración.

#### Tercera etapa: el aseguramiento de la calidad

Esta tercera etapa se caracteriza por dos hechos muy importantes la toma de conciencia por parte de la administración del papel que le corresponde en el aseguramiento de la calidad y la implantación del nuevo concepto de control de calidad en Japón.

Antes de la década de los cincuenta, la atención se había centrado en el control estadístico del proceso, ya que de esta forma era posible tomar medidas adecuadas

para prevenir los defectos. Este trabajo se consideraba responsabilidad de los estadísticos.

Sin embargo, era necesario que quedara asegurado el mejoramiento de la calidad logrado; lo cual significaba que había desarrollar profesionales dedicados al problema del aseguramiento de la calidad y que, más aún, había que involucrar a todos en el logro de la calidad. Todo lo cual requería un compromiso mayor por parte de la administración. ¿Estaría dispuesta la alta gerencia a un compromiso de este genero?.

Lo anterior implicaba una partida presupuestal dedicada específicamente a atender programas de calidad. ¿Estaría la administración dispuesta hacer dicha erogación? Ciertamente se era consciente de que el producto defectuoso incidía en los costos de producción, pero hasta que grado ? la inversión hecha para asegurar la calidad ¿quedaría justificada por el ahorro que significaba evitar el producto defectuoso? tales eran, en el fondo, los problemas que se planteaban al inicio de esta nueva época del desarrollo del movimiento hacia la calidad. Cuatro son ahora los autores más importantes que figuran:

Edward, Deming, Joseph Juran, Armand Feigenbaum y Philip B. Crosby. Deming pone de relieve la responsabilidad de la alta gerencia tiene en la producción de artículos defectuosos. Juran investiga los costos de calidad. Feigenbaum, por su parte, concibe el sistema administrativo como coordinador, en la compañía de compromiso de todos en orden al logro de la calidad. Crosby es el promotor del movimiento denominado cero defectos.

Edward Deming ocupa un lugar preponderante en el movimiento hacia la calidad debido, sobre todo, a su planteamiento visionario de la responsabilidad de la administración y a la influencia que tubo en el movimiento japonés hacia la calidad.

Su planteamiento es el siguiente: si se mejora la calidad, disminuyen los costos. La reducción de costos juntamente con el mejoramiento de la calidad se traducen en mayor productividad. La empresa con mayor productividad es capaz de capturar un

mercado cada vez mayor, lo cual le va a permitir permanecer en el mundo de los negocios conservando así las fuentes de trabajo para sus empleados. Hacer este cambio en el sistema es tarea de la alta gerencia.

Dado que la alta gerencia es responsable del sistema y puesto que gran parte de los productos defectuosos se derivan del sistema mismo, la alta gerencia, y no los trabajadores, es la responsable en mayor medida (el 85% ) de los productos defectuosos. Si al alta gerencia quiere cumplir con la responsabilidad que le compete en esta época de gran competitividad, debe llevar a cabo determinadas acciones (los catorce puntos de Deming ) que le van a permitir hacer el cambio de sistema.

El planteamiento de Deming se publicó en su obra **Quality Productivity and Competitive position**, editada en 1982.

Joseph Juran, en su libro **Quality Productivity handbook** editado en 1951, trató el tema de los costos de la calidad y de los ahorros substanciales que los administradores podían lograr si atenderían inteligentemente el problema. Estos ahorros los compara el autor con el "oro de una mina que es necesario saber explotar. Algunos costos de producción, son inevitables los relacionados con el control de calidad. los que se pueden suprimir son los que se relacionan con los productos defectuosos, como son el material de desecho, las horas invertidas en reparaciones, en retrabajo y en atender reclamaciones, y las pérdidas financieras que resultan de clientes insatisfecho. Si se suprimieran todos estos costos invirtiendo en el mejoramiento de la calidad, se lograrían ahorros verdaderamente substanciales, se estaría explotando el "oro contenido en la mina ".

Es responsabilidad de la alta gerencia decidir que tanto quiere invertir en este mejoramiento de la calidad. Los administradores, además, deben tener en cuenta que determinadas decisiones tienen consecuencias muy importantes. Por ejemplo, la

inversión hecha en el diseño de la calidad de un nuevo producto y en la aceptación que el artículo va a tener entre los consumidores.

En 1956, Armand Feigenbaum en su libro **Total Quality control** propone por primera vez el concepto **control total de calidad**. Su planteamiento es el siguiente: no es posible fabricar productos de alta calidad si el departamento de manufactura trabaja aisladamente. Para que el control de calidad sea efectivo, éste debe iniciarse con el diseño mismo del producto y terminar solo cuando el artículo esté en manos de una consumidor satisfecho. Por consiguiente, el principio fundamental del que hay que partir es el siguiente: **la calidad es trabajo de todos y cada uno de los que intervienen en cada etapa del proceso.**

Diferentes departamentos deben intervenir, en mayor o menor medida dependiendo de la actividad que les es propia, tanto en el control del diseño de un nuevo producto como en el control del material que entra y en control del producto que sale a la venta. Si no intervienen grupos interdepartamentales en todas estas actividades se corre el riesgo de cometer errores en el proceso, que más tarde van a ser causa de problemas en la línea de ensamble o, peor aún cuando el producto esté ya en manos del consumidor. A fin de que el sistema funcione, es necesario que las compañías desarrollen matrices en las que expresen las responsabilidades que los diferentes departamentos tienen con respecto a determinadas actividades o funciones. De ahí la necesidad de construir equipos interdepartamentales que tengan como función llevar a la mesa de discusión los puntos de vista de los diferentes departamentos y asegurar el que estos puntos de vista sean tenidos en cuenta en la actividad propia de cada departamento. La alta gerencia es en último término, la responsable de la efectividad del sistema.

Tanto Juran como Feigenbaum señalan la necesidad de contar con nuevos profesionales de la calidad que reúnan conocimientos estadísticos y habilidades administrativas; expertos en ingeniería de control de calidad, que sepan planear la

calidad a alto nivel, coordinar las actividades de otros departamentos, establecer estándares de calidad y proporcionar mediciones adecuadas.

Philip B. Crosby está ligado con la filosofía conocida como **cero defectos**, que se experimentó en la Martin Company, fábrica de los misiles Pershing. El hecho de haber podido entregar en Cabo Cañaberal uno de estos artefactos el 12 de Diciembre de 1961 sin ningún defecto y el haber podido entregar otro en Febrero de 1962 también sin ningún defecto, pero este último ya como resultado de una petición expresa de la administración a los trabajadores en este sentido, hizo caer en la cuenta a los directivos de esta compañía que cuando la administración pide perfección, ésta se da. Si no se da la perfección en un trabajo esto se debe a que la administración o no la exige o los trabajadores no tienen la intención de darla.

Dicho razonamiento permitió ver la importancia que tiene motivar a los trabajadores y hacerlos conscientes de que pueden hacer su labor sin ningún defecto. El programa se denominó **cero defectos** y se distinguió por el énfasis que puso en hacer conscientes de la importancia del programa a quienes iban a participar en él y en motivarlos. Martin Company pues, articuló una filosofía, según la cual el único estandar aceptable de calidad es **cero defectos**. Para lograr este propósito entrenó a sus trabajadores, hizo eventos especiales estableció metas y llevó a cabo autoevaluaciones. Philip B. Crosby, quien trabajó en la compañía Martin en la década de los sesentas divulgó esta filosofía en su libro **Quality is Free**. A juicio de este autor es técnicamente posible lograr una excelente calidad la cual es lo más rentables desde el punto de vista económico.

