



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE UN
PROCESO DE TABLETEADO UTILIZANDO LAS
CARTAS DE CONTROL POR VARIABLES.

TRABAJO ESCRITO VIA CURSO DE EDUCACION CONTINUA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
PRESENTA:

FELIPE PEREZ HERNANDEZ



EXAMENES PROFESIONALES
MEXICO, D. F. FACULTAD DE QUIMICA

AÑO 2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE PROF. GERARDO BAZAN NAVARRETE

VOCAL PROF. FEDERICO GALDEANO BIENZOBAS

SECRETARIO PROF. DOMINGO ALARCÓN ORTIZ

1er SUP. PROF. GUILLERMO MOLINA GOMEZ

2do SUP. PROF. MARIA DEL SOCORRO ALPIZAR RAMOS

PLANTA FARMACEUTICA, LERMA, EDO. DE MEXICO.

ASESOR



I.O. DOMINGO ALARCÓN ORTIZ

SUSTENTANTE



FELIPE PEREZ HERNANDEZ

DEDICATORIA

A MIS PADRES

..., recuerdos, bellos recuerdos,
que jamás se olvidarán, ..
por las veredas del monte,
yo quisiera caminar,
por la vereda del monte,
la que conducía a mi hogar,...

A MI ESPOSA

con especial admiración.

..., me dio su risa
y entre la brisa,
los dos juramos,
no separamos,
aunque el destino,
un día de tantos,
quisiera hundirnos,...

A MIS HIJOS

Edgar, Alejandra,
Marco Antonio, Jasibe
y Luis Felipe.

A la Profra. Galdina Guevara Guevara

DESCANSE EN PAZ

A MI PUEBLO

**..., entre palmeras y brisa,
entre gaviotas y arena,
pueblito de Costa Chica,
lleva por nombre Marquelia,...**

A MIS MAESTROS

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo y planteamiento del problema	2
1.2 Generalidades	3
1.3 Criterios de interpretación de las cartas de control.....	10
2. TABULACIONES, GRAFICOS Y EVALUACIÓN	14
2.1 Hoja de datos \bar{X} -S lote de prueba.....	15
2.1.1 Límites de control de lote de prueba carta de medias.....	17
2.1.2 Límites de control de lote de prueba carta de desviación estandar.....	17
2.2 Hoja de datos \bar{X} -S lote 1.....	21
2.2.1 Límites de control de lote 1 carta de medias.....	23
2.2.2 Límites de control de lote 1 carta de desviación estandar.....	23
2.2.3 Límites s, 2s y 3s lote 1	23
2.2.4 Análisis y evaluación lote 1	26
2.3 Hoja de datos \bar{X} -S lote 2	30
2.3.1 Límites de control de lote 2 carta de medias.....	32
2.3.2 Límites de control de lote 2 carta de desviación estandar.....	32
2.3.3 Límites s, 2s y 3s lote 2.....	32
2.3.4 Análisis y evaluación lote 2	35
2.4 Hoja de datos \bar{X} -S lote 3	39
2.4.1 Límites de control de lote 3 carta de medias.....	41
2.4.2 Límites de control de lote 3 carta de desviación estandar.....	41
2.4.3 Límites s, 2s y 3s lote 3.....	41
2.4.4 Análisis y evaluación lote 3	44
3. CONCLUSIONES	49
4. BIBLIOGRAFÍA.....	52

1. INTRODUCCION

1.1 OBJETIVO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este trabajo persigue como meta primordial la " Evaluación del comportamiento de un Proceso de Tableteado utilizando las Cartas de Control por Variables".

Se presentará un problema real de la industria con la finalidad de conocer durante la etapa de validación del proceso si una tableteadora se encuentra bajo control estadístico.

- 1.- La variable a determinar será los mg/tableta.
- 2.- Se correrán tres lotes comerciales del producto.
- 3.- Cada lote se muestreará durante la producción en 25 puntos a intervalos regulares a lo largo del proceso.
- 4.- En cada punto se analizará la prueba de uniformidad de contenido(10 tabletas) por requerimiento de la USP. Se contará para los análisis con un espectrofotómetro ultravioleta-visible con auditoría vigente y procedimiento analítico validado.
- 5.- Los resultados se presentarán codificados.
- 6.- Se construirán las cartas de control de medias y desviación estandar para su análisis y evaluación. En este punto se buscará las causas asignables o especiales de variación.
- 7.- Se calculará los límites para valores individuales, variabilidad natural, variabilidad del proceso y capacidad real del proceso.
- 8.- Se presentarán conclusiones.

1.2 GENERALIDADES

Una carta de control es un instrumento del proceso estadístico para estudiar y controlar procesos. Su creador el Dr. Walter A. Shewhart señaló que puede servir para lograr el grado de estandarización de un proceso que se desee alcanzar.

Ante el hecho, de que la calidad no se incorpora o se modifica con la inspección o pruebas, que se le hagan a un producto, es necesario fabricarlo bien desde el principio, esto es con calidad.

Esto se logra únicamente cuando los procesos de fabricación son estables y capaces de operar, de tal manera, que se cumpla con las especificaciones.

Las cartas de control ayudan a rastrear o vigilar un proceso, así como, reducir la variabilidad y estimar los parámetros de un producto o proceso, tales como la media, desviación estandar y fracción rechazada (zona de rechazo) de un proceso, siempre y cuando la carta muestre que el proceso esta bajo control estadístico.

También se puede determinar la capacidad del proceso para generar productos aceptables. Estos estudios de capacidad influyen en las decisiones administrativas de producción y compras, realización de

mejoras en la planta y el proceso para reducir la variabilidad y finalmente impactar en los contratos con los cliente y queja de los consumidores respecto a la calidad del producto.

Las cartas de control es el instrumento que se ha utilizado debido a que:

1. Es una técnica probada para mejorar la productividad. Al eliminar productos rechazados y reprocesos se contribuye a que la productividad aumente, los costos bajen y la capacidad de producción se incremente.
2. Es una herramienta eficaz para minimizar defectos. Ayuda a mantener un proceso bajo control para producir un producto bueno y no tener que separar y rechazar los artículos fuera de especificación posteriormente.
3. Se evitan ajustes innecesarios al proceso. Esto se logra al poder diferenciar el ruido de fondo y la ocurrencia de una variación anormal.
4. Proporciona información para el análisis del comportamiento del proceso. El patrón de puntos contiene información diagnóstica que puede servir para hacer cambios en el proceso y mejore su rendimiento.
5. Se puede conocer la capacidad del proceso. Los parámetros importantes del proceso y su estabilidad en el tiempo, permiten estimar la capacidad del proceso. Esta información es de utilidad para los diseñadores de producto y proceso.

Por otro lado, es de todos sabido que hasta el proceso considerado más perfecto, tendrá cierto grado de variabilidad inherente o natural. Sin embargo, mientras un proceso esté funcionando bajo este sistema estable de causas fortuitas, se le considera bajo control estadístico, aunque se

presenten causas atribuibles o especiales de variación, debidas principalmente a las diferencias entre máquinas, operarios, materiales, cambios de estos efectos en el tiempo y sus combinaciones.

En una carta de control se gráfica cualquier característica de calidad medida o calculada a partir de una muestra en función del tiempo. Tiene una línea central que representa el valor medio de la característica de calidad en cuestión, que corresponde al estado bajo control, es decir, solo cuando se presentan causas fortuitas. Se muestran también, otras dos líneas horizontales, llamadas límite inferior de control (LIC) y límite superior de control (LSC).

Cuando los puntos muestrales caen entre estos límites, se considera que el proceso está bajo control, sino es así, es necesario investigar y corregir las causas atribuibles de variación. Es una práctica común, unir los puntos muestrales con segmentos de recta, para visualizar el comportamiento en el tiempo. Sin embargo, pueden aparecer puntos dentro de los límites de control cuyo comportamiento sea sistemático o no aleatorio, indicando que el proceso se acerca o esta fuera de control.

Las cartas de control son mecanismos de inferencia (pruebas de hipótesis) de que el proceso esta bajo control estadístico, por lo que, cualquier punto que caiga entre los límites de control estadístico y los que se sitúen fuera de los límites, equivalen a no aceptar dicha hipótesis. Por lo tanto, existe la probabilidad de cometer el error tipo I de la carta de control y concluir que el proceso esta fuera de control, cuando en realidad no lo

está, o la probabilidad de cometer el error tipo II, de considerarlo bajo control cuando en realidad está fuera.

Las cartas de control pueden clasificarse en dos tipos generales. Cuando se mide una característica y se expresa como un número, se le denomina carta de control por variables. La carta de control de \bar{X} es la más usada para controlar la tendencia central, mientras que la basada en el rango o la desviación estándar se utilizan para controlar la variabilidad de un proceso. Muchas características de calidad no se miden pero pueden clasificarse como: a) conforme o disconforme, b) pasa o no pasa, etc; a esta se le llama carta de control por atributos.

