

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"IMPLEMENTACION DEL CONTROL ESTADISTICO
DE PROCESO (GRAFICAS DE CONTROL) EN EL
AREA DE CORTE DE ENSAMBLES ELECTRICOS"

POR

ING. FRANCISCO GERARDO BARRON MARROQUIN

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE LA ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN
CALIDAD Y PRODUCCION

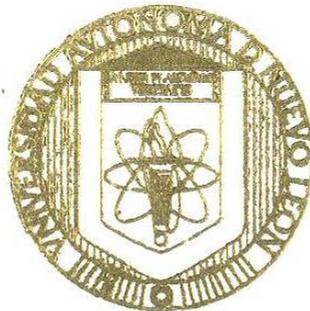
CD. UNIVERSITARIA

DICIEMBRE DE 2003



1020146151

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"IMPLEMENTACION DEL CONTROL ESTADISTICO
DE PROCESO (GRAFICAS DE CONTROL) EN EL
AREA DE CORTE DE ENSAMBLES ELECTRICOS"

POR

ING. FRANCISCO GERARDO BARRON MARROQUIN

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE LA ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN
CALIDAD Y PRODUCCION

CD. UNIVERSITARIA

DICIEMBRE DE 2003

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"IMPLEMENTACION DEL CONTROL ESTADISTICO
DE PROCESO (GRAFICAS DE CONTROL) EN EL
AREA DE CORTE DE ENSAMBLES ELECTRICOS"

POR

ING. FRANCISCO GERARDO BARRON MARROQUIN

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE LA ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN
CALIDAD Y PRODUCCION

CD. UNIVERSITARIA

DICIEMBRE DE 2003

979 970

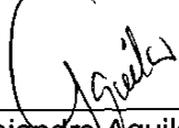
TM
25853
.M2
FINE
2005
.E3



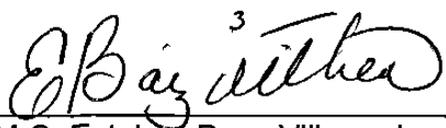
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECNICA Y ELECTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST GRADO

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la tesis **“Implementación del Control Estadístico de Proceso (Graficas de Control) en el Área de Corte de Ensamblés Eléctricos”**, realizada por el Alumno **Francisco Gerardo Barrón Marroquín** con el numero de matricula 814607 sea aceptada para su defensa como opción a grado de Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en Producción y Calidad.

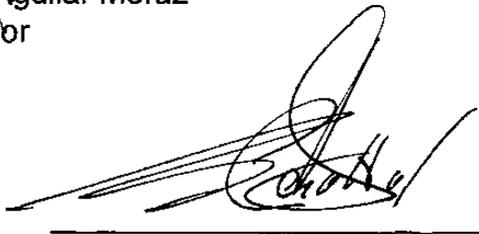
El Comité de Tesis



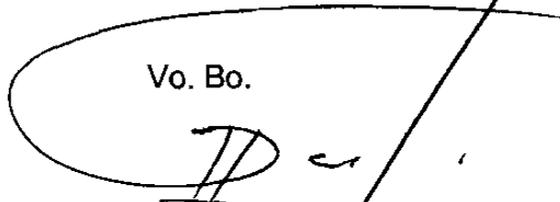
M.C. Alejandro Aguilar Meraz
Asesor



M.C. Esteban Baez Villarreal
Revisor



M.C. Ernesto F. Peralta Solorio
Revisor

Vo. Bo.


Dr. Guadalupe Alan Castillo Rodríguez
Sub-Director de Posgrado

Ciudad Universitaria, a Diciembre del 2003

A mis padres,
Por guiarme y facilitarme
el camino para llegar
hasta este momento.

Por participar en los momentos
tristes y felices de la vida.

Por otorgarme la herencia más valiosa...
El Estudio.

A mi esposa,
Por alentarme siempre
En hacer las cosas cada día mejor
y ayudarme a crecer como
estudiante y pareja.

Con amor,
Francisco Gerardo

Índice.

Síntesis.

1. Introducción.

1.1. Descripción del problema.	1
1.2. Objetivo de la tesis.	3
1.3. Hipótesis.	3
1.4. Límites de estudio.	4
1.5. Justificación.	4
1.6. Metodología.	5
1.6.1. Recopilación de información.	7
1.6.2. Mapeo de variables clave.	8
1.6.2.1 Por que graficas de control	11
1.6.3. Planes de muestreo.	13
1.6.4. Diseño de las graficas de control.	14
1.6.5. Curso de capacitación	16
1.6.6. Implementación de las graficas de control	18
1.6.7. Estudios R&R	19
1.6.8. Análisis de la información de las graficas de control	21

2. Marco teórico.

2.1. Que es calidad.	23
2.1.1. Objetivos de la mejora continua.	25
2.1.2. Mejora continua estandarización y resultados.	26
2.1.3. Producto y procesos.	27
2.1.4. Estrategia y táctica: Definición de roles.	28
2.2. Conocimiento profundo a través del control estadístico los procesos.	29
2.3. El Control como actividad permanente del individuo en los procesos.	30
2.4. La estadística como instrumento de control.	31
2.4.1. Etapas de la aplicación de la estadística.	32
2.5. La definición de los procesos desde un enfoque sistemático.	33
2.6. La función de la persona en el control de la variabilidad.	34
2.7. Clasificación de la variación de los procesos.	35
2.8. La evolución de la calidad, prevención contra detección.	37

3. Obtención de datos de Calidad: La base de un sistema optimo de control de procesos.

3.1. Características críticas y relevantes.	39
3.2. Recolección de datos.	41
3.3. Listas de verificación.	42

3.4. Fundamentos estadísticos.	43
3.5. Medidas de tendencia central.	44
3.6. Medidas de dispersión.	46
3.7. Histograma.	47
4. Graficas de control: El termómetro de los procesos.	
4.1. Introducción a las graficas de control.	53
4.2. Graficas de control por variables y por atributos.	54
4.3. Graficas de control por variables X-R.	54
4.4. Normalidad en los procesos.	66
4.5. Habilidad de los procesos.	69
4.6. Error de medición: Aislamiento del error aleatorio.	73
4.6.1 Importancia del sistema de medición	73
4.6.2 Análisis del sistema de medición a partir de los estudios R & R.	75
5. Estrategias de implementación.	
5.1. Estrategias de implementación.	77
5.2. Estructura organizacional.	78
5.3. Planeación estratégica.	79
5.4. Grupo piloto.	79
5.5. Comité de implementación.	80
5.6. plan de acción	80
5.7. Auditoria y control.	81
5.8. Hoja de plan de control.	81
5.9. Hojas de auditoria a los procesos.	82
6. Conclusiones y recomendaciones.	
6.1. Conclusiones.	83
6.2. Recomendaciones.	84

Bibliografía
 Glosario
 Apéndice1
 Apéndice 2
 Listado de Figuras

SINTESIS

En el desarrollo del presente estudio se encuentra dividido en 6 Capítulos donde sobresale la importancia de la implementación del Control Estadístico de Procesos, como base para comenzar a detectar las causas de variación en los procesos de Crimpeado.

En este documento se presenta un análisis de los procesos de producción de Ensamble Eléctricos, línea para la cual se hará la implementación de dicha herramienta para controlar el proceso productivo de los mismos.

El control de un proceso, se refiere al hecho de que éste se encuentre produciendo sus productos dentro de ciertos límites de proceso, los cuales, pueden ser iguales a los límites de especificaciones del producto o bien, pueden ser todavía más cerrados que los límites anteriormente mencionados, con el fin de evitar productos rechazados.

Las líneas por las que se comenzará la implementación de la herramienta son nuevas en la planta, por lo que uno de los principales intereses de la gerencia del departamento de calidad, es el de tenerlas controladas desde el principio.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Montoi S.A. de C. V., planta Escobedo, ubicada en el Libramiento Noreste Km 27, en Escobedo, Nuevo León es la segunda maquiladora del grupo Mattel Inc. En este estado, con cuatro años de antigüedad. Se dedica a fabricar algunos artículos de la línea Fisher Price y la gran mayoría de los modelos de carros eléctricos de pasajeros para niños de la línea Power Wheels. Actualmente, la planta Escobedo se encuentra en arranque de un gran número de líneas nuevas para comenzar la producción de todos los modelos que eran manufacturados en la planta Mabamex, maquiladora de Mattel, en Tijuana, Baja California Norte. En un futuro a mediano plazo, Montoi S.A. de C. V. planta Escobedo será la maquiladora principal de los productos Power Wheels en el mundo.

En las líneas de cada uno de nuestros productos sus principales objetivos están el lograr una calidad mediante los objetivos y metas que nos lleve a una Calidad Total dentro de los márgenes administrativos y productivos.

En este documento se presenta un análisis de los procesos de ensamble de arneses - líneas por las cuales se comenzará la implementación de dicha herramienta de control- así como la selección e implementación de una herramienta para controlar el proceso productivo de los mismos.

El control de un proceso, se refiere al hecho de que éste se encuentre produciendo sus productos dentro de ciertos límites de proceso, los cuales, pueden ser iguales a los límites de especificaciones del producto o bien, pueden ser todavía más cerrados que los límites anteriormente mencionados, con el fin de evitar productos rechazados.

Las líneas por las que se comenzará la implementación de la herramienta son nuevas en la planta, por lo que uno de los principales intereses de la gerencia del departamento de calidad, es el de tenerlas controladas desde el principio.

Actualmente, en el área de corte de la línea de Ensamblados Eléctricos de los juguetes Power Wheels que se ensambla en Mattel Planta Escobedo. Existe el problema de la variación en el proceso de crimpeado (remachado) de las terminales. Problema que ha llegado al cliente, existiendo rechazos y devoluciones de producto, ocasionando esto elevados costos de calidad a la empresa. Esta línea empieza su proceso en el área de corte, posteriormente se unen varios sub-ensambles generados en el área de corte, para crear un arnés y posteriormente un ensamble eléctrico.

1.2. OBJETIVO.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental Analizar las causas raíz de las variaciones en el proceso de crimpeado de los arneses e implementar un sistema de Control de Procesos (Gráficas de Control) para reducir problemas de calidad y las devoluciones ya mencionadas.

1.3. - HIPÓTESIS.

Supongo en este trabajo que con la aplicación del Control Estadístico de Procesos (Gráficas de Control) que si analizamos el 20 % de las causas de

variación de las alturas de los crimpeados, poder determinar el sistema para controlar el 80% de los problemas de variación en la Línea.

1.4. LÍMITES.

La presente Tesis se enfoca únicamente para el área de corte de cables para Ensamblajes Eléctricos.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Al detectar el 20 % de las causas de variación, se atacara de forma directa el 80% de las causas que la generan, teniendo como consecuencia haber cumplido el objetivo de Mattel de alcanzar y exceder las expectativas de su cliente numero uno, los niños.

Las consecuencias negativas son las siguientes:

- 1) Problemas de calidad frecuentes por juguetes no funcionales.
- 2) Quejas constantes y devoluciones por parte de los clientes.

- 3) Deterioro de la imagen de Fisher Price ya que se usan en los juguetes de Power Wheels que han corrido por mas de 10 años consecutivos.
- 4) Impacto económico negativo para la empresa

1.6 METODOLOGÍA

La metodología utilizada consiste en las siguientes cuatro fases:

- I. Recopilación de la información.
 - II. Mapeo de variables claves.
 - III. Capacitación e implementación de Graficas de control .
 - IV. Estudios R&R.
 - V. Análisis de la información (puntos fuera de control)
- Recopilación de la información: Esta etapa se refiere a conocer perfectamente el comportamiento de los procesos productivos bajo condiciones normales de operación. Así como también conocer los diferentes productos que se elaboran en los departamentos de engranes y ensamble arneses.

- Estudio de Marco Teórico Conceptual: Abarca el relacionar el conocimiento del sistema con herramientas de control conocidas, para recaudar información de estas y estudiarlas.

- Identificación de variables: Se refiere a la identificación y conocimiento de variables que afectan las características principales de los productos, tanto en engranes como en arneses.

- Mapeo de variables: Consiste en identificar todas las variables clave y las características críticas, para comprender que variables afectan a que características y así controlar las variables que son de mayor peso para poder satisfacer estas características.

Estudios R&R: Esta etapa consiste en hacer un estudio sobre los instrumentos de medición, que se utilizan en el departamento de inspección de calidad, para verificar que la variabilidad en las mediciones no se encuentre en dichos instrumentos, ni tampoco en los inspectores de calidad.

1.6.1 RECOPIACION DE LA INFORMACION

Para la identificación de variables se procedió a realizar entrevistas a las personas encargadas de producción de la línea de arneses. Esto debido a que no se tenían datos para poder realizar un estudio y así determinar las variables claves que afectan a los procesos.

Variables clave: Estándares y parámetros del proceso que se deben de observar y controlar, ya que afectan a las características críticas. Están presentes tanto en entrada, producción y salida.

Características críticas: Son las características que a final de cuentas requieren ser controladas estadísticamente con las herramientas adecuadas.

Mediante el análisis de los registros de inspección nos pudimos dar cuenta que se realizan varias mediciones dimensionales en las que la variabilidad es muy poca, por decir que casi nula. Se llegó a la conclusión de que el proceso cuenta con 6 características a inspeccionar de las cuales solo 2 se consideran críticas debido al proceso que se maneja.

Dentro de las características que se manejan son:

La longitud del desforre. (1.1)

Longitud del Cable. (1.2)

Numero de hilos rotos al momento de hacer él desforre. (1.3)

Ancho del Crimpeado. (1.4)

Altura del Crimpeado. (1.5)

Fuerza para desensamblar la terminal del Cable. (1.6)

1.6.2 MAPEO DE VARIABLES CLAVE.

Una vez identificadas las características claves de los procesos productivos se realizó una relación entre las variables y la manera en que afectaban a los procesos. Posteriormente se hizo un mapeo entre las variables claves de los procesos y las características críticas de los productos.

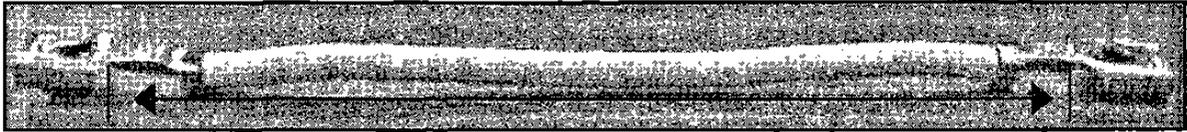


Fig. 1.1 Longitud de cable.

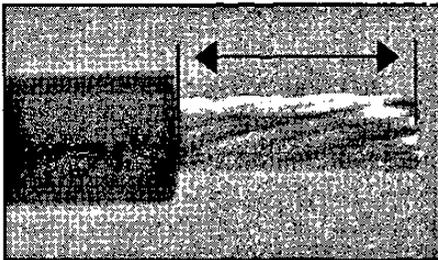


Fig. 1.2 Longitud de Desforre

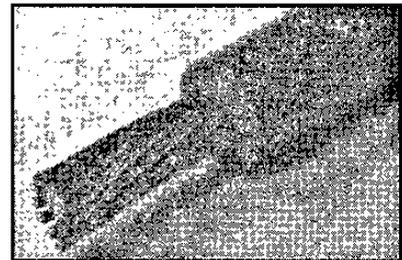


Fig. 1.3 Desforre

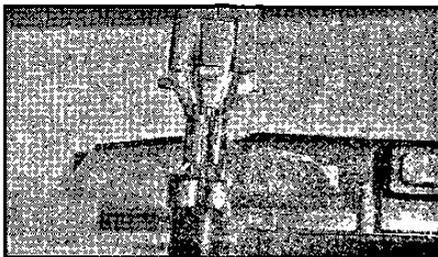


Fig. 1.4 Ancho de Crimpeado



Fig. 1.5 Altura de Crimpeado



Fig. 1.6 Fuerza de desensamble de terminal

A continuación se presenta una tabla que muestra que variables claves afectan a cada una de las características críticas (de arneses).

Altura del crimpeado de la terminal.

Altura de RAM.

Altura de Mordaza Alfabética.

Fuerza para desensamblar la terminal del Cable.

Altura de RAM.

Altura de Mordaza Alfabética.

A continuación se presenta una tabla que muestra las diferentes variables claves de las máquinas de producción (de arneses) y como afectan a los productos.

Factor	En que afecta
Parámetros de la máquina -Altura RAM	A menor altura RAM se ejerce mayor presión en el cierre del remache de la terminal.
-Altura de mordaza alfabética	Está muy ligada con la altura RAM, baja o sube para ejercer mayor o menor presión sobre el remache de la terminal.

Presión del aire	Si no hay suficiente presión de aire no habrá fuerza de empuje para la máquina.
Estado de las herramientas	Si las herramientas no están en buen estado, la terminal puede sufrir defectos como que sus paredes no tengan el apriete necesario para cubrir la cantidad necesaria de hilos o hacer el corazón con los hilos y no con la terminal.

1.6.2.1 POR QUE GRAFICAS DE CONTROL

Al momento de elegir los gráficos de control pertinentes para la línea se tomaron en cuenta factores como el tipo de variable a graficar, la facilidad de obtener la medición, la adecuación a un plan de muestreo factible tanto con los requisitos de calidad de la organización, como con la experiencia de los inspectores, la facilidad de comprensión por parte de los inspectores y técnicos, así como diseñarlos adecuadamente para la capacidad actual. Para este gráfico de control se diseñaron formatos para que los inspectores pudieran llenar manualmente sus resultados. Cabe resaltar que el llenado manual de los gráficos de control sería sólo para características críticas, ya que no resultaría factible el llenado manual de todas las mediciones.

El departamento de ameses lleva a cabo mediciones dimensionales a los diferentes tipos de terminales descritas en la etapa de análisis.

Debido a que se producen alrededor de 5000 piezas por turno, la "n" tendrá que ser grande, por lo que el gráfico de control utilizado para la medición (característica crítica) de todas las terminales diferentes en este departamento se llevarán a cabo con gráficos de control $\bar{X} - R$ (medias y rangos). Se determinó este gráfico debido a que, como se mencionó anteriormente, la n deberá ser mayor a 1, descartándose los gráficos de valores individuales y los de atributos al ser mediciones. Se eligió el gráfico de rangos debido a que la n no va a ser muy grande para utilizar efectivamente la desviación estándar como estimador de la variación del proceso, y además el rango es de mayor facilidad de comprensión para los inspectores.

Control Estadístico de Procesos

Ventajas

Indica cuando realizar acciones correctivas, ya que el grafico lo indica.

Se pueden diagnosticar posibles causas y posibles soluciones.

Indica cuando dejar trabajar el proceso sin alterarlo, ya que la variación siempre existirá ya que es parte de cualquier proceso.

Permite conocer capacidades de procesos.

Ayudan a mantener metas realistas.

Ayuda a distinguir entre causas normales y especiales de variación.

Desventajas

Complicado en su uso al inicio de la implementación.

Seguimiento tedioso.

Existe riesgo de cometer errores tipo 1 y tipo 2.

Se requiere constante mantenimiento en recalcular límites.

Se requiere apoyo computacional para hacer mas eficiente la información.

1.6.3 PLANES DE MUESTREO

Para realizar el plan de muestreo, se investigó la producción que se realiza, por turnos ya que es más fácil definir un plan de esta manera, por los cambios de inspectores, por lo cual las siguientes cantidades a manejar serán consideradas por turno.

Al encontrar que en el departamento se tiene una producción de 5000 unidades por turno. Para lo cual, el plan de muestreo queda definido de la siguiente manera, para tener un AQL = 1 y una producción de 5000 unidades por turno, se deberán de tomar la fuerza y altura de crimpado de 40 unidades. Y para fines de la empresa una muestra de 2 unidades cada hora, o en su defecto 5 cada dos horas.