**Cuarta etapa: la calidad como estrategia competitiva.**

En las dos últimas décadas ha tenido lugar un cambio muy importante en la actitud de la alta gerencia con respecto a la calidad debido, sobre todo, al impacto que, por su calidad, precio y confiabilidad, han tenido los productos japoneses en el mercado internacional.

Se trata de un cambio profundo en la forma como la administración concibe el papel que la calidad desempeña actualmente en el mundo de los negocios. Si en épocas anteriores se pensaba que la falta de calidad era perjudicial a la compañía, ahora se valora la calidad como la estrategia fundamental para alcanzar competitividad, y por consiguiente como el valor más importante que debe presidir las actividades de la alta gerencia.

La calidad no pasa a ser estrategia competitiva sólo porque se apliquen métodos estadísticos para controlar el proceso: como tampoco lo es por el hecho de que todos se comprometan a elaborar productos sin ningún defecto, pues esto de nada serviría si no hay mercado para ellos. La calidad pasa a ser estrategia de competitividad en el momento en que la alta gerencia toma como punto de partida para su planeación estratégica los requerimientos del consumidor y la calidad de los productos de los competidores. Se trata de planear toda la actividad de la empresa, en tal forma de entregar al consumidor. Se trata de planear toda la actividad de la empresa, en tal forma de entregar al consumidor artículos que responda a sus requerimientos y que tengan una calidad superior a la que ofrece los competidores.

Esto sin embargo, implica cambios profundos en la mentalidad de los administradores, en la cultura de las organizaciones y en las estructuras de las empresas. La experiencia que las empresas japonesas han tenido en la implantación de un sistema administrativo enfocado al logro de la calidad ha contribuido en gran medida a visualizar cuáles deben ser estos cambios y, por consiguiente, a comprender los pasos a dar para lograr que la calidad llegue a ser la estrategia competitiva por excelencia.

### 1.3.- TENDENCIAS ACTUALES

Merced a los acuerdos comerciales multinacionales y a su creciente globalización, materias primas, partes y productos terminados cruzan las fronteras

para abastecer a fabricantes y distribuidores de todo el mundo. Pero la velocidad de los intercambios impone nuevas exigencias a compradores y a vendedores. Ya no es posible ni práctico visitar cada planta o verificar que los insumos cumplan acabadamente con las necesidades o especificaciones de cada usuario: tampoco es viable hacer estudios individuales sobre la capacidad de cada proveedor para proporcionar un abastecimiento fluido y estable, o sobre la calidad uniforme de sus servicios. ¿Que hacer para garantizar que los procesos de producción o los canales de distribución no se vean afectados por algún vendedor inconstante? ¿O para evitar que las costosas líneas de producción sean interferidas o detenidas por la falta o la inconsistencia de un insumo que no puede sustituirse con la facilidad y rapidez en otras fuentes? Las palabras que dan respuesta a estas interrogaciones son normatividad, estandarización, certificación y representan la última y más grande revolución en el mundo de las manufacturas.

Y las normas ISO 9000 son uno de los apellidos de esta forma de garantizar fluidez y seguridad a todo tipo de industrias, comercios y servicios.

En realidad el uso de normas para ciertos productos y procedimientos industriales no es novedad, como tampoco lo son las especificaciones técnicas exigidas por los fabricantes o ensambladores de equipos de alta tecnología. Es más, muchas grandes empresas e incluso industrias enteras, como la farmacéutica, la electrónica y la de autopartes han trabajado durante años sujetándose a normas y especificaciones propias, definidas por los fabricantes y seguidas por la mayoría de sus proveedores. Cuando una armadura de automóviles lanza una línea de producción, parte de cientos de proveedores deben de embonar en forma precisa unas con otras. Pero no sólo deben cumplir con especificaciones en cuanto a medida y funcionalidad, sino que deben llegar a la planta en forma oportuna y suficiente.

¿Que pasaría si el proveedor de llantas, el de cables o el de asientos tubiera una dificultad para sostener su abastecimiento? ¿ Podría obtenerse de inmediato un

proveedor alternativo para sustituir el faltante? Una planta armadora de automóviles no pueden permitirse el lujo de detener su producción por un evento fortuito previsible o no sufrido por un proveedor que está a cientos o miles de kilómetros de distancia.

Con el fin de evitar estas y otras fugas de eficiencia, las industrias y organismos técnicos internacionales han diseñado diferentes propuestas para el aseguramiento de la calidad, que es mucho más que garantizar la del producto terminado. Y una de estas propuestas, justamente ISO 9000.

A partir de 1977, algunos países de la actual Unión Europea comenzaron a diseñar normas para operar y certificar sistemas de control de calidad en la industria manufacturera. Lo mismo hizo la International Standardization Organization (ISO), una institución con base en Ginebra y de la que participan todos los organismos normalizadores de la Unión y de la Asociación de Libre Comercio (AELC).

Para poner orden en lo que amenazaba con ser un confuso régimen multinacional, ISO determinó desarrollar una forma para la operación y administración de sistemas de aseguramiento de calidad, que fue publicada en 1978 (con el nombre de ISO 9000) y adoptada oficialmente por la Unión Europea en 1992.

La norma ISO 9000 y sus complementarias se ajustan perfectamente a las necesidades del comercio internacional y permite a las empresas de todo el mundo tener una seguridad razonable sobre la confiabilidad de sus contrapartes. Es una forma de alimentar la credibilidad de las empresas en los mercados mundiales y facilitar sus intercambios.

Concebida originalmente para un ambiente manufacturero, la norma ISO 9000 contiene la información necesaria para tomar las políticas de la gerencia o el aseguramiento de la calidad y convertirlos en acción. Dispone de varios niveles de demostración y rastreabilidad de los procesos, y genera evidencias documentadas de que el sistema es adecuado y de que el producto cumple con las especificaciones predeterminadas. Todavía mejor, la norma ofrece un sustento legal para enfrentar

reclamos contra el producto, siempre y cuando éste y los sistemas que lo generen se mantengan apegados a los parámetros de la norma.

Las normas ISO 9000 ya han sido traducidas a 55 idiomas y son reconocidas por más de 20 países, incluyendo todos los de la Unión Europea . México no los acepta como obligatorias, pero a través de la Dirección General de Normas de la Secofi, cuenta con las suyas propias como las de la serie NMX-CC, que son prácticamente equivalentes

## **2.0.- HERRAMIENTAS BÁSICAS DEL CONTROL DE CALIDAD**

### **2.1.- GENERALIDADES**

El Control de Calidad es una actividad en la producción de bienes y servicios cuya importancia se acepta en el mundo entero hoy en día.

Sus beneficios para los clientes, las empresas e inclusive para el país entero están ya de manifiesto para todos. La interrogante ya no es si se necesita el control de calidad, sino como lograrlo.

Sin embargo el control de la calidad es un proceso complejo cuyo logro requiere de la conjugación de conocimientos técnicos, organizacionales, motivacionales, etc.

