

00528
34



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

TRABAJO ESCRITO VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN
CONTINUA

USOS DE GRÁFICOS DE CONTROL EN LA
NIXTAMALIZACIÓN DE MAÍZ

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA:
RAQUEL ESPINOSA MENESES



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA

MÉXICO, D.F.

2003

A



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. TORVALD GERMUND AXEL HOJER FRANZEN.

VOCAL: PROF. FEDERICO GALDEANO BIENZOBAS

SECRETARIO: PROF. MARÍA DE LOURDES GÓMEZ RÍOS

1ER. SUPLENTE: PROF. KARLA MERCEDES DÍAZ GUTIÉRREZ

2º. SUPLENTE: PROF. ZOILA NIETO VILLALOBOS

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

GRUPO MOLINERO GARCÍA.
FRANCISCO VILLA No. 12. TLALNEPANTLA EDO. MÉXICO.

ASESOR DEL TEMA



Q.F.B MARÍA DE LOURDES GÓMEZ RÍOS

SUSTENTANTE



RAQUEL ESPINOSA MENESES

A Dios... gracias por darme la vida y permitirme estar aquí.

A mis padres Dolores y Santiago.

A mis hermanos Virginia, Andrés, Laura, Gerardo, Alejandro, Víctor, Yolanda, Patricia, Oscar y Oscar Quintana.

En especial a mi hermano Gerardo, gracias por tu cariño y apoyo en todo momento. ¡Te quiero mucho!

A mis adorables Sobrinos, ya pasarán por esto... mucho éxito.

A los amigos, los buenos amigos.... Rosa, Vivian, Adriana, Leticia, Blanca, Magali, Angélica, Marco, José Antonio, David, Perfecto, Ricardo, Max y Javier.

Rosa, por casualidad nos encontramos hace ya mas de 8 años, sabes, eres parte esencial de esto.

A mi asesora Lourdes Gómez, por su apoyo en todo momento.

A esta facultad, a mis maestros y compañeros... gratos recuerdos tengo de ellos.

A ti, esa persona tan especial en mi vida... Alejandro, gracias y mucho éxito.

A todos

GRACIAS POR EXISTIR

Hoy te veo triste, que problema hay, pienso que tendrás ganas de charlar, yo te escucha si, no tengo que decir que en mi tienes un buen amigo... como comenzamos, yo no lo sé, la historia que no tiene fin... somos los mejores amigos, porque yo no tengo nada contigo, solo la risa y todo lo que nos pasa... en compañía, las cosas son perfectas, en compañía se hacen los caminos, aunque algún día separen sus destinos. Mas siempre hay una cara nueva, en compañía te encontraras con ella feliz... en nuestro mundo donde los viejos buenos valores pierden intensidad, en donde todo tiene su precio donde una ayuda nadie nos va a dar. Lo amargo de la realidad en mi no lo veras, confía en mi porque así son los amigos los buenos amigos. Piensa que no es nada momentáneo, que mi afectimiento es espontáneo, te acompañare, si buscas una mano amiga, te puedo dar la mía, así son los amigos, los buenos amigos... mirando al cielo a veces pienso que es como una enorme computadora. Hay algo que hace mover las nubes y después ordena las estrellas que todas las noches vez. Una semilla nueva crecerá, será una gran pradera al final, y pienso que tendré un lugar que sea para mi, porque yo lo quiero crear. Porque sentir lo que es vivir es todo lo que haré, viviré, poco a poco y al modo mio, seguire hasta convertirlo al fin en desierto... tu cariño es una promesa que me atraviesa, que navega de costa a costa en mi cabeza, ya lo vez pienso tanto en ti, porque no tengo miedo por mi. Un minuto de amor vale un mundo ese pacto es así... lo que dicen, lo que ves ya no sé si es lo que es. Será cierto o será realidad virtual. Entre tanta variedad será el colmo no saber llevar la vida un poco loca que nos toca interpretar en este inmenso show... yo no sé si me sucederán, sueños que se hagan realidad como el que tengo hoy en mi corazón latente desde que estas. Tal vez este permanecerá y, ya que están mientras estén no dejare de soñar un poco más... ya esta de nuevo aquí la soledad. Sé que otra noche escuchare mi corazón llevando en sus latidos tiempos de amor sin un punto final... tu que, por dentro, me conoces ya sabrás, vivo el momento más difícil de llevar. Sueño con saber si existes o si estos son vuelos inútiles, ¿donde estarás? ... antes de que intentes comprender el mundo, tratas primero de aclararte tu, antes de llegar y de tocar el fondo, la elección, amigo, siempre la tienes tu... se me encoge el corazón porque, no puedo ver, como se marchan tantos buenos amigos, tantos festigos que callaran. Hacia donde, quien sabrá, que caminos andarán antes de poder parar... como comenzamos yo no lo sé, la historia que toca a su fin, que es ese misterio que no se fue, lo llevo aquí dentro de mí... cuando la tristeza y él desanimo, me hagan parecer algo antipático, sé que tu estarás, yo sé que tu estarás aquí, que tu me escucharas, porque, así son los amigos los grandes amigos...

Como dueles en los labios, como duele en todos lados, como duelen sus caricias cuando ya se ha ido, como me duele la ausencia, como extraño su color de voz, como me envenena el tiempo cuando tu no estas, como dueles en los labios, en todos lados...soledad, como quisiera lanzarte al olvido, como quisiera guardarte en un cajón, como quisiera borrarle de un soplido, pero no puedo... ACP.

D

ÍNDICE.

PÁG.

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES.	
2.	BREVE HISTORIA DEL CONTROL Y DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD.	3
2.2.	GRÁFICOS DE CONTROL.	6
2.2.1.	CONSIDERACIONES BÁSICAS	6
2.2.2.	CLASIFICACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE CONTROL.	9
	a) GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES.	9
	b) GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.	10
	c) OTROS GRÁFICOS DE CONTROL.	11
2.2.3.	OBJETIVOS FUNDAMENTALES DE LOS GRÁFICOS DE CONTROL.	11
2.2.4.	CAUSAS COMUNES Y CAUSAS ASIGNABLES, ACCIDENTALES O ESPECIALES.	12
2.2.5.	PROCESO BAJO CONTROL Y PROCESO ESTABLE.	15
2.2.6.	MECÁNICA DE USO DE UN GRAFICO DE CONTROL.	16
2.2.7.	SEÑALES DE FALTA DE CONTROL.	17
2.2.8.	PASOS A SEGUIR PARA DISEÑAR CARTAS DE CONTROL.	24
2.2.8.1.	GRÁFICOS DE CONTROL INICIALES.	25
2.2.9.	GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES.	27
	a) GRAFICO DE LA MEDIA X.	27
	b) GRAFICO DEL RANGO O RECORRIDO R.	29
	c) GRÁFICOS DE LA DESVIACIÓN TÍPICA SN.	30

F

d) GRÁFICOS DE LA DESVIACIÓN TÍPICA SN-1.	31
e) GRAFICO DE LA VARIANZA.	32
2.2.10. GRAFICO DE CONTROL POR ATRIBUTOS.	33
2.2.11. GRÁFICOS DE CONTROL PARA MEDIDAS INDIVIDUALES.	33
a) GRAFICO DE LOS RANGOS MÓVILES.	34
b) MÉTODO DE LA AGRUPACIÓN POR BLOQUES.	35
2.3. GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN.	38
2.3.1. CAMBIOS QUE OCURREN DURANTE LA NIXTAMALIZACIÓN.	39
III. APLICACIÓN DE LAS CARTAS DE CONTROL EN EL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN.	
3. DISEÑO DE LA CARTA DE CONTROL.	41
3.1. OBJETIVO DE LA CARTA DE CONTROL	41
3.2. ELECCIÓN DE LA VARIABLE	41
3.3. ELECCIÓN DE LA GRAFICA DE CONTROL	42
3.4. ELECCIÓN DE TAMAÑO DE SUBGRUPO Y TAMAÑO DE MUESTRA	44
3.5. DETERMINACIÓN DEL MÉTODO DE MEDICIÓN	44
3.6. REGISTRO DE MEDICIONES	44
3.7. DESARROLLO ESTADÍSTICO	45
3.8. CONCLUSIONES PRELIMINARES	46
IV. CONCLUSIONES.	54
V. BIBLIOGRAFÍA.	56

r

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA No.1.DISTINCIÓN ENTRE CAUSAS ALEATORIAS Y ASIGNABLES.	14
TABLA No.2.FACTORES PARA EL CÁLCULO DE LOS LÍMITES DE CONTROL DE LAS GRAFICAS DE CONTROL POR VARIABLES.	37
TABLA No.3.VALORES DE LOS PARÁMETROS PARA EL GRAFICO DE CONTROL DE LA MEDIA PARA MEDIDAS INDIVIDUALES.	36
TABLA No.4.HOJA DE REGISTRO DE DATOS.	47

ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA No1.RELACIÓN ENTRE LA DISTRIBUCIÓN DE LA CARACTERÍSTICA X, SUS ESPECIFICACIONES Y LA PROPORCIÓN DE PIEZAS DEFECTUOSAS.	8
FIGURA No2.REACCIÓN EN CADENA DE LA MEJORA DE LA CALIDAD.	12
FIGURA No3. EFECTO DE LAS CAUSAS COMUNES Y DE LAS CAUSAS ESPECIALES EN LA DISTRIBUCIÓN DEL PROCESO.	13
FIGURA No4. REPRESENTACIÓN DE UNA CARTA DE CONTROL.	16
FIGURA No5. SEÑALES DE FALTA DE CONTROL.	21
FIGURA No6. GRÁFICOS DE CONTROL INICIALES.	26
FIGURA No7. DIAGRAMA DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN.	41
FIGURA No8. DIAGRAMA CAUSA EFECTO DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN.	42
FIGURA No. 9 CARTAS DE MEDIAS Y RANGOS PARA LA TEMPERATURA DEL AGUA.	50
FIGURA No. 11 CARTAS DE MEDIAS Y RANGOS PARA TEMPERATURA INICIAL DE NIXTAMALIZACIÓN.	52

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad un gran número de empresas de la industria de la transformación como la industria alimentaria se enfrentan al problema de diseñar, producir y controlar la calidad de cada uno de los productos que elabora. Afortunadamente, cada vez son mas los directores de producción que han asumido que es posible aumentar la calidad sin disminuir la productividad

Entendamos por control del proceso a todos los procedimientos necesarios para fijar y hacer cumplir ciertas especificaciones. Este estado de control nos permitirá fabricar productos homogéneos que cumplan con las especificaciones requeridas por el cliente y cuya variación de lote a lote este comprendida entre los límites establecidos.

Controlar y mejorar la calidad implica conocer las causas que le afectan para potenciarlas si la mejoran y eliminarlas o reducirlas si la agravan.

Precisamente el control estadístico del proceso es la herramienta básica que nos permite mantener estable el proceso y, por tanto, fabricar el producto dentro de especificaciones desde el principio. La base del control estadístico del proceso la constituyen los gráficos o cartas de control.

Los objetivos fundamentales de los gráficos de control son, vigilar y controlar el proceso con el fin de conseguir que este sea estable evitando la producción de defectos, reduciendo el rechazo y el reproceso, mejorando la calidad, aumentando la producción y la competitividad de la empresa.

