





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

**JURADO ASIGNADO**

**PRESIDENTE: MARGARITA ROSA GARFIAS VAZQUEZ**

**VOCAL: EDUARDO MORALES VILLAVICENCIO**

**SECRETARIO: PABLO HERNANDEZ CALVO**

**1er SUPLENTE: RAUL SANCHEZ MEZA**

**2do SUPLENTE: JORGE RAFAEL MARTINEZ PENICHE**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**Asesor: ING. PABLO HERNÁNDEZ CALVO**

\_\_\_\_\_

**Sustentante: FABIÁN LÓPEZ BECERRA**

\_\_\_\_\_

**Este trabajo escrito esta dedicado a mi familia:**

**Mi madre María Teresa Becerra Zuñiga**

**Mi abuela Rosa María Zuñiga Alfaro**

**Mi padre Jorge López Tapia**

**Mi hermano Jorge López Becerra**

**Mi hermana Sandra Carolina López Becerra**

**Mi tío José Luis Becerra Zuñiga**

**A mis amigos:**

**Abraham Acevedo**

**Julio César Almanza**

**Edwin Díaz**

**Jonathan Díaz**

**Juan David Gómez**

**Julio César Hernández**

**Victor Eder Narciso**

**Ángel Salinas**

**Erik Valladares**

**A mis profesores, a mis asesores y a la UNAM.**

**Jamás podré devolverles todo lo que han hecho por mí, pero lo intentaré y en ese camino espero ser digno de mi Universidad, de mis amigos y de mi familia.**

**Gracias totales!!!**

## **INDICE**

<b>Objetivo.....</b>	<b>pág. 5</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>pág. 6</b>
<b>Capítulo 1 Diagrama de Pareto.....</b>	<b>pág. 8</b>
<b>Capítulo 2 Análisis Matricial.....</b>	<b>pág. 12</b>
<b>Capítulo 3 Diagrama de Grier.....</b>	<b>pág. 14</b>
<b>Capítulo 4 Series Temporales.....</b>	<b>pág. 18</b>
<b>Capítulo 5 Diagramas de Causa y Efecto.....</b>	<b>pág. 20</b>
<b>Capítulo 6 Formas de Control.....</b>	<b>pág. 24</b>
<b>Capítulo 7 Histograma.....</b>	<b>pág. 27</b>
<b>Capítulo 8 Gráficas de Control.....</b>	<b>pág. 33</b>
<b>Capítulo 9 Capacidad o Alcance de un Proceso.....</b>	<b>pág. 40</b>
<b>Capítulo 10 Diagramas de Dispersión.....</b>	<b>pág. 46</b>
<b>Discusión.....</b>	<b>pág. 51</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>pág. 52</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>pág. 54</b>

## **OBJETIVO**

Comprender en qué consisten, para qué se utilizan y cuando se utilizan algunas técnicas básicas estadísticas, para su correcta selección dependiendo del tipo de organización, ésta selección o la combinación de éstas impactará en la mejora continua de la calidad de las organizaciones.

## **INTRODUCCIÓN**

En la década de los 50 se comenzaron a aplicar en Japón herramientas estadísticas de Control de Calidad, desarrolladas anteriormente por Shewhart y Deming. Los progresos en materia de mejora continua de la calidad, se debieron en gran medida, al uso de estas técnicas. Fue el profesor Kaoru Ishikawa quien extendió su utilización en las industrias manufactureras de su país, en los años 60.

Estas herramientas pueden ser descritas genéricamente como “métodos para la mejora continua y la solución de problemas“. Consisten en técnicas gráficas que ayudan a comprender los procesos de trabajo de las organizaciones para promover su mejoramiento.

El éxito de estas técnicas radica en la capacidad que han demostrado para ser aplicadas en un amplio conjunto de problemas, desde el control de calidad hasta las áreas de producción, marketing y administración. Las organizaciones de servicios también son susceptibles de aplicarlas, aunque su uso comenzara en el ámbito industrial.

Estas técnicas pueden ser manejadas por personas con una formación media, lo que ha hecho que sean la base de las estrategias de resolución de problemas en los círculos de calidad y, en general, en los equipos de trabajo conformados para acometer mejoras en actividades y procesos.

Los métodos estadísticos son herramientas analíticas usadas para evaluar hombres, materiales, máquinas o procesos. Las evaluaciones obtenidas por estos métodos ayuda a conservar los resultados deseados, empleando datos históricos para predecir capacidad o tendencia. Tales métodos analíticos son las herramientas de la dirección que proporcionan datos en todos niveles de supervisión para una acción apropiada.

El control por medio de métodos estadísticos es diferente del procedimiento de fabricación de un producto, conforme a un programa, y por tanto, también lo es la clasificación del producto en lotes aceptables o no.

A la larga estos métodos de control ayudan a decidir si:

1. El proceso se está operando a un nivel satisfactorio.
2. El nivel del proceso no es satisfactorio y se requiere una acción correctiva para evitar la fabricación de productos inaceptables.

La causa fundamental de las diferencias en la confiabilidad y calidad del producto, es la variación. Esta es la verdadera razón para el empleo de métodos estadísticos.

La información que a continuación se ofrece es sobre algunos de estos métodos estadísticos como: el Diagrama de Pareto, Análisis Matricial, Diagrama de Grier, Series Temporales, Diagramas de Causa – Efecto, Formas de Control, Histogramas, Gráficas de Control, Precontrol y Diagramas de Dispersión.

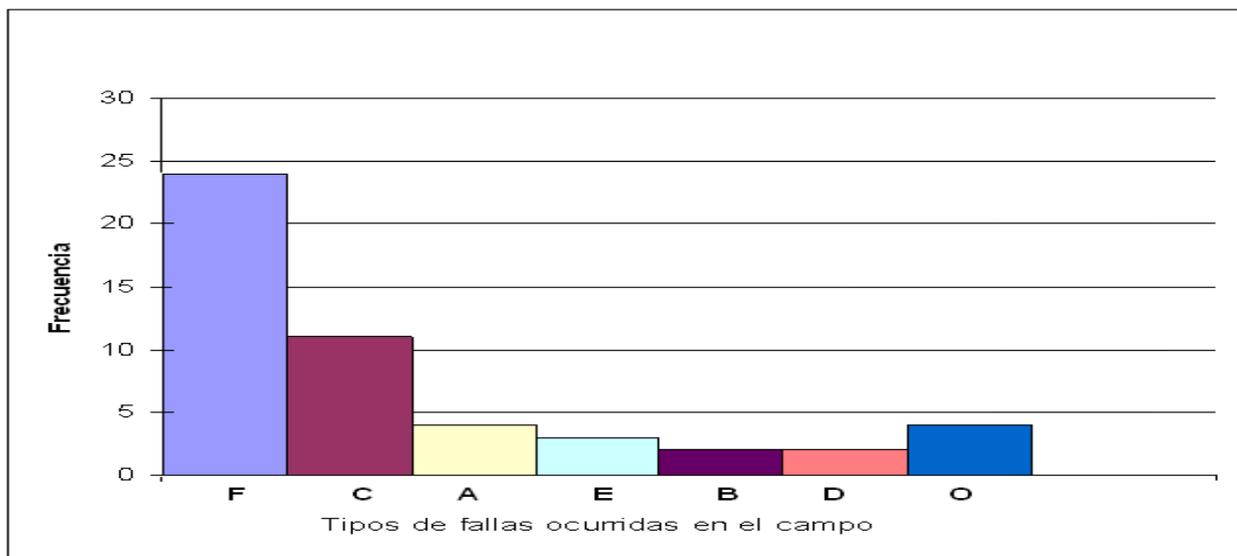
## CAPITULO 1

## DIAGRAMA DE PARETO

**Objetivo.** Presenta la información de manera que facilite la rápida visualización de los factores con mayor peso, para reducir su influencia en primer lugar<sup>(6)</sup>.

**FIGURA DP-1**

**Diagrama de Pareto.**



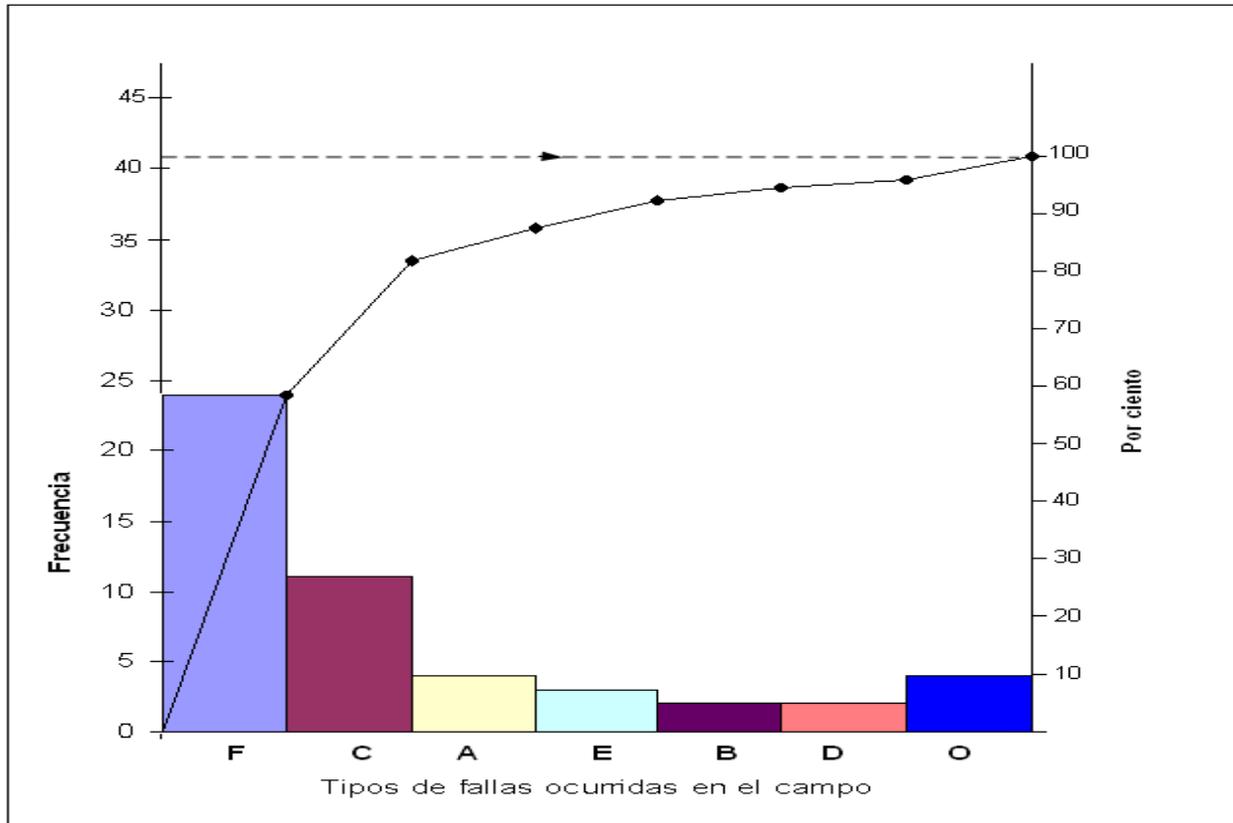
Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 17.

Un diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha, como puede observarse en la figura DP-1. En este caso, las clasificaciones de datos corresponden a tipos de fallas producidas en campo. Ejemplos de otros tipos de clasificaciones de datos serían los problemas relacionados con productos rechazados, las causas de ello y diversos tipos de rechazos<sup>(1)</sup>.

Su propósito es ayudarnos a clasificar por su verdadera importancia los problemas. El diagrama de Pareto nos ayuda a identificar y ordenar las características o eventos más frecuentes; nos ayuda a identificar la importancia que tienen las observaciones respecto a otras, esto es, en que proporción se encuentran unas con respecto a otras. Nos ayuda también a encontrar la causa de un problema<sup>(2)</sup>.

Este diagrama constituye una herramienta muy eficaz para la planeación, control y mejora de la misma, sobre los aspectos que por su relevancia, pueden influir sobre la calidad de los bienes y/o servicios que genera la empresa<sup>(3)</sup>.

