

1
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



**Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"ARAGON"**

**APLICACION DE METODOS ESTADISTICOS
DE CONTROL DE CALIDAD EN
PROCESOS PRODUCTIVOS**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(AREA INDUSTRIAL)
P R E S E N T A :
GUADALUPE AGUILAR PAULIN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

P R O L O G O

Uno de los problemas más grandes que enfrenta toda empresa es la calidad de sus productos. Para algunos industriales la palabra calidad significa grandes desembolsos, disminución de productividad y por ende ganancias reducidas.

Al existir competencia en el mercado, ha surgido la necesidad de buscar ser " el mejor ", originándose con esto una serie de condiciones tales como :

- que el producto sea el apto para el cliente y satisfaga sus necesidades.
- que el producto tenga un costo razonable.
- que el producto no tenga defectos.

En términos generales los puntos anteriores pueden considerarse como integrantes de un producto de buena calidad. Para esto, antes se requiere de la participación y esfuerzo del personal involucrado mediante un sistema de trabajo enfocado a este fin.

Mantenerse en la competencia es una tarea difícil que debe ser continua, recordando siempre que es posible mejorar lo producido hasta ahora, es decir, se puede mejorar cualquier etapa o fase del producto desde el diseño hasta la inspección final del mismo.

Si se quiere ser competitivo debe de enfocarse todo esfuerzo para obtener una calidad aceptable y una vez logrado lo anterior, se

puede proceder a incrementar la producción; ya que de lo contrario, si se tomara únicamente como base primordial el incremento de la producción, se tendría como consecuencia un aumento de errores y deficiencias en el producto, creando como consecuencia un decremento en las ventas por la pérdida de confianza.

Actualmente la comunicación con que se cuenta en todos los medios, acrecenta la necesidad de ofrecer buenos productos.

En la mayoría de los países la competencia se presenta no sólo con productos de ese mismo país, sino que tienen que competir con otros que importan sus productos, como actualmente está sucediendo en México, es por esto la gran importancia que tiene la calidad, pues se debe cumplir con una serie de normas y estándares internacionales.

El desarrollo de un país se mide principalmente por su producción, por su capacidad de abastecerse y cubrir todas o la mayoría de sus necesidades, reflejándose en el nivel de vida.

Como consecuencia de lo anterior, la calidad es un compromiso que debe adoptar el personal de la industria para satisfacción y mejoría de todos. Se produce satisfacción cuando se trabaja con la confianza de que se está haciendo bien el trabajo. Se produce mejoría porque al aumentar la calidad se abren más las puertas del

mercado, aumentando las ganancias debido al incremento de ventas, a la reducción de costos por reproceso, disminución de rechazos, desperdicios, etc., aumentando las perspectivas de desarrollo.

I N T R O D U C C I O N

En el prólogo se ha mencionado la importancia que ha adquirido la calidad y su influencia en el mercado en todos los niveles, falta describir cómo puede ser controlada y mejorada.

Existe desde la inspección del producto al 100%, hasta técnicas estadísticas, que además de facilitar la inspección permiten controlar el proceso para mejorar la calidad.

Actualmente para el análisis de datos, se cuenta con técnicas desarrolladas por estadísticos matemáticos, las cuales son utilizadas para controlar la calidad del producto. La expresión METODOS ESTADISTICOS DE CONTROL DE CALIDAD cubre todas las técnicas estadísticas para este propósito. La tesis abarca únicamente las técnicas estadísticas más usadas en control de calidad y son los métodos diseñados por Walter Shewhart*, que debido a su sencillez y enfoque preventivo de calidad dan resultado muy satisfactorios en muchas industrias. También se incluyen otros dos tipos de gráficas, aunque más sencillas, son muy útiles y prácticas y además pueden complementarse con los métodos estadísticos para un mejor control de la calidad.

* Walter Shewhart estadístico estadounidense diseñó las gráficas de control de calidad o métodos estadísticos de control de calidad en 1924.

En los últimos años se ha favorecido y difundido más el uso de estos métodos estadísticos, debido al nuevo enfoque que le ha dado W. E. Deming* a la calidad, cuya experiencia de muchos años dentro de la industria, le ha permitido establecer una filosofía operativa.

Como podemos darnos cuenta, el objetivo de este trabajo es presentar en forma detallada y utilizando ejemplos representativos, los métodos estadísticos de control de calidad de mayor uso en la actualidad en procesos productivos. Como complemento, se consideró necesario dar un panorama general acerca de la calidad, desde su concepto, origen y desarrollo, hasta el nuevo enfoque establecido por W. E. Deming, para así lograr con esta introducción un mayor aprovechamiento de las gráficas.

* W. E. Deming asesor estadounidense empezó a poner en práctica las gráficas en 1950 en Japón, originando una revolución en Calidad y Productividad.

La tesis esta compuesta por 5 capítulos: el primero trata en forma breve conceptos generales de la calidad; del segundo al cuarto se proporciona la información necesaria para poder hacer uso de las técnicas estadísticas mencionadas; en el quinto y último capítulo se desarrolla la aplicación de éstas técnicas en una serie de procesos productivos deficientes.

A continuación se explica en forma resumida el contenido de cada capítulo.

CAPITULO 1.- En esta parte se da un panorama general de lo que es calidad y la necesidad de establecer un sistema de control de calidad. También se mencionan las ventajas que se tienen al contar con un sistema de prevención de defectos en comparación con el enfoque de detección de defectos. Posteriormente para lograr la prevención de defectos se explican los 14 puntos que forman la filosofía operativa de W. E. Deming. Por último se da una introducción a las herramientas de control de calidad: gráficas de control de Shewhart.

CAPITULO 2.- Para analizar y pronosticar el comportamiento de los procesos, se explica cómo se elaboran e interpretan las gráficas de control por variables o gráficas X-R (medias y rangos) y se indica cómo evaluar el proceso auxiliándose de estas gráficas.

CAPITULO 3.- Trata de las gráficas de control por atributos cuya finalidad es la misma que la de gráficas por variables, con la diferencia que en la de variables se obtiene una distribución normal (los elementos de las muestras son mediciones de la característica o parte del producto a controlar) y en la de atributos se obtiene una distribución binomial (los elementos de las muestras pueden tener únicamente dos valores "bueno" o "malo", "pasa" o "no pasa").

CAPITULO 4.- Se presentan dos diagramas auxiliares para el control de calidad, los cuales son: el diagrama de Pareto, cuya finalidad es fijar prioridades; y el diagrama de Causa-Efecto que tiene por objetivo detallar en forma ordenada todos los factores que originan un efecto para que éste pueda ser modificado eficientemente o bien ser conservado.

CAPITULO 5.- Se efectúa un desglose de las etapas que son necesarias para poder llevar a cabo el enfoque de calidad preventivo en una industria. En este capítulo se desarrolla desde la implantación de este tipo de control a una Industria, hasta la solución del problema seleccionado, siendo en este caso el de "pasos de agua" en camiones de una compañía automotriz.

Con el objeto de no perder continuidad, las gráficas y figuras se presentan conforme se van mencionando.

El trabajo cuenta con un anexo donde aparece la tabla de área bajo la curva normal.

I N D I C E

	página
PROLOGO	I
INTRODUCCION	IV
1 NECESIDAD DE CONTROLAR LA CALIDAD	1
1.1 Calidad	1
1.2 Qué es Control de Calidad ?	5
1.3 Elementos del proceso productivo.	8
1.4 Cuatro Areas de aplicación del Control de Calidad	13
1.5 Filosofía Operativa	20
1.6 Métodos estadísticos para Controlar la Calidad	31
-	
2 GRAFICAS DE CONTROL X-R	38
2.1 Elaboración de las gráficas	38
2.2 Interpretación	52
2.3 Habilidad del proceso	62
3 GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS	75
3.1 Beneficios de las gráficas de control por atributos	76
3.2 Gráfica p para porcentaje de unidades defectuosas	77
3.3 Gráfica np para cantidad de unidades defectuosas	88
3.4 Gráfica c para número de defectos	89
3.5 Gráfica u para cantidad de defectos por unidad	91

	página
4 GRAFICAS SIMPLES	93
4.1 Diagrama de Pareto	93
4.2 Diagrama de Causa-Efecto	97
5 APLICACION DE METODOS ESTADISTICOS	103
5.1 Implantación del Control Estadístico de Calidad en procesos productivos	104
5.2 Capacitación	105
5.3 Selección del problema	109
5.4 Análisis del problema	111
5.5 Recopilación de datos y elaboración de gráficas	117
5.6 Interpretación de gráficas	124
5.7 Generación e implantación de acciones correctivas	134
5.8 Evaluación de acciones correctivas	140
5.9 Solución del problema	151
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	154
ANEXO	156
BIBLIOGRAFIA	157

1 NECESIDAD DE CONTROLAR LA CALIDAD

1.1 CALIDAD

El término calidad se aplica a menudo en diversas situaciones, todos los medios de comunicación lo mencionan como un atributo del bien anunciado, también uno tiende a clasificar los objetos que nos rodean, algunos los consideramos de calidad aceptable, otros defectuosos o bien no satisfactorios, como por ejemplo, al mencionar que una fruta es de calidad puede ser porque su sabor y apariencia nos gustan; la textura de una tela podría ser una característica de calidad, ya que nos resulta confortable. Ahora bien, un producto es considerado de calidad, siempre y cuando éste cumpla las funciones para las que fue creado, también hay que tomar en cuenta el periodo de vida del producto, su mantenimiento y algo muy importante que nunca hay que perder de vista: el costo del producto en función de la calidad del mismo.

De acuerdo a lo anterior se puede definir a la calidad como una característica o un conjunto de características que posee ya sea un producto, un bien o servicio para satisfacer una necesidad.

Los ejemplos de la tesis únicamente están enfocados al control de la calidad de productos en procesos productivos. Entendiéndose por producto a un bien tangible obtenido al combinar mano de obra, maquinaria, materia prima, métodos y medio ambiente para lograr una transformación.

La palabra "calidad" usada técnicamente, en algunas industrias se refiere sólo a un conjunto de especificaciones que tiene que cumplir un producto, las cuales son establecidas por ciertas áreas como Diseño, Calidad del producto y Manufactura, sin darle la debida importancia a las necesidades y expectativas de los clientes, ni a la tendencia del producto en el mercado.

Las costumbres y gustos de los clientes, establecidos la mayoría de las veces por la moda, ejercen una fuerte influencia para determinar la calidad de un producto, por lo que es necesario estudiar las necesidades y vanguardia, para reflejarlas en el diseño, planeación, manufactura y venta, con el fin de proporcionar al producto cualidades que satisfagan al consumidor, obteniendo su aprobación al adquirir el producto ofrecido.

El anunciar los valores de la calidad del producto al consumidor, tiene mucha importancia en el campo de las ventas. Le asegura al cliente que se han tomado todas las precauciones para proporcionarle un producto digno de sus aspiraciones.

Se entiende por valor de calidad a la utilidad que se va a recibir del producto en el momento indicado, por ejemplo, mencionar que el material utilizado para la manufactura del producto es el mejor hasta el momento y la finalidad de su uso es asegurar mayor rendimiento, mejor aspecto, más seguridad, es

decir, óptima calidad; o bien otro valor de calidad puede ser la forma del diseño para obtener máxima facilidad de uso, reducción en consumo de energía, incremento de la eficiencia, etc.

Así, podemos definir que un producto de calidad es aquel que cubre los siguientes puntos :

- a) cumple con los fines para los que fue creado, satisfaciendo las necesidades del cliente
- b) no tiene defectos, o estos son ínfimos o de poca importancia dentro de su nivel de calidad
- c) tiene un periodo de vida aceptable
- d) su costo es razonable

Referente al punto "b" sabemos que es imposible la perfección, pues no es posible elaborar dos productos idénticos, además si se trata de obtenerla, su costo sería tal que el valor del producto se elevaría. Alcanzar la buena calidad no significa perfección sino obtener una producción eficiente con un nivel de error mínimo; pero no se debe descuidar el costo ya que el cliente busca pagar un precio justo por lo que recibe.

Ventajas que se obtienen al mejorar la calidad

Las principales son las siguientes :

• MAYOR PRODUCTIVIDAD .- Solo un sistema sano, saludable, es productivo. Productividad de un sistema es obtener un cociente positivo al dividir el total de su producción entre el total de los insumos empleados bajo la condición imprescindible de que opere dentro de un marco de calidad total (de productos, servicios, procesos, materias primas y materiales, desempeño, etc.) que garantice la salud del sistema como un todo y lo mantenga en armonía con su ambiente o entorno total.

La calidad y la productividad van ligadas, ya que al obtener una mejora en calidad se elimina el reproceso y el desperdicio, obteniéndose así una mayor eficiencia y reducción en costos.

• MEJOR POSICION COMPETITIVA EN EL MERCADO .- podemos considerar que con la calidad se mejora la posición competitiva en dos aspectos:

- 1.- Al aumentar la calidad se tiene un buen prestigio o reconocimiento de los clientes.

2.- El precio del producto será también atractivo al cliente, ya que estará en función de su calidad.

* MEJOR AMBIENTE DE TRABAJO.- Constituir una empresa fuerte, vigorosa y capaz, solo es posible mediante el esfuerzo de un personal capacitado, confiable y leal. Contando con personal calificado en el trabajo con una conciencia de calidad, lograda a través de entrenamiento y preparación se obtienen resultados satisfactorios al enfrentar exitosamente las ocasiones para conquistar nuevos clientes.

1.2 QUE ES EL CONTROL DE CALIDAD ?

"Todo sistema que este operando, debe controlarse, es decir, su operación debe ser regulada de tal manera que continúe satisfaciendo las expectativas y moviéndose en dirección de los objetivos propuestos". *

* Teoría General de Sistemas. John P. Van Gigch. pág. 479

Antes de fabricar un producto se establecen una serie de requisitos que éste debe cumplir, posteriormente a su fabricación, se debe determinar si el producto obtenido cumple con lo que se había propuesto, en caso de que así sea, es conveniente que permanezcan inalterables las condiciones y, si es lo contrario, se realizarán las actividades que sean necesarias para cambiar las circunstancias actuales, hasta lograr resultados acordes con lo propuesto.

El control de calidad se remonta a los primeros esfuerzos de producción del género humano. Desde la edad media se inició la costumbre de poner marca a los productos, empezando con esto a tener interés el productor de conservar una buena reputación.

Durante la Revolución Industrial surge la especialización del trabajo, la cantidad de producción aumenta, la calidad entonces estaba en segundo término y lo importante era volumen de producción.

Pronto comenzó a surgir la competencia de mercado, si se quería sobrevivir no quedaba otra alternativa : lograr que el producto llegara al consumidor en buenas condiciones.

Una de las primeras soluciones al problema de control de calidad fue el de inspeccionar al producto una vez fabricado, pero esta

revisión era insuficiente ya que la calidad se logra a lo largo del proceso de producción.

Debido a lo anterior, el control de calidad empezó a enfocarse al examen de los procesos diseñados para la fabricación del producto.

Las actividades industriales y su complejidad se incrementaron al igual que la producción conforme transcurría el tiempo, el uso de la estadística surge como una herramienta para "atacar" los problemas de control, dando origen al control de calidad estadístico, el cual es iniciado en 1924 por Walter A. Shewhart con la técnica de marcar datos estadísticos en gráficas especiales. Estas gráficas en un inicio no fueron aceptadas por el cálculo elaborado que debía hacerse, pero en la 2a. Guerra Mundial es donde debido a las necesidades de la guerra, su uso se extiende.

En años recientes el control de calidad adquiere una gran importancia, ya que es la fuerza central en el logro de utilidades, crecimiento y liderazgo en el mercado, por lo que forma parte importante en la administración moderna. Ahora no se basan únicamente en el control de calidad de la producción, sino que se ha establecido un control total de calidad donde se trata de crear productos o servicios, en los cuales su calidad es

controlada, desde su diseño para satisfacción del cliente, hasta su venta a un costo económico.

"Para llevar a cabo el control total de calidad se debe contar con un programa integrado que comprenda el campo administrativo y técnico, con el fin de hacer posibles mercadotecnia, ingeniería, fabricación y servicio".*

1.3 ELEMENTOS DEL PROCESO PRODUCTIVO

Como mencionamos, la tesis está enfocada al control de calidad en el proceso productivo, por lo tanto, es necesario conocer los elementos que intervienen en él con objeto de saber como obtener, controlar y mejorar la calidad.

El conjunto de elementos del proceso productivo necesarios para la elaboración de un producto determinado son :

- 1.- FUERZA DE TRABAJO
- 2.- MATERIALES
- 3.- MAQUINARIA
- 4.- METODOS
- 5.- MEDIO AMBIENTE

*

Control Total de Calidad. Armand V. Feigenbaum. Pág. 194

y todos están coordinados mediante un proceso o método.

Una vez que se establecieron los elementos necesarios para la elaboración de un producto, se necesita determinar qué enfoque se le va a dar a la calidad y marcar el camino hacia donde se quiere llegar.

Existen 2 formas de obtener y controlar la calidad, anteriormente el lema de la actividad de calidad era "Las partes malas no pasarán", esto corresponde al sistema de detección de defectos. El lema nuevo es "HAGANSE BIEN LAS COSAS DESDE UN PRINCIPIO", correspondiendo esto al sistema de PREVENCIÓN DE DEFECTOS.

1.3.1 DETECCIÓN DE DEFECTOS

Este enfoque que se le da a la calidad es costoso en todos los aspectos, ya que la verificación de la calidad pesa únicamente sobre inspección generándose un ciclo deficiente, el cual se desarrolla generalmente como sigue: mientras mas defectos se producen suben los costos por retrabajo o desecho y tradicionalmente a mayor número de fallas se incrementa la inspección, haciéndose el ajuste al proceso hasta que se realice un estudio de las causas que provocaron las piezas defectuosas.

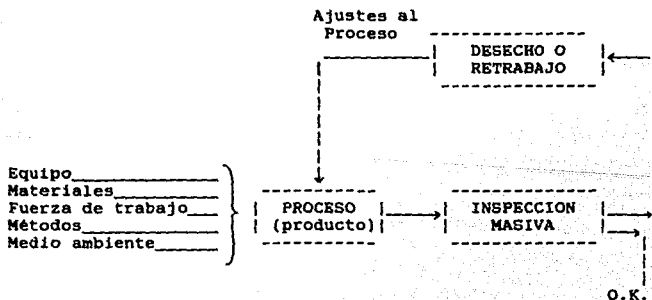
Otras desventajas que se tienen son :

- Demerita la calidad, perjudicando la imagen del producto, al efectuar retrabajos.
- Retrasa tiempos de entrega.
- Al tenerse desperdicio en todos los elementos del proceso productivo se incrementa el costo del producto, lo cual lógicamente no satisface al cliente.

Se debe tener siempre en cuenta que :

Toma tantos recursos el hacer un producto defectuoso como el producir un producto bien hecho; además, en el primer caso necesitamos regresarnos para repararlo o desecharlo.

ILUSTRACION DEL ENFOQUE DE DETECCION DE DEFECTOS



1.3.2 PREVENCIÓN DE DEFECTOS

Este método consiste en concentrar la energía en el sitio mismo de la producción de manera que se impida calidad mediocre y el tener que corregir los productos de mala calidad después de haberlos producido. Cuando algo sale mal, podemos descubrirlo rápidamente observando el comportamiento del proceso en vez de esperar a la inspección final.

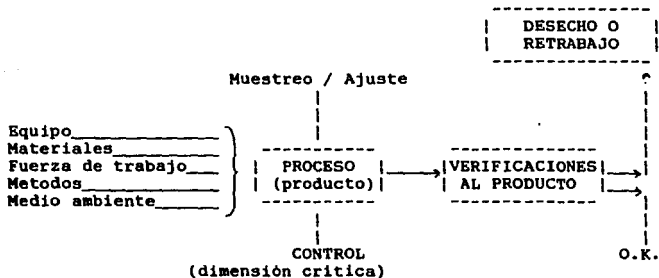
La herramienta utilizada para observar el comportamiento del proceso es mediante el CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO, cuya finalidad es controlar y mejorar el proceso, proporcionando los insumos necesarios; esta mejora es constante, ya que no existen parámetros fijos en este método.

La calidad se logra por el MEJORAMIENTO DEL PROCESO, ya que de esta manera la uniformidad del producto aumenta y en ese momento será fácil controlarla.

Al controlar la calidad en su punto de origen (el proceso) se crea en el obrero una responsabilidad e interés por la calidad del producto, debido a que él mismo verifica su trabajo realizado.

Para tener éxito en el Control Estadístico del Proceso es necesario crear en todos los niveles de la industria la conciencia de calidad y responsabilidad. En este paso, la Alta Dirección debe estar conciente que la calidad es responsabilidad de todos y no de un departamento, ya que ésta debe iniciarse con el diseño del producto y no termina, pues las demandas de los clientes cambian constantemente.

ILUSTRACION DEL ENFOQUE DE PREVENCION DE DEFECTOS



En resumen, la base de un programa completo de control de calidad, consiste en tener presente la resolución de prevenir en vez de corregir.

1.4 CUATRO AREAS DE APLICACION DEL CONTROL DE CALIDAD

A. V. Feigenbaum^{*} define a la calidad de productos y servicios como :

"La resultante total de las características del producto y servicio de mercadotecnia, ingeniería, fabricación y mantenimiento a través de los cuales el producto o servicio en uso satisficará las esperanzas del cliente".

Como se ha venido mencionando y de acuerdo a la definición anterior, la calidad no es responsabilidad de un departamento, sino que corresponde en forma directa a varios grupos en una organización, pues la calidad gira alrededor de la producción y procesos de servicio.

Generalmente se establecen 4 áreas de aplicación de control de calidad dentro de la industria y son:

1. Control de calidad en diseño
2. Control de calidad en materia prima
3. Control de calidad en proceso
4. Control de calidad en producto terminado

* Control total de la Calidad; Edit. CECOSA; 1986; pag. 37.

A continuación mencionaremos en forma breve, en que consiste cada uno de estos controles y mas adelante, se detallará lo referente al control del proceso, ya que la tesis esta enfocada a esa área de aplicación de control de calidad.

1.4.1 CONTROL DE CALIDAD EN DISEÑO

Comprende todas las actividades que se llevan a cabo antes de iniciar la producción.

Al ser esta etapa el surgimiento de un producto nuevo o mejorado, debe tomarse en cuenta al diseñarlo : la necesidad real o ficticia del producto por parte del consumidor; la aceptación del producto dentro del mercado; la selección del material para su fabricación; el proceso de fabricación; su costo y la calidad de confiabilidad, entendiéndose por confiabilidad como la probabilidad de que un articulo funcione dentro de ciertos limites especificos en un periodo y medio determinado.

Dentro del estudio del proceso de fabricación se deben eliminar las causas de deficiencias en la calidad, es decir, partes o etapas de proceso que no puedan cumplir satisfactoriamente con el establecimiento de estándares de calidad del producto.

Como se ve, desde el desarrollo del producto se debe asegurar la satisfacción del cliente.

El lanzar un nuevo producto al mercado, representa a la compañía un gran riesgo, para minimizarlo es necesario estructurar todas las actividades que involucran al diseño.

La experiencia industrial muestra que la aceptación del cliente al nuevo producto depende en gran parte de la calidad del diseño.

1.4.2 CONTROL DE CALIDAD EN MATERIA PRIMA

El éxito en la calidad de un producto fabricado depende también de la adquisición del material que lo compone. Con el transcurso del tiempo los enfoques para controlar la calidad de materiales recibidos ha variado ampliamente, desde el muy informal, hasta el extremadamente rígido.

Actualmente los productos son más complejos y es común que otras compañías produzcan componentes o subensambles del producto final, esta situación hace todavía más importante el control de los materiales comprados.

En caso de existir deficiencia en el control de materia prima, ésta repercute directamente en el producto y la mala imagen no es

para los productores intermedios, sino para el productor final.

Recientemente en el control de materia prima se abarca la inspección del producto y se ha empezado con la política de establecer relaciones cercanas y positivas entre comprador y vendedor, reflejando la realidad de que el éxito de cada productor es dependiente del éxito del otro. En cuanto al control de materiales adquiridos, se ha tratado de usar técnicas que cumplan con el objetivo del control que evite los extremos mencionados al inicio, ya que ni la confianza ciega, ni la total desconfianza son satisfactorios en el mercado actual.

El tipo de control dependerá de la repercusión que tenga la materia prima en la calidad del producto.