En este trabajo se estudio los diferentes tipos de gráficos de control, en que circunstancias deben ser utilizados y se analiza una aplicación en la industrialización del maíz como es en el proceso de nixtamalización del grano de maíz para la obtención de masa y tortilla.

La nixtamalización es un proceso que se ha usado desde el tiempo de los mayas. Consiste en la cocción del grano en agua, previa adición de cal viva hidratada lo que propicia durante el cocimiento el aglutinamiento de las partículas de almidón entre sí y da la consistencia de flexibilidad y correa que contribuyen en las características de calidad de la tortilla.

A escala industrial, se sigue un proceso similar aunque reduciendo considerablemente los tiempos de cocción y reposo. El proceso de nixtamalización, tal como se lleva a cabo en la pequeña industria molinera, es altamente variable. Las variaciones están gobernadas por factores socioeconómicos y geográficos tales como el tipo de maíz, la proporción de agua y la concentración de cal, el cocimiento y la temperatura son definidas de acuerdo a los hábitos de la familia o a las especificaciones del proceso. La localización geográfica, el precio, la disponibilidad del maíz y las especificaciones de proceso determinan la variedad de maíz utilizado.

Por esto en la industria molinera se esta desarrollando el uso de las cartas de control por variables para tratar de mantener estable el proceso, mejorar la calidad, reducir costos y mejorar nuestra productividad.

II. ANTECEDENTES

2.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL CONTROL Y DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD.

El término control de calidad fue empleado por primera vez en una publicación en 1917 como una prevención de defectos en contraposición a las técnicas orientadas hacia la inspección, es decir, a la eliminación de las piezas defectuosas sin preocuparse por mejorar el proceso evitando producirlas (Grant, 2002)

Se considera que el Control Estadístico de la Calidad nace en 1924 con la puesta a punto de los Gráficos de Control para el control Estadístico del Proceso (Statistical Process Control, SPC) desarrollados por Walter A. Shewhart. Al final de la década de los 20, Harold F. Dodge y Harold G. Romig desarrollaron conjuntamente sus conocidas tablas de muestreo para el Control de Recepción, que se caracterizan porque son válidas para muestreo rectificante y porque para una proporción de piezas defectuosas dada los planes de muestreo que se proponen minimizan la Inspección Total Media (average Total Inspection, ATI)

Sin embargo, la extensión del Control Estadístico de la Calidad no alcanza un cierto desarrollo hasta la segunda guerra mundial en la que se pone de manifiesto la gran utilidad de estos métodos estadísticos. Es en esta época cuando aparecen las Military Standard, especialmente las MIL – STD 105 y las MIL STD 414, que han pasado a ser normas ISO (Peralta, 2002)

En 1945 el departamento de Estadística de la Universidad de Columbia desarrollo para la marina de los Estados Unidos unas tablas de muestreo estadístico para el Control de Recepción. Estas tablas fueron adoptadas posteriormente en 1949 por el departamento de defensa y se denominan JAN Standard 105 (Join Army Navy). En 1950, fueron sustituidas por las MIL STD 105A que en 1958 pasaron a ser las MIL STD 105 B y en 1961 las MIL STD 105 C. En 1962 un grupo de trabajo del ejercito de Estados Unidos, Gran Bretaña y Canadá desarrollaron un método común de muestreo de aceptación por atributos basado en el Nivel de Calidad Aceptable (Acceptable Quality Level (AQL) adoptado en 1963 por los Estados Unidos como MIL STD 105 D (Grant, 2002)

En los años 50 se extendió con gran rapidez en EEUU el Control Estadístico de la Calidad basado en métodos Estadísticos aplicados al control de calidad. Comprendía fundamentalmente las técnicas del Control Estadístico del Proceso (Statistical Process Control, SPC) y Control de Recepción basado en las tablas MIL STD 105 D y las de Dodge Romig. En 1957 el ejercito de los Estados Unidos, adopto los Procedimientos y Tablas de Muestreo para la Inspección de Variables por Porcentaje de Piezas Defectuosas denominada como MIL STD 414.

Al principio de la década de los 60 se utiliza por primera vez el término de Control Total de Calidad. Esta década se caracteriza por el uso de técnicas motivacionales como los programas de Cero Defectos. El Dr. K. Ishikawa creo en el Japón Los círculos de Calidad (CC) con el trabajo del Dr. W. Edwards Deming y el Dr. Ishikawa se produjo el milagro japonés (Peralta, 2002)

Actualmente, tres son las líneas en las que se centra el moderno Control y Gestión de la Calidad.

1. En el Control Estadístico de la Calidad hay que destacar el Control Off Line de Taguchi, cuyo objetivo fundamental es la de conseguir productos y procesos poco sensibles a las causas de variación, minimizando al mismo tiempo, la función de pérdida. La metodología utilizada es la de los diseños de experimentos.

2. Calidad Total. En un ambiente de gran competencia, el cliente pasa a ser el objetivo central de la producción. La satisfacción de las necesidades de los clientes es la estrategia principal en la lucha por el mercado. La creación de una nueva cultura de la calidad en todo el personal de la empresa liderada por la alta dirección que compromete a todos los medios tanto materiales como humanos en busca de la mejora continua constituye la base de la Calidad Total.

3. Aseguramiento de la calidad. La inspección 100 %, además de ser cara, no garantiza totalmente la calidad del producto, la tendencia actual es organizar la empresa para permitir acciones planificadas y sistemáticas que siendo demostrables, suministran a nuestros clientes la confianza de que nuestros productos y servicios satisfarán sus exigencias sobre calidad.

Por ello, se han desarrollado modelos normalizados que conducen al aseguramiento de calidad mediante la certificación de organismos de reconocida competencia en la materia. Estas Normas que son de ámbito internacional fueron aprobadas el 15 de Febrero de 1987 bajo la Denominación ISO 9000, que son un conjunto de cinco Normas, según su ámbito de aplicación (Grant, 2002)

2.2. GRAFICOS DE CONTROL.

2.2.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS.

Muchas de las técnicas creadas por los estadísticos matemáticos para el análisis de datos se pueden emplear en el control de calidad del producto. La expresión control estadístico de calidad se puede emplear para abarcar todas las aplicaciones de las técnicas estadísticas para este fin. No obstante a menudo se relaciona en particular con las cartas de control, que constituyen las herramientas de estadística de trabajo más comunes en el control de la calidad.

Una herramienta importante en el control estadístico de la calidad es la grafica de control de Shewhart, cuyo nombre se debe a que la técnica la estableció el Dr. Walter A. Shewhart en 1920. La fuerza de la técnica de Shewhart radica en su capacidad para separar estas causas asignables de la variación de la calidad. Esto posibilita el diagnostico y corrección de muchas dificultades en producción y, a menudo, produce considerables mejoras en la calidad del producto y la reducción del desperdicio y reproceso. Además, al determinar que algunas de las variaciones en la calidad son variaciones ocasionales, la grafica de control señala cuando no hay que intervenir más en un proceso, lo cual evita ajustes frecuentes innecesarios que tienden a incrementar la variabilidad del proceso en vez de reducirla.

Las características de calidad de un producto o proceso son variables aleatorias y el porcentaje de piezas defectuosas por no cumplir las especificaciones de calidad, depende de la distribución de dichas variables aleatorias. En la figura 1 podemos observar tres situaciones diferentes (Carot, 2001)

En la figura 1 a) no se generan piezas defectuosas, pues la totalidad del área de la función de densidad de la característica de calidad X se encuentra situada entre las tolerancias T1 y T2. Observe que la media coincide con el valor nominal T.

En la figura 1 b) aparecen piezas defectuosas grandes representadas por el área sombreada, donde la media poblacional μ ha aumentado respecto de la situación anterior.

En la figura 1 c) también aparecen piezas defectuosas generadas por un aumento de la dispersión, es decir por un aumento de σ .

Ahora, podemos concretar que prevenir la fabricación de piezas defectuosas por estar fuera de especificaciones, consistirá en evitar que la media μ y la varianza σ^2 poblacionales de la característica de calidad a controlar se modifiquen a lo largo del tiempo. Pero además, si por cualquier causa estos parámetros se modifican deberemos disponer de las herramientas de control que permitan detectar rápidamente las causas que han producido estas modificaciones para corregirla.

Desde el punto de vista estadístico, un gráfico de control no es más que una prueba de hipótesis. Así por ejemplo, mediante el gráfico de las medias se contrasta:

$H_0 (\mu = \mu_0)$ y $H_1 (\mu \neq \mu_0)$

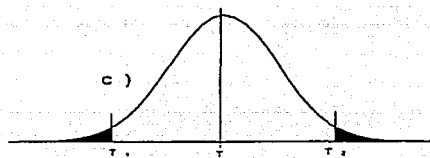
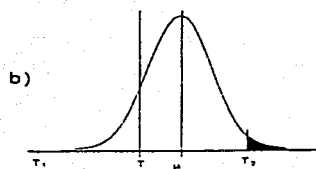
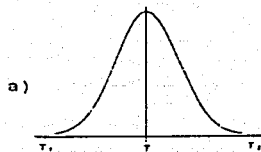


FIGURA NO 1. RELACIÓN ENTRE LA DISTRIBUCIÓN DE LA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD X, SUS ESPECIFICACIONES Y LA PROPORCIÓN DE PIEZAS DEFECTUOSAS.

2.2.2 CLASIFICACION DE LOS GRAFICOS DE CONTROL

Según sea el tipo de la característica de calidad a controlar así será el correspondiente gráfico de control que, por tanto se clasifican en Gráficos de control por Variables y Gráficos de Control por Atributos.

En control de calidad mediante el término variable se designa a cualquier característica de calidad medible tal como la longitud, un voltaje, un peso, una resistencia, un volumen, etc., mientras que se denomina atributo a las características de calidad que no son medibles y que presentan diferentes estados tales como conforme y disconforme o defectuoso y no defectuoso (Grant, 2002)

a) GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLES.

Cuando la característica de calidad es una variable, controlar el proceso es equivalente a controlar la media μ y la desviación estándar típica σ de esta variable aleatoria. Por ello, existen dos tipos de gráficos de control por variables (Grant, 2002)

1. Gráficos de Control por Variables que controlan la posición de la distribución de la media.
 - Grafico de la Media.
 - Grafico de la Mediana.
2. Gráficos de Control por Variables que controlan la dispersión de la media.
 - Grafica del Rango.
 - Grafica de la Desviación Típica (Grafico S_n y S_n-1)
 - Grafica de la Varianza.

b) GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.

Cuando las características de calidad no pueden ser representadas mediante un número real por tratarse de características cualitativas, por ejemplo, la existencia o no de poros en una pieza metálica, el funcionamiento o no de un transistor, la aparición de burbujas, etc., a estas características se les denomina atributo.

Se suele utilizar el término de pieza defectuosa para aquella pieza que no cumple alguna especificación de calidad y que por tanto, tiene al menos un defecto en cualquiera de su clasificación, defecto crítico, principal y secundario.