Un factor importante en las cartas de control es el diseño de la gráfica, que incluye, el tamaño de la muestra, los límites de control y la frecuencia de muestreo. Por consideraciones estadísticas se sabe que aumentando el tamaño muestral disminuye la probabilidad de cometer el error tipo II y mejora la capacidad de la gráfica para detectar un estado fuera de control. La experiencia industrial ha permitido establecer lineamientos y procedimientos para diseñar cartas de control, teniendo siempre presente los costos de muestreo, las pérdidas debidas a la producción de productos defectuosos y los costos de investigar señales, que indiquen un estado fuera de control que pueden ser falsas alarmas.

La elección de los límites de control es una de las decisiones críticas que hay que tomar al diseñar una carta de control, porque alejando los límites, de la línea central, se reduce el riesgo de cometer el error tipo I, es decir, el riesgo de que un punto caiga fuera de los límites de control

cuando no existe causa atribuible, pero, se eleva el riesgo de cometer el error tipo II, de que un punto esté entre dichos límites, cuando el proceso se encuentre en realidad fuera de control. Acercando los límites a la media se produce el efecto opuesto.

En Estados Unidos de América se utilizan los límites tres sigmas, mientras que en Gran Bretaña y parte de Europa occidental se usan los límites de control probabilísticos 0.001. Los límites tres sigmas dan buenos resultados en la práctica, sobre todo teniendo en cuenta, que en muchos casos se desconoce la distribución real de la característica en cuestión, para calcular los límites probabilísticos exactos. Cuando se aproxima a la distribución normal, existe poca diferencia entre los límites tres sigmas y los probabilísticos. Sin embargo, las consideraciones económicas juegan un papel importante en la elección del múltiplo de sigma, cuando se tienen grandes pérdidas debido a un proceso que aunque se han destinado esfuerzos económicos para corregir las causas atribuibles, sigue funcionando fuera de control. Los límites tres sigmas se consideran generalmente, límites normales de acción, es decir, si un punto cae fuera de estos límites se busca una causa atribuible y se toman acciones correctivas. En algunos casos se usan límites de advertencia dos sigmas. Cuando se usan límites probabilísticos, los de acción son 0.001 y los de advertencia de 0.025. En cualquiera de los casos, si uno o mas puntos caen entre los límites de advertencia y los de acción significa que el proceso no está funcionando adecuadamente. Si esto se presenta es necesario aumentar la frecuencia de muestreo y utilizar información

adicional , junto con los puntos sospechosos para investigar el estado de control del proceso.

Se deben seleccionar tamaños de muestra pequeños cuando el cambio del proceso es relativamente grande y viceversa cuando el cambio del proceso es pequeño. La mejor situación para detectar cambios en un proceso, es decidirse por tamaños de muestra grandes a intervalos cortos , aunque esto no siempre es económicamente factible. Para distribuir el esfuerzo del muestreo se toman tamaños de muestra pequeños a intervalos cortos, o bien, grandes a intervalos largos. En la práctica industrial se toman muestras pequeñas con mayor frecuencia de muestreo, sobretodo en procesos de manufactura con gran volumen de producción o en los que pueden presentarse una diversidad de causas especiales de variación. Para fijar la frecuencia de muestreo debe considerarse el costo de muestreo , las pérdidas económicas producidas por un proceso fuera de control y la probabilidad de ocurrencia de cambios en el proceso.

La idea fundamental es seleccionar subgrupos o conjuntos de muestras, de tal manera que, de existir causas atribuibles de variación, la diferencia entre subgrupos sea máxima y dentro de los subgrupos sea mínima. El orden de la producción en el tiempo, es una base lógica para formar subgrupos racionales, cuidando de no tomar algunas muestras al final de un turno y las restantes al principio del siguiente, porque no se podrá detectar ninguna diferencia entre turnos .Existen dos enfoques para formar grupos racionales, el primero consiste en tomar muestras cuyas unidades se hayan producido en el mismo momento para que tengan la

menor diferencia posible. Con esto se minimizará la posibilidad de variación dentro del subgrupo y se maximizará la misma posibilidad entre subgrupos, cuando existan causas asignables de variación. En el segundo enfoque, los subgrupos deben constar de muestras representativas aleatorias de la salida del proceso en el intervalo de muestreo, con la finalidad de tomar decisiones acerca de la aceptación o rechazo de un lote. Si existiera la posibilidad de que usando el primer método, el proceso cambie hacia un estado fuera de control y regrese hacia un estado estable entre subgrupos no se podrá detectar producto defectuoso y debe utilizarse el segundo. Sin embargo, con el segundo método las cartas de control de rango o desviación estandar exigirán una interpretación cuidadosa, ya que es posible que los cambios en la media del proceso hagan que algunos de los puntos de dichas características caigan fuera de control, aunque no haya sucedido ningún cambio en la variabilidad del proceso. Otra base para formar subgrupos racionales, es cuando el proceso consta de varias máquinas que confluyen sus productos en una salida común, en este caso, será difícil detectar si alguna de las máquinas está fuera de control y será necesario aplicar cartas de control a cada máquina.

1.3 CRITERIOS DE INTERPRETACION DE LAS CARTAS DE CONTROL (CICC) COMUNMENTE UTILIZADOS PARA EVALUAR SI UN PROCESO DE ENCUENTRA FUERA DE CONTROL(1,2,4,5,8).

Con estas reglas se pueden localizar causas asignables o especiales de variación, tales como: a) variaciones extremas. b) carreras. c) tendencias. d) tercio medio.

1. Si hay uno o más puntos fuera de los límites de control (tres sigma).
2. Cuando de una serie de 15 puntos se cruza 5 veces o mas la línea central; o en su defecto, de 20 puntos, existen 7 cruces o mas de la línea central.
3. Si aparecen 7 o más puntos consecutivos por arriba, o por debajo de la línea central, significando que la media ha aumentado o disminuido.
4. Si existen distribuciones de puntos inconsistentes con el Teorema de Chebyshev.

4.1 Si la distribución de puntos hace que sustancialmente mas del 68% de los puntos caigan en el tercio medio (1 sigma) de la distancia entre los límites de control (para poblaciones pequeñas del orden de 20 a 30 muestras este porcentaje puede ser de 80 a

90%). Esto significa que existen: a) errores de medición. b) los datos fueron falseados. c) el método de muestreo fue inadecuado.

4.2 Por extensión del criterio anterior, tampoco debe existir más del 32% de los puntos en los tercios exteriores (2 y 3 sigmas) de la distancia entre los límites de control (para poblaciones pequeñas, del orden de 20 a 30 muestras este porcentaje puede ser de 10 a 20%).

5. Una serie de 2 a 3 puntos por fuera de los límites de 2 sigma, pero dentro de los límites de control.
6. Cuatro o cinco puntos consecutivos más allá de los límites de 1 sigma.
7. En cartas por variables, una reducción en los límites de control, respecto a la medida de centralización o a los individuos (\bar{X} , mediana, x), lo que además, implica una reducción de los límites de control en la medida de dispersión (R,S), es indicativo de mejora en la habilidad del proceso, siempre que el mismo este centrado o se logre centrar.
8. Si de 8 puntos consecutivos ninguno cae dentro de 1 sigma.

9. Los criterios expuestos en el punto 4, conducen también a indicar que la predominancia de puntos en un tercio exterior respecto al otro, es indicativo de que la mediana del proceso ha aumentado o disminuido en las cartas de control por variables. Por ejemplo, si el 32% de los puntos debe estar en los tercios exteriores y de ese 32, el 70% (o sea 22.4% del total) está en el tercio externo superior. ello indica que la media del proceso ha crecido.

10. Si se presenta una corrida o tanda de por lo menos 7 puntos consecutivos de forma ascendente o descendente con un solo cruce de la línea central. En cartas de control por variables esto significa que la media ha aumentado o disminuido.