Otro error que cometen algunas industrias, es que al elegir algún proveedor se basan únicamente en el costo de la materia prima, dándole menor importancia a la calidad y al servicio.

W. E. Deming recomienda una vez elegido al proveedor apropiado, motivarlo para que adopte la filosofía de mejoras constantes a la calidad y pedirle que haga uso de gráficas estadísticas de calidad de Shewhart, para asegurar así que la calidad de la materia prima esta siendo controlada.

1.4.3 CONTROL DE CALIDAD EN PROCESO

Es el control de la calidad del producto en el momento de su fabricación.

Con el objeto de obtener un flujo de producción eficiente que cumpla con los requisitos de calidad especificados en la producción, se debe lograr que todos los elementos que conforman el proceso trabajen como un todo. Un medio para lograrlo es el establecer una relación continua de causa-efecto entre el producto y el proceso, ya que las especificaciones de calidad están expuestas a cambios frecuentes debido a factores propios o ajenos al proceso.

A continuación se dan algunos ejemplos de situaciones que se pueden presentar en cualquier momento y que es necesario detectarlos para su eliminación :

1.- Fuerza de trabajo

En cuanto al factor humano, que el obrero no tenga cuidado en su trabajo; las instrucciones recibidas por parte del instructor no sean las adecuadas. Estos son sólo unos ejemplos de situaciones que afectan la calidad del proceso.

2.- Materiales

Aceptación de materia prima defectuosa y uso de otro tipo de material con características similares.

3.- Maquinaria

El mantenimiento deficiente de la misma; portaherramientas defectuosas y herramientas mal calibradas.

4.- Métodos

Defectos en el método por mala planeación, por ejemplo flujo de etapas del proceso no adecuado.

5.- Medio ambiente

Puede ser que el polvo del medio ambiente o las vibraciones en el piso afecten las características de calidad del producto.

Debe ejercerse una atención constante para no permitir que factores conocidos, o no, se introduzcan en el proceso y disminuyan el grado de confiabilidad de los elementos componentes de producción y esto es logrado como se vió anteriormente y como se verá mas adelante, mediante el control estadístico del proceso para lograr un sistema de prevención de defectos.

1.4.4 CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCTO TERMINADO

Un producto debe ser útil durante un periodo de tiempo razonable y es de esperarse que no va a presentar problemas, o en el caso de una descompostura, ésta sea mínima.

La mayoría de las personas examinan la calidad del producto a adquirir y lo hacen con mayor razón cuando se trata de un artículo de costo elevado, como por ejemplo una lavadora, una televisión o un automóvil; en estos casos el comprador investiga entre fabricantes y modelos del producto, cual de todos le va a cubrir la mayoría de sus necesidades, también, que no le cause problemas por mala fabricación y, otro punto muy importante: que esté al alcance de sus posibilidades económicas.

Una vez elegido el modelo y marca del producto, el comprador lo examina con cuidado para verificar que lo que está adquiriendo es un artículo "perfecto" dentro de lo posible y adecuado a sus necesidades.

Cuando la adquisición es de varios artículos y de menor valor, por ejemplo una caja de roldanas, es común que se examine sólo algunas unidades como muestra de la compra adquirida.

En la industria sucede algo similar, el control de calidad del producto terminado depende en parte de su naturaleza, esto es, hay productos muy elaborados que son resultado del ensamble de varias partes "procesadas" y a su vez estas partes pueden estar formadas por otras. En este tipo de procesos es conveniente revisar el 100% de los productos terminados, pero la revisión debe ser enfocada a las partes críticas del producto principalmente, por ejemplo el sistema eléctrico de un automóvil.

En contraste existen artículos en los que hay poca probabilidad que se presente un defecto, debido a la facilidad de proceso y especificaciones muy tolerantes, en este caso se justifican los sistemas de muestreo.

1.5 FILOSOFIA OPERATIVA

Desde la segunda guerra Mundial, el Doctor W. Edwards Deming ha establecido el uso de técnicas estadísticas para control de procesos en las compañías del Japón, y últimamente ha estado aplicando estos métodos en algunas compañías de los Estados Unidos de Norteamérica. Estas técnicas se basan en el uso de las gráficas ideadas por Walter A. Shewhart en 1924.

El éxito que se ha tenido en las compañías que aplican éstas técnicas para controlar los procesos, no se debe nadamás al uso de las gráficas, sino también al enfoque que le ha dado el Dr. Deming a la forma de operar de toda la compañía, mejorando la calidad y productividad.

Esta Filosofía no solo abarca el aspecto técnico, sino también el elemento productivo más importante : LA MANO DE OBRA. Podemos considerar a este conjunto de principios como la piedra angular que permitirá ir hacia el enfoque que queremos : PREVENCIÓN DE DEFECTOS.

La finalidad de la Filosofía Operativa es aumentar la producción a través del mejoramiento constante de la calidad sin perder nunca el objetivo primario : LA SATISFACCION DEL CLIENTE.

Para establecer un programa de mejoras constantes de calidad en una industria, es necesario cambiar la forma tradicional o de detección hacia un enfoque de prevención. No es nada fácil determinar los pasos que se deben seguir para el establecimiento del programa. Primero, se tiene que analizar si los sistemas técnicos y administrativos, herramientas y forma tradicional de resolver los problemas, ayudan a cambiar de enfoque. Una vez que se ha analizado qué puede servir de lo ya existente, la Filosofía Operativa del Dr. Deming será la base para llegar al objetivo deseado.

La Filosofía Operativa esta formada por 14 principios, los cuales al funcionar conjuntamente, establecen el ambiente propicio para que tenga éxito un programa de mejoras constantes a la calidad en todas las actividades.

El Grupo Gerencial será el responsable de que estos 14 principios se lleven a cabo, y lo hará no únicamente dando soporte y aprobación de las actividades, sino también involucrándose. Para esto, la Alta Dirección debe conocer cuál es el punto a donde se quiere ir, y el camino para llegar a él.

En esta tesis, de acuerdo a las características y prioridades de cada uno de éstos principios, se clasifican de la siguiente manera :

- I Concientización del grupo Gerencial.
- II Concientización de calidad en todos los niveles.
- III Entrenamiento.
- IV Implementación de técnicas estadísticas.
- V Acuerdos con proveedores.

I Concientización del grupo Gerencial

- 1.- CREAR UNA ESTRUCTURA EN LA ALTA DIRECCION, CUYA FINALIDAD SEA IMPULSAR DIA CON DIA LOS OTROS 13 PUNTOS.

La responsabilidad básica para sobresalir en la creación, mejoras y operación de los sistemas de calidad, debe descansar en manos de la administración de la compañía.

La Gerencia debe estar conciente y conocer cuáles son sus obligaciones, ya que si alguno de éstos principios es descuidado el objetivo de la Filosofía Operativa difícilmente sería alcanzada. Como se mencionó antes, ésta finalidad es la mejora constante de la calidad y por lo tanto ESTAS OBLIGACIONES DEBEN SER PERMANENTES.

"Desde el punto de vista de la Gerencia General, el sistema de calidad debe ser enfocado como un recurso principal de la compañía, totalmente tan importante como los programas de inversión de capital en equipo, programas de desarrollo del producto o programas de nueva tecnología en el proceso y, en realidad, reconocido como una condición esencial para la utilización efectiva de estos otros programas. Requiere de un liderazgo fundamental de la administración de la compañía y planta, cuya entrega hacia la calidad debe ser totalmente comunicada y entendida por todos los miembros de la organización"

2.- CREAR CONSTANCIA DE PROPOSITOS

Los objetivos que nunca deben perderse de vista son :

a) Mediante un plan de inovación, buscar siempre mejoras en los productos y en tecnologías que satisfagan las necesidades del cliente.

Un requisito para inovar es confiar de que habrá un futuro, el cual no puede ser próspero a menos que la Gerencia haya declarado una política firme de calidad y productividad, colocando al consumidor como la parte más importante de la producción en línea.

* Control Total de Calidad. Armand V. Feigenbaum. Pág. 116

b) Asignar los recursos enfocándose a las metas primarias a largo plazo de la compañía. Los objetivos a corto plazo deberán ser consistentes con los de largo plazo.

II Concientización de calidad en todos los niveles

3.- ADOPTAR UN NUEVO ENFOQUE

Se debe eliminar la idea general de considerar como " normal " los paros de línea y productos defectuosos, adoptando en su lugar como premisa fundamental que el actual nivel de rendimiento puede ser mejorado y tener presente que SIEMPRE EXISTIRA UN METODO MEJOR.

4.- EVITAR USAR CARTELES Y LEMAS SIN FUNDAMENTOS.

Se deben eliminar los carteles y lemas, que mencionen a los obreros la obligación de incrementar la calidad, si éste medio de comunicación no indica la forma para lograrlo, nunca ayudará a alguien a hacer mejor su trabajo. En cambio, los carteles que indican lo que está haciendo la Gerencia para mejorar el sistema de calidad y la manera en que se puede cooperar, motivan al personal a trabajar por el mismo fin, ya que no únicamente se les está pidiendo que mejoren en su producción, sino que también se

les están dando los medios para obtenerla, a la vez de indicarles que es de interés general.

5.- ESTABLECER ESTANDARES DE TRABAJO ACORDES CON LA CALIDAD

Es necesario definir los procesos de acuerdo a la calidad requerida y estandarizarlos para poder establecer el tiempo de cada uno de ellos, auxiliándose de estudios de métodos y movimientos. Lo anterior es conveniente para conocer la cantidad "normal" de producción que puede ser obtenida con el equipo actual y así establecer el número de productos que debe obtener el personal.

El otorgar incentivos al personal por piezas producidas, no es conveniente en aquellos casos en que la calidad tiene importancia fundamental, ya que podría verse afectada al tratar de producir de manera apresurada, en estos casos se pueden aplicar incentivos sobre calidad, de tal forma que cuando se obtengan niveles inferiores de calidad, esto pudiera influir en una disminución del salario y cuando la calidad obtenida sea superior, se vea reflejado en incentivos. También una combinación de cantidad y calidad puede ser establecida, siempre en función de lo que se quiera obtener.

6.- MEJORAR LA SUPERVISION

El objetivo de la supervisión es el dirigir y observar que las funciones y métodos se lleven a cabo de acuerdo a lo especificado.

En ocasiones, ciertos lineamientos de calidad se manejan sin tener documentación alguna, y únicamente es del dominio de las personas de experiencia, provocando que el personal relativamente nuevo, trabaje con información escasa, dando lugar a un incremento de errores.

Todo esto se evita proporcionándole al trabajador la información y herramientas adecuadas para el desempeño de sus labores, siendo el supervisor el indicado de ver que esto se cumpla, además es vital la comunicación entre trabajadores y supervisor, siendo ésta de compañerismo y no de un capataz.

"Si a las personas se les trata como máquinas, el trabajo pierde todo interés y deja de ser una fuente de satisfacciones".

El supervisor juega un papel importante en la industria, pues es el medio de comunicación entre obrero y gerencia.

• Qué es Control Total de Calidad?. Kaoru Ishikawa. Pág. 22.

7.- ELIMINAR LA INSEGURIDAD

La calidad de los productos y servicios, es en esencia el resultado de la acción del factor humano. Es erróneo considerar que el único estímulo para el trabajo es el dinero. El trabajo debe ser una fuente de satisfacciones, no debe considerarse únicamente como una obligación. Si se quieren cambiar las actitudes negativas de los individuos hacia el empleo, es necesario que además de una retribución justa :

- Reconocer las aptitudes de cada persona
- El trato debe ser de compañerismo
- Fomentar la iniciativa e involucramiento en el trabajo
- Dar capacitación
- Tener un lugar adecuado de trabajo

Todo esto crea en el individuo confianza en si mismo al realizarse, empleando sus capacidades y creciendo como persona, contribuyendo de esta manera a la sociedad.

8.- ROMPER BARRERAS ENTRE DEPARTAMENTOS

Debido al crecimiento y al alto grado de especialización en la industria moderna, existen problemas de comunicación entre departamentos.

El personal de inspección debe conocer las características del producto que los ingenieros de diseño juzgan de mayor importancia. Los operadores deben comprender que las tolerancias a los que se les sujeta en su trabajo son críticas para el funcionamiento del producto. El personal de investigación, diseño, compras, ventas, etc. deben aprender acerca de los problemas encontrados con varios materiales y especificaciones en producción y ensamble. De otra manera habrá pérdidas en producción por la necesidad de retrabajar y por intentos de usar materiales ineficaces.

III Entrenamiento

9.- INSTITUIR METODOS MODERNOS DE ENTRENAMIENTO

La formación debe ser totalmente reestructurada para que ésta sea más completa y mejor relacionada con el trabajo que desempeña cada empleado.

Para operar lo mejor posible dentro de un sistema de calidad, es necesario capacitar al personal, tanto al que trabaja directamente con el control de calidad, como el que realiza otras

funciones y cuyo entrenamiento afecta la calidad del producto. Se deben establecer programas que se ocupen de crear conciencia de calidad y proporcionar entrenamiento, debiendo comprender : principios básicos de control de calidad, programas de rotación, ejecución personal de mediciones, boletines, revistas y reuniones periódicas entre grupos de trabajo.

10.- INSTITUIR UN VIGOROSO PROGRAMA DE EDUCACION Y REENTRENAMIENTO

Cuya finalidad sea el desarrollar nuevas habilidades en la gente permitiéndole adaptarse a los cambios de materiales, métodos, diseños del producto y maquinaria.

IV Implementación de técnicas estadísticas

11.- USAR TECNICAS ESTADISTICAS

Para adoptar un enfoque de PREVENCIÓN DE DEFECTOS en lugar de detección.

Para mejorar constantemente el sistema y así reducir el desperdicio.

Para encontrar la fuente del problema y conocer las principales fuentes de desperdicio (aprox. el 85% de desperdicio es debido a causa del sistema y 15% por fallas locales).

12.- ELIMINAR LA INSPECCION MASIVA

Una de las contribuciones más significativas del Control Estadístico de Calidad fué la introducción de la inspección por muestras.

Inspeccionar el 100% de los productos como rutina es la misma situación que planear productos defectuosos, en su lugar se debe mejorar el proceso.

13.- INSTITUIR EL ENTRENAMIENTO ESTADISTICO BASICO EN GRAN ESCALA

Para poder hacer uso de las gráficas del control del proceso, el personal debe aprender conocimientos básicos de estadística, ya que son una herramienta muy importante para conocer la tendencia de cierta característica o parte del proceso. Además con esto se motiva al trabajador, pues aparte del trabajo manual que realiza, va a conocer la tendencia de su trabajo buscando la mejora.

IV Acuerdos con proveedores

14.- FINALIZAR LA PRACTICA DE ACORDAR NEGOCIOS EN BASE A PRECIOS

Uno de los problemas de la calidad en la producción es la mala manufactura de los materiales recibidos de los proveedores. Esta es la consecuencia por basarse en la oferta mas baja sin tomar en cuenta calidad y servicio.

Para evitar estas anomalías se deben elegir proveedores, tomando en cuenta: calidad, servicios y costo.

Una vez elegidos los proveedores, promover entre ellos la adopción de la filosofía de mejoras constantes a la calidad, y solicitarles que muestren evidencia del Control Estadístico en sus productos.

1.6 METODOS ESTADISTICOS PARA CONTROLAR LA CALIDAD

El Control Estadístico del Proceso es el uso de técnicas de estadística siendo las más usadas actualmente las siguientes gráficas de Shewhart :

- Gráficas de Control por Variables (\bar{X} - R)
- Gráficas de Control por Atributos .

Se ha generalizado también el uso de las siguientes herramientas auxiliares:

- Diagrama de Causa_efecto
- Diagrama de Pareto

Estos diagramas se pueden considerar como complemento de las gráficas de shewhart. El objetivo de un diagrama de causa-efecto es ayudar a detallar jerárquicamente los factores que originan el efecto a analizar. Mientras que el diagrama de Pareto, fija prioridades para aprovechar los recursos de manera eficiente.

La finalidad de las gráficas y diagramas de Control es analizar, evaluar, controlar y prevenir problemas en los procesos.

1.6.1 VARIACION

En cualquier proceso de fabricación aunque sea muy bueno, siempre existirá cierto grado de variación entre las piezas producidas. Si la variación pudiera ser eliminada, sería posible producir partes idénticas y no existirían problemas de calidad. Pero la variación no puede ser eliminada completamente.

La variación puede ser controlada y reducida analizando, eliminando o modificando las fuentes que la ocasionan.

Las causas o fuentes que provocan la variación se dividen en dos grupos :

CAUSAS ESPECIALES

CAUSAS COMUNES

La clara percepción de cada una de ellas es necesaria para poder hacer uso de las Gráficas de Control.

CAUSAS ESPECIALES DE VARIACION.- Cuando este tipo de causas existe en un proceso, nos indica que algo diferente esta operando para causar tal variabilidad.

Algunos ejemplos de este tipo de causas de variación son :

- Alguien utiliza inadecuadamente una máquina
- Se usa materia prima con diferentes propiedades
- Un trabajador inexperto realiza un trabajo
- Una herramienta esta mal afilada
- Existe variación en la corriente eléctrica

La presencia de estas causas es impredecible, pero la Gráfica de Control indica su presencia y es responsabilidad del operario que llena la gráfica y de los supervisores del área la eliminación de estas causas, es decir, para la solución de este tipo de variación se requiere de una ACCION LOCAL.

Para que un proceso esté bajo control estadístico se deben haber eliminado las causas especiales de variación y únicamente permanecer las comunes.

CAUSAS COMUNES DE VARIACION.- Estas siempre estarán presentes, inherentes al proceso mismo, para localizarlas y eliminarlas se requiere de un estudio más detallado ya que, puede implicar un cambio en el proceso de manufactura o el cambio de un proveedor que está surtiendo el material fuera de especificaciones.

Concluyendo, las principales funciones de las Gráficas de Control son :

- * Señalar la presencia de causas especiales de variación que deben ser corregidas en cuanto se presentan.
- * Indicar cuando un proceso está bajo control.
- * Reflejar la magnitud de variación debida a causas comunes.

Mediante estas funciones se conoce cuando se debe llevar a cabo una acción correctiva con respecto a los elementos del proceso productivo en análisis, antes de que se fabriquen productos defectuosos.

Para poder hacer uso de esta herramienta, únicamente se necesitan nociones rudimentarias de estadística prestándose para que el operario las maneje en su propia área de trabajo.

1.6.2 HABILIDAD DEL PROCESO

La habilidad representa el RENDIMIENTO DEL PROCESO y puede ser determinada una vez que el proceso se encuentre bajo control estadístico, es decir, cuando las causas especiales de variación hayan sido eliminadas.

Los esfuerzos para mejorar la habilidad deben ser continuos siguiendo el concepto de operación hacia una mejora constante de la calidad y productividad.

1.6.3 TIPOS DE GRÁFICAS DE CONTROL

Se detallan a continuación los dos tipos de gráficas de shewhart:

- a) Gráficas de Control por Variables
- b) Gráficas de Control por Atributos

Gráficas de Control por Variables.- Este tipo de gráficas se utiliza cuando los elementos a registrar en la gráfica son

medidas de alguna característica del producto (dimensión, volumen, intensidad, etc.); esto es, el control se basa en variables. Las gráficas más comúnmente usadas son las gráficas X - R .

Gráficas de Control por atributos.- Existen muchas características de calidad que sólo pueden observarse como atributos, es decir, no pueden expresarse mediante números. Este tipo de gráfica se utiliza cuando se trata de una revisión visual o una inspección de pasa o no pasa del producto o parte de él, esto es, el control se basa en atributos. También se llega a usar cuando una característica cuente con límites de especificaciones holgadas y no sea crítico el proceso, en este caso en vez de registrar una medición de la unidad, ésta se anotará dentro del grupo de aceptado o rechazado.

Existen 4 tipos de gráficas de control por atributos:

- Gráfica p Esta gráfica es utilizada cuando se quiere conocer el porcentaje de unidades defectuosas. El tamaño de la muestra no necesariamente debe ser constante.

- Gráfica np Se utiliza para obtener el número de unidades defectuosas. En este tipo de gráfica se requiere que las muestras sean de tamaño constante.
- Gráfica c Mediante esta gráfica se obtiene el número de defectos de las muestras inspeccionadas, y su tamaño debe ser constante.
- Gráfica u Mide el número de defectos por unidad inspeccionada. El tamaño de las muestras puede variar.

2 GRAFICAS DE CONTROL (\bar{X} - R)

Como se mencionó en el capítulo anterior, este tipo de gráficas son las más usuales cuando se necesita mayor exactitud de la característica a controlar. Se utilizan aparatos de medición para obtener el valor de la parte del producto que se quiere controlar.

Los procedimientos de elaboración e interpretación de estas gráficas son fáciles prestándose para que el operario maneje las gráficas en su trabajo.

2.1 ELABORACION DE LAS GRAFICAS

Para una mejor comprensión de la elaboración e interpretación de este tipo de gráficas, se tratará el siguiente ejemplo a lo largo del capítulo.

EJM.

Cierta compañía automovilística necesita que la presión de inflado de llantas se encuentre dentro de la especificación 33 ± 5 libras.

Una vez que se ha establecido la característica a controlar, se seguirán los siguientes pasos:

- Colección de datos

- Cálculo de rangos
- Cálculo de promedios
- Cálculo del rango promedio
- Cálculo del promedio de promedios
- Cálculo de los límites de control para rangos y promedios
- Graficación de resultados

2.1.1 COLECCION DE DATOS

Para elaborar una gráfica, el primer paso es reunir suficientes lecturas o valores, obtenidos de la inspección de piezas del proceso que se quiere analizar y controlar, para así conocer su tendencia y poder mejorar su trayectoria.

Esto se lleva a cabo mediante la selección de muestras de piezas producidas consecutivamente, cuyo tamaño debe ser pequeño y constante.

Selección del tamaño de las muestras .- De acuerdo a la experiencia se recomienda que las muestras estén compuestas de 5 unidades consecutivas.

* Probabilidad y Estadística para Ingeniería y administración.
William W. Hines. Pág. 541

Selección del número de muestras*.- Para poder conocer la tendencia del proceso y determinar si se encuentra dentro de control (sin causas especiales de variación), se necesita un número aproximado entre 20 y 25 muestras, ya que con menos los resultados no serían confiables.

Selección del intervalo de tiempo para coleccionar datos*.- Se recomienda de 30 min. a 2 horas para no invertir demasiado tiempo en la inspección; y también, son intervalos razonables para no perder incidentes no usuales.

Los resultados obtenidos de las muestras se anotan en una hoja diseñada para gráficas de control $\bar{X} - R$.

En la hoja siguiente se presenta la forma de gráficas $\bar{X} - R$ con información relacionada al ejemplo (fig. 2-1) .

En la parte superior de la hoja se anota departamento donde se efectúa el proceso, característica o parte que se está controlando, de qué pieza, proceso, especificación establecida, tamaño y frecuencia de las muestras y valores de promedios y límites.

* Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Administración.
William W. Hines. Pág. 541

figura 2-1

GRAFICA DE CONTROL POR VARIABLES \bar{X} -R

Fecha del 1° AGOSTO al 5 AGOSTO de 19 85

DEPTO. LINEA FINAL CARRO DEPORTIVO
 OPERACION ENSAMBLE DE LLANTAS
 PIEZA LLANTAS P/RIM DE 13 pulg
 CARACT. MEDIDA PRESION ENFUENDO DE LLANTAS

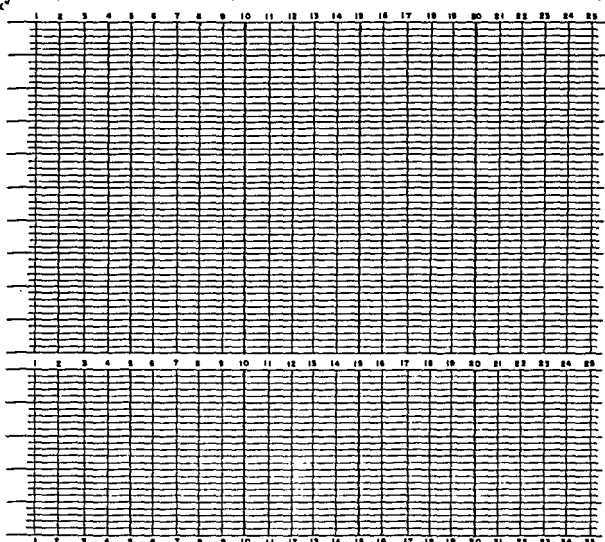
TAMAÑO DE CADA MUESTRA: 5 FREQ. CADA HORA
 ESPECIFICACION: 32±5 Lb LIE= 28 LSE= 38
 \bar{X} = _____ LIC = _____ LSC = _____
 R = _____ LIC = _____ LSC = _____

		HABILIDAD =																											
DA MUESTRA	FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
ELEA.	h/m/a	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00
1		32	30	30	32	30	33	31	31	32	32	33	33	33	31	29	31	34	35	32	32	31	34	30	33				
2		30	29	30	32	30	31	33	29	33	30	32	32	33	34	30	33	32	34	33	28	33	32	31	32				
3		31	33	30	36	33	32	31	31	30	32	31	32	31	30	30	31	34	32	31	34	31	32	34	33				
4		32	30	30	33	33	31	32	30	30	31	30	34	33	32	33	32	34	34	30	32	33	34	30	32				
5		32	31	30	30	31	32	28	32	34	28	31	32	32	28	29	32	29	33	31	28	32	32	36	34				
SUMA																													
\bar{X}																													
R																													

PONER UNA "X" PARA OBSERV.