Cualquier característica de calidad que pueda ser clasificada de forma binaria: "hay o no hay", "cumple o no cumple", "funciona o no funciona", "pasa o no pasa", a los efectos del control del proceso, será considerada como un atributo y para su control se utilizara un grafico de control por atributos (Carot, 2001)

Existen dos tipos de gráficos de control por atributos:

1. Gráficos de control por atributos que controlan la proporción de piezas defectuosas en una muestra.
 - Gráficos de control para muestras de tamaño constante, np.
 - Gráficos de control para muestras de tamaño variable, p.
2. Gráficos de control por atributos que controlan el número de defectos en una muestra.
 - Gráficos de control por atributos para muestras de tamaño constante, c.
 - Gráficos de control por atributos para muestras de tamaño variable, u.

c) OIROS GRAFICOS DE CONTROL DEL PROCESO.

- Gráficos de control para medidas individuales.
- Método de los Rangos Móviles.
- Método de Agrupación por Bloques.
- -Gráfico de las sumas acumuladas.
- Gráficos de control de medias ponderadas

2.2.3 OBJETIVOS FUNDAMENTALES DE LOS GRAFICOS DE CONTROL.

El Control Estadístico de Proceso (Statistical Process Control, SPC) es la herramienta básica que nos permite mantener estable el proceso y por tanto, fabricar el producto dentro de especificaciones desde el principio. La base de SPC la constituyen los Gráficos de Control (Flores, 1985)

Los objetivos fundamentales de los Gráficos de Control se pueden concretar en:

- a) Vigilancia y control del proceso con el fin de conseguir que este sea estable evitando la producción de defectos. Este objetivo corresponde a la filosofía "*hágalo bien a la primera*", con una buena implantación y aplicación de los gráficos de control, al evitar producir defectos, reducirá el rechazo y el reproceso, mejorando la calidad y produciéndose la reacción en cadena (Figura 2), aumenta la producción por unidad de tiempo, mejora la productividad y la competitividad de la empresa.
- b) Aumento de la homogeneidad de la producción mediante la disminución de la variabilidad del proceso y, de esta forma, conseguir una mejora continua de localidad.

c) Los Gráficos de Control son una norma clara de actuación sobre el proceso, por lo que se evitan ajustes innecesarios. Este hecho corresponde a la filosofía "si no está roto no lo repares"

d) Los Gráficos de Control suministran la información necesaria para la determinación, mediante la correspondiente estimación estadística, de los parámetros del producto y del proceso, lo que permitirá conocer mejor nuestra actividad productiva, llamada capacidad del proceso.

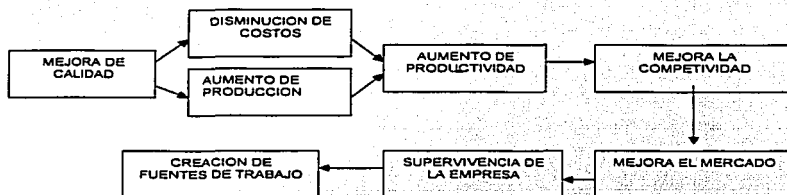


FIGURA 2. LA REACCION EN CADENA DE LA MEJORA DE LA CALIDAD (Carot, 2001)

2.2.4 CAUSAS COMUNES Y CAUSAS ASIGNABLES, ACCIDENTALES O ESPECIALES.

Para justificar la necesidad de la estadística en el control de calidad, se establece que aún cuando los operarios trabajen cuidadosamente, aunque el producto como el proceso haya sido juiciosamente concebidos, aunque el mantenimiento funcione perfectamente, dos piezas de un mismo producto fabricado bajo las mismas condiciones no son idénticas, es decir, que existirá siempre un cierto grado de variabilidad que llamaremos Variabilidad Natural del Proceso (Ornelas, 1995)

Esta variabilidad natural es el efecto conjunto de numerosas y pequeñas causas difícilmente eliminables (heterogeneidad de la materia prima, cansancio del operario, desviaciones en la tensión eléctrica, desgaste de maquinaria, iluminación irregular, variaciones de temperatura y humedad ambiental, imprecisiones de los aparatos de medida y del operario que mide, etc.) que hacen que los resultados de la producción no sean totalmente idénticos en todas las unidades. Estas causas que originan la variabilidad natural del proceso se conocen bajo la denominación de Causas Comunes (Ornelas, 1995)

Existen otro tipo de causas que originan aumento del sesgo y/o la variabilidad y que, en contraposición a las causas comunes, tienen carácter puntual pues se presentan de forma accidental son, en general, fácilmente eliminables y cuyo efecto se traduce en una variabilidad que destaca claramente del ruido de fondo generado por la variabilidad natural. Ejemplos de estas causas son errores de operarios, defectos en la materia prima, desajuste de maquinaria, etc. A estas causas se denomina Causas Asignables, Accidentales o Especiales (Carot, 2001)

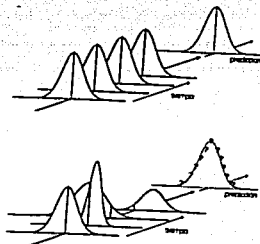


FIGURA 3. EFECTO DE LAS CAUSAS COMUNES Y DE LAS CAUSAS ESPECIALES EN LA DISTRIBUCION DEL PROCESO

CAUSAS ALEATORIAS	CAUSAS ASIGNABLES
<p>Consiste en muchas causas individuales</p>	<p>Consiste en una o en pocas causas individuales</p>
<p>Una causa aleatoria da como resultado una variación minúscula (pero muchas causas aleatorias que actúan simultáneamente producen una variación total sustancial)</p>	<p>Una causa asignable puede dar como resultado una variación importante.</p>
<p>Como ejemplo se pueden citar: la variación humana al fijar los indicadores de control, la ligera vibración de máquinas, la ligera Variación de las materias prima.</p>	<p>Como ejemplo se pueden citar: un error del operario, un ajuste incorrecto, o un lote de materia prima defectuosa.</p>
INTERPRETACION	
<p>Eliminar la variación aleatoria, ocasiona gastos Excesivos en el proceso.</p>	<p>La variación asignable puede detectarse, por lo general esta justificada económicamente la acción emprendida para eliminar la causa.</p>
<p>Cuando solo hay variaciones aleatorias, el proceso tiene un funcionamiento óptimo; si se producen unidades defectuosas hay que introducir un cambio básico en el proceso o revisar las especificaciones con objeto de reducir el número de unidades defectuosas.</p>	<p>Si existe variación asignable el proceso no funciona de manera óptima.</p>
<p>Una observación dentro de los límites de control de variación aleatoria significa que no se debe ajustar el proceso.</p>	<p>Una observación fuera de los límites de control suele significar que hay que investigar y corregir el proceso.</p>
<p>Cuando solo hay variación aleatoria, el proceso es lo suficientemente estable como para usar procedimientos de muestreo para predecir la calidad de la producción total o para hacer estudios de optimización de procesos.</p>	<p>Cuando hay variación asignable, el proceso no es lo suficientemente estable como para utilizar procedimientos de muestreo con el objeto de hacer predicciones.</p>

Tabla No. 1 DISTINCION ENTRE CAUSAS ALEATORIAS Y ASIGNABLES (Vazquez, 1996)

2.2.5 PROCESO BAJO CONTROL Y PROCESO ESTABLE.

Generalmente se hacen coincidir los conceptos de proceso bajo control con proceso estable. En consecuencia se dice que un proceso esta bajo control cuando no existen causas especiales y, por tanto, las únicas causas que actúan son las comunes (Carot, 2001)

En general, la media poblacional del proceso es fácil de modificar regulando adecuadamente el control correspondiente, pero esta regla tiene sus excepciones y, en determinados casos, no es operación sencilla situar la media en el valor nominal. En estos casos, y en especial si, además el proceso es muy capaz, podemos aceptar que el proceso actúe con ligeros descentrados en la media, controlando el proceso mediante los correspondientes graficos de control. Si no existen más que causas comunes el proceso esta estable pero, evidentemente, no esta bajo control pues la media no esta exactamente donde deseamos que esté.

Por lo que consideraremos que un proceso esta bajo control cuando siendo estable, su media está donde queremos que esté.

Un proceso que esta bajo control no esta solo realizando el mejor trabajo productivo posible; el estado de control permite también obtener importantes beneficios como la reducción de los reproceso y la optimización del proceso. La obtención de estos beneficios es lo que hace tan útil la identificación y eliminación de las causas de variación asignables, y este es el objetivo esencial en una carta de control (Grant, 2002)

2.2.6 MECÁNICA DEL USO DE UN GRÁFICO DE CONTROL

La representación de una Gráfica de Control se observa en la Figura 4. En el eje de las abscisas se representa el número de la muestra y en el de ordenadas la media muestral. Se trazan también el límite superior de control LCS y el límite inferior de control LCI. se toma una muestra, se calcula la media muestral \bar{X} y se representa el punto correspondiente ($i-\bar{X}$). Si este punto se encuentra entre los límites de control aceptamos que la media poblacional μ permanece estable en caso contrario, si \bar{X} se sitúa fuera de los límites de control se rechaza que μ sea la correspondiente al proceso bajo control y, por tanto, se acepta que existe una causa especial que deberá ser buscada y eliminada (González, 1997)

Existen además las llamadas "señales de falta de control" que aparecen, aunque ningún punto se sitúe fuera de los límites de control, cuando una secuencia de ellos se comportan de forma sistemática, no siguiendo el comportamiento propio de una variable aleatoria normal (Carot, 2001)

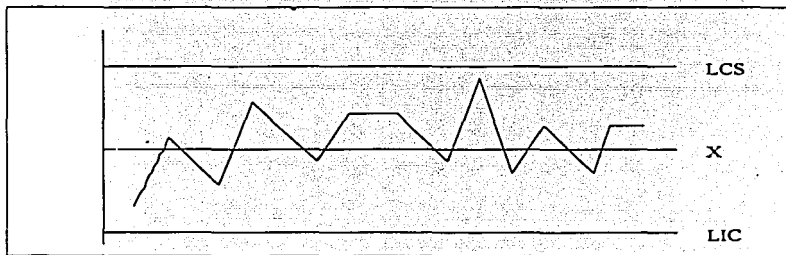


FIGURA 4. REPRESENTACIÓN DE UNA CARTA DE CONTROL

2.2.7 SEÑALES DE FALTA DE CONTROL

1. PUNTOS FUERA DE LOS LÍMITES DE CONTROL

Si en un gráfico de control un punto se sitúa fuera de los límites de control se rechaza la hipótesis nula establecida del proceso y, por tanto, se acepta que el parámetro poblacional correspondiente se ha modificado. Esta es la principal señal de falta de control. No obstante, no es la única señal de falta de control que puede encontrarse en un gráfico de control. Aunque todos los puntos de un gráfico de control estén situados entre los límites de control, si la secuencia de puntos del gráfico muestra un comportamiento sistemático y, por tanto, no aleatorio, nos está indicando que actúa sobre el proceso alguna causa sistemática y en consecuencia, existe una señal de falta de control (Carot, 2001)

2. UNA RACHA DE SIETE O MAS PUNTOS SITUADOS A UN LADO DE LA LINEA CENTRAL

Una racha de siete o más puntos situados a un lado de la línea central, indica, según el lado de la línea central en el que este situada, un aumento o disminución del parámetro poblacional correspondiente. En el caso de grafica de media esta variación de μ debe ser eliminada, pero si se trata de un gráfico de dispersión, y la racha se sitúa por debajo de la línea central, esta señal de falta de control nos esta indicando, precisamente, que σ ha disminuido y, en consecuencia, deberemos determinar cual ha sido la causa que ha generado esta disminución, precisamente, para tratar de mantenerla (Carot, 2001)

