



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

***“ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS 7 HERRAMIENTAS PARA LA
CALIDAD Y SU APLICACIÓN”***

TRABAJO ESCRITO VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTINUA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA QUÍMICA

PRESENTA:

ERIKA GARCÍA CONTRERAS



MÉXICO D.F.

2009



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: Ing. Eduardo Rojo y de Regil

VOCAL: M. en A. Eduardo Morales Villavicencio

SECRETARIO: M. en A. Alejandro Zanelli Trejo

1er. SUPLENTE: M. en I. Margarita Rosa Garfias Vázquez

2º SUPLENTE: Ing. Jorge Rafael Martínez Peniche

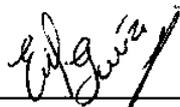
FACULTAD DE QUÍMICA

ASESOR DEL TEMA:



Alejandro Zanelli Trejo

SUSTENTANTE:



Erika García Contreras

Gracias a mis papás; Geraldo García Ruiz y Edith Contreras R., por confiar en mí y brindarme su apoyo incondicional en todo momento y así hacer posible concluir esta parte importante de mi vida.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

Justificación	1
Planteamiento del problema	3
Objetivo	3
Capítulo I.-MARCO TEÓRICO	4

Capítulo II.-Herramientas cuantitativas

▪ Estratificación	
Concepto	11
Aplicación	12
▪ Histograma	
Concepto	16
Aplicación	18
▪ Diagrama de Pareto	
Concepto	21
Aplicación	22
▪ Diagrama de dispersión	
Concepto	25
Aplicación	27
▪ Gráficos de control	
Concepto	28
Aplicación	35

Capítulo III.-Herramientas cualitativas

- **Hoja de verificación**

Concepto41

Aplicación42

- **Diagrama de Causa- Efecto**

Concepto44

Aplicación46

DISCUSIÓN49

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES51

ANEXO53

BIBLIOGRAFÍA54

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1 Reacción en cadena presentada por Deming	2
2 Áreas responsables del control de la calidad	6
3 Clasificación de las herramientas para la calidad.....	10
4 Tipos de correlaciones que se pueden presentar.....	26
5 Situaciones anormales en los gráficos de control	33
6 Hoja de verificación para máquinas cortadoras para la elaboración de bolsas plásticas	43
7 Ejemplo de un diagrama Causa-Efecto.....	44
8 Representación de un diagrama Causa-Efecto para un proceso	45
9 Diagrama de Causa- Efecto para la institución Berlitz.....	47

TABLAS

I Frecuencia de defectos presentados en la fabricación de material autoadherible.....	14
II Estratificación de defectos, de acuerdo a su gravedad	15
III Número de clases recomendado para un histograma	17
IV Datos tomados del contenido de café, para paquetes de 250 g.	18
V Número de clases e intervalos determinados para el ejemplo	19
VI Recuento de número de datos, incluidos en cada intervalo	20
VII Muestras de calibres obtenidos de la extrusora	36
VIII Factores para determinar los límites en los gráficos de control de medias y rangos	53

GRÁFICOS

1 Estratificación por gravedad de defectos, de acuerdo a la gravedad	15
2 Histograma del contenido de gramos de café, en paquetes de 250 g	20
3 Diagrama de Pareto, obtenido de los defectos en la línea de producción de tortillas de harina	24
4 Diagrama de dispersión, para concentraciones de oxígeno medidas con un nuevo sensor y un cromatógrafo	27
5 Diagrama de medias para calibres obtenidos por una extrusora	39
4 Diagrama de control de rangos para los calibres	40

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es indispensable conocer de calidad, para las empresas este concepto ha aumentado su importancia con el incremento de fronteras comerciales en el mundo, por lo cual el mercado se ha vuelto cada vez más competitivo. La calidad es tan importante para empresas de servicios, de comercialización así como de manufactura.

Al mejorar la calidad se consiguen importantes beneficios, ya que teniendo un sistema de calidad bien empleado se reducen los reprocesos, los errores, los retrasos, los desperdicios y el número de artículos defectuosos, además disminuye la devolución de artículos, los productos de garantía y las quejas por parte de los clientes.

Consiguiendo la disminución de estos factores traerá como consecuencia la reducción de costos y una vez conseguido esto se podrán destinar personal y recursos materiales a la elaboración de nuevos o mejores productos, a la resolución de problemas de calidad que pudieran existir, u otros asuntos que pudieran afectar a la empresa.

Por otra parte al mejorar la calidad y tener un proceso de mejora continua eficiente se incrementa la productividad. Y por consiguiente al tener competitividad de precios pero con una mayor calidad que otros productos, la empresa tendrá una mayor oportunidad de ser considerada dentro del mercado.

La relación entre la mejora de la calidad, la productividad y la competitividad se conoce como reacción en cadena. Esta figura fue presentada por el Dr. Deming en julio de 1950 a directivos japoneses y fue una imagen visual que apoyó el cambio hacia la calidad en Japón¹.

¹ Urrutia Leal José Luis. (2004). Diseño de un sistema de control de calidad en la producción de bolsas plásticas. (Tesis de Licenciatura- Universidad de San Carlos de Guatemala), [En línea]. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/14292565/tesis-bolsas-plasticas> p.23 [Consulta: 13 Agosto 2009].

Figura1: Reacción en cadena, presentada por Deming.



Fuente: Elaboración propia.

El diagrama anterior explica que si se mejora la calidad, los costos disminuyen debido a menos reprocesamiento, menor número de errores, menos demoras, mejor aprovechamiento de las máquinas, del tiempo y de los materiales, con lo cual aumenta la productividad y por lo tanto se captura el mercado con mejor calidad y precios más bajos que la competencia, y con esto se asegura la permanencia en el mundo de los negocios y la conservación de las fuentes de trabajo.

La necesidad de las empresas de mejorar la calidad, las ha llevado a tomar acciones para corregir los problemas y de preferencia evitarlos, para esto se basan en principios de control de calidad; para supervisar y controlar las etapas que intervienen en el proceso de fabricación de un producto o servicio y así obtener la calidad deseada.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado que la calidad está presente en todos lo que nos rodea, calidad de productos y servicios, calidad en la educación, calidad de vida, etc.; las empresas se han visto involucradas en todo lo concerniente a la calidad, ya sea por conciencia u obligación, porque saben que si no cuentan con ésta, corren el peligro de salir del mercado.

Por esta razón, las empresas han empleado técnicas o metodologías que les permitan no solo conseguir productos y servicios de calidad, sino que se estén mejorando continuamente. Una de estas metodologías incluye a las 7 herramientas para la calidad, ya que éstas ayudan a la resolución de problemas, a detectar desviaciones dentro del proceso y a la generación de ideas del porqué del problema. A pesar de su utilidad, muchas personas relacionadas con áreas donde se involucre la calidad, desconocen el uso de estas herramientas, y aunque sean simples de usar, desconocen su existencia o creen que son complicadas de emplear y por lo mismo se han negado a tratar de usarlas.

La importancia de estas herramientas, radica en la resolución y/o disminución de los problemas propios de cada empresa de una manera sencilla, de ahí la importancia de que las personas las conozcan y las implementen.

OBJETIVO

Explicar en qué consisten cada una de las 7 herramientas para la calidad, de una forma clara y sencilla, para que éstas se apliquen dentro del área que se requiera; ayudando a las personas en la recolección de información, detección y análisis de problemas, generación de ideas para solucionarlos y la forma de prevenirlos.

Capítulo I.-MARCO TEÓRICO

Durante la década de los cincuenta, los doctores Joseph Juran y Edwards Deming introducen las técnicas de control estadístico en Japón, para asegurarse que los productos cumplieran con los estándares establecidos. Desde esa época, los japoneses han considerado a un problema como un tesoro, porque permite realizar una mejora, ya que si no se percibe el problema no se tiene la necesidad de mejorar.

Los años 80's fue un periodo de cambio notable y de conciencia de calidad por parte de los consumidores, industria y gobierno. Los consumidores comenzaron a apreciar las diferencias entre la calidad de los productos japoneses y estadounidenses, por lo que a partir de esta época se buscó el cómo conseguir la calidad para poder competir con los productos japoneses.

La aplicación de técnicas de control de la calidad, surgidas en USA, supuso una gran revolución en la industria japonesa, a la que en breve tuvieron que sumarse las empresas de todo el mundo para competir no solo con la calidad, sino con los precios ofrecidos por los japoneses.

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.² Esto con el propósito de reducir tiempo y costos, y asegurar la calidad del producto.

Shewhart fue el primero en reconocer que en toda producción industrial, existe una variación dentro del proceso. Esta variación debe ser estudiada con los principios de probabilidad y estadística, por lo cual surge el concepto de control estadístico.

² Gutiérrez Mario, *Administrar para la calidad*, Limusa S.A. de C.V., México, 1995, pp. 29-30. (Feigenbaum, Armand V. *Total quality control*, Mac Graw Hill 1961).

Shewhart define control estadístico como; “Se dice que un fenómeno se controla cuando, con base en experiencias anteriores, podemos predecir al menos dentro de ciertos límites, como esperamos que el fenómeno va a variar en el futuro.”³. Esta predicción significa que podemos establecer, en forma aproximada, la probabilidad con la que el fenómeno observado se va a presentar adentro de ciertos límites, en el futuro.

Ishikawa, fue quien logró simplificar los métodos estadísticos para el control de la calidad en la industria y a nivel general, desarrollando así las 7 herramientas para la calidad.

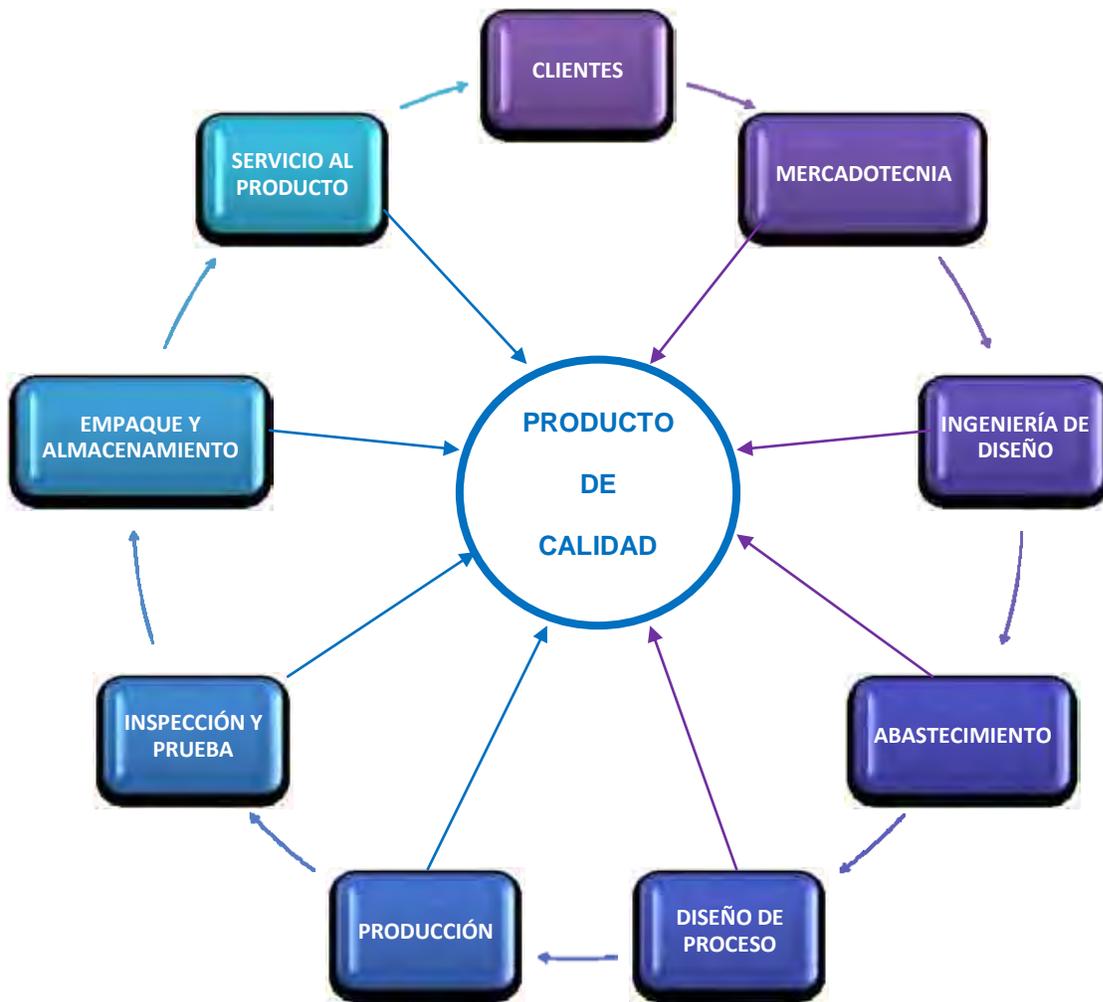
Hasta la etapa del control estadístico, el enfoque de la calidad se había orientado hacia el proceso de manufactura, no existía la idea de la calidad en servicios de soporte y menos de la calidad en servicios al consumidor. Es a principios de los años 50 cuando Juran impulsó el concepto de aseguramiento de la calidad, que se fundamenta en qué, el proceso de manufactura requiere de servicios de soporte de calidad, por lo que se debía coordinar esfuerzos entre las áreas de producción y diseño de producto, ingeniería de proceso, abastecimiento, laboratorios, etc.⁴

Como la calidad no solo depende de una persona, sino de toda la organización, la responsabilidad de ésta se divide entre las diferentes áreas que estén involucradas y las que tienen la capacidad de tomar decisiones sobre ésta.