PROMEDIOS

RANGOS



NOTA: Marque en las graficas los promedios y rangos mayores a los limites de control.

FORMULAS

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

$$\text{RANGO } R = X_{\text{mayor}} - X_{\text{menor}}$$

$$\text{PROMEDIO DE PROMEDIOS } \bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_n}{n}$$

$$\text{RANGO PROMEDIO } \bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{n}$$

LIMITES DE CONTROL PARA PROMEDIOS

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

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

LIMITES DE CONTROL PARA RANGOS

$$\text{INFERIOR } LIC_R = D_3 \bar{R}$$

$$\text{SUPERIOR } LSC_R = D_4 \bar{R}$$

Factores
de
Ajuste

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D ₄	3.27	2.57	2.28	2.11	2.00	1.92	1.86	1.82	1.79
D ₃	0	0	0	0	0	0.08	0.14	0.18	0.22
A ₂	1.88	1.02	0.73	0.58	0.48	0.42	0.37	0.34	0.31

LIC _̄ =	OPERACIONES
LIC _R =	LSC _̄ =
LSC _̄ =	LSC _R =

No. MUESTRA OBSERVACIONES

5-4038-101-27

La parte siguiente esta destinada a registrar en forma ordenada (de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda), los datos obtenidos de las mediciones, asi como la suma, el promedio y rango de cada muestra, quedando sobre el eje horizontal la secuencia de las muestras a través del tiempo.

Las dos últimas partes son destinadas a las gráficas de promedios y rangos, respectivamente (posteriormente se verá su uso). También dentro de la forma se indica que en caso de ser necesaria alguna observación en alguna muestra, marcarla con una "X", y en la parte posterior de la hoja se anotará la información que sea necesaria, por ejemplo: si se presenta algún cambio en la materia prima o herramienta, es importante anotarlo para conocer la causa en caso de que se presente alguna desviación de la muestra, que es lo mas seguro que suceda.

Antes que nada, se recomienda que se llene la primera parte, que corresponde a la identificación del proceso que se quiere estudiar y mejorar.

La información contenida en la fig. 2-1, trata de una operación de ensamble de llantas en la línea final del departamento de carros deportivos La llanta es para rim de 13 pulgadas y lo que se va a controlar es que la presión de las llantas se encuentre

entre los límites de 28 (límite inferior de especificación) y 38 libras (límite superior de especificación), que es el ejemplo a tratar en este capítulo. En cuanto a las muestras se estableció un tamaño de 5 unidades (llantas) por muestra, a una frecuencia de una por hora. Durante 3 días consecutivos se estuvo midiendo la presión a 5 llantas cada hora, registrando los datos en la forma.

Una vez teniendo las muestras suficientes se procede a hacer una serie de cálculos necesarios para conocer en qué situación se encuentra el proceso.

Para llenar la forma y conocer en qué estado se encuentra el proceso, a continuación se presentan los cálculos a efectuar; asimismo, se informará cómo se introducirán los resultados obtenidos dentro de la misma.

2.1.2 CALCULO DE RANGOS

El rango es una medida de dispersión cuya finalidad es visualizar las variaciones en el proceso, y se calcula para cada muestra restando al elemento de mayor valor el de menor valor.

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

2.1.3 CALCULO DE PROMEDIOS

El promedio es una medida de tendencia central y se obtiene para cada subgrupo o muestra.

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

Donde X_1, X_2, \dots, X_n son las lecturas de cada subgrupo.

n es el número de elementos de los subgrupos o muestras.

Los rangos y promedios de cada muestra se registran en la hoja de gráficas de control, abajo de las sumas de las muestras.

2.1.4 CALCULO DEL RANGO PROMEDIO

El rango promedio es el promedio de los rangos de los subgrupos.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$$

Donde R_1, R_2, \dots, R_n son los valores de los rangos obtenidos en cada subgrupo o muestra.

n es el número de subgrupos.

Como se mencionó anteriormente, se recomienda un tamaño de 20 a 25 muestras para poder establecer los límites de control, y así poder interpretar el comportamiento del proceso lo más apegado a la realidad.

2.1.5 CALCULO DEL PROMEDIO DE PROMEDIOS

Es el promedio de los promedios calculados en cada uno de los subgrupos o muestras.

$$\bar{X} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_n}{n}$$

Efectuando los cálculos hasta aquí explicados en el ejemplo del inflado de llantas, se obtiene el siguiente rango promedio y promedio de promedios :

$$R = \frac{99}{24} = 4.13 \text{ lbs} \quad \bar{X} = \frac{767}{24} = 31.96 \text{ lbs}$$

(Ver figura 2-2)

figura 2-2

GRAFICA DE CONTROL POR VARIABLES \bar{X} -R

Fecha del 4° AGOSTO al 5 AGOSTO de 19 85

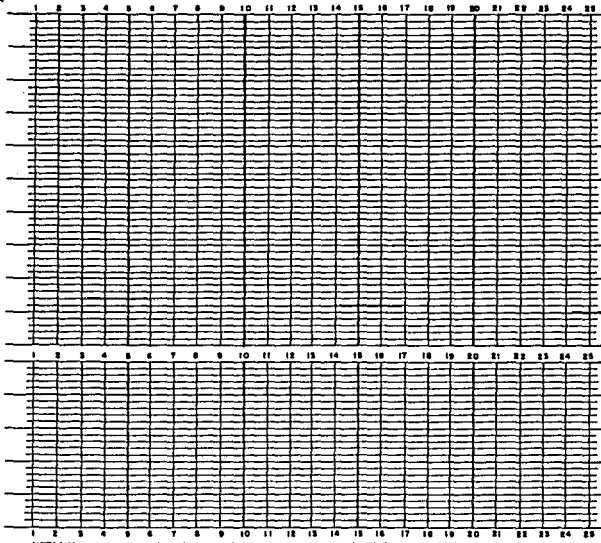
DEPTO. LINEA FINAL CARRO DEPORTIVO	TAMAÑO DE CADA MUESTRA: 5	FREC. CAD. HORA.
OPERACION ENSAMBLE DE LLANTAS	ESPECIFICACION: 33 ± 5 lb	LIE = 28
PIEZA LLANTAS PRIM DE 13 pulg	$\bar{X} = 31.96$	LIC =
CARACT. MEDIDA PRESION INFLADO DE LLANTAS	R = 4.13	LIC =

Dia	MUESTRA	MABILIDAD =																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	5444	32	30	30	32	30	33	31	31	32	33	33	33	31	29	31	34	36	32	32	31	34	30	37		
	5445	30	29	30	32	30	32	33	28	37	30	32	32	33	34	30	33	32	34	37	28	33	32	31	32	
	5446	31	33	30	36	33	32	31	31	30	32	31	32	31	30	30	31	34	32	31	34	31	32	34	38	
	5447	32	30	30	33	33	31	32	30	30	31	30	34	33	32	33	32	34	34	30	32	33	34	30	32	
	5448	32	31	30	30	31	32	28	32	34	38	31	32	32	37	29	32	29	33	31	28	32	32	36	34	
	SUMA	157	153	150	163	157	160	157	152	163	169	157	163	162	165	157	157	163	169	161	154	160	164	161	173	
	X	31.4	30.6	30.0	32.6	31.4	32.0	31.0	30.4	32.6	33.8	31.4	32.6	32.0	33.0	31.4	32.6	33.8	33.2	32.8	30.8	32.0	32.8	32.4	33.6	
	R	2	4	0	6	3	2	5	4	7	8	3	2	2	8	4	2	5	3	7	6	2	2	6	6	

PONER UNA "X" PARA OBSERV.

PROMEDIOS

RANGOS



NOTA: Marque en las graficas los promedios y rangos mayores a los limites de control.

2.1.6 CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL PARA RANGOS Y PROMEDIOS

Los límites de control se basan en los resultados de los promedios de medias y rangos de las muestras y son trazados en la gráfica de control, con el fin de evaluar la variación de un subgrupo o del conjunto de subgrupos. Si la característica de calidad de una pieza manufacturada se aproxima a los límites de control, se debe aplicar una corrección para evitar productos defectuosos.

Estos límites son muy importantes, pues nos indica el tipo de variación que se está presentando.

Cuando la variación de una muestra se encuentre fuera del límite de control, es porque existen causas especiales en el proceso, las cuales deben ser eliminadas en forma rápida. Si la variación se encuentra dentro de los límites de control, nos indica que es debida a causas comunes, las cuales no pueden ser eliminadas del todo como se mencionó en el capítulo anterior, ya que es la variación normal de proceso.

"La variación obtenida en las diferentes muestras, es comparada con respecto a sus propios límites de 3-sigma. Se han elegido los límites de 3-sigma en lugar de 2 o de 4-sigma por ejemplo, porque la experiencia ha demostrado que el valor de 3-sigma es el más

útil y económico para las aplicaciones de las gráficas de control, puesto que para ese valor la mayor parte de las distribuciones tienden a la "normalidad". El uso del valor de 3-sigma quedó establecido básicamente en el trabajo del Dr. Shewhart. Su primera justificación fue totalmente empírica y pragmática. Sin embargo, había también sólidas bases estadísticas para esto". *

El cálculo de los límites de control también se basa en el tamaño de los subgrupos. Las fórmulas para obtener los límites de control son las siguientes :

$$\begin{aligned} \text{Para rango : } L.S.C. &= \bar{D} \frac{R}{4} \\ &R \\ L.I.C. &= \bar{D} \frac{R}{3} \\ &R \\ \text{Para promedio : } L.S.C.\bar{X} &= \bar{X} + A_2 \frac{R}{2} \\ &R \\ L.I.C.\bar{X} &= \bar{X} - A_2 \frac{R}{2} \end{aligned}$$

Donde : L.S.C. es el límite superior de control

L.I.C. es el límite inferior de control

D_4, D_3, A_2 son factores de ajuste o corrección.

* Control Total de la Calidad. Armand V. Feigenbaum. Pág. 440

Los factores de ajuste son constantes que se han desarrollado para abreviar los cálculos, para cada tamaño de muestra se tiene un valor diferente.

TABLA DE FACTORES DE AJUSTE

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D4	3.27	2.57	2.28	2.11	2.00	1.92	1.86	1.82	1.78
D3	0	0	0	0	0	0.08	0.14	0.18	0.22
A2	1.88	1.02	0.73	0.58	0.48	0.42	0.37	0.34	0.31

"Si no se hiciera uso de los factores de ajuste, se utilizarían las siguientes fórmulas :

$$\begin{aligned} \text{Para rango :} \quad & \text{L.S.C.R} = \bar{R} + 3\sigma \\ & \text{L.I.C.} = \bar{R} - 3\sigma \\ & \text{R} \\ \text{Para medias :} \quad & \text{L.S.C.X} = \bar{X} + 3\sigma \\ & \text{L.I.C.} = \bar{X} - 3\sigma \\ & \text{X} \end{aligned}$$

Para obtener los valores de los límites mediante estas fórmulas, se tendría que proceder a efectuar una serie de cálculos laboriosos".

De los 24 subgrupos del ejemplo ya se ha obtenido :

$$\begin{array}{ll} \text{Promedio de promedios} & \bar{\bar{X}} = 31.96 \text{ lbs.} \\ \text{Promedio de rangos} & \bar{R} = 4.13 \text{ lbs.} \end{array}$$

El siguiente paso es obtener los factores de ajuste de la tabla para un tamaño de muestra de 5 unidades de acuerdo al ejemplo.

Para evitar consultar otras formas, pérdida de tiempo y posibles errores, en la parte posterior de la forma aparece la tabla de factores de ajuste.

$$\begin{array}{llll} A & = 0.58 & \text{para } n = 5 & (\text{tamaño de la muestra}) \\ \frac{2}{D} & = 2.11 & " & " & " & " \\ \frac{4}{D} & = 0 & " & " & " & " \\ \frac{3}{D} & & & & & \end{array}$$

Ahora, sustituyendo los valores anteriores en las fórmulas para obtener los límites de control, se obtienen los siguientes valores :

$$\text{L.S.C.R} = \bar{D}_4 \bar{R} = 2.11 \times 4.13 = 8.71 \text{ lbs}$$

$$\text{L.I.C.R} = \frac{\bar{D}_3}{R} \bar{R} = 0$$

$$\text{L.S.C.}\bar{X} = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 31.96 + (0.58 \times 4.13) = 34.35 \text{ lbs}$$

$$\text{L.I.C.}\bar{X} = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 31.96 - (0.58 \times 4.13) = 29.56 \text{ lbs}$$

2.1.7 GRAFICACION DE RESULTADOS

Mediante la representación gráfica de los resultados se determina si el proceso se encuentra o no dentro de control y también sirve para ayudar a lograr y mantener el control del mismo.

Hasta el momento se ha recopilado y calculado la información necesaria para obtener las gráficas de control. El siguiente paso es dibujar los datos obtenidos en la hoja de gráficas de control, la cual, como se ha observado, esta dividida en cuatro partes para anotar toda la información necesaria, como saber de que característica y proceso se trata y conocer el estado del mismo mediante las gráficas (\bar{X} - R).

Para poder dibujar los datos obtenidos del ejemplo, se tienen que seleccionar las escalas, lo que permitirá que las gráficas sean claras y aprovechar el espacio asignado a ellas.

Selección de escala para promedios :

Para la gráfica de promedios (\bar{X}) la amplitud de valores en la escala debe incluir el mayor de los siguientes valores :

- a) Los límites de tolerancia especificados
- b) 2 veces el rango promedio (R)

Selección de escala para rangos :

1.- El rango mayor de todos los subgrupos se incrementa de 1 1/2 veces a 2 veces su valor.

Una vez seleccionadas las escalas se marcan con puntos los promedios y los rangos de cada subgrupo en sus respectivas gráficas y se unen con líneas para poder visualizar la tendencia del proceso. Después, se trazan con una línea continua el rango promedio (\bar{R}) y el promedio del proceso (\bar{X}), y con una línea discontinua, los límites de control.

Para mayor facilidad y seguridad en los resultados, la forma contiene las fórmulas que se utilizan en las gráficas y una pequeña área para cálculo de operaciones en la parte posterior, ya que es conveniente tener en una sola hoja toda la información posible, para que en caso de consulta, la información se encuentre a la mano.

La gráfica del ejemplo se muestra en la siguiente hoja (gráfica 2-1) .

2.2 INTERPRETACION

Como se mencionó en el capítulo anterior las gráficas de control se emplean durante la producción como base para controlar la

GRAFICA DE CONTROL POR VARIABLES \bar{X} -R

Fecha del 1° AGOSTO al 5 AGOSTO de 19 86

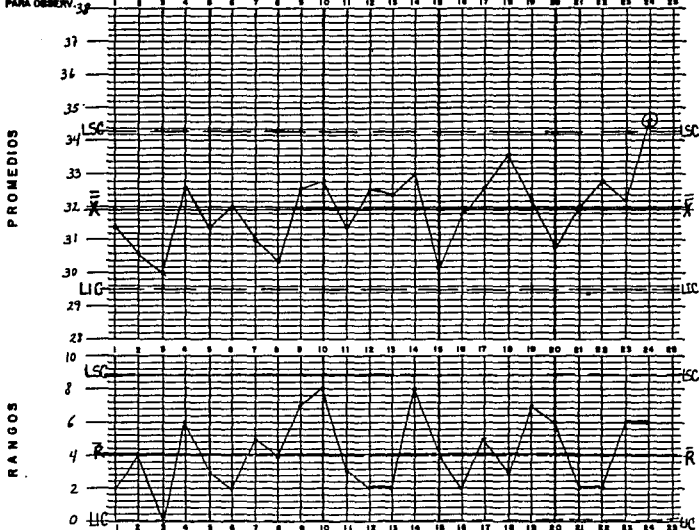
DEPTO. LINEA FINAL CARRO DEPORTIVO
OPERACION ENSAMBLE DE LLANTAS
PIEZA LLANTAS P/1114 DE 13 pulg
CARACT. MEDIDA PRESION INFLADO DE LLANTAS

TAMANO DE CADA MUESTRA: 5	FREC. CADA HORA.
ESPECIFICACION: 33 ± 5 lb	LIE = 28
$\bar{X} = 31.96$	LIC = 29.56
$R = 4.13$	LSC = 34.35
	LIC = 0
	LSC = 8.71

HABILIDAD =

NO. MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
FACTOR	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
PIEZA																										
ELAB.																										
1	32	30	30	32	30	33	31	31	32	33	33	33	31	29	31	34	35	32	31	34	30	37				
2	30	29	30	32	30	32	33	28	37	30	32	32	33	34	30	33	32	34	37	28	33	32	31	32		
3	31	33	30	36	33	32	31	31	30	32	31	32	31	30	30	31	34	32	31	34	31	32	34	37		
4	32	30	30	33	33	31	32	30	30	31	30	34	33	32	37	32	34	34	30	32	33	34	36	32		
5	32	31	30	30	31	32	28	32	34	38	31	32	32	37	29	32	29	33	31	28	32	32	36	34		
SUMA	157	153	150	163	157	160	155	152	163	164	157	163	162	165	151	157	163	167	161	159	160	164	161	173		
\bar{X}	31.4	30.6	30.0	32.6	31.4	32.0	31.0	30.4	32.6	32.8	31.4	32.6	32.4	33.0	30.2	31.8	32.6	33.4	31.7	31.8	32.0	32.2	32.9	34.4		
R	2	4	0	6	3	2	5	4	7	8	3	2	2	8	4	2	5	3	7	6	2	2	6	6		

PONER UNA "X" PARA OBSERV.



NOTA: Marque en las graficas los promedios y rangos mejores a los limites de control.

característica de calidad de que se trate, indicando y separando la variación en sus dos componentes mediante los límites de control, y en función de esto tomar acciones correctivas y preventivas en el proceso. Para ello debemos interpretar la gráfica, esto es, analizar la posición y tendencia de los valores graficados con respecto a los límites y líneas centrales; esto con el fin de detectar los problemas desde su inicio, conocer el tiempo transcurrido y poder efectuar un análisis.

A fin de minimizar la producción de piezas fuera de control y para tener datos recientes en el diagnóstico, es muy importante la rapidez en el análisis de los problemas existentes en el proceso.

Para interpretar las gráficas en forma correcta se deben seguir en orden los siguientes pasos :

- 1.- Analizar los puntos fuera de los límites de control
- 2.- Ver si existe adhesión al centro o a los extremos
- 3.- Ver si existen series (tendencia, corrida)

En cada paso de análisis se estudiará primero el conjunto de datos de la gráfica de rangos, ya que la interpretación de ambas gráficas depende de la variación del proceso.

1.- Puntos fuera de los límites de control

Los puntos que "caigan" sobre los límites o mas allá de los límites de control, indican que la variación es el resultado de causas especiales. Los puntos dentro de los límites y comportándose en forma aleatoria, indican que la variación es el resultado de causas comunes.

Cuando se presentan uno o mas puntos sobre o fuera de los límites de control, el proceso es inconsistente y se debe analizar para localizar la causa especial que originó dicha variación.

Para una mejor localización, es conveniente marcar los puntos que están fuera de los límites de control. Cuando existan puntos fuera y antes de analizar el proceso se recomienda verificar que:

- Los límites de control y puntos sean correctos y bien graficados
- El sistema de medición no haya cambiado (diferente calibrador o inspector)

Del ejemplo, el punto 24 de la gráfica de promedios esta fuera del límite superior de control, por lo tanto hay que investigar cual es la causa especial que produce esta variación para eliminarla o modificarla.

2.- Adhesión al centro o a los extremos

"Se han desarrollado algunos métodos indicadores de tanteo que establecen una serie de motivos para iniciar una investigación, aún cuando todos los puntos permanezcan dentro de los límites de control, los cuales son : la adhesión al centro o extremos y la serie".

Para saber si existe adhesión al centro o a los extremos, se divide en tres partes iguales la distancia que hay entre el límite superior de control y el límite inferior de control.

I) Adhesión al centro.- Si el 90 % de los puntos graficados o más se encuentran en el tercio medio, se dice que hay adhesión al centro.

Si se presenta adhesión al centro verificar lo siguiente :

- a) Los límites de control y puntos sean correctos y bien graficados
- b) Los datos no hayan sido adulterados. Las lecturas que se alejan del promedio de promedios pudieron ser alteradas u omitidas.
- c) Investigar que no se hayan mezclado en el subgrupo mediciones de dos o mas flujos del proceso (una pieza de cada husillo, mezclador uno en mezclador cinco).

* Control de Calidad. Richard C. Vaughn. Pág. 91

Si después de verificar lo anterior la adhesión persiste, esto nos indica que el proceso está en óptimas condiciones.

II) Adhesión a los extremos.- Si el 60 % de los puntos graficados o más se encuentran en los tercios exteriores se dice que hay adhesión a los extremos.

Si se presenta adhesión a los extremos verificar lo siguiente :

- a) Los límites de control y puntos sean correctos y bien graficados.
- b) El proceso o el método de muestreo es tal que los subgrupos contienen mediciones de 2 o más factores diferentes.
- c) Que la herramienta no este descalibrada, o el inspector no este capacitado para tomar medidas

Si persiste la adhesión en algún extremo de la gráfica de promedios o en el extremo superior de la gráfica de rangos, efectuar un estudio local del proceso, esto es, el supervisor y/o operario analizarán cual es la causa especial que ocasiona la adhesión, y así eliminarla.

3.- Serie

Serie es una sucesión de puntos, los cuales siguen una misma dirección. Existen 2 tipos de series :

I) Tendencia.- Cuando 7 puntos consecutivos o más presentan una tendencia ascendente o descendente.

II) Corrida.- Cuando 7 puntos consecutivos o más se encuentran por arriba o por abajo de la línea central (promedio de promedios o rango promedio).

La presencia de una serie en la gráfica de rangos por arriba del rango promedio significa :

- Mayor dispersión de los resultados, lo cual puede provenir de una causa irregular, un cambio en la distribución de los resultados (un nuevo lote de material). Los problemas que causen este tipo de serie requieren de una acción correctiva inmediata.

- Un cambio al sistema de medición (diferente calibrador o inspector).

La presencia de una serie en la gráfica de rangos por debajo del rango promedio significa :

- Menor dispersión de los resultados; el proceso esta funcionando en buenas condiciones y se debe tratar de que persista el buen funcionamiento.

La presencia de una serie en la gráfica de promedios significa lo mismo que una serie en la gráfica de rangos por arriba del rango promedio.

NOTA : En la gráfica del ejemplo no se presenta adhesión ni serie, pero el proceso no está controlado, ya que existe un punto fuera del límite de control superior de la gráfica de promedios.

2.2.1 RECALCULO Y EXTENSION DE LOS LIMITES DE CONTROL

Cuando se inicia el estudio de un proceso, primero se deben eliminar las causas especiales de variación, y posteriormente recalcular y graficar el promedio del proceso y sus nuevos límites, eliminando los puntos fuera de control y puntos distribuidos con tendencias.

Una vez graficados los nuevos promedios y límites se debe verificar que todos los puntos estén bajo control, repitiendo la secuencia de interpretación, corrección y recálculo si esto fuera necesario.

Hasta el momento se ha obtenido un proceso controlado (causas especiales eliminadas). El siguiente paso es extender los promedios y límites para cubrir periodos futuros. Estos límites serán utilizados para el control continuo del proceso con el

objeto de que el operario y/o supervisor tomen las acciones necesarias ante cualquier indicación de falta de control en las gráficas (\bar{X} - R).