Se presenta a continuación una lista de los elementos necesarios

- Políticas y objetivos de calidad
- Organización para la calidad
- Técnicas estadísticas para la calidad
- Planeación para la manufactura
- Motivación del personal
- Mercado y ventas de la calidad

- Relaciones con proveedores
- Documentación y flujo de información
- Metrología
- Servicio para usuario o compradores
- Operaciones de apoyo

Todo los elementos en lista son esenciales pero uno que tiene una importancia particular es el uso de las técnicas Estadísticas (herramientas para el control de calidad) para la calidad. Su papel tan esencial se basa en que la estadística permite cuantificar las metas y avances de las demás actividades en la lista. De hecho la mayoría de las mediciones están sujetas a error experimental, y el comportamiento de la mayoría de las plantas industriales están sujetas a variaciones que provienen de múltiples causas, cuyos efectos resultarían imposibles de tratar por separado.

Sin embargo, con la ayuda de las estadísticas se puede medir el nivel de calidad actual, expresar sus metas al futuro, avanzar hacia estas y determinar cuando se han alcanzado dichas metas.

En esta forma se pueden fijar políticas y objetivos de calidad, planear la manufactura sobre las bases más cuantitativas y sólidas, evaluar proveedores de manera objetiva, determinar el costo promedio a los consumidores y a la empresa de diferentes periodos de garantía, etc.

Múltiples hechos atestiguan lo esencial que resulta ser la estadística en el conjunto total de calidad entre los cuales destacan:

- (1) Los pioneros en control de calidad Shewhart, y Achenson Duncan, hicieron contribuciones estadísticas (cartas y tablas de muestreo) que se pudieron integrar a las empresas.

(2) Los "PREMIOS DEMING" son los máximos premios japoneses de calidad. W. E. Deming es un estadístico americano que introdujo las ideas estadísticas de Shewhart, Dodge, Duncan y otros en Japón en 1950. Los japoneses las adoptaron a su cultura y medio ambiente resultando que actualmente la calidad de los productos japoneses es reconocida en todo el mundo.

+

(3) La "Biblia" del control de calidad, es el "Quality Control Handbook" de J. M. Juran. Aproximadamente la tercera parte del total, está dedicada a una exposición de las Técnicas Estadísticas en el Control de Calidad y ejemplos de su utilización en diversas industrias.

(4) La importancia tan notoria de las estadísticas se atestigua en los grandes esfuerzos realizados por las empresas japonesas, y recientemente por la empresas americanas y europeas, en enseñar los elementos del Control de Calidad Estadístico a sus integrantes, desde el presidente y directivos hasta los obreros pasando por los ingenieros y supervisores.

Acceptando lo esencial que es el control de calidad en todo proceso provee bienes y servicios y el papel modular que juegan las Técnicas Estadísticas en el Control de Calidad, las interrogativas que se plantean en seguida son:

1.- ¿ Cuáles son estas técnicas estadísticas que se utilizan en control de calidad ?

2.- ¿ Como se pueden aprenderlas de la manera más eficiente ?

A manera de tener más visión amplia de las Técnicas Estadísticas que se utilizan en el Control de Calidad a continuación en listamos 19 Técnicas Estadísticas de las más usadas. Estas están colocadas de tal forma que muestran su orden de dificultad y/o su secuencia típica de aprendizaje.

**TABLA I**

**LISTA DE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS UTILIZADAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD ORDENADAS SEGÚN SU DIFICULTAD Y SECUENCIA TÍPICA DE APRENDIZAJE**

<b>TÉCNICA</b>	<b>EJEMPLOS Y OTROS NOMBRES</b>
1. Concepto de variación y aprobación.	Aleatorización, Extracción de datos bajo condiciones uniformes.
2. Medidas de tendencia central.	X, Media aritmética, Mediana, Moda.
3. Medidas de variación.	S, Desviación estandar, R, rango.
4. Distribución de frecuencia.	Histogramas.
5. Diagramas de dispersión.	r, correlación.

- |                                          |                                                                     |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 6. Análisis de pareto.                   | " 80 : 20 " "muchos triviales pocos vitales "                       |
| 7. Diagrama de espina de pescado.        | Diagrama de causa-efecto Diagrama de Ishikawa                       |
| 8. Cartas de control.                    | Cartas para X, R, p, c, cartas de control de Shewhart.              |
| 9. Estudios de la habilidad del proceso. | Reproductibilidad, Tolerancia del proceso                           |
| 10. Concepto de probabilidad y muestreo. | Distribuciones de probabilidad y muestreo                           |
| 11. Muestreo de lotes por atributo.      | Tablas de Dodge-Roming. MIL-STD-105D                                |
| 12. Indiferencia estadística.            | Límites de confianza. Intervalos de confianza.                      |
| 13. Pruebas de significancia.            | Pruebas de hipótesis.                                               |
| 14. Muestreo de lotes por variación.     | MIL-STD'414. " Lot-plot ".                                          |
| 15. Cuantificación de vida.              | Pruebas de vida. Confiabilidad MIL-STD-690B<br>MIL-STD-781C         |
| 16. Diseño y análisis de Experimentos.   | Análisis de regresión<br>Análisis de variación<br>Mínimos cuadrados |

- |                          |                                              |
|--------------------------|----------------------------------------------|
| 17. Operación evolutiva. | E. V. O. P.                                  |
| 18. Series de tiempo.    | Datos cronológicos, técnicas de Box-Jenkins. |
| 19. Simulación.          | SIMSCRIPT, CSMP, GASP.                       |

El conjunto de técnicas de 1 a 8, forma parte básica del conocimiento estadístico, mientras que el conjunto de técnicas de 9 a 14, son de nivel de intermedio; y el conjunto de técnicas avanzadas, 15 a 19, pueden ser estudiadas muy extensivamente, de hecho muchos investigadores les han dedicado todo su tiempo para el estudio y aportación de nuevas facetas.

La segunda interrogante la podemos contestar de la siguiente manera:

El mejor método para el aprendizaje de las Técnicas de Estadísticas consiste en la participación de la resolución de problemas específicos, es decir, el "aprenderlo haciéndolo", complementando las clases sobre técnicas, lecturas dirigidas, estudios de casos resueltos en otras empresas o en otros departamentos de la misma empresa en donde se marquen aciertos y fallas.

La literatura sobre Círculos de Calidad y la operación Evolutiva así como nuestra experiencia nos enmarca lo anterior como lo deseable en el aprendizaje.

Respecto al tiempo necesario para el aprendizaje de las técnicas estadísticas para el control de la calidad es necesario aclarar que es un proceso sin fin (como

insiste tanto Deming). Sin embargo, un primer nivel puede ser logrado en un cierto número de horas en el cual dependerá de la jerarquía de la persona dentro de la empresa, es decir, de sus necesidades de información.

Pasemos pues ahora a desarrollar el tema que nos ocupa, que es sobre las técnicas básicas para el control de calidad.

## 2.2.- CONCEPTO DE VARIACIÓN Y APROBACIÓN

(aleatorización, extracción de datos bajo condiciones uniformes)

Por lo general, a cualquier conjunto de  $n$  observaciones tomado a partir de una población se le denomina muestra de tamaño  $n$ . Sin embargo, el tipo de muestra que resulta de interés principal para los especialistas en estadísticas es aquel que es verdaderamente representativo de la población a partir de la cual se selecciona. Puede esperarse que una muestra seleccionada aleatoriamente posea esta cualidad.