³ Gutiérrez Mario, op. cit. (Feigenbaum, Armand V. *Total quality control*, Mac Graw Hill 1961).

⁴ Cantú Delgado Humberto, *Desarrollo de una cultura de calidad*, Mc Graw Hill, México, 2004, p.8.

Figura 2: Áreas responsables del control de calidad.



Fuente: Besterfield Dale H, *Control de calidad*, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1995, p.5.

Todas estas áreas influyen en la calidad del producto o servicio, de la siguiente forma:

- ◆ Empezando por la Mercadotecnia, ya que esta área evalúa el grado o nivel de calidad del producto o servicio que el cliente desea y necesita, y por lo que está dispuesto a pagar⁵.
- ◆ La Ingeniería de diseño, traduce las necesidades de calidad de un cliente en características operativas, estableciendo especificaciones y márgenes de tolerancia en los productos. Por lo que el mejor diseño, es el que teniendo un menor costo de producción, sea el más sencillo y además satisfaga las necesidades y expectativas del cliente.
- ◆ Una vez teniendo los requisitos que establece ingeniería de diseño, es responsabilidad de compras conseguir materiales y componentes, de calidad. El abastecimiento de materia prima o componente, se puede hacer con uno o varios proveedores, pero por lo general la adquisición hecha a un solo proveedor permite garantizar mejor calidad a menor precio. Ya que comprando un mayor volumen el costo disminuye y sobretodo se evita la variación en las materias primas o componentes si solo se limita la compra a un solo proveedor.
- ◆ El área de producción fabrica productos de calidad, según afirma Deming, “solo el 15% de los problemas relacionados con la calidad son responsabilidad del personal de operación, lo demás corresponde a la parte restante del sistema”⁶.
- ◆ Inspección y pruebas, tienen como objetivo asegurarse de que lo que se compra y se fabrica cuenta con calidad, y además debe controlar e informar de los resultados obtenidos. Estos resultados sirven a otros departamentos para emprender acciones correctivas o preventivas para el proceso.

⁵ Besterfield Dale H, *Control de calidad*, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1995, p.6.

⁶ Ibidem, p.10.

- ◆ Empaque y almacenamiento, es responsable de preservar y proteger la calidad del producto, hasta que el producto llegue a manos del cliente.

- ◆ Servicio al producto, ofrece al cliente medios que le permitan obtener el óptimo funcionamiento de un producto durante su vida esperada. El servicio al producto y mercadotecnia trabajan en conjunto para definir la calidad que el cliente desea, necesita y obtiene.

El control de la calidad es la aplicación de técnicas y esfuerzos para lograr, mantener y mejorar la calidad de un producto o servicio. En todo producto manufacturado, aunque aparentemente se empleen siempre los mismos procedimientos, se producen variaciones y diferencias en la calidad.⁷

El objetivo del control de la calidad es determinar cuando deja de ser normal una variación, para esto se emplean las herramientas de gráficos de control, histogramas, etc., ya que estas herramientas también son clasificadas de control estadístico.

Las 7 herramientas para la calidad, son adaptables dependiendo de la problemática, y pueden emplearse de manera individual o conjunta. Detectan las causas de las variaciones del proceso, independientemente del tipo de giro. La utilidad de estas herramientas depende de la habilidad de las personas que las usan.

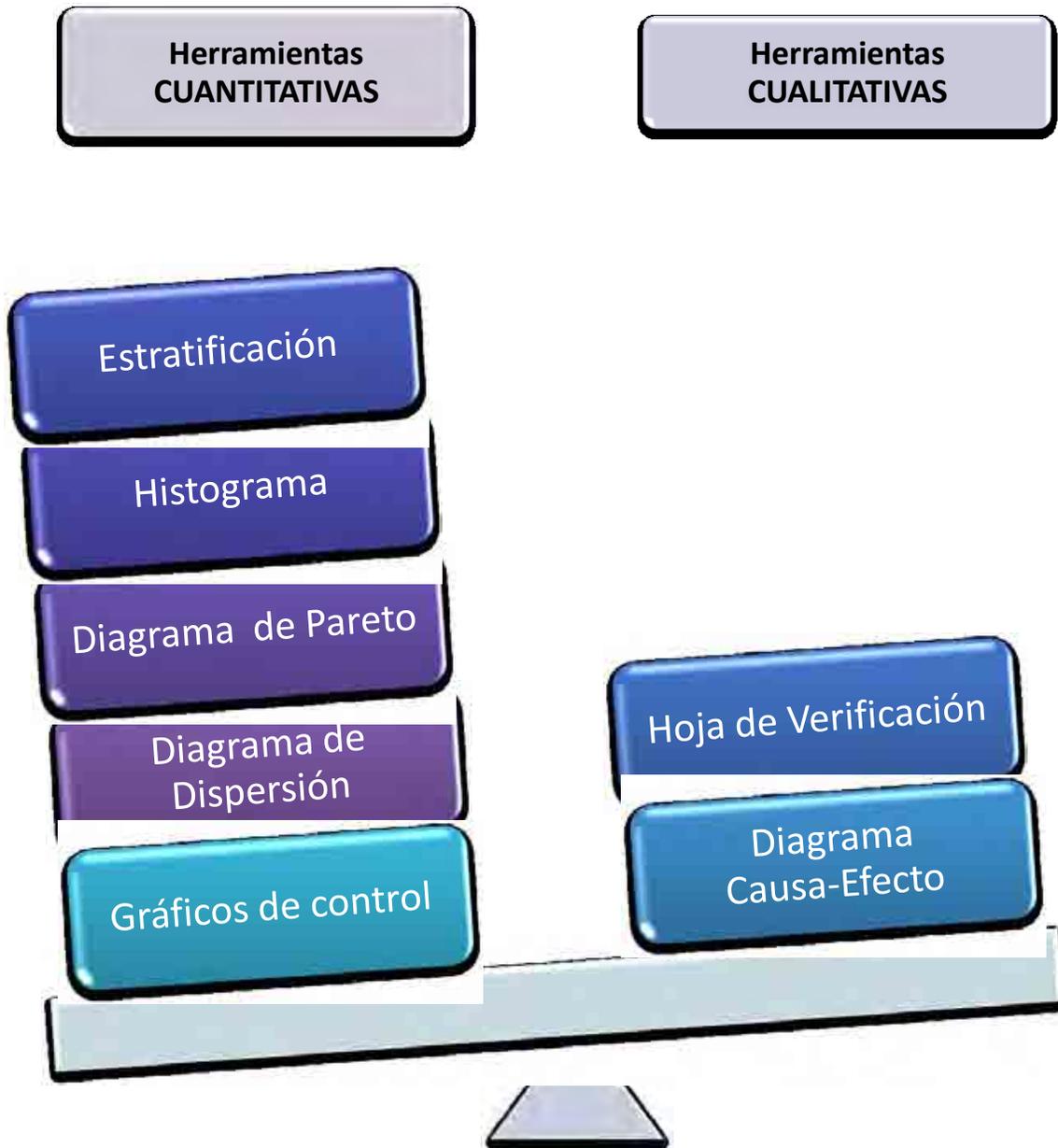
⁷ Sánchez Sánchez Antonio, *La inspección y el control de la calidad*, Limusa-Wiley S.A., México 1972, p. 85.

Una forma metódica, para ver qué pasos seguir para tratar de resolver el problema sería ir dando respuesta a cada una de las siguientes preguntas, y de esta forma seleccionar las herramientas adecuadas que apliquen a cada situación:

- 1.- ¿Cuál es el problema?
- 2.- ¿Cuales son las causas de este?
- 3.- ¿De qué forma se resuelve el problema?
- 4.- ¿Qué opción tomar?
- 5.- ¿Cuándo y cómo actuar?

Las herramientas ayudan a un programa de control de la calidad total, ya que éste, requiere conocer de métodos que permitan orientar y reorientar las ideas propuestas para la solución de un problema, así como para la fácil obtención de información importante sobre dichos problemas, y además de que ayuden a visualizar la necesidad de cambio y la toma de decisiones.

Las 7 herramientas para la calidad se dividen en dos grupos:



Fuente: Elaboración propia.

Capítulo II.-HERRAMIENTAS CUANTITATIVAS

Las herramientas cuantitativas, son aquellas que a través de datos numéricos es posible realizar un análisis estadístico sobre un fenómeno, para obtener resultados sustentados en un análisis matemático y con esto obtener resultados medibles y confiables, para la toma de decisiones respecto a un problema.

A continuación se presenta una explicación de lo que es cada una de las 7 herramientas para la calidad, clasificadas en cuantitativas y cualitativas, y seguido de esto, su aplicación se da a conocer mediante ejemplos en distintas empresas, las cuales emplean estas herramientas para el aseguramiento o mejoramiento de la calidad de sus productos o servicios.

- **ESTRATIFICACIÓN**

Esta herramienta consiste en clasificar los datos, en grupos con características similares. Cada uno de estos grupos se le llama “estrato”. Al realizar esta clasificación, se puede identificar el grado de influencia de los factores o variables dentro del proceso.

Los estratos son subconjuntos de la población que agrupan unidades homogéneas, aunque sean heterogéneas entre los estratos.

Su utilización más frecuente es durante la etapa de diagnóstico, ya que permite identificar qué grupos o estratos influyen en el problema existente.

Los estratos pueden ser de:⁸

Edad

Sexo

Profesión

Materiales, maquinaria o equipo

Áreas de gestión

Tiempo

Localización geográfica, etc.

Sin embargo dependiendo de la situación a analizar se define que características de datos agrupar.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

Se empleó dentro de una empresa dedicada a la fabricación de materiales autoadheribles, ya que se tiene reportado un gran número de defectos presentados en el producto final y dado que la industria de este tipo de papeles y películas, no está exenta de las exigencias de la calidad por parte de sus consumidores, se busca analizar que defecto influye más en la calidad, para poder eliminarlo o por lo menos disminuir.

En México, el consumo per cápita de etiquetas auto adheribles muestra una tendencia a la alza, en 1996 fue de 1 m² y en el año 2000 de 1.7 m², es decir creció un 70% en 4 años.⁹ Esta tendencia indica que el mercado de las etiquetas autoadheribles resulta un

⁸ Ricalde Sarmina Esperanza. (2007). *Herramientas de calidad*. (Tesis de Licenciatura- Universidad Nacional Autónoma de México). [En línea]. Disponible en: http://p8080-132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados_2008/0626936/Index.html p.71 [Consulta: 18 Agosto 2009].

⁹ García Pérez Rosalba (2008). *Aplicación de las herramientas de calidad para disminuir defectos de fabricación en material autoadherible*. (Tesis de Maestría- Universidad Nacional Autónoma de México). [En línea], Disponible en: http://p8080-132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados_2008/septiembre/0632520/Index.html p.2, [Consulta: 17 Agosto 2009] (BASF 2010).

mercado de oportunidades, pero para poder aprovecharlo se tiene que ofrecer calidad en productos y servicios.

El proceso de fabricación de este tipo de material es complejo, por lo tanto presenta una amplia gama de defectos en sus elementos que lo conforman, como son en: material superficial o cara, adhesivo, recubrimiento antiadherente y el respaldo removible.

La lista de estos defectos presentados, se obtiene de las evidencias de fallo, es decir una vez que estos productos han llegado a manos de los consumidores. Éstos datos se pueden conocer a través de los informes del servicio de postventa y de las evidencias de no conformidad durante la fabricación presentados en los informes de inspección.

Para poder identificar los problemas que surgen dentro del proceso, se realizó una estratificación; ponderando la gravedad de los defectos presentados, para tenerlos clasificados conforme a su gravedad y frecuencia de ocurrencia y de así obtener información sobre cuáles son los defectos que deben ser atendidos con mayor prioridad.

Es importante primero realizar la jerarquización de defectos de acuerdo a su gravedad, ya que si no se hace esto, se consideraría a todos los defectos iguales, y los defectos más graves no siempre son los más recurrentes, lo que quiere decir que los defectos que presentan una frecuencia alta no siempre son los que afectan de forma contundente al proceso y viceversa.

Tabla I: Frecuencia de defectos presentados en el proceso de fabricación de material autoadherible.

DEFECTO	FRECUENCIA	GRAVEDAD
Adhesivo fresco	9	Muy grave
Adhesivo trasminado	1	
Arrugas	31	
Cara picada	2	
Mal anclaje de adhesivo	5	
Mal anclaje de tinta	1	
Manchas de adhesivo en cara	1	
Material equivocado	2	
Pegado	22	
Cara con polvo	4	
Release alto	7	
Respaldo equivocado	2	
Sellado	9	
Aberturas	6	Grave
Cara rayada	4	
Deposito fuera de especificación	2	
Embobinado flojo	10	
Manchas de grasa	2	
Margen grande	4	
Peel alto	3	
Rayas de adhesivo	7	Moderadamente grave
Adhesivo abierto	2	
Adhesivo descalibrado	1	
Cara opaca	3	
Exceso de uniones	7	
Marcas de humedad	6	
Material maltratado o sucio	2	No grave
Diferente tono de respaldo	1	

Fuente: García Pérez Rosalba (2008). *Aplicación de las herramientas de calidad para disminuir defectos de fabricación en material autoadherible*. (Tesis de Maestría- Universidad Nacional Autónoma de México). [En línea], Disponible en: http://p8080-132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados_tesis_2008/septiembre/0632520/Index.html p.50, [Consulta: 17 Agosto 2009].