**FIGURA DP-2** **Línea acumulativa.**



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 17.

Hay ocasiones en las que en el diagrama de Pareto aparece una línea acumulativa, tal como se muestra en la figura DP-2. Esta línea representa la suma de los datos, conforme éstos se van aglutinando al avanzar de izquierda a derecha. Se emplean dos escalas; la que está a la izquierda representa frecuencia o costo y la de la derecha representa porcentajes<sup>(1)</sup>.

En caso de emplear ésta línea acumulativa, la escala de porcentaje acumulativo deberá coincidir con la escala de costo o de frecuencia, de manera que el punto correspondiente al 100% esté a la misma altura que el total de costo o frecuencia. Observe la flecha de la figura DP-2<sup>(1)</sup>.

Mediante los diagramas de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia. Por lo general, el 80% de los resultados totales se origina en el 20% de los elementos. Lo anterior se puede observar en la figura DP-2, en donde los tipos F y C de fallas producidas en el campo son las causantes de casi el 80% del total. De hecho, los elementos más importantes se ubican listando todos los elementos por orden descendente. La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención. Así, se utilizan todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva<sup>(1)</sup>.

Ejemplos de tales minorías vitales de características serían:

- La minoría de clientes que representan la mayoría de las ventas.
- La minoría de productos, procesos, o características de la calidad causantes del grueso de desperdicio o de los costos de reelaboración.
- La minoría de rechazos que representa la mayoría de quejas de la clientela.
- La minoría de problemas causante del grueso del retraso de un proceso.
- La minoría de productos que representan la mayoría de las ganancias obtenidas<sup>(1)</sup>.

El diagrama de Pareto es una poderosa herramienta para la mejora de la calidad. Sirve para detectar problemas y para evaluar las mejoras logradas en un proceso<sup>(1)</sup>.

- Clasifica los datos: por problema, por causa, por tipo de rechazo, etc.
- Define la característica a emplear en el diagrama de Pareto, el costo o la frecuencia (esto es la escala vertical del diagrama de Pareto).
- Reúne los datos correspondientes a determinado período.
- Resume los datos y dispone las categorías, de la mayor a la menor.
- Construye el diagrama de Pareto y se determina la minoría vital<sup>(1)</sup>.

La atención de una falla a la vez proporciona a la organización un mejor empleo de este método, ya que así se utilizan todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva para la atención de una falla, la siguiente vez que se realice un análisis de Pareto, se emplearán los recursos necesarios para la atención de la siguiente falla expuesta, de esta forma las mejoras necesarias serán tomadas y se logrará la calidad anhelada<sup>(1)</sup>.

Pueden utilizarse para analizar factores de costo, cantidad de defectos, comparar líneas o máquinas, atender quejas de clientes. Pueden servir para analizar accidentes, cuentas de clientes o ventas<sup>(2)</sup>.

Utilice la gráfica de Pareto cuando:

- Necesite seleccionar un problema o proceso que deba ser mejorado.
- Para evaluar los progresos que se han logrado hasta el momento.
- Para identificar la distribución de las causas de un problema<sup>(4)</sup>.

## CAPITULO 2

## ANALISIS MATRICIAL

**Objetivo.** Clasificar información para que pueda ser analizada de manera más práctica.

**TABLA AM-1 Matriz de errores cometidos por personas que prepararon declaraciones de impuestos.**

TIPO DE RECHAZO	PERSONA QUE PREPARO						TOTAL
	A	B	C	D	E	F	
1	0	0	1	0	2	1	4
2	1	0	0	0	1	0	2
3	0	16	1	0	2	0	19
4	0	0	0	0	1	0	1
5	2	1	3	1	4	2	13
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
15	0	0	0	0	3	0	3
Totales	6	20	8	3	36	7	80

Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 18.

Se trata de una técnica sencilla, pero muy eficiente, para comparar grupos de categorías tales como operadores, vendedores, máquinas y proveedores. Todos los elementos que se incluyan en una categoría determinada deberán realizar el mismo tipo de actividad<sup>(1)</sup>.

Son empleadas dado que facilitan la identificación de la relación que pueda existir entre los factores de un problema, dado que son esquemas que permiten relacionar, mediante un sistema de columnas e hileras, los diferentes elementos o factores del problema que se analiza. El análisis se realiza con el propósito de identificar las acciones más convenientes a tomar para solucionar el caso en estudio<sup>(12)</sup>.

La tabla AM-1 es un ejemplo de cómo se usa esta técnica en el caso de personas que prepararon una declaración de impuestos. Al analizar las columnas se puede observar que quienes prepararon dicha declaración con el mínimo de rechazo fue el grupo D, y luego de éste, el grupo A<sup>(1)</sup>.

Una vez que se logra identificar quiénes fueron los que mejor prepararon su declaración, por lo general no es muy difícil descubrir cómo lo hicieron, solicitándoles a estos que informen a los que no lo hicieron tan bien, como declarar los impuestos correctamente<sup>(1)</sup>.

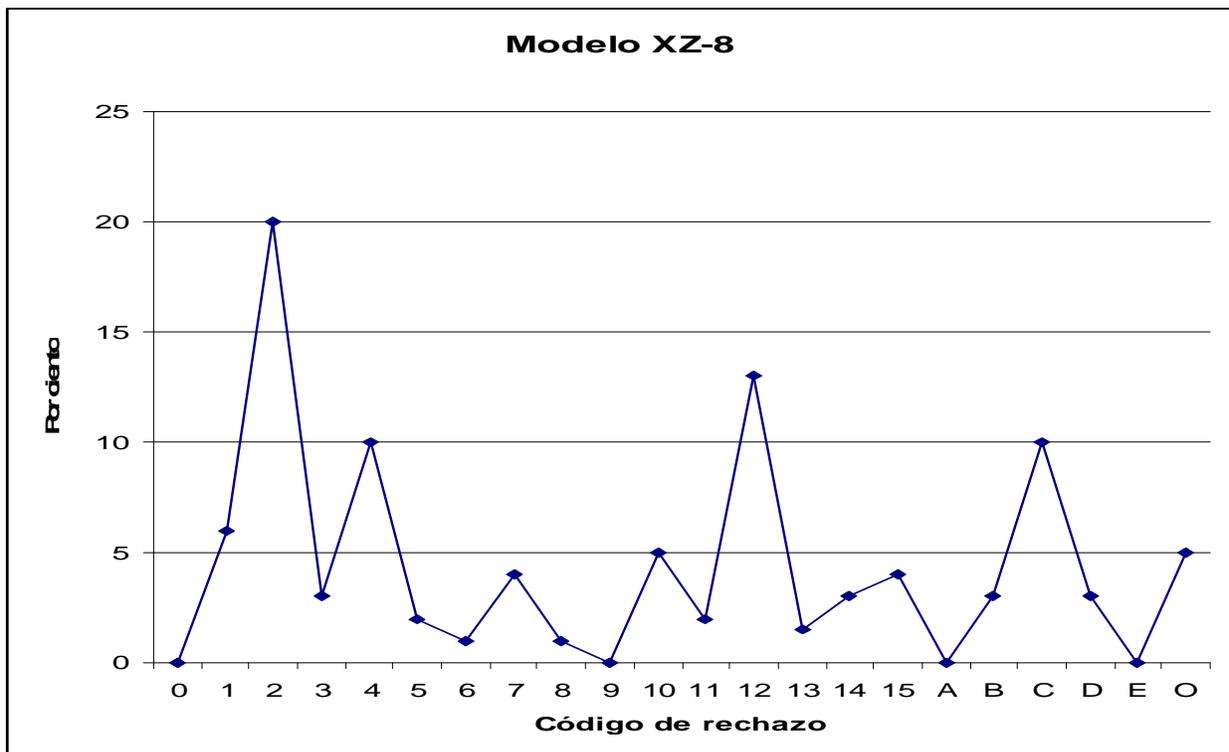
Al analizar las hileras se puede llegar a saber qué rechazos son los que en general son la causa de las principales dificultades. En este caso, el rechazo tipo 5 exige la aplicación de una medida correctiva, como podría ser una nueva capacitación. El rechazo tipo 3 presenta un problema especial para la persona B; por otra parte, las demás personas no experimentaron ningún problema<sup>(1)</sup>.

### CAPITULO 3

### DIAGRAMA DE GRIER

**Objetivo.** Una comparación efectiva cuando se tengan varios modelos del mismo producto<sup>(1)</sup>.

**FIGURA DG-1** Representación del código de rechazo.



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 19.

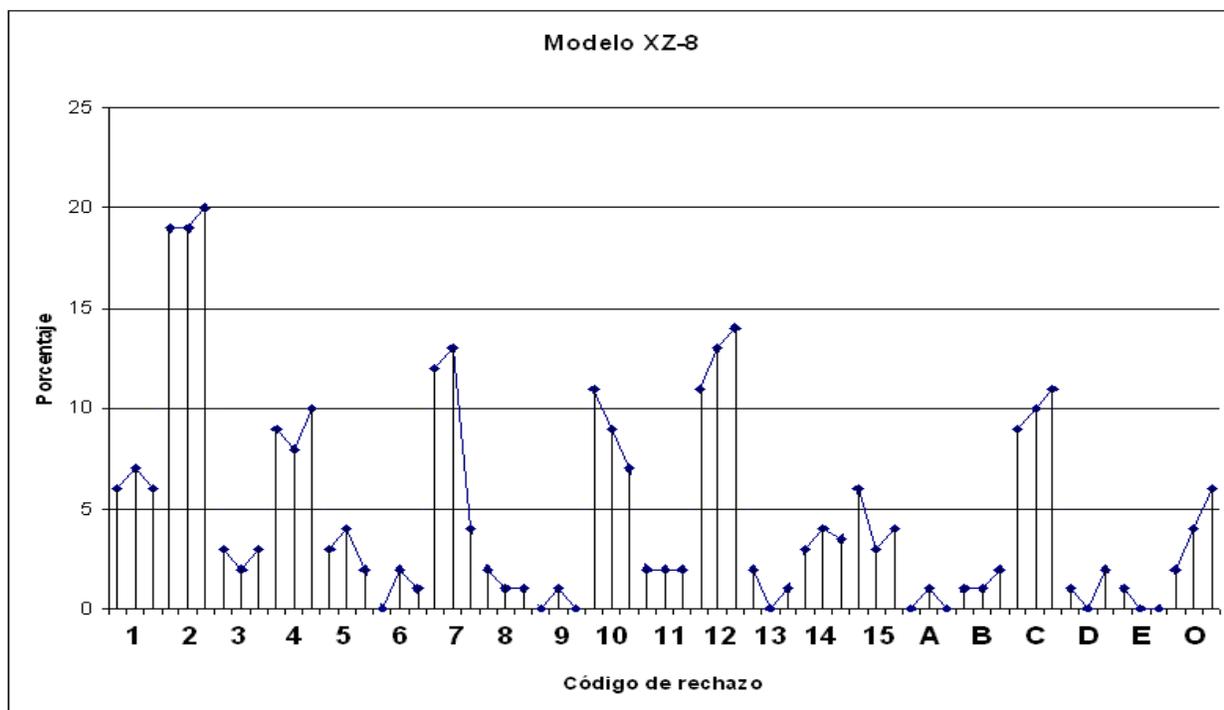
Para poder aplicar esta técnica es necesario que sean muchos y semejantes los códigos que sirven para representar los diversos motivos de rechazo del grupo al que pertenece el producto. En este caso, todos los modelos comparten los códigos de rechazo del 1 al 15, en tanto que los códigos del A al O se aplican sólo a un modelo en particular. Los códigos de rechazo se colocan en el eje x y el porcentaje de falla, en el eje y. El porcentaje total es 100%. Hay una gráfica por cada modelo del producto<sup>(1)</sup>.

El resumir los datos obtenidos en el caso de cada uno de los modelos permitirá construir la representación del código de rechazos o diagrama de Grier que abarque a todo el grupo. Esto permitirá contar con información para comparar cada uno de los modelos con los totales del grupo y de esta forma saber si se ha producido alguna variación de importancia<sup>(1)</sup>.