A fin de entender el concepto de muestra aleatoria, resulta necesario tener la noción de probabilidad. Es importante saber que la probabilidad de algún evento significa su posibilidad de ocurrencia. Una ilustración simple a este concepto la proporciona el lanzamiento de una moneda balanceada. La moneda puede caer mostrando cara o cruz.

Cada evento tiene la misma posibilidad de ocurrir ya que la moneda es balanceada. La probabilidad o posibilidad de obtener cara hacia arriba es de 0.5. De manera semejante, la probabilidad de que quede hacia arriba cruz es también de 0.5.

Es posible obtener una muestra aleatoria ya sea de una población infinita o de una finita. Al arrojar  $n$  veces a la moneda para ver cuantas caras ocurren, Los resultados de las  $n$  tiradas forman una muestra. La población es infinita debido a que teóricamente no existe límite en cuanto al número de tirada que pueda realizarse. Además, la ocurrencia de cualesquier de los dos posibles resultados, cara o cruz en

una tirada dada no afectará a los resultados probables de tiradas subsecuentes. De manera semejante, tirar un dado  $n$  veces da como resultado una muestra. Tal muestra está tomada a partir del número infinitamente grande de posibles observaciones que constituye la población. Además, el resultado de cualquier tirada no afecta al resultado de cualquier otra. Entonces, cuando se obtienen datos a partir de una población infinita,

**UNA MUESTRA SE CONSIDERA ALEATORIA SIEMPRE Y CUANDO CADA OBSERVACIÓN TOMADA NO AFECTE A LA PROBABILIDAD DE QUE CUALQUIER OTRA OBSERVACIÓN SEA SELECCIONADA**

Cuando se obtiene una muestra a partir de una población finita (y éste es el caso en la mayor parte de las situaciones de muestreo), la probabilidad de que cada observación de la población sea incluida en la muestra no permanece sin cambio. En realidad, la probabilidad de ser incluida aumenta con cada selección sucesiva. Bajo tales circunstancias una muestra aleatoria se obtiene siempre y cuando todas las posibles observaciones disponibles o restantes, tengan una probabilidad igual de ser incluidas. En otras palabras, cuando se obtienen datos a partir de una población finita

**UNA MUESTRA ALEATORIA ES AQUELLA QUE SE OBTIENE DE FORMA TAL QUE CADA POSIBLE OBSERVACIÓN DISPONIBLE EN LA POBLACIÓN TENGA UNA PROBABILIDAD IGUAL DE SER SELECCIONADA.**

A cada observación u observación potencial disponible, generalmente se le denomina unidad muestral.

**Ejemplo:** diez esferas idénticas se marcan con los diez dígitos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Las esferas se colocan en una urna mezclándose por completo. Se extrae una esfera, se anota el dígito y se reemplaza después en la urna antes de extraer la siguiente esfera. Repetir este proceso 100 veces dará una muestra de 100 observaciones. Se trata de una muestra aleatoria debido a que cada dígito tiene la misma posibilidad de ser seleccionado. Aun cuando solamente hay diez dígitos, el reemplazo después de cada extracción genera una población infinita a partir de la cual se obtiene la muestra.

**Ejemplo:** Supóngase que hay 30 estudiantes en una clase de estadística. Si se va a elegir aleatoriamente un comité de 5 estudiantes de esta clase, ¿cómo puede hacerse?

Escríbanse los nombres de los 30 estudiantes en 30 tarjetas idénticas. Las tarjetas se barajan concienzudamente. Se extrae en forma aleatoria una tarjeta y se anota el nombre del estudiante. La tarjeta no se reemplaza. Procediendo de esta forma se seleccionan los otros 4 estudiantes. Los cinco estudiantes seleccionados de esta forma constituyen una muestra aleatoria; existe una probabilidad igual de cada estudiante disponible de ser seleccionados en cada extracción. Obviamente, la muestra se toma a partir de una población finita de 30 estudiantes.

El procedimiento de muestreo empleado en los dos ejemplos anteriores es una de las técnicas a las que se les denomina muestreo aleatorio simple.

Existen al menos cuatro diseños de muestra comúnmente utilizados: muestreo aleatorio simple, muestreo sistemático, muestreo estratificado y muestreo por conglomerados.

### **2.3.- MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL**

Existen muchos tipos de valores centrales; las medidas utilizadas con mayor frecuencia son la media aritmética ( $\bar{X}$ ), la mediana y la moda.

Las medidas tendencia central se emplea para localizar el centro de un conjunto de observaciones.

**MEDIA ARITMÉTICA (DATOS NO AGRUPADOS).** La media aritmética, algunas veces denominadas simplemente "media", es la suma de los valores de todas las observaciones dividida entre el número de observaciones realizadas. Sean  $n$  el tamaño de una muestra que contiene a las observaciones  $X_1, X_2, \dots, X_n$  y sea  $\bar{X}$  (léase  $\bar{X}$  con barra). La media muestral. La media aritmética simbólicamente de la siguiente manera:

$$\bar{X} = (\sum_{i=1}^n X_i) / n \quad (2.1)$$

En donde  $i$  indica el número de conteo para identificar a cada observación

*Ejemplo:* Obténgase la media para la siguiente muestra de 11 observaciones.

$X_1=1, X_2=1, X_3=2, X_4=2, X_5=2, X_6=3, X_7=4, X_8=5, X_9=10, X_{10}=9, X_{11}=10$

Utilizando la ecuación 2.1, se calcula la media muestral de la siguiente forma:

$$\bar{X} = (1+1+2+2+2+3+4+5+5+9+10) / 11 = 44/11 = 4$$

Datos agrupados. Aun cuando hay once valores para  $X$ , solamente, hay siete valores diferentes, el valor uno aparece dos veces, el valor dos tres veces, cinco dos veces, y los otros solo una vez. Puede calcularse la media para los datos anteriores multiplicando cada valor por el número que ha ocurrido y sumado después los productos así obtenidos. Esto es

$$\bar{X} = [ 1(2) + 2(3) + 3(1) + 4(1) + 5(2) + 9(1) + 10(1) ] / 11 = 44/11 = 4$$

Los valores que no están encerrados en paréntesis son los distintos valores; éstos dentro de los paréntesis representan el número de que cada distinto valor ha ocurrido. Entonces si se emplea  $x$  minúscula para designar a los distintos valores y  $FR(x)$  para designar al número de veces que cada  $x$  ha ocurrido o frecuencias de  $x$ , la media muestral ( $\bar{X}$ ) puede expresarse como:

$$\bar{X} = [ \sum_{j=1}^k X_j FR(X_j) ] / n \quad (2.2)$$

En la fórmula anterior, el subíndice  $j$ , como  $i$ , indica un número total de distintos valores o clases.

**MEDIANA.**- Otra medida de tendencia central es la mediana. La mediana de un conjunto de observaciones generalmente se define de la siguiente forma:

La mediana es el valor que queda en la parte central de un grupo de observaciones arregladas en orden de magnitud.

El método para determinar la mediana depende de si los datos obtenidos están o no agrupados en una distribución de frecuencias.

**Datos no agrupados.**- Para datos no organizados, es necesario arreglarlos en orden a fin de obtener la mediana. Si el número  $n$  de valores es non, el valor central, que es el valor  $(n+1)/2$ , será la mediana.