Del proceso de inflado de llantas, se eliminó el punto 24 en la gráfica de promedios y en la gráfica de rangos (para eliminar algún punto se deben eliminar en las 2 gráficas).

Los nuevos promedios y límites son :

$$\bar{X} = \frac{732.4}{23} = 31.84 \text{ lbs} \qquad R = \frac{93}{23} = 4.04 \text{ lbs}$$

$$L.S.C. = 2.11 \times 4.04 = 8.53 \text{ lbs}$$

$$L.I.C. = 0$$

$$L.S.C.\bar{X} = 31.84 + (0.58 \times 4.04) = 34.18 \text{ lbs}$$

$$L.I.C.\bar{X} = 31.84 - (0.58 \times 4.04) = 29.50 \text{ lbs}$$

Estos nuevos datos se grafican y se interpreta la gráfica nuevamente verificando que los puntos no se salgan de los nuevos límites, ni que exista adhesión o serie (excepto la serie por debajo del rango promedio).

Como el proceso esta bajo control, estos límites servirán para periodos futuros (véase la gráfica 2-2 de la hoja posterior).

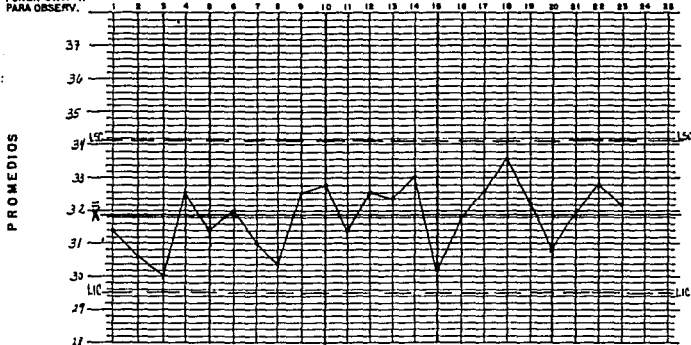
GRAFICA DE CONTROL POR VARIABLES \bar{X} -R

DEPTO. LINEA FINAL CARRO DEPORTIVO
OPERACION ENSAMBLE DE LLANTAS
PIEZA LLANTAS P/RIM DE 13 pulg.
CARACT. MEDIDA PRESION INFLADOUS LLANTAS

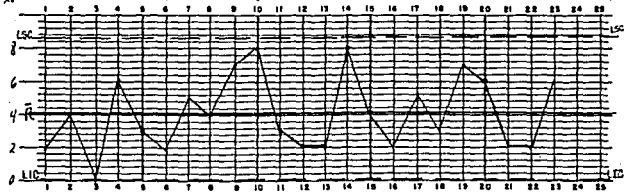
Fecha del 4 de Agosto al 5 Agosto de 1985
 TAMAÑO DE CADA MUESTRA: 5 FREQ. CADA HORA
 ESPECIFICACION: 33 ± 5 Lb LIE = 28 LSC = 38
 \bar{X} = 31.84 LIC = 27.50 LSC = 34.17
 R = 4.04 LIC = 0 LSC = 8.53

MUESTRA	HABILIDAD =																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
FECHA	1/85	1/85	7/85	12/85	11/85	12/85	13/85	14/85	14/85	1/85	7/85	10/85	11/85	12/85	13/85	14/85	14/85	1/85	7/85	10/85	11/85	12/85	13/85	14/85	14/85
ELEVA.	32	30	30	32	30	33	31	31	32	33	33	33	33	31	29	31	34	35	32	32	31	34	30		
1																									
2	30	29	30	32	30	32	32	28	37	30	32	32	33	34	30	33	32	34	37	28	33	32	31		
3	31	33	30	36	33	32	31	31	30	32	31	32	31	30	30	31	34	32	31	34	31	32	34		
4	32	30	30	33	33	31	32	30	30	31	30	29	33	32	33	32	34	34	30	32	33	34	30		
5	32	31	30	30	31	32	28	32	34	28	31	32	32	38	29	32	29	33	31	28	32	32	36		
SUMA	153	152	152	163	157	160	155	152	163	164	152	163	162	165	151	159	163	161	161	159	160	169	161		
\bar{X}	31.4	30.4	30.4	32.6	31.4	32.0	30.8	30.4	32.6	32.8	31.4	32.6	32.4	33.0	30.2	31.8	32.6	32.6	32.2	31.8	32.0	33.8	32.2		
R	2	4	0	6	3	2	5	4	7	8	3	2	2	8	4	2	5	3	7	6	2	2	6		

POWER UNA "X" PARA OBSERV.



RANGOS



NOTA: Marque en los graficos los promedios y rangos mayores a los limites de control.

NOTA- Un punto fuera de los límites de control, no podrá ser eliminado si no se conoce la causa que provoca la anomalía o bien si ésta no ha sido eliminada. Se recomienda llevar una bitácora de los cambios o desviaciones del proceso para investigaciones futuras.

En la parte posterior de las formas para gráficas de control X-R aparecen las fórmulas necesarias para el llenado de la forma, un espacio de cálculos y otro para observaciones. En el área de observaciones se puede llevar la bitácora.

2.3 HABILIDAD DEL PROCESO

El cálculo de la habilidad es emprendido cuando han sido eliminadas las causas especiales y únicamente permanecen las causas comunes.

Teniendo en cuenta que no es posible producir 2 piezas exactamente iguales, la industria ha establecido tolerancias que indican la desviación que se pueda permitir con respecto a una medición estándar.

El siguiente paso es estudiar si el proceso se encuentra dentro de los límites especificados por Ingeniería mediante el cálculo de la habilidad del proceso.

LA HABILIDAD REFLEJA LA VARIACION DE CAUSAS COMUNES, la falta de habilidad en un proceso es debido a fallas en el sistema.

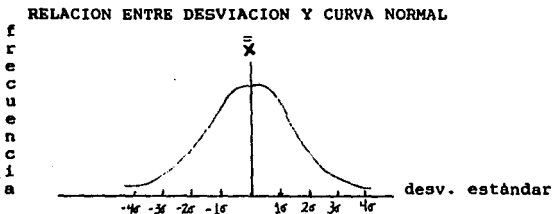
Antes de continuar, es necesario analizar lo siguiente :

La forma de la gráfica de control por variables es simplemente una aplicación de las distribuciones de frecuencias, con las siguientes ventajas :

- 1) Las gráficas de control muestran la tendencia del proceso a través del tiempo.
- 2) Las gráficas resaltan las dos características importantes de una distribución de frecuencias, presentándolas en gráficas independientes (media \bar{X} y rango R).
- 3) Indican y separan las causas que provocan la variación (causas comunes y causas especiales).
- 4) Las gráficas hacen económica la selección de muchas muestras, formada cada una por muy pocas lecturas en lugar de tener que tomar pocas muestras, pero formadas por 50 lecturas cuando menos.

La curva normal es un tipo particular de distribución de frecuencias, siempre y cuando intervengan causas debidas al azar, como es el caso de la obtención de muestras en una línea de producción.

Existe una relación entre la desviación estándar (sigma) y la curva normal, la cual es utilizada en las fórmulas de los límites de control y también el cálculo de la habilidad se basa en esta relación.



Cuando se calcula la desviación estándar de una distribución normal de frecuencias :

- el 68.27 % de todas las lecturas de la distribución, se encuentra dentro de una zona de mas y menos una desv. estándar a partir de la media ($\bar{X} \pm 1\text{-sigma}$)
- el 95.45 % de todas las lecturas se encuentra dentro de una zona de mas y menos 2 desv. estándar a partir de la media ($\bar{X} \pm 2\text{-sigma}$)
- el 99.73 % de todas las lecturas se encuentra dentro de una zona de mas y menos 3 desv. estándar a partir de la media ($\bar{X} \pm 3\text{-sigma}$)

- el 99.996 % para ($\bar{X} \pm 4\text{-sigma}$).

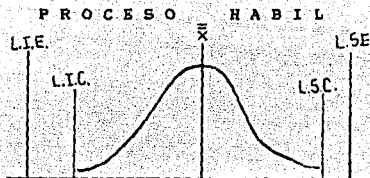
2.3.1 CALCULO DE LA HABILIDAD DEL PROCESO

Mediante el cálculo de la habilidad del proceso se esta comparando el resultado del proceso con las especificaciones de fabricación, es decir, se evalúa la maquinaria y el proceso para asegurar que la capacidad del mismo sea satisfactoria durante un largo periodo.

Los límites de especificaciones pueden tener alguna relación con la variación normal únicamente por coincidencia, lo anterior se debe a que los límites de especificaciones se refieren a los requisitos que se imponen al producto, en tanto que la variación normal se refiere al proceso y su capacidad.

"La interpretación que se da a los límites de control, es la misma que para los límites del proceso o de la variación normal. Sin embargo, su localización material es un poco diferente, puesto que en una parte de la gráfica se considera la distribución de las medias en lugar de la distribución de las observaciones".

* Control Total de la Calidad. Armand V. Feigenbaum. Pág. 443



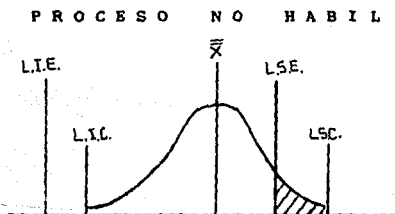
Donde : L.I.C. limite inferior de control

 L.S.C. limite superior de control

 L.I.E. limite inferior de especificación

 L.S.E. limite superior de especificación

Si la habilidad no es aceptable, se tienen que efectuar modificaciones al sistema para mejorarla.



Esto normalmente requiere de la atención de personal especializado como es : un ingeniero de proceso, el ingeniero de diseño, ingeniero de producción, etc.

Desviación Estándar

Para obtener la habilidad del proceso se tiene que calcular la desviación estándar del mismo, mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{R}{d_2}$$

Donde : d_2 es una constante que cambia en función del tamaño de la muestra.

TAMANO DE LA MUESTRA	=	2	3	4	5	6	7
d_2	=	1.13	1.69	2.06	2.33	2.53	2.704

La fórmula anterior relaciona la amplitud promedio y la desviación estándar de la población.

"El valor de la desviación estándar para el flujo de producción de la cual se han tomado las muestras, mantiene una relación directa con R cuando la distribución se considera aproximada a la curva normal. Aplicando esta relación se determina la dispersión para las unidades individuales en el flujo de producción".

Control total de la Calidad. Armand V. Feigenbaum. Pág. 455

Para el ejemplo en estudio :

$$\bar{R} = 4.04 \text{ lbs}$$

$$d_2 = 2.33$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{4.04}{2.33} = 1.73 \text{ lbs}$$

Los límites de especificación establecidos en el ejemplo son :

$$\text{L.I.E.} = 33 - 5 = 28 \text{ lbs}$$

$$\text{L.S.E.} = 33 + 5 = 38 \text{ lbs}$$

Parámetro Z.- El parámetro Z REPRESENTA LA HABILIDAD y es la distancia que existe entre el promedio del proceso y los límites de especificación.

$$Z_s = \frac{\text{LSE} - \bar{X}}{\sigma}$$

$$Z_i = \frac{\bar{X} - \text{LIE}}{\sigma}$$

Parámetro Pz.- El parámetro Pz REPRESENTA LA FRACCION DE PIEZAS FUERA DE CONTROL y es obtenido mediante el valor de Z usado en conjunto con la tabla de distribución normal.

Mientras más grande sea el valor de Z menor será la probabilidad de obtener piezas fuera de especificación.

Continuando con el ejemplo en estudio :

$$\bar{X} = 31.84 \text{ lbs}$$

$$\sigma = 1.73 \text{ lbs}$$

$$\text{L.I.E.} = 28 \text{ lbs}$$

$$\text{L.S.E.} = 38 \text{ lbs}$$

$$Z_s = \frac{\text{LSE} - \bar{X}}{\sigma} = \frac{38 - 31.84}{1.73} = 3.5$$

$$Z_i = \frac{\bar{X} - \text{LIE}}{\sigma} = \frac{31.84 - 28}{1.73} = 2.22$$

Se busca en la tabla de distribución normal (ver anexo) los valores de Z_s y Z_i para obtener las fracciones fuera de especificación.

$$P_{zs} = 0.00019$$

$$P_{zi} = 0.01320$$

$$P_z \text{ tot} = P_{zs} + P_{zi} = 0.00019 + 0.0132 = 0.01339$$

Porcentaje de piezas defectuosas

$$P_z = 1.34 \%$$

Porcentaje de piezas dentro de especificación

$$100\% - 1.34\% = 98.66\%$$

Comúnmente se utilizan los límites de 3-sigma para procesos que no sean críticos y cuando la característica a controlar sea significativa del producto se utilizan los límites de 4-sigma para asegurar un buen nivel de rendimiento.

Concluyendo el ejemplo, este proceso no es hábil ni para 3-sigma, ni para 4-sigma, por ser menor al 99.73% el porcentaje de piezas dentro de especificación.

Acabamos de obtener el porcentaje de piezas que se obtendrían fuera de especificación manteniendo la situación actual del proceso. Otra forma de estimar la habilidad, es obteniendo los límites del proceso y compararlos con los de especificación.

"Según quedó expresado, no se pueden comparar los límites de control por sí solos con los límites de especificaciones, se necesitan calcular los límites de 3-sigma del proceso".

$$3\sigma = 3 \frac{R}{d_2}$$

$$3\sigma = \left(\frac{3}{d_2} \right) R$$

$$3\sigma = E \frac{R}{2}$$

Control total de la Calidad. Armand V. Feigenbaum. Pág. 455

Donde E2 es una constante que cambia
en función del tamaño de la
muestra

TAMANO DE LA MUESTRA	=	2	3	4	5	6	7
E2	=	2.659	1.772	1.457	1.290	1.184	1.109

Para obtener los límites del proceso :

$$\text{Limite superior} \quad \text{L.S.P.} = \bar{X} + 3\sigma$$

$$\text{Limite inferior} \quad \text{L.I.P.} = \bar{X} - 3\sigma$$

Calculando los límites del proceso:

$$\text{L.S.P.} = \bar{X} + 3\sigma = 31.84 + 3(1.7339) = 37.05 \text{ lbs.}$$

$$\text{L.I.P.} = \bar{X} - 3\sigma = 31.84 - 3(1.7339) = 26.63 \text{ lbs.}$$

Como se observa, el proceso se encuentra desplazado hacia la izquierda, y la probabilidad de obtener piezas entre 26.63 y 28 libras es del 1.32%, según el porcentaje de piezas obtenidas anteriormente.

Cuando los límites del proceso son satisfactorios en comparación con los límites de tolerancias, los límites son económicamente satisfactorios y la capacidad del proceso para un periodo mayor es adecuada.

REPRESENTACION GRAFICA DEL PROCESO

LIMITES DEL PROCESO

26.63 lbs 37.05 lbs

LIMITES DE ESPECIFICACIONES

28 lbs 38 lbs

2.3.2 EVALUAR Y CORREGIR LA HABILIDAD DEL PROCESO.

Una vez que el proceso se encuentre controlado y se haya calculado la habilidad para ver si cumple con la medida de especificación, se debe decidir si es aceptable o no.

Como se mencionó en el primer capítulo, la finalidad del control estadístico de calidad es una mejora constante del proceso productivo, es decir, un mejoramiento progresivo de la habilidad.

Es un problema administrativo determinar si cierto porcentaje de piezas defectuosas no afectará el costo, la competitividad, el prestigio y las ventas, esto dependerá del tipo de característica del producto que se este controlando. Para asegurar un buen nivel de rendimiento, se recomienda para las características

significativas del producto el cumplimiento de una habilidad de ± 4 -sigma (99.99 %) y para procesos estables de ± 3 -sigma (99.73 %).

Todos los procesos no hábiles requieren de una acción inmediata.

A continuación se mencionan algunas opciones :

1) Modificar los límites de especificación, para que sean consistentes con la habilidad del proceso (no mejora el producto, pero es una decisión conveniente cuando las características del diseño no estén comprometidas).

2) Mejorar la habilidad del proceso reduciendo la variación de las causas comunes, es decir, se tiene que introducir cambios fundamentales en el proceso, puede ser que se tenga que modificar el método, mejorar la maquinaria o herramienta, cambiar de proveedor, o bien en el medio donde se trabaja sea necesario eliminar elementos indeseables.

Esto puede ser una tarea difícil, mucho más que la búsqueda de causas especiales, ya que se requiere de la participación de todos los niveles de la organización.

2.3.3 GRAFICAR Y ANALIZAR EL PROCESO MODIFICADO

Cuando se hayan reducido las causas comunes para mejorar la habilidad del proceso, debe hacerse visible la modificación del sistema en la gráfica de control, especialmente en la reducción de los valores de los rangos.

Se debe tener cuidado en el análisis del proceso modificado, ya que se puede dar el caso de que las modificaciones efectuadas alteren otras operaciones.

3 GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Todos los procesos industriales pueden ser evaluados en términos de atributos, esto es, una inspección de pasa-no-pasa, en este tipo de control a cada producto se clasifica en una de dos clases, como conforme o disconforme con las especificaciones.

Se puede controlar el número de piezas defectuosas o el número de defectos por unidad. A continuación se mencionan algunos ejemplos de estos dos tipos de control.

Ejemplos de evaluación por atributos de número de unidades defectuosas:

UNIDAD	ATRIBUTO	
Un foco	enciende	no enciende
Una etiqueta requerida	se colocó	no se colocó
Piezas al producto	faltan	no faltan
Instalación eléctrica	funciona	no funciona

Ejemplos de evaluación por atributos cuando se quiere controlar el número de defectos por unidad:

- No. de defectos por cada 100 m² de alfombra
- No. de defectos por producto (automóvil, turbina, unidades grandes)
- No. de defectos por cada 100 m de cable
- No. de defectos en una instalación eléctrica

3.1 BENEFICIOS DE LAS GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Sin considerar las bases de control, los principios de las gráficas de control por variables (\bar{X} - R) y por atributos son los mismos.

Los datos por atributos pueden describirse por los valores de su tendencia central y dispersión al igual que las lecturas por variables, esto se debe a que la distribución binomial(describe datos por atributos) para muestras grandes, se aproxima a la distribución normal(describe datos por mediciones).

Ambas son de gran utilidad, ya que proporcionan información relevante sobre el comportamiento del proceso, y adicional a esto se pueden mencionar los siguientes beneficios propios de las gráficas por atributos:

- Los datos están a menudo disponibles
- Los datos son rápidos y simples de obtener
- Pueden ayudar a dar prioridad a las áreas con problemas.
- Como el resultado de una inspección consiste en clasificar un artículo como aceptado o rechazado, puede aplicarse a una característica de calidad o mas al mismo tiempo.

Las gráficas de control por atributos son más fáciles de construir e interpretar que las gráficas de control por variables.

Una vez establecida la característica del producto a controlar, es muy importante definir claramente el criterio o los criterios de aceptación de los productos (cuáles productos pasan y cuáles no) .

3.2 GRAFICA p PARA PORCENTAJE DE UNIDADES DEFECTUOSAS

Este tipo de gráfica por atributos es la más común, mide la fracción defectuosa en el proceso. Los tamaños de la muestra no necesariamente deben ser constantes, pero se recomienda que se encuentren dentro de más o menos el 25% del promedio.

Esta gráfica se puede basar en la evaluación de una característica (ejm. se instaló la pieza requerida), o mas características (ejm. se encontró algo mal al verificar la instalación eléctrica). Aunque la pieza tenga varios defectos se registrará una sola vez como defectuosa.

En esta gráfica p, las fórmulas se basan en la curva normal como una aproximación a la binomial, siendo ésta última la distribución que forma la información.

3.2.1 COLECCION DE DATOS

Selección de la frecuencia.- Cuando se inicie el control de un proceso se recomienda que los intervalos entre tomas de muestras sean cortos como en la gráfica (X - R), ya que el sistema de retroinformación al proceso es mejor.

Selección del tamaño de la muestra.- El tamaño de las muestras para el tipo de gráficas por atributos es mucho mas grande que en el caso de mediciones y es debido a la escasa efectividad de los datos obtenidos en la inspección por atributos.

En las gráficas de control por atributos, el tamaño de muestra mínimo es de 25 unidades. * El tamaño para la gráfica p puede ser constante (por ejemplo 75 piezas cada 4 horas) o variable (por ejemplo 100t de la producción durante 1 hora).

Fracción defectuosa (p).

La fracción defectuosa es el valor que se obtiene al dividir el número de unidades que presentan defectos entre el número total de unidades inspeccionadas.

* Control Total de la Calidad. Armand V. Feigenbaum. Pág. 472

El siguiente paso es registrar para cada muestra:

- Número de partes inspeccionadas (n)
- Número de partes defectuosas (np)

y calcular la fracción defectuosa (p) y registrarla en la gráfica

$$p = \frac{np}{n}$$

Para poder analizar un proceso por vez primera se recomienda el estudio de 20 a 25 subgrupos.

Para un mejor desarrollo de este tema, en el transcurso del capítulo se tratará el siguiente ejemplo de gráfica p.

Ejemplo:

Se desea controlar la calidad de la operación de prueba eléctrica (luces de emergencia) en un tipo de automóvil, para esto se escogió una frecuencia de 4 horas entre muestras y el tamaño de la muestra constante es de 50 piezas. Los datos obtenidos y fracciones defectuosas se registran de la manera en que aparecen en la fig. 3-1 (siguiente hoja).

figura 3-1

GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS

DEPTO. <u>Control de Calidad</u>	Fecha del <u>1° AGOSTO</u> al <u>19 AGOSTO</u> de <u>1985</u>
OPERACION <u>Prueba Eléctrica</u>	P <input checked="" type="checkbox"/> np <input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/> u <input type="checkbox"/>
PIEZA <u>Luz de emergencia</u>	TAMAÑO MUESTRA <u>PROM 50 (CIC) FREQ 0.4 NUM 3</u>

PROM _____ LSC _____ LIC _____

		HABILIDAD =																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
FECHA		1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8	9/8	10/8	11/8	12/8	13/8	14/8	15/8	16/8	17/8	18/8	19/8	20/8	21/8	22/8	23/8	24/8	25/8
TAMAÑO MUESTRA		50	50	50	→																					
CANTIDAD		1	2	2	1	1	3	1	6	2	2	2	3	1	6	2	1	2	2	2	1	0	1	1	2	3
PROPORCIÓN (P. U)		.02	.04	.04	.02	.02	.06	.02	.12	.04	.04	.04	.06	.02	.12	.04	.02	.04	.04	.04	.02	0	.02	.02	.04	.06
RECIBIDOS																										
No. MUESTRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
No. MUESTRA	OBSERVACIONES																									

P Tamaño variable	np Tamaño constante	C Tamaño constante	U Tamaño variable
$P = \frac{np}{N}$ fracción defectuosa	$np = \text{unidades defectuosas}$	$C = \text{núm. de defectos}$	$U = \frac{C}{n}$ defectos por unidad
$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n}$	$\bar{np} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{n}$	$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n}$	$\bar{U} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n_1 + n_2 + \dots + n_n}$
$LSCp = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$LSCnp = \bar{np} + 3 \sqrt{\frac{\bar{np}(1-\bar{p})}{n}}$	$LSCc = \bar{C} + 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LSCu = \bar{U} + 3 \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$
$LICp = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$LICnp = \bar{np} - 3 \sqrt{\frac{\bar{np}(1-\bar{p})}{n}}$	$LICc = \bar{C} - 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LICu = \bar{U} - 3 \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$

3.2.2 FRACCION DEFECTUOSA PROMEDIO

Es el promedio de las fracciones de cada uno de los subgrupos.

$$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + np_3 + np_4 + \dots + np_k}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + \dots + n_k}$$

del ejemplo tenemos:

$$\bar{p} = \frac{1+2+2+1+1+3+1+6+2+2+2+3+1+6+2+1+2+2+2+1+1+1+2+3}{25 (50)}$$

$$\bar{p} = \frac{50}{1250} = 0.04$$

3.2.3 LIMITES DE CONTROL (LSC, LIC)

Es la representación de la variación que puede esperarse de un proceso. Su interpretación es semejante a la que se da a los límites de control por variables.

$$LSCp = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LICp = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Donde \bar{n} es el tamaño de muestra promedio.

NOTA: Cuando "p" y/o "n" sean pequeños, es posible que el límite inferior de control sea negativo, en este caso será cero el límite inferior.