Por ejemplo, en la gráfica DG-1 se representa el diagrama de Grier de la calculadora modelo D (XZ-8), la manufacturera tiene 6 modelos de calculadoras A, B, C, D, E O. La gráfica muestra 15 códigos de rechazo común para los 6 modelos, el código de rechazo 2 representa a la fuente de alimentación y el motivo de rechazo más relevante con 20% de devoluciones del modelo D, en cierto periodo de tiempo. Sin embargo del total del grupo de calculadoras el modelo D sólo representa el 2.5% del total de calculadoras rechazadas<sup>(1)</sup>.

La representación del código de rechazo sirve también como catalizador en las actividades dirigidas a la investigación de posibles acciones correctivas. Por ejemplo, siempre que un código de rechazo tenga un valor superior al 20% de las unidades devueltas, es clara indicación para el ingeniero de calidad de que ya es necesario investigar la posible causa del rechazo y emprender las acciones correctivas pertinentes<sup>(1)</sup>.

**FIGURA DG-2 Representación de los códigos de rechazo de los últimos tres meses.**



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 20.

La representación del código de rechazo se puede adaptar para mostrar las tendencias experimentadas durante tres o más períodos, incluyendo éstos en un mismo diagrama. Esta técnica se ilustra en la figura DG-2. Aquí se observa una disminución en el caso de las devoluciones por concepto del código de rechazo 10, lo que a su vez podría indicar el logro de una mejora en la calidad<sup>(1)</sup>.

Los datos se recopilan de manera semejante a los diagramas de Pareto. En el caso presente, los datos representan el motivo de la devolución de un producto. Hay que tener mucho cuidado de cerciorarse que los datos realmente describan, representen al producto, eliminando así el riesgo de juzgar erróneamente. Por ejemplo, se incluirían sólo los datos de los primeros tres meses amparados por el periodo de garantía. En realidad, por cada dato de un mismo modelo de un producto se puede obtener una representación del código de rechazo. Se obtiene un resumen periódico de los datos<sup>(1)</sup>.

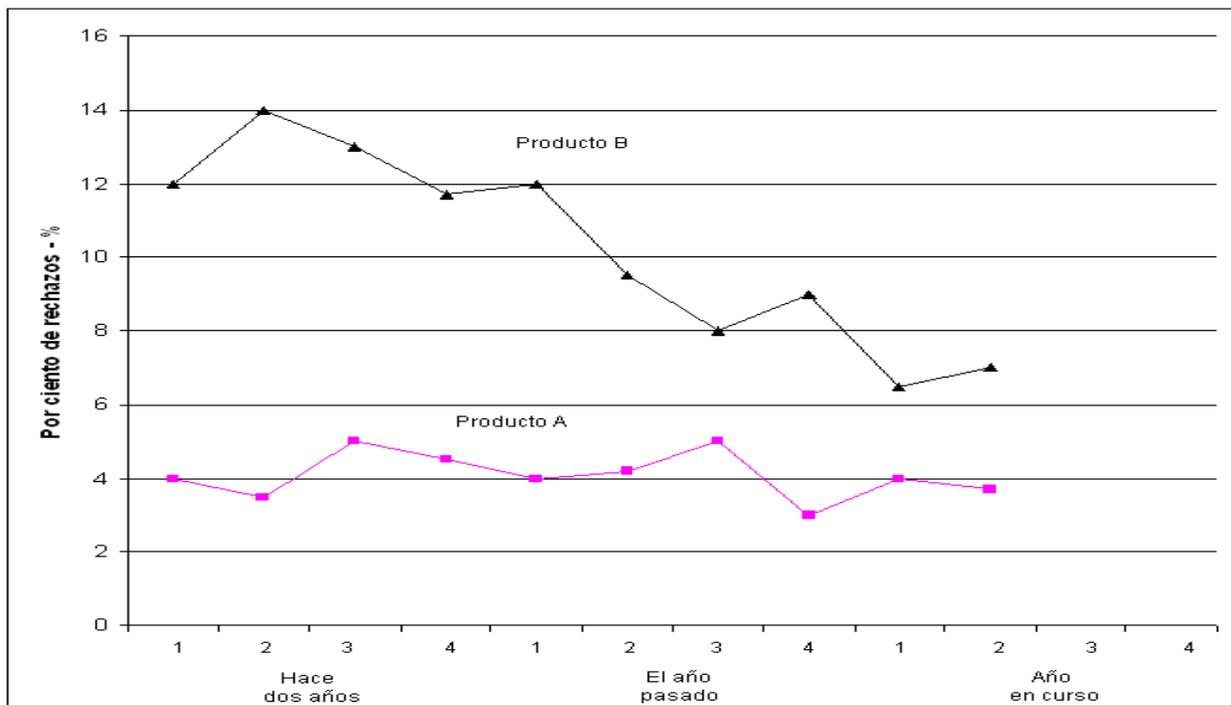
Esta modificación del diagrama de Pareto es otra herramienta auxiliar en la detección de problemas relacionados con la calidad. El diagrama de Grier es útil en el caso cuando son varios los modelos semejantes de un grupo de productos. Las calculadoras, los relojes, las llantas, los muebles y los aparatos electrodomésticos son algunas de sus muchas áreas de aplicación<sup>(5)</sup>.

## CAPITULO 4

## SERIES TEMPORALES

**Objetivo.** Monitorear el comportamiento de alguna característica de interés de un proceso<sup>(6)</sup>.

**FIGURA ST-1** Gráfica de la serie de tiempo del porcentaje de rechazos.



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 21.

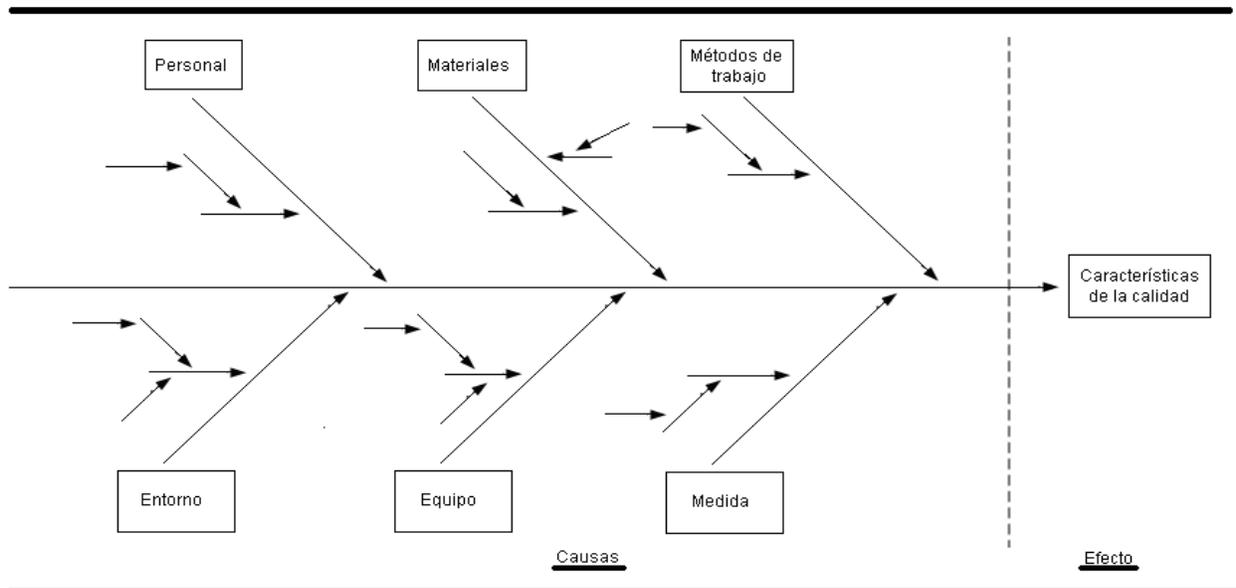
La serie temporal es una técnica muy sencilla que permite mostrar los cambios que experimenta con el tiempo un determinado factor. En la figura ST-1 se ilustra este tipo de gráfica. La escala horizontal representa una unidad temporal, por ejemplo trimestres o años. La escala vertical representa el factor que se desea observar y que, en este caso, es el porcentaje de rechazos. Como podrá observarse en la figura, la calidad del producto A ha permanecido constante, en tanto que la del producto B muestra una continua mejora<sup>(1)</sup>.

En el caso del sistema de calidad, este gráfico reporta una gran utilidad, dado que puede ser utilizado en todas las áreas de la empresa, para mostrar la tendencia de las actividades sujetas a control, con lo que los funcionarios y/o directivos, podrán disponer de la información necesaria para evaluar su desempeño y hacer los ajustes correspondientes<sup>(3)</sup>.

Cabe señalar que la utilidad en el uso de este gráfico, estriba en que se pueden mostrar combinaciones de datos relacionados entre si, correspondientes a diversas áreas de la empresa, con objeto de determinar el grado de coordinación existente entre ambas, para en su caso tomar las medidas necesarias para mejorar su funcionamiento, tomando en cuenta que la base de un sistema de calidad, es que todas las áreas de la empresa actúen en forma coordinada para lograr un mismo objetivo, alcanzar la productividad requerida<sup>(3)</sup>.

**Objetivo.** Encontrar las posibles causas de un problema<sup>(6)</sup>.

**FIGURA CE-1** Diagrama de causa y efecto.



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 22.

Los diagramas de causa y efecto (CE) son dibujos que constan de líneas y símbolos que representan determinada relación entre un efecto y sus causas. Los diagramas de CE sirven para determinar qué efecto es “negativo” y así emprender las acciones necesarias para corregir las causas, o bien, para detectar un efecto “positivo” y saber cuáles son sus causas. Casi siempre, por cada efecto hay muchas causas que contribuyen a producirlo. En la figura CE-1 se observa un diagrama de CE, en el cual el efecto está a la derecha y sus causas, a la izquierda. El efecto es la característica de la calidad que es necesario mejorar. Las causas por lo general se dividen en las causas principales de métodos de trabajo, materiales, mediciones, personal y entorno<sup>(1)</sup>.

A veces la administración y el mantenimiento forman parte también de las causas principales. A su vez, cada causa principal se subdivide en muchas otras causas menores. Por ejemplo, bajo el rubro de métodos de trabajo podrían incorporarse la capacitación, el conocimiento, la habilidad, las características físicas, etcétera. Los diagramas de CE (también conocidos como diagramas de “esqueleto de pescado”, debido a su forma) son medios en donde se pueden representar todas las causas principales y menores<sup>(1)</sup>.

Para la determinación de las causas menores, el equipo que está a cargo del proyecto debe aplicar la técnica de la “lluvia de ideas”. Esta técnica para generar ideas se adapta especialmente bien para trabajar con los diagramas de CE. En ella se aprovecha la capacidad creativa de todo el equipo<sup>(1)</sup>.

Se proponen soluciones para corregir tales causas y mejorar el proceso. Los criterios empleados para evaluar las posibles soluciones incluyen el costo, la factibilidad, la resistencia al cambio, las consecuencias, la capacitación, etcétera<sup>(1)</sup>.