*Ejemplo:* Empleando una escala de 12 puntos, las calificaciones de prueba de 13 estudiantes de una clase de matemáticas son las siguientes:

10, 3, 10, 12, 9, 7, 9, 6, 7, 10, 8, 6, 7

Obténgase la mediana de las calificaciones

Primero arréglense las calificaciones ya sea en orden ascendente o descendente. El arreglo en orden ascendente se muestra a continuación:

3, 6, 6, 7, 7, 7, 8, 9, 9, 10, 10, 10, 12

Ya que  $(n+1)/2 = (13+1)/2 = 7$ , la mediana ocurre en la séptima observación, la cual es 8; esta es la calificación central, con 6 calificaciones antes y seis después.

Si el número es par,  $(n+1)/2$  no será un número entero. Por ejemplo, si  $n=10$ , la observación  $(10+1)/2 = 5.5$  éxima sería la mediana. En tales casos, generalmente se considera como mediana el promedio de los dos valores centrales, aún cuando cualquier valor que quede entre los dos valores centrales puede considerarse como mediana.

*Ejemplo.*- Obténgase la mediana de los siguientes valores.

2,3,,3,4,5,6,6,8,10,10

entonces:  $4+5/2=4.5$

Sin embargo también podría ser 4.1, 4.9 o cualquier otro valor entre 4 y 5, ya que cada uno de estos divide a los 10 valores en dos grupos iguales.

**MODA.**- Cuando los datos obtenidos solamente pueden clasificarse en categorías, puede emplearse a la moda para descubrirlos. Sin embargo, como más adelante se verá, el empleo de la moda no está limitado al tipo de datos cualitativos o descriptivos.

La moda se define como el valor o clase que tiene la mayor frecuencia, en un conjunto de observaciones.

Supóngase que en una clase de 20 estudiantes se clasifica según el color de ojos de la siguiente forma:

color de ojos	azul	marrón	gris	verde
número de estudiantes	6	8	4	2

Entonces la moda serán los ojos marrón.

#### 2.4.- MEDIDAS DE VARIACIÓN (Desviación estandar s, Rango R)

Con mucha frecuencia, igualmente es importante describir la forma en que las observaciones están dispersas o diseminadas, a cada lado del centro. A esto por lo general se le conoce Dispersión variación, o variabilidad.

La medida de dispersión es importante debido a que dos muestras de observaciones con el mismo valor central pueden tener una variabilidad muy distinta. Por ejemplo, suponga que se aplica una prueba idéntica a un grupo de 20 hombres y a un grupo de 20 mujeres, las distribuciones de las calificaciones para los dos grupos son los siguientes:

Calificaciones de la prueba: 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Hombres (n=20)			2	4	7	6	1		
Mujeres (n=20)	1	1	2	3	6	3	2	1	1

La calificación promedio para cada grupo es la misma (60), pero las dispersiones para los dos grupos son muy distintas (véase la comparación gráfica en la figura ). Los hombres muestran muy poca variabilidad en sus calificaciones de prueba que las calificaciones de las mujeres muestran un recorrido mucho mayor.

La medida más importante de dispersión es la DESVIACIÓN TÍPICA. Antes de analizar los métodos para calcular la desviación típica muestral se revisarán brevemente las medidas simples de dispersión, incluyendo el recorrido o rango y promedio de desviaciones que se encuentran entre los conceptos relacionados con el de desviación típica o estandar.

**RECORRIDO O RANGO.-** El recorrido está determinado por los dos valores extremos de los datos muestrales; es simplemente la diferencia entre el mayor y la menor de las observaciones. El recorrido resulta útil de un modo particular cuando se desea conocer la extensión de variaciones extremas tales como los procesos bajo y alto de acciones o las temperaturas baja y alta de un cierto día.

El recorrido se emplea sólo en situaciones limitadas. Debido a que dependen únicamente de dos valores, el menor y el mayor, que tienden a aumentar conforme aumenta el tamaño de la muestra.

Además no proporciona una medida de la variabilidad de las observaciones en relación al centro de la distribución. Las desventajas del recorrido como medida de dispersión pueden corregirse empleando la desviación estandar.

La variabilidad de cualquier distribución generalmente se contempla en términos de la desviación de cada valor observado ( $x$ ) con respecto a la media muestral ( $\bar{X}$ ) o  $(x-\bar{X})$ . Si las desviaciones son pequeñas, obviamente los datos son menos variables o están menos dispersos, que si las desviaciones son grandes.

Entonces la desviación  $(x-\bar{X})$  proporciona información acerca del grado de dispersión en una muestra. A fin de que la variabilidad pueda ser medida resulta necesaria una fórmula basada en tales desviaciones.

Sería de esperarse que el promedio de éstas serviría para este fin, pero esto es imposible debido a que algunas de las desviaciones son negativas, algunas positivas y la suma de todas las desviaciones, es igual a cero.

**Promedio de las desviaciones.**- Una solución posible a este problema consiste en calcular el promedio de desviaciones. El promedio de desviaciones (o desviación promedio) es la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones a partir de la media, si  $X_1, X_2, \dots, X_n$  forman una muestra de  $n$  observaciones, generalmente denotada por PD, es la siguiente:

$$PD = (\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|) / n \quad (2,3)$$

En donde  $|X_i - \bar{X}|$  indica que los signos de las desviaciones no se toman en cuenta.

Sin embargo, uno de los defectos más de esta medida es el hecho de que deben ignorarse los signos de las desviaciones.

No tomar en cuenta los signos hace que el método no sea algebraico y la medida no resulta conveniente para manejo matemático. No obstante, el promedio de desviaciones toma en cuenta cada observación en la muestra e indica la dispersión de las observaciones alrededor de una medida de tendencia central. Su simplicidad y facilidad de cálculo la hacen especialmente útil para aquellos no familiarizados con los métodos estadísticos. Además, conocer el promedio de las observaciones ayuda a entender la medida más importante de dispersión, la desviación típica o estándar.

Sin embargo, los signos de las desviaciones con respecto a la media no tienen que dejar de tomarse en cuenta. Una forma de vencer esta dificultad consiste en trabajar con los cuadrados de las desviaciones. Al promedio de las desviaciones al cuadrado se le conoce como **VARIANZA**.

**DESVIACIONES TÍPICA O ESTANDAR.** - El empleo de la varianza como medida de variabilidad también tiene sus desventajas. Varianzas pequeñas implican una pequeña variación, pero este conocimiento ayuda solamente cuando se comparan dos o más conjuntos de observaciones, la varianza no proporciona ayuda inmediata. Por ejemplo ¿ que puede decirse de la variabilidad de una muestra con una varianza de 25?. Debido a la operación de elevar el cuadrado, la varianza no está expresada en las unidades originales, si no en una unidad elevada al cuadrado. Debido a esto es necesario restaurar la unidad original obteniendo la raíz cuadrada. La medida así obtenida se conoce como **DESVIACIÓN TÍPICA**. Esto es:

**LA DESVIACIÓN TÍPICA DE UN CONJUNTO DE OBSERVACIONES, ES LA RAÍZ CUADRADA DEL PROMEDIO DE LAS DESVIACIONES CON RESPECTO A LA MEDIA ELEVADAS AL CUADRADO.**

**Datos agrupados.** - Sea  $x$  una variable aleatoria. Se selecciona una muestra de  $n$  observaciones  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ . Entonces la varianza de  $X$ , denota  $S$  o  $S_x$ , se expresa de la siguiente forma:

$$S^2 = [ \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 ] / n \quad (2,4)$$

Y la desviación típica o estandar de  $X$ , denotada por  $S_x$  es:

$$S_x = \sqrt{ [ \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 ] / n } \quad (2,5)$$

Ya que se emplea la desviación típica como medida, solamente se toma la raíz positiva de la varianza como medida de la variabilidad.