1.6.4 DISEÑO DE LAS GRAFICAS DE CONTROL

Para el desarrollo de las graficas de control se tomo en cuenta un formato general para graficas de control por variables, el cual se realizo en una hoja de Excel y se adecuo a las necesidades del proceso.

Finalmente se desarrollaron un total de 33 graficas de control, 32 graficas para la variable de altura, debido a que cada terminal cuenta con especificaciones diferentes dependiendo el tipo de maquina en el cual esta corriendo y para facilitar a los inspectores el llenado de estas se le agrego los rangos de especificación, colocando también una tolerancia por debajo y arriba de los límites de especificación, y solo una grafica para la variable de fuerza para desensamblar la terminal del cable.

Dentro del formato parte de los datos para llenado son:

Numero de parte.

Característica a medir.

Tipo de terminal.

Valores de especificación.

Maquina.

Calibre del cable.

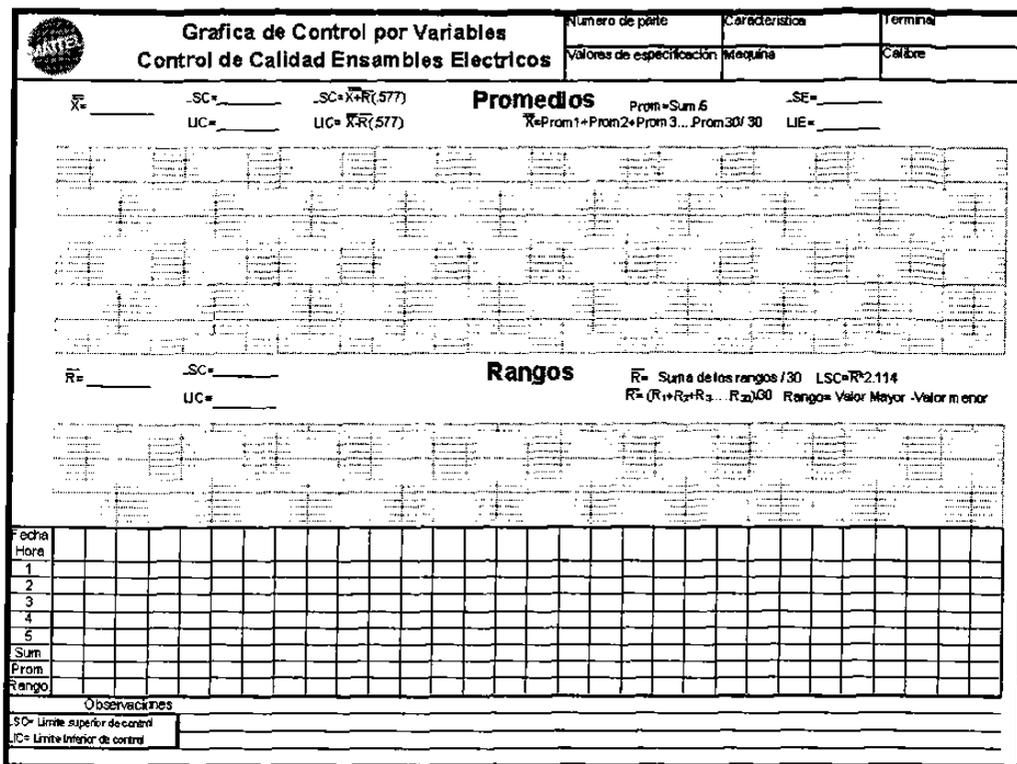


Fig. 1.7 Gráfica de control para Alturas

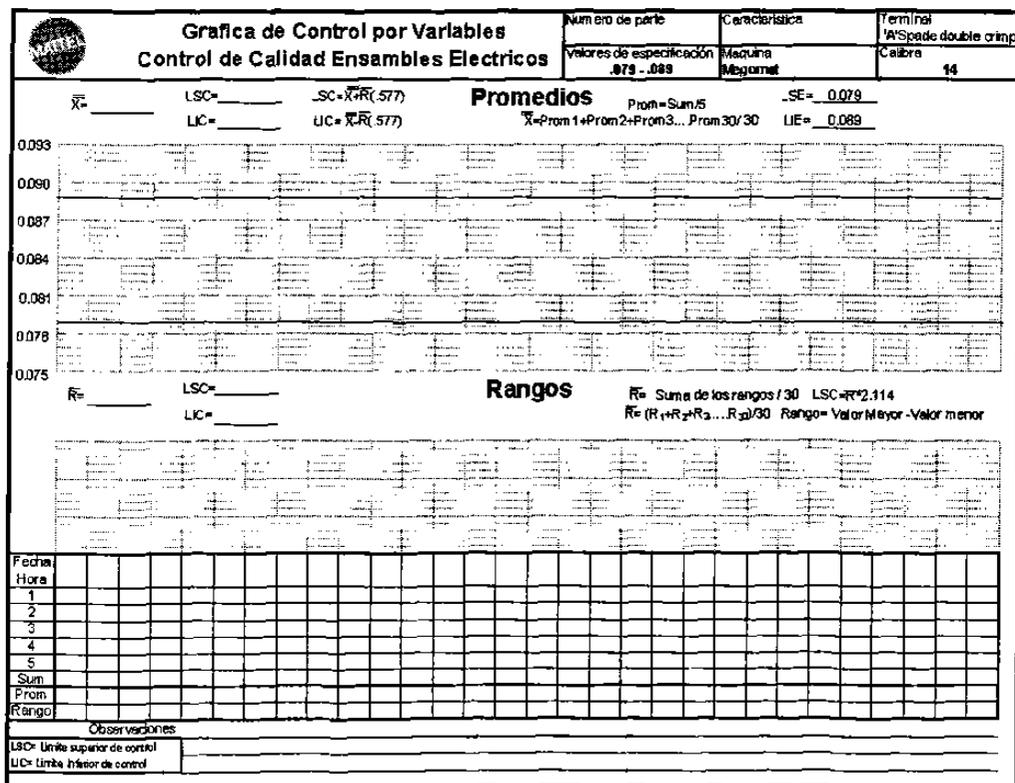


Fig. 1.8 Gráfica de control para Fuerzas

1.6.5 CURSO DE CAPACITACIÓN

Una vez definidos tanto los planes de muestreo a utilizar, como los gráficos de control, nos dispusimos a diseñar un curso de capacitación de control estadístico de procesos, dirigido a inspectores, con el fin de prepararlos para la implementación del control estadístico de procesos en líneas.

Para esto, el paso inicial sería evaluar a los asistentes potenciales al curso en cuanto a su conocimiento sobre conceptos básicos de aritmética, estadística y probabilidad. Esto con el fin de determinar la profundidad del curso a diseñar, y el nivel de detalle y ritmo del mismo.

El examen diagnóstico fue aplicado, obteniendo una calificación promedio de 48 en el mismo. Por lo tanto, pudimos concluir que el contenido del curso tendría que abarcar conceptos tan básicos como la aritmética, y estar diseñado a un nivel acorde a la escolaridad de los asistentes.

Posteriormente al diseño del curso, se llevó a cabo la impartición del mismo, teniendo una asistencia casi perfecta de 18 personas. Se impartió en cuatro sesiones de una hora, con horarios sujetos a la disponibilidad de horario de los asistentes y su carga de trabajo.

El contenido del curso fue el siguiente:

•*Estadística Básica*

- Definiciones (población, muestra, tipos de variables)
- Medidas de tendencia central.
- Medidas de dispersión.
- Aplicaciones de conceptos.

•*Variabilidad*

- Definición.
- Causas comunes.
- Causas especiales.
- Ejemplos laborales cotidianos.

•*Control Estadístico de Procesos*

- Definición.
- Beneficios.
- Límites de control.

•Gráficos de Control

- $\bar{X} - R, X-R, P$
- Interpretación y ejemplos

1.6.6 IMPLEMENTACIÓN DE LAS GRAFICAS DE CONTROL

La implementación se llevo a cabo durante un mes de prueba de las graficas de control durante el cual se llevo al desarrollo final de las graficas arriba mencionadas, durante 2 semanas se utilizaron graficas las cuales se tenían dentro de su diseño principal el uso para cada numero de parte, a lo cual se llevo a la conclusión de que no era apropiado debido a la velocidad a las que las maquinas operan la producción de un tipo de cable para cubrir por una semana el siguiente punto del proceso de producción la línea de ensamble de arneses, en el área de corte se realiza en un tiempo de alrededor de tres horas durante un día de la semana, para lo cual las gráficas se tardarían en llenar un tiempo aproximado de un mes (considerando que el tipo de corte de cable corriera durante ese periodo), aunado a que si se manejara una grafica por numero de parte, se manejarían alrededor de 200 graficas y en algunos casos hasta 2 graficas (formatos) por numero de parte.

Por lo cual se decidió junto con la administración de calidad que se manejaran las graficas por tipo de terminal y por maquina, lo que nos llevo a la información descrita en el punto anterior.

Las segundas dos semanas se puso en prueba el formato descrito en el punto anterior para probar su eficacia y ver que tan amigable era el formato al momento de ser usado por los inspectores, durante este periodo se pudo ver que este cumplía con las expectativas del uso se tomo la decisión de usarlo.

Un punto importante fue el de pedirles a los inspectores que anotaran en el área de observaciones las causas por las cuales después de un tiempo ellos veían que los valores sufrían un cambio.

1.6.7 ESTUDIOS R&R

Los estudios R&R se realizan para verificar que los instrumentos de medición utilizados por los departamentos de calidad de la línea de arneses, no son causantes de variación en las medidas de los productos.

Para la realización de los estudios en la línea de arneses, fueron empelados dos operarios, quienes midieron en dos ocasiones una muestra de tamaño diez, los arneses habían sido previamente marcados, se registraban las mediciones de los diez arneses y en un nuevo formato, el mismo operador registraba las nuevas mediciones de los mismos.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el estudio realizado. Para el tratamiento de datos se hizo utilización del software Minitab.

Fuente	StdDev (SD)	Estudio Var (5.15*SD)	%Estudio Var (%SV)
Total Est. R&R	9.08E-05	4.68E-04	79.25
Repetibilidad	5.91E-05	3.04E-04	51.55
Reproducibilidad	6.90E-05	3.55E-04	60.19
Parte-a-Parte	6.99E-05	3.60E-04	60.99
Total Variación	1.15E-04	5.90E-04	100.00

Numero de categorías = 1

Por lo cual se puede concluir que la variación de las mediciones se encuentra en el instrumento, ya que tiene un porcentaje de contribución y de variación que se encuentran en un rango de rechazo, además de tener las dos categorías, las cuales también son rechazadas. Con lo cual se concluye que la prueba Estudio R&R realizada a la medición de la altura de la terminal no fue aceptable.

1.6.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LAS GRAFICAS DE CONTROL

Al ser analizadas cada una de las graficas de control, se vio que algunas de ellas eran de la misma maquina y el mismo tipo de terminal, para cada una de estas los datos se juntaron de acuerdo a la fecha en la que fueron tomadas las lecturas, para así tener un numero mayor de muestras en cada gráfica y tener mas población, para pasar de 43 graficas a 18.

Las graficas analizadas fueron de la mayoría de las maquinas con las que se cuenta en la planta 3 maquinas automáticas (Megomat) y 9 manuales (Komax y Arkles), de las cuales las terminales analizadas en cada una de ellas fueron, terminales Tipo "A", "E", "H", "K", "T" y Tipo Splice.

Posteriormente se hicieron los desarrollos de graficas de control X-R (Promedios y Rangos) para cada una de las 18 graficas, los valores de las graficas fueron transcritos al programa estadístico Minitab, en el cual se utilizo una variación de las graficas X-R, la cual consto en utilizar valores de media y desviación estándar históricos, tomando estos datos de los valor con la cual se realizaron las aprobaciones de los procesos, en el cual se determinaron los límites de especificación de cada una de las terminales.

Una vez terminadas las graficas y obtenidos los datos de los límites de control, se pudo apreciar que la mayoría de los valores promedios están dentro de estos límites de control, para lo cual se determino que se encuentran dentro de control.

Una vez con todas las graficas terminadas se analizaron los puntos que se encuentran fuera de los límites de control y se verificaron las causas por las cuales se habían originado cada uno de ellos, encontrando lo siguiente:

Causas de Variación	Cantidad	% de Contribución
Cambio de aplicador	26	52%
Operador / Equipo	24	48%
Gran Total	50	100%

2 MARCO TEORICO

2.1 QUE ES LA CALIDAD

La calidad siempre ha sido muy importante. De hecho, muchos expertos aseguran que históricamente, de los niveles de calidad de los productos y servicios depende en gran medida el desarrollo económico de las comunidades, ya que les permite obtener beneficios de manera sostenible.

Sin embargo, calidad es mucho más que belleza. En realidad, bajo él termino calidad se engloban conocimientos especializados de disciplinas tan diversas como matemáticas, administración, psicología, derecho e ingeniería. Por otra parte no existe disciplina donde no puede aplicarse con éxito los principios de la calidad. Estos dos factores dieron pie a que se generara una cantidad impresionante de información, herramientas y mitologías cuyo fin común era, ha sido y será la mejora de la calidad en las comunidades. Sin embargo, parece ser que el verdadero sentido de lo que es calidad y sobretodo el cómo lograrla, se ha perdido.

Un concepto básico para entender el verdadero sentido de la calidad es el cliente: **Cliente** es todo aquel que obtiene un beneficio de nuestro trabajo. Esta

definición implica que nuestros clientes pueden estar dentro o fuera la empresa y desde una perspectiva más general, la sociedad y la humanidad misma son nuestros clientes. Las aportaciones de Newton, Edison, y Ford impactaron y siguen impactando al mundo entero... Nuestro **proveedor** es aquel que hace algún tipo de trabajo para nosotros. Nótese que el énfasis esta en trabajo, no en producto.

Nuestro jefe es nuestro cliente, pero también nuestro proveedor.

Si pensamos todos a nivel macro, todos somos clientes y todos somos proveedores

Una definición de calidad es entonces satisfacer las necesidades de todos nuestros clientes al menor costo posible, es decir; es necesario cumplir con lo que nos están pidiendo, pero buscando siempre la **optimización de recursos**. Esto implica un gran **conocimiento** sobre lo que el cliente espera del producto. Además de la búsqueda continua de reducir el desperdicio, que ha su vez se traducirá en una reducción de costos, es necesario entregar el producto **a tiempo**. Pero eso no es todo, el cliente espera además un **servicio** amable y una rápida respuesta a sus quejas y requerimientos de información. Así pues, podemos decir que la calidad tiene diferentes dimensiones y que cumplir con todas para seguir siendo competitivos.

Calidad contempla el satisfacer o exceder las expectativas y requerimientos del cliente mientras se reducen los costos y se le entrega el producto cuando este es esperado. Brindándole un excelente servicio.

2.1.1 OBJETIVO DE LA MEJORA CONTINUA

Históricamente no se le ha dado mucha importancia a la variabilidad del proceso, y las practicas de calidad se han limitado a revisar que las características de los productos estén dentro de las especificaciones utilizando revisiones de tipo **PASA / NO-PASA**. Sin embargo, la calidad de los productos puede variar hacia uno de los límites de especificaciones un día y hacia el otro día y es poco probable que se tomen acciones al respecto.

De acuerdo al paradigma tradicional un administrador de procesos se conformara si las partes o productos cumplen con las especificaciones y seguramente no se preocupara por buscar centrar el proceso en el valor nominal. Es muy probable que tampoco este consciente de los costos que implica alejarse del valor nominal.

De acuerdo al paradigma nuevo un administrador debe considerar que estar lo mas centrado posible con respecto al valor nominal puede eliminar efectivamente la inspección y el material defectuoso y de esta manera evitar todos los costos asociados con la inspección, el desperdicio y el re-trabajo.

Es importante considerar que en la practica, el valor de los límites de especificación muchas veces es establecido de forma arbitraria porque es muy fácil determinar que cantidad podemos permitir. Por otra parte es mas sencillo determinar cual es el valor optimo o nominal que se requiere. Se debe entonces mantener un proceso permanente de mejora continua, que nos lleve a reducir al máximo la desviación de los valores nominales. Esto llevara a una reducción de costos, re-trabajo y desperdicio capaz de incrementar la competitividad de nuestra empresa. Una de las limitantes más importantes del enfoque tradicional es que este no fomenta el proceso de mejora, ya que lo único que les importa a

los administradores del proceso es que estén dentro de especificaciones. De esta forma cualquier inversión que se proponga para mejorar un equipo deteriorado, con el fin de reducir variabilidad será difícilmente justificable si las partes producidas están dentro de los límites de especificación vigentes. Sin embargo es importante recalcar que las inversiones hechas en este sentido no tienen como fin simplemente reducir la variabilidad, si no obtener de esta reducción importantes ventajas en términos de reducción de costos de manufactura.

La reducción de la variabilidad de los procesos alrededor del valor nominal implica la selección de niveles óptimos de las variables controlables que permiten eliminar el efecto de los factores ambientales y condiciones de uso.

2.1.2 MEJORA CONTINUA ESTANDARIZACION Y RESULTADOS.

La mejora continua implica cambios constantes, mientras que la estandarización de procedimientos, operaciones, etc. Trata de evitar el cambio y apoyarse en lo conocido. Ambos esfuerzos están respaldados la mayoría de las veces por buenas intenciones, sin embargo, buenas intenciones no son suficientes. Deben recopilarse y analizarse datos que evidencien y ayuden a evaluar el impacto de ambos esfuerzos. Una herramienta que permite evaluar y dentro de un ciclo determinar el modelo de mejora a seguir es el **Control Estadístico de Procesos. (CEP).**

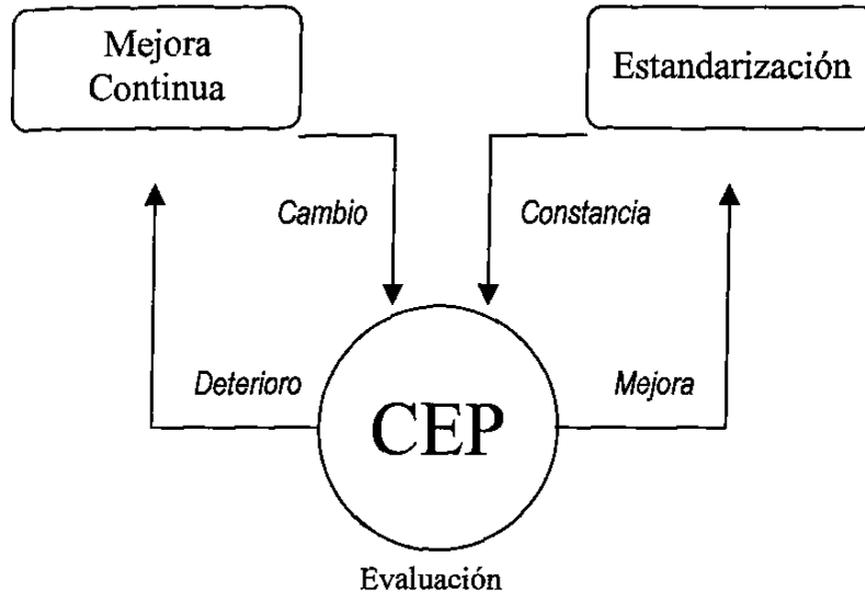


Figura 2.1 Circulo del CEP

Los cambios, productos del esfuerzo de mejora continua, son evaluados a través del CEP; si los cambios no son favorables y muestran un deterioro a la situación prevaleciente se vuelve a intentar el cambio. Si el producto del cambio es favorable, se estandariza la mejora desarrollando procedimientos y métodos de operación que respalden la mejora. Todo cambio debe ser medido, analizado, cuantificado y documentado.

2.1.3 PRODUCTO Y PROCESO

El primer paso para mejorar es entender la diferencia entre producto y proceso. Cada uno de estos términos debe ser descrito en forma individual y separadamente.