11. Cuando aparece un patrón recurrente o cíclico.

12. Cuando de 11 puntos consecutivos al menos 10 caen del mismo lado de la línea central.

13. Cuando de 14 puntos consecutivos, al menos 12 se encuentran por arriba o por debajo de la línea central.

14. Cuando de 17 puntos consecutivos, al menos 14 aparecen por arriba o por debajo de la línea central.

15. Cuando de 20 puntos consecutivos, al menos 16 caen arriba o debajo de la línea central.

16. Si 15 puntos consecutivos caen en 1-sigma puede ser indicativo de falla mecánica.

2. TABULACIONES, GRAFICOS Y EVALUACION

2.1 HOJA DE DATOS DE LAS CARTAS DE CONTROL \bar{X} -S LOTE DE PRUEBA

PRODUCTO: K-1 **DAPARTAMENTO:** CONTROL DE CALIDAD
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: ESPECTROFOTOMETRO UV-VIS
CARACTERÍSTICA: mg / tab **FREC. MUESTREO:** CADA 10 MIN
TAMAÑO DE LA MUESTRA: 10 **Nº, SUBGRUPO:** 25
MUESTREADO POR: DRM **ANALISTA:** FPH

SUBG.	1	2	3	4	5	6	7
	133	134	117	119	122	134	127
	130	131	116	133	137	140	127
	123	137	134	108	126	128	117
	122	145	136	135	119	134	118
	129	131	146	119	125	136	127
	124	127	138	114	131	141	117
	127	144	142	112	132	123	117
	129	139	140	108	129	114	114
	130	156	135	123	128	124	127
	132	137	127	130	131	118	112
MEDIA \bar{X}	127.9	138.1	133.1	120.1	128.0	129.2	120.3
D. EST (S)	3.78	8.48	10.10	9.96	5.23	9.26	6.02

SUBG.	8	9	10	11	12	13	14
	128	115	110	120	133	193	193
	136	128	129	130	131	140	141
	136	116	115	132	127	125	130
	138	128	123	130	142	133	139
	134	127	121	135	153	131	145
	120	131	128	134	133	127	144
	128	129	128	128	131	122	140
	124	134	113	139	136	140	123
	128	146	126	137	129	131	135
	129	136	113	131	128	140	121
MEDIA \bar{X}	130.1	129.0	120.6	131.6	134.3	138.2	141.1
D. EST (S)	5.78	9.05	7.26	5.32	7.87	20.29	20.04

SUBG.	15	16	17	18	19	20	21
	131	121	119	115	140	127	126
	128	124	121	122	128	135	123
	127	133	123	124	135	140	114
	127	130	137	117	134	121	138
	131	126	123	116	125	139	132
	124	129	122	137	132	129	126
	123	128	133	133	136	136	130
	129	132	136	124	137	166	125
	124	129	133	124	133	129	122
	127	123	136	119	129	131	125
MEDIA \bar{X}	127.1	127.5	128.3	123.1	132.9	135.3	126.2
D. EST. (S)	2.81	3.92	7.26	7.19	4.53	12.25	6.37

SUBG.	22	23	24	25
	124	144	129	133
	126	150	119	138
	128	146	124	135
	123	145	145	138
	121	147	130	140
	117	133	140	131
	120	134	145	150
	115	134	127	155
	114	131	130	147
	117	131	150	138
MEDIA \bar{X}	120.5	139.5	133.9	140.5
D. EST. (S)	4.74	7.50	10.35	7.73

2.1.1 CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL LOTE DE PRUEBA CARTA DE MEDIAS

$$\bar{X} = 130.8$$

$$\bar{S} = 7.3$$

$$LIC = \bar{X} - A\bar{S} = 130.8 - 1.03(7.3) = 123.3$$

$$LSC = \bar{X} + A\bar{S} = 130.8 + 1.03(7.3) = 138.3$$

Para $n=10$, $A=1.03$ tabla pag. 667(5*)

* Bibliografía

2.1.2 CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL LOTE DE PRUEBA CARTA DE DESVIACIÓN ESTANDAR

$$\bar{S} = 7.3$$

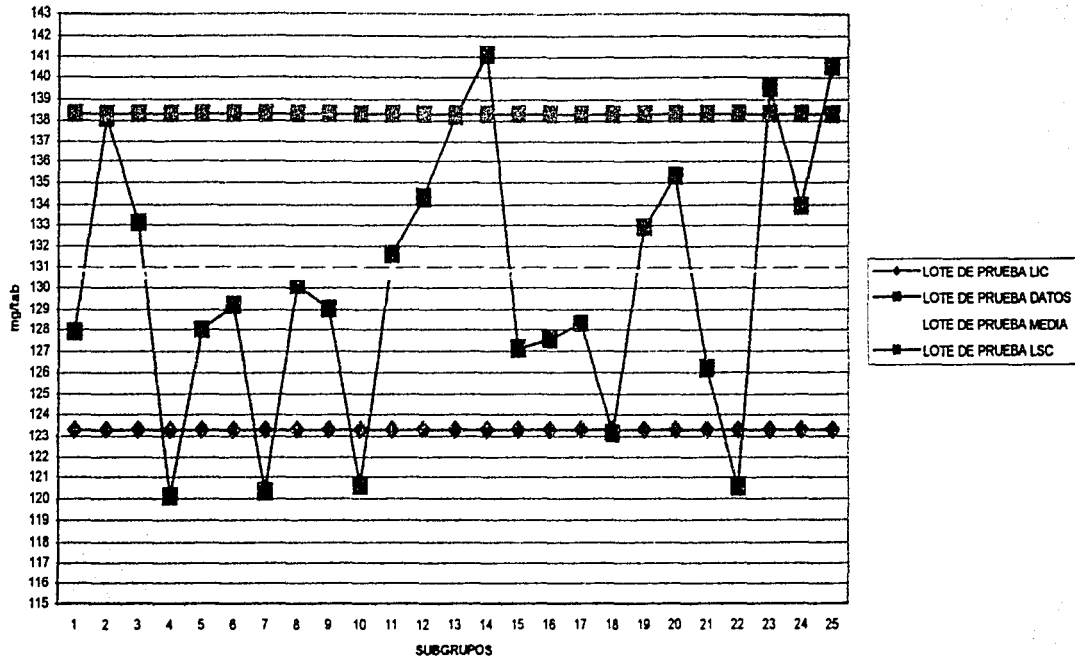
$$LIC = B3 \cdot \bar{S} = (0.28)(7.3) = 2.0$$

$$LSC = B4 \cdot \bar{S} = (1.72)(7.3) = 12.6$$

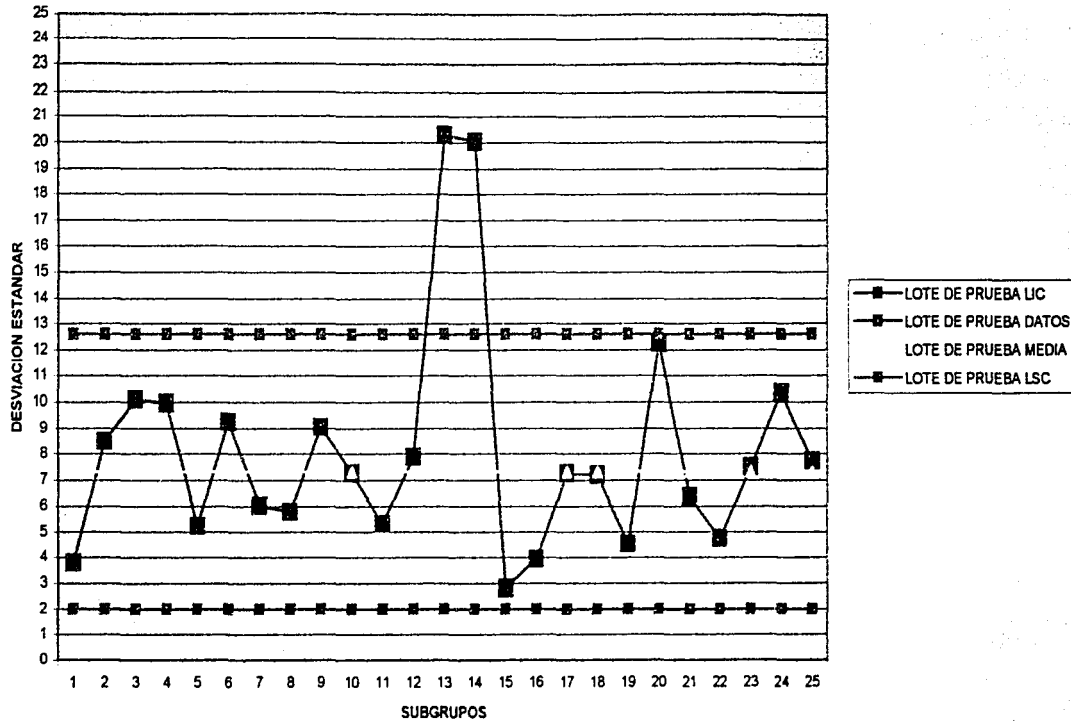
Para $n=10$, $B3=0.28$, $B4=1.72$ tabla pag. 667(5*)

* Bibliografía

CARTA DE CONTROL DE MEDIAS X



CARTA DE CONTROL DE DESVIACIONES ESTANDAR (S)



DETECCIÓN DEL PROBLEMA DEL LOTE DE PRUEBA

Al analizar la carta de control de medias (\bar{X}) se llegó a la conclusión que las causas asignables que se presentaron en los subgrupos 2, 15, 17, 18, 19, 20 y 24 se debieron a problemas de mezclado. Por lo que se realizaron pruebas con la finalidad de encontrar el tiempo óptimo de mezclado y considerar este primer lote como de prueba, debido a que se encuentra fuera de control estadístico con variación extrema.