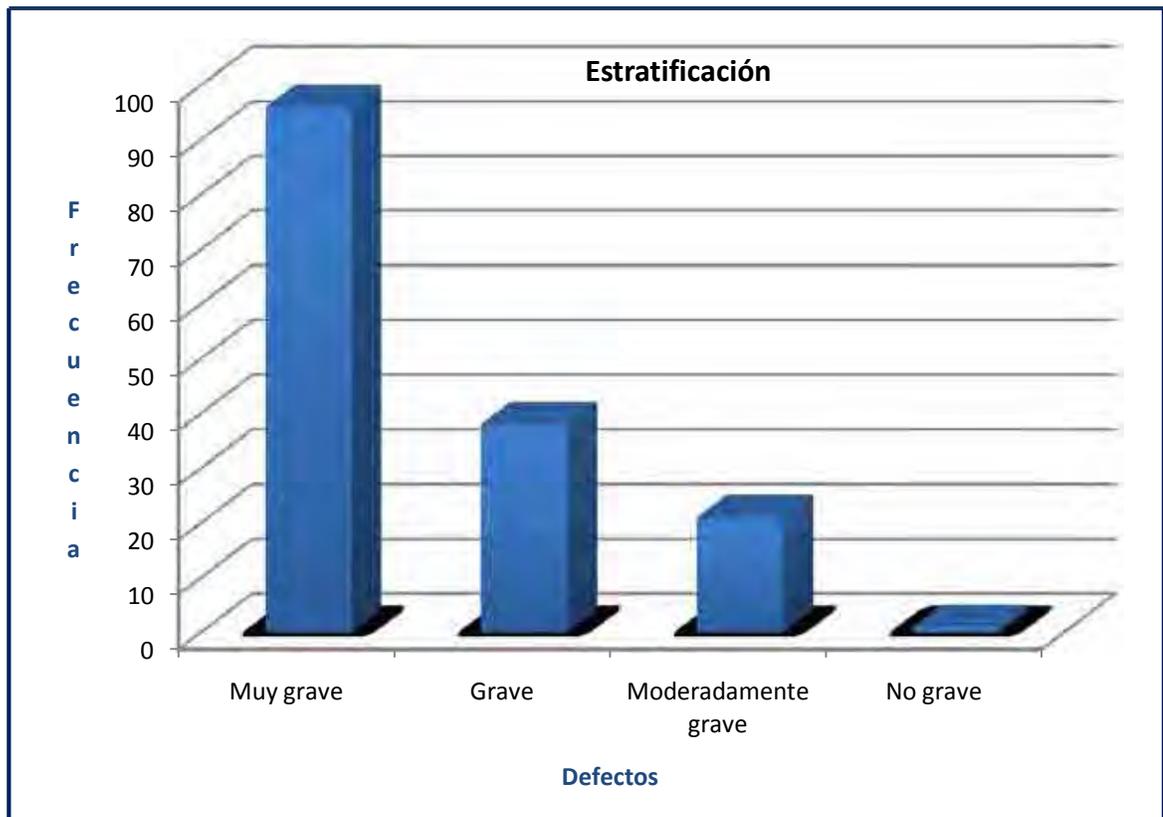
Tabla II: Estratificación de defectos, de acuerdo a la gravedad de éstos.

DEFECTO	FRECUENCIA
Muy grave	96
Grave	38
Moderadamente grave	21
No grave	1

Fuente: Elaboración propia

Una vez estratificado los resultados, se realiza la gráfica, para poder extraer información de cada estrato, como es la frecuencia dada la gravedad del defecto.

Gráfico 1: Estratificación por gravedad de defectos en la fabricación de material autoadherible.



Fuente: Elaboración propia

Analizando el gráfico, se observa que existe un problema dentro del proceso, ya que la mayoría de defectos presentados son muy graves, así que se tiene que hacer un estudio de porque se presentan estos defectos y como se pueden resolver, los defectos muy graves que mayor frecuencia presentan. Para esto se puede recurrir al diagrama de Pareto, ya que al resolver los defectos que en conjunto representan el 80% de ocurrencia se tendrá una importante reducción de defectos muy graves.

- **HISTOGRAMA**

El histograma es una representación gráfica, que muestra la frecuencia de los resultados de las mediciones y esto permite ver alrededor de que valor se agrupan las mediciones (Tendencia central) y cuál es la dispersión alrededor de ese valor central.

Utilizar el histograma ayuda a que la identificación e interpretación de los resultados sea visualmente más fácil que en una tabla de datos.

La correcta utilización de un histograma permite tomar decisiones no solo con base en la media, sino también con base en la dispersión y formas especiales de comportamiento de los datos.¹⁰

Para la construcción de un histograma, es necesario contar con un numero suficientes de datos ($n > 50$). Posteriormente establecer el número de clases e identificar el valor máximo y mínimo de X.

¹⁰ Ricalde Sarmina Esperanza, op. cit. p.61 [Consulta 18 Agosto 2009].

Una vez tomado las muestras:

- Se determina el rango o intervalo de datos; la diferencia entre el dato máximo (límite superior LS) y el dato mínimo (límite inferior LI).

$$R=LS-LI$$

- Se obtiene el número de clase NC, o número de barras. Este número de clases se puede determinar a través de la siguiente tabla, dependiendo del número de datos con que se cuenta.

Tabla III.- Número de clases recomendado para un histograma

Número de datos	Número de clases recomendado
20-50	6
51-100	7
101-200	8
201-500	9
501-1000	10
Más de 1000	11-20

Fuente: <http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/histograma.pdf> [Consulta: 17 Agosto 2009].

- La amplitud de cada clase se determina, dividiendo el rango o intervalo entre el número de clases.

$$LC=R/NC$$

- Al final se trazan los ejes, en el eje X las clases y en el eje Y las frecuencias.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

Como ejemplo para la construcción de este histograma, se presentan a continuación datos del contenido de gramos de café, en paquetes etiquetados como de 250 g, para conocer como es la variabilidad del contenido.

Tabla IV.- Datos tomados del contenido de café, para paquetes de 250 gramos.

257	255	249	248	258	251	252	249	251	249
248	254	250	249	248	250	252	253	252	250
243	251	247	249	246	250	247	243	250	251
249	250	255	250	254	249	246	249	256	246
250	252	253	251	256	247	255	250	243	244
251	252	246	248	247	252	251	252	246	255
248	247	249	250	252	253	252	248	249	249
247	256	251	252	252	251	251	250	257	246
245	254	252	252	250	248	248	251	248	257
249	246	250	253	251	251	254	251	244	245
250	248	250	247	254	250	253	253	251	252
251	251	247	250	255	250	251	249	247	250

Fuente: <http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/histograma.pdf> [Consulta: 17 Agosto 2009].

1. Cálculo del rango (intervalo):

$$R = 258 - 243 = 15$$

2. Obtención del número de clase:

De acuerdo a la Tabla III; el número de clases es de 8, ya que la muestra tomada es de 120 bolsas de café.

3. Cálculo de la longitud de clase:

$$LC = 15/8 = 1.875$$

Esta longitud de clase se redondea a un número entero mayor, ya que de esta forma es más fácil hacer la graduación del eje X.

$$LC = 1.875 \approx 2$$

4. Construcción de clases

Los límites de la primera clase incluirán el valor mínimo de los datos y para evitar que algunos datos coincidan con los límites de los intervalos, se deberán definir de tal forma, que tenga una cifra más después de la coma.

Como el valor mínimo es de 243 g. el primer intervalo se empieza en 242.5 así a los demás intervalos se le debe de aumentar 5 decimas. Para obtener los intervalos se le debe sumar un 2, determinado anteriormente en la longitud de clase.

Tabla V.- Número de clases e intervalos determinados, para la cantidad de gramos de café, contenidos en paquetes de 250 g.

CLASE	INTERVALO
1	242.5 – 244.5
2	244.5 – 246.5
3	246.5 – 248.5
4	248.5 – 250.5
5	250.5 – 252.5
6	252.5 – 254.5
7	254.5 – 256.5
8	256.5 – 258.5

Fuente: <http://www.fundibeg.org/metodologias/herramientas/histograma.pdf> [Consulta: 17 Agosto 2009].

Teniendo establecidos los intervalos, se hace una selección de los datos, para determinar cuáles de estos están incluidos en cada clase.

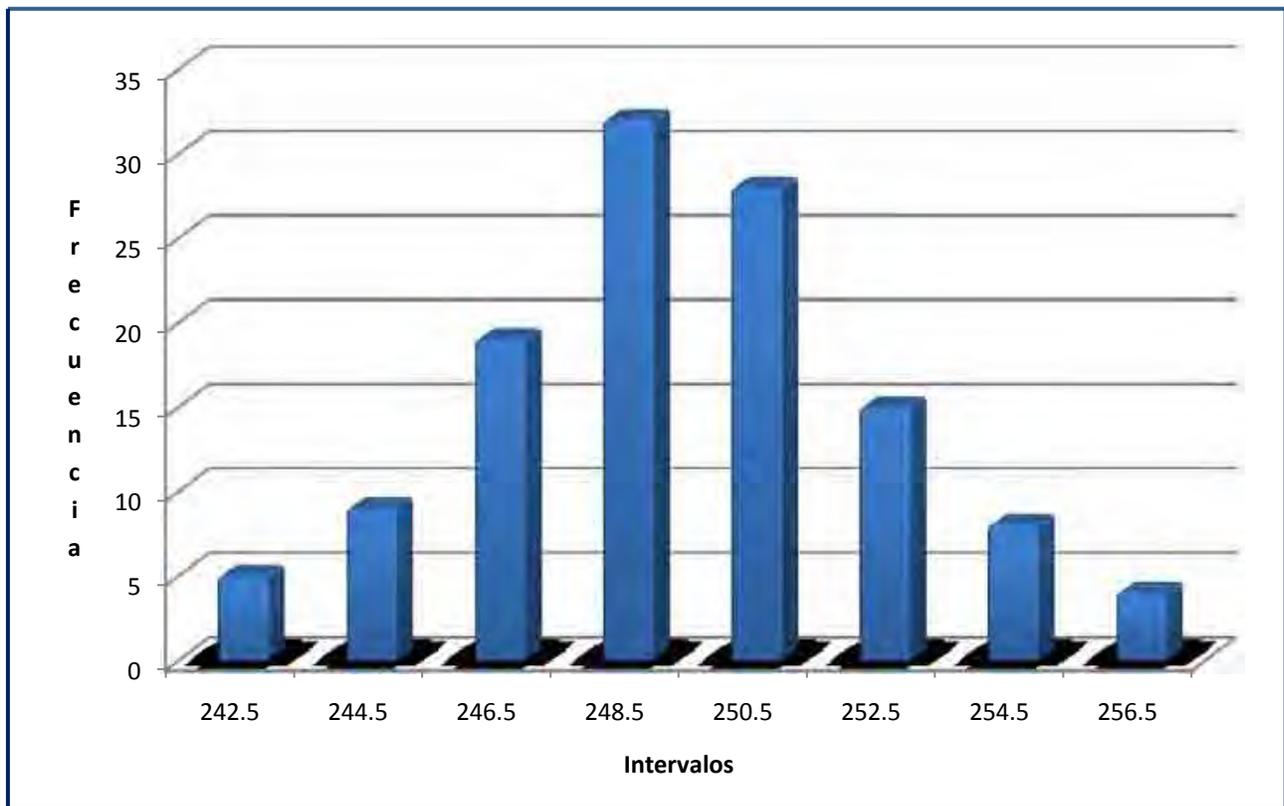
Tabla VI.- Recuento del número de datos, incluidos en cada intervalo.

Límites de la clase	Recuento	Total
242,5 - 244,5		5
244,5 - 246,5		9
246,5 - 248,5		19
248,5 - 250,5		32
250,5 - 252,5		28
252,5 - 254,5		15
254,5 - 256,5		8
256,5 - 258,5		4
		120

Fuente: <http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/histograma.pdf> [Consulta: 17 Agosto 2009].

Con el número frecuencias contenidas en cada intervalo, se procede a realizar el histograma.

Gráfico 2: Histograma del contenido de gramos de café, en paquetes de 250 g.



Fuente: <http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas/histograma.pdf> [Consulta: 17 Agosto 2009].

Como se mencionó anteriormente el uso del histograma ayuda a identificar y clasificar las variaciones del producto, proceso o servicio, siempre y cuando se haga una buena interpretación de éste.

El histograma obtenido presenta una forma de campana, lo cual indica que el peso del café contenido en las bolsas de 250 g, tiene una distribución normal, lo que quiere decir que el proceso es capaz de cumplir con las tolerancias del +/- 5% establecidas por la empresa.