**Ejemplo:** Obténgase la varianza y la desviación típica para las siguientes observaciones:

1, 1, 2, 2, 3, 4, 5, 5, 9, 10

Aplicando la ecuación 2.1, se calcula la media muestral

$$\bar{X} = [1(2) + 2(3) + 3 + 4 + 5(2) + 9 + 10] / 11 = 4$$

Aplicando la ec. 2.4 la varianza de X se calcula

$$S^2 = 1/11 (1-4)^2 + (1-4)^2 + (2-4)^2 + (2-4)^2 + (3-4)^2 + (4-4)^2 + (5-4)^2 + (5-4)^2 + (9-4)^2 + (10-4)^2$$
$$9 + 9 + 4 + 4 + 1 + 0 + 1 + 1 + 25 + 36 = 94 / 11 = 8.5455$$

Ya que la raíz cuadrada de 8.55 es 2.924, la desviación típica es:

$$S = \sqrt{8.5455} = 2.923$$

Este procedimiento es bastante laborioso debido a que la medida deberá restarse de cada valor de la muestra. Resulta especialmente bromoso si la muestra es grande.

Para un cálculo más eficiente puede utilizarse la fórmula.

$$S^2 = [ \sum x^2 ] / n - \bar{x}^2 \quad (2,6)$$

**Datos agrupados.** - Ya que muestras grandes generalmente se organizan en distribuciones de frecuencia, algunas fórmulas distintas deberán desarrollarse para calcular la desviación típica de datos agrupados

Al calcularse la varianza para los valores del ejemplo anterior la desviación al cuadrado  $(1-4)^2$  aparece dos veces,  $(2-4)^2$  tres veces  $(5-4)^2$  dos veces y todas las otras desviaciones al cuadrado aparecen sólo una vez. Entonces, el procedimiento de cálculo para  $S^2$  puede cambiarse ligeramente de la siguiente forma:

$$S^2 = 1/11 (1-4)^2 (2) + (2-4)^2 (3) + (3-4)^2 (1) + (4-4)^2 (1) + (5-4)^2 (2) + (9-4)^2 (1) + (10-4)^2 (1) = (18 + 12 + 1 + 0 + 2 + 25 + 36) / 11 = 8.5455$$

Obsérvese que los números 1, 2, 3, 4, 5, 9 y 10 en los paréntesis de lado izquierdo del numerador son valores diferentes, (que serán denotados mediante la

letra minúscula  $x$ ) de  $\bar{X}$ , el valor 4 es la media muestral ( $\bar{X}$ ), los valores en los paréntesis a la derecha son frecuencia  $FR(x)$ , y el denominador 11 es el tamaño de la muestra  $n$ . De acuerdo con esto, puede construirse la siguiente fórmula para calcular la varianza de una distribución de frecuencias.

$$S^2 = [\sum_{j=1}^m X_j^2 FR(X_j)] / n \quad (2,7)$$

Nuevamente el subíndice  $J$  designa a un número de conteo para identificar cada valor diferente o punto medio de clase,  $m$  designa al número total de distintos valores o *clases*.

## 2.5.- DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS (HISTOGRAMA)

El histograma se utiliza para medir la frecuencia con que ocurre determinado suceso. Es decir el histograma ordena las muestras, tomadas de un conjunto o población, en tal forma que se vea de inmediato con qué frecuencia ocurren determinadas características que son objetos de observación. En el control estadístico de la calidad, el histograma se utiliza para visualizar el comportamiento del proceso con respecto a determinados límites.

La organización de datos generalmente implica el arreglo de las observaciones en clases. al arreglo de los datos para expresar la frecuencia de ocurrencias de las observaciones en cada una de estas clases se conoce como **DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**. La construcción de una distribución de frecuencias requiere en primer lugar de la selección de intervalos de clase. Aun cuando la selección de intervalos de clase es un arte y depende de los datos involucrados, las siguientes reglas resultarán útiles.

- 1.- El número de clases no debe ser tan pequeño (menos de 6) o tan grande (más de 20) que la verdadera naturaleza de la distribución sea imposible de visualizar.
- 2.- La longitud del intervalo de cada clase deberá de ser la misma, la longitud del intervalo deberá ser siempre un número non y los puntos medios de las clase, deberán

tener el mismo número de dígitos de los números en bruto. Esto hará que tanto el límite superior como el inferior de cada clase tengan un dígito decimal extra 5; ninguno de los valores observados deberá caer en estos límites. Un examen de las dos primeras columnas de la siguiente tabla aclarará más este punto.

3.- Los puntos medios deberán ser valores fáciles de manejar y la diferencia entre los puntos medios de clases adyacentes deberá ser constante e igual a la longitud del intervalo.

Arreglo de los ingresos (en dólares) obtenidos en un Sábado por 20 estudiantes universitarios

8	18	25	30
11	21	25	30
13	21	26	35
15	23	29	36
17	25	30	42

Para los datos de la tabla anterior, aparentemente sería adecuadas siete clases. Cuando el número de clases es menor que siete y por lo tanto los intervalos de clase son más anchos, esto puede ocultar el hecho de que números relativamente grandes de observaciones se concentren en unas cuantas clases con intervalos más angostos. Por otra parte, si el número de clase es mayor a siete y por consiguiente los intervalos de clase son menores, esto puede no revelar el verdadero patrón de la distribución debido a que cada clase incluiría muy pocas observaciones. De acuerdo con esto, se seleccionan a 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 como puntos medios, siendo los límites inferior y superior, respectivamente 7.5 y 12.5, 12.5 y 17.5, ..., 37.5 y 42.5

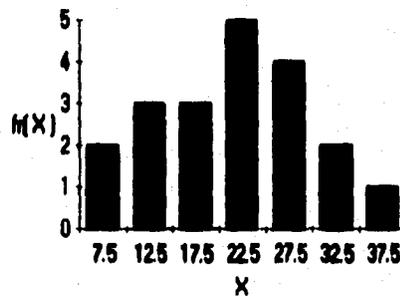
Las siete clases con una longitud de intervalo igual a 5, se presentan en la primera columna; y los puntos medios denotados por la letra x, se proporcionan en la segunda columna de la siguiente tabla la tercera columna muestra el conteo de las 20 observaciones, el procedimiento de conteo es el siguiente. Contar cada uno de los números del arreglo de los 20 salarios en que intervalo de la primera columna caen, esto se marca en la columna de conteo con una rayita. Después de que se concluye el conteo, determínese el número de marcas (rayitas) en cada clase y anótese el número correspondiente en la cuarta columna como frecuencia de esa clase

**TABULACIÓN DE FRECUENCIAS**

<b>INGRESOS</b>	<b>PUNTOS MEDIOS</b>	<b>CONTEO</b>	<b>FRECUENCIAS</b>
<b>\$</b>	<b>X</b>		<b>FR(x)</b>
7.5-12.5	10		2
12.5-17.5	15		3
17.5-22.5	20		3
22.5-27.5	25		5
27.5-32.5	30		4
32.5-37.5	35		2
37.5-42.5	40		1

## PRESENTACIÓN GRÁFICA

En realidad esta es una versión familiar de gráfica de barras y se construye marcando primero los intervalos de clase a lo largo del eje x y dibujando después para cada intervalo de clase un rectángulo con una altura igual a la frecuencia de la clase (ver fig.).