3. UNA TENDENCIA CRECIENTE O DECRECIENTE

Una tendencia creciente o decreciente es otra señal de falta de control. Esta señal se debe a algo que genera una inestabilidad continua en el tiempo como,

por ejemplo, una maquina que sufre desgaste, un proceso químico que va experimentando una saturación, una disminución de un caudal por el efecto de sedimentación en los conductos, el cansancio del operario, una solución que se diluye, etc. (Carot, 2001)

4. ACUMULACION DE PUNTOS ALREDEDOR DE LA LINEA CENTRAL.

La acumulación de puntos alrededor de la línea central es la cuarta señal de falta de control. Se suele considerar que aparece una señal de este tipo cuando en el tercio central del grafico se acumulan mas de los 2/3 de los puntos. La base teórica de esta señal consiste en que la probabilidad de que una variable aleatoria normal tome un valor entre su media menos una desviación típica y su media mas una desviación típica es, aproximadamente 2/3. Como en el grafico estándar se utiliza el criterio 3σ , si los puntos del grafico pertenecen a una población normal, es de esperar que aproximadamente los 2/3 de los puntos se sitúen en el tercio central del grafico (Carot, 2001)

Esta señal suele ser debida a que se ha mantenido durante un periodo de tiempo excesivo los mismos límites de control y el proceso durante este tiempo ha mejorado, produciéndose una sensible disminución de la dispersión. También puede ser debido a que, por la razón que sea, se está produciendo un discontinuidad de la distribución de la variable controlada, es decir, que se están eliminando los valores extremos de las muestras de esta variable. Un equipo de medida defectuoso o poco sensible a las variaciones de la variable medida, dará lugar a una variabilidad menor de la real generándose esta señal.

Cuando esta señal se produce en el grafico de la media, suele ir acompañada de una racha por debajo de la línea central en el grafico de la dispersión. Cuando

esto no ocurre la causa de esta señal puede ser debida, sencillamente, a un error en el cálculo de los límites de control (Carot, 2001)

5. ACUMULACION DE PUNTOS CERCA DE LOS LIMITES DE CONTROL

De forma similar, la acumulación de puntos cerca de los límites de control es otra señal de falta de control. Este comportamiento poco probable de observar en una distribución aleatoria normal, suele ser originado por una mezcla de producciones procedentes de dos o más cabezales o máquinas. Un número sensiblemente superior al tercio de los puntos situados en los tercios extremos del gráfico indica la existencia de esta señal (Carot, 2001)

6. DIENTES DE SIERRA.

Muy parecida a la anterior, es la señal denominada dientes de sierra en la que prácticamente todos los puntos se sitúan alternativamente en los tercios exteriores.

Esta señal, por su aspecto, podría decirse que no es más que una situación exagerada de la anterior. Sin embargo las causas suelen ser muy diferentes, pues aunque una mezcla de producciones la pueden generar, se debe frecuentemente a un sobre control que aparece cuando operarios que no han asimilado el concepto de variabilidad natural del proceso, y estimulado por llevar a cabo una mejora de la calidad, en vez de regular el proceso cuando aparece una señal de falta de control, lo efectúan cuando una simple variación aleatorias de la variable de calidad objeto del control les induce a pensar que el proceso se ha desordenado (Carot, 2001)

7. CICLOS

La aparición de ciclos es otra señal de falta de control. Se genera esta señal cuando a lo largo del tiempo, se produce una causa de variación cíclica tales como los turnos de trabajo, la variación de la temperatura o de la humedad ambiental, la fatiga de los operarios, on – off de un automatismo, etc. (Carot, 2001)

8. DOS PUNTOS DE TRES CONSECUTIVOS EN LA ZONA DE ATENCION.

La zona de atención esta delimitada por la línea central +/- dos desviaciones típicas del estadístico utilizado en el grafico. Es decir, si el grafico sigue el criterio estándar 3σ , la zona de atención está constituida por los sextos extremos de toda la amplitud del grafico o, lo que es igual, por los tercios extremos de la semi amplitud.

La probabilidad de que un punto se sitúe en la zona de atención cuando el proceso este bajo control es de, aproximadamente, el 5%. Se le denomina zona de atención porque cuando un punto cae en esta zona, puede haber una señal de falta de control aunque ello no es seguro, por eso, es conveniente tomar una segunda muestra lo antes posible.

La probabilidad que de tres puntos consecutivos dos de ellos caigan en un mismo lado de la zona de atención cuando el proceso este bajo control, es de 2.3 por mil, es decir, tan poco probable como que un punto se salga de los límites de control. En consecuencia, no podemos aceptar que el proceso esta bajo control cuando aparece esta señal de falta e control (Carot, 2001)

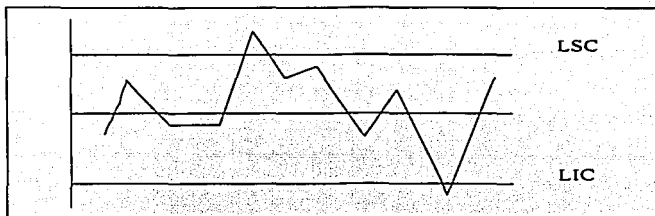


FIGURA No. 5 A) PUNTO FUERA DE LOS LÍMITES DE CONTROL

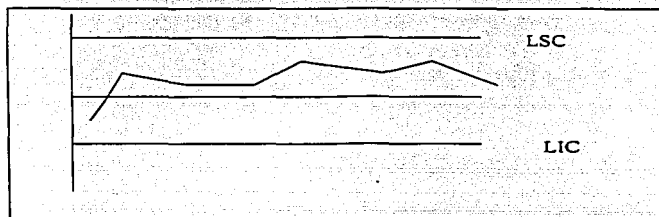


FIGURA No. 5 B) RACHA DE 7 O MAS PUNTOS A UN LADO DE LA LÍNEA CENTRAL.

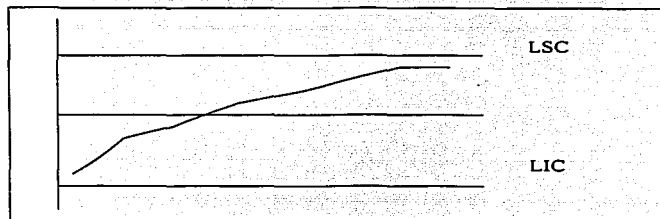


FIGURA No. 5 C) TENDENCIA CRECIENTE O DECRECIENTE.

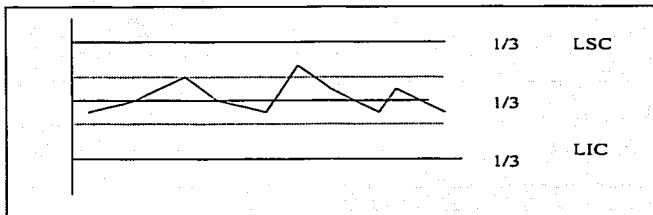


FIGURA No.5 D) ACUMULACIÓN DE PUNTOS EN EL TERCIO CENTRAL.

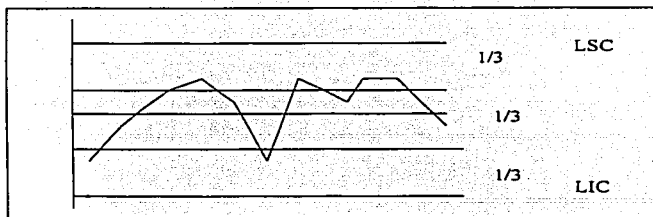


FIGURA No. 5 E) ACUMULACIÓN DE PUNTOS CERCA DE LOS LIMITES DE CONTROL.

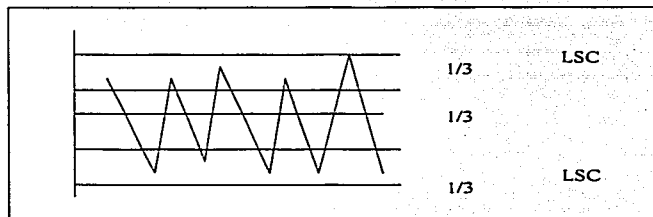


FIGURA No. 5 F) DIENTES DE SIERRA.

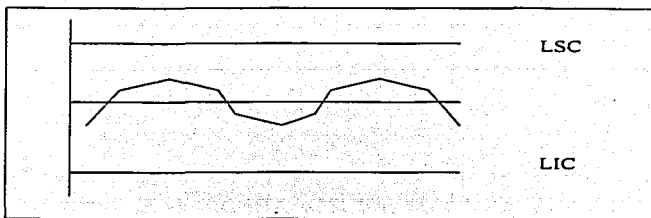


FIGURA No. 5 G) CICLOS

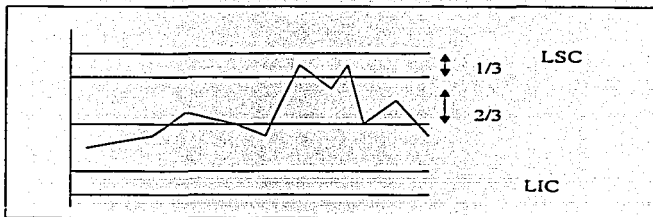


FIGURA No 5 H) DOS PUNTOS DE TRES CONSECUTIVOS EN LA ZONA DE ATENCIÓN.

2.2.8 PASOS A SEGUIR PARA DISEÑAR CARTAS DE CONTROL (GRANT, 2002)

1. DECISIONES ANTES DE PREPARAR LA GRAFICA DE CONTROL

- Objetivos de las graficas
- Elección de la variable.
- Elección de la base de formación de subgrupos.
- Decisión del tamaño de los subgrupos.
- Método y formato para registro de los datos.
- Determinación del método de medición.

2. INICIACION DE LAS GRAFICAS DE CONTROL.

- Efectuar las mediciones.
- Registro de las mediciones y otros datos pertinentes.
- Calculo del promedio, \bar{X} , de cada subgrupo.
- Calculo del recorrido o amplitud R.
- Trazo de la grafica \bar{X}
- Trazo de la grafica R

3. DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONTROL DE LA PRUEBA.

- Decisión del número de subgrupos requeridos antes de calcular los límites de control.
- Calculo de los límites de control para \bar{X} .
- Calculo de los límites para R.
- Trazo de las líneas centrales y límites de la gráfica.

4. OBTENCION DE CONCLUSIONES PRELIMINARES CON LAS GRAFICAS.

- Indicación de control o falta de control.

- Acciones que sugiere la grafica de control.

5. CONTINUIDAD EN EL EMPLEO DE LAS GRAFICAS.

- Revisión de la línea central y de los límites de control de R.
- Revisión de la línea central y de los límites de control de X.
- Empleo de graficas para actuaciones en el proceso.
- Empleo de las graficas para aceptación.