El componente clave para la mejora del producto es el proceso.

El **producto** es el resultado de actividades y debe ser siempre un sustantivo. No deben incluir especificaciones o metas. El análisis del producto es reactivo, es decir actúa una vez que ocurrió el problema.

El **producto** corresponde a las actividades requeridas para hacer el producto. El proceso siempre es un verbo. El análisis del proceso es pro-activo, actúa durante y anticipadamente a los problemas.

2.1.4 ESTRATEGIA Y TÁCTICA: DEFINICIÓN DE ROLES.

Las decisiones tácticas son definidas como aquellas en las que se utilizan los medios disponibles para lograr un objetivo. Las decisiones estratégicas están relacionadas al arte de visualizar, planear y definir los medios para lograr un objetivo.

Las áreas operativas son responsables de la toma de decisiones tácticas.

La responsabilidad de las áreas operativas es mantener las instalaciones y procesos trabajando **correcta y consistentemente**. Operaciones detecta cambios y controla mediante herramientas de CEP.

La responsabilidad de la administración es el proveer las instalaciones y procesos que ofrezcan al cliente el producto esperado y evaluar el impacto de operaciones. Las decisiones que se toman son estratégicas y las herramientas que se aplican son estudios de capacidad y de mercado.

2.2 CONOCIMIENTO PROFUNDO A TRAVÉS DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LOS PROCESOS.

El Control Estadístico del Proceso (CEP) es un conjunto de **técnicas estadísticas** que nos permiten entender que es verdaderamente lo que está ocurriendo con nuestros procesos y de que forma las **seis fuentes básicas de variación** afectan a los sistemas.

Estas seis fuentes básicas de variación son mano de obra, maquinaria, materiales, método, medio ambiente y medición.

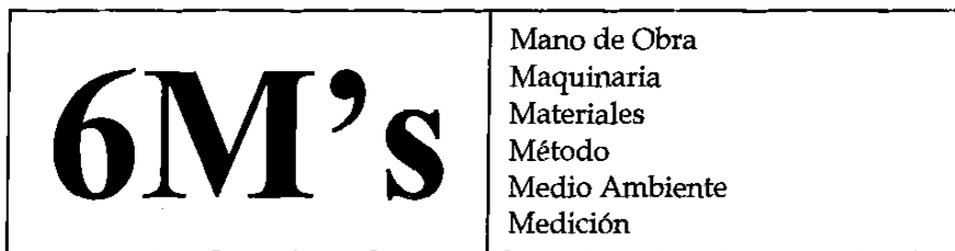


Fig. 2.2 Fuentes básicas de variación.

Además, el CEP nos permite **pronosticar** el comportamiento que tendrán nuestros procesos a través del tiempo y controlar la **variación**.

Imaginemos lo difícil que resultaría el hecho de que además de estar en un ambiente de mercado en constante cambio y del dinamismo propio que tienen los procesos dentro de las empresas, fuéramos incapaces de conocer y controlar esta variabilidad. De hecho, no necesitamos de mucha imaginación para concebir este caos.

El verdadero valor del CEP es que nos permite conocer con lujo de detalle el comportamiento, bajo diferentes condiciones de nuestro proceso. Así, podemos entender como va a reaccionar a diferentes estímulos y planear acciones para

reducir los efectos negativos (o aumentar los positivos). A este entendimiento de los procesos se le conoce como **Conocimiento Profundo**.

A través del conocimiento profundo de nuestros procesos podemos tomar decisiones concernientes a los mismos basados en los datos y hechos, no en suposiciones. Estas decisiones podrían tomarse no solo a nivel directivo, sino a través del CEP incluso los niveles operativos tendrán la capacidad de actuar sobre los procesos a favor del cliente. Esto nos llevara a la optimización global de los sistemas y no a la suboptimización de los mismos.

2.3 EL CONTROL COMO ACTIVIDAD PREPONDERANTE DEL INDIVIDUO EN LOS PROCESOS.

La calidad no es obra de la casualidad, sino es producto del trabajo organizado planeado, creativo y comprometido de todas las personas que participan en la empresa.

La forma actual de trabajar en las empresas tiende a mantener al hombre alejado físicamente de los productos, a la eliminación del trabajo artesanal. La definición de Armand Feigenbaum es más genérica, al definir el control como un proceso para delegar responsabilidad y autoridad sobre una autoridad administrativa sin perder los medios para asegurar resultados satisfactorios.

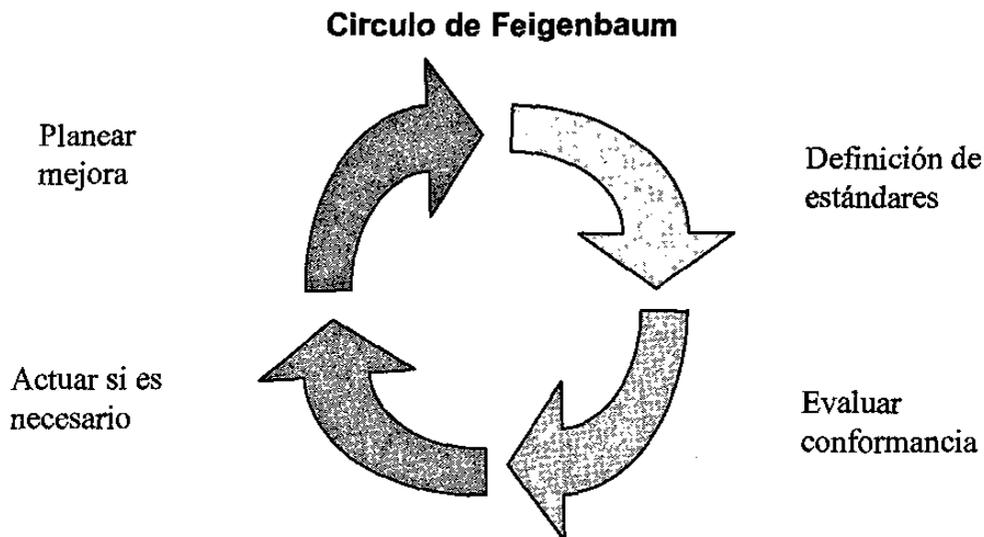


Fig. 2.3 Circulo de Feigenbaum

Un sistema solo será capaz de mantener un proceso de transformación estable a través del tiempo en un ambiente cambiante a través de sus mecanismos de control. Para lograr esto el flujo de información entre los elementos es indispensable.

2.4 LA ESTADÍSTICA COMO INSTRUMENTO DE CONTROL.

Podemos definir la estadística como la ciencia que trata con la recolección, análisis y obtención de **conclusiones** a partir de datos.

De acuerdo con William Mendenhall, el objetivo de la estadística es hacer inferencias con respecto a una población a partir de una información contenida y proporcionar una medida de la bondad de la inferencia.

La estadística se presenta entonces como instrumento a partir del cual podemos interpretar la variabilidad de los procesos. La estadística cumple con dos funciones vitales para la mejora continua en las empresas:

1. Proporcionar un lenguaje común, hablar con hecho y cifras y no con suposiciones.
2. Pronosticar el comportamiento de los procesos, ya que mide, compara y analiza.

2.4.1. ETAPAS DE APLICACIÓN DE LA ESTADÍSTICA.

La aplicación de la estadística en las empresas es gradual, sin embargo, en cada una de las etapas es posible obtener un conocimiento de los procesos tal que sirva como base para la etapa siguiente y sobre todo como apoyo para la toma de decisiones.

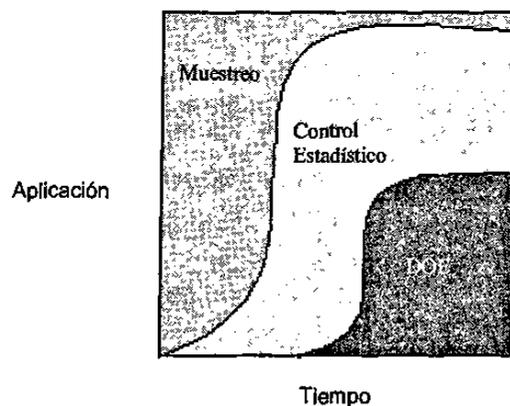


Fig. 2.4 Etapas de Aplicación estadística

Etapa	Objetivo	Resultados
Muestreo	Detección De Defectos	Obtención de datos
Control Estadístico	Prevención de defectos	Desarrollo de sistemas
Diseño de Experimentos	Optimización de procesos	Aplicación de conocimientos
Método Taguchi	Optimización de recursos	Optimización de sistemas

2.5 LA DEFINICION DE LOS PROCESOS DESDE UN ENFOQUE SISTEMATICO

Podemos partir de la definición del proceso como un conjunto de actividades que se llevan a cabo con un fin determinado. Todas las actividades que se realizan en una organización forman parte de un proceso.

En ese sentido, podemos identificar un número infinito de procesos dentro de las empresas. Así, podemos decir que una organización se mueve a través de procesos, pero no solo a través de los procesos productivos, sino también procesos administrativos.

Pensar en función de los procesos es probablemente el cambio mas profundo que ha de ocurrir en camino hacia la administración de calidad. Identificar los procesos, como están interrelacionados y buscar su optimización y control nos lleva a reducir la variabilidad de los procesos mismos, aumentar la calidad y por lo tanto, a ser más competitivos.

Si los trabajadores tienen la capacidad de entender como están relacionados sus trabajos con un objetivo final, como funciona su proceso, podrían enfocarse a reducir costos, errores, problemas y se mostraran mucho mas abiertos a cooperar con el personal de otras áreas.

La gente que ve el trabajo como procesos, entiende fácilmente que la calidad de sus productos esta determinada por la calidad de sus instrumentos y de la forma en que estos se transforman.

Bajo un enfoque, la definición comúnmente aceptada de sistema es un conjunto de elementos interrelacionados que actúan para lograr un fin común. Podemos decir entonces que un grupo de procesos relacionados entre sí

representan un sistema. Tanto un sistema como un proceso tienen un fin determinado. Aunque este fin este implícito, sin el no existen los procesos, no existen los sistemas.

2.6 LA FUNCIÓN DE LAS PERSONAS EN EL CONTROL DE LA VARIABILIDAD Y LA MEJORA CONTINUA

Detrás de cada acto de control o de mejora continua, por lo grande o pequeña que esta sea, esta su autor, el que recopilo la información, se tomo el trabajo de diagnosticar y se arriesgo en una toma de decisión, el que verifico si la decisión funcionaba.

Es necesario entonces poner especial atención al personal, entender que las empresas están echas en base a personas y que sin ellas, la organización sería un conjunto de maquinas, escritorios y papelería inútiles y sin vida.

Por otra parte, también tenemos que reducir l variabilidad en las personas. Esto no se refiere a la variabilidad física entre las mismas, sino a la variabilidad de su trabajo. Trabajo creativo no significa libertinaje y desorden. Es necesario que las empresas cuenten con programas de selección y capacitación capaces de lograr que el perfil de las personas sea óptimo y con sistemas que aseguren que todo el conocimiento que se genera dentro de las empresas no se pierda, sino se acumule y sea base de mejora.

2.7 CLASIFICACION DE LAS VARIACION DE LOS PROCESOS

Como ya se ha discutido, todos los procesos, ya sean naturales o diseñados por el hombre, están sujetos a cierto grado de variabilidad. No existen dos piezas exactamente idénticas. Del mismo modo, no existen dos arboles idénticos y ni siquiera los gemelos son iguales.

"La variación esta presente siempre y es inevitable"

Por otra parte, la variación no es del todo **impredecible**. Podemos esperar que un manzano nos dé manzanas dentro de cierto **rango** de peso, pero no que nos dé manzanas de 20 kilos ni tampoco que de peras. Todo proceso tiene una variación **esperada**. Si de pronto nuestro árbol de manzanas diera manzanas de 20 kilos, pudiéramos estar seguros de algo **anormal** ocurrió con nuestro árbol.

De igual forma, el control estadístico de procesos nos ayudara a identificar cuando la variación de un proceso es la esperada y cuando es una variación extraña. Hasta donde, en condiciones normales, podemos esperar que varíen nuestros procesos.

"Toda variación especial es causal

Siempre habrá una causa a la cual se puede atribuir la variación"

La variación de los procesos esta provocada por dos tipos diferentes de causas: **Causas Comunes y Causas Especiales**.

Las **causas comunes** son las causas de variación propias del proceso y que no cambian a menos que cambie el proceso. Si una persona va diario a su trabajo, no todos los días llegara a la misma hora, ya que él trafico, la hora a la

que sale de su casa, las condiciones del camino y otros factores serán causas comunes de variación en su recorrido. Estas están presentes todos los días.

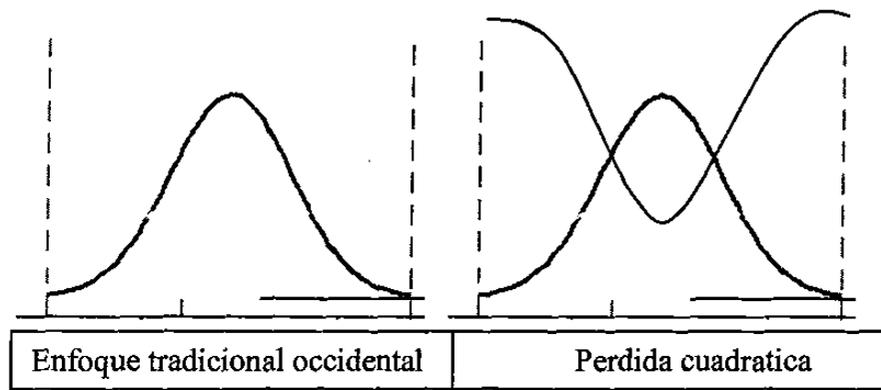
Dentro de las causas comunes de variación, existe la **variación sistemática**, provocada por cambios sistemáticos o ciclos del proceso.

Las **causas especiales** son las causas de variación que no pertenecen al proceso y que se presentan de vez en cuando solamente. Si una persona que va al trabajo se accidenta (lo cual afortunadamente no ocurre todos los días) es probable que llegue fuera del rango de variación con el que llega todos los días. Este accidente no es parte de la variación "normal" en su recorrido.

Dentro de las causas especiales, es importante mencionar el **entrometimiento**, provocado por el ajuste causado por intentar compensar las causas comunes de variación.

Debido a que la variación es inevitable, los seres humanos nos hemos dado a la tarea de fijar **límites y tolerancias**. 60 kilómetros máxima velocidad, 18 años mínima edad para votar, se solicita personal entre 25 y 30 años de edad son los límites y las tolerancias. La **tolerancia** es una variación máxima y mínima que estamos dispuestos a aceptar. Si solo tenemos un máximo o un mínimo, la tolerancia se llama **límite**.

Es necesario que nos demos a la tarea de determinar tolerancias que minimicen la suma de los costos de manufactura y de calidad. Es por eso que tenemos que estar seguros de que la variabilidad natural de nuestros procesos **este controlada y dentro de especificación**. Si nuestros procesos no son capaces de cumplir en condiciones normales con las especificaciones, entonces estamos entregando constantemente productos con costos por arriba del óptimo. El CPE nos ayuda a calificar que tan eficientes son nuestros procesos.



**El control estadístico del proceso es importante porque
Calidad también significa control de la variación**

Fig. 2.5 Graficas de enfoque

2.8 LA EVOLUCION DE LA CALIDAD, PREVENCION CONTRA DETECCION

Existen dos formas de evitar que nuestros clientes reciban productos fuera de especificación, la detección y la prevención.

La **detección** es un proceso en el cual se inspecciona todo lo que se hace para separar el trabajo bien realizado del trabajo mal realizado.

Sin embargo, cuando inspeccionamos, no hacemos nada para corregir. Algo puede estar fallando en el proceso y nadie se va a dar cuenta. Y lo que es peor, estamos gastando en pagarles a las personas para hacer mal su trabajo y a otras para que revisen y corrijan lo que otros están haciendo mal. Además de todo, para poder asegurar que este sistema funcione, se tienen que revisar todas las piezas, pieza por pieza. Esto no es siempre la mejor forma de trabajar, ya que la inspección puede fallar.

Por otra parte, la **prevención** busca evitar que ocurran los defectos. En vez de actuar sobre los productos defectuosos, vamos a evitar que nuestros procesos generen estos defectos.

Las diferencias son importantes. Primero pensamos en mente de obra, no en mano de obra. La calidad es responsabilidad de todos. Todos podemos y debemos participar para lograrla y ¿quien conoce mejor su proceso que aquel encargado de hacerlo? Tenemos que usar la capacidad y el talento de cada persona que forme parte de nuestra empresa.

Empezaremos a **medir** todo aquello que sea útil. Los números nos dirán que esta pasando y que podemos esperar que pase en un futuro cercano.

En vez de revisar todos los productos, revisaremos solo algunos. Tenemos que conocer tan a la perfección como se comportan nuestros procesos que con solo una **muestra** podamos decir si nuestro proceso sé esta comportando como esperamos o no. Si nuestros procesos se están comportando como esperamos, no hay ningún problema. Sin embargo, si algo extraño esta ocurriendo en un proceso, nos daremos cuenta a través de nuestra muestra. En ese momento, nos detenemos a investigar que es lo que esta **afectando** a nuestros procesos y a realizar los **cambios o ajustes que sean necesarios**.