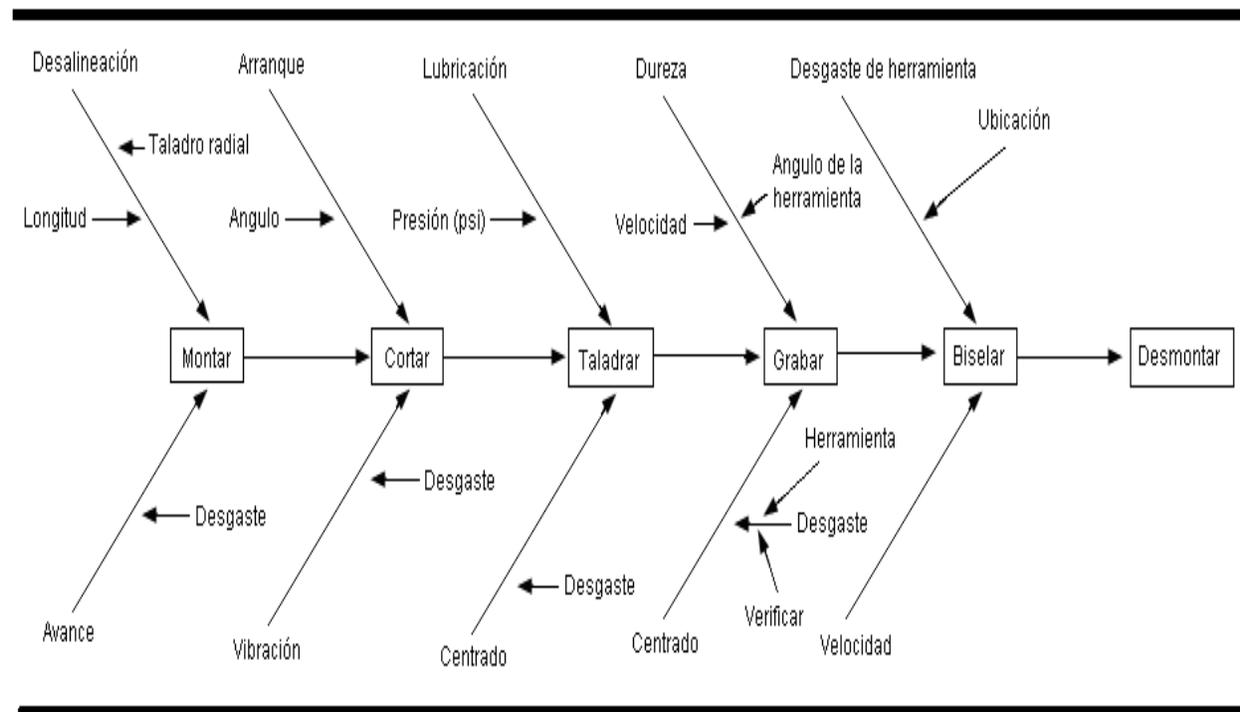
El diagrama es útil para:

1. Analizar las condiciones imperantes para mejorar la calidad de un producto o de un servicio, para un mejor aprovechamiento de recursos y para disminuir costos.
2. Eliminar las condiciones que causan el rechazo de un producto y las quejas de un cliente.
3. Estandarización de las operaciones en curso y de las que se propongan.
4. Educación y capacitación del personal en las áreas de toma de decisión y de acciones correctivas<sup>(1)</sup>.

Existen otros dos tipos de diagramas de CE semejantes al anterior: análisis de dispersión y análisis de proceso. La única diferencia entre los tres reside en la forma cómo se organizan y presentan<sup>(1)</sup>.

Una vez que los dos están terminados, tanto el diagrama de análisis de dispersión como el de enumeración de causas son iguales. La diferencia está en la forma cómo se construye cada uno. En el de análisis de dispersión, cada una de las ramas principales se termina completamente antes de proceder a trabajar en otra rama. Por otra parte, el objetivo es analizar las causas de la dispersión o de la variabilidad<sup>(1)</sup>.

**FIGURA CE-2 Diagrama de Causa-Efecto (CE) del análisis de un proceso.**



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 25.

El tercer tipo de diagrama de CE es el de análisis de proceso, y su apariencia es distinta de los dos anteriores. Para construir este diagrama hay que describir cada una de las etapas que implica el proceso de producción. Pasos del proceso de producción como podrían ser el montar, cortar, taladrar, grabar, biselar y desmontar, serían las causas principales, tal como se muestra en la figura CE-2. Las causas menores se van relacionando con las principales. Este diagrama de CE sirve cuando todos los elementos forman parte de la misma operación. Otras posibles aplicaciones son las operaciones que se realizan por ejemplo en un proceso de ensamblaje, en un proceso químico continuo, etcétera. La ventaja que ofrece este tipo de diagrama de CE es su sencillez y lo fácil que es construirlo, ya que consiste en reproducir la secuencia de la producción<sup>(1)</sup>.

**CAPITULO 6**

**FORMAS DE CONTROL**

**Objetivo.** Estandarizar y agilizar la recolección, la presentación y el análisis de información<sup>(6)</sup>.

**FIGURA FC-1 Hoja de verificación para rechazos de pintura.**

HOJA DE VERIFICACIÓN		
<b>Producto:</b>	bicicleta - 32	<b>Fecha:</b> 21 de enero
<b>Etaa:</b>	inspección final	<b>Identificación:</b> pintura
<b>Número inspeccionado:</b>	2217	<b>Inspector/operador:</b> Jane Doe
Tipo de rechazo	Revisión	Total
Burbujas	PU PU PU PU I	21
Pintura desvaída	PU PU PU PU PU PU PU III	38
Chorreaduras	PU PU PU PU II	22
Exceso de pintura	PU PU I	11
Destefido	PU III	8
Rayaduras	PU PU PU PU PU PU PU PU PU II	47
Otros	PU PU II	12
	Total	159
Número Rechazos	PU III	113

Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 26.

El propósito fundamental de las formas de control (hojas de verificación) es asegurar una recopilación cuidadosa y precisa de datos por parte del personal de operación. Los datos deberán presentarse de forma que permitan su fácil uso y análisis. En la figura FC-1 se muestra una forma de control utilizada para informar de rechazos producidos en el proceso de pintura de bicicletas<sup>(1)</sup>.

**FIGURA FC-2 Hoja de verificación de los rechazos de un molde para plástico.**

---

**Forma de control de un molde de plástico de nueve cavidades**

**X = partes defectuosas detectadas**

XXXX XX	X	XXXX X
	XX	
	X	X

---

Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 28.

Siempre que es posible, las formas de control se deben diseñar de manera tal que muestren la ubicación de los datos recabados. La figura FC-2 muestra la forma de control de un molde de plástico de nueve cavidades. Con esta forma de control es fácil darse cuenta de que los problemas de calidad están en las esquinas superiores del molde<sup>(1)</sup>.

La organización debe diseñar la forma de control, especialmente adaptada para sus procesos, es importante que dicha forma sea fácil de usar y, siempre que se pueda, que ofrezca información sobre hora y ubicación, esto facilitará la interpretación de los datos. Si esto no se toma en cuenta la recopilación de datos no será objetiva, y estos no representaran las condiciones normales de operación de los procesos, provocando un análisis deficiente o erróneo, lo cual se verá reflejado a través de la mala toma de decisiones, la organización mantendrá una mala calidad aún y cuando empleen una adecuada herramienta estadística<sup>(1)</sup>.

## CAPITULO 7

## HISTOGRAMA

**Objetivo.** Visualizar la dispersión, la clase y la forma de un grupo de datos<sup>(6)</sup>.

**TABLA H-1 Marcado de la cantidad de errores diarios cometidos en la facturación.**

NÚMERO DE RECHAZOS	TABULACIÓN	FRECUENCIA
0	<del>III</del> IIII	9
1	<del>III</del> <del>III</del> III	13
2	<del>III</del>	5
3	IIII	4
4	III	3
5	I	1

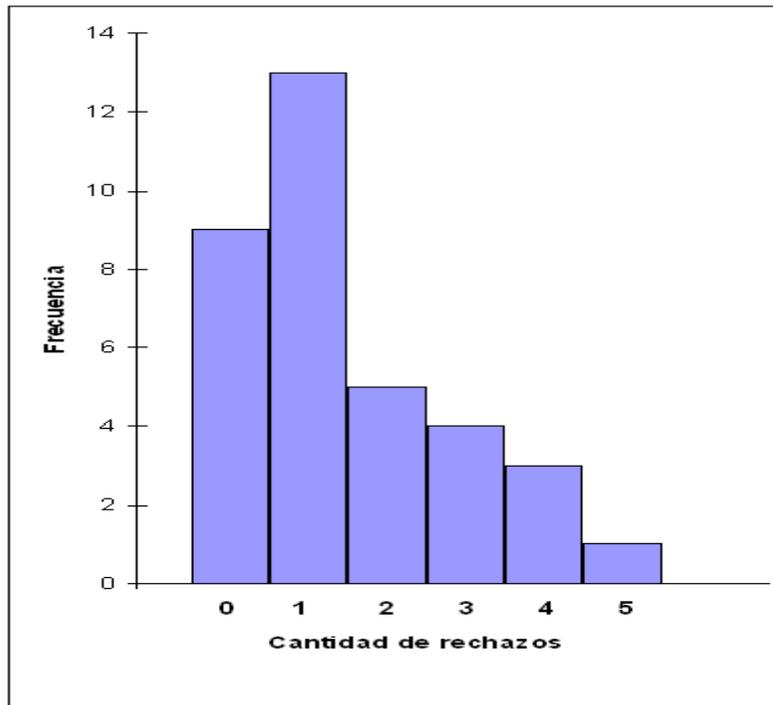
Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 48.

El análisis de la tabla H-1 permite visualizar la distribución de los datos. Si se eliminara la columna correspondiente a “Tabulación”, la tabla resultante se conoce como distribución de frecuencia, que viene a ser un ordenamiento de los datos<sup>(1)</sup>.

Las distribuciones e histogramas de frecuencias son métodos sencillos para organizar y presentar datos en forma útil. Una distribución de frecuencias es un resumen tabular de un conjunto de datos, donde se muestra la frecuencia, o número de observaciones, de determinado valor o dentro de un grupo especificado. Proporciona pistas acerca de las características de la población de la cual se tomó la muestra. Un histograma es una representación gráfica de una distribución de frecuencias. Con un histograma, se puede ver con claridad la forma de la distribución, y se pueden hacer inferencias acerca de la población<sup>(7)</sup>.

**Figura H-1 (a)**

**Histograma de frecuencias**

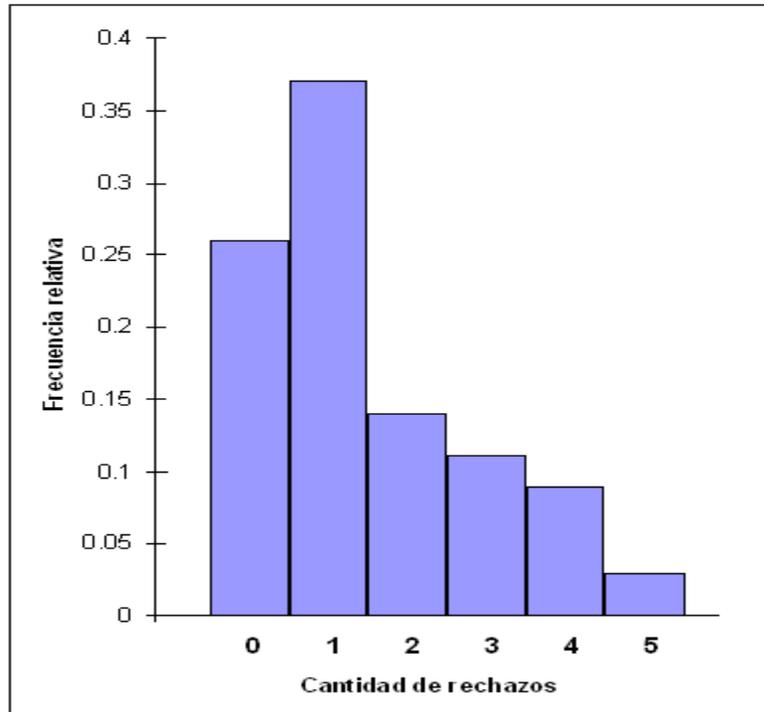


Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 50.

El histograma está formado por un conjunto de rectángulos que representan la frecuencia de cada categoría. Representa gráficamente las frecuencias correspondientes a los valores observados. La figura H-1 (a) es un histograma de los datos de la tabla H-1<sup>(1)</sup>.