- **DIAGRAMA DE PARETO**

A finales de 1800 Wilfrido Pareto, economista Italiano observó que el 20% de la gente en el mundo controlaba el 80% de la riqueza, por tal razón la aplicación de este diagrama es muy importante ya que con base en él, se puede saber en dónde hay que dirigir los esfuerzos para obtener mejores resultados.

El diagrama de Pareto también es conocido como el 80/20, en donde el 20% de los eventos es el 80% de los problemas: "Pocos vitales de los muchos triviales"¹¹.

Generalmente es más costoso disminuir la columna que representa mayor peso que eliminar por completo la columna más pequeña de defectos.¹²

Este diagrama puede ser considerado un gráfico de barras, pero con la diferencia en la que cada una de estas barras, representa la frecuencia de un evento. Estas barras son acomodadas de izquierda a derecha, de mayor a menor frecuencia, de esta forma es más fácil visualizar cuales son las causas o eventos más significantes, es decir los que más afectan.

¹¹ <http://www.scribd.com/doc/13892276/Herramientas-de-calidad-IBM> [Consulta: 20 Agosto 2009].

¹² Gutiérrez Mario, op.cit. pp. 210-211.

El diagrama se compone de una gráfica de barras y una curva de frecuencia acumulada. La curva se utiliza para agrupar las causas que más contribuyen al total de los defectos. Mientras que solo la gráfica ayuda a identificar los problemas más importantes.

El diagrama de Pareto, ayuda de manera visual a la identificación de las causas, además de entender la importancia de los problemas que se presentan en el proceso, y con esto hace que se enfoque a la resolución de causas, que una vez resueltas se obtendrá un mayor impacto positivo.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

Este diagrama es utilizado en la empresa Bimbo, para disminuir las variaciones de tamaño presentadas en las tortillas de harina, ajustándolas a las especificaciones requeridas.

Dentro de todos los productos con los que esta empresa cuenta, se seleccionó el proceso de fabricación de tortillas de harina, esto después de realizar una estratificación para distinguir entre los productos de mayor y menor importancia en base a su costo unitario y a su producción.

Una vez esto hecho, las tortillas de harina ocuparon el 5° lugar, y aunque gráficamente no es uno de los productos más importantes, este producto tiene gran impacto de crecimiento en el mercado nacional, por otro lado la empresa busca exportar este producto a Japón, para lo cual necesita un producto diferenciado, pues dicha nación posee un mercado de 10 mdd.¹³

¹³ López González, Carlos. (2006). *Evaluación del control y la capacidad del proceso aplicando herramientas de calidad en la elaboración de tortillas de harina*. (Tesis de Licenciatura- Universidad Nacional Autónoma de México), [En línea]. Disponible en: http://p8080-132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados_2008/0624629/Index.html, p.1-2 [Consulta: 16 Agosto 2009] (Reporte anual de Grupo BIMBO 2004, GEA 2003).

Además del crecimiento del mercado en Estados Unidos, ya que en cuanto al crecimiento a la población hispana se prevé que para el año 2010, sea la comunidad extranjera más grande de EE.UU., lo que aunado al PIB que genera dicha comunidad, calculada en 30 millones de personas y que es igual al PIB generado en México, hace del mercado de la tortilla una línea de negocio para considerar y dar un producto con la mejor calidad posible.¹⁴

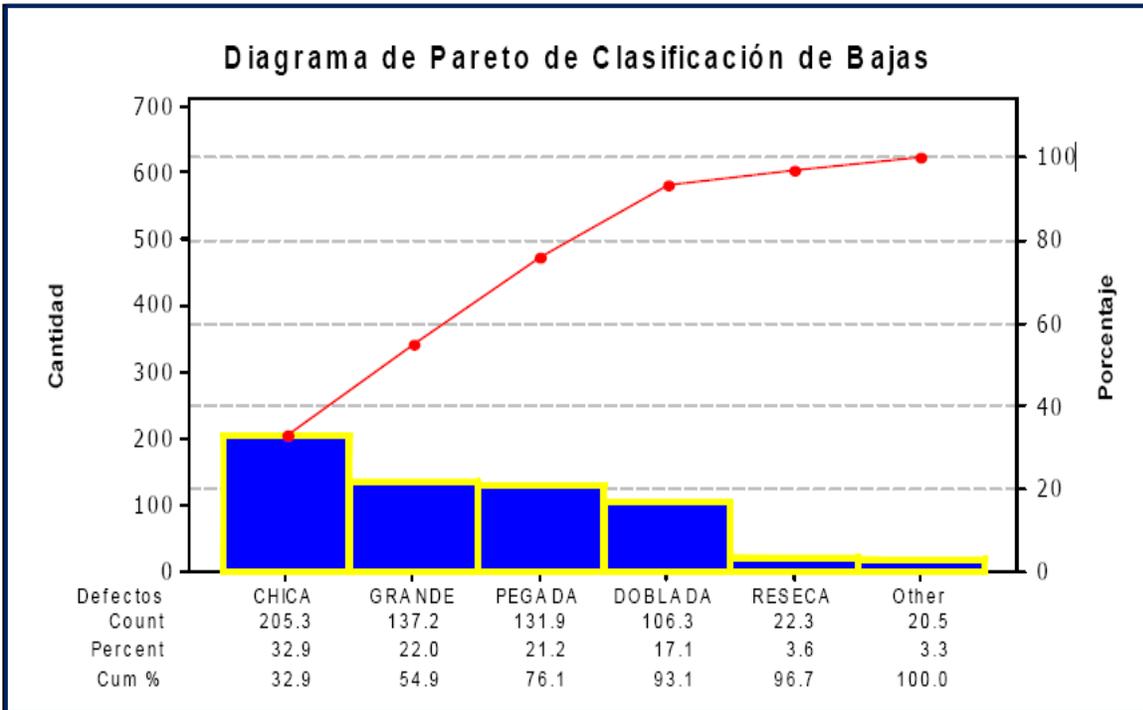
Con el objetivo establecido, se realizó un Diagrama de Causa-Efecto para determinar las causas que pueden afectar a la calidad de las tortillas. Una vez construido ese diagrama y con los resultados de un estudio previo se concluyó que el problema que más afectaba al proceso, era el tamaño de las tortillas de harina, ya que éste produce el 80% de las bajas por reproceso.

Así que ubicado el principal problema, se recolectaron datos para elaborar el diagrama de Pareto. Y para esto primero se debe de tener el histograma ordenado para después obtener la curva de frecuencia acumulada. Esta curva se traza de la siguiente manera:

El primer punto será en el 0, la primera diagonal se traza del 0 a la mitad de la barra que corresponda al primer defecto. Para encontrar el punto de la segunda línea, será la suma de las frecuencias del primer problema con la del segundo problema ($205.3+137.2= 342.5$), la continuación de la línea será lo ya acumulado $343.5+131.9= 475.4$ y así sucesivamente hasta llegar al 100 %. Por esta razón se llama curva acumulativa, ya que se parte de la suma ya acumulada.

¹⁴ Ibidem.

Gráfico 3.-Diagrama de Pareto, obtenido de los defectos en la línea de producción de Tortillas de Harina.



Fuente: López González, Carlos. (2006). *Evaluación del control y la capacidad del proceso aplicando herramientas de calidad en la elaboración de tortillas de harina*. (Tesis de Licenciatura- Universidad Nacional Autónoma de México), [En línea]. Disponible en: http://p8080-132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados_2008/0624629/Index.html, p.56, [Consulta: 16 Agosto 2009].

Como se puede observar en el gráfico, el tamaño de la tortilla es la causa que produce un mayor impacto en la calidad de la tortilla. Y como nos muestra el gráfico se cumple la regla del 80/20, ya que por lo general las tres causas que más impactan al proceso son el 80% del problema.

Una vez identificado la mayor causa, es más sencillo elaborar un plan de acciones correctivas, ya que se debe de enfocar en el problema detectado. En este la solución está, en la etapa de dividido de la masa, ya que al suministrar una mayor o menor cantidad de esta, el diámetro de las tortillas es el afectado, provocando variaciones a lo especificado.

Así que las posibles soluciones para obtener el tamaño deseado de las tortillas son:¹⁵

- ✓ Contar con mantenimiento preventivo orientado al área de máquinas.
- ✓ Cambio de pistones en las divisoras.
- ✓ Disminución del tamaño de masa.
- ✓ Verificación periódica de las condiciones de operación.

- **DIAGRAMA DE DISPERSIÓN**

El Diagrama de Dispersión es una herramienta útil para comprobar (aceptar o rechazar) teorías respecto a la supuesta existencia de una relación entre dos variables. De esta forma ayuda a la solución de problemas de calidad, ya que comprueba que factores influyen en las características del producto o servicio.

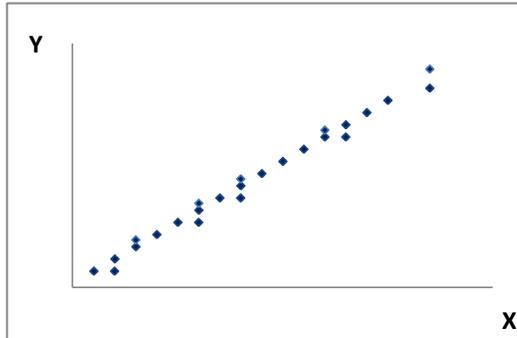
La correlación que existe entre estas variables, puede ser positiva o negativa, dependiendo de cómo estar relacionados los valores entre sí. Positiva cuando el valor de Y (variable dependiente o posible causa) aumenta conforme aumenta el valor de X (variable independiente), y es negativa cuando cada vez que aumenta el valor de X disminuye en igual proporción el valor de Y.

La construcción de este diagrama es simple, una vez recolectado los datos se realiza una simple gráfica, en donde en el eje horizontal se representa la variable X, y en el eje Y, el efecto.

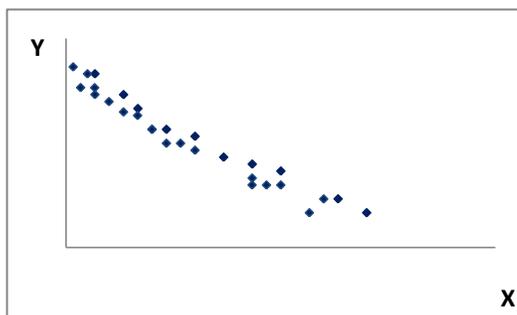
¹⁵ López González Carlos, op. cit., p.58. [Consulta: 16 Agosto 2009].

Figura 4: Tipos de correlaciones que se pueden presentar:

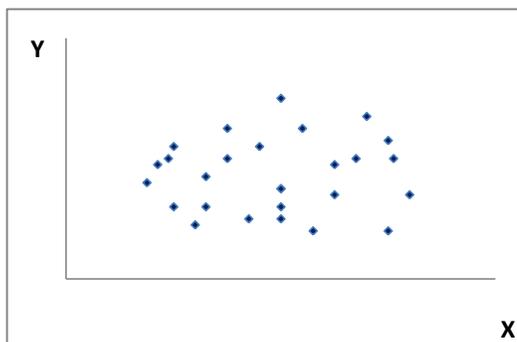
- Directa o positiva: Un incremento de Y depende de un incremento de X



- Inversa o negativa: Una disminución de Y dependerá de un aumento de X.



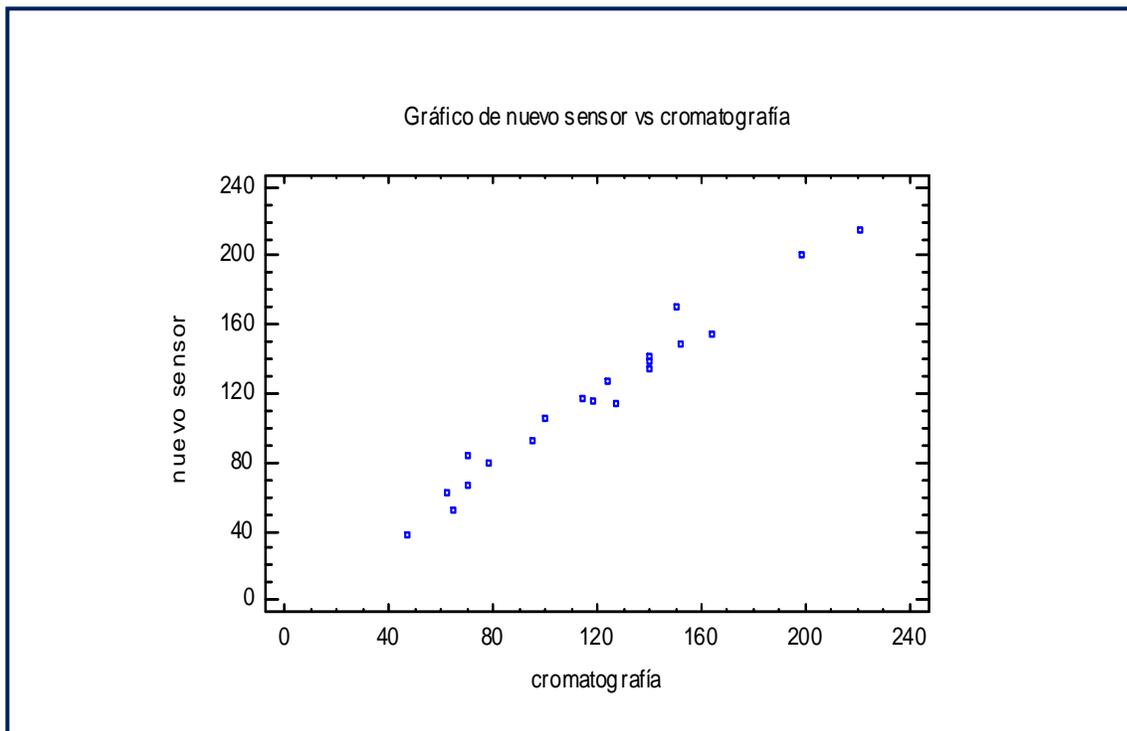
- In correlación: No existe ninguna relación entre las variables, por lo tanto puede depender de otras variables.