**2.2 HOJA DE DATOS DE LAS CARTAS DE CONTROL \bar{X} - S
LOTE 1 DE VALIDACION**

PRODUCTO: K-1 **DAPARTAMENTO:** CONTROL DE CALIDAD
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: ESPECTROFOMETRO UV-VIS
CARACTERÍSTICA: mg / tab **FREC. MUESTREO:** CADA 10 MIN
TAMAÑO DE LA MUESTRA: 10 **Nº, SUBGRUPO:** 25
MUESTREADO POR: DRM **ANALISTA:** FPH

SUBG.	1	2	3	4	5	6	7
	119	137	140	137	124	127	121
	126	137	137	128	137	130	123
	131	145	136	134	134	137	123
	138	143	120	143	142	129	128
	126	140	127	127	131	128	128
	119	140	136	139	127	126	130
	119	137	134	144	128	124	144
	132	133	130	136	122	137	140
	138	128	134	141	134	131	131
	135	140	125	147	125	126	123
MEDIA \bar{X}	128.3	138.0	131.9	137.6	130.4	129.5	129.1
D.EST(S)	7.63	4.88	6.24	6.60	6.35	4.45	7.64

SUBG.	8	9	10	11	12	13	14
	134	134	126	143	134	138	142
	140	128	134	134	137	128	131
	135	122	144	132	120	128	131
	131	136	136	133	128	142	139
	138	137	136	144	136	124	128
	134	136	140	139	127	135	139
	136	127	133	148	132	137	135
	131	130	136	139	139	141	141
	135	127	135	125	152	138	142
	129	125	135	139	140	131	140
MEDIA \bar{X}	134.3	130.2	135.5	137.6	134.5	134.2	136.8
D.EST(S)	3.33	5.25	4.62	6.74	8.70	6.11	5.16

SUBG.	15	16	17	18	19	20	21
	141	127	127	131	129	134	140
	133	125	132	147	130	131	144
	125	129	129	129	129	137	133
	124	128	134	144	153	145	131
	126	124	144	127	147	131	130
	124	125	134	140	136	127	137
	127	142	132	138	130	144	147
	141	125	139	140	139	139	137
	129	123	137	131	132	156	144
	130	124	132	127	131	137	137
MEDIA \bar{X}	130.0	127.2	134.0	135.4	135.6	138.1	138.0
D. EST(S)	6.44	5.53	4.94	7.29	8.36	8.48	5.75

SUBG	22	23	24	25
	133	127	131	123
	131	127	131	132
	127	123	123	123
	142	148	140	127
	153	139	140	128
	133	143	140	145
	131	132	135	129
	136	131	131	135
	129	130	141	134
	128	131	135	135
MEDIA \bar{X}	134.3	133.1	134.7	131.1
D. EST.(S)	7.87	7.82	5.79	6.62

**2.2.1 CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL LOTE 1
DE VALIDACIÓN CARTA DE MEDIAS**

$$\bar{X} = 133.6$$

$$\bar{S} = 6.3$$

$$LIC = \bar{X} - A \bar{S} = 133.6 - 1.03 (6.3) = 127.1$$

$$LSC = \bar{X} + A \bar{S} = 133.6 + 1.03 (6.3) = 140.1$$

Para n=10, A=1.03 Tabla pag. 667(5*)

* Bibliografía

**2.2.2 CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL LOTE
1 VALIDACIÓN CARTA DE DESVIACIÓN ESTANDAR**

$$LIC = B3. \bar{S} = (0.28) (6.3) = 1.8$$

$$LSC = B4. \bar{S} = 1.72 (6.3) = 10.9$$

Para n=10, B3=0.28, B4=1.72 Tabla pag. 667(5*)

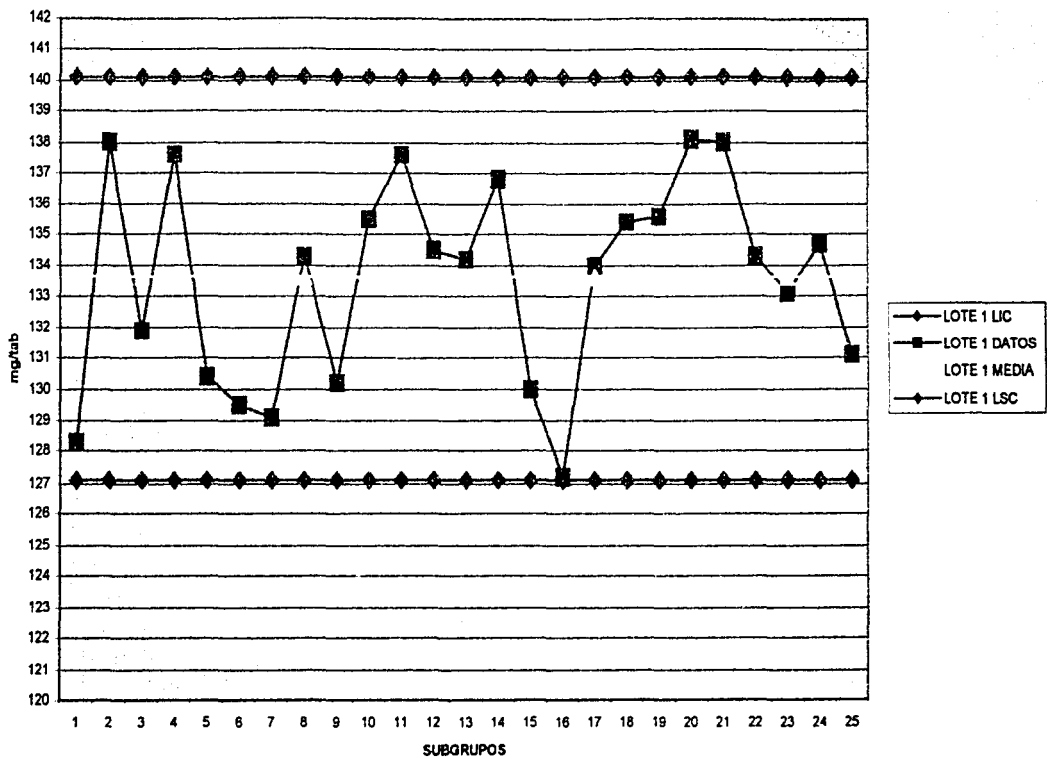
* Bibliografía

2.2.3 LIMITES s, 2s Y 3s DE LA CARTA DE CONTROL DE \bar{X}

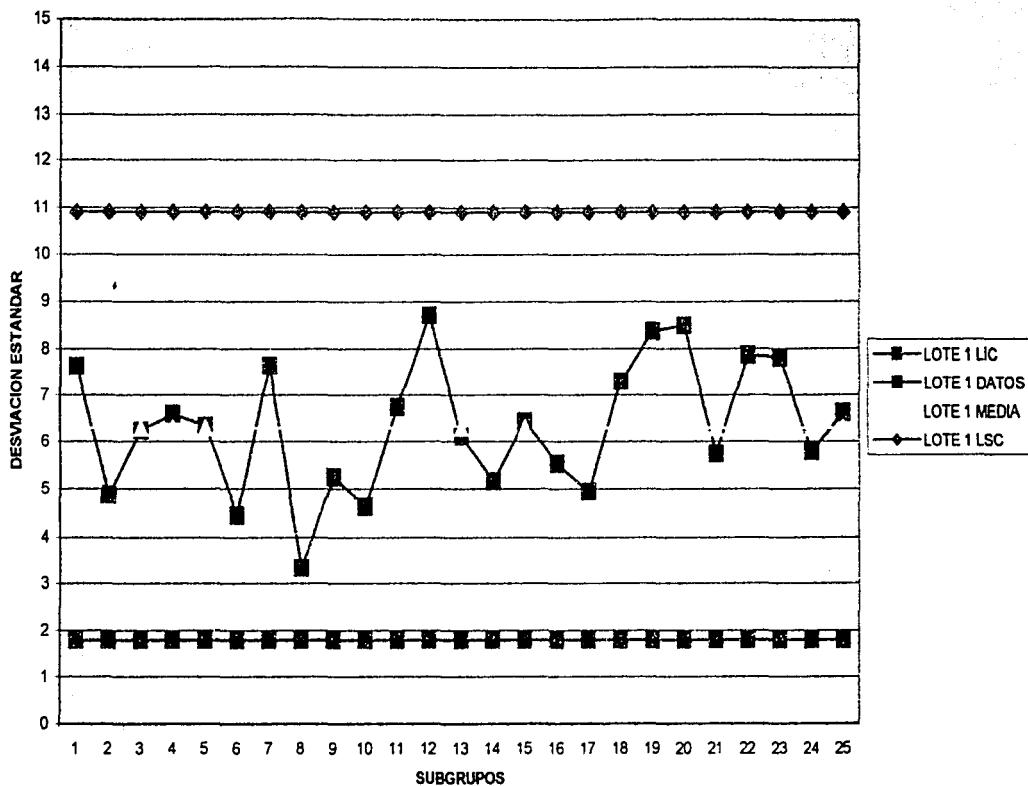
LOTE 1

LOTE	\bar{X} -LIC	\bar{X} -3s	\bar{X} -2s	\bar{X} -s	\bar{X}	\bar{X} +s	\bar{X} +2s	\bar{X} +3s
1	6.5	127.1	129.3	131.4	133.6	135.8	137.9	140.1

CARTA DE CONTROL DE MEDIAS X



CARTA DE CONTROL DE DESVIACIONES ESTANDAR (S)



2.2.4 ANALISIS Y EVALUACION DE LA CARTA DE CONTROL DE \bar{X} APLICANDO LOS 16 PUNTOS DE LOS CICC AL LOTE 1

PUNTO 1.- NEGATIVO. Todos los subgrupos se encuentran dentro de 3 sigmas.