Cuando uno o mas subgrupos varien mas del 25% con respecto a la muestra promedio, quizá sea necesario calcular nuevos limites de control para esos subgrupos. Se recomienda no usar limites de control variables, ya que generan confusión. Es mejor estructurar el plan de obtención de datos para que no varíe mucho el número de unidades entre subgrupos.

Procedimiento para determinar que subgrupos necesitan nuevos limites de control.

1.- Determinar cuáles subgrupos son mas grandes del 25% con respecto a la muestra promedio.

2.- De estos subgrupos se recalcularán sus limites solo a aquellos que estan muy cerca o fuera de los limites de control establecidos.

$$LSCp \text{ o } LICp = \bar{p} \pm 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{\sqrt{n}}$$

Donde n es el tamaño de ese subgrupo en particular.

Del ejemplo se calculan los limites:

$$LSCp = 0.04 + 3 \frac{\sqrt{0.04(1-0.04)}}{\sqrt{50}} = 0.04 + 0.083 = 0.123$$

$$LICp = 0.04 - 3 \frac{\sqrt{0.04(1-0.04)}}{\sqrt{50}} = 0.04 - 0.083 = -0.043$$

Como es negativo el valor, el limite es cero.

3.2.4 ELABORACION DE LA GRAFICA

Selección de la escala.- Se emplea el mismo criterio que en la gráfica de rangos.

- Para una mejor visualización, graficar los valores de "p" de cada subgrupo y unirlos con líneas.

- Graficar el promedio del proceso " \bar{p} " con una línea horizontal continua, y con líneas horizontales discontinuas los límites de control.

Del ejemplo se obtiene la gráfica 3-1 (siguiente hoja).

3.2.5 INTERPRETACION DE LA GRAFICA.

El estudio de la gráfica obtenida tiene la misma finalidad que las gráficas de control por variables: detectar si el proceso esta dentro de control (sin causas especiales de variación), para así extender los límites calculados y seguir controlando el proceso y poder calcular si cumple con las especificaciones de ingeniería (Habilidad).

Si el proceso no esta bajo control (existen causas especiales de variación) se llevarán a cabo las acciones correctivas necesarias, de acuerdo a las mismas reglas empleadas en las gráficas de control por variables:

- Puntos fuera de los límites de control
- Adhesión de puntos
- Series (tendencia-corrida)

GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS

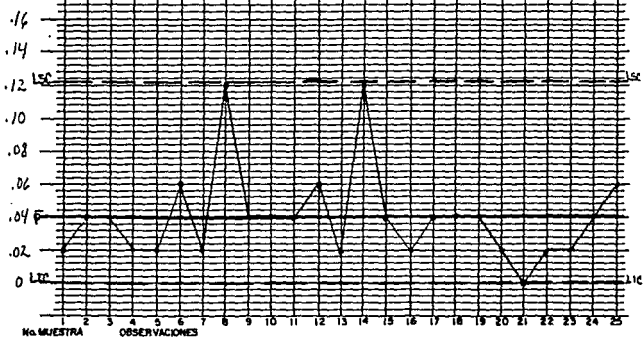
Fecha del 1 AGOSTO al 19 AGOSTO de 1986

DEPTO. Control de Calidad
 OPERACION PRUEBA ELECTRICA
 PIEZA LIXES DE EMERGENCIA

P np C u
 TAMAÑO MUESTRA PROM 50 CTE. FREC. 2 POR DIA

PROM 0.04 LSC 0.123 LIC -0.043

		HABILIDAD =																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
NO. MUESTRA	FECHA	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8	9/8	10/8	11/8	12/8	13/8	14/8	15/8	16/8	17/8	18/8	19/8	20/8	21/8	22/8	23/8	24/8	25/8
TAMAÑO MUESTRA		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
CANTIDAD		1	2	2	1	1	3	1	6	2	2	2	3	1	6	2	1	2	2	2	1	0	1	1	2	3
PROPORCION (P, U)		.02	.04	.04	.02	.02	.06	.02	.12	.04	.04	.04	.06	.02	.12	.04	.02	.04	.04	.04	.02	0	.02	.02	.04	.06
NO. MUESTRA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25



P Tamaño variable	np Tamaño constante	C Tamaño constante	u Tamaño variable
$P = \frac{np}{n}$ fracción defectuosa	$np = \text{valores defectuosos}$	$C = \text{núm. de defectos}$	$u = \frac{C}{n}$ defectos por unidad
$\bar{P} = \frac{\sum np_i}{\sum n_i}$	$\bar{np} = \frac{\sum np_i}{n}$	$\bar{C} = \frac{\sum C_i}{n}$	$\bar{u} = \frac{\sum C_i}{\sum n_i}$
$LSCp = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$	$LSCnp = \bar{np} + 3 \sqrt{\frac{\bar{np}(1-\bar{P})}{n}}$	$LSCc = \bar{C} + 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LSCu = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
$LICp = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$	$LICnp = \bar{np} - 3 \sqrt{\frac{\bar{np}(1-\bar{P})}{n}}$	$LICc = \bar{C} - 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LICu = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

3.2.6 IDENTIFICACION Y CORRECCION DE CAUSAS ESPECIALES

Cuando en el estudio de la gráfica se haya detectado la presencia de causas especiales de variación en el proceso, éstas se deben evitar de tal forma que no se permita la repetición del problema, y además debe ser efectuada la corrección en el menor tiempo posible para evitar la producción de piezas defectuosas.

3.2.7 RECALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL

Una vez que han sido encontradas y corregidas las causas especiales de variación, se eliminarán los puntos fuera de control ocasionados por éstas. Se efectúa nuevamente el cálculo del promedio del proceso y los límites de control graficándolos y repitiendo la interpretación de la gráfica, corrección y recálculo si fuera necesario.

Cuando el proceso se encuentre ya controlado, los límites serán utilizados para análisis futuro del proceso.

En la gráfica del ejemplo se presenta adhesión al límite inferior de control, por lo tanto investigar que:

- Los límites y los puntos hayan sido bien calculados y graficados
- Los subgrupos no contengan mediciones de dos o mas factores diferentes.

Si una vez investigado que la adhesión es debido al funcionamiento del proceso, se deduce que éste se encuentra trabajando en buenas condiciones.

En la gráfica también se observan 2 puntos casi sobre el límite superior de control, y debe investigarse que causas ocasionaron estos "saltos" para evitar que se vuelvan a presentar.

3.2.8 CALCULO DE LA HABILIDAD DEL PROCESO

La habilidad del proceso de la gráfica p es el porcentaje de piezas que están dentro de especificación (no defectuosas).

$$\text{habilidad} = (1 - \bar{p})$$

Del ejemplo: $\bar{p} = 0.04 = 4\%$

$$\text{habilidad} = 1.00 - 0.04 = .96 = 96\%$$

Si el valor objetivo o límite que tuviera que cumplir el proceso fuera 3-sigma > 99.73% de piezas correctas, el proceso no sería hábil.

3.2.9 EVALUACION DE LA HABILIDAD DEL PROCESO

El nivel promedio de defectos refleja las causas comunes del sistema y afecta a la habilidad.

Si no se efectúan modificaciones al proceso para reducir las causas comunes de variación, su desarrollo será estable, y el promedio de piezas defectuosas será el mismo excepto si se presentan causas especiales de variación.

La habilidad del proceso debe ser evaluada en función de lo que se quiera obtener.

3.2.10 CORRECCION DE LA HABILIDAD DEL PROCESO

Si se determina que la habilidad del proceso no cumple con las especificaciones necesarias, esto es, el número de piezas defectuosas es grande, el sistema debe ser modificado, para esto se debe de realizar un estudio detallado por personal especializado, por lo que en ocasiones las soluciones serán a largo plazo para corregir las fuentes de defectos crónicos.

3.2.11 GRAFIQUE Y ANALICE EL PROCESO MODIFICADO

La gráfica es muy útil para conocer como reacciona el proceso con los cambios efectuados, pero hay que tener cuidado en el análisis de la gráfica, ya que los cambios pueden afectar a otras operaciones encubriendo el efecto real.

Una vez que el proceso este bajo control, si el nuevo promedio del proceso \bar{p} refleja un rendimiento aceptable, será usado como base para los límites de control.

3.3. GRAFICA np PARA CANTIDAD DE UNIDADES DEFECTUOSAS

La única diferencia entre la gráfica p y la np, es que la gráfica np registra la cantidad de unidades defectuosas en lugar de la fracción de unidades defectuosas.

Instrucciones para la elaboración de este tipo de gráfica.- Las instrucciones son las mismas que para la gráfica P excepto en:

- El tamaño de las muestras debe ser constante y grande (mayores de 50 unidades)
- Promedio de unidades defectuosas \bar{np}

$$\bar{np} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_k}{k}$$

Donde np representa la cantidad de unidades defectuosas.
k es el número de subgrupos o muestras.

- Límites de control

$$LSC_{np} = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1 - (\bar{np}/n))}$$

$$LIC_{np} = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1 - (\bar{np}/n))}$$

donde n es el tamaño de la muestra.

- Habilidad del proceso "np".- Es el porcentaje de piezas dentro de especificación.

$$\text{Habilidad} = \frac{n - \bar{np}}{n} \times 100$$

3.4 GRAFICA c PARA NUMERO DE DEFECTOS

La gráfica c lleva un mejor control de los defectos que se localizan en las unidades, ya que mide el número de defectos que se presentan en un lote, el cual puede estar formado por una unidad o un número constante de unidades.

Es conveniente usar este tipo de gráfica en los siguientes casos:

1.- La cantidad de unidades producidas es baja y son unidades grandes y complicadas. Por ejemplo: turbinas, máquinas-herramientas, equipo especializado.

2.- Los defectos se distribuyen a lo largo del producto y es posible expresar el promedio de defectos en el mismo.

Por ejemplo : tela, alfombras, cable.

3.- Los defectos encontrados en las unidades inspeccionadas provienen de diferentes procesos, pudiendo ser críticos para el buen funcionamiento de la unidad.

Instrucciones para la elaboración de este tipo de gráfica.- El procedimiento de cálculo para esta gráfica es semejante a la gráfica p a diferencia de :

- Las muestras a inspeccionar deben ser constantes.

- Número de defectos promedio o del proceso \bar{c}

$$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{k}$$

Donde c_1, c_2, \dots son la cantidad de defectos en cada subgrupo.
 k es el número de subgrupos.

- Límites de control

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

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

Estos límites se basan en la distribución de Poisson.

- Habilidad del proceso C_p - la habilidad es igual a $\frac{\bar{c}}{n}$ (número de defectos promedio en una muestra de tamaño fijo n).

3.5 GRAFICA u PARA CANTIDAD DE DEFECTOS POR UNIDAD

Esta gráfica indica la cantidad de defectos encontrados en una unidad y es usada cuando :

- El tamaño de la muestra es variable en cada subgrupo.
- La muestra incluye mas de una unidad al igual que la gráfica p; su tamaño puede ser variable, pero se recomienda que no exceda del 25% de la muestra promedio, para que los limites de control sean constantes.

Instrucciones para la elaboración de este tipo de gráfica.- Los pasos para elaborar una gráfica u son similares a los de una gráfica p con las siguientes excepciones :

- Defectos por unidad de cada subgrupo

$$u = \frac{c}{n}$$

Donde c es la cantidad de defectos
n es el número de unidades inspeccionadas

- Número de defectos promedio por unidad del proceso U

$$\bar{u} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

Donde c_1, c_2, \dots son la cantidad de defectos en cada subgrupo
 n_1, n_2, \dots tamaño de la muestra de los k subgrupos

- Límites de control

$$LSCu = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u} / \bar{n}}$$

$$LICu = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u} / \bar{n}}$$

Donde \bar{n} es el tamaño de la muestra promedio.

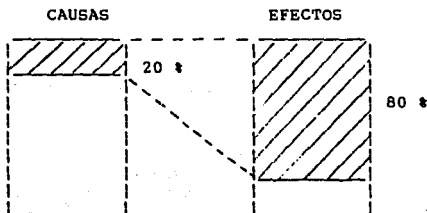
- Habilidad del proceso U .- La habilidad es igual a \bar{u} (número promedio de defectos por unidad).

4 GRAFICAS SIMPLAS

4.1 DIAGRAMA DE PARETO

Por lo general la calidad en los productos se ve afectada por varios problemas, los cuales deben clasificarse de acuerdo a la frecuencia con que se presenten, para dar así un mejor uso y aprovechamiento de los recursos. Es conveniente para este fin utilizar el Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto o teoría del 80-20 fue ideado a finales del siglo XIX por el economista italiano llamado Vilfredo Pareto, quien después de algunas investigaciones concluyo que: "Si hacemos una lista de todas las cosas (causas) que contribuyan a la obtención de algún efecto que nos interesa analizar y ordenamos las causas de mayor a menor de acuerdo a la magnitud de cada una, encontraremos que aproximadamente el 20% de las causas son responsables del 80% del efecto real y el restante 80% de causas son responsables solamente del 20% restante del efecto."



El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis cuyo objetivo es ASIGNAR PRIORIDADES A LOS PROBLEMAS DE ACUERDO A SU FRECUENCIA.

Para hacer un diagrama, se debe seguir una secuencia de pasos que a continuación analizaremos en un ejemplo durante la secuencia.

Elegir el proceso o el producto que se va a analizar.- Cuando se tengan problemas con un proceso determinado o se quiera investigar que detalles o causas se presentan con mayor frecuencia.

Ejemplo.- Con el objeto de mejorar la calidad de su producto, la fábrica de televisores "Imagen" realizó una encuesta entre sus clientes de Ecatepec, acerca del modelo "I-3".

Fijar un periodo de tiempo para la colección de información.- El periodo variará de acuerdo a la situación del problema, y para el ejemplo es de enero a mayo de 1985.

Listar los problemas de calidad presentados durante el periodo y determinar la frecuencia con que se presentaron.- A continuación se elabora una lista de defectos, productos dañados etc. que contribuyeron al problema, obteniendo el número de casos para cada artículo o defecto durante el periodo establecido.

Del ejemplo:

LISTA DE DEFECTOS	CASOS/FRECUENCIA
1.- Cono de bocina roto	80
2.- Cinescopio fundido	40
3.- Selector de canales desajustado	1030
4.- Imagen con distorsión	200
5.- Mal acabado	20
6.- Botones flojos y desajustados	1090

Calcular el porcentaje relativo de cada defecto.- Este porcentaje indica qué tanto se puede mejorar el artículo si es eliminado el defecto en cuestión. Antes de calcular los porcentajes es necesario clasificar los problemas de calidad de acuerdo a su frecuencia y registrarlos en una tabla, para después "vaciar" estos datos en la gráfica.

$$\% \text{ Relativo} = \frac{n}{d}$$

Donde n = Número de casos por defecto
d = Suma de todos los defectos

Calcular el porcentaje relativo acumulado.- Se calcula sumando los porcentajes relativos de los defectos.

Del ejemplo, se tiene la siguiente tabla:

TABLA PARA EL DIAGRAMA DE PARETO
Periodo de enero a mayo de 1985.

No. Defectos	Frecuencia	Porcentaje relativo %	Porcentaje acumulado %
1 botones flojos y desajustados	1090	44.31	44.31
2 Selector de canales desajustado	1030	41.87	86.18
3 Imagen con distorsión	200	8.13	94.31
4 Cono de bocina roto	80	3.25	97.56
5 Cinescopio fundido	40	1.63	99.19
6 Mal acabado	20	0.81	100.00
	----- 2460	----- 100.00%	----- 100.00%

Como se observa en la tabla, si se eliminaran los 2 primeros defectos durante el proceso de producción del modelo de televisión "I-3", se habrá eliminado el 86.18% del problema de calidad. Aquí se deduce el objetivo del diagrama de Pareto:

Determinar qué problemas son mas frecuentes de tal manera que la solución de algunos nos reporten el mayor beneficio.

Elaboración de la gráfica.- A pesar de que se tiene una tabla con todos los datos necesarios para asignar prioridades, es necesario graficarlos, pues así su presentación de los datos es mas fácil y objetiva.

En el eje vertical de la gráfica se anotará la frecuencia del defecto (izquierda).

En el eje horizontal se anotarán los defectos o problemas en orden de mayor a menor y viceversa.

Se trazan las barras, el alto de la barra representa la frecuencia de ocurrencia.

Después se traza el porcentaje relativo acumulado basándose en el eje vertical derecho.

Del ejemplo se tiene el diagrama 4-1 (hoja posterior).

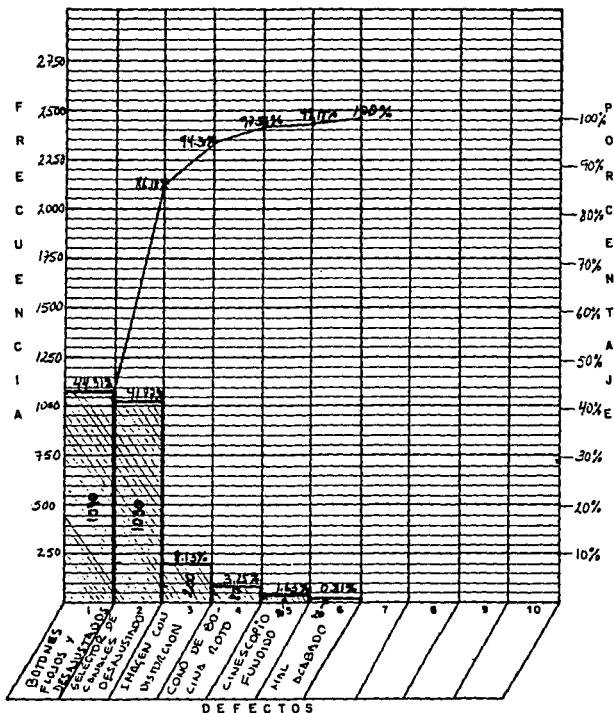
4.2 DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO

Es una técnica para analizar cualquier tipo de problema, este diagrama tiene forma de esqueleto de pescado, y en la "cabeza" se anota el defecto o problema que se quiere analizar,

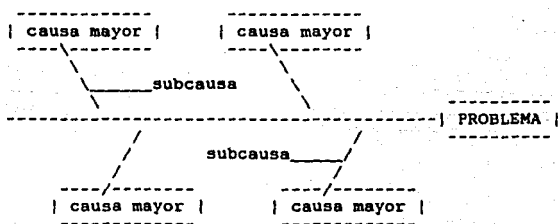
DIAGRAMA DE PARETO

Fecha del 2 enero al 31 mayo de 19 96
 DEPTO: Control de Calidad FREC: Imuestra diaria
 DESCRIPCION DEL PROBLEMA Calidad del televisor modelo I-3

UNIDADES INSPECCIONADAS 5500
 UNIDADES DEFECTUOSAS 1640 % UNIDADES DEFECTUOSAS 29.82%



eliminar o controlar, la espina central es el camino que nos lleva a la cabeza del pescado y es donde van colocadas las "espinas", en las que se anotan las causas principales que estan ocasionando el problema y en ellas van las subcausas y asi sucesivamente.



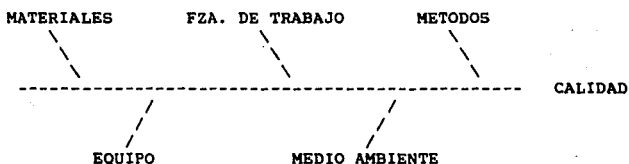
Ishikawa en su libro *Qué es Control Total de Calidad?*, página 59, nos dice al respecto:

"Es necesario entender lo que es el control de procesos, adueñarnos del proceso e incorporar maneras de hacer mejores productos, fijar mejores metas y lograr efectos. Para facilitar este proceso de raciocinio, inventé el diagrama. En 1952 todos los procesos en la Kawasaki Iron Fukiai Works, adoptaron este diagrama para hacer la normalización y control, siendo los resultados satisfactorios. Aunque las causas sean muchas, las

verdaderamente importantes, las que tendrán un impacto grande sobre los efectos no son muchos. Si seguimos el principio establecido por Wilfredo Pareto, todo lo que tenemos que hacer es normalizar dos o tres de las causas más importantes y controlarlas, pero lo primero es encontrar estos factores causales importantes".

Para que el uso de este diagrama tenga éxito se necesita que la persona o personas que van a estudiar el problema dominen el proceso para poder clasificar y relacionar adecuadamente los factores que intervienen en la calidad del producto y así encontrar la causa de dispersión.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO



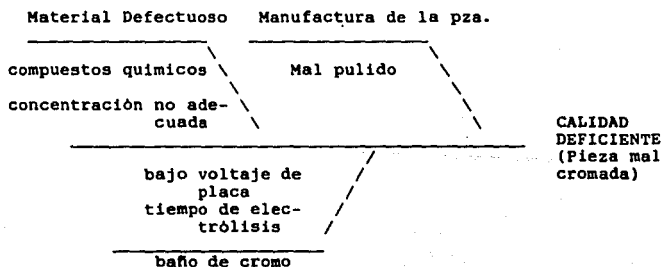
Un diagrama se considera completo cuando todas las posibles causas de variación están presentes y bien relacionadas. Para que no resulte complicado, es muy importante tener cuidado de relacionar y clasificar todos los elementos.

Una vez terminado el diagrama se determina la causa mas probable del problema, y se estudia en el proceso si en realidad es la causa, de no ser asi revisarlo detalladamente.

No es recomendable tomar acciones sobre varias causas al mismo tiempo.

Ejemplo. En una industria automotriz, la inspección de retrovisores detectaba fallas en el cromado de la pieza, era probable que la causa del defecto se presentara durante el baño de cromo, pero también podia ser en el acabado de la pieza, que esta no tuviera la rugosidad requerida para la adhesión del cromo, o bien la materia prima no cumplia con lo especificado. Debido a que el error podia presentarse en cualquiera de estas etapas, se llegó al acuerdo de agrupar todos los factores mediante un diagrama de causa-efecto, para después encontrar la falla mas significativa.

PRODUCCION DE RETROVISORES



Hasta el momento ya se han explicado y descrito las gráficas por: variables y atributos, los diagramas de Pareto y de Causa-Efecto.

Para un eficiente control de calidad en procesos productivos es necesario y conveniente utilizar las gráficas y diagramas ya mencionados.

Se recomienda utilizar el diagrama de Pareto para poder decidir a que proceso o parte del proceso se le debe de dar prioridad, dependiendo de la importancia y frecuencia de ocurrencia en errores.

Una vez establecida la operación o proceso a mejorar se colecta información de ese problema para ver su comportamiento a través de las gráficas de control.

Una herramienta muy útil para poder ilustrar claramente las causas que afectan un resultado es el diagrama causa-efecto.

5 APLICACION DE METODOS ESTADISTICOS

El objetivo de este capítulo es la aplicación práctica de los conceptos y métodos descritos anteriormente, a un problema específico de calidad en la industria automotriz.

Durante el desarrollo de éste se emplearán las técnicas adecuadas a la situación, lográndose con ello una mejor comprensión de cada uno de los tipos de gráficas que son grandes aliados para tener un control eficaz.

Es necesario tener siempre presente que no hay trabajo sin variaciones, ya que las causas que pueden afectar cualquier proceso son ilimitadas, por lo tanto siempre habrá una distribución estadística compuesta por datos que representan los hechos de un proceso.

Mediante el uso de las herramientas estudiadas se puede ayudar a resolver casi todos los problemas de calidad, ahí esta el ejemplo de la Industria Japonesa cuyo progreso en calidad y productividad se debe principalmente a la importancia y uso que le han dado; otra parte importante es el cambio de enfoque hacia el consumidor y la conciencia que ha adquirido el personal acerca de la calidad por medio de la capacitación y adiestramiento.

5.1 IMPLANTACION DEL CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD EN PROCESOS PRODUCTIVOS

En la actualidad todavía existen empresas donde el control de calidad se basa en la inspección, y de esta depende detectar los productos defectuosos para evitar que lleguen al consumidor. En dichas empresas la calidad es asunto solamente de un departamento. Pero no es lo correcto, pues la calidad se debe aplicar desde el desarrollo de un producto abarcando todos los sistemas y factores que puedan afectarlo directa o indirectamente.

Para implantar el control estadístico de calidad en una empresa, es prioritario iniciar el cambio en la Alta Gerencia, siendo importante que los funcionarios se involucren en forma activa, estableciendo una política bien definida donde la calidad sea la base de operación, también los servicios y productos deben ser enfocados a los deseos y necesidades del consumidor.