N	NOMBRE	Piezas	Juguete	Ayuda			Observaciones
				Visual	Coating	Gage	
							29 Enero 2004 Turno Noche (Ernesto)
101	Base/tapa tras. # 10	00968-3400/3500	tras. # 10	si			Se hizo arranque salio ok la máquina paro 12:00
102	Base/tapa tras. # 3B	74450-2259/2269	tras. # 3 B	si			ok
103	COVER 7-19 BLACK	74440-2639	GB 7-19	si			Se rechazo por codigo de fecha incorrecto se retrabajó
104	BASE 7-19 BLACK	74440-2629	GB 7-19	si			ok
105	COVER 7-17 BLACK	00968-2501	GB 7-17	si			
106	BASE 7-17 BLACK	00968-2401	GB 7-17	si			
107	Out Pul Gear	74310-2189	GB 7	si			ok
108	Primario	74540-2269	GB 7	si			ok
109	Terciario gear	74310-2169	GB 7	si			ok
110							
111	Secundario	74540-2139	GB 7	si			ok
112							
113	Hub gear	74650-2119	GB 3 B				
114	Primario 3 A/B	74580-2099	GB 3A/B				OK
115	Secundario 3B	74580-2119	GB 3B				ok
201	Fork	B2488-2049	R&R Electronics.	si	si	si	ok
202	Wheel black	77760-2119	Little quad restage	si		si	ok
203							
204	Wheel Fy R Black	73528-2469-2469	73528 R&R Restage	si			
205	Windshield	B0155-2619	Fire Rescue jeep	si		si	
206	WHEEL	76790-2119	Go Kart	si		si	
207	wheel	76790-2119	Go Kart				Se rechazo por over blow cavidad 1 Sortearon el material
208	Shovel	B0155-2449	Fire rescue jeep	si			Solo trabajo una cavidad Dimencion 1 y 2 Se rechazo por estar fuerade spec seledio uai
209	Brushguard	73690-2079	Kewasaky	si		si	ok
210	Wheel Rear Black	B8775-2469	Ninja trike restage.	si		si	Se rechazo por bajo peso y pared delgada
301	Wheel	74460-2459	Silverado	si		si	
302							
303	Frame Morado	73528-2019	73528 R&R Restage				
304	Wheel	74558-2469	Barbie trail rider.	si		si	
305	Wheel Black	B7659-2459	Blue Wrangler jeep.	si			Se rechazo por dimension 1 Mayor
306	wheel	73690-2459	Ninja quad	si		si	ok
307	Handle lower	B2488-2079	R&R Electronics.	si	si	si	ok
308							
309	Roll-bar / Brushguard / Support	B0155-2219 / 2769 / 2789	Fire rescue jeep	si		si	
310							
311	Windshield	73610-2619	Fire rock jeep	si		si	
312							
313	Roll-bar / Brushguard	73610-2339 / 2349	Fire rock jeep				
314	Roll-bar / Brushguard / Support	77770- 2219 / 2189 / 2379	Barbie take along tines				
315	Frame Green	B2488-2019	R&R Electronics.	si			ok
316							
317							
401	Hood / Trunk Cover	B3162-2119 / 2359	Barbie Dune	si			
402	Seat	78490-2319	Blue Wrangler jeep.	si			
403	Hood	78537-2359	Blue Wrangler jeep.	si			
404	Body	73610-2109	Fire rock jeep	si	si	si	
405	Body	77760-2109	Little quad restage	si			ok
406	body trike	B1480-2109	Boy's Trike L&S Boys	si			ok
407	Front Module	B7659-2019	Blue ranger jeep ref.				
408	Chassis green	3800-6893	Go Kart gfrs	si			
409	Dash blue	4000-0245	Blue Wrangler jeep.	si			
410	body trike	B1480-2109	Boy's Trike L&S boys	si			ok
411	Body	B8775-2309	Ninja trike restage	si			ok
412	Body	B8775-2309	Ninja trike restage	si			ok
413							
	Body	4000-0247	Blue Wrangler jeep.	si			Esta máquina Arranco 5:00 Am Se rechazo el material se molio por tener marcas de humedad parte frontal
415	Seat	B3162-2309	Bettle				
416	Body VW	3800-7208	Barbie Dune	si			
417							
418	Body	3800-6966	NINJA	SI			ok
419							
420							
	Maquinas Soplado 11	Auditorias Soplado 11	Aud Soplado Acc 7				Maquinas Trabajando: 26
	Maquinas Inyeccion 0	Auditorias Inyeccion 0	Aud Iny Acc 0				Arranques X Inspeccion: 0
	Maquinas GB 12	Auditorias GB's 12	Aud GB's Acc 10				Arranques X Inspectores: 0
	Rechazos en Linea						Arranques Totales: 0
							Arranques Pendientes: 1

January 29, 2004

3 OBTENCION DE DATOS DE CALIDAD: LA BASE DE UN SISTEMA OPTIMO DE CONTROL DE PROCESOS

3.1 CARACTERISTICAS CRITICAS Y RELEVANTES

Una vez que decidimos que el control estadístico de procesos nos puede ayudar a incrementar la calidad de nuestros productos, la siguiente pregunta es **¿Qué es lo que quiero controlar?**

Lo que tenemos que controlar son dos cosas, las características críticas y las características relevantes de nuestro proceso.

Característica Crítica es toda aquella que si rebasa cierto límite pone en peligro la vida de alguien. Un horno que se sobrecaliente, el nivel de algún producto químico y la velocidad de rotación de algún motor son características que debemos de controlar para poder tomar acción y prevenir accidentes.

Característica Relevante es aquella que afecta a nuestro cliente, ya sea interno o externo. Una pieza que no tenga la longitud indicada, un cuadro descuadrado o un tiempo de espera excesivo son características que debemos controlar, para así poder eliminar costos innecesarios en nuestros productos y servicios.

Las características críticas y relevantes se deben de definir junto con el departamento de ingeniería y con el cliente, para estar seguros de que fueron seleccionados adecuadamente. La definición de estas características es vital para un buen programa de control estadístico de procesos, ya no debemos de tener tantas gráficas que sean incontrolables, ni descuidar características importantes de nuestro proceso.

Las características críticas y relevantes pueden dividirse a su vez, en variables continuas y variables discretas.

Las **variables continuas** son aquellas que pueden tomar cualquier valor dentro de un intervalo. Un ejemplo es el largo de un tubo (1.70, 1.71, 1.73)

Las **variables discretas**, en contraste solo pueden tomar valores específicos. El numero de defectos en un lote por ejemplo (1, 2, 5).

Una buena guía para selección de características es la siguiente:

- Deben tener una fuerte relación con calidad o costo.
- Deben tener un impacto económico medible.
- Deben presentar variabilidad medible con nuestros sistemas.
- Deben brindar información útil a la toma de decisiones.

3.2 RECOLECCION DE DATOS

Una vez definidas las características críticas y relevantes, debemos empezar a obtener datos acerca de su comportamiento. Para nuestros fines, un dato se puede definir como un valor numérico. 2, 3, 4, son datos, pero por si mismos no dicen nada, no dan información. La información es un conjunto de datos que permiten la toma de decisiones. Para que los datos sean valiosos, estos deben proporcionar información. Para que la información sea útil esta debe ser verdadera y oportuna.

Para que la recolección de datos sea buena, es recomendable:

- Saber que información y que decisiones se pretenden obtener.
- Tener el instrumento adecuado para poder efectuar las mediciones.
- Asegurar que la muestra sea aleatoria.
- Ser ordenado y puntual en la recolección de datos
- Usar ilustraciones / ayudas visuales siempre que sea necesario (útil).
- Buscar que los datos sean verdaderos.
- Tener un formato donde anotar los datos.
- Nunca usar datos para buscar responsables.
- Buscar siempre el óptimo económico.

Si tenemos cuidado con todos estos factores, estaremos garantizando que la calidad de la información que obtengamos de los datos sea buena. Recuerde que si a un sistema entra basura, el sistema generara también basura.

3.3 LISTAS DE VERIFICACION

Una lista de verificación es un formato estructurado y preparado para recopilar y analizar información. También se puede utilizar para confirmar y registrar que tareas de un proceso se realizaron.

Se utiliza para:

- Recopilar datos sobre la ocurrencia de eventos, problemas, defectos, localización de problemas y causa de los mismos.
- Recopilar datos sobre un sistema de producción.
- Recopilar datos repetitivos sobre eventos que ocurren en condiciones similares.
- Estandarizar listas de tareas largas.

Procedimiento:

1. Decidir que es lo que se va ha observar. Documentar definiciones y operaciones.
2. Decidir cuando se va ha obtener la información y en que cantidad.
3. Diseñar la lista de verificación. El formato de esta debe ser tal que permita un mínimo de esfuerzo por parte del analista.
4. Poner etiquetas en cada espacio de la lista. Nada es obvio cuando se requiere estandarizar.
5. Hacer una prueba piloto con algún usuario.
6. Elaborar un procedimiento para asegurar que los datos de las listas generen información útil para la toma de decisiones.

Reporte de Inspección por Atributos					
	Cantidad	Máximo	Aceptado	Rechazado	Causa
Falta de llenado	I	3	x		
Deformes	II	3	x		
P. Inyeccion	I	5	x		
Manchas	I	5	x		
Rebaba		5		x	Molde
M. Botador	I	1	x		

Fig 3.1 Reporte de inspección.

3.4 FUNDAMENTOS ESTADÍSTICOS

Es necesario entender algunos conceptos estadísticos que nos permitan participar e forma activa en el control de los procesos y en la reducción de la variabilidad.

Definir una **población** como el agregado de los elementos sobre el que se quiere tener algún tipo de información. Nótese que no queremos obtener información sobre los elementos individuales, sino sobre el conjunto.

Una **muestra**, por otra parte, es una colección de objetos obtenidos de la población a través de algún criterio. Es un subconjunto de la población que, con cierto margen de error la representa.

Otro concepto fundamental para el CEP es el de **distribución**.

La distribución es una característica que representa a la población y en general, todo fenómeno medible que tenga variación, tendrá una distribución asociada.

(Aquí va una curva de distribución)

Ver pagina 30.

Una distribución tiene tres propiedades básicas asociadas: **localización, dispersión y forma**. Una distribución se puede caracterizar por estos tres parámetros, es decir, dos distribuciones son iguales si y solo si estos tres parámetros son iguales.

3.5 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

Las medidas de tendencia central se utilizan para la **localización** de una distribución. Esto es, el valor típico esperado de la distribución. Son tres las medidas de tendencia central más comunes, media, median y moda.

La **media** o media aritmética, es el valor promedio de los datos y se obtiene sumando todos los valores y dividiendo entre el total de valores.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde x_i es cada uno de los datos

Como ejemplo digamos que el promedio de los siguientes 5 datos (6, 7, 7, 3, 9) se calcula:

$$\bar{x} = (6 + 7 + 7 + 3 + 9) / 5$$

La **median** es el valor que divide en dos partes iguales a la distribución, o el valor central. El cálculo de la mediana se hace de la siguiente forma:

1. Se ordenan los datos de menor a mayor, incluyendo los repetidos
2. Si el número total de datos es non, entonces el valor central es la mediana.
3. Si es par, entonces el promedio de los dos valores centrales es la mediana.

Veamos un ejemplo para el cálculo de la mediana de los siguientes datos (6, 5, 6, 7, 8, 9)

$\tilde{x} = (5, 6, (6, 7), 8, 9)$ **6 y 7 son los valores centrales**

$$\tilde{x} = ((6 + 7) / 2) = 6.5$$

La **moda** es el valor de mayor frecuencia en una distribución. Se puede considerar como el máximo de la distribución y a diferencia de la media y mediana, una población puede tener más de una moda.

Calculemos ahora el valor de la moda de los siguientes datos (5, 4, 5, 6, 3, 1, 2, 3, 5)

Como vemos, le dato más frecuente es (5, 4, 5, 6, 3, 1, 2, 3, 5) y por lo tanto

$$\tilde{x}_n = 5$$

3.6 MEDIDAS DE DISPERSION

Las medidas de dispersión son aquellas que nos ayudan a determinar la dispersión o la **variabilidad** de una distribución. Los tres parámetros más utilizados como medidas de dispersión son el rango, la varianza y la desviación estándar.

El **rango** se define como la diferencia entre el valor mayor y el valor menor de los datos.

La **varianza** es una medida de dispersión que compara los datos con el promedio. Esta dada por la siguiente formula:

$$s^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

La **desviación estándar** es simplemente la raíz cuadrada de la varianza.

$$\text{standard deviation} = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

3.7 HISTOGRAMA

Un histograma es un grafico de barras que muestra la distribución de un grupo de datos: que tan frecuentemente ocurren los diferentes valores dentro de la distribución. En un histograma los valores individuales de los datos no se representan, a favor de la facilidad de elaboración y análisis.

Se utilizan para:

- Analizar en forma de distribución.
- Comunicar la forma de la distribución de forma rápida y fácil.
- Analizar si un proceso esta cumpliendo con los requisitos de un cliente.
- Determinar si ha ocurrido un cambio significativo en el proceso de un periodo a otro.
- Determinar si una población se distribuye normalmente.

Procedimiento:

1. Recopilar por lo menos 50 lecturas de un proceso
2. Determinar rango
3. Determinar número de intervalos. Para ello será útil consultar la siguiente tabla:

Numero de datos	# de Intervalos (A)
50	7
65	8
80	9
100	10
125	11
150	12
175	13
200	14

4. Determinar tamaño del inventario (W). Es necesario ajustar W para que no tenga más decimales que los datos, se recomienda siempre redondear hacia arriba. Los inventarios deben ser disjuntos, esto es, cada datos debe tener un valor asociado.
5. Determinar los límites de las clases y la marca de una clase. Una clase es un intervalo bajo el cual se van a agrupar datos similares.

El valor de la frontera inferior (L1) de la primera clase debe ser un valor menor al valor mínimo que se obtuvo para el rango.

Para calcular la frontera inferior del primer intervalo: $S1=L1+W$.

La frontera inferior del segundo intervalo (L2) será el siguiente valor posible a S1.

La frontera superior del segundo intervalo será: $S2=L2+W$.

Continuando este procedimiento hasta tener A clases, se espera que la frontera superior de la última clase SA, sea mayor que el valor máximo que se utilizo para calcular el rango.

La marca de clase será el valor promedio de las 2 fronteras.

Clase	F. Inferior (De....)	F. Superior (A.....)	Marcas de clase
1	L1	S1	$(L1+S1)/2$
2	L2	S2	$(L2+S2)/2$
3	L3	S3	$(L3+S3)/2$
A	LA	SA	$(LA+SA)/2$

6. Realizar el conteo. Se recomienda tener una lista de verificación para este propósito.
7. Analizar la forma del histograma. A continuación se presenta una de series de formas de histograma comunes y su posible interpretación:

Distribución Normal. Una de las formas más comunes en que se distribuyen los datos. En una distribución normal, los puntos ocurrirán con mayor probabilidad cerca del centro que en los extremos. Por otra parte, llevan a histogramas más o menos simétricos.

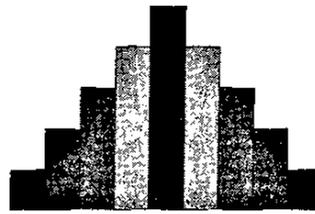


Fig 3.2 Distribución Normal

Distribución de peine. En esta distribución, se alternan barras cortas y barras largas. Esta distribución por lo general es producto de un histograma mal construido y datos mal redondeados.



Fig 3.3 Distribución de peine

Distribución de trunca. Esta distribución parece una distribución normal con las colas cortadas. Por lo general ocurre esto como efecto de un programa de inspección donde se separan las piezas que pasan cierto límite.

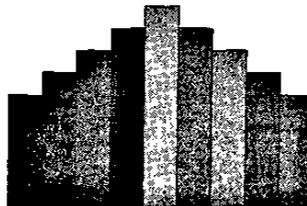


Fig. 3.4 Distribución de Trunca

Distribución sesgada. Las distribuciones sesgadas son producto de un límite físico en alguno de los lados. Por ejemplo, si estamos analizando el porcentaje de defectos de un proceso más o menos efectivo, la campana estará sesgada porque no puede haber menos de 0% de defectos.

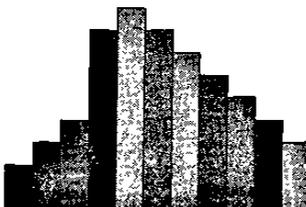


Fig. 3.5 Distribución sesgada

Distribución bimodal. La distribución bimodal tiene, como los camellos, dos jorobas. Esto ocurre cuando dos procesos con dos medias diferentes se combinan en el mismo histograma.

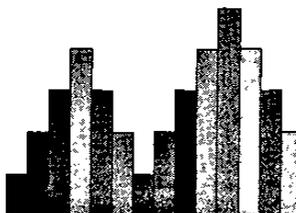


Fig. 3.6 Distribución bimodal

Distribución de meseta. Esta distribución también podría llamarse distribución multimoda. Varios procesos con distribuciones normales se combinan.

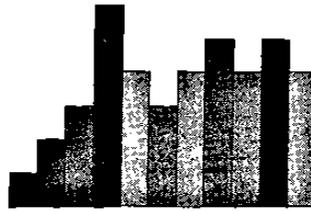


Fig. 3.7 Distribución de meseta

Distribución pico extremo. Por lo general, esta distribución se presenta cuando hacemos categorías en proceso del tipo mayor a o menor a.

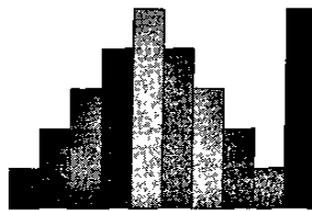


Fig. 3.8 Distribución pico extremo

Distribución cóncava. Este tipo de distribución no tiene valores cercanos al promedio. Esta distribución por lo general lleva a problemas de extrema variabilidad en los procesos cliente.

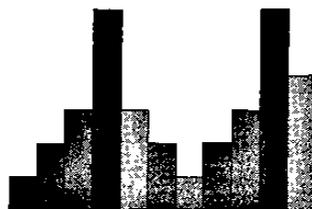


Fig. 3.9 Distribución cóncava

Consideraciones:

- No se puede utilizar un histograma para concluir definitivamente si una distribución es o no es normal. Para este efecto, es necesario recurrir a métodos analíticos. Sin embargo, un histograma nos puede ayudar a concluir que una distribución se comporta de forma más o menos normal que definitivamente no se comporta de manera normal.
- Si un proceso es estable, el histograma nos puede ayudar a pronosticar el comportamiento futuro del mismo. Si el proceso no es estable, entonces el histograma solamente será un resumen de lo ocurrido.

4 GRÁFICAS DE CONTROL: EL TERMOMETRO DE LOS PROCESOS

4.1 INTRODUCCION A LAS GRÁFICAS DE CONTROL.

Las necesidades para producir artículos de buena calidad, a bajo precio y en el menor tiempo posible, han llevado a las personas a desarrollar herramientas y sistemas que permitan cumplir con tales objetivos.

En 1924, el Dr. Walter Shewart desarrollo una herramienta muy útil para el control de los procesos. A esta herramienta se le llama **gráficas de control** y esta basada en la **variación natural de los procesos** y en la **teoría de las distribuciones normales**. Tiempo después, el Dr. William Edwards Deming, encontró que junto con otras herramientas, las gráficas de control pueden llevar a las empresas a un **proceso continuo de mejora** y las incluyo como parte muy importante de sus estrategias de calidad y productividad.

Las gráficas de control nos van a permitir tener un termómetro instalado en el proceso. Esto quiere decir que si algo en nuestro proceso esta cambiando, rápidamente nos podemos dar cuenta de ello.

La elaboración de las gráficas de control es **sencilla**, lo que nos permite colocarlas en la planta y no perder mucho tiempo elaborándolas. Por otra parte, nos ayudaran a conocer mejor nuestros procesos y **que podemos hacer para mejorarlos**.

4.2 GRÁFICAS DE CONTROL POR VARIABLES Y POR ATRIBUTOS.

Las gráficas de control se dividen en dos familias principales de acuerdo a los tipos de datos que estemos controlando. Estas familias son gráficas por variables y gráficas por atributos.

Las **gráficas por variables** controlan datos que son el resultado de una **medición**. Longitudes, temperaturas y resistencia son gráficas continuas que se controlan con una gráfica por variables.

Las **gráficas por atributos** controlan datos que son resultado de una **verificación contra un estándar**. El número de unidades defectuosas y el número de manchas en una superficie son variables discretas que se controlan por una gráfica por atributos.

4.3 GRÁFICAS DE CONTROL POR VARIABLES X-R.

Las gráficas de control X-R son las más usadas de las gráficas por variables y nos sirven de base para entender la mecánica de otras gráficas (cuando el tamaño de la muestra es mayor a 1). El proceso para elaborarlas es el siguiente:

1.- Recopilación de Datos

Debemos obtener los datos de acuerdo a un plan previamente establecido. El formato de la gráfica de control nos debe servir como referencia para identificar y documentar la gráfica correctamente.

A menos que las condiciones específicas lo impidan, en un inicio se recomienda tomar **cinco lecturas cada hora**. Estas lecturas nos darán base para hacer un plan de control que cumpla mejor con las características de cada proceso. Una vez que se toman **125 muestras**, se recomienda ajustar el plan en caso de que sea necesario.

2.- Calculo de rangos

Una vez que se tienen ya las lecturas, se va a calcular el rango para cada uno de los **subgrupos**. Un **subgrupo** es una muestra de varias lecturas o mediciones hechas al mismo tiempo. Por ejemplo:

Fecha	17 / 1	17 / 1	17 / 1	17 / 1
Hora	7:00	8:00	9:00	10:00
1	20	17	23	19
2	23	21	18	21
3	31	23	21	20
4	18	19	22	21
5	25	32	19	22
Suma				
Promedio				
Rango				

Tenemos los datos de cuatro subgrupos que se tomaron a partir de las 7:00 a las 10:00 cada hora del día 17 de Enero. En el primer subgrupo el dato mayor es el **31** y el menor es **18**. Esto quiere decir que:

$$R = (\text{valor mayor} - \text{valor menor}) = (31 - 18) = 13$$

Se debe calcular los rangos para toda la gráfica y anotar su valor en el espacio donde dice rango para cada subgrupo:

5	25	32	19	22
Suma				
Promedio				
Rango	13	15		

3.- Cálculo de promedios

El cálculo de promedios, al igual que el de rangos, se debe hacer para todos los subgrupos y se hace en dos partes

Primero: Se suman todos los datos del subgrupo y se anotan donde dice suma.