PUNTO 2.- POSITIVO. Se observan 7 cruzamientos de la línea central del subgrupo 1 al 10, 5 del subgrupo 7 al 17 y 5 del subgrupo 14 al 25. Indicando que el proceso se encuentra fuera de control estadístico.

PUNTO 3.- NEGATIVO. Todos los subgrupos consecutivos por arriba y por debajo de la línea central son menores de 7.

PUNTO 4.1.-NEGATIVO. $\bar{X}=133.6$, $\bar{X}-s=133.6-2.17=131.4$, se encuentran el subgrupo 3.

$\bar{X}=133.6$, $\bar{X}+s=133.6+2.17= 135.8$, se localizan los subgrupos: 8,10, 12, 13,17,18, 19, 22, 23 y 24.

Por lo tanto, se tienen 11 subgrupos en $\bar{X} \pm s$ que representan un 44%.

PUNTO 4.2.- POSITIVO. El 56 % de los subgrupos cae en $\bar{X} \pm 2s$ y 3s, cuando no debe presentarse mas del 32 %. Para poblaciones pequeñas, del orden de

20 a 30 subgrupos, este porcentaje puede ser de 10 a 20 %.

PUNTO 5.- POSITIVO. LIC=127.1 y LIC+s=127.1+2.17=129.3. En este rango se encuentran los subgrupos 1, 17 y 16, pero no son consecutivos.

$$\bar{X}+2s=133.6 +2(2.17)= 137.9 \text{ y LSC}=140.1$$

En este rango caen los subgrupos 2, 20 y 21, estos dos últimos consecutivos(Positivo).

PUNTO 6.- POSITIVO. $\bar{X}-s=133.6 -2.17= 131.4$ y LIC=127.1. En este rango se localizan los subgrupos 1, 5, 6, 7, 9, 15, 16 y 25.

$\bar{X}+s=133.6 + 2.17 =135.8$ y LSC=140.1. En estos límites se encuentran los subgrupos 2, 4, 11, 14, 20 y 21.

Los subgrupos 4, 5, 6 y 7 son consecutivos mas allá de los límites 1 sigma.

PUNTO 7.- NO APLICA(N/A). No se puede hablar de mejora ya que el proceso se encuentra fuera de control estadístico.

PUNTO 8.- NEGATIVO. Los subgrupos que caen en $\bar{X}-s$ son : 3.
Los subgrupos que caen en $\bar{X}+s$ son : 8,
10, 12, 13, 17, 18, 19, 22, 23 y 24

Se observa que se presentan subgrupos en 1 sigma con mayor frecuencia que cada 8 consecutivos.

PUNTO 9.- POSITIVO. Subgrupos en - 1 sigma : 3.

Subgrupos en + 1 sigma: 8, 10, 12, 13, 17, 18, 19, 22, 23 y 24.

Subgrupos en -2 sigma : 5, 6, 9, 15 y 25.

Subgrupos en +2 sigma : 4, 11 y 14.

Subgrupos en -3 sigma : 1, 7 y 16.

Subgrupos en +3 sigma : 2, 20 y 21.

Se observa predominancia de subgrupos en +1 sigma . Esto es indicativo de que la media del proceso ha aumentado.

PUNTO 10.- NEGATIVO. No se presentan corridas o tandas de por lo menos 7 subgrupos consecutivos.

PUNTO 11.- NEGATIVO. No se observa patrón recurrente o cíclico.

PUNTO 12.- NEGATIVO.

PUNTO 13.- NEGATIVO.

PUNTO 14.- NEGATIVO.

PUNTO 15.- NEGATIVO.

PUNTO 16.- NEGATIVO.

EVALUACION DE LA CARTA DE CONTROL DE \bar{X} LOTE 1

(RESUMEN)

CICC	1	2	3	4.1	4.2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L-1	-	+	-	-	+	+	+	NA	-	+	-	-	-	-	-	-	-

DETECCIÓN DEL PROBLEMA DEL LOTE 1

Se investigaron causas atribuibles o especiales de variación, observándose 12 paros de máquina durante la producción del lote. Se instruyó al personal operativo para lograr la producción continua del siguiente lote desde el tableado hasta el acondicionado.

2.3 HOJA DE DATOS DE LAS CARTAS DE CONTROL $\bar{X} - S$

LOTE 2 DE VALIDACION

PRODUCTO: K-1 DEPARTAMENTO: CONTROL DE CALIDAD
 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: ESPECTROFOTOMETRO UV-VIS
 CARACTERÍSTICA: mg / tab FREC. MUESTREO: CADA 10 MIN
 TAMAÑO DE MUESTRA: 10 N°, SUBGRUPO: 25
 MUESTREADO POR: DRM ANALISTA: FPH

SUBG.	1	2	3	4	5	6	7
	130	136	133	139	122	123	129
	129	129	131	131	124	130	125
	125	134	132	139	127	128	126
	131	143	126	135	139	121	127
	124	141	134	135	134	124	125
	129	136	128	133	130	136	128
	131	147	120	139	127	129	132
	132	132	11	132	129	130	126
	127	133	110	127	124	132	134
	129	137	125	124	125	129	131
MEDIA \bar{X}	128.7	136.8	125.0	133.4	128.1	128.2	128.3
D.EST(S)	2.63	5.45	8.73	5.13	5.17	4.47	3.13

SUBG.	8	9	10	11	12	13	14
	130	131	135	146	134	131	131
	136	121	134	128	130	126	136
	123	130	128	131	133	126	144
	134	137	137	126	127	128	123
	131	135	124	125	132	139	126
	139	138	127	128	128	130	132
	131	139	123	118	134	131	129
	128	126	131	125	129	134	139
	136	129	136	129	127	135	135
	147	126	133	139	141	132	134
MEDIA \bar{X}	133.5	131.2	130.8	129.5	131.5	131.2	132.9
D.EST(S)	6.59	5.96	5.03	7.85	4.30	4.08	6.15

SUBG.	15	16	17	18	19	20	21
	120	123	130	119	120	127	120
	126	126	139	127	126	136	123
	119	130	136	127	122	135	118
	135	129	128	120	139	132	138
	141	129	129	120	141	141	120
	121	122	140	134	137	135	132
	121	149	133	125	129	138	130
	134	140	137	131	139	139	124
	135	132	144	129	142	144	118
	139	136	148	131	120	127	131
MEDIA \bar{X}	129.1	131.6	136.4	126.3	131.5	135.4	125.4
D.EST(S)	8.56	8.21	6.59	5.23	9.03	5.56	6.92

SUBG.	22	23	24	25
	127	122	128	127
	122	111	117	129
	132	124	146	123
	140	132	115	130
	130	120	137	137
	144	129	122	121
	126	144	146	133
	129	134	149	139
	138	132	139	138
	128	137	141	127
MEDIA \bar{X}	131.6	128.5	134.0	130.4
D. EST.(S)	6.93	9.48	12.56	6.24

2.3.1 CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL LOTE 2 DE VALIDACIÓN CARTA DE MEDIAS

$$\bar{X} = 130.8$$

$$\bar{S} = 6.4$$

$$LIC = \bar{X} - A\bar{S} = 130.8 - 1.03(6.4) = 124.2$$

$$LSC = \bar{X} + A\bar{S} = 130.8 + 1.03(6.4) = 137.4$$

Para n=10, A=1.03 Tabla pag. 667(5*)

* Bibliografía

2.3.2 CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL LOTE 2 DE VALIDACIÓN CARTA DE DESVIACIÓN ESTANDAR

$$LIC = B3 \cdot \bar{S} = (0.28)(6.4) = 1.8$$

$$LSC = B4 \cdot \bar{S} = 1.72(6.4) = 11.0$$

Para n=10, B3=0.28, B4=1.72 Tabla pag. 667(5*)