**CONCLUSIONES.**- Como conclusión podemos observar que el histograma nos da una referencia gráfica acerca de la frecuencia con que se repiten ciertos valores observados y también la distribución que presentan dichos valores, esto en la industria o en el control estadístico tiene aplicaciones amplias, por ejemplo si consideramos que se trata de observaciones a la características de longitud, de un redondo que se producen en una máquina automática, con especificaciones de  $\pm x$  medida. Después de haber hecho las observaciones y de generar la gráfica de acuerdo a lo estipulado anteriormente, observamos lo siguiente:

La gráfica pone de manifiesto ciertas consideraciones sobre esa característica de longitud como son:

- 1.- El valor central aproximado. En general, esto indica la dimensión en la cual se encuentra ajustada la máquina
- 2.- La dispersión de los valores. Esto puede indicar la variabilidad de la materia prima o posiblemente la de la operación misma en la máquina

**3.- La relación entre los valores observados y las tolerancias del dibujo. Esto sirve de guía importante en el caso de tener que efectuar una acción correctiva**

#### **2.6.- ANÁLISIS DE PARETO (80:20 "MUCHOS TRIVIALES POCOS VITALES)**

El diagrama de Pareto se utiliza con el propósito de visualizar rápidamente que factores de un problema, qué causas o qué valores en una situación determinada son las más importantes y, por consiguiente, cuáles de hechos hay que atender en forma prioritario, a fin de solucionar el problema o mejorar la situación. Veamos otro enfoque:

El objetivo de esta herramienta es destacar el problema más importante, para solucionarlo lo más pronto posible.

No todos los problemas que se nos presentan en el trabajo tienen la misma importancia, algunos son más importantes que otros; la prueba de esto la tenemos cuando decimos que no es posible resolver todos nuestros problemas al mismo tiempo, debemos asignar prioridades y resolver primero el más importante.

A finales de 1800 Wilfrido Pareto, economista italiano, observó que el 20% de la gente en el mundo controlaba el 80% de la riqueza.

Teniendo en cuenta esta observación, Pareto propuso el principio que lleva su nombre. Este principio afirma la vital de la influencia de unos pocos elementos o factores en comparación con la poca importancia que tiene la mayoría de ellos.

De acuerdo con el principio de Pareto, los elementos decisivos son relativamente pocos, mientras que son muchos los que tienen menor importancia.

*Por ejemplo:*

Es frecuente que

- el 20% de los clientes representen el 80% de las ventas

- que el 20% de los productos defectuosos representen el 80% de los costos debidos a fallas.
- que el 20% de los clientes que pagan al último represente el 80% de la cobranza.

La aplicación del principio de Pareto es muy importante, ya que con base en él se puede saber a dónde hay que dirigir los esfuerzos para obtener mejores resultados.

Pasos para la elaboración del diagrama de Pareto

- 1.- Elabore una lista de los defectos, problemas productos dañados etc. que formarán parte del estudio.
- 2.- Obtenga un número de casos por defecto (frecuencia de ocurrencia ) el total de cada defecto estará representado por la longitud de barra.
- 3.- Calcule el porcentaje por defectos, mediante la siguiente fórmula

$$\% \text{ defectos (\% relativo)} = n/N * 100$$

Donde:            n = Número de casos por defecto  
                               (frecuencia de ocurrencia "paso 2")  
                               N = Total de defectos  
                               (total de piezas defectuosas )

- 4.- Calcule el porcentaje (%) relativo acumulado de los defectos; se calcula sumando el porcentaje de defectos.
- 5.- Trace los ejes horizontal y vertical en un papel para gráficas y marque en los ejes vertical defectos y el por ciento, en el eje horizontal anote primero el defecto o el problema más importante, por su nivel de porcentaje relativo ( paso 3 ) de izquierda a derecha.

ESTA TESIS NO DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

6.- Trace barras, el alto de la barra representa el número de casos o frecuencias de ocurrencia de un defecto o un artículo o problema o por porcentaje relativo.

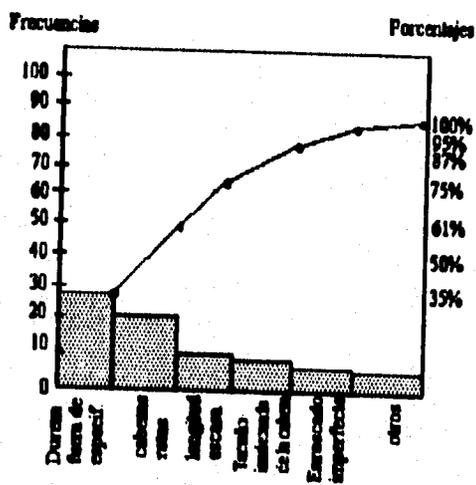
7.- Trace los porcentajes relativos acumulados (paso 4) en el eje de porcentajes.

8.- Ponga títulos a la gráfica y anote en forma breve el orden de los datos en que se basó para hacerla y el periodo comprendido ( fecha de recopilación de datos ).

Ejemplo: Se inspeccionan 2000 pernos de un lote de producción para identificar los defectos que ocurren con mayor frecuencia, a fin de tomar la acción correctiva, más adecuada.

El resultado de la inspección es el siguiente:

Defectos	Conteo	Total
-Cabezas rotas		22
-Tamaño -inadecuado de la cabeza		10
-Enroscado imperfecto		7
-Longitud escasa		12
-Dureza fuera de especificación		29
-Otros		4
		-----
		Total 84



**GRAFICA : PARETO ("80-20")**

Hasta aquí tenemos los pasos 1 y 2, el paso 3 es calcular el porcentaje por defectuosos, de acuerdo a la siguiente fórmula: (aquí  $N=84$  y  $n$  son el número de frecuencias que se repite cada defecto)

$\% \text{ defectos} = n / N (100)$  para cada uno de los defectos

Los resultados son: 26,12,8,14,35,5. Lógicamente la suma de estos valores nos da 100%.

Calculamos el porcentaje (%) relativo acumulado y nos da: 5,6,7 y 8.

Conclusiones:

De acuerdo con lo que se observa en el diagrama de Pareto, si se suprimen las tres primeras causas, se elimina cerca del 70 % de los defectos de la producción.

Una vez que se han emprendido las acciones con base en el diagrama de Pareto, es muy conveniente medir los resultados obtenidos elaborando un nuevo diagrama. La comparación del nuevo diagrama con el anterior va a permitir ver hasta que grado fueron eficaces las acciones llevadas a cabo

## 2.7.- DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO (Diagrama de espina de pescado, Diagrama de Ishikawa)

El diagrama de Ishikawa o de causa-efecto tiene como propósito expresar en gráfica el conjunto de factores causales que intervienen en una determinada característica de calidad. Se llama de Ishikawa, porque el Dr. Kaoru Ishikawa lo desarrolló en 1960 al percatarse de que no era posible predecir el resultado o efecto de un proceso sin entender las interacciones causales de los factores que influyen en él.