5	25	32	19	22
Suma	117	112		
Promedio				
Rango	13	15		

Segundo: se calcula el **promedio**, dividiendo la suma entre el número de las lecturas que hicieron en ese subgrupo.

5	25	32	19	22
Suma	117	112		
Promedio	23.4	22.4		
Rango	13	15		

Estos resultados se anotan en el renglón de promedios.

4.- **Calculo del rango promedio y del promedio de promedios.**

El **promedio de los promedios** se refiere a sacar el promedio de los datos que obtuvimos en el paso anterior. Vamos a sumar todos los promedios y los vamos a dividir entre el número de subgrupos que tengamos.

El **rango promedio** se calcula sumando todos los promedios de los rangos y dividiéndolos entre el número de subgrupos que tengamos.

5.- **Calculo de los límites de control.**

Los límites de control nos dicen, en condiciones **normales**, hasta donde podemos esperar **que un proceso varíe**. Es decir, marcan los **límites de variación normal de los procesos**.

- Los promedios nos dicen donde **esta localizado nuestro proceso**
- Los rangos nos dicen **cuanta variación existe en nuestros subgrupos**

Como ambos valores son extremadamente importantes, se calculan límites de control tanto de promedios como para rangos.

Las formulas para calcular los límites de control para los promedios son:

Límites de control de promedios = Promedio de los promedios \pm (RxA₂)

$$LSC_x = \bar{\bar{X}} + (RxA_2)$$

$$LSI_x = \bar{\bar{X}} - (RxA_2)$$

Cuando tenemos datos de **media y desviación estándar histórica** los límites de control se calculan de la siguiente manera:

$$LSC_x = \bar{X}_{Hist} + (SxA_3)$$

$$LSI_x = \bar{X}_{Hist} - (SxA_3)$$

Para rangos:

$$LSC_R = \bar{R}xD_4$$

$$LIC_R = \bar{R}xD_3$$

Si el tamaño de la muestra en los subgrupos es menor a siete, el límite de control inferior para los rangos no existe y no se gráfica.

Donde A₂, D₃, D₄ y B₄ son constantes de ajuste que tomaremos de la tabla de constantes, de acuerdo con el tamaño de nuestra muestra:

N	A ₂	MA ₂	A ₃	B ₃	B ₄	D ₃	D ₄	E ₂	D ₂
2	1.88	1.88	2.66	*	3.27	*	3.27	2.66	1.13
3	1.02	1.19	1.95	*	2.57	*	2.57	1.77	1.69
4	.73	.80	1.63	*	2.27	*	2.28	1.46	2.06
5	.58	.69	1.43	*	2.09	*	2.11	1.29	2.33
6	.48	.55	1.29	.03	1.97	*	2.00	1.18	2.53
7	.42	.51	1.18	.12	1.88	.08	1.92	1.11	2.70
8	.37	.43	1.10	.19	1.81	.14	1.86	1.05	2.85
9	.34	.41	1.03	.24	1.76	.18	1.82	1.01	2.97
10	.31	.36	.98	.28	1.72	.22	1.77	1.98	3.08

Para tamaños de muestra superiores a diez, se recomienda usar una gráfica de desviación estándar. Si el tamaño de la muestra es solo uno, debe usar la gráfica de rango móvil.

6.- Graficación.

Una vez calculado los valores anteriores, se deben graficar todos los datos que ya tenemos. Esto nos permitirá tener una mayor cantidad de información al mismo tiempo y obtener conclusiones sobre el comportamiento de nuestros procesos.

Para poder graficar de manera optima, es necesario escoger una **escala de graficación adecuada**.

Criterio empírico para seleccionar escalas.

Gracias a la experiencia operativa, se han determinado junto con el personal algunos criterios útiles para seleccionar escalas.

Existen muchas formas diferentes de seleccionar escalas, ya que cada usuario debe escoger una que se adapte a sus necesidades específicas (y las necesidades específicas del proceso que este graficando).

Una forma sencilla de seleccionar la gráfica de promedios:

1.- Asignar a la línea central de la gráfica el valor entero más cercano al promedio de promedios.

2.- Las otras líneas deben ser múltiplos de **1, 2 o 5**.

¿Cuál es la escala que debemos de escoger? Aquella que nos facilite más el graficado de los puntos y además permita que los límites de control se presentes con un espacio suficiente hacia arriba y hacia bajo. Para la gráfica de rangos emplearemos el mismo criterio, con la diferencia en los casos en que "**n**" sea menor a 7, se debe asignar el **cero** a la parte inferior de la gráfica de rangos. Estos son criterios un tanto informales y solo la prueba y error junto con la experiencia en piso nos dirán cual es la escala adecuada.

7.- Interpretación de las gráficas de control.

Una vez hecha la gráfica, debemos poder interpretar la información que está nos presenta. Básicamente consideraremos tres criterios.

Puntos fuera de los límites de control (PFLC): Son puntos que se encuentran por arriba del límite superior de control o por debajo del límite inferior de control. Por lo general nos dan evidencia de que existe alguna situación **anormal** en nuestro proceso. Debemos de tratar de identificar **cuales son las causas** que lo ocasionan para evitar que se sigan presentando en el futuro y documentarlas. Siempre que se presente un PFLC se recomienda revisar los cálculos antes de tomar acciones correctivas y algo muy importante, no sobreaccionar.

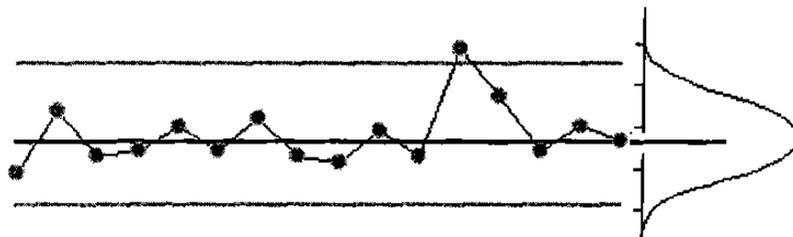


Fig. 4.1 Punto Fuera de Control

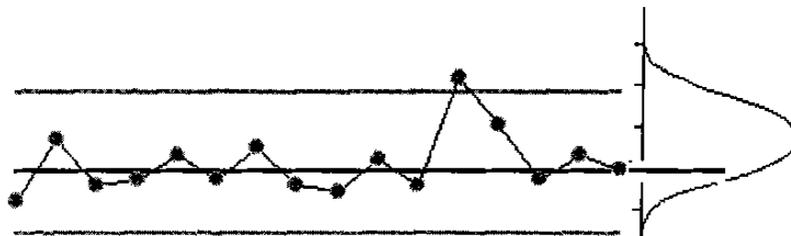


Fig. 4.2 Cambio de localización del proceso

Series: Corridas y Tendencias

Una serie es un grupo de 7 o más datos consecutivos que presentan un cierto **patrón común**.

Tendencias: 7 o más datos consecutivos que tienen una **dirección** hacia arriba o hacia abajo.

Las tendencias nos dan evidencia suficiente para concluir que el próximo dato seguirá la misma dirección que los anteriores.

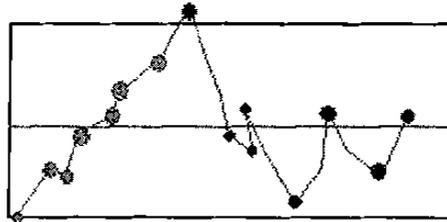


Fig 4.3 Tendencias

Corridas: 7 o mas datos consecutivos que están por arriba o por debajo de la línea promedio.

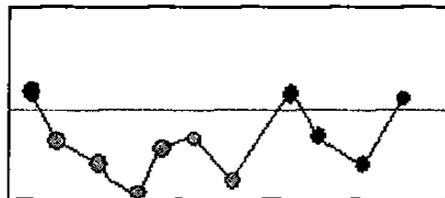


Fig. 4.4 Corridas

Adhesión: Las adhesiones nos indican donde se encuentran los datos de nuestra gráfica. Nos interesa saber cual es la proporción de los datos en el centro de la gráfica y cual es la proporción de los datos en los dos extremos de la misma.

Dividiremos la gráfica entonces en dos regiones extremo y una región central.

Este cálculo se conoce como el **cálculo de tercios**.

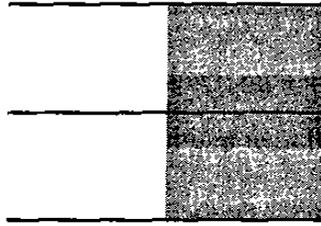


Fig. 4.5 Tercios

Calculo de tercios:

1.- Calculamos el tamaño del tercio (**A**) con la formula:

$$A = \frac{LSC - LIC}{3}$$

2.- Calculamos el terciario superior (**Ts**) y terciario inferior (**Ti**):

$$Ts = LSC - A$$

$$Ti = LIC - A$$

Una vez que calculamos los **tercios**, debemos trazarlos en nuestra gráfica. Los terciarios deben de dividir nuestra gráfica en tres secciones aproximadamente del mismo tamaño. Debemos ahora contar el número de puntos que se encuentran en las siguientes regiones:

- **Fuera de control**
- **Terciario Central**
- **Dos tercios extremos**

Adhesión al centro

Una gráfica tiene adhesión al centro si más del 90% de los puntos están en la región del tercio central.

Adhesión a los extremos

Una gráfica tiene adhesión a los extremos si más del 60% de los puntos están en los dos tercios de los extremos.

Una manera práctica de determinar adhesiones es la siguiente:

- 1.- Anotar el número de puntos fuera de control.
- 2.- Anotar el número de puntos en los extremos.
- 3.- Todos los demás puntos deben de estar en el centro.
- 4.- Calcular los porcentajes.

Si tenemos una gráfica con 25 subgrupos, 2 puntos fuera de control y 7 puntos en sus extremos, ¿Tienen adhesiones?

Región	Puntos	Porcentaje (%)	Evidencia Adhesión
Fuera de los límites	2	2/25 (8%)	*
Tercios extremos	7	7/23 (30%)	no
Tercio central	16	16/23 (70%)	no

Otros Criterios

Aunque su uso es menor, existen otros criterios para decidir que un proceso se encuentra fuera de control:

- Quince puntos consecutivos en el tercio central.
- Ocho puntos consecutivos en los tercios de los extremos.
- Cuatro de cinco puntos consecutivos en el tercio superior o cuatro de cinco puntos consecutivos en el tercio inferior.
- Catorce puntos consecutivos que alternan arriba y abajo.
- Dos de tres puntos consecutivos en la mitad superior del tercio superior o dos de tres puntos consecutivos en la mitad inferior del tercio inferior. Esto es, dos de tres puntos consecutivos en los sextos extremos de las graficas.

4.4 NORMALIDAD DE LOS PROCESOS.

Como ya hemos mencionado anteriormente, todos los procesos están sujetos a cierto grado de variación "natural". Esta variación es inevitable, pero no incontrolable ni caótica.

En la naturaleza, muchos son los fenómenos que se comportan en forma más o menos normal, por lo que se ha desarrollado una gran cantidad de conocimiento acerca de este tipo de distribución. La importancia de la normalidad reside en el hecho de que la gran parte de la teoría que esta detrás del CEP se basa en el hecho de que se esta trabajando con poblaciones mas o menos normales.

¿Qué es lo que nos permite asumir esta **normalidad** de nuestros procesos? Entre otras cosa, **el efecto estabilizador de la media**, que se expresa en el **teorema del límite central**. El teorema del límite central nos dice que sin importar la forma que tenga la distribución de una población, los promedios de los datos tomados de la muestra tenderán a comportarse normalmente entre mayor sea el tamaño de la muestra. Ahora bien, entre mas normalizada sea la forma de los datos de la población, menor será la muestra requerida.

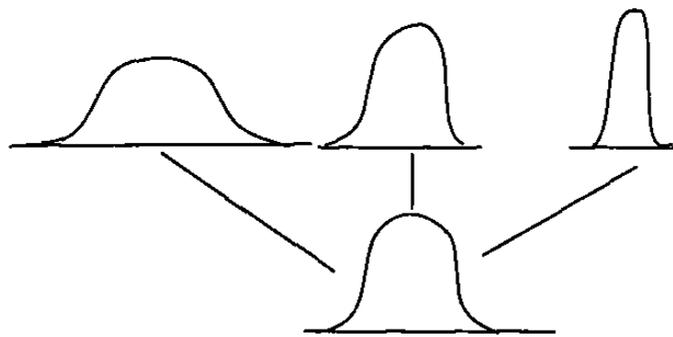


Fig. 4.6 Teorema del límite central.

Por otra parte, se debe tener cuidado con asumir que cualquier muestra es normal. Si no se tiene evidencia que respalde este hecho, es posible que estemos sobre reaccionando y acusando a nuestros procesos de un comportamiento anormal siendo precisamente eso lo que tiene, ¡una distribución que no es normal!

Para evaluar si un grupo de datos se comporta normalmente, existen muchas técnicas analíticas. De hecho, lo que estaremos buscando es probar que no se tiene evidencia de que la población no es normal. Para estar seguros, es necesario que tengamos absolutamente todos los datos, lo cual en la mayor parte de los casos es imposible.

Verificación del sesgo

La verificación del sesgo de una población normal se refiere a determinar si esta tiene **simetría** tal que nos permita afirmar al menos que no se tiene evidencia de no-normalidad.

El sesgo de una muestra se determina a través de la siguiente fórmula:

$$\gamma = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 \quad (\gamma_1 > 1)$$

Si una distribución es simétrica, su valor del sesgo será cero. Si tenemos más de 25 datos, un valor de γ_1 mayor que 1 nos da evidencia de no-normalidad. Para mayor exactitud, se recomienda consultar tablas especializadas.

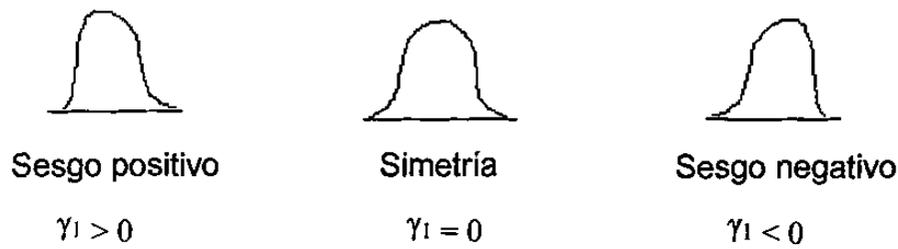


Fig. 4.7 Tipos de Sesgos

Verificación de curtosis

La verificación de la curtosis de una población normal se refiere a determinar si esta tiene una **relación entre centro y extremos** tal que nos permita afirmar al menos que no tiene evidencia de no-normalidad.

La curtosis de una muestra se determina a través de la siguiente formula:

$$\gamma = \frac{(n)(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 - \frac{3(n+1)^2}{(n-2)(n-3)}$$

Si Una distribución es normal, se espera que su valor de γ sea cero. Para muestras de tamaño 25, se espera que $-1.28 < \gamma < 2.30$. Para mayor exactitud se recomienda consultar tablas especializadas.

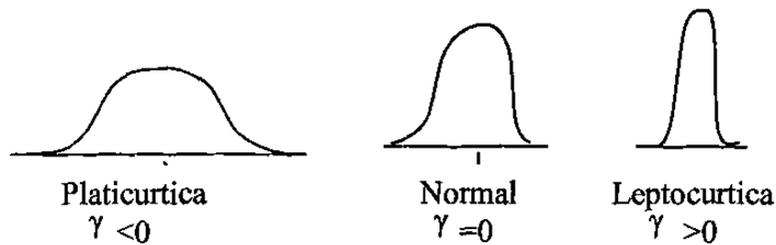


Fig. 4.8 Tipos de curtosis

4.5 HABILIDAD EN LOS PROCESOS.

Toda Variabilidad en un proceso controlado se puede pronosticar y con cierto grado de trabajo también se puede reducir. Debido a que existe la variabilidad, es necesario determinar tolerancias para nuestros procesos.

Esa tolerancia generalmente se puede expresar como un **límite máximo o límite superior de especificación** y como un **límite mínimo o límite interior de especificación**.

En una condición ideal, la variación **normal** del proceso debe permitir cumplir con las **especificaciones dadas**. Un proceso capaz de cumplir constantemente con las especificaciones se conoce como un proceso **hábil**.

Habilidad potencial

Un proceso solo puede ser hábil si sus límites de control son **menores** que sus límites de especificación. Un proceso **potencialmente hábil** es aquel cuyos límites de control son menores que sus límites de especificación. Si esto fuera un juego de fútbol, habilidad potencial significaría que la pelota es menor que la portería por la que cabe la posibilidad de que se anote gol. Si la pelota fuera más grande que la portería, aun con un tiro al centro sería imposible anotar.

LSE-----	Límite máximo que nos da el cliente
LSC-----	Límite máximo de variación del proceso
LIE-----	Límite mínimo que nos da el cliente
LIC-----	Límite mínimo de variación del proceso

A la habilidad de proceso se le conoce como C_p y se calcula de la siguiente forma:

1. Cálculo de la desviación estándar aproximada

$$S' = \text{Rango promedio} / \text{valor de tablas } d_2$$

2. Cálculo del C_p

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6S'}$$

3. Interpretación del C_p

Si el C_p es mayor a **uno**, el proceso es potencialmente hábil. Si el C_p es menor a uno, el proceso no es potencialmente hábil.

$C_p < 1$: El proceso no es potencialmente hábil.

$C_p > 1$: El proceso es potencialmente hábil.

Habilidad Real

Si un proceso es potencialmente hábil, probablemente nos interesara saber si es **realmente hábil**. Un proceso realmente hábil es aquel que es capaz de cumplir siempre, **en condiciones normales**, con las especificaciones del cliente.

Pero ¿Cual es la variación que podemos esperar en condiciones normales?
Pues precisamente los **límites de control**.

El cálculo de la habilidad real s hace de la siguiente forma:

1. Calculo del Z superior y Z inferior

$$Z_s = \frac{\text{LSE} - \text{Promedio de los promedios}}{S'}$$

$$Z_i = \frac{\text{Promedio de los promedios} - \text{LIE}}{S'}$$

2. Escoger el menor de Z_s y Z_i .

Este valor lo llamaremos Z menor o Z_{\min}

3. Calculo del C_{pk}

$$C_{pk} = \frac{Z_{\min}}{3}$$

4. Interpretación del C_{pk}

Si el C_{pk} es mayor o igual a 1.33, diremos que el proceso es realmente hábil. Esto quiere decir que en condiciones normales, el proceso será capaz de entregar una y otra vez productos dentro de especificaciones.

Algunos procesos, por sus condiciones específicas, piden más de 1.33 para declararse hábiles. De hecho, parte del sistema operativo de la habilidad de los procesos es el hablar de n sigmas de habilidad. Estas sigmas se refieren a cuanta variabilidad es capaz de soportar el proceso sin salirse de especificación y en general se refiere a $s/3$ de C_{pk} .

Habilidad en sigmas	Cpk en tercios	Valor mínimo Cpk
3 sigmas	3/3	1
4 sigmas	4/3	1.33
5 sigmas	5/3	1.69
N sigmas	N/3	x Valor

4.6 ERROR DE MEDICION: AISLAIENTO DEL ERROR ALEATORIO.

4.6.1 Importancia del sistema de medición.

Todo proceso contiene variabilidad, ¡incluyendo el proceso mismo de medir! Sin embargo, parte importante del conocimiento profundo de nuestros procesos es el determinar como es que el sistema de medición afecta la información que estamos obteniendo.