**Figura H-1 (b)**

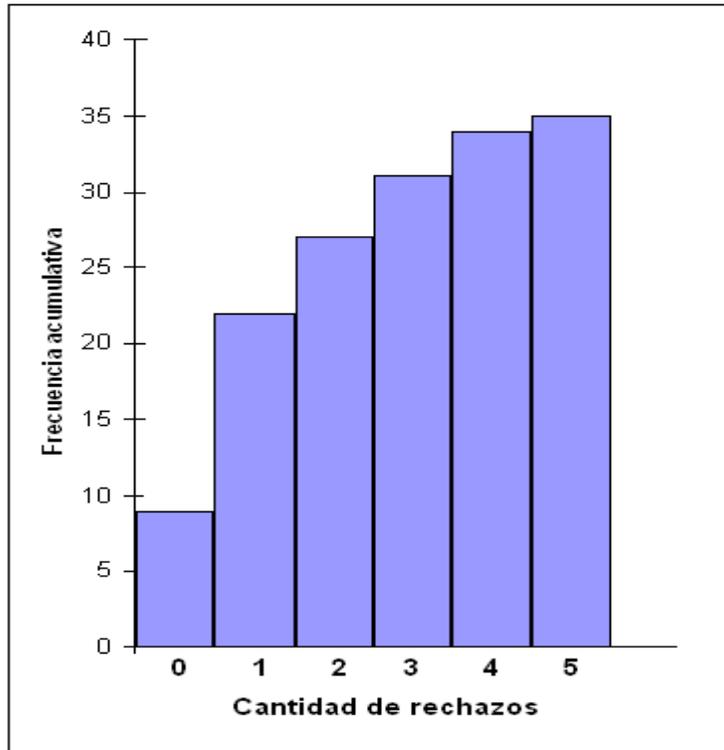
**Histograma de frecuencia relativa**



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 50.

Otro tipo de representación gráfica es la distribución de frecuencia relativa. En este caso el término relativo indica la representación de proporciones o fracciones del total. La frecuencia relativa se calcula dividiendo la frecuencia de cada uno de los valores de los datos (en esta caso, la cantidad de rechazos) entre el total, que viene a ser la suma de las frecuencias. Estos cálculos corresponden a la tercera columna de la tabla H-2. La representación gráfica correspondiente se muestra en la figura H-1 (b). La frecuencia relativa tiene la ventaja de servir como referencia<sup>(1)</sup>.

**Figura H-1 (c)                      Histograma de frecuencia acumulativa**

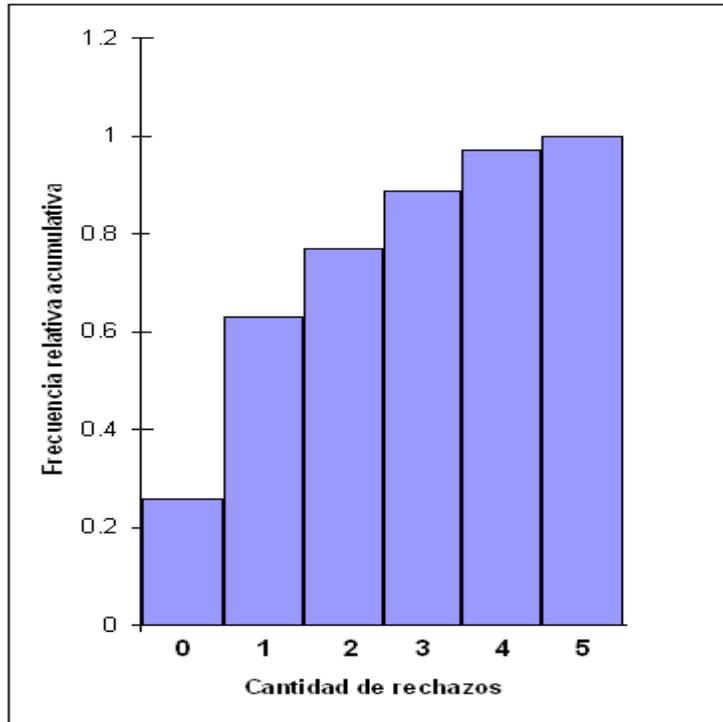


Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 50.

La frecuencia acumulativa se calcula sumando a la frecuencia de cada uno de los valores de los datos, la suma de las frecuencias de los valores anteriores de los datos. Como puede observarse en la cuarta columna de la tabla H-2. La frecuencia acumulativa es la cantidad de puntos de datos igual o inferior al valor de los datos. Por ejemplo, la cantidad de lotes que tiene 2 o menos unidades rechazadas es 27. La representación gráfica correspondiente se muestra en la figura H-1 (c) <sup>(1)</sup>.

**Figura h-1 (d)**

**Histograma de frecuencia relativa acumulada**



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 50.

La frecuencia relativa acumulada se calcula dividiendo la frecuencia acumulada de cada uno de los valores de los datos entre el total. Este cálculo aparece en la quinta columna de la tabla H-2 y su representación gráfica en la figura H-1 (d). La gráfica indica que la tasa de errores de facturación que tienen 2 o menos unidades rechazadas es de 0.77 o de 77%<sup>(1)</sup>.

**TABLA H-2 Diversos tipos de distribuciones de frecuencia de los datos de la tabla H-1**

CANTIDAD DE RECHAZOS	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULATIVA	FRECUENCIA ACUMULATIVA RELATIVA
0	9	$9 / 35 = 0.26$	9	$9 / 35 = 0.26$
1	13	$13 / 35 = 0.37$	$9 + 13 = 22$	$22 / 35 = 0.63$
2	5	$5 / 35 = 0.14$	$22 + 5 = 27$	$27 / 35 = 0.77$
3	4	$4 / 35 = 0.11$	$27 + 4 = 31$	$31 / 35 = 0.89$
4	3	$3 / 35 = 0.09$	$31 + 1 = 32$	$34 / 35 = 0.97$
5	1	$1 / 35 = 0.03$	$34 + 1 = 35$	$35 / 35 = 1.00$
Total	35	1.00		

Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 49.

Los histogramas pueden ser muy útiles en el análisis de un proceso. Por lo menos 50 mediciones deben de ser tomadas<sup>(14)</sup>.

**Objetivo.** Evaluar, controlar y mejorar procesos y productos<sup>(6)</sup>.

### **La variación**

Uno de los axiomas o verdades evidentes de la fabricación es que nunca se producen dos objetos que sean exactamente iguales. La variación puede ser grande y evidente, o insignificante<sup>(1)</sup>.

La variación es algo inherente a todo proceso debido al efecto conjunto de materiales, equipo, entorno, operario y tareas de inspección<sup>(1)</sup>.

No es posible eliminar las causas fortuitas (causas aleatorias) de la variación. Debida a que son muchas, y cada una de ellas por separado reviste poca importancia, es difícil detectarlas o descubrirlas. Aquellas causas de la variación cuya magnitud es grande, gracias a lo cual se les puede identificar fácilmente, se les clasifica como causas atribuibles. Cuando en un proceso sólo están presentes causas fortuitas, se considera que el proceso se encuentra en estado de control estadístico. Es estable y predecible. Sin embargo, si también existen causas atribuibles de variación, ésta resultará excesiva y al proceso se le clasifica como fuera de control, o que está más allá de la variación natural esperada<sup>(1)</sup>.

### **El método de la gráfica de control**

Para indicar cuándo las variaciones que se registran en la calidad no rebasan el límite aceptable para el azar, se utiliza el método de análisis y de presentación de datos conocido como método de la gráfica de control<sup>2</sup>. Se trata de un registro gráfico de la calidad de una característica en particular. Muestra si un proceso está o no estable<sup>(8)</sup>.

Un gráfico de control actúa como poderoso estímulo para lograr mejoras, al par que sirve para prevenir ajustes indiscriminados<sup>(10)</sup>.

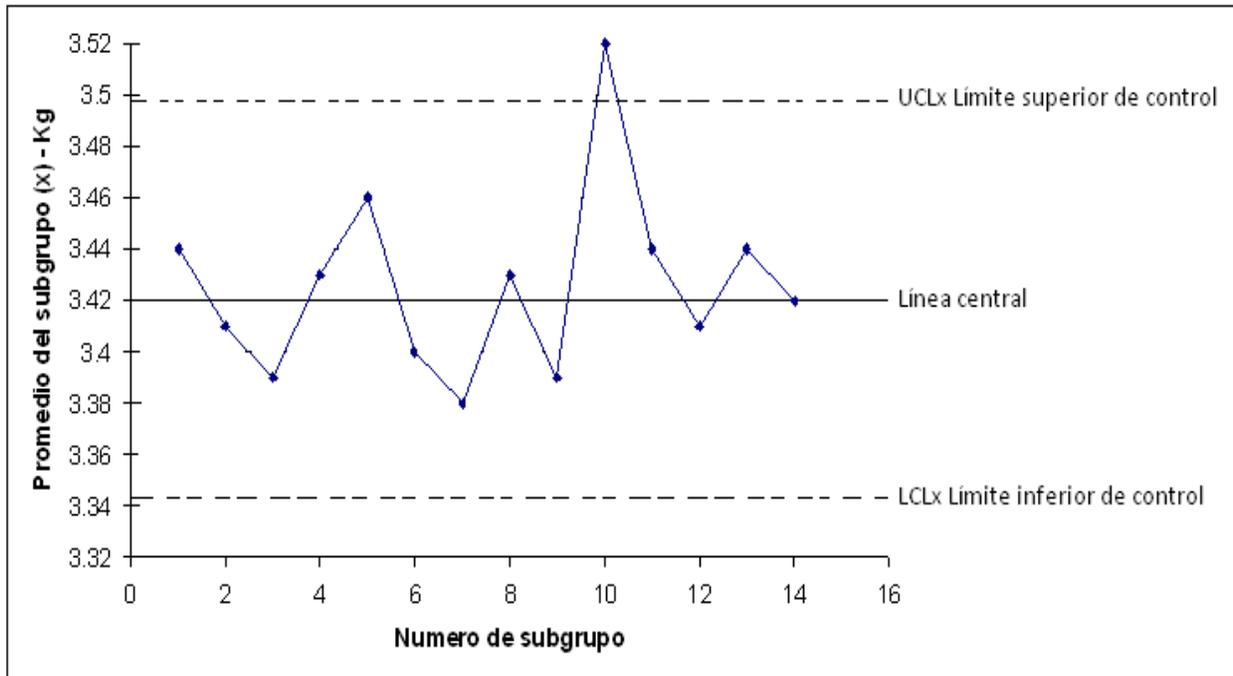
Una virtud importante de la gráfica de control es que indica, dentro de determinados límites, cuándo se debe buscar la causa de la variación<sup>(9)</sup>.

En la figura GC-1 se muestra un ejemplo de una gráfica de control. Esta gráfica en particular se conoce como gráfica de  $\bar{x}$  y en ella se registra la variación experimentada en el valor promedio de las muestras<sup>(1)</sup>.

Al eje horizontal se le denomina “Número correspondiente del subgrupo”, mediante el que se identifica una muestra en particular formada por una cantidad fija de observaciones. Estos subgrupos aparecen por orden, el primero que se inspecciona es el 1 y el último el 14. El eje vertical de la gráfica corresponde a la variable, que en este caso particular es el peso medido en kilogramos<sup>(1)</sup>.

FIGURA GC-1

Ejemplo de una gráfica de control.



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 105.

Cada uno de los pequeños círculos representa el valor promedio de un subgrupo. Por ejemplo, suponiendo que el subgrupo número 5 está formado por cuatro observaciones, 3.46, 3.49, 3.45 y 3.44 y su promedio es de 3.46 Kg. Este valor se indica en la gráfica, correspondiendo al subgrupo número 5. En las gráficas de control se usan los promedios en vez de observaciones individuales, dado que los valores promedio permiten percibir mucho más rápido cualquier variación<sup>(12)</sup>.

La línea continua de la mitad de la gráfica se puede interpretar de tres maneras, dependiendo de los datos disponibles<sup>(1)</sup>.

- Primero, puede considerarse como el promedio de los puntos graficados, que en el caso de la gráfica  $\bar{X}$  corresponde al promedio de los promedios<sup>(1)</sup>.
- Segundo, se puede considerar como una norma o valor de referencia,  $\bar{X}_0$ , un valor que se desea alcanzar, con base en determinadas especificaciones<sup>(1)</sup>.
- Tercero, puede verse como la media de una población, si es que tal valor se conoce<sup>(1)</sup>.