El ejemplo clásico utilizado por el Dr. Ishikawa es el siguiente: ante la pregunta de cómo producir el platillo más perfecto de arroz, los trabajadores deben de identificar las variables implicadas en dicho problema, esto es:

- La clase de arroz: blanco, moreno, viejo, nuevo, seco, húmedo.
- El tipo de energía: gas, aceite, carbón, contacto directo o indirecto
- El recipiente: de cerámica, de cobre, de acero inoxidable, cubierto o descubierto, sucio o limpio.
- La clase de agua: con minerales, o ingredientes químicos especiales hervida o no hervida.

Al identificar todas las variables o causas que intervienen en el proceso o en la interacción de dichas causas, es posible comprender el efecto que resulta de algún cambio que se opera en cualquiera de dichas causas. Solamente así es posible saber cómo cocinar bien un platillo de arroz.

La relación que se da entre los factores causales y la característica de calidad se expresa por medio de una gráfica que está integrada por dos secciones:

La primera sección está constituida por una flecha principal hacia la que convergen otras flechas, consideradas como ramas del tronco principal, y sobre las que inciden nuevamente flechas más pequeñas, las subramas. En esta primera sección, queda pues, organizados los factores causales.

La segunda sección está constituida por el nombre de la característica de calidad, la flecha principal de la primera sección apunta precisamente hacia este nombre, indicando con ello la relación casual que se da entre el conjunto de factores con respecto a la característica de calidad.

Debido a su forma de presentación, el diagrama se llama también "esqueleto de pescado"

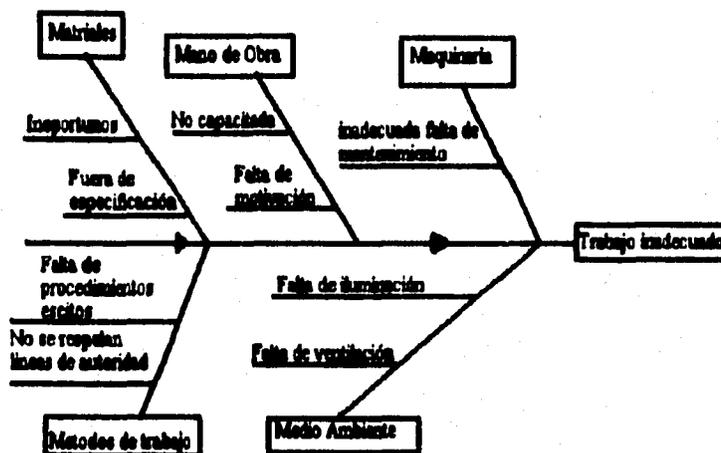
A continuación se muestra un ejemplo del uso de este diagrama en el que el efecto desfavorable a estudiar y resolver en este caso;

"Trabajo inadecuado en el área de producción".

Se deben de utilizar las 5 emes del proceso que son:

**Material, máquina, mano de obra, medio ambiente, método**

Es decir para analizar el problema del ejemplo anterior es necesario ordenar en el diagrama cada uno de los factores anteriores, y los elementos de estos. (ver diagrama).



Una vez determinadas las posibles causas que originan el efecto desfavorable, el personal de la empresa debe proceder a su estudio analítico como base para sugerir las correcciones y/o mejoras procedentes en cada caso. Generalmente este trabajo se realiza bajo una reunión o varias reuniones donde se involucra a todos los que tienen que ver de una u otra forma con el problema o característica que se desea resolver, a este método de trabajo se le conoce como tormenta de ideas, y también generalmente los involucrados forman un círculo o grupo de calidad.

## 2.8.- DIAGRAMA DE DISPERSIÓN (CORRELACIÓN)

El diagrama de dispersión es una gráfica basada en la técnica estadística y analítica para evaluar la relación entre dos variables.

El objetivo principal de evaluar la relación entre dos variables es realizar predicciones más precisas.

Se ha visto que el diagrama de causa-efecto ayuda a identificar las posibles causas de una característica de calidad; y que el diagrama de Pareto, al ordenar las causas, facilita ver cuáles de éstas deben de eliminarse en forma prioritaria, a fin de reducir en gran medida el número de productos defectuosos.

Pues bien, con el propósito de controlar mejor el proceso y, por consiguiente, de mejorarlo resulta a veces indispensables conocer la forma como se comporta entre sí algunas variables; esto es, si el comportamiento de unas influye en el comportamiento de otras, o no, y en que grado. Los diagramas de dispersión muestran la existencia, o no de esta relación.

**Ejemplo:**

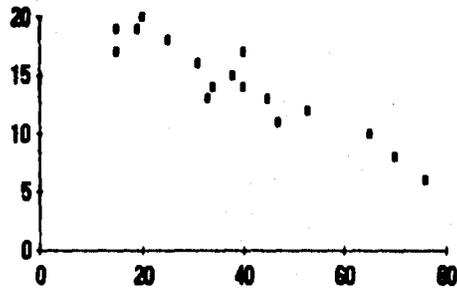
Se quiere ver si existe relación entre la edad de las personas y sus reflejos y estímulos

físicos.

Se estudian 17 personas tomadas al azar, a las que se les hace una prueba cuyos resultados se evalúan con una escala de 0 a 20. Se tabula la edad y el resultado obtenido en las pruebas. Los datos obtenidos son los siguientes:

EDAD:	15 15 20 53 25 76 70 31 38 34 33 40 45 40 19 47 65
REFLEJO:	19 17 20 12 18 6 8 16 15 14 13 17 13 14 19 11 10

Los datos anteriores se transcriben en el diagrama de dispersión, que presenta la siguiente forma:



Como conclusión vemos que el diagrama de dispersión muestra que existe una relación entre la edad de las personas y sus reflejos a los estímulos físicos; conforme se avanza en edad, disminuyen los reflejos.

La correlación puede ser positiva, si las variables se comportan en forma similar (crece una y crece la otra); o negativa, si las variables se comportan en forma opuesta (aumenta una y disminuye otra).

**Bibliografía:**

**Introducción a la estadística**

Lincoen L. Chao

Editorial CECSA

Tercera impresión Mayo de

**Control Total de la Calidad**

Armand V. Feigenbaum

Editorial CECSA

Octava impresión Febrero de 1991

**Aplicación básica del control estadístico a la calidad empresarial**

Comisión de calidad y productividad empresarial

Boletín número 5

Instituto Mexicano de Contadores Públicos, A. C.

**Revista: Manufacturada**

Volumen 1 número 2

Septiembre / Octubre 1994

Editorial expansión

## **CONCLUSIÓN:**

Ha partir del primer tema acerca del concepto de la calidad podemos generamos una idea acerca de la importancia que tiene la calidad en nuestro tiempo, es ya una realidad que nuestras empresas y organismos que no desarrollen programas que les permitan ser más competitivos y eficientes, corren el riesgo serio de desaparecer o solo de sobrevivir sin alcanzar a cubrir sus objetivos económicos, sociales o de crecimiento. Tal es la realidad social, política y económica que nos toca enfrentar en nuestro país en estos momentos.

Ha partir de las premisas anteriores podemos concluir la utilidad que tienen trabajos de divulgación de este y otros tipos semejantes que ayuden a motivar y generar inquietudes tanto a los estudiantes como a los egresados y que permita a cada uno de nosotros estar dentro del contexto de la realidad nacional e internacional.