Es importante recordar que tanto el concepto de mente de obra como el concepto de medición marcan la diferencia entre prevención y detección, por lo que vale la pena tener especial cuidado del mismo.

Un error en medición se la diferencia entre una condición actual y la estimación de esa condición basada en una o varias mediciones. Esa diferencia entre lo que algo mide y lo que nos dice que mide.

El error de medición siempre será cuantificado y evaluado en función del desempeño de los procesos. Recordemos que un sistema de CEP debe de ser capaz de proporcionar datos que sean útiles en la toma de decisiones.

El primer concepto importante es el de **sistema de medición**. Podemos definir un sistema de medición como la combinación de instrumentos de

medición, ambiente, procedimientos, documentación y elementos de medición que permiten obtener una estimación de cierta condición.

Un sistema de medición se dice que es **exacto y preciso** si en promedio el valor a medir es el mismo que el verdadero. La diferencia entre el promedio y el valor real se le conoce como **sesgo**. Cuando hablamos de un proceso de atributos, la exactitud se refiere a la capacidad del sistema de llegar a un acuerdo con respecto a los estándares de inspección. Por lo general, la precisión se controla mediante la calibración y documentación.

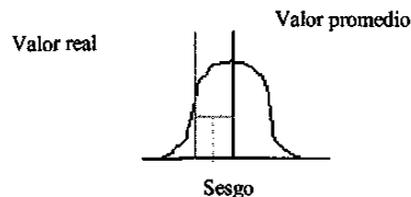


Fig. 4.9 Sesgo

De acuerdo con criterios empíricos, pero que han demostrado ser útiles en la práctica, no se debe de utilizar un sistema de medición cuya variabilidad no sea por lo menos 3 veces menor que la variabilidad del proceso que se está midiendo.

4.6.2 Análisis del sistema de medición a partir de los estudios R y R.

Se dice que un sistema de medición tiene **repetibilidad** cuando se produce el mismo resultado al medir varias veces el mismo artículo. La variabilidad que se produce cuando el sistema de medición se aplica repetidas veces bajo las mismas condiciones generalmente es ocasionada por causas inherentes al propio sistema. A esta variación se le conoce comúnmente como **error aleatorio**.

Cuando diferentes **personas** utilizan el mismo sistema de medición y se obtienen los mismos resultados, se dice que el sistema tiene **reproducibilidad**.

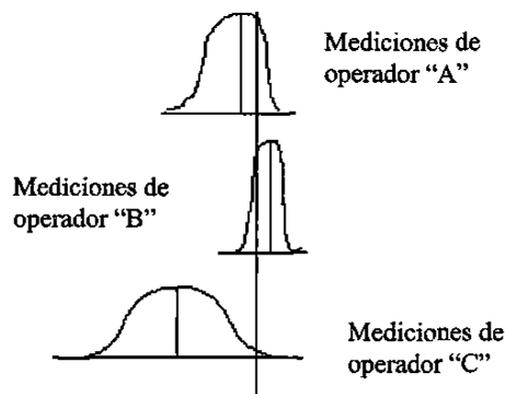


Fig. 4.10 Reproducibilidad

En un sistema de medición la **resolución** es la mínima diferencia que puede detectarse constantemente. Es importante determinar que grado de resolución necesitamos controlar en nuestro proceso. Asimismo, es necesario contar con el instrumento adecuado para el nivel de resolución determinado.

Cuando los resultados obtenidos por un sistema de medición iguales a través del tiempo, se dice que este tiene **estabilidad**. Es necesario, sin embargo, estar concientes de que la estabilidad de un sistema esta cambiando constantemente a través del tiempo, por lo que debemos garantizar que nuestro sistema sea estable en cualquier momento.

Es necesario que nuestro sistema de medición cuente con todas estas características bien definidas para asegurar resultados reales.

Recordemos que el concepto básico de una gráfica de control es sencillamente identificar la variación natural que tiene nuestro proceso cuando solamente están las causas comunes. Cualquier variabilidad mas allá de estos límites es probablemente una causa especial de la variación. Con esto en mente, podemos utilizar también graficas de control para investigar esas mediciones.

5 ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACION

5.1 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACION.

Debido a que un sistema de control estadístico es más que un conjunto de graficas de colores pegadas a lo largo de las líneas de producción, para garantizar resultados necesitamos una estrategia formal de implementación.

Si no tenemos una planeación adecuada, nos encontramos con una serie de dificultades y errores que a la larga, podrían significar el fracaso total del CEP.

Debido a que el CEP no ocurre casualmente, para asegurar el éxito y funcionamiento se requiere planeación estratégica y de la participación activa de todo el grupo gerencial y también del resto del personal.

Existen tantas estrategias para arrancar un sistema de CEP como empresas que lo hacen. Para decidir como arrancar un sistema de CEP en las condiciones especificas de una empresa, es necesario que el grupo gerencial entienda

claramente el concepto de reducción de la variabilidad y que este comprometido con el programa, para que así diseñen en conjunto una estrategia que se pueda cumplir.

Si se cuenta con los recursos suficientes, siempre es recomendable contar con la ayuda de un consultor especialista.

Se propone aquí una estrategia general que ha funcionado anteriormente. Esta estrategia ha sido mejorada y actualizada en base a la experiencia obtenida en diferentes empresas de todos tamaños.

5.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.

Para que EL CEP funcione, lo mejor es que desde un principio sea la alta gerencia quien este detrás de este programa. Esto puede hacerse través de un comité de implantación. Las actividades de la alta gerencia deben incluir:

- Capacitación del grupo gerencial, la cual debe ser basada en los conceptos de reducción de la variabilidad, conocimiento profundo de los procesos, involucramiento del personal en la toma de decisiones, filosofía de calidad y herramientas básicas del CEP.
- Desarrollo de una planeación estratégica para el desarrollo de la implantación.
- Monitorea y apoyar las actividades y resultados del grupo piloto

- Apoyar la implantación global del CEP y dar seguimiento a los resultados.

Es también recomendable la existencia de un grupo piloto, formado por supervisores y operarios de una misma área y donde se ponga en práctica un sistema de CEP.

5.3 PLANEACION ESTRATEGICA.

Es vital que se desarrolle un plan estratégico para la implantación del CEP. En este plan deberá describirse como encaja la planeación estratégica de la calidad en el plan estratégico del negocio. Se deberán de incluir metas a corto mediano y largo plazo. Además de las metas deberán especificarse las principales estrategias para lograrlos.

5.4 GRUPOS PILOTO.

La alta gerencia deberá ver al grupo piloto como un laboratorio, como el esfuerzo para crear una nueva y mejor organización, a pequeña escala. Si aprendemos como mejorar significativamente la calidad en una área piloto, será más fácil crear un modelo organizacional. El estudio de las diferencias entre las áreas del grupo piloto y las demás áreas no dará evidencia de que es necesario hacer para que el programa funcione en todas las áreas. Por cuestiones de tamaño, algunas empresas es conveniente tener más de un grupo piloto.

5.5 COMITÉ DE IMPLANTACION.

En el comité de implantación recae la responsabilidad operativa de la implantación de CEP. Este comité deberá estar formado por personas capaces de aplicar el CEP a través de los procesos. Esta capacidad incluye la motivación, los conocimientos y los recursos suficientes. El comité de implantación estará estrechamente relacionado con el grupo piloto e integrara los equipos de CEP posteriores. El comité de implantación deberá de capacitarse al menos en los siguientes tópicos:

Análisis y solución de problemas.

Trabajo en equipo y filosofía de calidad.

Control estadístico del proceso y herramientas estadísticas básicas.

Administración de proyectos.

Otros tópicos como diseño de experimentos, control visual y reducción de costos también son recomendables, pero no indispensables en la primera fase.

5.6 PLAN DE ACCION.

La primera actividad del grupo de implantación debe ser la creación del plan de acción. En este plan de acción se deberá contemplar las siguientes actividades:

- Capacitación al personal encargado de los procesos.
- Definición de características críticas y relevantes.
- Diseño de tolerancias.

- Diseño y documentación del sistema de recolección de datos.
- Diseño y documentación del sistema de inspección.
- Selección e implementación de planes de control y graficas de control.
- Diseño y documentación del programa de calibración.
- Desarrollo de estrategias para el involucramiento de proveedores.
- Diseño de auditorias al sistema.

5.7 AUDITORIAS Y CONTROL.

Una vez que ya se tiene el sistema de control formalizado, es necesario que se revise periódicamente la información relacionada con el CEP.

Se presentan dos documentos que son de vital importancia para este fin, las hojas de plan de control y las hojas de auditoria. Estos documentos podrían ser modificados de acuerdo con las necesidades específicas de cada empresa, pero cuando se utilizan adecuadamente, pueden servir para detectar carencias y debilidades de nuestros programas de reducción de variabilidad.

5.8 HOJA DE PLAN DE CONTROL.

En el plan de control se documenta el tipo de control que se tiene que llevar sobre cierta característica de un proceso. Dependiendo de la complejidad de las tareas, será necesario documentar más o menos el tipo de control, sin embargo, no se deben tener graficas.

Hoja de plan de control							
Proceso	Características	C/R	Control	Especificaciones	Instrumento	Frecuencia	Responsable
02-3487	Torque	R	X-R	50 ± 5 lbs	Torq. 3491	5/hr	DRF

5.9 HOJAS DE AUDITORIA A LOS PROCESOS.

Se debe determinar un plan de acción para revisar periódicamente la documentación de las graficas de control. Se recomienda, sobre todo en la fase inicial del programa, que aquella persona responsable de la revisión sea también capaz de ayudar a resolver el problema.

La frecuencia con la que se debe realizar esto depende de las características del proceso, pero se recomienda que se inicie haciendo cada dos días. La forma de llenar esta hoja es con si o no. Cuando un punto tiene una M, quiere decir que ese punto es mayor o de extremo cuidado, por lo que si no se cumple es necesario que se tome acción inmediata.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Al ser analizadas específicamente las causas por las cuales existe la variación en los cambios de aplicadores se analizó por parte del personal de calidad, ingeniería y mantenimiento, se llegaron a las siguientes conclusiones:

-Una de las causas es porque no se le da seguimiento al último valor registrado, por lo que no se toma en cuenta para ajustar la máquina a ese mismo valor al colocar nuevamente un aplicador.

-Otra causa es debido a que en algunas ocasiones al colocar la altura en el valor de la media de especificación, no cumple con la fuerza requerida para desensamblar el cable de la terminal por lo cual se debe de ajustar a un valor por debajo de la media.

Con relación a las variaciones ocasionadas por los operadores y equipo se determinaron varios factores que afectan al tomar las mediciones:

-Los operadores no tienen marco de referencia sobre donde medir en las terminales.

-Variación entre los operadores al hacer los cambios de turno lo cual se comprobó con el estudio R&R, lo que implica tanto diferencias entre los operadores como con el equipo.

-La forma de manipulación (uso) del micrómetro usado en la toma de dimensiones.

-La resolución de lecturas del micrómetro.

6.2 RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones que son listadas llevan el objetivo de no perder en enfoque en las futuras y que el control estadístico de procesos tenga una función de mejora.

1.- Que el se defina para cada una de las terminales el área de contacto en el cual se deberá de colocar el micrómetro para que exista una estandarización de las mediadas entre las personas que hacen las mediciones (inspectores).

2.- Una vez estandarizadas el área de inspección, efectuar nuevamente el estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad para determinar si efectivamente los operadores son un factor que intervienen en los errores de medición.

3.- Que los inspectores al manipular el micrómetro solo den 3 vueltas al barril como estandarización.

4.- Que el personal de mantenimiento encargado de hacer los ajustes de los aplicadores verifique cual fue la medida de la altura promedio de la cual se tomaron las últimas lecturas registradas.

5.- La compra de un equipo de mayor resolución para que en lugar de tomar 3 cifras después del punto se tomen si es posible 5.

BIBLIOGRAFIA

- Sheldon M. Ross
“Probabilidad y Estadística para Ingenieros “
Mc. Graw Hill.
Segunda Edición.

- Minitab Statistical Software
“Meet Minitab”
Windows
Release 13 for Windows.

- Francisco Tamayo Enriques
“Control Estadístico del Proceso”
Centro de diseño e innovación de productos ITESM
Edición 2001

- Michael Brassard & Diane Ritter
“El impulsor de la memoria II”
GOAL/QPC
Primera Edición

- Harrison M. Wadsworth, Kenneth S. Stephens, A. Blanton Godfrey
“Modern Methods for Quality Control and Improvement”

Wiley

1986

GLOSARIO

Desforre.- Área de un cable a la que se le quita una longitud determinada de plástico quedando los alambres expuestos.

Crimpeado.- Proceso de remachado de una terminal en un cable.

Arnés.- conjunto de cables unidos para formar un ensamble eléctrico.

Altura de RAM.- Ajuste de las maquinas aplicadoras de terminales con la cual se ajusta la altura en la que las piezas formadoras del remachado se acercan.

AQL.- (Acceptance Quality Level) Nivel de aceptación de calidad, El AQL es pe porcentaje defectivo, ése es el requisito de la base para la calidad de los fabricantes de productos. Al fabricante le gustaría diseñar un plan del muestreo tal que hay una probabilidad alta de aceptarle un lote, teniendo un nivel defectivo menos que o igual al AQL.

Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad.-

CEP.- Control Estadístico de Procesos.

Gráfica de Promedio.- La línea central del proceso significa, el cual generalmente es desconocido. Nosotros reemplazado con un objetivo o el promedio de todo los datos. La cantidad que graficamos es la muestra promedio. La grafica se llama Grafica promedio (\bar{x}).

Gráfica de Rangos.- Esta grafica controla la variabilidad del proceso desde el rango de la muestra, es relacionado con el proceso de desviación normal. El centro de la línea trazada del R (rango) es el rango del promedio.

Re-trabajo.- Actividad extra en un producto terminado en la cual se tiene que hacer un cambio en este, en el cual implica costo y mano de obra extra.

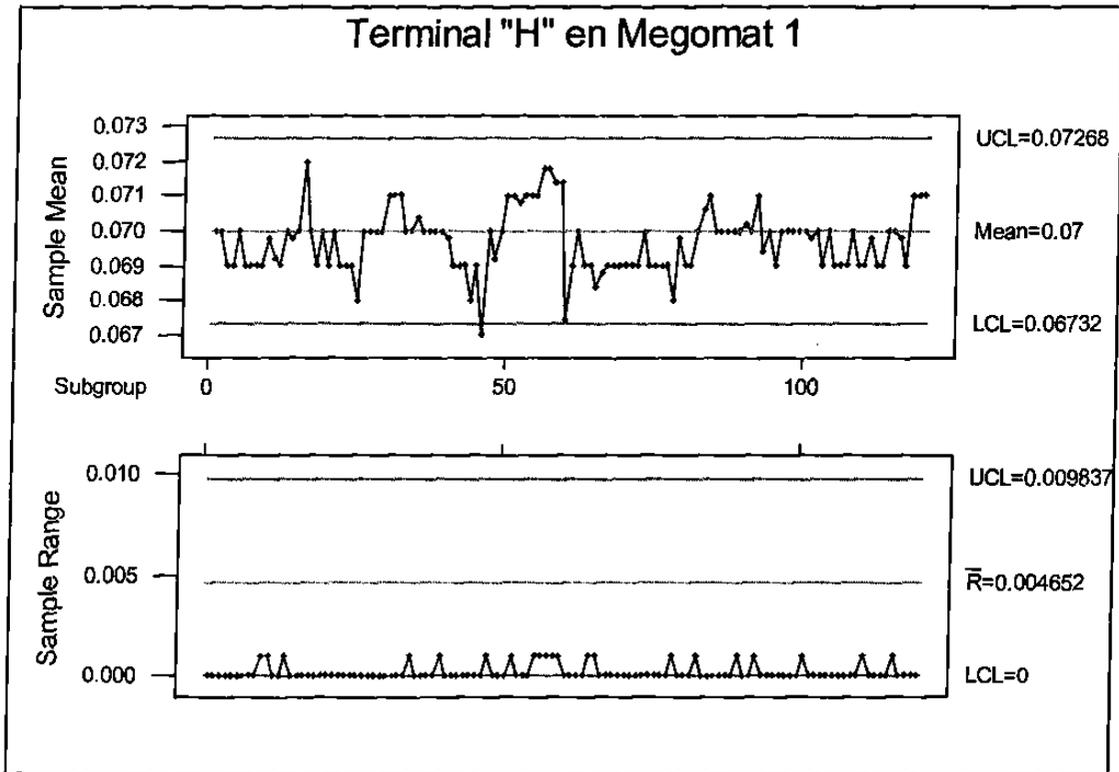
Variabilidad.- Cambios que ocurren dentro de un proceso

Limites de especificación.- Limites en los cuales el cliente de nuestro proceso nos permite que tengan variabilidad nuestro producto

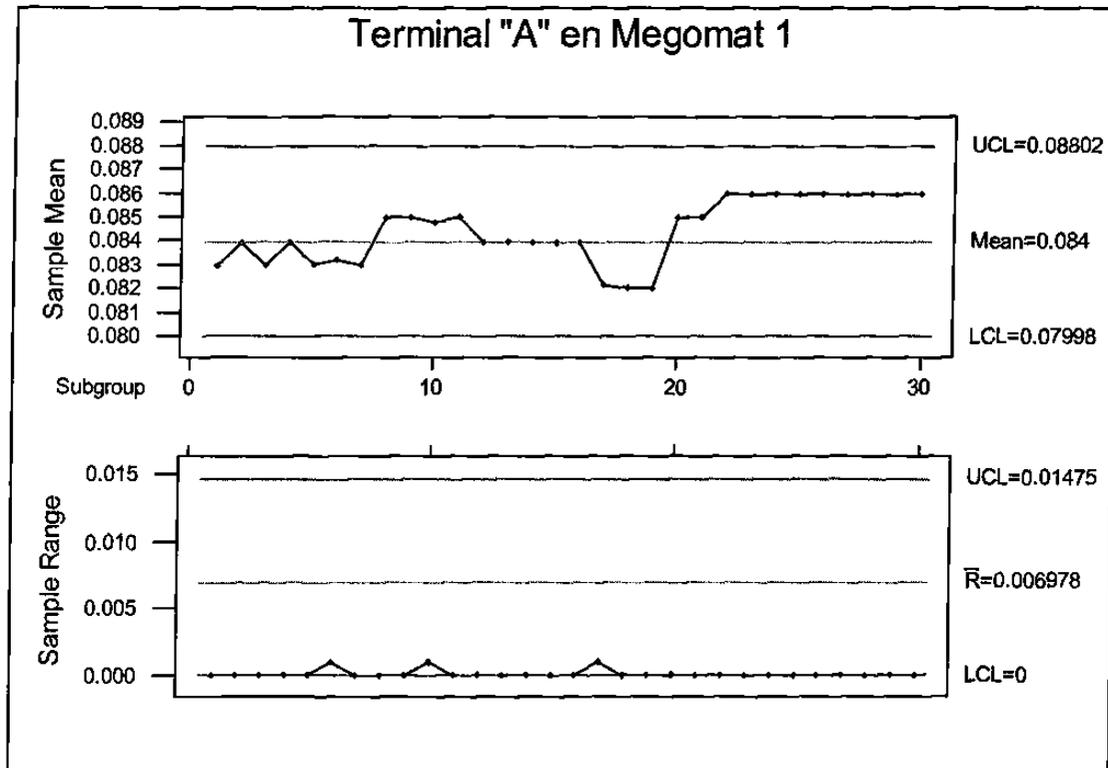
Bondad de la Inferencia.- Rango en el cual una hipótesis puede variar.