EJEMPLO DE APLICACIÓN

Se empleó este diagrama para conocer si existe una relación entre la concentración de oxígeno analizado por cromatografía y la de un nuevo sensor. Obteniendo los datos de laboratorio, se realiza la grafica, acomodando en X a la variable independiente, para este caso la concentración de oxígeno en partes por millón (ppm) analizadas por cromatografía, y en el eje Y el análisis por el nuevo sensor. Se tomó una muestra de 20 mediciones.

Gráfico 4: Diagrama de dispersión, para concentraciones de oxígeno mediadas con un nuevo sensor y un cromatógrafo.



Fuente: Elaboración propia.

Este diagrama de dispersión presenta una correlación positiva, ya que la concentración de oxígeno del nuevo sensor aumenta cuando la concentración de oxígeno de la cromatografía aumenta. Por lo cual se determina que se puede utilizar tanto el cromatógrafo como el nuevo sensor para realizar pruebas.

Para asegurarse de que realmente es una correlación positiva se hace una regresión lineal, para de forma matemática corroborarlo. Para esto se realizó una regresión lineal en Excel, obteniendo la siguiente ecuación:

$$\text{Nuevo sensor} = -0.962489 + 1.00137 * \text{cromatografía}$$

Además mediante la regresión lineal resuelta con Excel, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.985, y con este valor se comprueba que existe una relación fuerte entre estas dos variables, ya que es cercano a 1, y por lo tanto se puede utilizar de igual forma el cromatógrafo que el nuevo sensor y los resultados arrojados son igual de confiables.

- **GRÁFICOS DE CONTROL**

Walter A. Shewart fue el primer científico que empleo los gráficos de control ó *control charts* en 1931 con el fin de lograr el control de calidad económica de productos manufacturados.

Esta herramienta es usada principalmente para el estudio y control de procesos repetidos, mediante una representación gráfica de los datos provenientes de muestras tomadas de forma aleatoria, del proceso que se quiere controlar, con el fin de eliminar las variaciones y mantener el proceso bajo control estadístico.

Los gráficos de control se componen de una línea central, la cual indica un resultado medio, los puntos tienden a situarse por arriba o por debajo de esta. Siempre que los

datos se muevan entre estas dos líneas, se dice que la calidad está controlada. Estos límites serán los límites superior e inferior de control respectivamente.¹⁶

Cuando los puntos, están dentro de estos límites, el proceso está dentro de control, pero cuando estos aparecen fuera, se deduce que existen perturbaciones, para lo cual es necesario tomar acciones para eliminarlas.

Existen cuatro tipos de gráficos de control¹⁷:

- Para variables:
 - a) Gráfico X de medias
 - b) Gráfico R de rangos

- Para atributos:
 - a) Gráfico p
 - b) Gráfico c

Los gráficos de control para variables cuantitativas, son para aquellas que requieren un instrumento de medición para medirse, por ejemplo: pesos, volúmenes, voltajes, longitudes, resistencias, tiempo, temperatura, humedad, etc.

El gráfico X analiza el comportamiento de medias, con lo cual se obtiene información sobre la tendencia central y la variación entre las muestras. Se utiliza para vigilar la estabilidad de la media del proceso.¹⁸ Generalmente se construyen los gráficos X y R sobre la misma hoja.

¹⁶ Sánchez Sánchez, Antonio, op. cit., pp. 88-89.

¹⁷ <http://www.scribd.com/doc/6769760/Control-Estadistico-de-Proceso> p.13, [Consulta: 18 Agosto 2009].

¹⁸ Ricalde Sarmina Esperanza. op.cit. p.83 [Consulta: 18 Agosto 2009].

Para este gráfico de medias, los límites de control central, superior e inferior, se calculan con las siguientes fórmulas:

$$LSC = X + 3Sx$$

$$LSC = X$$

$$LIC = X - 3Sx$$

Donde:

Sx : es la desviación estándar.

Otra forma de obtener los límites de control es de la siguiente manera:

$$LSC = X + A2R$$

$$LSC = X$$

$$LIC = X - A2R$$

Donde: R es la media de los rangos (intervalos) de las muestras

A_2 es un coeficiente que depende del tamaño de la muestra (n). Ver tabla anexa.

Un gráfico R se utiliza para estudiar la variabilidad de una característica de calidad de un producto o proceso y en él se analiza el comportamiento sobre el tiempo de los rangos de las muestras.

Sus límites de control son:¹⁹

$$LSC=R*D4$$

$$LC=R$$

$$LIC=R*D3$$

¹⁹ Ricalde Sarmina Esperanza. op.cit. p.85 [Consulta: 18 Agosto 2009].

Donde:

R. es la media de los rangos (intervalos) de las muestras

D3 y D4 son parámetros de estos gráficos. Ver tabla anexa.

En el gráfico por atributos la variable que se analiza solo puede tomar dos valores, no o si, correcto o incorrecto, adecuado o inadecuado. Para este gráfico las muestra necesariamente deben ser mayores que cuando se analizan variable medibles, y habitualmente se utilizar un gráfico de proporciones, en el que la variable en el eje de las Y, es la proporción de veces en que el resultado no es adecuado.

En estos gráficos no se anotan las unidades defectuosas, solamente el porcentaje de éstos. El costo de implementación de estos gráficos es bajo, ya que se suelen utilizar datos tomados para otros fines, como diagrama de Pareto, histogramas, etc.²⁰

La variable p se distribuye como una binomial, siendo sus límites de control:

$$\sigma p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$LSCp = P + 3\sigma p$$

$$LICp = P - 3\sigma p$$

Donde:

P. es el número de productos defectuosos divididos entre el tamaño de la muestra

n. es el tamaño de muestra.

²⁰ Sánchez Sánchez, Antonio, op. cit., pp. 90-92.

El gráfico *c*, se utiliza cuando se está intentando controlar el número de defectos por unidad, ya sea porque el número posible de defectos es elevado o porque se desea aislar un cierto tipo de ellos.²¹

Estos gráficos son más importantes que los *p*, para cuando se quiera conocer los defectos de un cierto producto, en lugar del número de unidades defectuosas. Sus límites de control son:

$$LSCc = c + 3\sqrt{c}$$

$$LSCc = 3\sqrt{c}$$

$$LICc = c - 3\sqrt{c}$$

Donde:

c es el número de defectos dividido por el número de grupos de unidades.

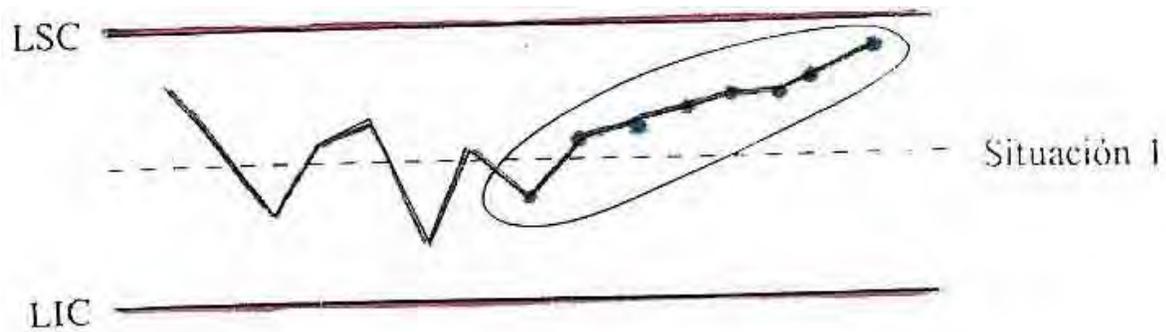
Un proceso puede ser considerado fuera de control si un punto está fuera de los límites, pero también si los puntos aunque estén dentro de los límites no están distribuidos aleatoriamente., con lo cual se detecta una serie o modelo. Estos se dan generalmente en 3 situaciones:

La primera es teniendo una serie de ocho puntos consecutivos por encima o debajo de la media, esta situación es significativa de un desplazamiento escaso de la posición media de la característica estudiada y de la estabilización del proceso entorno a esta nueva posición central.²²

²¹ <http://www.scribd.com/doc/6769760/Control-Estadistico-de-Proceso> pp. 32-33 [Consulta: 18 Agosto 2009].

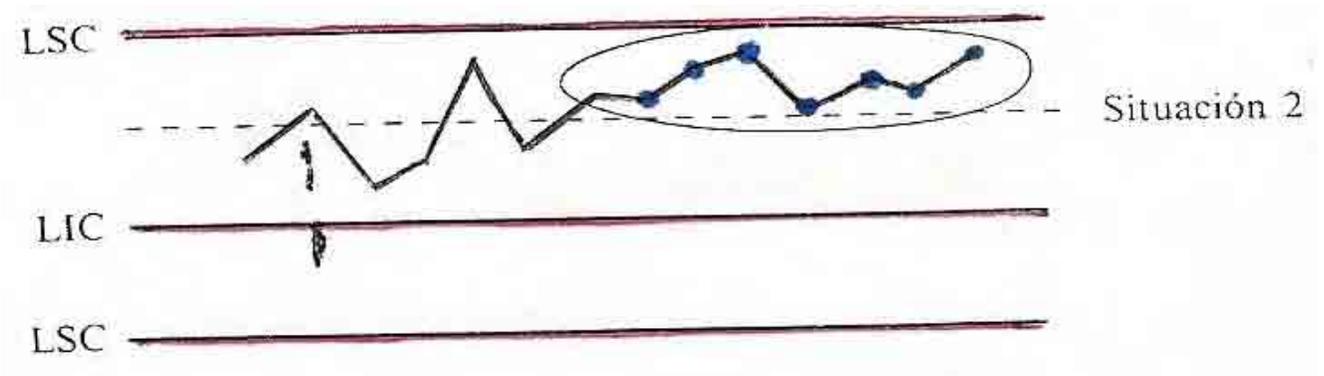
²² Besterfield Dale H, op. cit., pp.98-101.

Figura 5: Situaciones anormales en los gráficos de control.



Fuente: Besterfield Dale H, *Control de calidad*, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1995, p.100.

La siguiente situación es una serie de 7 intervalos consecutivos crecientes o decrecientes, llamada tendencia y es representativo de una evolución lenta de la posición media de la característica. La tendencia se asocia con un fenómeno de desgaste.²³

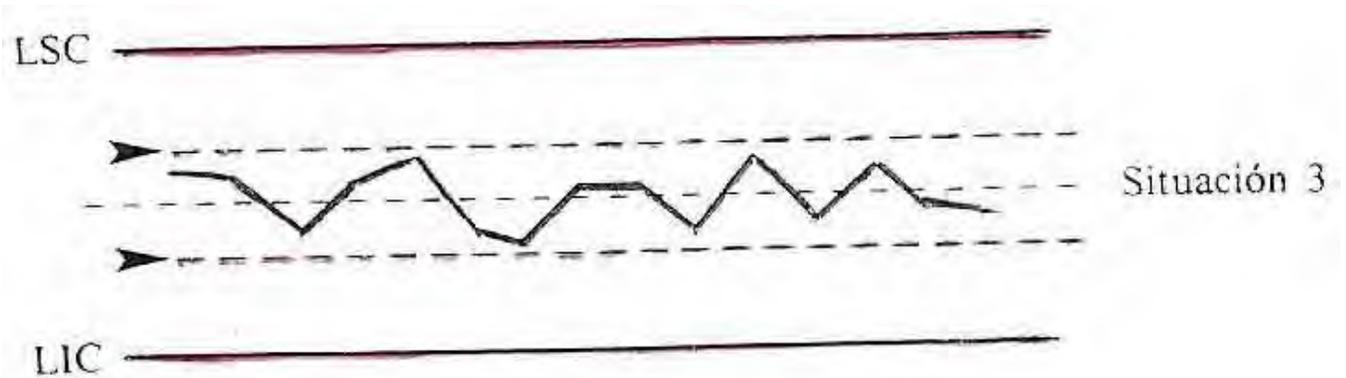


Fuente: Besterfield Dale H, *Control de calidad*, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1995, p.100.

²³ Besterfield Dale H, op. cit., pp.98-101.