2.2.8.1 GRAFICOS DE CONTROL INICIALES

Una buena práctica consiste en calcular los límites de control de una hoja de un grafico de control a partir de los datos de hojas anteriores en los que el proceso ha permanecido bajo control. De esta forma, las mejoras que se vayan realizando serán tenidas en cuenta en los sucesivos gráficos. Un buen procedimiento para este calculo preliminar se ilustra el la Figura No 6. (Carot, 2001)

- Cuando se considera que el proceso esta bajo control, se toman unas 25 muestras de tamaño 5, a partir de estas muestras se calculan sus propios limites de control para los gráficos de la media y de la dispersión, representándose sobre ellos los propios puntos que han servido para su calculo.
- Si en ninguno de los dos gráficos hay señales de falta de control, los límites calculados son los preliminares y, por tanto, serán los últimos en la siguiente hoja de los gráficos de control.
- Si no es así, se analiza primero el grafico de la media; si hay puntos fuera de control, se eliminan. Si los puntos restantes son menos de 20, se rechazan todos los datos disponibles, se regula el proceso y se vuelve a empezar. Si quedan 20 o mas puntos, se recalculan los limites.

- Cuando no se eliminan puntos el gráfico de la media se analiza el gráfico de dispersión, procediendo de forma análoga a la realizada con el control gráfico de la media.
- Una vez efectuado el cálculo de los límites preliminares, se deberán seguir los siguientes pasos.
 - a) Debemos calcular la precisión de las estimaciones utilizadas con el fin de determinar cual es número mínimo de muestras a utilizar en la estimación de los parámetros muestrales.
 - b) Asimismo, el tamaño de muestra n deberá ser recalculado a fin de obtener la eficacia deseada de los gráficos de control.
 - c) Finalmente deberá realizarse un estudio de la capacidad del proceso.

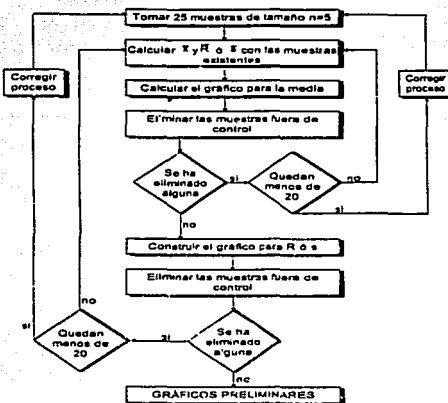


FIGURA NO 6 GRAFICOS DE CONTROL INICIALES.

2.2.9 GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLES (Grant, 2002)

a) GRÁFICO DE LA MEDIA X

Este diagrama es la representación grafica de la prueba de hipótesis de dos colas para contrastar:

$$H_0 (\mu = \mu_0)$$

$$H_1 (\mu \neq \mu_0)$$

- Si la desviación típica σ es conocida, la zona de aceptación de H_0 es:

$$\mu_0 - Z_{\alpha/2} (\sigma / \sqrt{n}) \leq X \leq \mu_0 + Z_{\alpha/2} (\sigma / \sqrt{n})$$

Designaremos por LC a la Línea Central del grafico y por LCS y LCI a los Límites de Control Superior e Inferior.

$$LC = \mu_0 \quad LCS = \mu_0 + Z_{\alpha/2} (\sigma / \sqrt{n}) \quad LCI = \mu_0 - Z_{\alpha/2} (\sigma / \sqrt{n})$$

- Por razones históricas se acostumbre a utilizar el denominado criterio "3 σ ", designado así porque se hace $Z_{\alpha/2} = 3$, lo que corresponde a $\alpha = 0,0027$.

$$A = 3 / \sqrt{n} \quad LCS = \mu_0 + A \cdot \sigma \quad LCI = \mu_0 - A \cdot \sigma$$

- Si μ_0 es desconocida, se estima a partir de los datos del ultimo grafico de control para la media en el que no existe una señal de falta de control mediante:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m}$$

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n}$$

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}}{m \cdot n}$$

en la que m es el numero de muestras utilizadas

$$LCS = \bar{X} + A \cdot \sigma$$

$$LCI = \bar{X} - A \cdot \sigma$$

- **Si se usa Sn:**

$$LCS = \bar{X} + A1 \cdot \bar{Sn}$$

$$LCI = \bar{X} - A1 \cdot \bar{Sn}$$

- **Si se utiliza el rango R queda:**

$$LCS = \bar{X} + A2 \cdot \bar{R}$$

$$LCI = \bar{X} - A2 \cdot \bar{R}$$

- **Si se usa Sn-1**

$$LCS = \bar{X} + A3 \cdot \bar{Sn-1}$$

$$LCI = \bar{X} - A3 \cdot \bar{Sn-1}$$

Nota: Los valores para A, A1, A2 y A3, se reportan en la Tabla No 2.

EFICACIA DEL GRAFICO.

El criterio estándar 3σ nos garantiza con una probabilidad de 0.9973 que cuando el proceso este bajo control no cometeremos el error de llegar a la conclusión de que el proceso funciona incorrectamente. Sin embargo, esto no significa que cuando el proceso esta fuera de control el gráfico de la media nos lo detecte, también con una alta probabilidad. Es frecuente encontrar gráficos de control en los que cuando se producen importantes desplazamientos de la media la probabilidad de ser detectadas es pequeña. Cuando esto sucede se esta produciendo un gasto al efectuar el control y se tiene la confianza en una herramienta que no es eficaz para los fines que fue elaborada (Grant, 2002)

b) GRAFICO DEL RANGO O RECORRIDO (Grant, 2002)

Este diagrama es la representación grafica de la prueba de hipótesis:

$H_0 (\sigma = \sigma_0)$

$H_1 (\sigma \neq \sigma_0)$

- Utilizando como estadístico que mide la dispersión maestra al **Rango** y en la que σ_0 es la desviación típica del proceso cuando éste está bajo control:

$$LC = d_{2,n} \sigma_0$$

$$LCS = V_n^{(\alpha/2)} \sigma_0$$

$$LCI = V_n^{(1-\alpha/2)} \sigma_0$$

- Bajo el criterio 3σ , la zona de aceptación queda definida:

$$LC = d_{2,n} \sigma_0$$

$$LCS = D_{2,n} \sigma_0$$

$$LCI = D_{1,n} \sigma_0$$

- Si σ es desconocida, se estima mediante:

$$LC = \bar{R}$$

$$LCS = D_{4,n} \cdot \bar{R}$$

$$LCI = D_{3,n} \cdot \bar{R}$$

Nota: los valores de D_1 , D_2 , D_3 y D_4 se reportan en la Tabla No 2.

EFICACIA DEL GRAFICO

Aparejada a la carta de medias se utiliza la carta de rangos, cuya función también es detectar causas asignables de variación. La carta de medias detecta las causas asignables de variación entre muestra y muestra y la carta de rangos las detecta dentro de las muestra. (Grant, 2002)

c) **GRAFICO DE LA DESVIACION TIPICA S_n (Grant, 2002)**

Este diagrama es la representación grafica de la prueba de hipótesis:

$H_0 (\sigma = \sigma_0)$

$H_1 (\sigma \neq \sigma_0)$

- Mediante el grafico de desviación típica S_n la zona de aceptación es de la forma:

$$\begin{array}{l}
 LC = c_{2,n} \sigma_0 \\
 LCS = \sigma_0 \sqrt{\frac{\chi_{n-1}^2(\alpha/2)}{n}} \\
 LCI = \sigma_0 \sqrt{\frac{\chi_{n-1}^2(1-\alpha/2)}{n}}
 \end{array}$$

- Bajo el criterio estándar 3σ la zona de aceptación viene definida por:

$$LC = C_2, n \sigma_0$$

$$LCS = B_2, n \sigma_0$$

$$LCI = B_1, n \sigma_0$$

- Si σ es desconocida se estima mediante:

$$LC = S_n$$

$$LCS = B_4, n S_n$$

$$LCI = B_3, n S_n$$

Nota: los valores para C_2, B_1, B_2, B_3, B_4 se recopilan en la Tabla No 2.

d) **GRAFICO DE LA DESVIACION TIPICA S_{n-1}**

Este grafico de control se diferencia del grafico del apartado anterior en el estadístico a utilizar que es S_{n-1} en vez de S_n .

$$\begin{aligned} LC &= c_{4,n} \sigma_0 \\ LCS &= \sigma_0 \sqrt{\frac{\chi_{n-1}^2(\alpha/2)}{n-1}} \\ LCI &= \sigma_0 \sqrt{\frac{\chi_{n-1}^2(1-\alpha/2)}{n-1}} \end{aligned}$$

Obsérvese que realmente los dos gráficos S_n y S_{n-1} son uno mismo pues solo se diferencian en la escala, ya que estos últimos límites de control se obtienen de los anteriores multiplicándolos por el factor $\sqrt{n} / \sqrt{n-1}$ que es precisamente el factor por el que hay que multiplicar S_n para obtener S_{n-1} . (Grant, 2002)

- Si se utiliza el criterio 3σ y σ es desconocida esta es estimable mediante:

$$LC = \overline{S_{n-1}}$$

$$LCS = B_4, n \overline{S_{n-1}}$$

$$LCI = B_3, n \overline{S_{n-1}}$$

e) **GRAFICO DE LA VARIANZA S_{n-1}**

Algunos ingenieros de calidad en vez de utilizar el Grafico de Rangos o de la desviación típica, prefieren el grafico de la varianza. Sin embargo su uso esta poco extendido (Grant, 2002)

- Bajo el criterio estándar 3 σ .

$$\begin{aligned}LC &= \sigma_0^2 \\LCS &= \frac{\chi_{n-1}^2(\alpha/2)}{n-1} \sigma_0^2 \\LCI &= \frac{\chi_{n-1}^2(1-\alpha/2)}{n-1} \sigma_0^2\end{aligned}$$

- Si la varianza poblacional no es conocida se estima mediante S_{n-1} con lo que los limites de control quedan:

$$\begin{aligned}LC &= s_{n-1}^2 \\LCS &= \frac{\chi_{n-1}^2(\alpha/2)}{n-1} s_{n-1}^2 \\LCI &= \frac{\chi_{n-1}^2(1-\alpha/2)}{n-1} s_{n-1}^2\end{aligned}$$

2.2.10 GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.

A veces, características cuantitativas, a efectos del control de calidad, pueden ser consideradas como atributos cuando sólo consideramos si se cumple o no las especificaciones de calidad sin importarnos cual es el valor de dicha variable. El conocimiento de si una característica cumple o no las especificaciones para ella establecidas es más pobre y, por tanto, contiene menos información, que el conocimiento del valor exacto de esa magnitud cuantitativa, por lo que para tomar una decisión con el mismo riesgo de error hace falta un tamaño de muestra mayor.)

Existen 4 tipos de graficas por atributos. Los gráficos np y p se utilizan para controlar la proporción de piezas defectuosas que genera el proceso; el primero exige que el tamaño de muestra sea constante mientras que el segundo no. Los gráficos c y u sirven para controlar el numero de defectos, el primero requiere que el tamaño de muestra sea constante mientras que esta exigencia no es necesaria en el grafico u. (Carot, 2001)

2.2.11 GRAFICOS DE CONTROL PARA MEDIDAS INDIVIDUALES.

En determinadas ocasiones, el tamaño de muestra n es 1, bien por que no es posible tomar otro tamaño de muestra o bien porque carece de sentido hacerlo. Cuando se analizan por medición automática todas y cada una de las piezas fabricadas o cuando la fabricación es por lotes homogéneos como ocurre con mucha frecuencia en la industria alimentaría, los tamaños de muestra son la unidad. (Grant, 2002)

Los gráficos de medidas individuales, y de ellos en la grafica de media, se representan los valores de las medias individuales. Lógicamente se trata se trata de media procedentes de muestras tamaño 1.