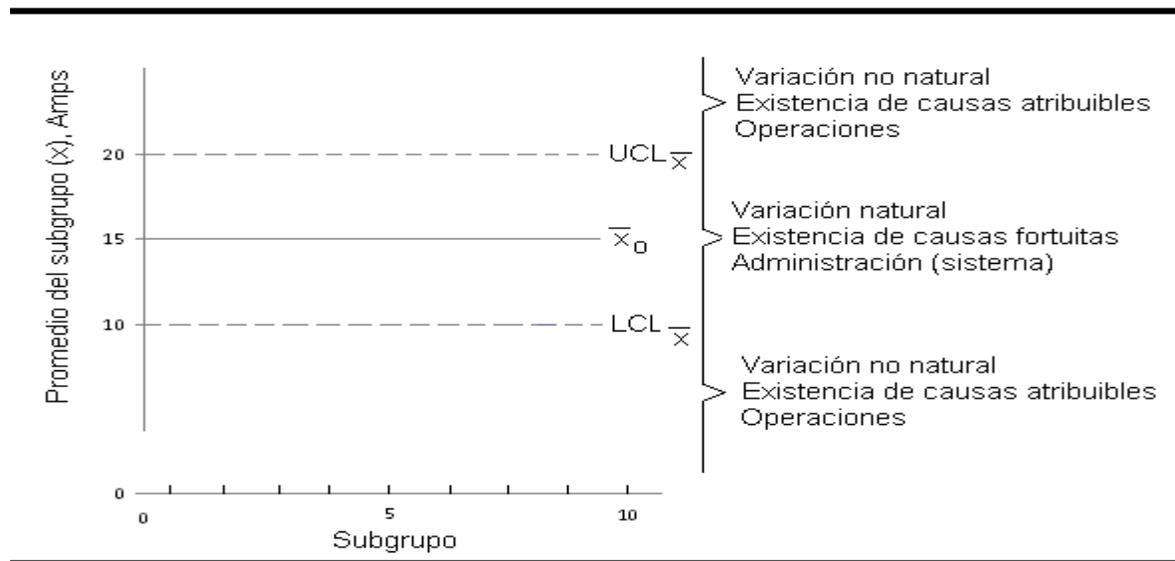
Los límites de control sirven para evaluar las variaciones producidas en la calidad de un subgrupo a otro. Por tanto, en el caso de la gráfica  $\bar{X}$ , los límites de control son función de los promedios de los subgrupos<sup>(1)</sup>.

Los límites de control se fijan a  $\pm 3$  desviaciones estándar de la línea central. El por qué de esta determinación se ilustra con la explicación de la curva normal, que la cantidad de elementos comprendidos entre  $+3\sigma$  y  $-3\sigma$  es igual a 99.73%. Es decir, se supone que de cada 1000 veces, 997 los valores del subgrupo estarán comprendidos dentro de los límites superior e inferior, cuando este es el caso, al proceso se le considera bajo control. Si el valor de un subgrupo queda fuera de los límites, al proceso se le considera fuera de control y se propone una causa atribuible a la variación. El subgrupo número 10 de la figura GC-1 rebasa el límite de control superior; es decir, se produjo una modificación en la naturaleza estable del proceso, el punto es considerado fuera de control<sup>(1)</sup>.

Con qué tanta frecuencia deberá inspeccionar el operario un producto en una máquina o centro de trabajo dependerá de la calidad del producto. Si el proceso está bajo control y no se topa con ninguna dificultad, serán muy pocas las inspecciones requeridas; por el contrario, si el proceso está fuera de control, o en etapa de arranque, se necesitará efectuar más inspecciones<sup>(1)</sup>.

Para la gráfica de control hay que tomar en cuenta que cuando se usa por primera vez la gráfica de control, por lo general el proceso todavía es inestable. Conforme se van identificando causas atribuibles a las condiciones que están fuera de control y se emprenden las correspondientes acciones correctivas, el proceso se va volviendo estable, y de ello va resultando una mejor calidad<sup>(1)</sup>.

**Figura GC-2 Causas naturales y no naturales de la variación.**

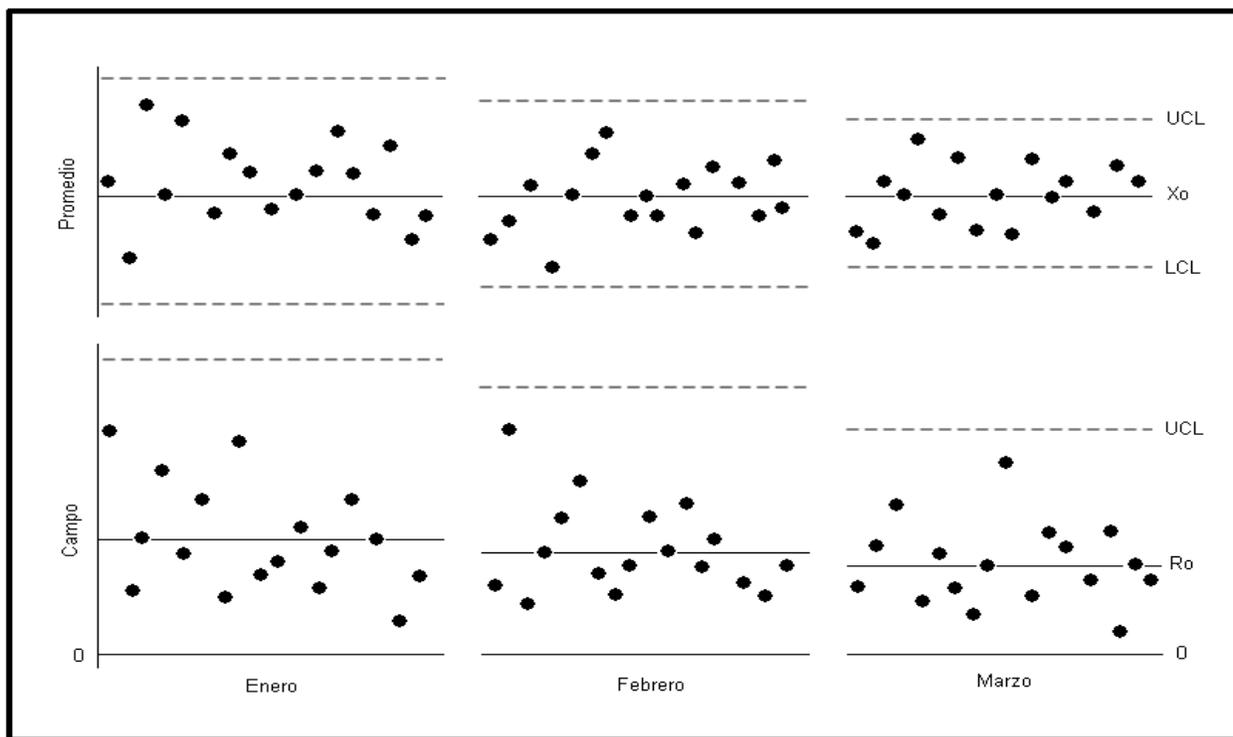


Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 109.

Las gráficas de control son herramientas estadísticas que permiten diferenciar entre variaciones naturales y no naturales, tal como se muestra en la figura GC-2. La variación no natural es el producto de causas atribuibles. La variación natural es el resultado de causas fortuitas<sup>(1)</sup>.

La gráfica de control también tiene la ventaja de poner a prueba o evaluar ideas. Las gráficas de control son excelentes medios para basar una toma de decisiones, puesto que el esquema de los puntos graficado determinará si la idea es buena, mala o si no tiene efecto alguno en el proceso. Si la idea es buena, el esquema de los puntos graficados en la gráfica  $X$  convergerá hacia la línea central,  $X_0$ . En otras palabras, el esquema se irá aproximando al ideal de perfección, que corresponde a la línea central<sup>(1)</sup>.

**FIGURA GC-3** Las gráficas  $X$  y  $R$ , donde se muestra el mejoramiento de la calidad.



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 30.

Otra gráfica de control es la gráfica  $R$ , en el caso de esta gráfica su comportamiento tenderá hacia el cero, que equivale al logro de la perfección. Los esquemas de mejora anteriores se ilustran en la figura GC-3. Si la idea es mala, resultará un esquema inverso<sup>(1)</sup>.

Siempre que un esquema de puntos graficados no varíe, quiere decir que la idea no tiene efecto alguno en el proceso. Las gráficas de control por variables, en especial las gráficas X y R, son excelentes medios para resolver problemas. Sin embargo, presentan ciertas desventajas cuando el personal de operación las utiliza para monitorear un proceso luego que el equipo de un proyecto logra la mejora de un proceso<sup>(1)</sup>.

## CAPITULO 9

## CAPACIDAD O ALCANCE DE UN PROCESO

Es responsabilidad del área administrativa asegurar que el proceso cumpla con las especificaciones respectivas. Un proceso bien puede ser estable y predecible, como se puede ver en las gráficas de control, y sin embargo ser fuente de muchos desperdicios. Es necesario contar con una medida de la capacidad o alcance del proceso, denominada índice de capacidad (símbolo:  $C_p$ ) que sirva para complementar las variables de una gráfica de control. El valor mínimo de  $C_p$  reconocido de facto como valor estándar es de 1.33. También es necesario definir si el proceso está centrado en el valor nominal o el de objeto; el símbolo  $C_{pk}$  sirve para medir la tendencia al valor central. En el caso de  $C_{pk}$  se recomienda un valor mínimo de 1<sup>(1)</sup>.

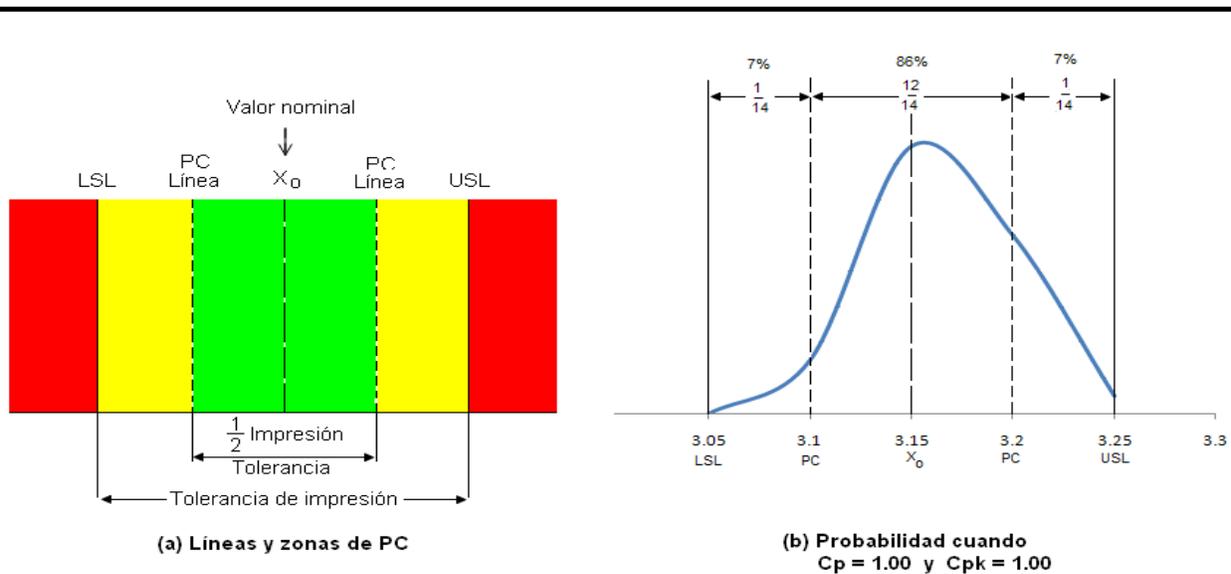
Si el valor de  $C_p$  es de 1.33, o mayor, el personal operativo tiene la responsabilidad de mantener el proceso centrado, estable y predecible<sup>(1)</sup>.