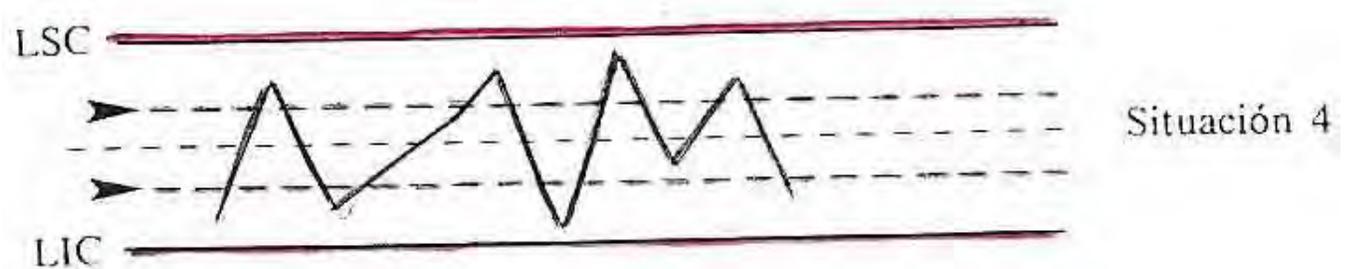
La tercera situación es un reparto no aleatorio de los puntos, y se clasifica en dos tipos de situaciones particulares.

La primera situación particular es una estratificación en la que los puntos están cerca de la media. En teoría no pueden encontrarse más de las 2/3 partes de los puntos en el tercio central del intervalo de control.²⁴



Fuente: Besterfield Dale H, *Control de calidad*, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1995, p.100.

La segunda es una mezcla de poblaciones en la que los puntos están cerca de los límites de control, en este caso se detecta una situación fuera de control si menos del 40% de los puntos, se encuentran en el tercio central.²⁵



Fuente: Besterfield Dale H, *Control de calidad*, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1995, p.100.

²⁴ *Ibidem.*

²⁵ Besterfield Dale H, *op. cit.*, pp.98-101.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

Los gráficos de control X y R se emplearon dentro de una empresa dedicada a la fabricación de bolsas de plástico. Las exigencias de los clientes fueron aumentado y por lo mismo se dieron a la tarea de controlar la calidad, ya que el mayor problema son los productos defectuosos.

El gráfico de control se realizó a partir de datos tomados del proceso de extrusión, ya que este paso es fundamental en el proceso, porque es aquí donde se define el ancho y calibre de la bolsa, y por lo mismo si este paso no se controla se verá reflejado en la calidad de la bolsa.

En la siguiente tabla se muestra el número de mediciones hechas para conocer los calibres de las bolsas.

Tabla VII: Muestras de calibres obtenidos de la extrusora.

MUESTRA	MEDICIONES			MEDIA	RANGO
1	0.6	0.61	0.65	0.62	0.05
2	0.55	0.6	0.4	0.52	0.2
3	0.53	0.7	0.65	0.63	0.17
4	0.7	0.72	0.55	0.66	0.17
5	0.7	0.62	0.6	0.64	0.1
6	0.6	0.65	0.55	0.6	0.1
7	0.5	0.57	0.65	0.57	0.15
8	0.65	0.57	0.6	0.61	0.08
9	0.45	0.65	0.55	0.55	0.2
10	0.53	0.7	0.57	0.6	0.17
11	0.7	0.6	0.6	0.63	0.1
12	0.55	0.6	0.62	0.59	0.07
13	0.5	0.6	0.55	0.55	0.1
14	0.53	0.6	0.58	0.57	0.07
15	0.53	0.52	0.55	0.53	0.03
16	0.65	0.5	0.58	0.58	0.15
17	0.65	0.6	0.55	0.6	0.1
18	0.6	0.4	0.55	0.52	0.2
19	0.5	0.57	0.57	0.55	0.07
20	0.6	0.5	0.6	0.57	0.1
21	0.5	0.52	0.55	0.52	0.05
22	0.7	0.52	0.58	0.6	0.18
23	0.5	0.55	0.5	0.52	0.05
24	0.7	0.6	0.64	0.65	0.1
25	0.55	0.65	0.61	0.6	0.1
26	0.6	0.5	0.56	0.55	0.1
27	0.55	0.56	0.56	0.56	0.01
28	0.4	0.48	0.44	0.44	0.08
29	0.6	0.63	0.62	0.62	0.03
30	0.6	0.6	0.6	0.6	0
Total				17.33	3.08

Fuente: Urrutia Leal José Luis. (2004). *Diseño de un sistema de control de calidad en la producción de bolsas plásticas*. (Tesis de Licenciatura- Universidad de San Carlos de Guatemala), [En línea]. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/14292565/tesis-bolsas-plasticas> p.78 [Consulta: 13 Agosto 2009].

Los pasos para la construcción del gráfico de control \bar{X} , una vez teniendo los datos, son los siguientes:

- Calcular la sumatoria de medias

$$0.62+0.52+0.63+0.66+0.64+0.6+0.57+0.61+0.55+0.6+\dots=17.33$$

- Calcular la sumatoria de los rangos

$$0.05+0.2+0.17+0.17+0.1+0.1+0.15+0.08+0.2+0.17+\dots =3.08$$

- Calcular la media de medias: La sumatoria de las medias entre el total de las mediciones.

$$\text{Media} = 17.33/30=0.577$$

- Para calcular la media de los rangos: La sumatoria de rangos entre el tamaño de la muestra.

$$R=3.08/30=0.102$$

- Para determinar los límites de control, tanto superior central e inferior, se utilizan las siguientes formulas:

Límites para gráficos de medias

$$LSC = \bar{X} + A2R$$

$$LCC = \bar{X}$$

$$LIC = \bar{X} - A2R$$

Límites para gráfico de rangos:

$$LSC = D4 * R$$

$$LCC = R$$

$$LIC = D3 * R$$

En la tabla anexa, los valores de los factores correspondientes para un grupo de 3(n) son:

$$A2=1.023$$

$$D3=0$$

$$D4=2.574$$

Teniendo los factores se sustituyen en las ecuaciones, para obtener los límites y localizarlos en los gráficos.

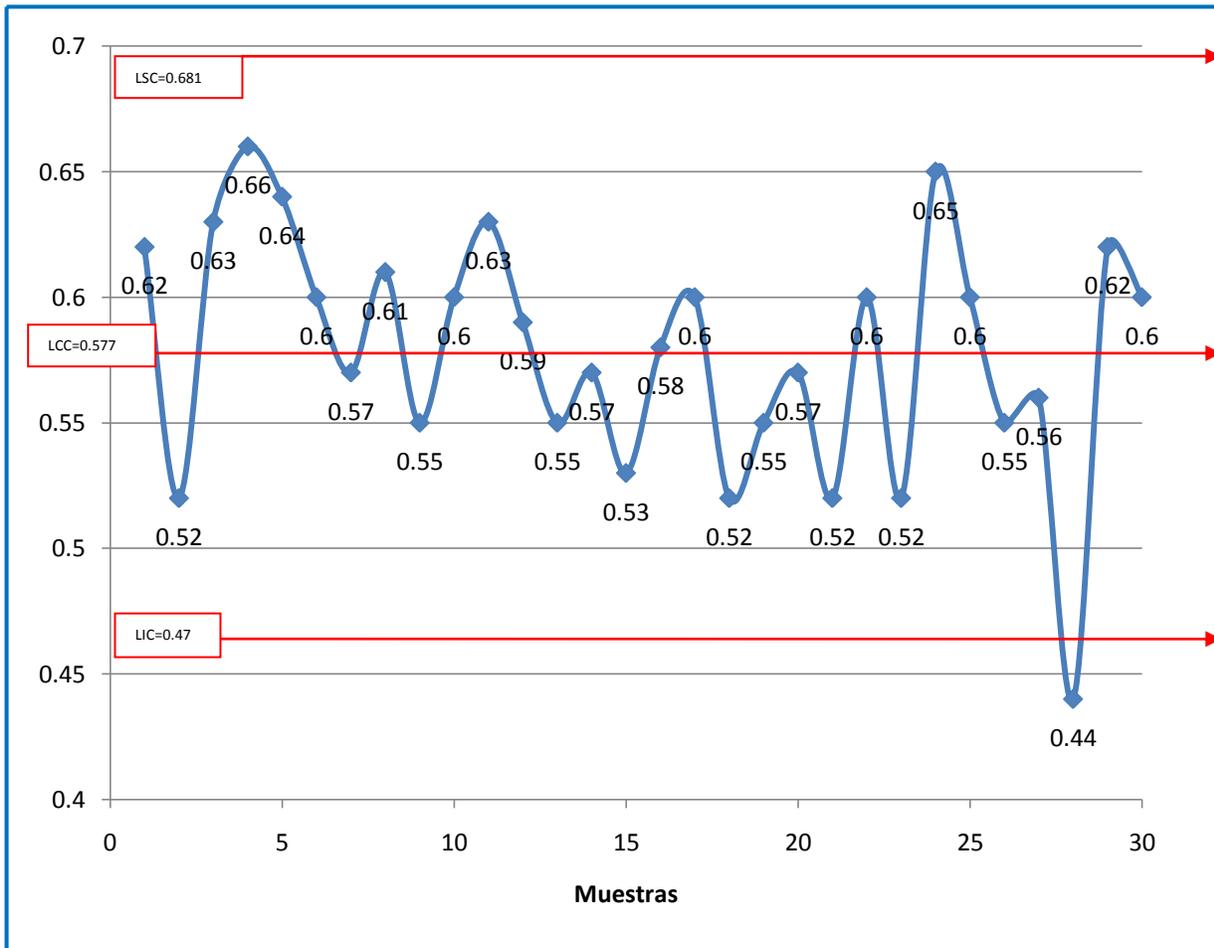
Los límites para el gráfico de medias, son:

$$LSC = 0.577 + 1.023 * 0.102 = 0.681$$

$$LCC = 0.577$$

$$LIC = 0.57 - 1.023 * 0.102 = 0.47$$

Gráfico 5: Diagrama de medias para calibres obtenidos por una extrusora.



Fuente: Urrutia Leal José Luis. (2004). *Diseño de un sistema de control de calidad en la producción de bolsas plásticas*. (Tesis de Licenciatura- Universidad de San Carlos de Guatemala), [En línea]. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/14292565/tesis-bolsas-plasticas> p.81 [Consulta: 13 Agosto 2009].

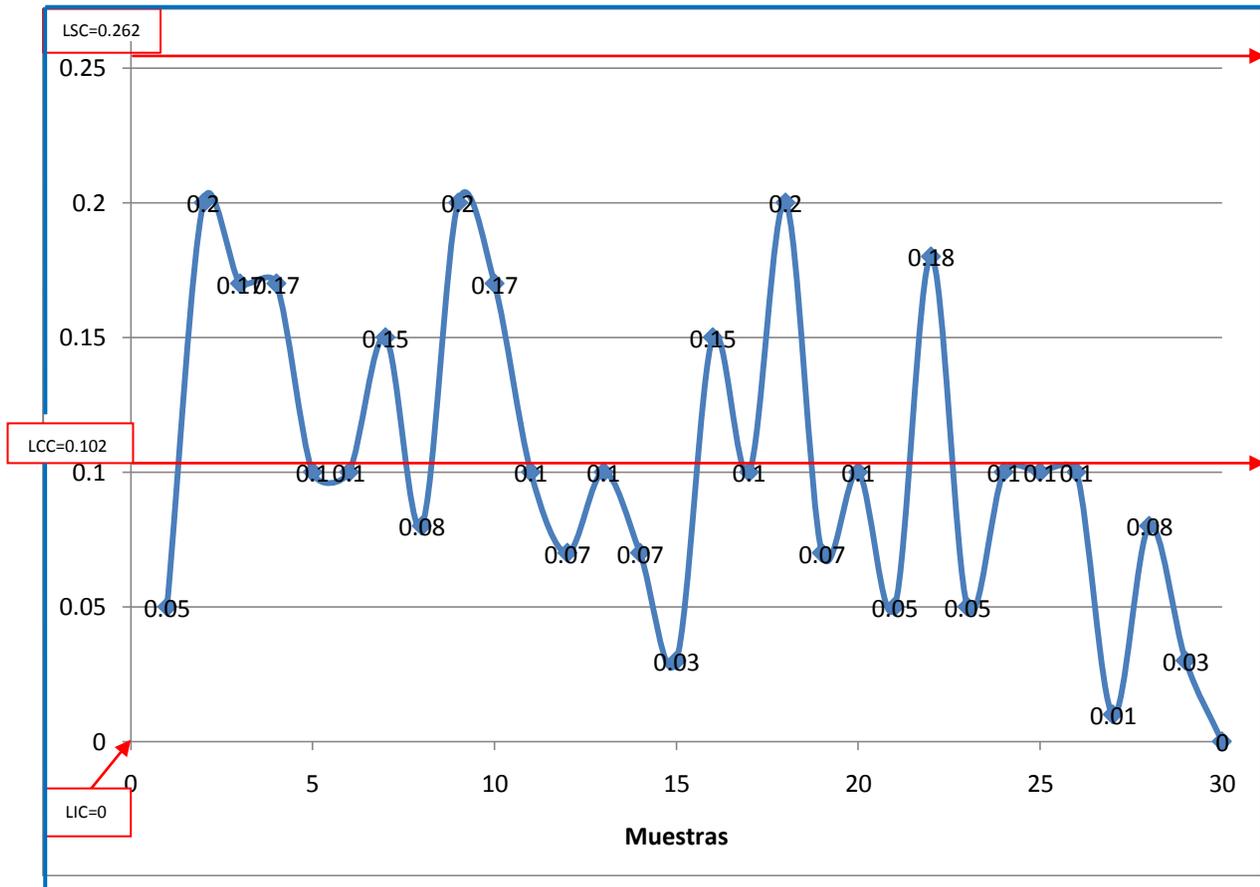
- Obtención de los limites para el grafico de rangos:

$$LSC = 2.574 * 0.102 = 0.262$$

$$LCC = 0.102$$

$$LIC = 0 * 0.102 = 0$$

Gráfico 6: Diagrama de control de rangos para los calibres.