El problema radica en que con una única media no es posible estimar la desviación típica poblacional que, por otra parte puede ser nula. Si disponemos de un método de medida automática que permita medir cada una de las piezas fabricadas, la desviación típica de la población no es nula pero el tamaño unitario de la muestra no permite efectuar su estimación. Si la producción es totalmente homogénea es suficiente tomar una medida, pero la desviación típica es nula pues no hay variación dentro de cada lote, aunque si la hay entre lotes. (Grant, 2002)

Existen dos métodos para estimar la desviación típica:

- Rangos móviles
- Agrupación por bloques.

a) **MÉTODO DE LOS RANGOS MÓVILES**

El método de los rangos móviles consiste en agrupar n medidas individuales consecutivas para formar un grupo de datos que permita medir el rango o recorrido. Una vez tomado el primer grupo constituido por las primeras n medidas individuales, se forma un nuevo grupo de datos incorporando al grupo anterior una nueva medición y eliminando la más antigua. De esta forma se configura cada grupo a partir del anterior (Carot, 2001)

b) **METODO DE LA AGRUPACION POR BLOQUES**

El método de la agrupación por bloques se puede aplicar cuando existe alguna razón lógica para agrupar los datos. Por ejemplo, las medidas individuales obtenidas en un turno.

El cálculo de los límites de control se efectúan como en el gráfico de la media sin más que tener en cuenta que $n = 1$.

Por cualquiera de los dos métodos anteriores se agrupan los datos en conjunto de n medias individuales. En cada uno de ellos se determina el Rango y , a partir de los rangos de varias agrupaciones, se calcula el rango medio \bar{R} , del conjunto de las medias individuales se determina la media aritmética que, para no cambiar nomenclatura llamaremos \bar{X} . (Carot, 2001)

La fórmula de los límites de control será: $\bar{X} \pm Z \alpha/2 \cdot \sigma$

- Si, σ es desconocida, la estimaremos a partir de R mediante el uso de $d2, n$ en el que n es el número de medias individuales agrupadas para calcular R . la ecuación anterior quedará;

$$\bar{X} \pm Z \alpha/2 \cdot \bar{R} / d2, n$$

- Si se emplea S_n para estimar σ , obtenemos:

$$\bar{X} \pm Z \alpha/2 \cdot \bar{S}_n / C2, n$$

- Si se emplea S_{n-1} , se obtiene:

$$\bar{X} \pm Z \alpha/2 \cdot \bar{S}_{n-1} / C4, n$$

- Si trabajamos bajo el criterio estándar 3σ , es $Z_{\alpha/2} = 3$, y entonces se denomina E a los siguientes parámetros:

$$E1 = 3 / C2,n$$

$$E2 = 3 / d2,n$$

$$E3 = 3 / C4,n$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En concreto para el grafico de la media, bajo el criterio 3σ , cuando se utiliza el rango, los límites de control son:

$$LSC = \bar{X} + E2 \cdot \bar{R}$$

$$LIC = \bar{X} - E2 \cdot \bar{R}$$

La estimación de σ es:

$$\sigma = \bar{R} / d2,n$$

Los valores de E se reportan en la Tabla No. 3. VALORES DE LOS PARAMETROS E PARA EL GRAFICO DE LA MEDIA DE MEDIDAS INDIVIDUALES.

n	E1	E2	E3
2	5.318	2.660	30760
3	4.146	1.772	30385
4	3.760	1.457	3.256
5	3.568	1.290	3.191
6	3.454	1.184	3.153
7	3.378	1.109	3.129
8	3.323	1.054	3.109
9	3.283	0.10	3.095
10	3.251	0.975	3.084

TABLA No 2 FACTORES PARA EL CÁLCULO DE LOS LÍMITES DE CONTROL DE LOS GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES (CRITERIO 3σ).

n	Media				Desviación típica								Rango				
	A	A ₁	A ₂	A ₃	C ₂	C ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	
2	2.121	3.750	1.880	2.659	0.5642	0.7979	0.000	1.843	0.000	3.627	1.128	0.853	0.000	3.688	0.000	3.267	
3	1.732	2.394	1.023	1.954	0.7236	0.8862	0.000	1.858	0.000	2.568	1.693	0.888	0.000	4.358	0.000	2.575	
4	1.500	1.980	0.729	1.628	0.7979	0.9213	0.000	1.808	0.000	2.266	2.059	0.880	0.000	4.698	0.000	2.282	
5	1.342	1.596	0.577	1.427	0.8407	0.9400	0.000	1.756	0.000	2.089	2.326	0.864	0.000	4.918	0.000	2.115	
6	1.225	1.410	0.483	1.287	0.8696	0.9515	0.026	1.711	0.030	1.970	2.534	0.848	0.000	5.078	0.200	2.004	
7	1.134	1.277	0.419	1.182	0.8880	0.9594	0.105	1.672	0.118	1.882	2.704	0.833	0.205	5.203	0.275	1.924	
8	1.061	1.175	0.373	1.099	0.9027	0.9650	0.167	1.638	0.185	1.815	2.847	0.820	0.387	5.307	0.136	1.964	
9	1.000	1.094	0.337	1.032	0.9139	0.9693	0.219	1.609	0.239	1.751	2.970	0.808	0.549	5.394	0.184	1.816	
10	0.949	1.028	0.308	0.975	0.9227	0.9727	0.262	1.584	0.284	1.716	3.078	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777	
11	0.905	0.973	0.285	0.927	0.9300	0.9754	0.299	1.561	0.321	1.679	3.173	0.787	0.812	5.534	0.256	1.744	
12	0.866	0.925	0.266	0.886	0.9359	0.9776	0.331	1.541	0.354	1.646	3.258	0.778	0.924	5.592	0.284	1.716	
13	0.832	0.884	0.249	0.850	0.9410	0.9794	0.359	1.523	0.382	1.618	3.336	0.770	1.026	5.646	0.308	1.692	
14	0.802	0.848	0.235	0.817	0.9453	0.9810	0.384	1.507	0.406	1.594	3.407	0.762	1.121	5.693	0.329	1.671	
15	0.775	0.816	0.223	0.789	0.9490	0.9823	0.406	1.492	0.428	1.572	3.472	0.755	1.207	5.737	0.348	1.652	
16	0.750	0.788	0.212	0.763	0.9523	0.9835	0.427	1.478	0.448	1.552	3.532	0.749	1.285	5.779	0.364	1.636	
17	0.728	0.762	0.203	0.739	0.9551	0.9845	0.445	1.465	0.466	1.534	3.588	0.743	1.359	5.817	0.379	1.621	
18	0.707	0.738	0.194	0.718	0.9575	0.9854	0.461	1.454	0.482	1.518	3.640	0.738	1.425	5.854	0.392	1.608	
19	0.688	0.717	0.187	0.698	0.9599	0.9862	0.477	1.443	0.497	1.503	3.689	0.733	1.490	5.888	0.104	1.595	
20	0.671	0.697	0.180	0.680	0.9619	0.9869	0.491	1.433	0.510	1.490	3.735	0.729	1.548	5.922	0.144	1.586	
21	0.655	0.679	0.173	0.663	0.9638	0.9876	0.504	1.424	0.523	1.477	3.778	0.724	1.606	5.950	0.425	1.575	
22	0.640	0.662	0.167	0.647	0.9655	0.9882	0.518	1.415	0.534	1.466	3.819	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566	
23	0.626	0.647	0.162	0.633	0.9670	0.9887	0.527	1.407	0.545	1.455	3.858	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557	
24	0.612	0.632	0.157	0.619	0.9684	0.9892	0.538	1.399	0.555	1.445	3.895	0.712	1.759	6.031	0.452	1.548	
25	0.600	0.619	0.153	0.606	0.9696	0.9896	0.548	1.392	0.566	1.435	3.931	0.709	1.804	6.058	0.459	1.541	

Vicente Carot Alonso

2.3. EL PROCESO DE NIXTAMALIZACION.

Desde tiempos precolombinos, el desarrollo de México ha estado íntimamente relacionado con el cultivo y consumo del maíz, siendo este un producto básico en la alimentación del pueblo mexicano.

El maíz es un cereal con bajo contenido de proteínas y no tiene todos los aminoácidos esenciales para el consumo humano. Especialmente, es deficiente en los aminoácidos Lisina y Triptofano y en niacina, que es la vitamina que previene la pelagra y se sintetiza a partir del Triptofano.

La nixtamalización es una técnica de lixiviación prehispánica empleada para cocer el grano de maíz, el cual una vez molido puede ser transformado en una masa suave para ser consumido en diferentes alimentos tradicionales, tortillas, tamales, etc.

En el proceso usado en los molinos urbanos el maíz se mezcla con el doble de su peso de agua y se agrega cal en una relación de 1-2% respecto del peso del maíz. La mezcla se calienta hasta aproximadamente 85 – 90 ° C al añadir agua proveniente de la caldera al maíz en la tina de nixtamalización. (Hoseney, 1991)

Esta etapa de cocimiento del grano se prolonga durante 20 – 45 minutos. Posteriormente, el grano se deja reposar en las tinas hasta el día siguiente aproximadamente 8– 18 horas. Al finalizar el reposo, el pericarpio se encuentra parcialmente hidrolizado y separado del grano, y el endospermo está hinchado y suave. (Guerrero, 1980)

Cuando el nixtamal presenta estas características, se puede separar el nejayo mediante dos formas: extracción manual o por decantación. En general se

emplean dos lavados para eliminar el exceso de cal. El nixtamal lavado se muele en molinos que transforman el nixtamal en masa.