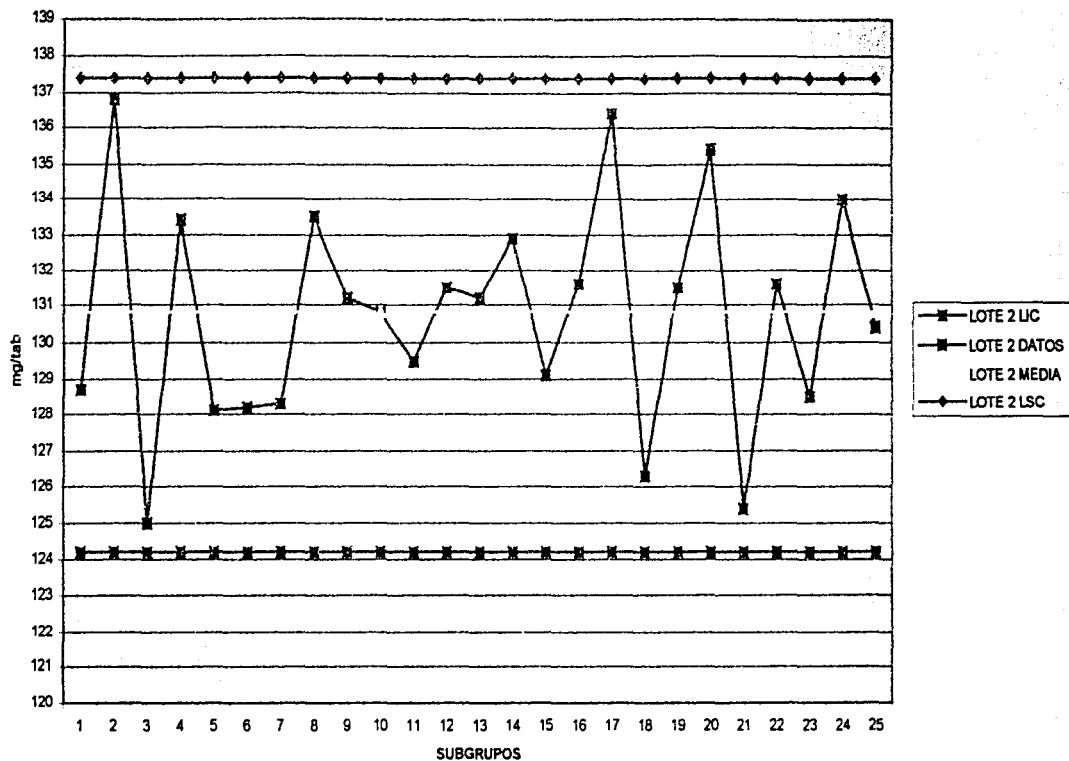
* Bibliografía

2.3.3 LIMITES s, 2s Y 3s DE LA CARTA DE CONTROL DE X

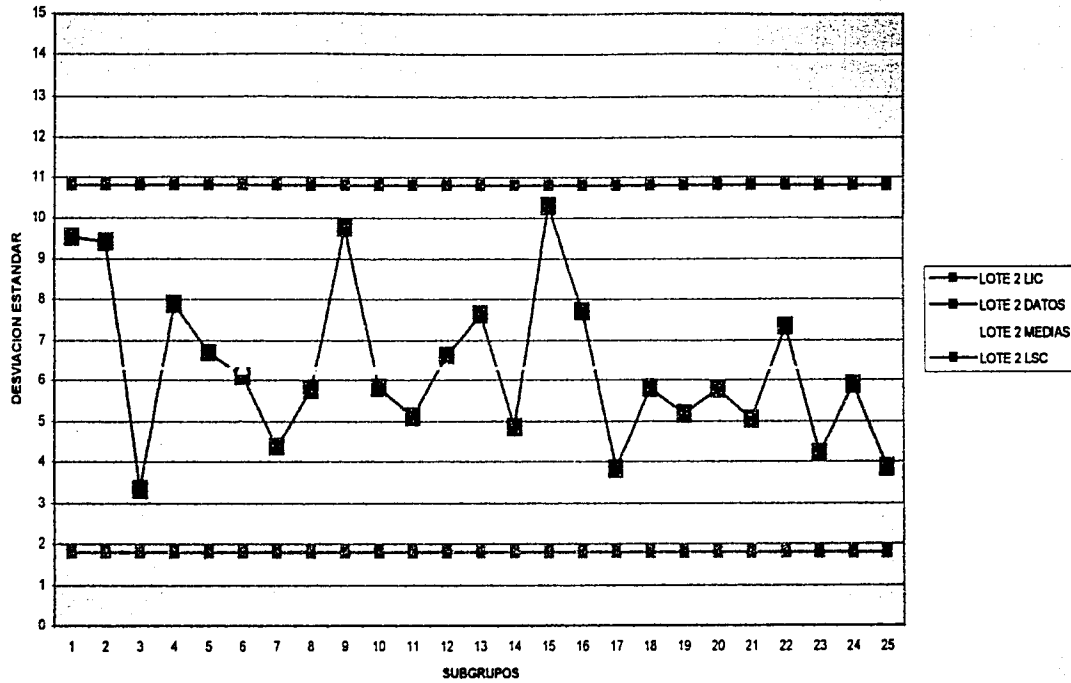
LOTE 2

LOTE	\bar{X} -LIC	\bar{X} -3s	\bar{X} -2s	\bar{X} -s	\bar{X}	\bar{X} +s	\bar{X} +2s	\bar{X} +3s
2	6.6	124.2	126.4	128.6	130.8	133.0	135.2	137.4

CARTA DE CONTROL DE MEDIAS X



CARTA DE CONTROL DE DESVIACIONES ESTANDAR (S)



2.3.4 ANALISIS Y EVALUACION DE LA CARTA DE CONTROL DE \bar{X} APLICANDO LOS 16 PUNTOS DE LOS CICC AL LOTE 2

PUNTO 1.- NEGATIVO. Todos los subgrupos se encuentran dentro de 3 sigmas.

PUNTO 2.- POSITIVO. Se observan 8 cruzamientos de la línea Central del subgrupo 1 al 15 y 10 del subgrupo 11 al 25. Indicando que el proceso se encuentra fuera de control estadístico.

PUNTO 3.- NEGATIVO. Todos los subgrupos consecutivos por arriba y por debajo de la línea central son menores de 7.

PUNTO 4.1.- NEGATIVO. $\bar{X}=130.8$, $\bar{X}-s=130.8-2.2=128.6$, se encuentran los subgrupos: 1,10,11,15 y 25.

$\bar{X}=130.8$, $\bar{X}+s=130.8+2.2=133.0$, se localizan los subgrupos: 9, 12, 13, 14, 16, 19 y 22.

Por lo tanto, se tienen 12 subgrupos en $\bar{X} \pm s$ que representan un 48 %.

PUNTO 4.2.- POSITIVO. El 52 % de los subgrupos cae en $\bar{X} \pm 2s$ y $3s$, cuando no debe presentarse mas del 32 %. Para poblaciones pequeñas, del orden de

20 a 30 subgrupos, este porcentaje puede ser de 10 a 20 %.

PUNTO 5.- NEGATIVO. $LIC=124.2$ y $LIC+s=124.2+2.2=126.4$. En este rango se encuentran los subgrupos 3, 18 y 21, pero no son consecutivos. $\bar{X} + 2s=130.8 + 2(2.2)= 135.2$ y $LSC=137.4$. En este rango caen los subgrupos 2, 17 y 20, que no son consecutivos.

PUNTO 6.- POSITIVO. $\bar{X}-s=130.8 -2.2= 128.6$ y $LIC=124.2$. En este rango se localizan los subgrupos 3, 5, 6, 7, 18, 21 y 23.
 $\bar{X}+s=130.8 + 2.2 =133.0$ y $LSC=137.4$. En estos límites se encuentran los subgrupos 2, 4, 8, 17, 20 y 24 .
Los subgrupos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 son consecutivos mas allá de los límites 1 sigma.

PUNTO 7.- NO APLICA(N/A). No se puede hablar de mejora ya que el proceso se encuentra fuera de control estadístico.

PUNTO 8.- NEGATIVO. Los subgrupos que caen en $\bar{X}-s$ son : 1, 10, 11, 15 y 25.

Los subgrupos que caen en $\bar{X}+s$ son : 9,

12,13, 14, 16, 19 y 22.

Se observa que se presentan subgrupos en 1 sigma con mayor frecuencia que cada 8 consecutivos.

PUNTO 9.- NEGATIVO. Subgrupos en - 1 sigma : 1,10,11, 15 y 25.

Subgrupos en + 1 sigma: 9, 12, 13, 14, 16,19 y 22

Subgrupos en -2 sigma : 5, 6, 7 y 23.

Subgrupos en +2 sigma : 4, 8 y 24.

Subgrupos en -3 sigma : 3, 18 y 21.

Subgrupos en +3 sigma : 2, 17 y 20.

No se observa predominancia de sub-Grupos en los tercios. Esto es indicativo de que la media del proceso no ha cambiado sustancialmente.

PUNTO 10.- NEGATIVO. No se presentan corridas o tandas de por lo menos 7 subgrupos consecutivos.

PUNTO 11.- NEGATIVO. No se observa patrón recurrente o cíclico.

PUNTO 12.- NEGATIVO.

PUNTO 13.- NEGATIVO.

PUNTO 14.- NEGATIVO.

PUNTO 15.- NEGATIVO.

PUNTO 16.- NEGATIVO.