Se debe transmitir entre los funcionarios de la compañía el conocimiento de la necesidad de mejorar la calidad previniendo la mala producción, para ello, el enfoque con que comúnmente se trabaja debe ser modificado, tomando en cuenta que el compromiso de calidad es de toda la compañía y no de un departamento.

El área donde directamente se van a llevar a cabo la mayoría de las modificaciones en esta aplicación es la de producción, por tal razón la participación de todos los miembros de ella es esencial, sin importar el nivel jerárquico.

Los operadores de las máquinas y sus supervisores son los involucrados directamente en obtener calidad, pues son los que elaboran el producto; la detección y control de anomalías debe efectuarse por ellos mismos mediante conciencia de calidad y la aplicación del control estadístico de calidad. Para un mejor desarrollo del trabajo y con el fin de analizar los problemas que afectan la producción y tratar de buscarles una solución, otro factor muy importante es la comunicación entre operadores y supervisores.

5.2 CAPACITACION

Dentro de la Industria de México se han manejado lemas tales como "querer es poder", pero en la mayoría de los casos esto no se da si no va acompañado con el entusiasmo de adquirir conocimientos y práctica en calidad.

La capacitación es básica en el control estadístico de calidad, por lo que es necesario preparar a operadores y supervisores involucrados directamente en el control y crearles conciencia de la importancia que están adquiriendo al ser integrantes de un grupo participativo cuyo primer objetivo es el de obtener mejoras constantes en la calidad de los productos fabricados.

Por lo tanto, es importante ampliar la capacidad del personal, exigida para operar lo mejor posible dentro del sistema de calidad. Para lograrlo se deben llevar a cabo programas que enfatizan el aseguramiento de una motivación y logro de calidad por parte del personal.

La capacitación a proporcionar debe ser completa con teoría y práctica y debe abarcar los siguientes campos:

- 1) PSICOMOTRIZ .- En esta área es importante el desarrollo de habilidades tanto físicas como mentales, a través de las cuales el personal realmente desempeña las operaciones necesarias para la calidad requerida.
- 2) COGNOSITIVO.- En este campo la finalidad es dar a conocer al empleado los tipos de problemas de calidad que se presentan tanto en su área de trabajo, como en la planta en general y la forma de

solucionarlos mediante el conocimiento de los métodos estadísticos de calidad; la aceptación de principios y prácticas de éstos métodos para mejorar, mantener y controlar la calidad. La preparación debe ser continua para que responda a las necesidades de la organización.

Para la capacitación en los métodos estadísticos de calidad se recomiendan los siguientes temas:

- Conocimiento de la filosofía del Dr. Deming
- Gráficas de Control por variables y atributos
- Diagrama de Pareto
- Diagrama de Causa-Efecto
- Histograma
- Sesión de ejercicios prácticos.

Estas herramientas son indispensables para el control de calidad y no solo se emplean en manufactura, su uso se extiende a otras divisiones como son planeación, diseño, mercado, compras y tecnología.

3) ACTITUD.- En la mayoría de los casos el obrero desea hacer un trabajo satisfactorio; sin embargo, es muy importante rodearlo del clima apropiado para que pueda realizarlo y también debe ser estimulado mediante la actitud y hechos de los supervisores.

Adicionalmente existen otros medios para promover la conciencia de calidad como son:

- Notas y dibujos en el periódico de la planta
- Colocación de carteles donde se presente cómo y por qué trabajar mejor
- Frases de atención para la calidad
- Recompensas por las ideas sugeridas para mejorar la calidad

Otros programas de motivación, además del entrenamiento y educación, son los de rotación y promoción.

Toda esta serie de conocimientos y formas de motivación deben establecerse en la industria de acuerdo a sus necesidades, siendo el área de Ingeniería Industrial la indicada para juzgar, estudiar y establecer los procesos de educación, motivación y desarrollo personal.

En resumen: un trabajo es interesante y creativo cuando la destreza y conocimiento son mejorados para tener capacidad de influir en las decisiones que lo afectan.

5.3 SELECCION DEL PROBLEMA

En toda línea de producción o proceso pueden existir errores propios del sistema, o bien causados por factores externos. Algunas de esas deficiencias afectan a otros procesos o resultados, pero hay algunos que no son significativos. Como consecuencia, en la inspección final de los productos terminados se detecta la incidencia de fallas en productos o partes del mismo.

A continuación trataremos el estudio de una parte del proceso de manufactura en la planta de camiones de una Industria Automotriz.

El proceso se elegirá en términos de su gravedad, urgencia y tendencia.

Para seleccionar el problema a analizar, es importante conocer la frecuencia de ocurrencia de las fallas así como su gravedad.

Como el estudio será efectuado a un proceso crítico, éste se elegirá en base a la teoría del 80 - 20 (referido en el capítulo 4), para eliminar el defecto que esta causando mayor problema.

Para conocer las fallas y las frecuencias que se están presentando en los acabados de camiones, se efectuó una encuesta entre clientes y talleres de servicio, esto aunado a la información del departamento de Inspección para conocer las partes del camión que presentan mayores problemas, obteniéndose el siguiente resultado:

Filtración de agua en la caseta	60 %
Sistema de ventilación	12 %
Acabado de pintura	10 %
sistema de luces	10 %
varios	8 %

Como se observa, hay una diferencia muy marcada de uno de los porcentajes, siendo fácil la elección del proceso a "atacar" primero. Cabe hacer notar que si se hubiera presentado algún defecto donde se pusiera en peligro directo la seguridad de la persona, (lógicamente aunque el porcentaje fuera bajísimo), se procedería inmediatamente a modificar o corregir el proceso. Un ejemplo de ello sería haber detectado fallas en el sistema de frenos.

En síntesis : la filtración de agua en la caseta es el problema elegido para ser estudiado y posteriormente controlado.

5.4 ANALISIS DEL PROBLEMA

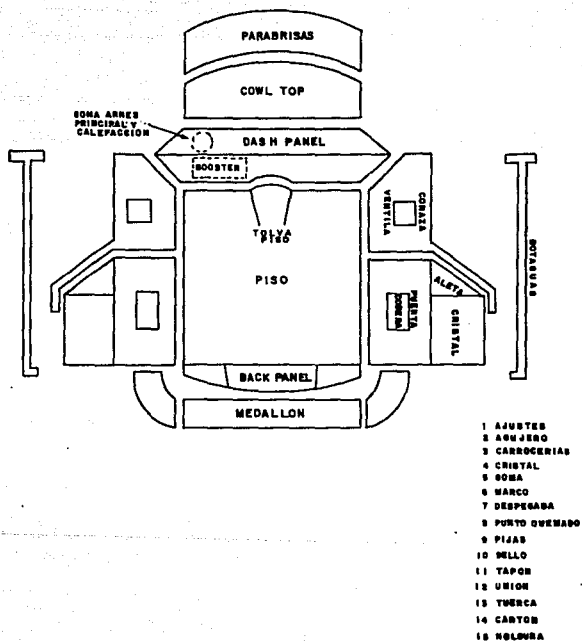
Para verificar si se presenta o no filtración de agua dentro de la caseta, se realiza una prueba a la unidad, en donde se revisa que todos los componentes estén perfectamente ensamblados.

A esta inspección se le conoce con el nombre de "pasos de agua" y es una revisión final, pues se lleva a cabo una vez que la unidad esta terminada. La prueba consiste en pasar al camión por debajo de chorros de agua con la finalidad de detectar si existen partes mal selladas o unidas, las cuales se localizarán por el agua que penetre en la caseta. En esta etapa se descubren los defectos de varios procesos por los que pasa previamente la unidad.

En la siguiente hoja (fig. 5-1) se indican las partes principales que componen la caseta de un camión, y los diferentes tipos de problemas que pueden presentarse.

Una vez establecidas las partes donde es posible la filtración y las causas que pueden provocarla, se procede a investigar de todos los elementos que forman la caseta, cuáles estan permitiendo la entrada de agua.

figura 5-1



En una forma llamada "hoja de datos generales", el personal encargado de realizar esta inspección lleva un registro de cada unidad (fig. 5-2), en donde se anota en la columna correspondiente a la parte que permitió el paso de agua, la clave de la causa (estas claves y sus conceptos se presentan en la figura 5-1). De esta manera se puede conocer qué partes se tuvieron que retrabajar y las veces que esto ocurrió.

La información necesaria para poder establecer los elementos defectuosos y sus frecuencias, se tomaron de la hoja de datos generales y se consideró suficiente la información de la última semana trabajada.

El objetivo es eliminar las causas que están provocando la filtración de agua, de éstas, se espera que la minoría sean vitales de acuerdo a la teoría del 80 - 20. Para conocer las partes defectuosas, se procedió a ordenar por su frecuencia en forma descendente la información de la hoja de datos generales a partir del periodo del 25 al 31 de mayo de 1985, elaborándose un diagrama de Pareto con la finalidad de tener la información más ordenada e ilustrar gráficamente los errores por medio de barras.

Al obtener el porcentaje acumulado se detecta en forma más clara y rápida qué errores son los que afectan más y qué porcentaje de error se eliminaría al corregir alguna de las partes. Lo más

figura 5-2

HOJA DE DATOS GENERALES

OIA 25 MES Mayo AÑO 85
 HOJA 1 de 2

NUM. CAMION	DASH PANEL	VENTILAS IZQUIERDO	VENTILA DERECHO	BOTAGUAS IZQUIERDO	BOTAGUAS DERECHO	MEDALLON	TAPA DE PUERTA	TOLVA PIBO PALANCA VEL.	ALETAS	BASE BOOSTER A SOPORTE	GOMA ARNES PRINC. Y CALEF.	SELLADO DE CORNETAS	TUERCAS SIN SELLAR	PARABRISA (SELLADO)	GOMA PUERTA	BACK PANEL	UNION CORAZA DASH PANEL	ESQ. INT. SUPERIOR	COWL TOP	AJUSTE PUERTAS	TOLVA COLUMNA DIREC.	CEÑO OBTIC-103
D-3020																						X
D-3021							7															X
C-3022	7																					
C-3023	7							15						7								
C-3024													7									
C-3025																						X
C-3026																						X
C-3027																						X
D-3028																						X
D-3029																						X
D-3030			8													8					1	


 OPERADOR


 SUPERVISOR

figura 5-2

HOJA DE DATOS GENERALES

HOJA 1 de 2
 DIA 25 MES mayo AÑO 85

DEFECTOS NUM. CAMION	DASH PANEL	VENTILAS IZQUIERDO	VENTILA DERECHO	BOTAGUAS IZQUIERDO	BOTAGUAS DERECHO	MEDALLON	TAPA DE PUERTA	TOLVA PISO PALANCA VEL.	ALETAS	BASE BOOSTER A SOPORTE	GOMA ARNES PRINC. Y CALEF.	SELLADO DE CORNETAS	TUERCAS SIN SELLAR	PARABRISA (SELLADO)	GOMA PUERTA	BACK PANEL	UNION CORAZA DASH PANEL	ESQ. INT. SUPERIOR	COWL TOP	AJUSTE PUERTAS	TOLVA COLUMNA DIREC.	CEÑO DIREC. TOP
D-3020																						X
D-3021							7															X
C-3022	7																					
C-3023	7							15					7	7								
C-3024													7									
C-3025																						X
C-3026																						X
C-3027																						X
D-3028																						X
D-3029																						X
D-3030									8						8						1	

OPERADOR

SUPERVISOR

común es tratar de corregir la actividad que presente una mayor frecuencia de errores, pero en ocasiones hay actividades mas importantes que aunque no sean las de mayor incidencia se tienen que corregir primero, ya sea por el costo, seguridad o por la forma en que afecta al producto.

En la fig. 5-3 se presenta el diagrama de Pareto en donde se listan las partes que han observado un mayor número de defectos.

Como se vé, en el diagrama de Pareto obtenido, corrigiendo las dos primeras fallas se eliminaria el 36% del problema.

Estos diez procesos presentados en el diagrama no son los únicos, sino los que tuvieron una mayor frecuencia.

Como segundo lugar, se tiene el problema de filtración por el parabrisas, su reproceso es muy costoso, ya que en el mal sellado o durante la reparación se corre el riesgo de que se fracture el parabrisas, perdiéndose la pieza.

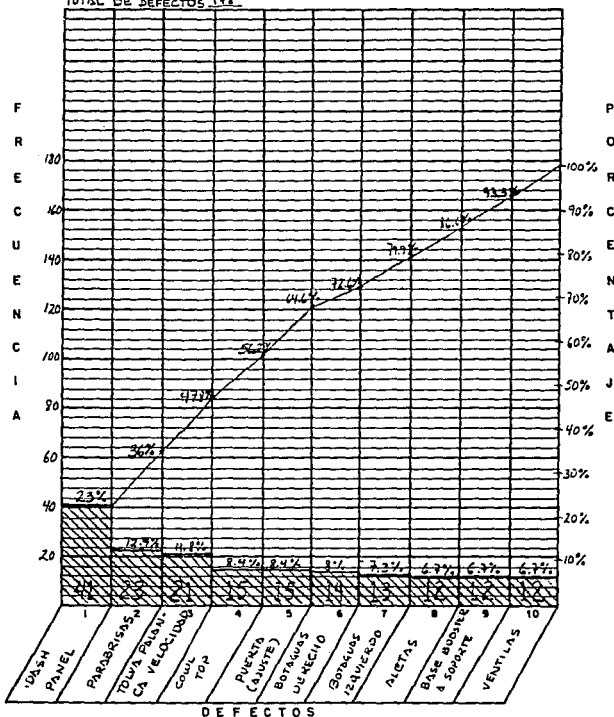
Con la información obtenida de la gráfica de Pareto se tomó la decisión de llevar un Control Estadístico de Calidad en el proceso de "Sellado de parabrisas", para localizar las causas que estan provocando el paso de agua y la ruptura de parabrisas.

figura 5-3

DIAGRAMA DE PARETO

Fecha del 25 de mayo al 31 de mayo de 19 85
 DEPTO: GARAGE FREC: 1 muestra diaria
 DESCRIPCION DEL PROBLEMA Prueba de pasos de agua

UNIDADES INSPECCIONADAS 420
 UNIDADES DEFECTUOSAS 128 % UNIDADES DEFECTUOSAS 29.8%
 TOTAL DE DEFECTOS 138



Para el prensado de parabrisas se utilizó la gráfica de control por variables ($\bar{X} - R$), debido a que se tiene una especificación establecida por Ingeniería de diseño, pues el proceso es crítico.

También se procedió a controlar la inspección de pasos de agua para conocer la tendencia de los problemas, buscando y proponiendo soluciones para eliminarlos.

Para la inspección de pasos de agua se utilizó la gráfica por atributos P (porcentaje de muestra promedio), ya que la información requerida es conocer el número de unidades defectuosas dentro de una muestra variable.

5.5 RECOPIACION DE DATOS Y ELABORACION DE GRAFICAS

El diagrama de Pareto (fig. 5-3) abarca la colección de información de la semana del 25 al 31 de mayo de 1985.

Cabe hacer notar que: La recopilación de datos para la elaboración de las gráficas por variables y atributos para controlar el proceso de Sellado de parabrisas y la inspección de pasos de agua respectivamente, se inició a partir del 3 de junio de 1985 (siguiente semana).

De esta forma se pretende demostrar que la aplicación indistinta de una u otra gráfica, nos permite mantener bajo control de calidad cualquier proceso productivo.

5.5.1 RECOPIACION DE DATOS DEL SELLADO DE PARABRISAS

La obtención de datos y la elaboración de la gráfica de control para prensado de parabrisas se llevó a cabo en el Departamento de Vestidura, lugar donde se realiza este proceso.

El prensado de parabrisas es ejecutado por dos personas, encargándose una del lado derecho y la otra del izquierdo.

A continuación se indican las acciones que suceden durante este proceso:

1.- A lo largo de la ceja de carrocería, donde va a ir el parabrisas, se coloca un pegamento llamado butilo.

2.- Se coloca el parabrisas presionando contra la ceja y el butilo, de tal forma que la distancia que exista entre ceja y parabrisas, cumpla con la especificación de .200 pulg \pm .060 pulg, esto es, la distancia entre ceja y parabrisas debe caer dentro del rango de .140 pulg a .260 pulg. En base a una serie de estudios y a la experiencia, esta especificación fue establecida por el departamento de Ingeniería de Diseño.

Para obtener la distancia entre ceja y parabrisas se utiliza un calibrador, siendo muy importante que la persona que efectúe las mediciones, sepa el lugar exacto donde debe colocar dicho aparato (ver fig. 5-4 parte inferior).

4.- Posteriormente se pone un sello que cubre las orillas del parabrisas, para después colocar la moldura.

En la parte superior de la fig. 5-4, se presenta en detalle los elementos que componen el proceso de sellado.

Debido a que el sellado se realiza alrededor de todo el parabrisas, se escogieron siete puntos críticos, esto con objeto de observarlos a través de la gráfica(ver fig. 5-5).

De acuerdo a lo anterior cada muestra va a estar formada por las mediciones de los siete puntos críticos, es decir, las mediciones de un parabrisas forman una muestra.

Los puntos se numeraron para poder determinar en forma exacta cuales de ellos presentan problemas por no cumplir con las especificaciones, esto puede ser observado en la parte superior de la gráfica 5-1 en sentido vertical.

En cuanto a la frecuencia de obtención de muestras, se determinó como aceptable dos muestreos al día (al inicio e intermedio de labores).

figura 5-4

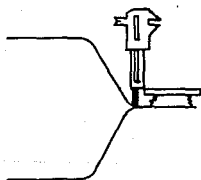
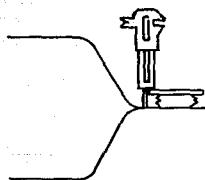
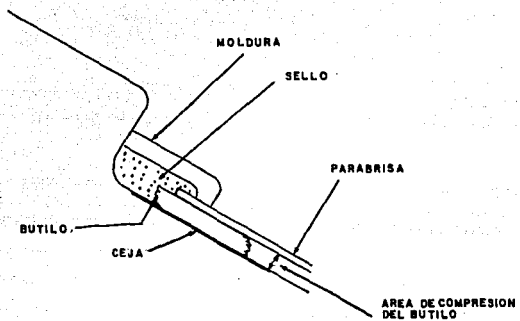
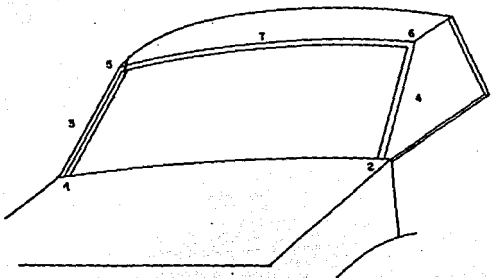


figura 5-5



5.5.2 RECOPIACION DE DATOS DE LA INSPECCION DE PASOS DE AGUA

La recopilación de datos y la elaboración de la gráfica de control por atributos para la inspección de pasos de agua, se llevó a cabo en el Departamento de Garage, con un tamaño de muestra variable, pues cambiaba de acuerdo al número de camiones producidos en un día. No se utilizó ningún aparato de medición, pues lo único que interesaba registrar aquí, era si una unidad (camión) le entraba o no agua (sistema pasa - no pasa) .

5.5.3 ELABORACION DE GRAFICAS PARA EL SELLADO DE PARABRISAS

"El objetivo del muestreo estadístico es detectar cambios en la población a partir de la evidencia que proporcionan las muestras, para posteriormente tratar de que esos cambios sean temporales".*

Una vez obtenidas las 25 muestras representativas del proceso, se procede a calcular los rangos y medias de las muestras, promedios y límites de ambas gráficas y de acuerdo a la escala seleccionada se grafican los datos y límites. Todo esto está referido en los capítulos 2 y 3 para cada tipo de gráfica.

Con el fin de detectar rápidamente las medidas fuera de especificación, éstas fueron marcadas.

De lo anterior se llegó al resultado de la gráfica 5-1.

* Control de Calidad. Richard C. Vaughn. Pág. 90

gráfica 5-1

GRAFICA DE CONTROL POR VARIABLES \bar{X} -R

DEPTO.	Vestidura
OPERACION	Sellado
PIEZA	ravonias
CARACT. MEDIDA	Sellado de Parabrisas

Fecha del 3 de Junio al 19 de Junio de 1985

TAMAÑO DE CADA MUESTRA: 7 FREC: 2 por día

ESPECIFICACION: 200 ± 0.60 LIE = .140 LSE = .260

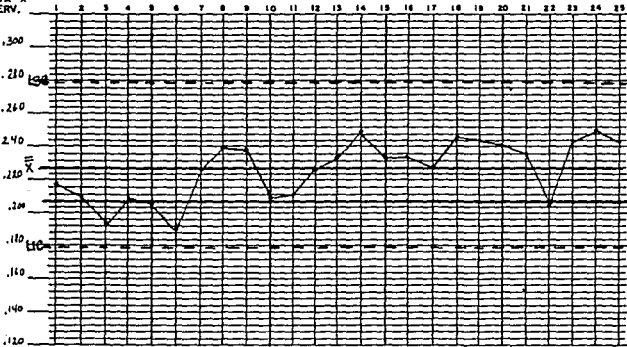
$\bar{X} = 0.227$ LIC = 0.177 LSC = 0.277

$R = 0.118$ LIC = 0.009 LSC = 0.227

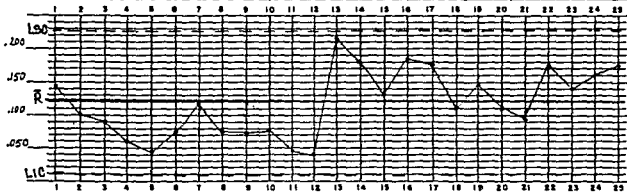
No. MUESTRA PIEZA ELEN.	HABILIDAD =																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	200	222	180	220	216	191	180	190	244	217	235	210	180	200	177	191	197	247	247	254	254	220	180	180	210	180	180	180
2	200	222	222	222	222	222	220	220	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
3	180	222	180	180	180	180	180	180	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
4	170	180	180	180	180	180	180	180	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
5	210	210	230	230	225	205	241	210	220	257	235	25	258	232	270	255	225	225	225	225	225	225	210	210	210	210	210	210
6	232	220	215	225	215	245	190	240	180	190	220	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
7	230	218	210	180	180	225	207	235	212	240	235	217	220	215	205	165	227	245	240	225	215	210	242	240	240	240	240	240
SUMA	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440
\bar{X}	214	206	194	210	206	191	207	191	207	207	212	214	205	217	205	211	217	249	240	225	215	210	242	240	240	240	240	240
R	145	104	110	160	116	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117

PONER UNA "X" PARA OBSERV.

PROMEDIOS



RANGOS



NOTA: Marque en las graficas los promedios y rangos mayores a los limites de control.

5.5.4 ELABORACION DE LA GRAFICA PARA LA PRUEBA DE PASOS DE AGUA

La gráfica de control por atributos es mas rápida y sencilla de obtener, ya que son menos cálculos a efectuar.

Tanto en la forma para la gráfica de control por variables como la de atributos, se cuenta con lo necesario para poder obtener y calcular todos los elementos que forman las gráficas.

En la gráfica 5-2 se presenta la gráfica de control por atributos, que es el resultado de las 25 muestras tomadas del proceso.

5.6 INTERPRETACION DE GRAFICAS

Para evitar que se sigan efectuando retrabajos de las partes mal fabricadas, la interpretación debe efectuarse inmediatamente después de haber elaborado una gráfica.

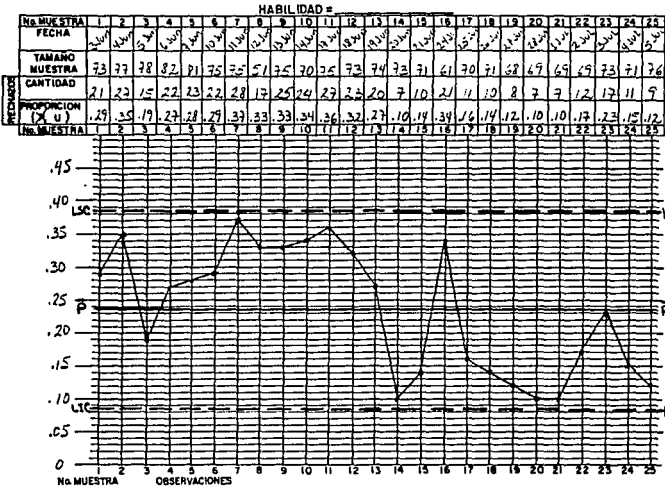
El objetivo principal del análisis es detectar si el proceso se encuentra dentro de control, es decir, si no tienen causas especiales de variación y también la obtención de su habilidad para conocer si cumple con las especificaciones establecidas por Ingeniería de Diseño.

GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Fecha del 3 Junio al 5 Julio de 19 85

DEPTO. <u>GARAGE</u>	P <input checked="" type="checkbox"/> np <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
OPERACION <u>PASOS DE AGUA</u>	TAMAÑO MUESTRA PROM <u>32</u> FRECUENCIA MUESTRA <u>AL DIA</u>
PIEZA <u>Camión</u>	

PROM 0.236 LSC 0.386 LIC 0.086



- 12. Se inicia la verificación 100% trabajos en Dash antes de prueba.
- 13. Se comienza el control de ajuste de puertas en Depto Garage.
- 13. Se incrementa la cantidad de plastilina para sellar la tibia de palanca de velocidad.
- 16. Cambio de herramienta por error en la operación de sellado.
- 16. Soldadura incorrecta en Colul top (Depto. Carrocería).
- 17. se corrigieron errores del día anterior (muestra 16)

P Tamaño variable	np Tamaño constante	C Tamaño constante	U Tamaño variable
$P = \frac{np}{n}$ fracción defectuosa	$np = \text{unidades defectuosas}$	$C = \text{súm. de defectos}$	$U = \frac{C}{n}$ defectos por unidad
$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{n}$	$\bar{np} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{n}$	$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n}$	$\bar{U} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n}$
$LSC_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$LSC_{np} = \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$	$LSC_C = \bar{C} + 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LSC_U = \bar{U} + 3 \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$
$LIC_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$LIC_{np} = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$	$LIC_C = \bar{C} - 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LIC_U = \bar{U} - 3 \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$

Según quedó establecido en el capítulo 2, es necesario seguir un orden para interpretar tanto la gráfica de variables como la de atributos.

"Una virtud importante de las gráficas de control es que avisan, dentro de ciertos límites, cuando hay que buscar la causa de variación. Siempre es útil saber cuándo hay que actuar; sin embargo, en muchas ocasiones, existe una gran diferencia entre decidir que es preciso buscar una causa de variación y, descubrirla y corregirla. En este hecho se basa la afirmación de H. F. Dodge, frecuentemente citada, que dice: El control estadístico de calidad es un 90% técnico y un 10% estadística. Por analogía, puede pensarse en el empleo de las gráficas de control para la eliminación de causas de variación como en una cadena de diez eslabones. Uno de ellos es el eslabón estadístico y los otros nueve son los eslabones técnicos. Desde el punto de vista de la resistencia de la cadena, tan importante es un fallo en el eslabón estadístico, como en cualquiera de los nueve eslabones técnicos".

5.6.1 INTERPRETACION DE LA GRAFICA POR VARIABLES DEL SELLADO DE PARABRISAS

Por principio no se tuvo ningún punto sobre o fuera de los límites, siendo esto un buen síntoma.

* Control Estadístico de Calidad. Eugene L. Grant. Pág. 96

Para verificar si se presentaba adhesión al centro o extremos, se dividieron en tres partes iguales las gráficas de rangos y promedios (ver gráfica 5-3), obteniéndose los siguientes porcentajes de muestras graficadas en cada tercio :

	GRAFICA DE PROMEDIOS	GRAFICA DE RANGOS
tercio superior	8 %	28 %
tercio medio	60 %	40 %
tercio inferior	32 %	32 %

De lo anterior se concluye la inexistencia de adhesión en ambas gráficas.

Referente a la existencia de series, únicamente se encontró una corrida en la gráfica de promedios, abajo de la línea de promedio de promedios, esta corrida se compone de la muestra 1 a la 7, pero debido a que era el inicio del estudio del proceso, la corrida no pudo ser analizada en el momento en que ocurría, ya que se desconocía el valor de medias y límites, aunque el comportamiento de las siguientes muestras a partir de la 8 se puede considerar aceptable.

Hasta el momento el proceso de sellado de parabrisas se encuentra dentro de control, pero estos límites no pueden considerarse los históricos, ya que aunque el proceso carezca de causas especiales, puede que sea tanta la variación de las causas comunes que no cumpla el proceso con las especificaciones de Ingeniería ($.200" \pm .060"$). Por lo tanto, y como siguiente paso se procede a calcular la habilidad del proceso.

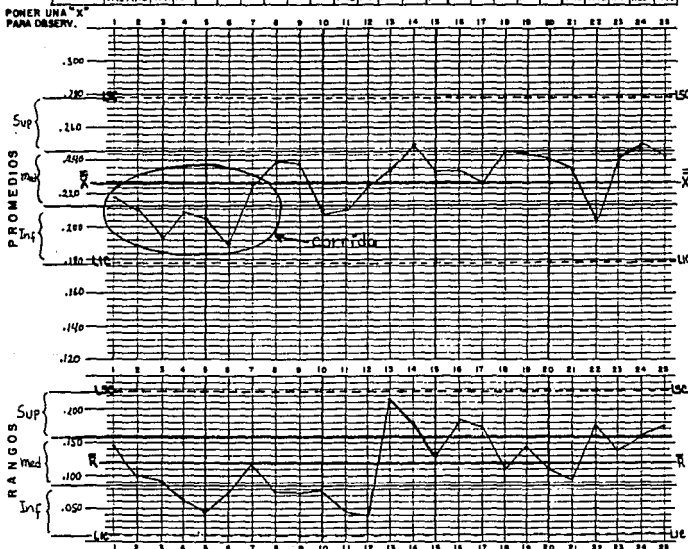
GRAFICA DE CONTROL POR VARIABLES \bar{X} -R

Fecha del 3 de Junio al 19 de Junio de 1955

DEPTO. Vestidura
 OPERACION Sellado
 PIEZA camión
 CARACT. MEDIDA Sellado de Parabrisa

TAMAÑO DE CADA MUESTRA: 7
 FREC. 2 por día
 ESPECIFICACION: LIE = .140" LSE = .260"
 $\bar{X} = 0.227"$ LIC₁ = 0.177 LIC₂ = 0.277
 $R = 0.112"$ LIC₁ = 0.009 LIC₂ = 0.227
 HABILIDAD 75.01%

INSTRUMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
FECHA	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	
ELAB.	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	
1	200	172	190	220	216	170	180	190	200	217	235	210	180	109	198	170	140	215	195	200	180	150	120	170	150	170
2	140	140	120	115	125	135	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	
3	150	163	160	190	180	168	195	218	160	180	190	210	340	155	110	155	165	210	177	210	280	175	240	215	240	
4	130	201	170	200	171	150	165	210	125	180	200	140	140	215	180	210	180	200	110	110	210	160	170	210	170	
5	216	213	230	230	225	205	170	210	220	250	235	250	270	280	300	315	250	315	315	210	210	315	310	310	310	
6	232	210	215	215	215	190	245	190	180	190	210	210	163	210	290	170	220	250	280	215	210	170	230	210	210	
7	110	218	210	170	170	235	188	235	262	290	235	210	210	215	215	165	210	210	215	215	210	210	210	210	210	
SUMA	1530	1485	1485	1555	1440	1410	1560	1530	1680	1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	
\bar{X}	219	212	214	222	220	216	221	205	237	206	232	234	235	244	235	234	221	244	244	214	214	244	240	243	243	
R	85	70	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	



NOTA: Marque en las graficas los promedios y rangos mayores a los limites de control.

Cálculo de la habilidad .

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d} = \frac{0.118}{2.704} = 0.0437$$

$$LIE = 0.140$$

$$LSE = 0.260$$

$$Z_1 = \frac{\bar{X} - LIE}{\hat{\sigma}} = \frac{0.227 - 0.140}{0.0437} = 1.991$$

$$Z_2 = \frac{LSE - \bar{X}}{\hat{\sigma}} = \frac{0.260 - 0.227}{0.0437} = 0.755$$

De la tabla de distribución normal :

$$P_{z_1} = 0.0233$$

$$P_{z_2} = 0.2266$$

$$P_{z \text{ tot}} = P_{z_1} + P_{z_2} = 0.0233 + 0.2266 = 0.2499$$

$$\text{Porcentaje de piezas defectuosas} = 24.99 \%$$

$$\text{Habilidad} = 75.01 \%$$

La habilidad obtenida es muy baja, pues de cada 100 piezas existe la probabilidad de que el 24.99% estén fuera de especificación, por lo tanto, se debe investigar donde se encuentra la falla o fallas en el método del sellado del parabrisa.

5.6.2 INTERPRETACION DE LA GRAFICA POR ATRIBUTOS DE LA INSPECCION DE PASOS DE AGUA

La interpretación de esta gráfica se efectúa en forma similar a la anterior.

Aquí es importante notar que la octava muestra es el 71% del tamaño promedio, pero como no se encuentra cerca del límite de control, no se establecieron límites específicos para esa muestra en particular (límites de control variables mencionados en el capítulo 3).

A primera vista el proceso se encuentra dentro de control, ya que no existen puntos fuera de los límites.

Nunca debe olvidarse verificar si existe adhesión y/o series, pues si existiera una serie por debajo de la línea central, y esto fuera benéfico para el proceso, debe analizarse la causa por la cual esta reaccionando de esa manera y adoptarla para favorecerlo.

Para detectar si se presentaba adhesión en alguno de los tercios (ver gráfica 5-4), esta gráfica se dividió también en tres partes iguales, siendo el resultado negativo, pues los porcentajes de muestras graficadas en cada tercio fueron los siguientes:

tercio superior	40 %
tercio medio	20 %
tercio inferior	40 %

GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS

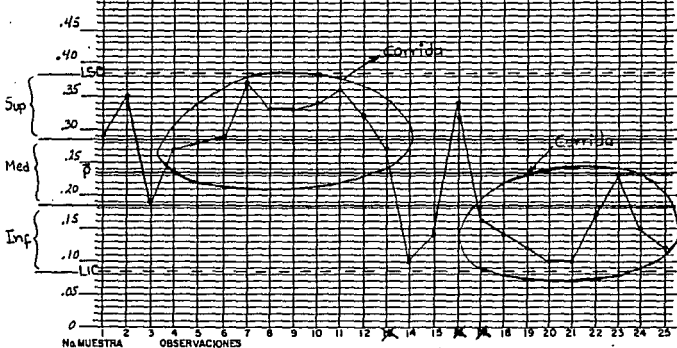
Fecha del 3 Junio al 5 Julio de 1955

DEPTO. GARAGE	P <input checked="" type="checkbox"/> np <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
OPERACION PASOS DE AGUA	TAMANO MUESTRA PROM 32 FREC. MUESTREO
PIEZA camion	al día

PROM 0.236 LSC 0.386 LIC 0.086

HABILIDAD = 76.4%

No. MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
FECHA	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6	3/6
TAMANO MUESTRA	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
CANTIDAD	21	27	15	22	23	22	28	17	25	24	23	23	20	7	10	21	11	10	8	7	7	12	17	11	9
PROPORCION (X U)	.29	.35	.19	.27	.28	.29	.37	.33	.33	.34	.36	.32	.27	.10	.14	.34	.16	.19	.12	.10	.10	.17	.23	.15	.12
No. MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25



- 13 Se inicia la verificación al 100% trabajos en Dash antes de prueba
- 13 Se comienza el control de ajuste de puertas en cabina de Garage
- 13 Se incrementa la cantidad de plastilina para sellar la tolva de palanca de velocidad
- 16 cambio de herramienta por error en la operación de ventilas
- 16 Soldadura incorrecta en conul. tap (Depto. Carrocera)
- 17 se corrigieron errores del día anterior (muestra 6)

P Tamaño variable	np Tamaño constante	C Tamaño constante	U Tamaño variable
$P = \frac{np}{n}$ fracción defectuosa	$np = \text{unidades defectuosas}$	$C = \text{núm. de defectos}$	$U = \frac{C}{n}$ defectos por unidad
$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{n}$	$\bar{np} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{n}$	$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n}$	$\bar{U} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n}$
$LSC_p = \bar{p} + 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{n}$	$LSC_{np} = \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$	$LSC_C = \bar{C} + 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LSC_U = \bar{U} + 3 \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$
$LIC_p = \bar{p} - 3 \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{n}$	$LIC_{np} = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$	$LIC_C = \bar{C} - 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LIC_U = \bar{U} - 3 \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$

En cuanto a la existencia de series, se observaron dos corridas en la gráfica, la primera, arriba del promedio abarcando de la muestra 4 a la 13 (10 puntos en total), la segunda, abajo del promedio, extendiéndose de la muestra 17 a la 25 (9 puntos en total), ver gráfica 5-4.

En este tipo de gráfica, una corrida arriba del promedio indica mayor número de errores. Se observa en los primeros 12 puntos de la gráfica, una mayor incidencia de errores y a partir del punto 13 se detecta una notable mejoría, esto se debió a que se efectuaron cambios significativos a partir de la muestra 13.

Los cambios efectuados fueron los siguientes :

1.- Antes de pasar a la prueba de pasos de agua, se verificaron al 100% los trabajos en dash, para que no se presentaran problemas en esta parte. De acuerdo al diagrama de Pareto (fig. 5-3) este proceso era el más problemático.

2.- Se llevó a cabo el control de ajuste de puertas en el departamento de Garage; mediante la prueba de listón para verificar el buen sellado de las gomas.

3.- Se incrementó la cantidad de "plastilina" para sellar la tolva de palanca de velocidad, área que históricamente resultaba crítica.

Estas modificaciones al ser mencionadas en la gráfica, permiten ver la importancia de anotar siempre las causas que provocan anomalías, mejoras, y cambios, pues de esta manera no es necesario recurrir a otro documento para conocer el por qué de la tendencia del proceso.

La muestra 16 tuvo un incremento "anormal" comparándola con los puntos siguientes, cuya anomalía también se explica en la gráfica, y se debió a que en la parte de operación de ventilas se cambió por error la herramienta, y en el departamento de carrocería no se efectuó en forma correcta la soldadura en el cowl side, provocando paso de agua. Ambos errores fueron corregidos inmediatamente, reflejándose en resultados de muestras posteriores.

Siguiendo la secuencia de estudio de la gráfica, se analiza como siguiente paso si el proceso es hábil. En este tipo de gráfica no se tiene una especificación, pero si se puede saber que porcentaje de piezas son correctas, mediante el promedio del proceso \bar{p} .

$$\text{HABILIDAD} = 1 - \bar{p}$$

$$\text{Habilidad} = 1 - .236 = 0.764$$

$$\text{Habilidad} = 76.4 \%$$

Como se observa, aunque el proceso esta trabajando "normalmente", se tiene un alto porcentaje de errores, por lo que algo debe hacerse para mejorar la situación, cuya solución generalmente no esta en manos del obrero y supervisor, sino del departamento de sistemas.

5.7 GENERACION E IMPLANTACION DE ACCIONES CORRECTIVAS

La primera gráfica obtenida, tanto del sellado de parabrisas como de pasos de agua, muestran una producción deficiente, presentándose el 25% de productos defectuosos aproximadamente.

Gracias al uso de estas gráficas, se pudo conocer que tipo de causas provocaron ese alto porcentaje de errores. Desde un inicio del estudio se tuvo la ventaja de contar con procesos controlados, pues ningún punto salió de los límites, ni hubo adhesiones o tendencias que afectaran al producto. Por lo tanto, no fue necesario investigar y corregir causas especiales, ni eliminar o modificar puntos y límites.

Una vez efectuado el análisis de cada una de las gráficas se procede a investigar los elementos del proceso que estan afectando al producto.

Aquí es necesario recalcar que las acciones correctivas deben eliminar la causa fundamental para impedir que los errores se repitan.

Se debe tener cuidado de no eliminar únicamente el síntoma, ya que esto es solamente una medida temporal; en vez de esto se debe tomar una medida preventiva, aunque se lleve mas tiempo.

Se ha hecho referencia que para mejorar la habilidad se requiere de la intervención de personal especializado que realice en forma detallada un análisis de todos los pasos que forman el proceso y así detectar que partes son deficientes y dentro de estas, cuales hay que mejorar o eliminar, o bien, si el proceso se considera incompleto, introducir en el lugar adecuado la parte faltante.

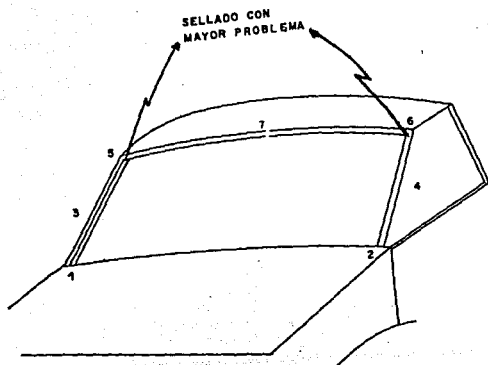
El análisis de la gráfica 5-3 de prensado de parabrisas, se realizó quince días antes de que se terminara la recopilación de datos para obtener la gráfica de la inspección de pasos de agua, esto se debió a que se tomaban dos muestras al día en vez de una.

En los siguientes puntos se menciona en forma resumida cada proceso en estudio y qué acciones se tomaron para aumentar el rendimiento de los mismos.

5.7.1 SELLADO DE PARABRISAS

Si observamos la gráfica 5-3 que controla este proceso, los elementos 5 y 6 de las muestras tienen el mayor porcentaje de mediciones fuera de especificación, estos elementos corresponden a las esquinas superiores del parabrisas (ver fig. 5-6).

figura 5-6



Con esta información se procedió a investigar en que condiciones se estaba recibiendo la ceja de la carrocería, detectándose que la ceja se estaba fabricando ondulada, pero se acentuaba más en los puntos 5 y 6 ocasionando lo anterior además de malas lecturas, un deficiente sellado, exponiendo con ello al parabrisas a una ruptura.

Como medida para corregir la falla se informó al departamento de carrocería el efecto que producía la ceja ondulada durante el sellado del parabrisas, mencionándoles que los extremos superiores eran los más críticos de acuerdo con la información proporcionada por la gráfica.

El departamento de carrocería realizó el estudio y correcciones necesarias para eliminar las irregularidades en la ceja de forma definitiva.

Con el objeto de conocer si a la fecha había bajado el porcentaje de error en el sellado de parabrisas, se volvió a hacer uso del diagrama de Pareto, el cual se obtuvo con información del departamento de inspección, abarcando del 24 de junio al 10 de julio (ver figura 5-7).

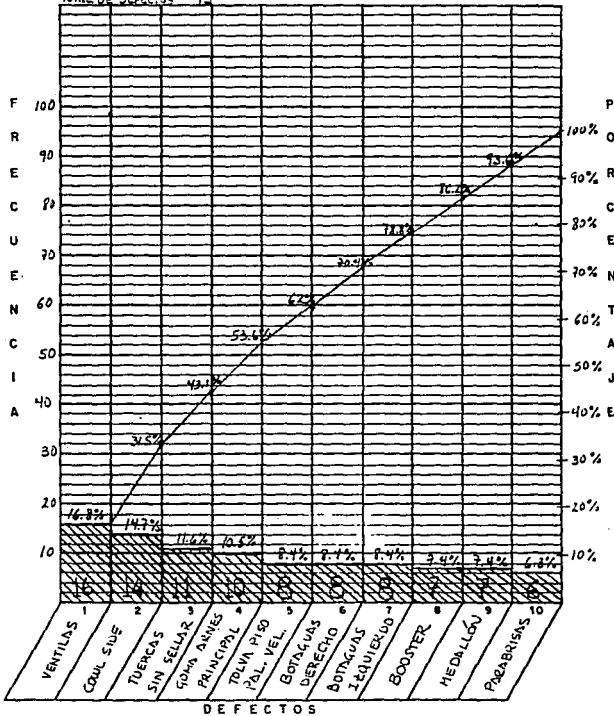
Como se observa en el diagrama el porcentaje de unidades defectuosas es aproximadamente menor en un 14% en comparación con el primer diagrama obtenido. Esto mismo se puede comprobar en la

figura 5-7

DIAGRAMA DE PARETO

Fecha del 24 Junio al 1 Julio de 1985
 DEPTO: GRANJE FREC: 1 muestra diaria
 DESCRIPCION DEL PROBLEMA: Prueba de casas de agua

UNIDADES INSPECCIONADAS 415
 UNIDADES DEFECTUOSAS 65 % UNIDADES DEFECTUOSAS 15.7%
 TOTAL DE DEFECTOS 75



gráfica 5-4 de pasos de agua, donde se tiene una reducción de errores de la muestra 16 a la 21, que corresponden a los días del 24 al 10. de julio.

Particularizando se tiene también una disminución en cuanto a porcentaje de errores en parabrisas; en el primer diagrama, se obtuvo un 12.9% de error, bajando en el segundo a 6.3%. Esta baja es reflejo de la mejor calidad con que se está produciendo la ceja en el departamento de carrocería.

5.7.2 PASOS DE AGUA

Al ser la prueba de pasos de agua una inspección final, intervienen varios procesos previos; hasta el momento se han obtenido dos diagramas de Pareto para conocer que partes de la caseta permiten el paso de agua y sus frecuencias.

Si se comparan los dos diagramas (fig. 5-3 y fig. 5-7) se observará una disminución de 178 a 95 errores, esto debido a las modificaciones y mejor control de las partes que presentaban grandes problemas.

Estos cambios se mencionan en la gráfica por atributos. Véase gráfica 5-4, muestra 13.

La tercera parte de la misma gráfica 5-4, muestra una disminución de errores, por lo que se consideró conveniente volver a tomar 25 muestras, las cuales si siguen la misma tendencia que las últimas muestras, seguramente la habilidad será aceptable.

5.8 EVALUACION DE ACCIONES CORRECTIVAS

Como se sabe, para poder evaluar las medidas establecidas fue necesario volver a tomar muestras de los procesos, obteniéndose las gráficas 5-5 para sellado de parabrisas y 5-6 en la prueba de pasos de agua.

5.8.1 EVALUACION DE SELLADO DE PARABRISAS

La gráfica 5-5 esta formada por muestras tomadas a partir del 10. al 17 de julio, y su tamaño y frecuencia fueron los mismos que en la gráfica anterior.

El análisis previamente efectuado (gráfica 5-3) y su solución no fueron muy complejos, debido a que se presentó únicamente una anomalía en el sistema a causa de una mala recepción en el material de trabajo recibido de otro departamento.

gráfica 5-5

GRAFICA DE CONTROL POR VARIABLES \bar{X} -R

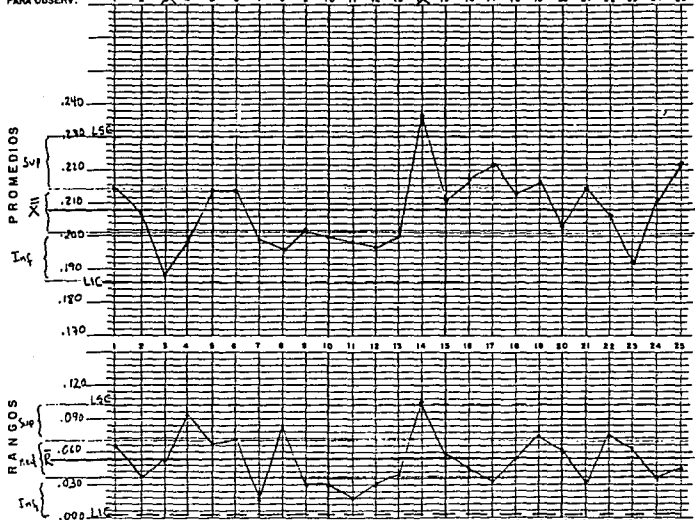
DEPTO. <u>Vestibura</u>
OPERACION <u>Sellado</u>
PIEZA <u>camion</u>
CARACT. MEDIDA <u>Sellado de pasabrisas</u>

Fecha del 1o Julio al 17 Julio de 19 85

TAMARO DE CADA MUESTRA: <u>7</u>	FREC: <u>2 por día</u>
ESPECIFICACION: <u>.200 ± .010</u>	LIE = <u>.140</u> LSE = <u>.260</u>
\bar{X} = <u>.207</u>	LIC = <u>.186</u> LSC = <u>.23</u>
R = <u>.053</u>	LIC = <u>.004</u> LSC = <u>.102</u>

No. MUESTRA FECHA ELEM.	HABILIDAD																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
1	.215	.217	.198	.190	.215	.219	.219	.140	.192	.195	.190	.185	.184	.135	.123	.170	.205	.220	.210	.215	.223	.225	.161	.190	.216			
2	.210	.210	.150	.148	.185	.182	.205	.205	.195	.200	.202	.205	.208	.210	.285	.205	.220	.185	.185	.185	.220	.210	.200	.215	.225			
3	.257	.225	.205	.185	.190	.205	.200	.192	.195	.201	.195	.210	.190	.255	.230	.235	.225	.185	.195	.195	.205	.198	.175	.205	.230			
4	.204	.189	.192	.280	.255	.171	.200	.200	.210	.190	.192	.205	.205	.230	.224	.224	.220	.240	.280	.231	.228	.184	.164	.219	.249			
5	.230	.206	.160	.136	.122	.200	.210	.205	.215	.195	.209	.180	.185	.215	.195	.215	.210	.210	.220	.230	.235	.193	.210	.215	.200			
6	.195	.205	.209	.219	.262	.215	.205	.200	.210	.210	.192	.203	.220	.250	.230	.235	.220	.230	.215	.220	.230	.235	.205	.209	.215	.216		
7	.190	.230	.224	.203	.250	.185	.205	.223	.200	.210	.232	.170	.192	.210	.215	.235	.235	.235	.235	.231	.190	.210	.220	.223	.205	.214		
SUMA	.150	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144	.144			
\bar{X}	.215	.207	.194	.199	.214	.214	.214	.197	.196	.200	.200	.198	.192	.200	.237	.211	.211	.212	.212	.219	.203	.215	.206	.211	.216			
R	.067	.034	.055	.072	.067	.073	.073	.023	.038	.030	.018	.034	.040	.105	.070	.045	.082	.055	.075	.060	.031	.075	.042	.037	.040			

PONER UNA "X" PARA OBSERV.