### **PRECONTROL**

**Objetivo.** Indica el desempeño de un proceso con respecto a sus especificaciones, su objetivo es controlar la capacidad del proceso para producir dentro de especificaciones y prevenir defectos<sup>(6)</sup>.

Figura PC-1

Líneas de precontrol



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 184.

El primer paso en el proceso es asegurarse de que la capacidad del proceso sea inferior a lo que marcan las especificaciones. Por lo tanto, se necesita un índice de capacidad,  $C_p$ , de 1.00 o, de preferencia, mayor. Luego se definen líneas de precontrol (PC) para dividir la tolerancia en cinco zonas, como se muestra en la figura PC-1 (a). Estas líneas PC se localizan entre el valor nominal de la tolerancia y los límites exteriores de ésta, según lo que indique USL, para las especificaciones superiores y LSL para las especificaciones inferiores. La zona central es la mitad de la tolerancia de impresión y se le conoce como área verde. A cada lado aparecen las zonas amarillas cada una de las cuales equivale a un cuarto de la tolerancia total. Lo que está afuera de las especificaciones son las zonas rojas<sup>(1)</sup>.

Si las especificaciones es  $3.15 \pm 3 0.10$  mm, los cálculos correspondientes serán:

1. Divida la tolerancia entre 4:

$$0.20 / 4 = 0.05.$$

2. Suma este valor al de la especificación inferior, 3.05:

$$PC = 3.05 + 0.05 = 3.10$$

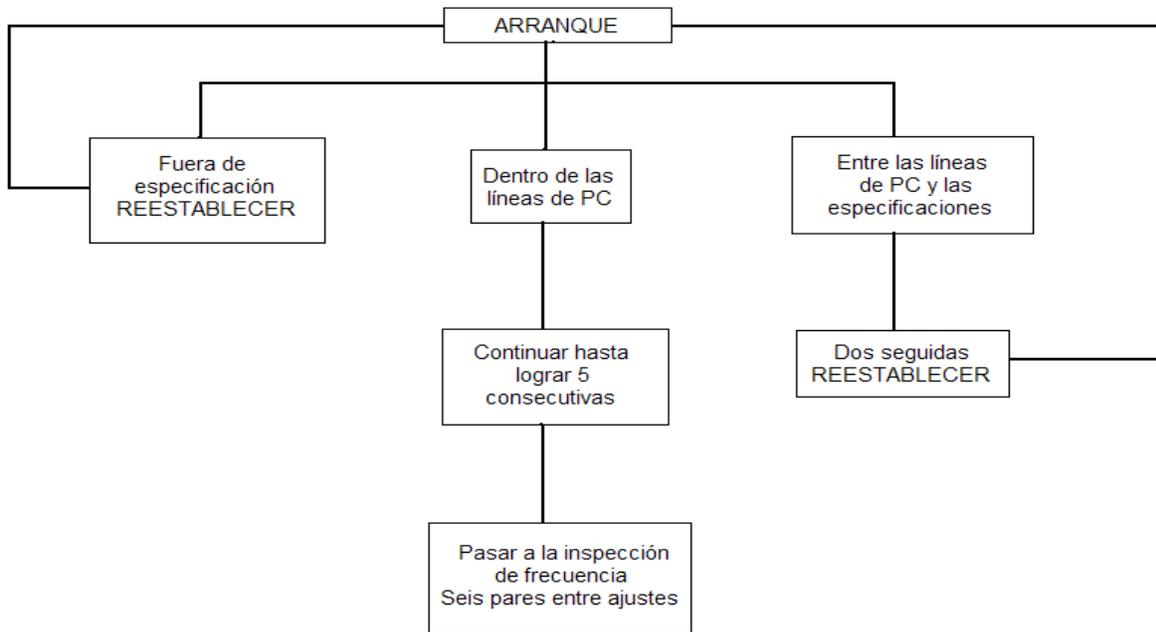
3. Reste el valor del paso 1, 0.05, a la especificación superior, 3.25:

$$PC = 3.25 - 0.05 = 3.20$$

Las dos líneas de PC se encuentran en 3.10 y 3.20 mm. Estos valores se muestran en (b). El fundamento estadístico del precontrol se muestra en la figura 5-7 (b). Primero, la capacidad del proceso es igual a las especificaciones y está centrado, como lo indica  $C_p = 1.00$  y  $C_{pk} = 1.00$ . En el caso de una distribución normal, 86% de las partes (12 de 14) estarán comprendidas entre las líneas de PC, que es la zona verde, y 7% de las partes (1 de 14) estarán entre la línea de PC y las especificaciones, que son las dos zonas amarillas. Conforme aumenta el índice de la capacidad, disminuye la probabilidad de que una parte quede en la zona amarilla. Por otra parte, cuando el índice de capacidad es grande ( $C_p = 1.33$  se considera como estándar o norma de facto), es fácil acomodar las distribuciones que se alejan de la normalidad<sup>(1)</sup>.

Figura PC-2

Procedimiento para el control



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 186.

El procedimiento del precontrol consta de dos etapas: arranque y operación, las que se muestran en la figura PC-2. Si se inspecciona una parte, los resultados podrán caer en alguna de las tres zonas de color, y posiblemente resultar en el paro del proceso y su restablecimiento hasta que lograr que cinco partes queden consecutivamente en la zona verde<sup>(1)</sup>.

Una vez que hay cinco partes consecutivas en la zona verde, se inicia la etapa de operación, o de la inspección de frecuencia. Esta última consiste en la evaluación de pares de partes. La regla de la frecuencia consiste en obtener muestras de seis pares entre un ajuste y otro<sup>(1)</sup>.

Figura PC-3

Decisiones de operación y probabilidad

Decisión	Zonas de color					Probabilidad
	Rojo	Amarillo	Verde	Amarillo	Rojo	
Parar, arrancar	A				A	nil nil
Parar, pedir ayuda		A		B		$1/14 * 1/14 = 1/96$
		B		A		$1/14 * 1/14 = 1/96$
Ajustar, arrancar		A, B		A, B		$1/14 * 1/14 = 1/96$ $1/14 * 1/14 = 1/96$
Continuar		A	A, B	B		$12/14 * 12/14 = 144/196$
		B	B	A		$1/14 * 12/14 = 12/196$
			A			$1/14 * 12/14 = 12/196$
			A			$12/14 * 1/14 = 12/196$
			B			$12/14 * 1/14 = 12/196$
LSL                      PC $X_0$ PC                      USL						Total = 196/196
↑ Nominal (meta)						

Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 187.

En la figura PC-3 se muestran las reglas para tomar decisiones respecto de los pares medidos (designados como A, B), dependiendo de las diversas posibilidades de las zonas de color<sup>(1)</sup>.

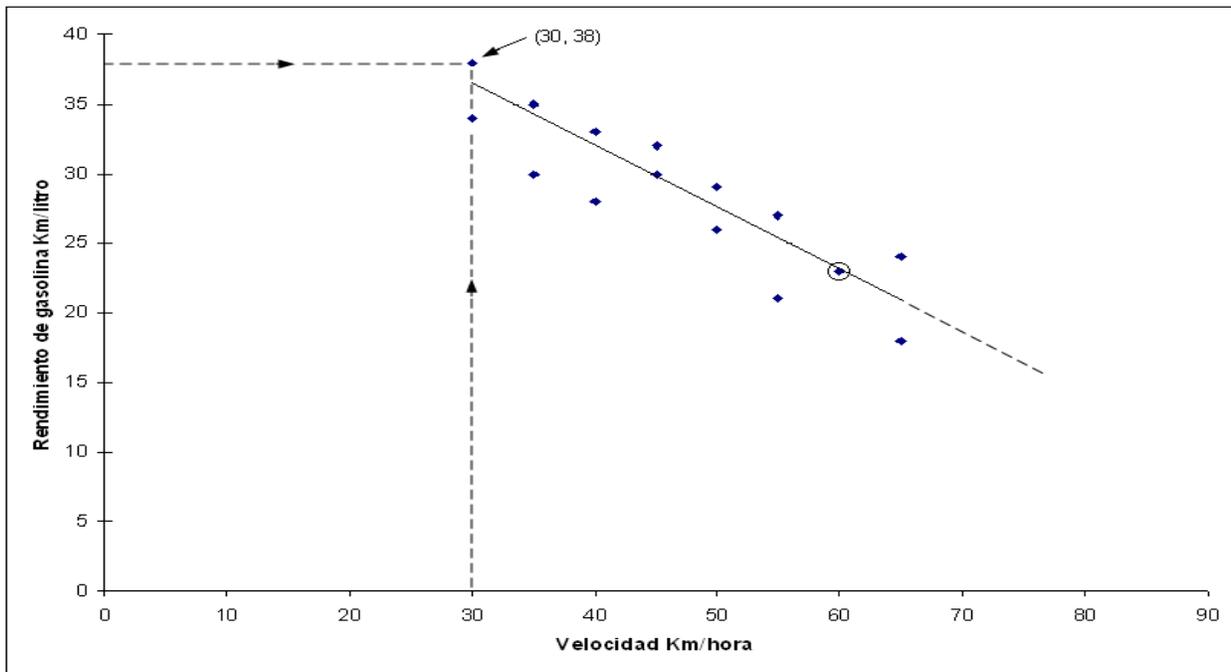
En el lado derecho de la figura se indica la probabilidad de que ocurra un par A, B determinado<sup>(1)</sup>.



**Objetivo.** Los diagramas de dispersión muestran los valores de variables cuantitativas apareadas en gráficas bidimensionales<sup>(13)</sup>.

FIGURA DD-1

Diagrama de dispersión.



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 31.

La manera más sencilla de definir si existe una relación causa y efecto entre dos variables es dibujando un diagrama de dispersión. En la figura DD-1 se muestra la relación que existe entre la velocidad de un automóvil y el rendimiento de gasolina por kilómetros. En la figura se puede observar que conforme aumenta la velocidad, disminuye el rendimiento. La velocidad del automóvil se grafica en el eje x y es una variable independiente. Por lo general, la variable independiente es controlable. El rendimiento se coloca en el eje y, y es la variable dependiente, o respuesta<sup>(1)</sup>.

**TABLA DD-2 Datos correspondientes a la velocidad de un automóvil comparada contra el rendimiento de gasolina.**

NUMERO DE LA MUESTRA	VELOCIDAD (MI/H)	RENDIMIENTO (MI/GAL)	NUMERO DE LA MUESTRA	VELOCIDAD (MI/H)	RENDIMIENTO (MI/GAL)
1	30	38	9	50	26
2	30	35	10	50	29
3	35	35	11	55	32
4	35	30	12	55	21
5	40	33	13	60	22
6	40	28	14	60	22
7	45	32	15	65	18
8	45	26	16	65	24

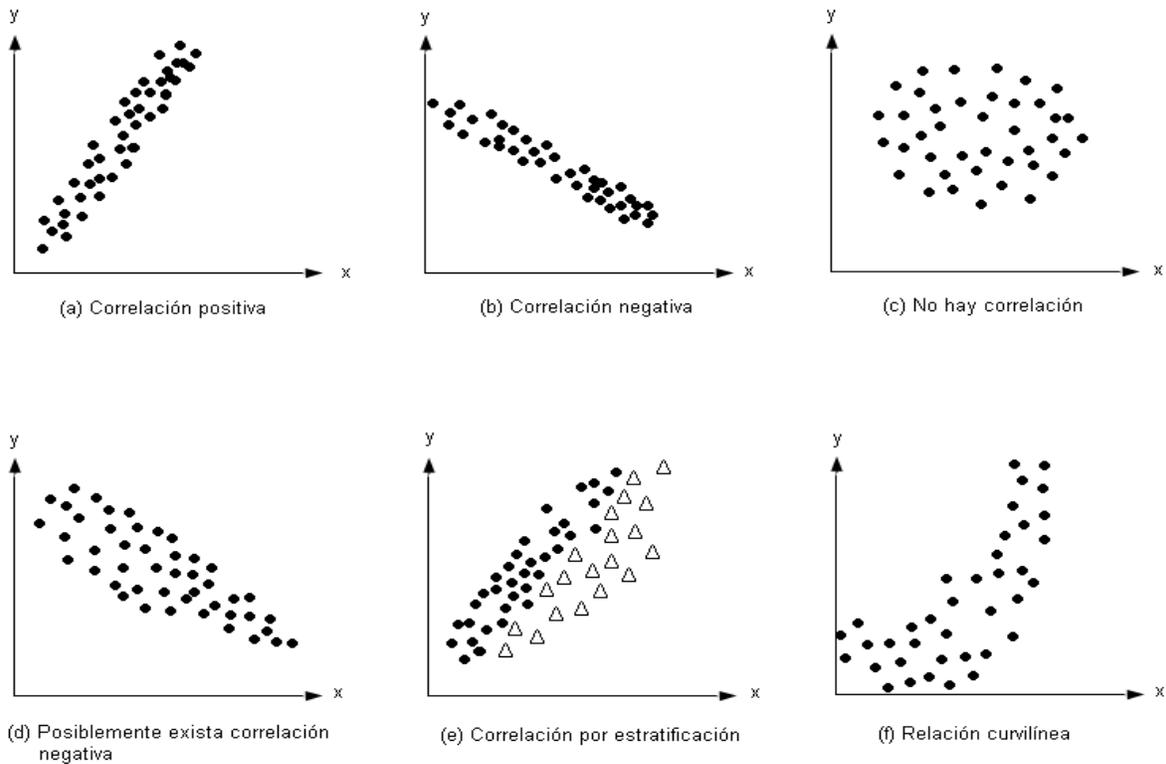
Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 32.