EVALUACIÓN DE LA CARTA DE CONTROL DE \bar{X} DEL LOTE 2

(RESUMEN)

CICC	1	2	3	4.1	4.2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L-2	-	+	-	-	+	-	+	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DETECCIÓN DEL PROBLEMA DEL LOTE 2

En esta ocasión se presentaron 5 paros de máquina, provocando que el proceso continuara fuera de control.

Se volvió a instruir al personal operativo para lograr la producción continua de lote 3 desde el tableteado hasta el acondicionado.

**2.4 HOJA DE DATOS DE LAS CARTAS DE CONTROL \bar{X} - S
LOTE 3 DE VALIDACION**

PRODUCTO: K-1 **DAPARTAMENTO:** CONTROL DE CALIDAD
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: ESPECTROFOTOMETRO UV-VIS
CARACTERÍSTICA: mg / tab **FREC. MUESTREO:** CADA 10 MIN
TAMAÑO DE LA MUESTRA: 10 **Nº, SUBGRUPOS:** 25
MUESTREADO POR: DRM **ANALISTA:** FPH

SUBG.	1	2	3	4	5	6	7
	139	122	134	124	135	138	124
	133	124	140	135	132	128	128
	124	127	135	128	126	128	136
	117	129	131	153	139	142	127
	150	135	138	132	139	124	130
	125	139	134	135	119	135	134
	130	147	136	133	132	137	124
	132	141	131	130	140	141	131
	134	131	135	132	138	138	135
	142	149	129	140	136	131	133
MEDIA \bar{X}	132.6	134.4	134.3	134.2	133.6	134.2	130.2
D.EST(S)	9.52	9.40	3.34	7.89	6.69	6.10	4.37

SUBG.	8	9	10	11	12	13	14
	123	128	130	134	123	134	124
	126	130	121	133	132	115	127
	132	139	124	123	123	126	124
	134	142	127	135	127	130	119
	138	133	133	137	128	129	127
	126	137	133	130	145	119	124
	129	135	133	127	129	140	122
	137	110	132	135	135	131	136
	140	142	139	137	134	137	129
	135	142	138	140	135	127	131
MEDIA \bar{X}	132.0	133.8	131.2	133.1	131.1	128.8	126.3
D.EST(S)	5.77	9.75	5.81	5.11	6.62	7.63	4.85

SUBG.	15	16	17	18	19	20	21
	139	130	139	129	133	122	140
	152	119	141	135	121	125	135
	153	131	135	134	125	122	127
	130	136	132	117	137	126	136
	129	127	132	135	135	123	140
	128	141	137	135	131	133	140
	129	121	139	126	131	124	131
	126	142	131	131	131	131	143
	126	135	130	126	135	140	137
	130	135	136	133	137	128	142
MEDIA \bar{X}	134.2	131.7	135.2	130.1	131.6	127.4	137.1
D. EST(S)	10.30	7.70	3.82	5.80	5.17	5.78	5.04

SUBG.	22	23	24	25
	134	133	138	127
	124	131	119	129
	134	126	124	131
	135	133	136	127
	135	131	133	136
	138	133	131	131
	147	140	133	134
	132	133	133	136
	146	134	131	136
	146	125	137	127
MEDIA \bar{X}	137.1	131.9	131.5	131.4
D. EST.(S)	7.33	4.20	5.89	3.86

2.4.1 CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL LOTE 3 DE VALIDACIÓN CARTA DE MEDIAS

$$\bar{X} = 132.4$$

$$\bar{S} = 6.3$$

$$LIC = \bar{X} - A\bar{S} = 132.4 - 1.03(6.3) = 125.9$$

$$LSC = \bar{X} + A\bar{S} = 132.4 + 1.03(6.3) = 138.9$$

Para n=10, A=1.03 Tabla pag. 667(5*)

* Bibliografía

2.4.2 CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL LOTE 2 DE VALIDACIÓN CARTA DE DESVIACIÓN ESTANDAR

$$LIC = B3 \cdot \bar{S} = (0.28)(6.3) = 1.8$$

$$LSC = B4 \cdot \bar{S} = 1.72(6.3) = 10.8$$

Para n=10, B3=0.28, B4=1.72 Tabla pag. 667(5*)

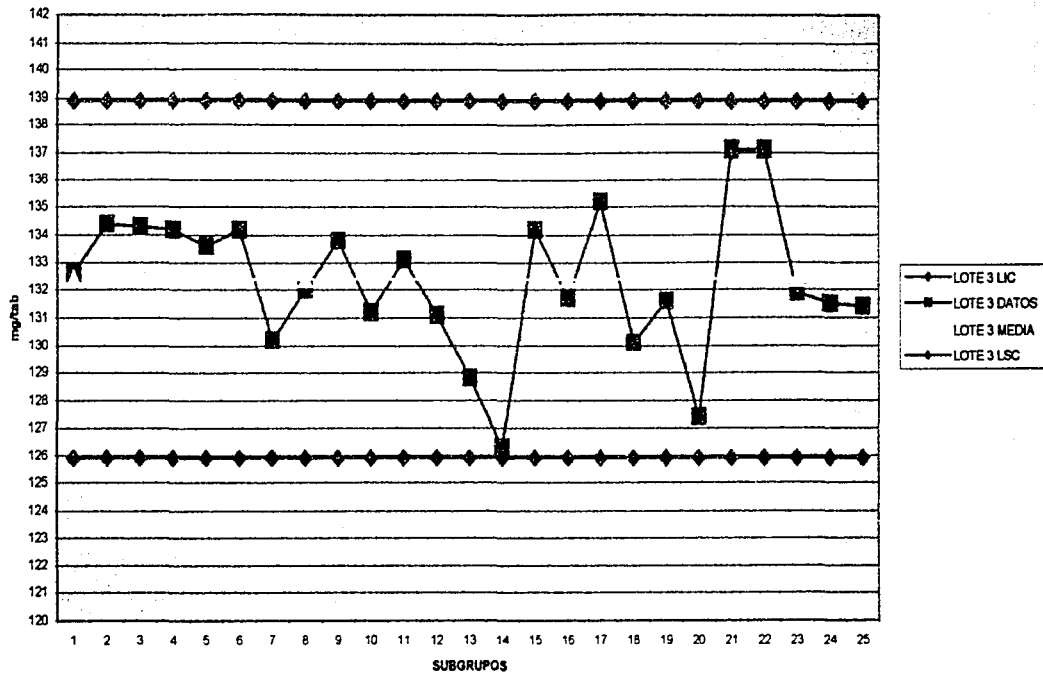
* Bibliografía

2.4.3 LIMITES s, 2s Y 3s DE LA CARTA DE CONTROL DE X

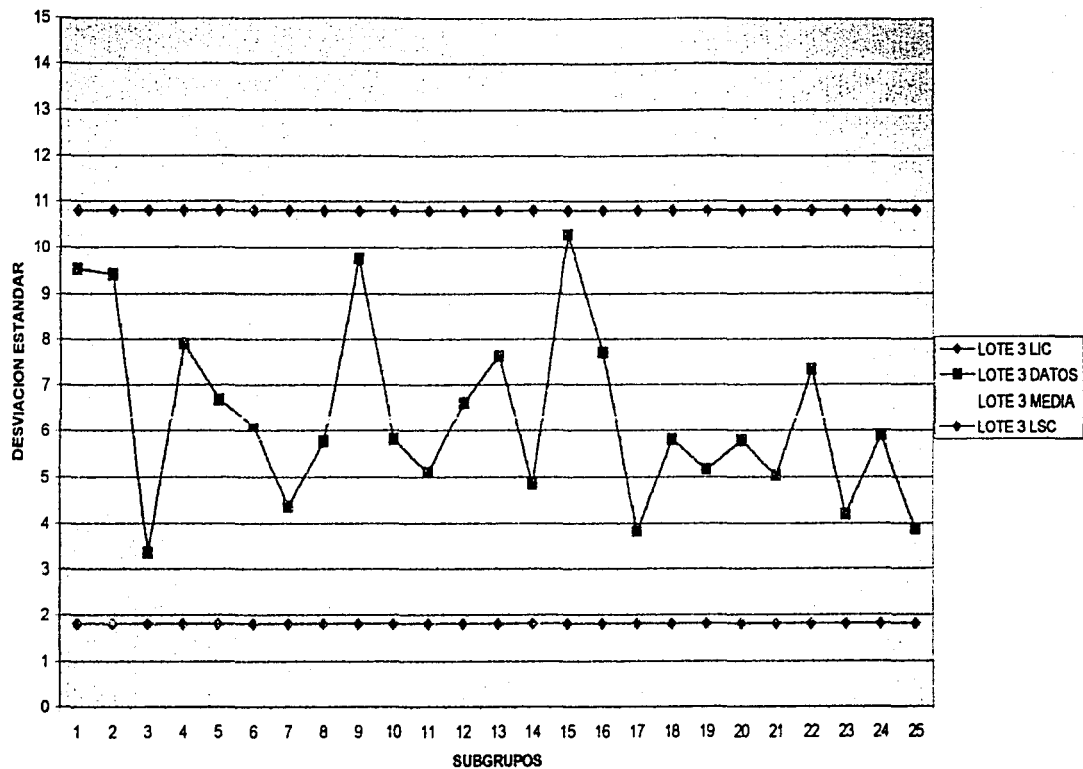
LOTE 3

LOTE	\bar{X} -LIC	\bar{X} -3s	\bar{X} -2s	\bar{X} -s	\bar{X}	\bar{X} +s	\bar{X} +2s	\bar{X} +3s
3	6.5	125.9	128.1	130.2	132.4	134.6	136.7	138.9

CARTA DE CONTROL DE MEDIAS X



CARTA DE CONTROL DE DESVIACIONES ESTANDAR (S)



2.4.4 ANALISIS Y EVALUACION DE LA CARTA DE CONTROL DE \bar{X} APLICANDO LOS 16 PUNTOS DE LOS CICC AL LOTE 3

PUNTO 1.- NEGATIVO. Todos los subgrupos se encuentran dentro de 3 sigmas.