A nivel industrial, se sigue un proceso similar aunque reduciendo considerablemente los tiempos de cocción y reposo. El proceso de Nixtamalización, tal como se lleva a cabo en la pequeña industria molinera, es altamente variable. Las variaciones están gobernadas por factores socioeconómicos y geográficos: el tipo de maíz, la proporción agua : grano, la concentración de cal, el cocimiento y la temperatura son definidas de acuerdo a los hábitos de la familia o a las especificaciones del proceso. La localización geográfica, el precio y la disponibilidad del maíz, o las especificaciones de proceso determinan la variedad de maíz usado. (Hoseney, 1991)

2.3.1. CAMBIOS QUE OCURREN DURANTE LA NIXTAMALIZACIÓN.

1. Los cambios en la calidad proteica del maíz destacando el aumento en la relación de Lisina, aumentando su disponibilidad hasta 2.8 veces. El aumento en la disponibilidad, es debido a que el calcio interacciona con los enlaces disulfuro de residuos de cistina de la fracción proteica de la glutelina del grano provocando que el complejo se abra y deje disponibles los aminoácidos. (Guerrero, 1980)
2. Un cambio que resulta importante es la liberación de vitaminas que se encuentran formando parte de un complejo que resulta difícil de atacar por las enzimas digestivas. De estas vitaminas las que principalmente aumentan su disponibilidad son Tiamina, niacina y riboflavina. (Hoseney, 1991)
3. En cuanto al contenido de minerales, el maíz presenta una cantidad importante de K, P, Mg, Ca y Na. Durante la Nixtamalización hay un gran incremento en el contenido de calcio en la tortilla. (Hoseney, 1991)

4. Otro cambio importante significativo para la obtención de la masa es el desprendimiento del pericarpio así como el cambio de la textura y consistencia del grano que favorece la manufactura de la tortilla. Esto resulta como consecuencia del efecto conjunto temperatura - cal que actúa provocando una gelatinización parcial del almidón. Así se lleva a cabo una absorción significativa de agua y suavidad del endospermo. Esto permite manejar con facilidad el grano para obtener el nixtamal. (Guerrero, 1980)

5. Cambios en el pericarpio. El pericarpio formado por hemicelulosas en su mayoría, celulosa y lignina al ser sometidas a soluciones alcalinas se desdoblan fácilmente, considerando que el nixtamal esta listo cuando al tomar el grano y oprimirlo entre los dedos, el pericarpio se desprende. Esto hace suponer una perdida considerable de fibra cruda, haciendo así a la tortilla un alimento de textura suave. (Hoseney, 1991)

6. Cambios en el endospermo. En las primeras regiones del endospermo corneo se observa el hinchamiento de los gránulos de almidón aumentando considerablemente el tamaño con la absorción de agua de los gránulos como consecuencia directa del inchamiento de los gránulos de almidón hay incremento en la solubilidad del almidón (conocido como gelatinización), una mayor claridad de la suspensión y una mayor viscosidad. Durante el enfriamiento y la deshidratación del grano parcial o totalmente gelatinizado ocurre un proceso de cristalización del almidón conocido como retrogradación. (Hoseney, 1991)

III. APLICACIÓN DE LAS CARTAS DE CONTROL POR VARIABLES EN EL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN.

3. DISEÑO DE LA CARTA DE CONTROL

3.1. OBJETIVO DE LA GRAFICA DE CONTROL.

Aumentar la homogeneidad de la producción de nixtamal mediante la disminución de la variabilidad del proceso de nixtamalización y de esta forma, conseguir una mejora continua de la calidad.

3.2. ELECCIÓN DE LA VARIABLE

Para poder introducir el uso de las cartas de control en proceso de nixtamalización y eficientar nuestro proceso, el departamento de aseguramiento de calidad, producción e investigación y desarrollo de Grupo Molinero García S. A de C. V. Elaboró el diagrama del proceso (Figura No 7) y mediante un diagrama Causa efecto (Figura No 8) define las causas que afectan la calidad y por ende la falta de eficiencia en el proceso.

Las variables críticas en el proceso de nixtamalización son:

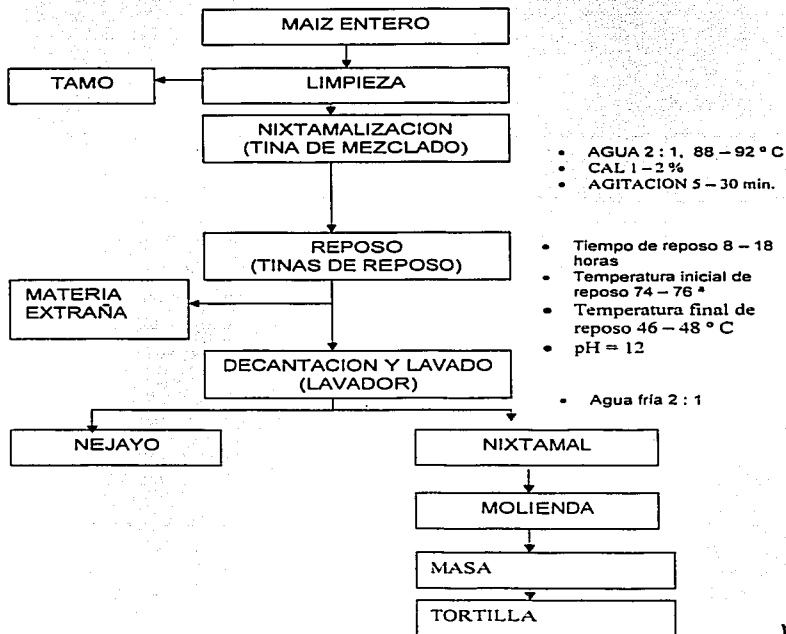
- Temperatura del agua.
- Tiempo de agitación.
- Temperatura inicial de reposo.
- Tiempo de reposo.

Las variables en que nos enfocaremos en este trabajo son la **Temperatura del agua y la temperatura inicial de reposo**, debido a que se cuenta con el equipo para monitorear, medir y controlar estas variables.

3.3. ELECCIÓN DE LA GRAFICA DE CONTROL.

Como la característica en estudio es una variable y esta puede ser medida, la graficas de control que emplearemos serán las Graficas de Control por Variables, y debido a que solo se toma una lectura por cada lote y considerando que son lotes homogéneos, la Grafica de Control que emplearemos es la Grafica de Control para Medidas Individuales por el método de agrupación por bloques.

Figura No 7 DIAGRAMA DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN.



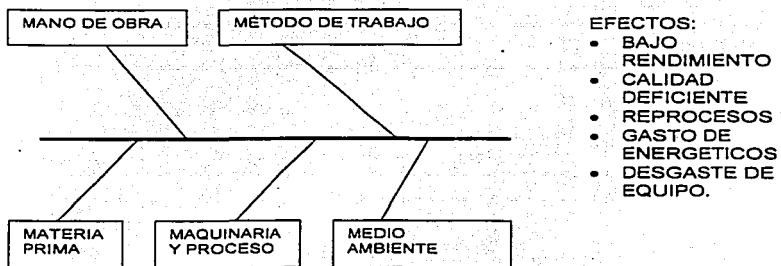


Figura No 8. Diagrama Causa Efecto del proceso de nixtamalización.

a) DE ACUERDO AL DIAGRAMA DE PARETO SE ENLISTAN LAS CAUSAS Y LOS EFECTOS QUE INFLUYEN EN EL PROCESO.

a) En cuanto a Mano de Obra: La distracción del operario puede ocasionar que el proceso no se lleve en los tiempos programados, por lo que el Nixtamal puede salir crudo o cocido, la calidad del producto es deficiente.

b) En cuanto a método de trabajo: Si no se respetan las condiciones del proceso la calidad del producto es deficiente en sus atributos sensoriales como la textura, color, olor del producto se ve afectado.

c) En cuanto a Materia Prima:

- Se recibe el maíz bajo especificaciones de la norma mexicana para el maíz México 2. Si la humedad del grano es mayor de 14%, el grano absorbe menos agua en la nixtamalización y se obtiene menos rendimiento. Si la humedad es menor de 10.5, el maíz es duro y se invierte más energía durante la nixtamalización. La humedad óptima es de 12 – 13%.

Se trabaja con dos tipos de cosechas el maíz del bajo y maíz de Sinaloa, ambos con diferentes características de humedad y contenido de almidones.

- En cuanto a la cal se emplea cal en polvo con 92 % pureza.
- d) En cuanto a maquinaria y proceso: cualquier falla en el equipo repercute directamente sobre la calidad del producto. Se mantiene en continuo mantenimiento motores y equipo de medición.
- e) El medio ambiente es un factor menos importante, sin embargo se toma en cuenta la temperatura ambiente.

3.4. ELECCIÓN DE TAMAÑO DE SUBGRUPO Y TAMAÑO DE MUESTRA.

El subgrupo esta conformado por el análisis de 25 días consecutivos, debido a que en ese mes el maíz corresponde a la misma cosecha. Los datos para el análisis se recopilaron durante el mes de Enero en el cual nos encontramos manejando maíz del bajo; el tamaño de muestra es 1, considerando que los lotes son homogéneos y la agrupación se hará formando grupos de tres lotes procesados en un día.

3.5. DETERMINACIÓN DEL MÉTODO DE MEDICIÓN.

Para realizar nuestras mediciones se cuenta con un Termómetro Taylor de 0 – 150 ° C. y un controlador de Temperatura digital TSW serie 901 de 0 – 400 ° C.

3.6. REGISTRO DE MEDICIONES.

A continuación se presentan la hoja de datos para las variables de estudio. Tabla No 4. Hoja de registro de datos.

3.7. DESARROLLO ESTADÍSTICO.

a) PARA LA VARIABLE TEMPERATURA DEL AGUA.

para $n = 3$

para $d_{2,3} = 1.693$
para $E_{2,3} = 1.772$
para $D_{4,n=3} \quad D_4 = 2.575$
para $D_{3,n=3} \quad D_3 = 0$

$$\Sigma X = 2283$$

$LSC = X + E_2 \cdot R$
 $LSC = 91.32 + (1.772 \cdot 2.08)$
 $LSC = 95.005$

$$X = 2283 / 25 = 91.32$$

$$\Sigma R = 52$$

$LIC = X - E_2 \cdot R$
 $LIC = 91.32 - (1.772 \cdot 2.08)$
 $LIC = 87.63$

$$R = 52 / 25 = 2.08$$

La estimación de $\sigma = R / d_{2,3}$

$LSCR = RD_4$
 $LSCR = 2.08 \cdot 2.575$
 $LSCR = 5.356$
 $LICR = D_3 \cdot R$
 $LICR = 0$

$$\sigma = 2.08 / 1.693 = 1.228$$

b) PARA LA VARIABLE TEMPERATURA INICIAL DE NIXTAMALIZACION.

para $n = 3$

para $d_{2,3} = 1.693$
para $E_{2,3} = 1.772$
para $D_{4,n=3} \quad D_4 = 2.575$
para $D_{3,n=3} \quad D_3 = 0$

$$\Sigma X = 1860.1$$

$LSC = X + E_2 \cdot R$
 $LSC = 74.4 + (1.772 \cdot 1.8)$
 $LSC = 77.58$

$$X = 1860.1 / 25 = 74.4$$

$$\Sigma R = 45$$

$LIC = X - E_2 \cdot R$
 $LIC = 74.4 - (1.772 \cdot 1.8)$
 $LIC = 71.2$

$$R = 45 / 25 = 1.8$$

La estimación de $\sigma = R / d_{2,3}$

$LSCR = RD_4$
 $LSCR = 1.8 \cdot 2.575$
 $LSCR = 4.63$
 $LICR = D_3 \cdot R$
 $LICR = 0$

$$\sigma = 1.8 / 1.693 = 1.063$$

3.8 CONCLUSIONES PRELIMINARES.

ANÁLISIS DEL GRAFICO DE CONTROL DE MEDIAS Y RANGOS PARA LA TEMPERATURA DEL AGUA.

- En la figura No 9., se ha representado el grafico de control para las medidas individuales por el método de agrupación por bloques. En el se puede observar que no existe ningún punto fuera de los limites de control.
- Al analizar la tendencia de los datos se observa que: la mayoría de los puntos se acumulan en el tercio central del grafico. Esta señal suele ser debida a que se ha mantenido durante un periodo de tiempo excesivo los limites de control del proceso, el proceso durante este tiempo ha mejorado con disminución de la dispersión. Sin embargo no indica que el proceso este estable pues, están actuando solo causas naturales de variación en el proceso.