Muestreo Aleatoria.- muestreo el cual no tiene una secuencia de inspección del producto para seleccionar las muestras

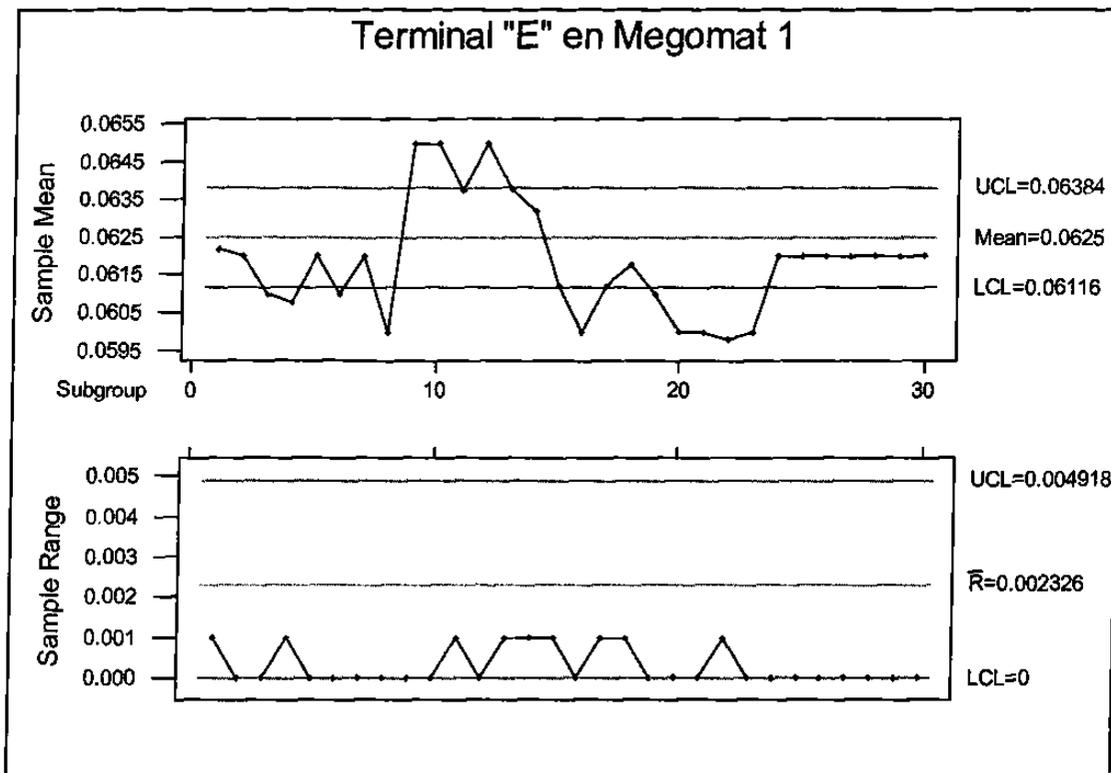
APÉNDICE 1



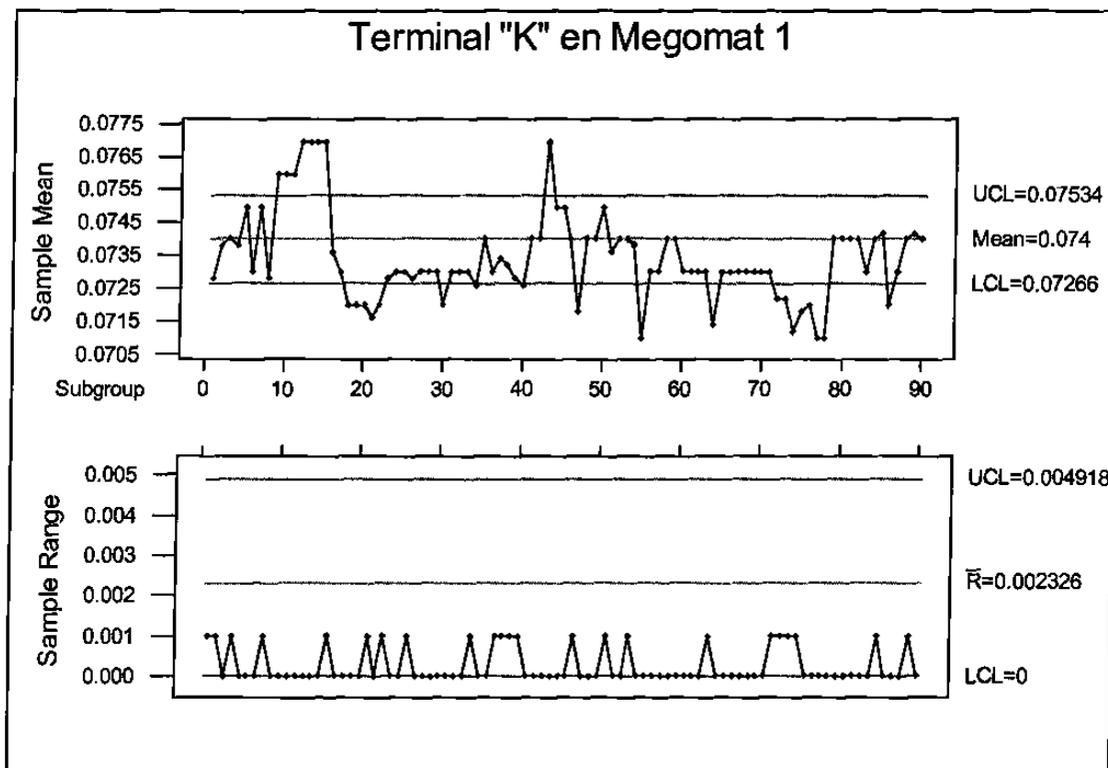
Grafica de control para terminal "H" procesada en la maquina "Megomat 1"



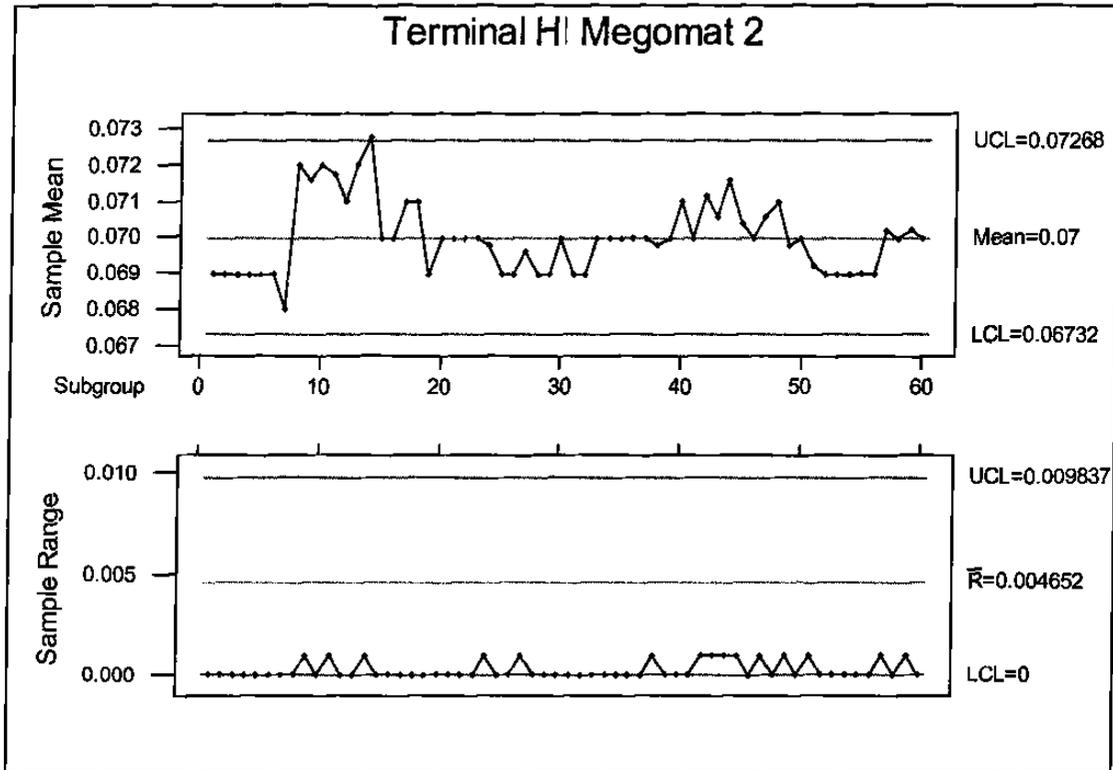
Grafica de control para terminal "A" procesada en la maquina "Megomat 1"



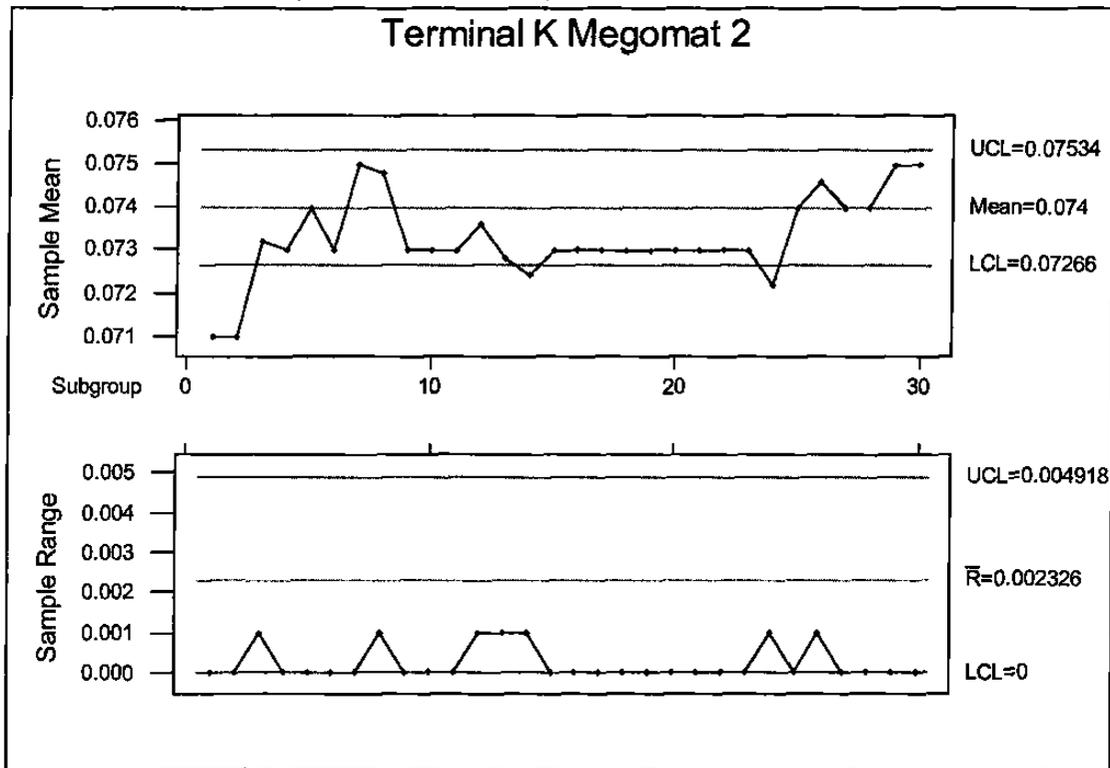
Grafica de control para terminal "E" procesada en la maquina "Megomat 1"



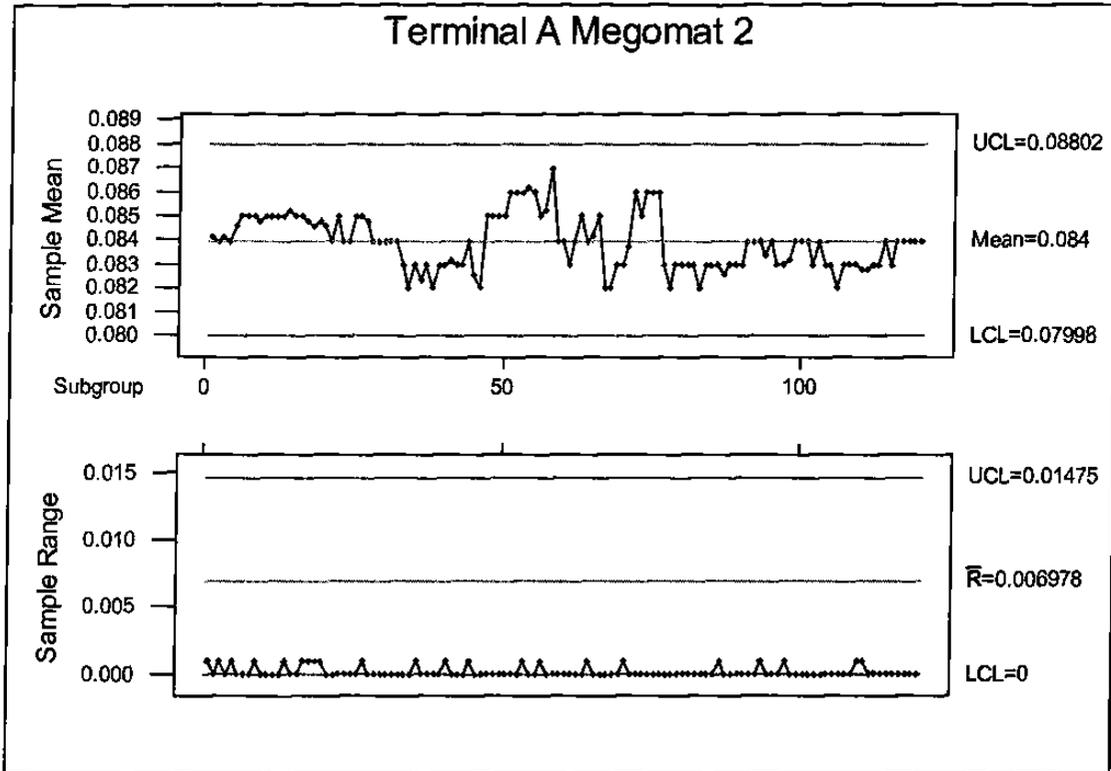
Grafica de control para terminal "K" procesada en la maquina "Megomat 1"



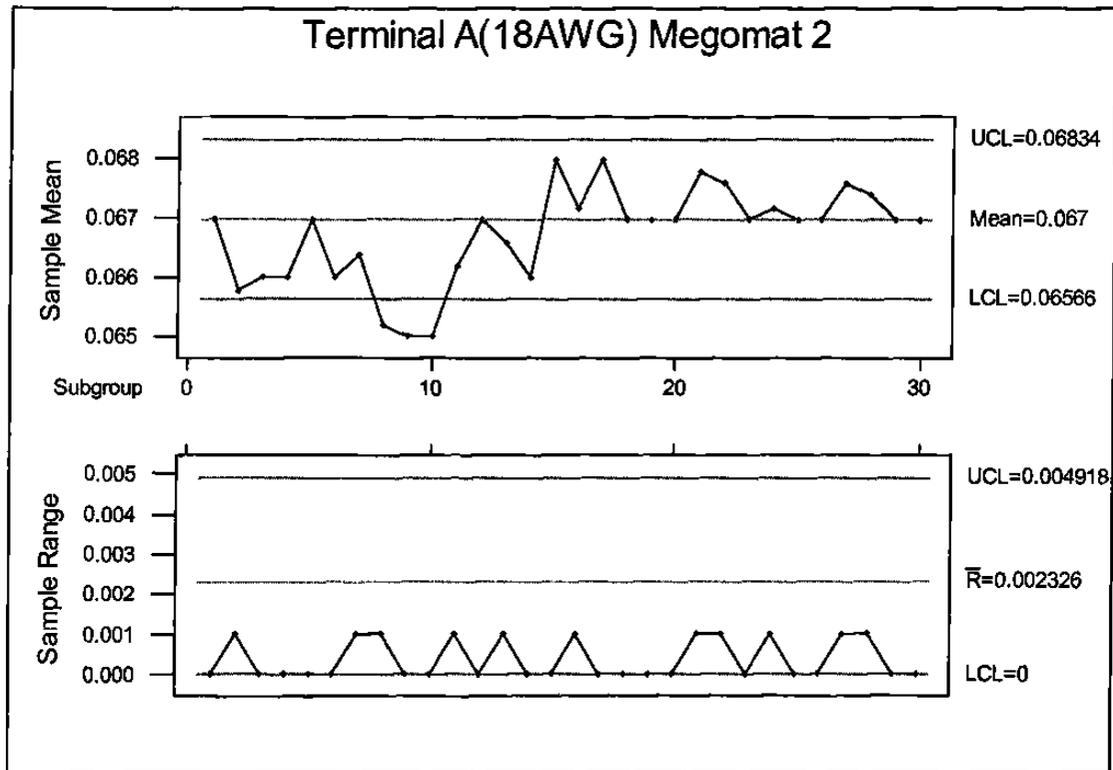
Grafica de control para terminal "H" procesada en la maquina "Megomat 2"



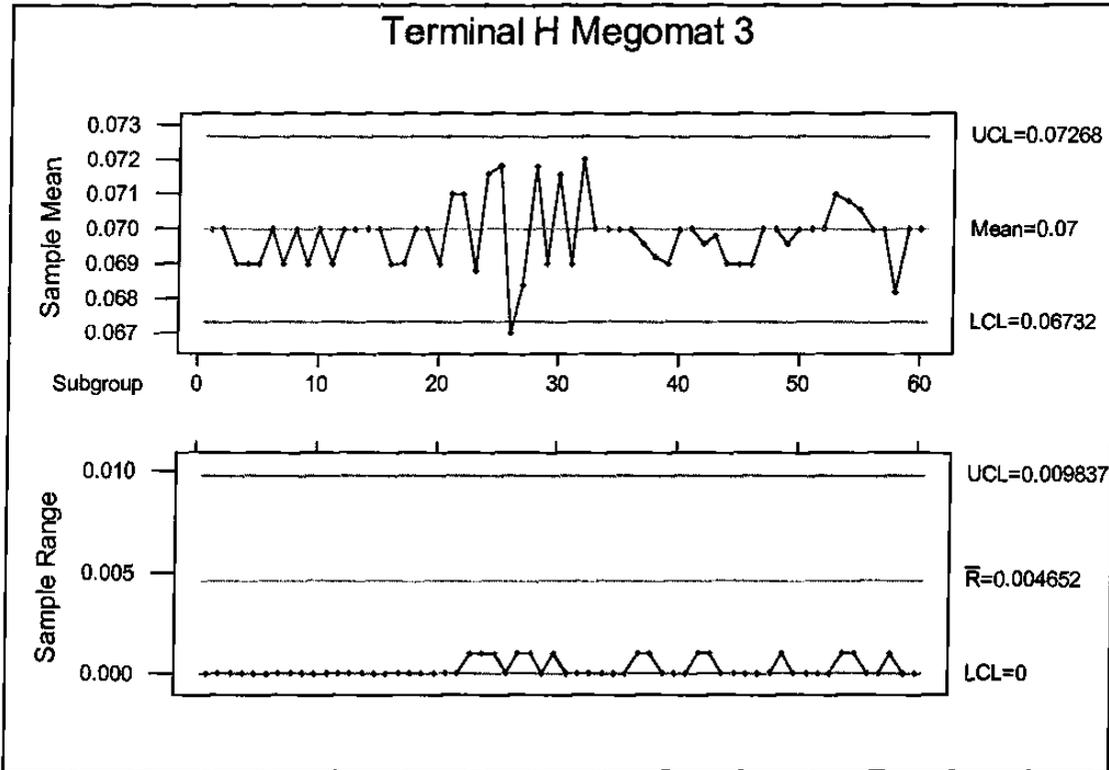
Grafica de control para terminal "K" procesada en la maquina "Megomat 2"