PUNTO 2.- POSITIVO. Se observan 10 cruzamientos de la línea central del subgrupo 6 al 21 o bien, 8 a partir del subgrupo 10 al 25.
Indicando que el proceso se encuentra fuera de control estadístico.

PUNTO 3.- NEGATIVO. Todos los subgrupos consecutivos por arriba y por debajo de la línea central son menores de 7.

PUNTO 4.1.- NEGATIVO. $\bar{X} = 132.4$, $\bar{X}-s = 132.4 - 2.17 = 130.2$, se encuentran los subgrupos: 7, 8, 10, 12, 16, 19, 23, 24 y 25.

$\bar{X} = 132.4$, $\bar{X}+s = 132.4 + 2.17 = 134.6$, se localizan los subgrupos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11 y 15.

Por lo tanto, se tienen 18 subgrupos en

$\bar{X} \pm s$ que representa un 72 %.

PUNTO 4.2.- NEGATIVO. El 28 % de los subgrupos cae en $\bar{X} \pm 2s$ y 3s. Este porcentaje se encuentra por debajo del 32 %.

Para poblaciones pequeñas, del orden de 20 a 30 subgrupos, este porcentaje puede ser de 10 a 20 %.

PUNTO 5.- POSITIVO. LIC=125.9 y LIC+s=125.9+2.17=128.1. En este rango se encuentran los subgrupos 14, y 20, pero no son consecutivos.

$\bar{X} + 2s = 132.4 + 2(2.17) = 136.7$ y LSC=138.9

En este rango caen los subgrupos 21 y 22 los cuales son consecutivos.

PUNTO 6.- NEGATIVO. $\bar{X} - s = 132.4 - 2.17 = 130.2$ y LIC=125.9. En este rango se localizan los subgrupos 7, 13, 14, 18 y 20.

$\bar{X} + s = 132.4 + 2.17 = 134.6$ y LSC=138.9.

En estos límites se encuentran los subgrupos 17, 21 y 22.

No existen 4 o 5 subgrupos consecutivos

mas allá de los limites 1 sigma.

PUNTO 7.- NO APLICA(N/A). No se puede hablar de mejora ya que

El proceso se encuentra fuera de control estadístico.

PUNTO 8.- NEGATIVO. Los subgrupos que caen en $\bar{X}-s$ son : 7, 8, 10, 12, 16, 19, 23, 24 y 25.

Los subgrupos que caen en $\bar{X}+s$ son : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11 y 15.

Se observa que se presentan subgrupos en 1 sigma con mayor frecuencia que cada 8 consecutivos.

PUNTO 9.- NEGATIVO. Subgrupos en -1 sigma : 7, 8, 10, 12, 16, 19, 23, 24 Y 25.

Subgrupos en $+1$ sigma: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11 Y 15.

Subgrupos en -2 sigma : 13 y 18.

Subgrupos en $+2$ sigma : 17.

Subgrupos en -3 sigma : 14 y 20.

Subgrupos en $+3$ sigma : 21 y 22

No se observa predominancia de subgru-

pos en los tercios. Esto es indicativo de que la media del proceso no ha cambiado.

PUNTO 10.- NEGATIVO. No se presentan corridas o tandas de por lo menos 7 subgrupos consecutivos.

PUNTO 11.- NEGATIVO. No se observa patrón recurrente o cíclico.

PUNTO 12.- NEGATIVO.

PUNTO 13.- NEGATIVO.

PUNTO 14.- NEGATIVO.

PUNTO 15.- NEGATIVO.

PUNTO 16.- NEGATIVO.

EVALUACION DE LA CARTA DE CONTROL DE \bar{X} DEL LOTE 3 (RESUMEN)

CICC	1	2	3	4.1	4.2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L-3	-	+	-	-	-	+	-	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DETECCIÓN DEL PROBLEMA DEL LOTE 3

En esta ocasión se presentó un paro de máquina, pero persisten causas asignables no identificadas que serán investigadas antes de la producción del siguiente lote, hasta lograr un proceso estable.

Se volverá a instruir al personal operativo para lograr la producción continua del siguiente lote desde el tableado hasta el acondicionado.

EVALUACION DE LAS CARTAS DE CONTROL

(RESUMEN)

CICC	1	2	3	4.1	4.2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
L-1	-	+	-	-	+	+	+	NA	-	+	-	-	-	-	-	-	-
L-2	-	+	-	-	+	-	+	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L-3	-	+	-	-	-	+	-	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3. CONCLUSIONES

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

En el lote de prueba se detectó variación extrema, es decir, subgrupos fuera de los límites de control, debido a problemas de mezclado. Se realizaron pruebas con la finalidad de encontrar el tiempo óptimo de mezclado para los siguientes 3 lotes. Se tomó la decisión de analizar las cartas de control para cada lote antes de iniciar la producción del siguiente, para investigar causas asignables de variación y la mejoría del proceso.

Para el lote 1 ya no se presentaron subgrupos fuera de control estadístico, pero, al analizar y evaluar la carta de control de medias, con los 16 criterios de interpretación, se encontró el proceso fuera de control estadístico al no cumplir con los puntos 2, 4.2, 5 y 9. Se investigaron causas especiales de variación, encontrándose 12 paros de máquina durante la producción del lote. Se instruyó al personal operativo para tener como objetivo, la producción continua del siguiente lote desde el tableteado hasta el acondicionado.

El lote 2 no presentó variación extrema y al analizar y evaluar la carta de medias con los 16 criterios de interpretación, se concluyó que el proceso se encuentra fuera de control estadístico de acuerdo a los puntos 2, 4.2 y 6. Se produjeron 5 paros de máquina a pesar de los esfuerzos de los operarios. Se volvió a dejar en claro la importancia de mantener la producción en forma continua.

En el lote 3 no existen subgrupos fuera de los límites de control, aunque, al analizar y evaluar la carta de control de medias, el proceso continúa fuera de control estadístico de acuerdo a los criterios de interpretación 2 y 5.

Las cartas de desviación estandar para los lotes 1,2 y 3, muestran todos los subgrupos dentro de los límites de control.

Por lo tanto, durante el proceso de tableteado se lograron eliminar las variaciones extremas, es decir, los subgrupos fuera de los límites de control.

Conforme se avanzó en la producción de los lotes se fueron eliminando causas asignables o especiales de variación.

Sin embargo, el lote 3 se encontró fuera de control estadístico. Por lo que será necesario continuar con la investigación de las causas especiales de variación hasta lograr un proceso estable, aprovechando la experiencia adquirida durante el desarrollo de este trabajo. Es necesario puntualizar que el objetivo inicialmente propuesto de calcular los límites para valores individuales, variabilidad natural, variabilidad del proceso y capacidad real del proceso no fue posible cumplirlo debido a esta misma situación.

4. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Contino, A. V. Improve Plant Performance Via Statistical Process Control. Chemical Engineering. 20 de Julio, 1987, pag. 95-102.
- 2.- Duncan, A. J. Control de Calidad y Estadística Industrial. Edit. Alfaomega. 1989
- 3.- Feigenbaum, A. V. Control Total de Calidad. Edit. CECSA. Febrero, 1992.
- 4.- González Machado, José Luis. Diplomado de Actualización a Profundidad de Control Estadístico de la Calidad. Apuntes Módulo II: Control Estadístico del Proceso. Facultad de Química. UNAM.
- 5.- Grant, E. L. ;Leavenworth, R. S. Control Estadístico de la Calidad. Edit. CECSA, Noviembre, 1991.
- 6.- Juran, J. M. Quality Control Handbook. 4a. Edición. McGraw-Hill. Capítulos 15, 16, 23 y 24.
- 7.- Machinery and Production Engineering. Friend or Foe. That's SPC?. 2 de Sep. 1988, pag. 40-44.
- 8.- Moen, R. D. ; Nolan, T. W.; Provost, L. P. Improving Quality Through Planned Experimentation. Ed. Mc Graw-Hil. 1990.
- 9.- Montgomery, D. C. Control Estadístico de la Calidad. Grupo Editorial Iberoamérica. Enero, 1993.