La construcción de un diagrama de dispersión comprende cinco sencillos pasos. Los datos se reúnen y se ordenan por pares (x, y). La velocidad de un automóvil (causa) se controla y el rendimiento de gasolina (efecto) es el que se mide. En la tabla DD-2 se muestran los pares de datos x, y obtenidos<sup>(1)</sup>.

Las escalas horizontal y vertical se construyen colocando los valores más altos del lado derecho del eje x y en la parte superior del eje y. Luego de identificar cada escala, se grafican los datos. Se utilizan puntos y se puede observar en la figura DD-1 dónde se representa la muestra 1 (30, 38). El valor x es 30 y el valor y es 38. Los números de muestra del 2 al 16 se grafican y se completa así el diagrama de dispersión. Si dos puntos son idénticos, se puede optar por usar círculos concéntricos, como fue el caso del valor de 60 km/hora<sup>(1)</sup>.

FIGURA DD-3

Diversos patrones del diagrama de dispersión.



Fuente: Control de calidad, Besterfield, D. H., Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., pág. 33.

Una vez terminado el diagrama de dispersión, ya se puede evaluar la relación o correlación existente entre ambas variables. En la figura DD-3 se muestran diversos patrones y su respectiva interpretación. En el (a), existe una correlación positiva entre ambas variables, ya que cuando  $x$  aumenta,  $y$  también lo hace. En el caso (b), hay una correlación negativa entre ambas variables, ya que cuando  $x$  aumenta,  $y$  disminuye. En (c) no existe correlación alguna y a este patrón a veces se le denomina patrón tipo escopeta<sup>(1)</sup>.

Es fácil entender los patrones representados en los casos (a), (b) y (c); en tanto que los de (d), (e) y (f) son más difíciles. En el caso de (d) puede o no existir la relación entre ambas variables. Al parecer existe una relación negativa entre  $x$  y  $y$ , pero no es demasiado estrecha. Será necesario hacer más análisis estadísticos para poder evaluar este patrón. En el caso de (e) se han sobrepuesto los datos para representar diversas causas que están produciendo el mismo efecto. Algunos ejemplos serían el rendimiento de gasolina cuando se avanza a favor del viento. En el caso de (f), existe una relación curvilínea en vez de una relación lineal<sup>(1)</sup>.

Cuando todos los puntos graficados quedan dentro de una línea recta es porque tenemos una correlación perfecta. Debido a variaciones producidas durante la realización del experimento y en la medición, esta situación perfecta raramente se presenta<sup>(1)</sup>.

A veces es deseable adaptar una línea recta a los datos a fin de contar con una ecuación predictiva. Por ejemplo, suponga que se desea calcular el rendimiento de gasolina a una velocidad de 75 km/h. En el diagrama de dispersión se coloca una línea, sea en forma manual, o matemáticamente, empleando un análisis de cuadrados mínimos. La idea en ambos casos es que la desviación de los puntos que aparecen al lado de la línea sea la misma. Cuando se prolongue la línea más allá de los datos, se utilizará una línea de puntos, ya que no existen datos para esa área<sup>(1)</sup>.

Ejemplos de estas relaciones son:

- La velocidad de corte y la vida de una herramienta.
- El contenido de humedad y la elongación de un hilo.
- La presión de choque y la corriente eléctrica.
- El rendimiento y la concentración.
- Las interrupciones de la energía eléctrica y la duración de un equipo<sup>(1)</sup>.

## DISCUSIÓN

En el punto 8 Medición, análisis y mejora, subpunto 8.1 Generalidades, de la norma internacional ISO 9001:2008 se hace referencia a la necesidad de la organización de planificar e implementar los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora necesarios para:

- Demostrar la conformidad con los requisitos del producto,
- Asegurarse de la conformidad del sistema de gestión de la calidad, y
- Mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

Esto debe comprender la determinación de los métodos aplicables, incluyendo las técnicas estadísticas, y el alcance de su utilización.

No todo método estadístico es adecuado para toda organización. La información estadística resumida en tablas y gráficas tan sólo dice a los administradores dónde está el potencial de reducción de costos y el mejoramiento del costo de la calidad; no les dice cuales son los problemas. Los administradores deben comprender las diferencias y escoger un método que se ajuste mejor a su empresa. Y depende de los gerentes e ingenieros descubrir las fuentes de los problemas y determinar la acción correctiva.

Una vez seleccionada la adecuada herramienta estadística, se deben de tomar en cuenta dos aspectos muy importantes; la correcta recopilación y correcta interpretación de los datos.

Estas herramientas estadísticas son de mucha ayuda, si se desea mejorar la calidad de cualquier organización, pero se tienen que tomar ciertas consideraciones para su selección e interpretación. El objetivo de estas herramientas es hacer que los datos se comprendan fácilmente, que sea más sencillo analizarlos.

## CONCLUSIONES

Una vez que se toma la decisión en una organización de solucionar los problemas que afectan su calidad, debe elegir entre dos métodos de análisis de causa raíz básicos y que son la base para después seleccionar otros métodos, éstos son la forma de control y el diagrama causa – efecto, de esta manera se compondrá un método de análisis de causa raíz más completo.

Seleccionamos la forma de control cuando necesitamos recopilar datos objetivos y confiables de nuestros procesos, así podremos interpretar y localizar los problemas que aquejan a la calidad, para analizar y solucionar estos problemas seleccionamos el análisis de Pareto.

Debido a su fácil uso y construcción, el diagrama de Pareto, es constantemente utilizado; nos permite una rápida visualización de los factores con mayor peso, además podemos determinar la frecuencia de alguna característica que nos interese o comparar grupos de categorías, complementado el diagrama de Pareto con el histograma para la primera opción y para la segunda opción seleccionamos el análisis matricial, y en el caso de que son varios los modelos semejantes de un grupo de productos, se tiene una herramienta específica para comparar el rechazo de los diferentes modelos de un mismo producto, este es el diagrama de Grier.

El impacto de la selección de una o del conjunto de métodos estadísticos antes mencionados es la mejora de la calidad de las organizaciones en las áreas que decidan implementarlo, ya que proporciona dirección en la selección de proyectos de mejora; llevándolas a competir no sólo en un mercado nacional sino también internacional, garantizando productos y/o servicios de calidad.

La siguiente técnica de análisis de causa raíz de la cual se puede partir, es el diagrama de Causa – Efecto, este es uno de los métodos más importantes, ya que ofrece una característica distintiva; la generación de ideas en cuanto a las causas del problema, ya

que se elaboran en una atmósfera como la lluvia de ideas, por lo tanto sirve como base para localizar soluciones.

Este método gráfico sencillo representa una cadena de causas y efectos, para obtener las causas y relaciones de organización entre las variables. Para determinar si estas variables tienen una relación importante y afectan a la calidad, complementamos con los diagramas de dispersión, con este método definimos si existe una relación causa y efecto entre dos variables.

La selección de esta técnica y su complemento como lo es el diagrama de dispersión, no sólo impactará en la mejora de la calidad de la organización sino también en la motivación del personal, una de las mayores ventajas del diagrama Causa – Efecto es la global participación y contribución de todos los que intervienen en el proceso de la lluvia de ideas. Promoviendo la integración de toda la organización.

Para seleccionar el método estadístico de la gráfica de control, se debe tener presente que es una herramienta más específica porque representa el estado de control de un proceso, ideal para el área de producción, sirve para llevar un registro continuo de una determinada característica de la calidad, indica cuándo y dónde se produce un problema, por lo tanto mejora la calidad del proceso.

El impacto al seleccionar esta herramienta estadística repercute directamente en la resolución de problemas. Un proceso que se encuentre en un estado de control estadístico tendrá mejor calidad en el cumplimiento de las especificaciones, porque habrá menos variación de producto y un mayor porcentaje de partes dentro de las especificaciones. Se reducirá el desecho o el reproceso. Se producirán más partes buenas y se reducirá con ello el costo y aumentará la productividad.

La selección de las técnicas como series temporales y el precontrol se limita al monitoreo. Impactando en una mejor comprensión para administradores y operarios, disminución de rechazos y reducción de ajustes.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.-, Besterfield, Dale H., Control de calidad, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A., México, 1995, págs. 15-37, 43-90, 103-163, 183-189, 235-239, 242-247.
- 2.- Cárdenas Herrera, Raúl, Cómo lograr la calidad en bienes y servicios, Ed. Limusa, S.A. de C.V., México, 1992, 1ra edición, págs. 244 y 246.
- 3.- Comisión de calidad y productividad empresarial, Aplicación básica del control estadístico a la calidad, Ed. Instituto Mexicano de Contadores Públicos, A.C., México, 1994, Boletín 5, 1ra edición, págs. 12-17.
- 4.- Chang, Richard Y., Las herramientas para la mejora continua de la calidad, Ediciones Granica S.A., Argentina, 1999, Vol. 2, 1ra edición, págs. 28 y 92.
- 5.- Charbonneau, Harvey C., Control de calidad, Editorial McGraw-Hill, México, 1992, pág. 1.
- 6.- Escalante Vázquez, Edgardo J., Análisis y mejoramiento de la calidad, Editorial Limusa, México, 2006, 1ra edición, págs. 53, 57, 60, 65, 78, 88, 89, 93 107, 191.
- 7.- Evans, James R., Administración y control de la calidad, Editorial International Thomson Editores, S.A., México, 2005, 6ta edición, pág. 372.
- 8.- Feigenbaum, A.V, Control Total de la calidad, Editorial McGraw-Hill, México, 1993, 2da edición, pág. 431.
- 9.- Grant, Eugene L., Control Estadístico de Calidad, Editorial McGraw-Hill, México, 1986, 1ra edición, pág. 87.

10.- Hansen, Bertrand L., Control de calidad teoría y aplicaciones, Ediciones Díaz de Santos, S.A., España, 1990, 2da edición, pág. 94.

11.- Harbin, Mauricio, El control de la calidad, Editorial Deusto, España, 1965, pág. 19.

12.- Juran, J.M., Quality Control Handbook, McGraw-Hill Book Company, Nueva York, 1988, 4ta edición, Sección 24, pág. 10.

13.- Kennett, Rom, Estadística Industrial Moderna, Editorial International Thomson Editores S.A. de C.V., México, 2000, 1ra edición, pág. 44.

14.- Lawrence S. AFT., Fundamentals of industrial Quality Control, Ed. St. Lucie Press, USA, 1998, 3ra edición, pág. 24.

15.- Norma mexicana NMX-CC-9001-IMNC-2008 (ISO 9001:2008)