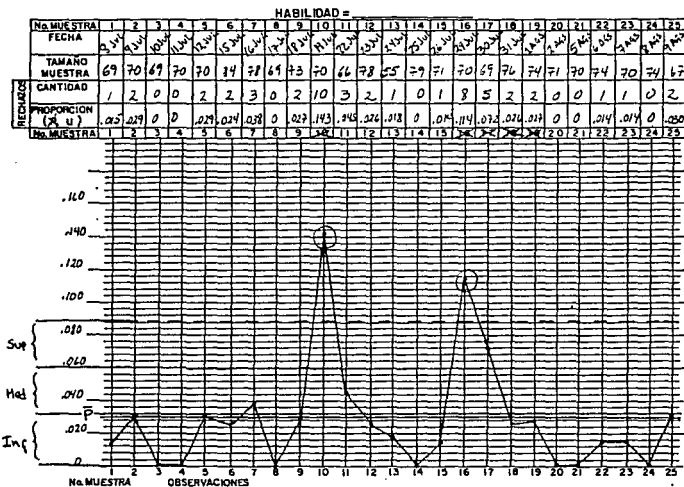
NOTA: Marque en los graficos los promedios y rangos mayores a los limites de control.

gráfica 5-6

GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS

DEPTO. Garage Fecha del 8 Julio al 9 Agosto de 1975
 OPERACION Pasos de agua P np c u
 PIEZA camion TAMAÑO MUESTRA PROM 21.0 FREC. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
o.c.c.

PROM .018 LSC .017 LIC 0



10 mal sellado en unión de coraza y cowl side (Departa-
mente de pintura)
1647 Cambio de cinta de cartón de puerta de importada a
local
1849 Cambio de cinta de cartón de puerta de local a
importada

P Tamaño variable	np Tamaño constante	C Tamaño constante	u Tamaño variable
$P = \frac{np}{n}$ fracción defectuosos	$np = \text{unidades defectuosas}$	$C = \text{núm. de defectos}$	$u = \frac{C}{n} - \text{defectos por unidad}$
$\bar{P} = \frac{\sum np_i}{n \cdot \sum n_i}$	$\bar{np} = \frac{\sum np_i \cdot n_i}{\sum n_i}$	$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_k}{k}$	$\bar{u} = \frac{C_1/n_1 + C_2/n_2 + \dots + C_k/n_k}{k}$
$LSC_p = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$	$LSC_{np} = \bar{np} + 3 \sqrt{\frac{\bar{np}(1-\bar{P})}{n}}$	$LSC_c = \bar{C} + 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LSC_u = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
$LIC_p = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$	$LIC_{np} = \bar{np} - 3 \sqrt{\frac{\bar{np}(1-\bar{P})}{n}}$	$LIC_c = \bar{C} - 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LIC_u = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

De la gráfica 5-5 obtenida una vez implantadas las acciones correctivas, se observa a primera vista una estabilidad bastante favorable en el proceso, lo cual se detecta sobre todo en la gráfica de rangos. Durante el desarrollo de la interpretación del análisis de la gráfica se obtuvo un proceso controlado, no presentándose adhesión ni series en ambas gráficas. El porcentaje de muestras que se encontraron en cada tercio fue el siguiente:

	gráfica de promedios	gráfica de rangos
tercio superior	28 %	24 %
tercio medio	40 %	48 %
tercio inferior	32 %	28 %

Lo único "anormal" que se detectó en los resultados del proceso, fué la muestra 14 en la gráfica de promedios, la cual esta marcada con una "x" indicando que hay una nota en la parte posterior de la gráfica. Dicha nota al reverso, especifica que la anomalía se debió al cambio de uno de los operarios durante medio turno. También en la obtención de la muestra tres se efectuó cambio de calibrador, mencionándose esto en el área de observaciones de la gráfica, la consecuencia del cambio no fue muy significativa, ya que el rango y promedio de la muestra se encuentran dentro de los límites.

Antes de obtener la habilidad del proceso se procedió a eliminar la muestra 14 para obtener los valores de promedios y límites únicamente de las muestras cuyo desarrollo es consistente dentro de los mismos.

Como era de esperarse la variación de los promedios y límites fue mínima, siendo los resultados :

$$\bar{x} = .207$$

$$\bar{R} = .050$$

$$LICx = .207 - (.42 \times .050) = .186$$

$$LSCx = .207 + (.42 \times .050) = .228$$

$$LICR = .08 \times .050 = .004$$

$$LSCR = 1.92 \times .050 = .096$$

La gráfica 5-7 muestra los nuevos promedios y límites, observándose un proceso estable.

El único requisito que falta para poder determinar si los promedios y límites obtenidos serán tomados como referencia para el futuro control del proceso, es la habilidad.

gráfica 5-7

GRAFICA DE CONTROL POR VARIABLES \bar{X} -R

Fecha del 10 Julio al 17 Julio de 1985

TAMANO DE CADA MUESTRA: 7 FREQ: 2 por día

ESPECIFICACION: 200 ± 240 LIE = 140 LSE = 260

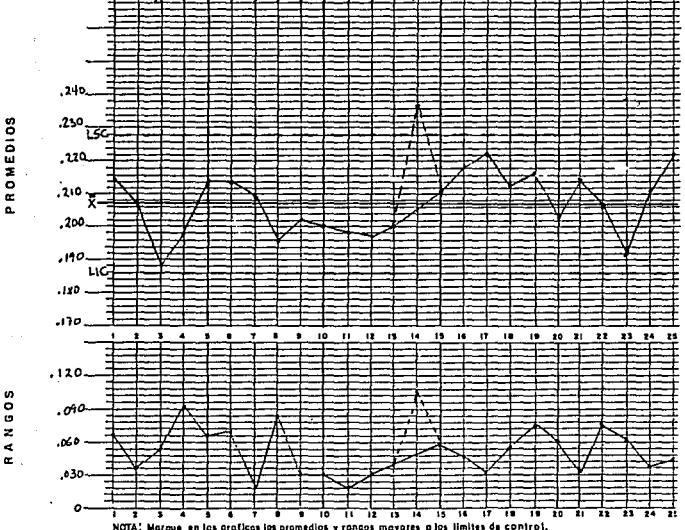
\bar{X} = 207 LICR = 136 LSCR = 228

R = 0.50 LICR = 0.07 LSCR = 0.96

HABILIDAD = 99.23%

NUM MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
FECHA																										
ELEM.																										
1	215	212	195	190	215	237	213	190	192	185	190	188	197	175	193	190	205	220	210	215	213	215	161	190	214	
2	210	210	150	192	185	192	205	205	195	240	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	
3	254	225	185	185	180	255	200	198	195	207	185	210	187	255	200	220	220	195	195	175	200	193	174	205	230	
4	200	180	185	240	205	180	210	200	210	190	190	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	
5	200	180	160	190	190	210	190	205	195	195	200	180	195	215	195	215	205	200	215	205	195	195	210	210	200	
6	205	205	195	190	205	205	195	210	210	195	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	205	
7	190	180	185	207	220	195	215	195	207	213	205	190	195	205	210	205	210	205	210	205	210	205	210	205	215	
SUMA	150	140	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
\bar{X}	215	207	193	212	214	214	209	196	202	209	198	197	200	217	211	219	222	213	217	203	215	204	192	211	222	
R	0.47	0.30	0.55	0.42	0.47	0.70	0.24	0.83	0.30	0.50	0.18	0.30	0.40	1.05	0.57	0.43	0.30	0.55	0.47	0.10	0.30	0.50	0.67	0.50	0.41	

PONER UNA "X" PARA OBSERV.



NOTA: Marque en los graficos los promedios y rangos mayores a los limites de control.

Cálculo de la habilidad :

$$\sigma = \frac{.050}{2.700} = .0185$$

$$Z_i = \frac{.207 - .140}{.0185} = 3.62$$

$$Z_s = \frac{.260 - .207}{.0185} = 2.87$$

De la tabla AREA BAJO LA CURVA NORMAL (ver anexo) se obtiene la proporción del resultado del proceso fuera del límite especificado.

$$P_{zi} = .00015$$

$$P_{zs} = .0021$$

$$P_{ztot} = .00015 + .0021 = .00225$$

$$\text{Habilidad} = 100 - .225 = 99.78\%$$

De lo anterior se considera como hábil el proceso de sellado de parabrisas, pues el 99.78% de las observaciones se encuentran dentro de los límites de especificación.

5.8.2 EVALUACION DE PASOS DE AGUA

Las muestras de la gráfica 5-6 se tomaron del 8 de julio al 9 de agosto. Como se observa, el estudio se efectuó en una forma muy rápida, ya que pasaron únicamente dos días para volver a tomar nuevas muestras. Esto se debió a la sencillez de los procesos y medidas que se tomaron con anterioridad y también a la tendencia descendente de errores presentados en la inspección, claro una vez aplicadas las medidas mencionadas en la gráfica 5-4.

En esta última gráfica se tienen tres muestras (10, 16 y 17), cuyo incremento de errores es notable, debido (como se describe) al mal sellado entre coraza, cowl side (muestra 10) y al cambio de proveedor de cinta para puerta (muestras 16 y 17). Sobre esto, se concluye algo importante: al detectarse una mayor cantidad de errores comunes, se procede en ese momento a localizarlos y así eliminarlos inmediatamente, evitándose con ello el detrimento de la calidad.

Por lo que respecta a las demás muestras, la mayoría se encuentra en el tercio inferior, y esta adhesión se presenta cuando la proporción de rechazos es muy baja.

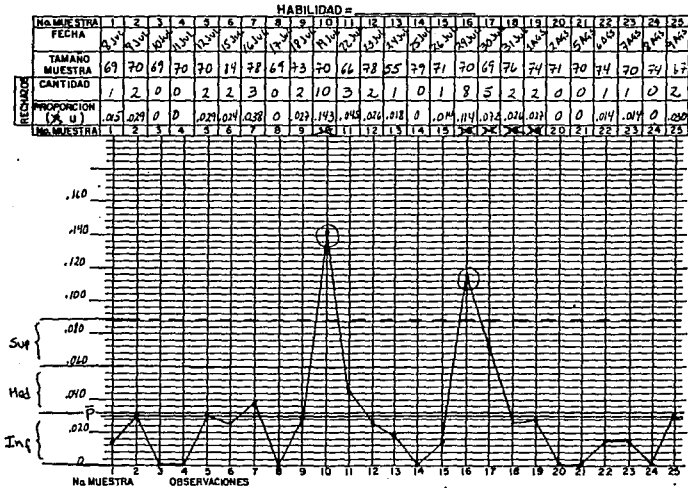
Se recalcula el promedio y límites eliminando las muestras 10, 16 y 17, las cuales son reflejo de causas especiales de variación. La muestra 17, aunque se encuentra dentro de los límites, su porcentaje de error es elevado, debido a que también fue afectada.

GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Fecha del 8 Julio al 9 Agosto de 1955

DEPTO. <u>GRABAGE</u>	P <input checked="" type="checkbox"/> np <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
OPERACION <u>Pasos de agua</u>	TAMANO MUESTRA PROM <u>71.4</u> FREC. <u>1 muestra por día</u>
PIEZA <u>camion</u>	

PROM .028 LSC .037 LIC 0



10 mal sellado en union de coraza y coull side (Departa -
 menta de pintura)
 16 y 17 Cambio de cinta de cartón de puerta de importada a
 local
 18 y 19 Cambio de cinta de cartón de puerta de local a
 importada

P Tamaño variable	np Tamaño constante	C Tamaño constante	U Tamaño variable
$P = \frac{np}{n}$ fracción defectuosos	$np = \text{unidades defectuosas}$	$C = \text{núm. de defectos}$	$U = \frac{C}{n}$ defectos por unidad
$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{n}$	$\bar{np} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_n}{n}$	$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n}$	$\bar{U} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n}$
$LSC_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$LSC_{np} = \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$	$LSC_c = \bar{C} + 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LSC_U = \bar{U} + 3 \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$
$LIC_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$LIC_{np} = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$	$LIC_c = \bar{C} - 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LIC_U = \bar{U} - 3 \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$

Los nuevos valores obtenidos son:

$$\text{Promedio } \bar{p} = \frac{.376}{22} = .017$$

$$\text{LSC} = .063$$

$$\text{LIC} = 0$$

En la gráfica 5-8, se presentan el nuevo promedio y límites. Aquí los cambios son significativos, pues se eliminaron tres muestras con alto porcentaje de error.

Indicando la ausencia de causas especiales, la interpretación de esta nueva gráfica es favorable.

Una vez concluido el análisis de la gráfica, se procede a obtener la fracción de piezas dentro de especificación, es decir, su habilidad.

La habilidad lograda por este proceso es:

$$\text{Habilidad} = 1 - \bar{p} = 1 - .017 = .983$$

$$\text{Habilidad} = 98.3 \%$$

Esto es, de cada 100 camiones, menos de dos presentarán problemas de pasos de agua.

GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS

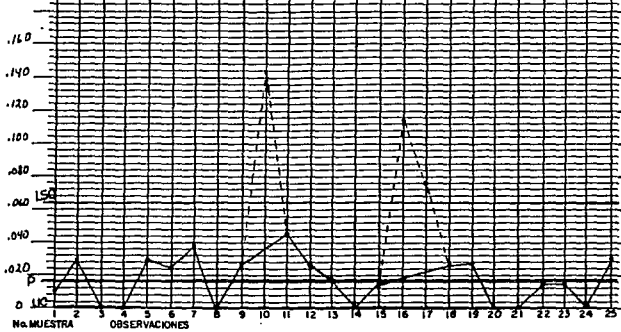
Fecha del 8 Julio al 9 Agosto de 1975

DEPTO <u>GARAGE</u>	P <input checked="" type="checkbox"/> np <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> u <input type="checkbox"/>
OPERACION <u>Pagos de agua</u>	TAMAÑO MUESTRA PROM <u>31.4</u> FREC. <u>1 muestra por día</u>
PIEZA <u>camión</u>	

PROM .017 LSC .063 LIC 0

HABILIDAD = 98.3%

No MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
FECHA	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7	2/7
TAMAÑO MUESTRA	69	70	67	70	70	74	78	69	73	70	66	77	55	79	71	70	69	76	74	71	70	74	70	74	67
CANTIDAD	1	2	0	0	2	2	3	0	2	10	3	2	1	0	1	8	5	2	2	0	0	1	1	0	2
PROPORCION (X u)	.015	.021	0	0	.029	.027	.038	0	.029	.143	.043	.029	.015	.014	0	.119	.071	.028	.028	0	0	.014	.014	0	.030



10 mal sellada en unión de serraja y caul side (Departamento de pintura)
 14 y 17 cambio de cinta de cartón de puerta de importada a local
 18 y 19 cambio de cinta de cartón de puerta de local a importada

P Tamaño variable	np Tamaño constante	C Tamaño constante	u Tamaño variable
$P = \frac{np}{n}$ fracción defectuosa	$np = \text{unidades defectuosas}$	$C = \text{núm. de defectos}$	$u = \frac{C}{n}$ defectos por unidad
$\bar{P} = \frac{\sum np_i}{n}$	$\bar{np} = \frac{\sum np_i}{n}$	$\bar{C} = \frac{\sum C_i}{n}$	$\bar{u} = \frac{\sum C_i}{n}$
$LSCp = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$	$LSCnp = \bar{np} + 3 \sqrt{\frac{\bar{np}(1-\bar{P})}{n}}$	$LSCc = \bar{C} + 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LSCu = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
$LICp = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$	$LICnp = \bar{np} - 3 \sqrt{\frac{\bar{np}(1-\bar{P})}{n}}$	$LICc = \bar{C} - 3 \sqrt{\bar{C}}$	$LICu = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

5.9 SOLUCION DEL PROBLEMA

Durante el planteamiento de solución a un problema específico de calidad, habrá que analizar y aplicar un medio de control en cualquier factor, tanto interno como externo, que pueda intervenir en la calidad final de un producto, y no sólo enfocar el análisis al producto terminado, como suele suceder comúnmente, ya que industrialmente no es posible aplicar un correctivo cuando el producto se encuentra terminado.

Por lo anterior, es indispensable aplicar un Control Total de Calidad en todas las áreas de la empresa (Diseño, Materia Prima, Proceso y Producto Terminado).

Es necesario recordar que siempre se debe de buscar un constante mejoramiento en las habilidades de procesos durante su desarrollo, pero hay que distinguir claramente la importancia relativa de las diversas características de calidad que posee el producto.

La asignación de importancias relativas, esto es, la creación de una orientación hacia las prioridades, es un concepto importante en la aplicación del control de calidad.

Generalmente se clasifican los defectos de las características de calidad de acuerdo a su importancia dentro del producto, como:

• **DEFECTO CRITICO.**- Aquella característica de calidad que pone en riesgo la vida y seguridad.

• **DEFECTO MAYOR.**- Aquella característica de calidad que afecta el funcionamiento del producto.

• **DEFECTO MENOR.**- Aquella característica de calidad que aunque no afecta al producto, ni arriesga a la persona, no gusta a los clientes por su presentación, o bien por causar algunas molestias.

Por regla general los defectos críticos no deben permitirse, exigiéndose por lo tanto una eficiencia mayor en su proceso, mientras que puede ser aceptado un pequeño número de defectos menores, ya que si se trata de buscar la perfección en el producto, su costo se incrementará, perdiendo por ello competitividad en el mercado, pues una de las exigencias principales del consumidor es calidad justa a un precio justo.

En el desarrollo de esta aplicación se han ilustrado las medidas y medios apropiados para mejorar los procesos involucrados, con la finalidad de lograr una capacidad que cubra los requisitos establecidos por diseño. Referente al sellado de parabrisas, los resultados de rendimiento obtenidos mediante las gráficas fueron satisfactorios, procediéndose a tomar como referencias históricas los parámetros de la última gráfica (5-7), para guía de control.

Por lo que respecta al análisis de pasos de agua, se llevó a cabo una evaluación económica entre las alternativas de llevar un control en cada una de las partes constitutivas de este proceso, y la opción de efectuar retrabajos en las pocas unidades que resulten defectuosas, para poder obtener un mejor criterio de decisión, ya que en este nivel, cualquiera de las dos opciones implica un costo mayor.

Del estudio anterior, el problema de pasos de agua al no ser de carácter crítico, se observó la conveniencia de efectuar retrabajos, ya que implican un menor costo en el proceso general de fabricación de camiones, por lo que los límites obtenidos (gráfica 5-8) serán los vigentes para un control futuro.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Todos los métodos de control contenidos en este trabajo serán aplicables en cualquier industria o empresa si se emplean sistemáticamente.

En el ejemplo de aplicación se muestra la forma práctica de poner en marcha las gráficas de control; sin embargo, no es suficiente saber aplicar a la perfección los métodos estadísticos en procesos específicos, sino que es necesario tener un enfoque general que sea comprendido por todas las entidades que conforman la empresa. El crear conciencia de calidad en todo el personal, es fundamental para lograr el éxito, no sólo en el producto, sino también en el servicio prestado al cliente.

Un método de control estadístico de calidad mal comprendido, implicaría efectuar pruebas en ocasiones innecesarias, teniendo como consecuencia el incremento de los costos en la producción.

Se deberán establecer criterios lo suficientemente flexibles para distinguir entre procesos críticos y no críticos, que a la vez permitan establecer límites congruentes con la política de costos fijada por la empresa, ya que el control de calidad no puede existir de manera autónoma.

Cabe señalar que la implantación de cualquier método de control de calidad, deberá ser planeado antes de iniciar su operación, requiriendo de una participación plena por parte de los directivos.

Para poder llevar a cabo lo anterior, es necesario saber cuales son los objetivos fundamentales de la empresa, de tal manera que el establecimiento de estos controles se inicie desde las decisiones de la Alta Gerencia, teniendo como resultado el impacto esperado.

Por último, es necesario recalcar que el éxito de una empresa se inicia al crear productos en base a lo que el cliente quiera, es decir, sus necesidades y expectativas, requiriendo de una renovación en relación a los cambios o modificaciones de necesidades.

Este trabajo pone de manifiesto el desarrollo funcional de los métodos estadísticos de control de calidad, y se realizó con la finalidad de ilustrar comportamientos de procesos específicos esperando ser de utilidad para una mayor comprensión y como guía para implantaciones futuras en la industria.

A N E X O

TABLA DE AREA BAJO LA CURVA NORMAL

AREA BAJO LA CURVA NORMAL

z	x.0	x.1	x.2	x.3	x.4	x.5	x.6	x.7	x.8	x.9
4.0	.00003									
3.9	.00005	.00005	.00004	.00004	.00004	.00004	.00004	.00004	.00003	.00003
3.8	.00007	.00007	.00007	.00006	.00006	.00006	.00006	.00005	.00005	.00005
3.7	.00011	.00010	.00010	.00010	.00009	.00009	.00008	.00008	.00008	.00008
3.6	.00016	.00015	.00015	.00014	.00014	.00013	.00013	.00012	.00012	.00011
3.5	.00023	.00022	.00022	.00021	.00020	.00019	.00019	.00018	.00017	.00017
3.4	.00034	.00032	.00031	.00030	.00029	.00028	.00027	.00026	.00025	.00024
3.3	.00048	.00047	.00045	.00043	.00042	.00040	.00039	.00038	.00036	.00035
3.2	.00069	.00068	.00066	.00062	.00060	.00058	.00056	.00054	.00052	.00050
3.1	.00097	.00094	.00090	.00087	.00084	.00082	.00079	.00076	.00074	.00071
3.0	.00135	.00131	.00126	.00122	.00118	.00114	.00111	.00107	.00104	.00100
2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048
2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064
2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084
2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2297	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2948	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
0.4	.3448	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641

B I B L I O G R A F I A

- CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD
Eugene L. Grant, Richard S. Leavenworth
C.E.C.S.A.
1984
- CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD
A. V. Feigenbaum
C.E.C.S.A.
1986
- PROBABILIDAD Y ESTADISTICA PARA INGENIEROS
Irwind Miller, John E. Freund
Editorial Reverte Mexicana, S.A.
1984
- QUALITY, PRODUCTIVITY AND COMPETITIVE POSITION
W. Edwards Deming
1982
- QUE ES EL CONTROL TOTAL DE CALIDAD ?
Kaoru Ishikawa
Editorial NORMA
1986
- SISTEMAS Y PROCEDIMIENTOS
Victor Lazzaro
Editorial DIANA
1982

- **TEORIA GENERAL DE SISTEMAS**

John P. Van Gigch
Editorial Trillas
1987

- **ADMINISTRACION DE PERSONAL**

Agustin Reyes Ponce
Editorial Limusa
1986.