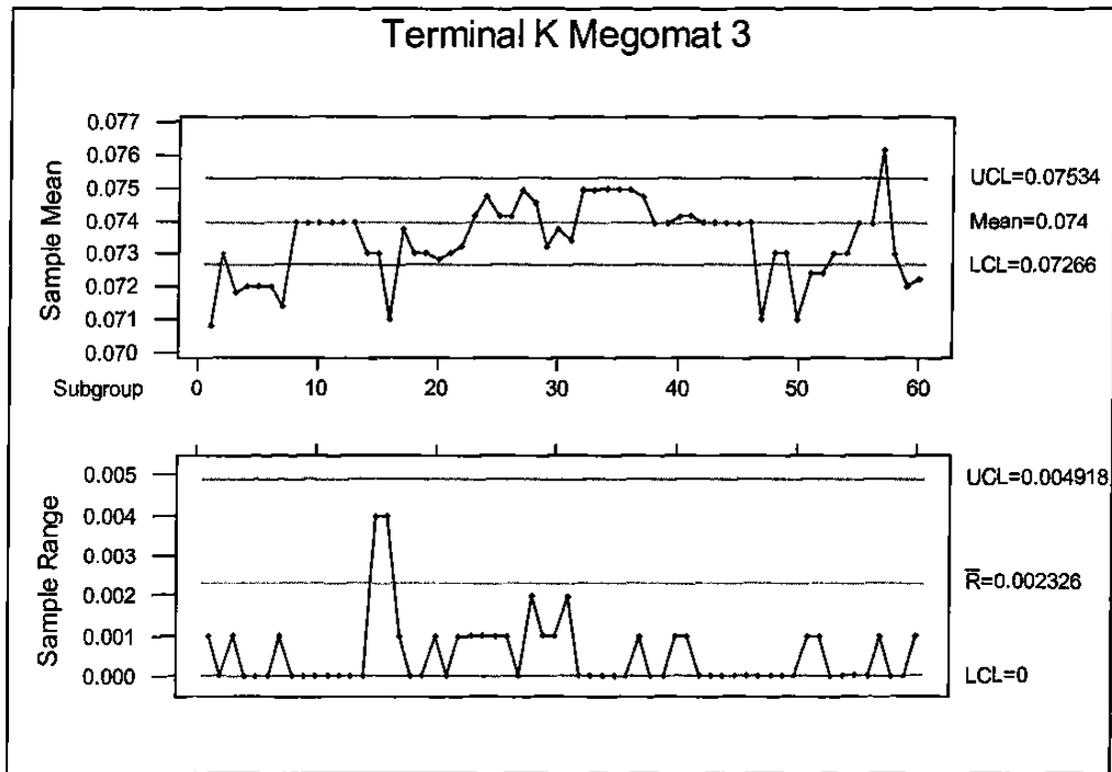
Grafica de control para terminal "A" procesada en la maquina "Megomat 2"



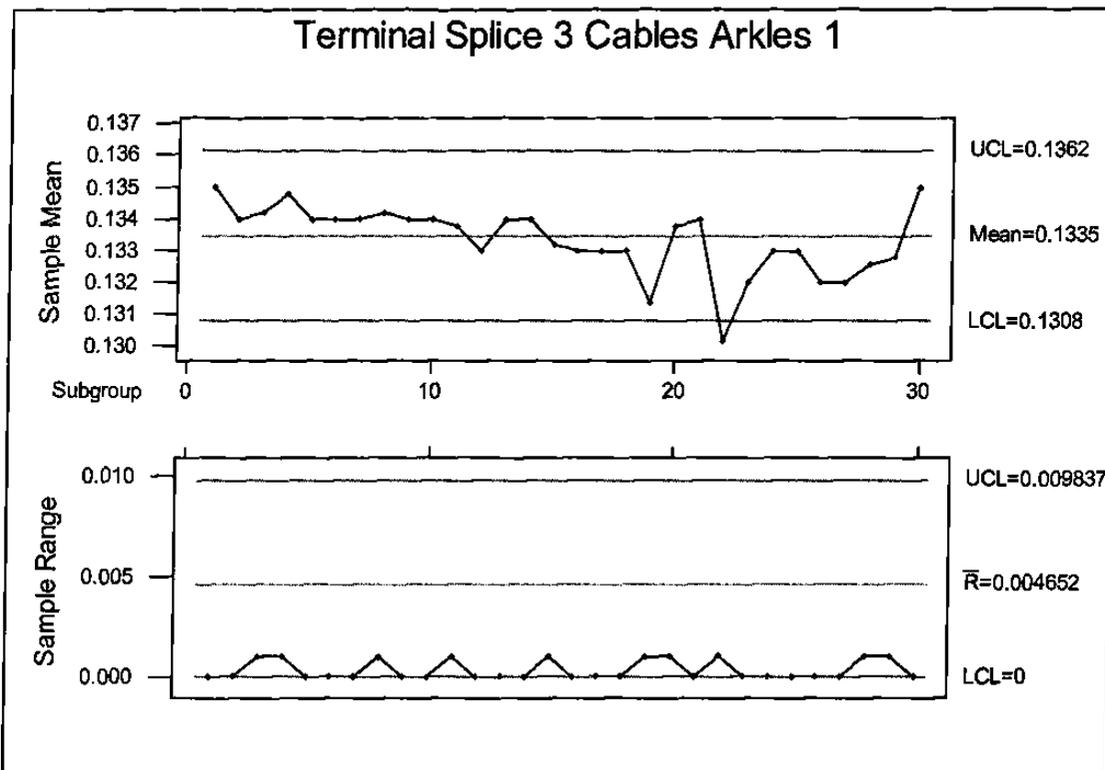
Grafica de control para terminal "A" procesada en la maquina "Megomat 2 (18AWG)"



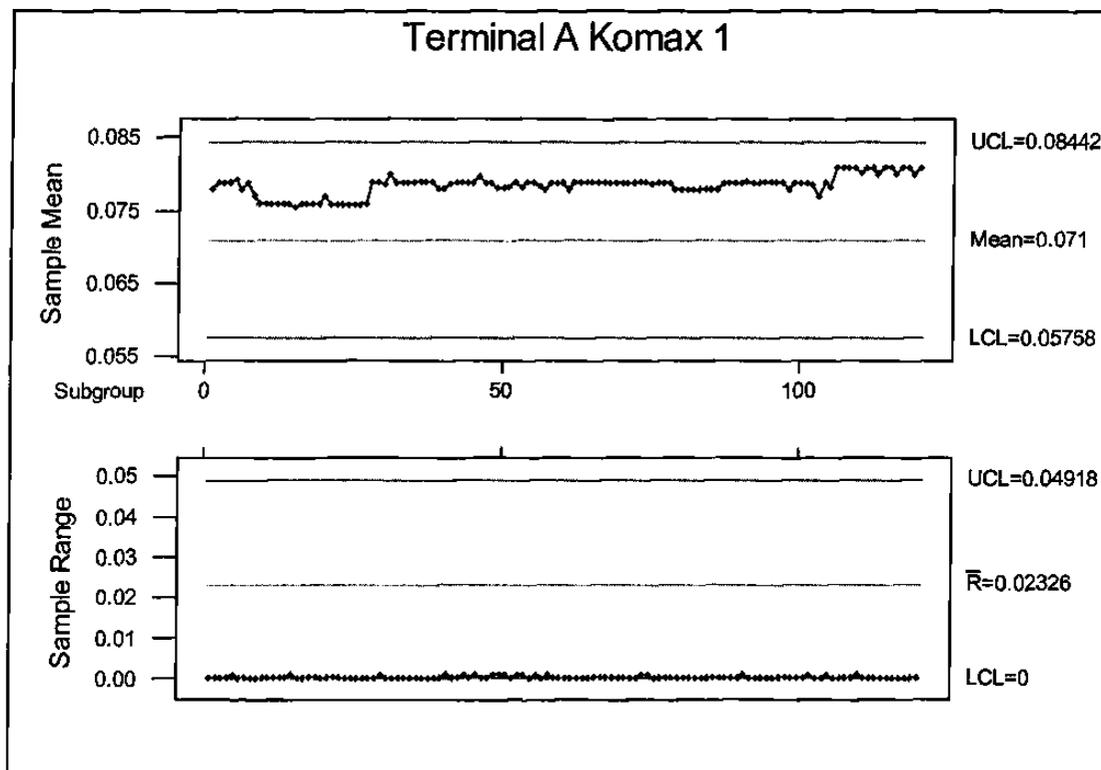
Grafica de control para terminal "H" procesada en la maquina "Megomat 3"



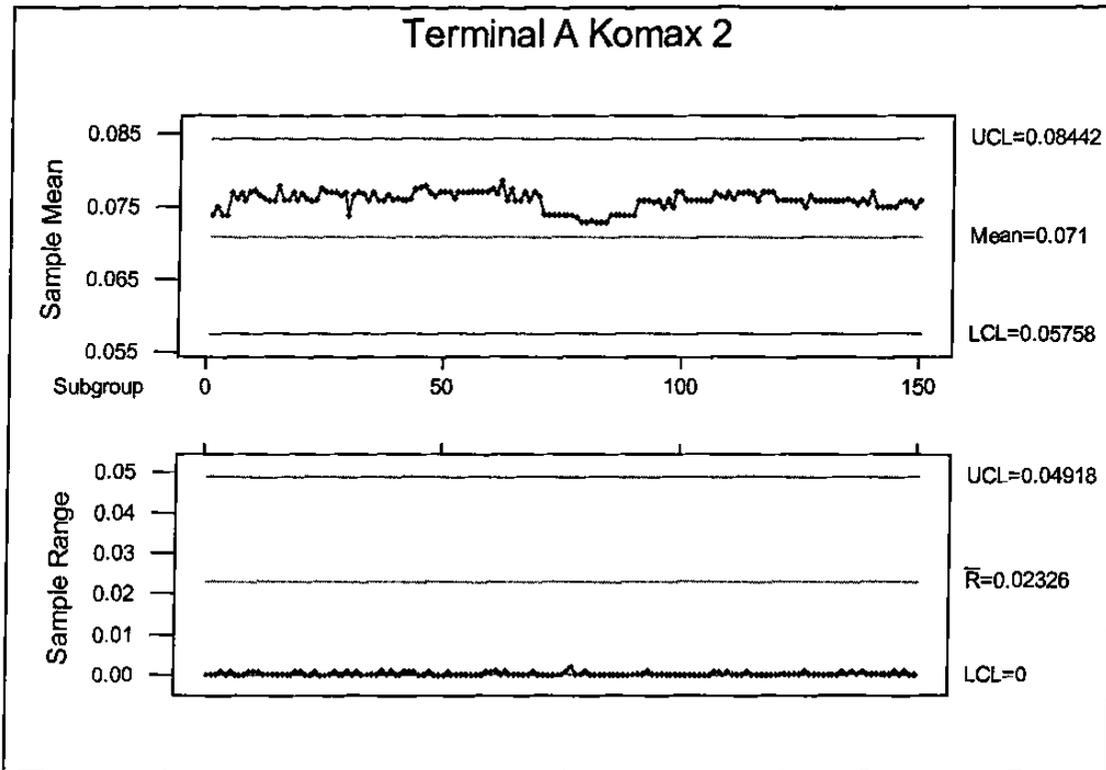
Grafica de control para terminal "K" procesada en la maquina "Megomat 3"



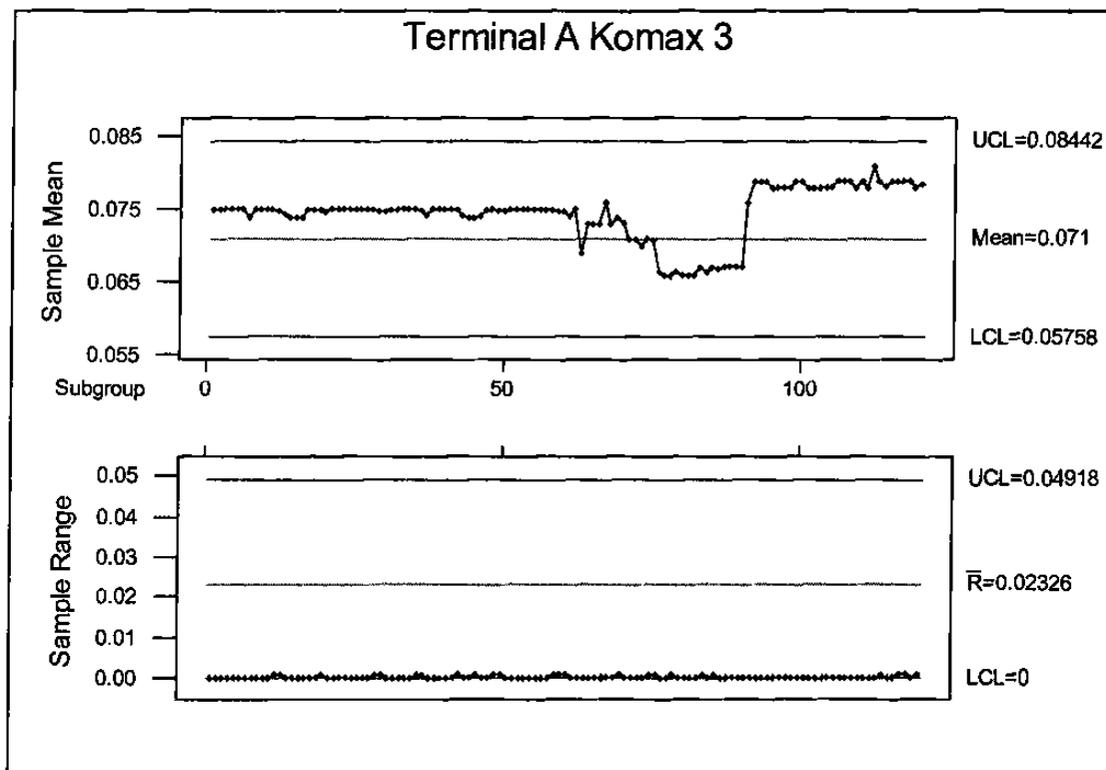
Grafica de control para terminal "Splice de 3 cables" procesada en la maquina "Arkles 1"



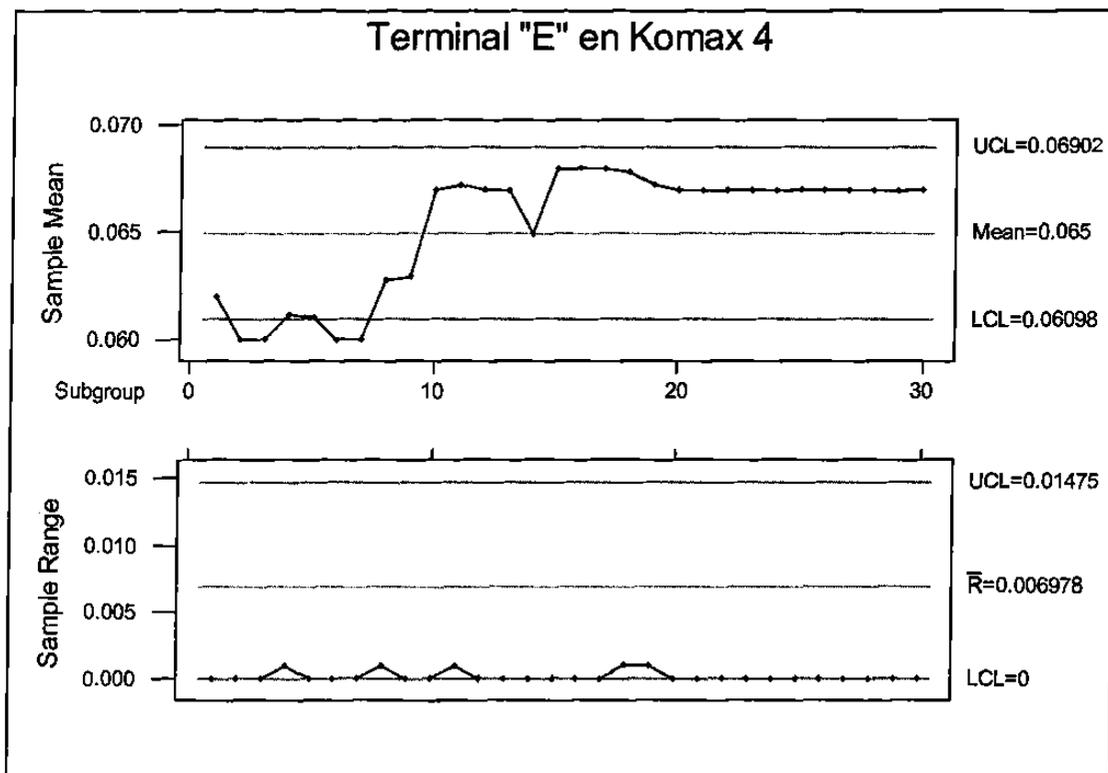
Grafica de control para terminal "A" procesada en la maquina "Komax 1"



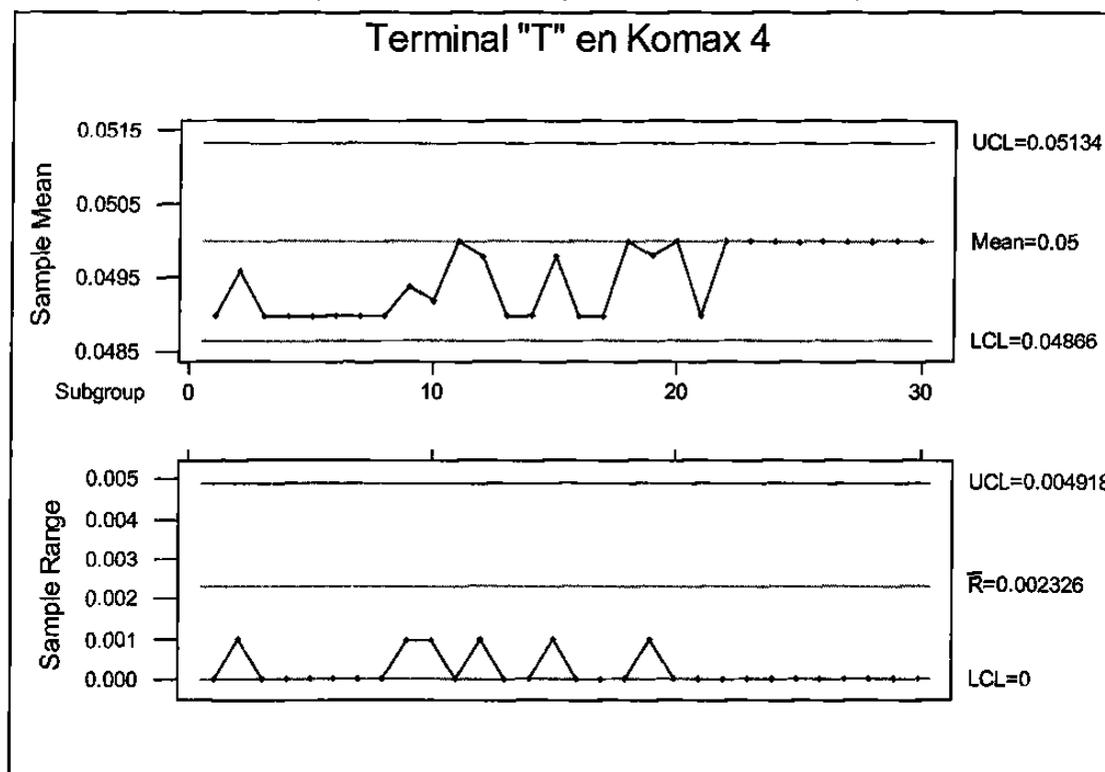
Grafica de control para terminal "A" procesada en la maquina "Komax 1"



Grafica de control para terminal "A" procesada en la maquina "Komax 3"



Grafica de control para terminal "E" procesada en la maquina "Komax 4"



Grafica de control para terminal "T" procesada en la maquina "Komax 4
(18AWG)"