Fuente: Urrutia Leal José Luis. (2004). *Diseño de un sistema de control de calidad en la producción de bolsas plásticas*. (Tesis de Licenciatura- Universidad de San Carlos de Guatemala), [En línea]. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/14292565/tesis-bolsas-plasticas> p.80, [Consulta: 13 Agosto 2009].

Teniendo el gráfico se observa que las especificaciones están dentro de los límites establecidos, y por lo tanto el proceso está bajo control, porque la especificación de la bolsa es 8.5*13.75*0.6 (ancho, largo y calibre). Además de que la empresa maneja como tolerancia el 10% +/- en las variaciones del calibre requeridos por el cliente, por lo tanto el calibre de estas bolsas está dentro de lo especificado por la empresa.

Capítulo III.-HERRAMIENTAS CUALITATIVAS

Estas herramientas permiten el análisis y la interpretación de datos no medibles, es decir mediante opiniones o percepciones de las personas que intervienen en el análisis del problema. Estas herramientas son: las hojas de verificación y el diagrama de Ishikawa.

- **HOJAS DE VERIFICACIÓN**

Una Hoja de Verificación es un impreso con formato de tabla o diagrama, destinado a registrar y recopilar datos mediante un método sencillo y sistemático. Este formato de recolección de datos debe ser lo menos complicada de manera que su uso sea fácil e interfiera lo menos posible con la actividad de quien realiza el registro. Estas hojas deberán ser de fácil entendimiento de forma que no sea necesario incluir instrucciones de cómo llenar los datos.

Los datos recabados en estas hojas pueden ser usados para posteriormente crear un histograma, o gráficos de control.

Para el formato de estas hojas se debe considerar dar solución a las siguientes 5 preguntas²⁶:

¿Qué?

¿Cuándo?

¿Dónde?

¿Quién?

¿Por qué?

²⁶ <http://www.scribd.com/doc/13892276/Herramientas-de-calidad-IBM> p.34 [Fecha: 20 Agosto 2009].

Al dar contestación a estas preguntas se recolectan datos como: Nombre del producto o área que se controla, fecha, lugar donde se realiza el monitoreo, nombre de la persona que lo realiza y cuál es el motivo por lo cual se hace.

Los datos recabados mediante estas hojas, son la base para emplear otras herramientas de calidad.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

Un ejemplo de esta hoja, sería el formato que se utiliza para el proceso de elaboración de bolsas plásticas, para recabar información de las maquinas cortadoras y selladoras, registrando siguientes datos:

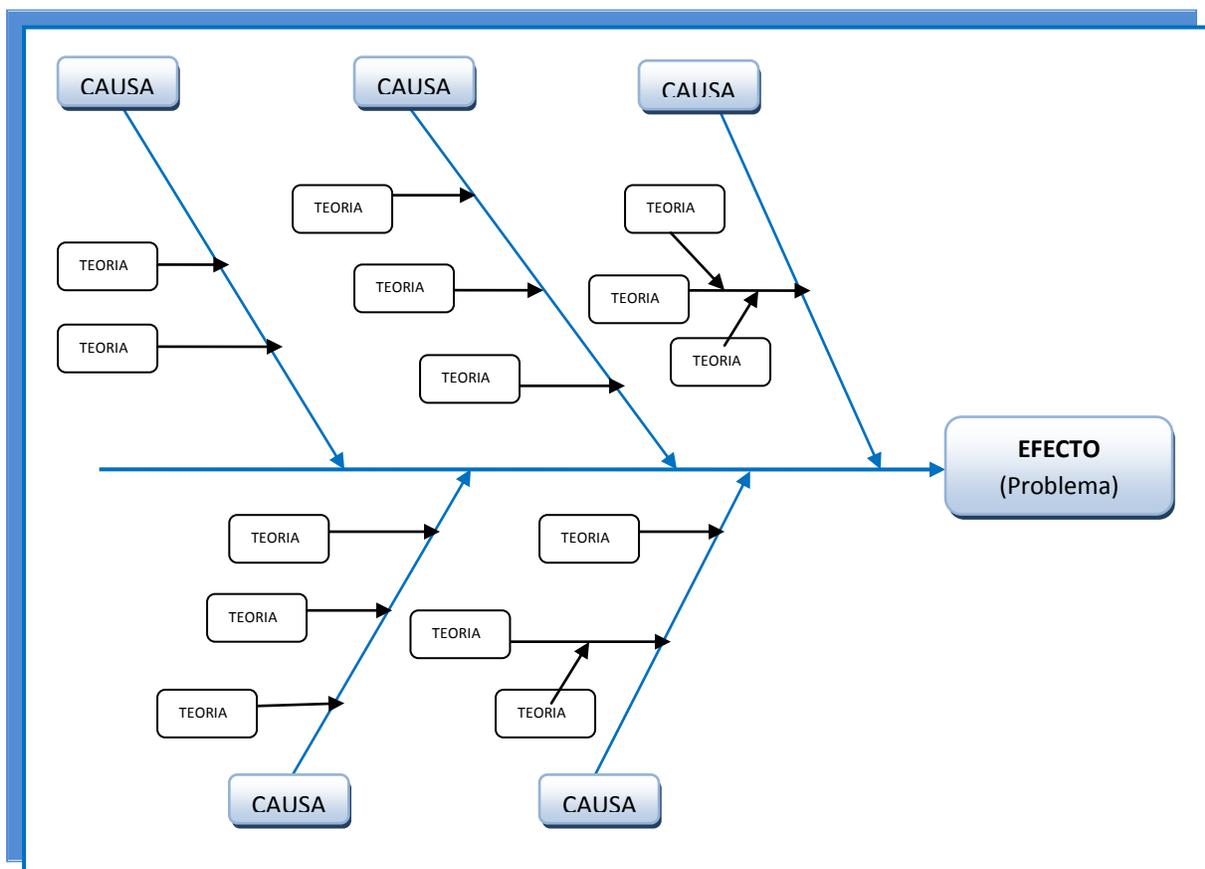
- ✓ Fecha
- ✓ Turno
- ✓ Número de Cortadora
- ✓ Hora de inicio y fin de utilización del equipo
- ✓ Nombre del Operario

• **DIAGRAMA CAUSA-EFECTO**

Este diagrama también es conocido como Diagrama de Ishikawa o de Espina de pescado, por la forma que se crea. Este diagrama sirve para estructurar las ideas después de un *Branstorming* o lluvia de ideas, ya que por ser una representación gráfica de las relaciones lógicas que existen entre las causas que producen un efecto, ayuda a visualizar las posibles soluciones.

Las causas principales se pueden clasificar en 5 áreas de causa: método, maquinaria, materia prima, medio ambiente y mano de obra. Estas son las típicas causas potenciales y sirve como guía para empezar a preguntarse, pero no es una regla.

Figura 7: Ejemplo de un Diagrama de Causa- Efecto

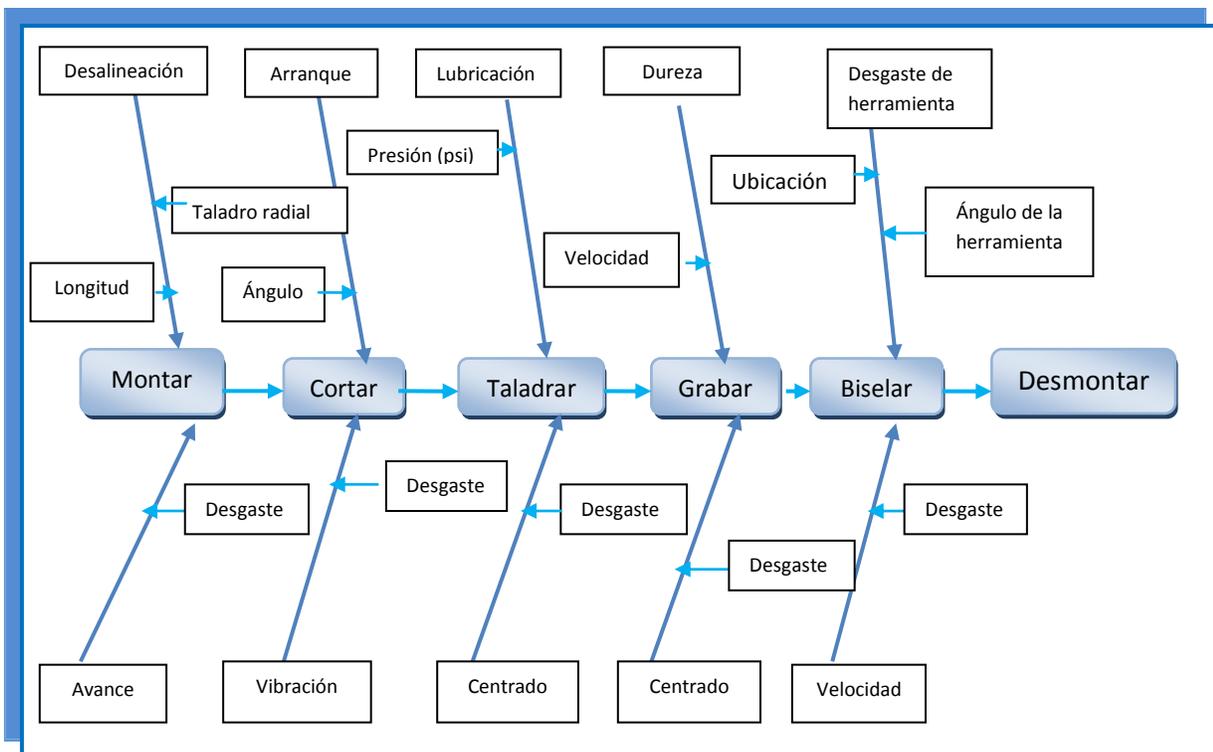


Fuente: Elaboración propia,

Existen otros dos tipos de diagrama similares al anterior; la diferencia está en cómo se organizan y presentan.

El diagrama de dispersión tiene como objetivo analizar las causas que propicia la dispersión o variabilidad y para su construcción se debe de terminar completamente de analizar la rama antes de empezar con las otras, mientras que para el diagrama de proceso se describe cada una de las etapas que intervienen en el proceso.

Figura 8.- Representación de un diagrama Causa-Efecto para un proceso.



Fuente: Besterfield Dale H, *Control de calidad*, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1995, p.25.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

La aplicación de este diagrama, se dio en la empresa *Berlitz*, ya que tuvo la necesidad de realizar un análisis de Causa-Efecto para identificar los problemas que perturban gravemente el funcionamiento y que imposibilitan su logro de los objetivos en tiempo y forma.

El diagrama Causa-Efecto o de Ishikawa, se construye de la siguiente forma:

- Primero se define el EFECTO o problema, en este caso los problemas se encuentran en el departamento de Administración.

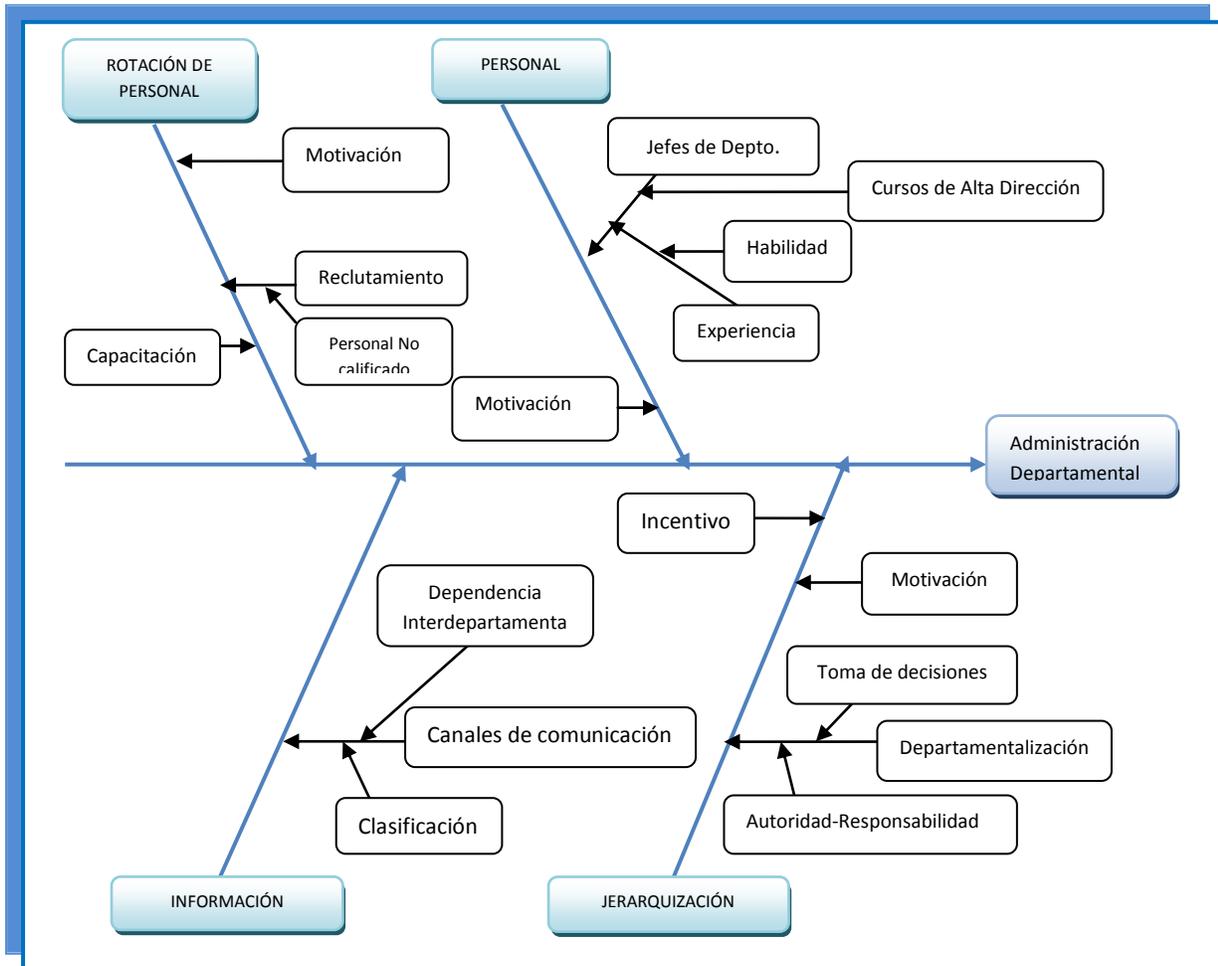
Este EFECTO se coloca en la punta de la flecha:



- Después se hace una tormenta de ideas, en la que cada uno de los involucrados dentro del área aportan sus ideas, de lo que ellos creen está afectando a la Admón. Departamental.

Una vez realizada la tormenta de ideas, éstas se acomodan en el diagrama de Ishikawa, porque esta herramienta ayuda a visualizar las causas del problema, para posteriormente enfocarse a darle solución a éstas y así conseguir la resolución del problema principal.

Figura 9.- Diagrama de Causa-Efecto para la institución de *Berlitz*.



Fuente: Camarena Carrasco, Suley Verónica (2008). *Reporte de actividades en el área de customer service*. (Tesis de Licenciatura-Universidad Nacional Autónoma de México), [En línea].

Disponible en: http://p8080-132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados_2008/0626146/Index.html p.36. [Consulta: 20 Agosto 2009].

Analizado las posibles causas de los problemas que surgen en la administración departamental y en conjunto con un diagrama de Pareto se plantean algunas propuestas como son: ²⁷

- ✓ Re-estructuración de actividades y funciones para no obstaculizar el trabajo de los involucrados en una actividad específica.
- ✓ Contratar a personas que atiendan las actividades no trascendentales para el área, reduciendo así el tiempo invertido en ellas y así concluir con el trabajo de mayor prioridad.
- ✓ Contar con cursos de alta dirección para los directivos de los centros, para que los canales de comunicación sean eficientes.
- ✓ Invertir en capacitación, para poder crear estrategias de mercado, así como programas periódicos para todos los niveles para que el personal pueda responder las necesidades de los clientes.
- ✓ Desarrollar planes administrativos en conjunto con otros centros para mejorar los grupos de trabajo y marcar los cursos de acción para hacer frente a los cambios macro ambientales.
- ✓ Reevaluar métodos de reclutamiento para evitar la rotación de personal.

²⁷ Camarena Carrasco Suley Verónica (2008). *Reporte de actividades en el área de customer service*. (Tesis de Licenciatura-UNAM). [En línea].
Disponible en: http://p8080-132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados_2008/0626146/Index.html
pp. 43-45. Consulta: [20 Agosto 2009].

Capítulo IV.-DISCUSIÓN DE LAS 7 HERRAMIENTAS PARA LA CALIDAD

El conocer y emplear adecuadamente las 7 herramientas para la calidad, trae múltiples beneficios, ya que por lo general en el organigrama de las empresas se relacionan entre sí varios departamentos o áreas, por lo que si estas herramientas se utilizan dentro del proceso, desde el inicio y al final de éste se conservara la calidad y por lo tanto se obtendrá un producto o servicio de calidad, sin necesidad de recurrir a un reprocesamiento si es el caso, ó a una pérdida de producto.

Para evitar que el producto que presenta desviaciones llegue a los clientes, se emplea el control de calidad, para de esta forma detectar el producto no conforme antes de comercializarlo. Para esto son de gran importancia los gráficos de control, en los cuales se observa de forma inmediata si el proceso o los parámetros medidos están dentro de los límites aceptados para el producto, y así decidir si el producto se comercializa o se reprocesa.

Lo fino de estas herramientas cualitativas es su interpretación de los datos arrojados y saber que se va a hacer, una vez de que se tiene los diagramas o gráficos. Ya que éstos se pueden interpretar de diversas maneras y por lo mismo ejecutar acciones que no siempre sean las correctas o que ni siquiera se acerquen a la realidad.

Para interpretar los resultados que arrojen las herramientas para la calidad se necesita de la habilidad de las personas que las manejan y esto se logra con la experiencia, ó a prueba y error, ya que existe demasiada bibliografía que trata de lo que son las 7 herramientas para la calidad y como construir las, pero no dicen cómo interpretar los resultados. Y esto se debe, a que cada empresa es diferente, dependiendo del grado de cultura organizacional que cuente, la participación y el compromiso de la alta dirección y los empleados, por lo tanto no se puede generalizar los problemas y emplear a las herramientas como una receta.

Sino que su implementación es específica para cada situación, y por lo mismo es importante entender la base de cada una de las herramientas, para así saber cual o cuales llevan a la resolución de los problemas o situaciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo de este trabajo se cumplió cabalmente, ya que se logró explicar en que consiste cada una de las herramientas y como pueden ser utilizadas.

Por la versatilidad de éstas, su alcance no se limita a empresas, sino que aplican en cualquier ámbito que requiera hacer un tratamiento práctico de datos, como puede ser para detectar, eliminar o disminuir problemas o simplemente hacer una mejora.

Todas las herramientas son útiles, pero dependiendo del problema o situación será la selección de éstas. Se puede empezar el análisis, empleando a las herramientas cualitativas, ya que con estas se consigue una recopilación o selección de información y así llegar a generar evidencias para las posibles soluciones, y si esto no es suficiente, la información generada sirve como base para el uso de las cuantitativas.

Éstas proporcionan información visualmente entendible y aunque puedan parecer sencillas su ventaja es que tienen un respaldo estadístico, por lo cual los resultados que arrojen están suficientemente sustentados para poder tomar decisiones pertinentes. Y para saber qué decisión es la más viable se puede recurrir nuevamente a un diagrama de Ishikawa o recurrir a métodos o técnicas diseñados especialmente para la toma de decisiones, como es el Benchmarking, el análisis FODA, matriz de resultados, etc.

Por todo lo anterior se recomienda:

- ◆ Seleccionar la herramienta o herramientas a utilizar, dependiendo de la complejidad de la situación o problema que se requiere analizar;
 - Si se requiere de un análisis estadístico, se puede emplear el diagrama de Pareto, los gráficos de control así como los diagramas de dispersión
 - Si se necesita que visualmente proporcione información, se puede recurrir al histograma o la estratificación.
 - Y si se requiere recopilar información o generar ideas, entonces se puede emplear las herramientas cualitativas: hojas de verificación y diagrama de Ishikawa.
- ◆ Conocer las 7 herramientas para la calidad y ponerlas en práctica cuando se tenga oportunidad, ya que estando familiarizadas con éstas, facilita su utilización e interpretación.
- ◆ Invertir en la calidad, ya que contando con un sistema de calidad bien implantado y una organización que está involucrada y consciente de todos los beneficios que se obtienen al trabajar con calidad, la empresa logrará la competitividad. Así que es importante estar conscientes de que es una inversión y por lo tanto de que se gana más de lo que se piensa se puede gastar.

ANEXO

Tabla VIII: Factores para determinar los límites en los gráficos de control de medias y rangos.

Factores para la construcción de los gráficos de control				
Tamaño de la muestra n	Gráfico X	Gráfico R		Estimaciones
	A ₂	D ₃	D ₄	d ₂
2	1.880	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.575	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.115	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	3.078
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.283	1.717	3.258
13	0.249	0.307	1.693	3.336
14	0.235	0.328	1.672	3.407
15	0.223	0.347	1.653	3.472
16	0.212	0.363	1.637	3.532
17	0.203	0.378	1.622	3.588
18	0.194	0.391	1.608	3.640
19	0.187	0.403	1.597	3.689
20	0.180	0.415	1.585	3.735
25	0.153	0.459	1.541	3.931

Fuente: Urrutia Leal José Luis. (2004). *Diseño de un sistema de control de calidad en la producción de bolsas plásticas*. (Tesis de Licenciatura- Universidad de San Carlos de Guatemala), [En línea]. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/14292565/tesis-bolsas-plasticas p.113>. [Consulta: 20 agosto 2009].

BIBLIOGRAFÍA

1. AFT Lawrence S., *Fundamentals of industrial quality control*, 3ra edición, St. Lucie Press, EE.UU., 1998.
2. BÉRANGER Pierre, *En busca de la excelencia industrial Just-in-time: Las nuevas reglas de la producción*, Limusa, S.A de C.V., México, 1994.
3. BESTERFIELD Dale H, *Control de calidad*, Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1995.
4. CANTÚ Delgado Humberto, *Desarrollo de una cultura de calidad*, Mc Graw Hill, México, 2004.
5. CÁRDENAS Herrera Raúl A., *Como lograr la calidad en bienes y servicios*, Limusa, México, 1992.
6. FEIGENBAUM, A.V., *Total quality control*, 3ra edición, Mc Graw Hill, EE.UU., 1983.
7. GUTIÉRREZ Mario, *Administrar para la calidad: conceptos administrativos del control total de calidad*, Limusa S.A. de C.V., México, 5° reimpresión, 1995.
8. GUTIERREZ Pulido Humberto, *Calidad total y productividad*, 2da edición, Mc Graw Hill, México, 2005.
9. NICOLAU Jesús Medina y GOZÁLBES Ballester Mercedes, *J.M. Juran*, Díaz de santos S.A., España, s.a.

10. VACHETTE Jean-Luc, *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso (SCP)*, Ediciones CEAC, S.A., España, 1992.
11. VAUGHN Richard C., *Control de calidad*, Limusa, México, 1998.

FUENTES ELECTRÓNICAS

12. CAMARENA Carrasco, Suley Verónica (2008). *Reporte de actividades en el área de customer service*. (Tesis de Licenciatura-Universidad Nacional Autónoma de México), [En línea]. Disponible en:
http://p8080-132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados_2008/0626146/Index.html
[Consulta: 20 Agosto 2009].
13. GARCÍA Pérez, Rosalba (2008) *Aplicación de las herramientas de calidad para disminuir defectos de fabricación en material autoadherible*. (Tesis de Maestría-Universidad Nacional Autónoma de México), [En línea]. Disponible en:
http://p8080-132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesos_tesis_2008/septiembre/0632520/Index.html
[Consulta: 17 Agosto 2009].
14. LÓPEZ González, Carlos (2006) *Evaluación del control y la capacidad del proceso aplicando herramientas de calidad en la elaboración de tortillas de harina*. (Tesis de Licenciatura- Universidad Nacional Autónoma de México), [En línea]. Disponible en:
http://p8080-132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados_2008/0624629/Index.html
[Consulta: 16 Agosto 2009].
15. RICALDE Sarmina, Esperanza (2007) *Herramientas de calidad*. (Tesis de Licenciatura- Universidad Nacional Autónoma de México), [En línea]. Disponible en:
http://p8080-132.248.9.9.pbidi.unam.mx:8080/tesdig2/Procesados_2008/0626936/Index.html
[Consulta: 18 Agosto 2009].

16. URRUTIA Leal, José Luis. (2004). *Diseño de un sistema de control de calidad en la producción de bolsas plásticas*. (Tesis de Licenciatura- Universidad de San Carlos de Guatemala), [En línea]. Disponible en:
<http://www.scribd.com/doc/14292565/tesis-bolsas-plasticas>
[Consulta: 13 y 20 Agosto 2009].

17. SCRIBD. Herramientas de calidad IBM.
<http://www.scribd.com/doc/13892276/Herrameintas-de-calidad-IBM>
[Consulta: 20 Agosto 2009].

18. SCRIBD. Sistemas de gestión de la calidad.
<http://www.scribd.com/doc/15472458/Herramientas-para-la-Calidad>
[Consulta: 13 Agosto 2009].

19. SCRIBD. Control estadístico de procesos.
<http://www.scribd.com/doc/6769760/Control-Estadistico-de-Proceso>
[Consulta: 18 Agosto 2009].

20. American Society for Quality.
<http://www.asq.org>
[Consulta: 12 Agosto 2009].

21. Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad.
<http://www.fundibeq.org>
[Consulta: 17 Agosto 2009].