ANÁLISIS DEL GRAFICO DE CONTROL DE MEDIAS Y RANGOS PARA LA TEMPERATURA INICIAL DE NIXTAMALIZACION.

Como se observa en la Figura No.11. No se presenta ningún punto fuera de control lo que a simple vista nos diría que el proceso esta bajo control, pero observando la dispersión de los datos se observa que hay una causa asignable de variación que esta afectando el proceso, ya que 2/3 de los puntos se encuentran en el $1/3 \pm \sigma$, posiblemente debida a que el equipo de medición no es tan sensible para reportar variación en los datos.

Tabla No: 4 HOJA DE REGISTRO DE DATOS DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACION

PERIODO: ENERO

RESPONSABLE: LUIS DOMINGUEZ

FECHA	NUMERO DE TINAS	CANTIDAD DE MAIZ KG	CAL KG	TEMPERATURA DEL AGUA °C	TEMPERATURA INICIAL de nixtamolizacion °C	TEMPERATURA FINAL de nixtamolizacion °C	TIEMPO DE MECLADO min	TIEMPO DE NIXTAMALIZACION hrs	OBSERVACIONES
07-01-03	1	750	9	92	73	40	8	10	
07-01-03	2	750	85	90	76	47	6	13	
07-01-03	3	750	9	91	73	45	8	19	
08-01-03	1	750	9	90	73	40	7	9	
08-01-03	2	750	87	90	74	45	7	14	
08-01-03	3	750	9	93	74	44	7	18	
09-01-03	1	750	88	90	73	44	7	10	
09-01-03	2	750	9	93	76	47	6	15	
09-01-03	3	750	9	93	75	48	6	20	FALLA DE ENERGIA ELECTRICA
10-01-03	1	750	9	93	74	40	8	9	
10-01-03	2	750	91	91	76	46	6	15	
10-01-03	3	750	9	92	73	46	6	18	
11-01-03	1	750	88	93	75	45	5	10	
11-01-03	2	750	9	91	76	43	5	12	
11-01-03	3	750	91	92	74	40	5	21	BAJA PRODUCCION
12-01-03	1	750	91	93	74	44	5	9	
12-01-03	2	750	89	91	74	40	5	11	
12-01-03	3	750	89	92	75	47	5	15	
13-01-03	1	750	88	92	71	47	5	11	
13-01-03	2	750	9	90	75	47	5	15	
13-01-03	3	750	9	93	74	45	5	20	BAJA PRODUCCION
14-01-03	1	750	9	89	75	47	5	10	MEJOR LOTE DE CAL
14-01-03	2	750	91	89	74	46	5	13	MEJOR LOTE DE CAL
14-01-03	3	750	9	89	76	46	5	17	MEJOR LOTE DE CAL
15-01-03	1	750	88	91	76	47	5	10	
15-01-03	2	750	9	91	73	44	5	14	
15-01-03	3	750	91	93	75	45	5	19	
16-01-03	1	750	91	91	76	43	5	9	OPERARIO EMERGENTE
16-01-03	2	750	89	89	74	45	5	12	OPERARIO EMERGENTE
16-01-03	3	750	89	93	74	47	5	17	OPERARIO EMERGENTE
17-01-03	1	750	88	89	75	45	5	10	
17-01-03	2	750	88	91	73	44	5	13	

TABLA No 4 (continuacion)

PERIODO: ENERO

RESPONSABLE: LUIS DOMINGUEZ

FECHA	NUMERO DE UNAS	CANTIDAD DE MAIZ KG	CAL KG	TEMPERATURA DEL AGUA °C	TEMPERATURA INICIAL °C	TEMPERATURA FINAL °C	TIEMPO DE MEZCLADO min	TIEMPO DE NIXTAMALIZACION Hrs.	OBSERVACIONES
17-01-03	3	750	88	89	75	43	5	18	
18-01-03	1	750	9	93	74	46	5	9	
18-01-03	2	750	9	90	74	46	5	12	
18-01-03	3	750	9	91	73	43	5	16	
19-01-03	1	750	91	93	73	48	5	10	
19-01-03	2	750	9	92	76	44	5	13	
19-01-03	3	750	88	92	75	45	5	16	
20-01-03	1	750	9	90	74	43	5	8	
20-01-03	2	750	91	91	74	45	5	12	
20-01-03	3	750	91	90	74	43	5	16	
21-01-03	1	750	89	93	75	44	5	9	
21-01-03	2	750	89	90	75	41	5	12	
21-01-03	3	750	89	93	76	45	5	16	
22-01-03	1	750	88	93	73	44	5	10	
22-01-03	2	750	9	93	73	47	5	13	
22-01-03	3	750	9	91	73	43	5	18	
23-01-03	1	750	9	92	73	46	5	10	
23-01-03	2	750	91	91	76	44	5	13	
23-01-03	3	750	9	92	74	47	5	17	
24-01-03	1	750	88	93	74	47	5	9	
24-01-03	2	750	9	92	73	45	5	13	
24-01-03	3	750	91	92	72	46	5	17	
25-01-03	1	750	91	92	76	43	5	10	
25-01-03	2	750	89	92	75	45	5	14	
25-01-03	3	750	89	90	74	45	5	19	
26-01-03	1	750	88	93	76	46	5	9	
26-01-03	2	750	9	89	75	47	5	13	
26-01-03	3	750	85	90	76	43	5	18	
27-01-03	1	750	9	91	76	47	5	10	GENERADOR EMERGENTE
27-01-03	2	750	9	91	74	45	5	13	GENERADOR EMERGENTE
27-01-03	3	750	87	91	74	46	5	17	GENERADOR EMERGENTE
28-01-03	1	750	9	93	74	45	5	8	

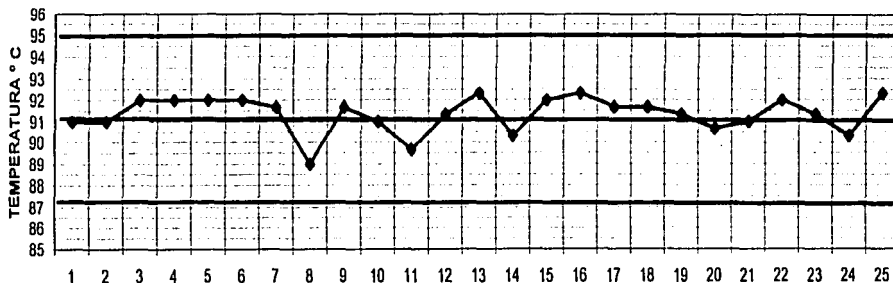
FIGURA No. 9 CARTA DE MEDIAS Y RANGOS

CARTA No: 5
 INSPECTOR: REM
 EQUIPO DE MEDICION: TERMOMETRO TAYLOR 0-150
 UNIDAD DE MEDIDA: °C

LIMITES DE ESPECIFICACION:
 X: 91.32 LSCX: 95 LICX: 87.6
 R: 2.08 LSCR: 5.36 LSCR: 0
 n: 3

LOTE	E0703	E0708	E0903	E1003	E1103	E1203	E1303	E1403	E1503	E1603	E1703	E1803	E1903	E2003	E2103	E2203	E2303	E2403	E2503	E2603	E2703	E2803	E2903	E3003	E3103
TURNO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FECHA																									
HORA	1100	1200	1109	1100	1200	1200	1100	1100	1100	1210	1230	1100	1030	1030	1100	1200	1230	1230	1230	1300	1300	1300	1300	1300	1300
LECTURAS	92	90	90	93	93	93	92	89	91	91	89	93	93	90	93	93	92	93	92	93	91	93	90	90	93
	50	90	93	91	91	91	90	89	91	89	91	90	92	91	90	93	91	92	92	89	91	90	91	90	92
	91	93	93	92	92	92	93	89	93	93	89	91	92	90	93	91	92	90	90	90	91	93	93	91	92
X	91	91	92	92	92	92	91.67	89	91.67	91	89.67	91.333	92.33	90.33	92	92.33	91.67	91.67	91.33	90.67	91	92	91.33	90.33	92.33
R	2	3	3	2	2	2	3	0	2	4	2	2	1	1	3	2	1	3	2	4	0	3	3	1	1

CARTA DE MEDIAS " X " PARA LA VARIABLE TEMPERATURA DEL AGUA.



CARTA DE RANGOS " R " PARA LA VARIABLE TEMPERATURA DEL AGUA.

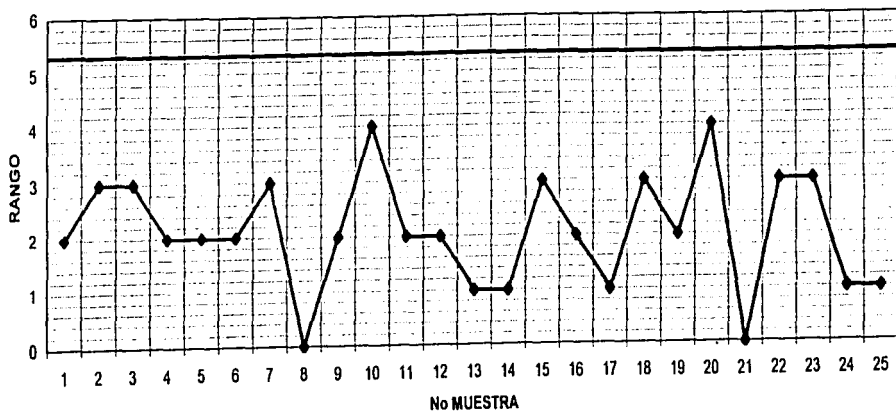


FIGURA No. 10 CARTA DE MEDIAS Y RANGOS

CARTA No: 5
 INSPECTOR: REM
 EQUIPO DE MEDICION: TERMOMETRO TAYLOR 0 -150
 UNIDAD DE MEDIDA: °C

LIMITES DE ESPECIFICACION:
 X: 74.4 LSCX: 77.6 LICX: 71.2
 R: 1.8 LSCR: 4.63 LSCR: 0
 n: 3

LOTE	E0703	E0708	E0903	E1003	E1103	E1203	E1303	E1403	E1503	E1603	E1703	E1803	E1903	E2003	E2103	E2203	E2303	E2403	E2503	E2603	E2703	E2803	E2903	E3003	E3103
TURNO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FECHA																									
HORA	1100	1200	1100	1100	1200	1200	1100	1100	1100	1210	1230	1100	1030	1030	1100	1200	1230	1230	1230	1300	1300	1300	1300	1300	1300
LECTURAS	73	73	73	74	75	74	73	75	76	76	75	74	73	74	75	73	73	74	76	76	76	74	74	76	74
	76	74	76	76	76	74	75	74	73	74	73	74	76	74	75	73	76	73	75	75	74	73	75	75	74
	73	74	75	73	74	75	74	76	75	74	75	73	75	74	76	73	74	72	74	76	74	75	73	76	75
X	74	73.67	74.67	74.33	75	74.33	74	75	74.67	74.67	74.33	73.67	74.67	74	75.33	73	74.33	73	75	75.67	74.67	74	74	75.67	74.33
R	3	1	3	3	2	1	2	2	3	2	2	1	3	0	1	0	3	2	2	1	2	2	2	1	1

GRAFICA DE MEDIAS " X " PARA TEMPERATURA INICIAL DE NIXTAMALIZACION.

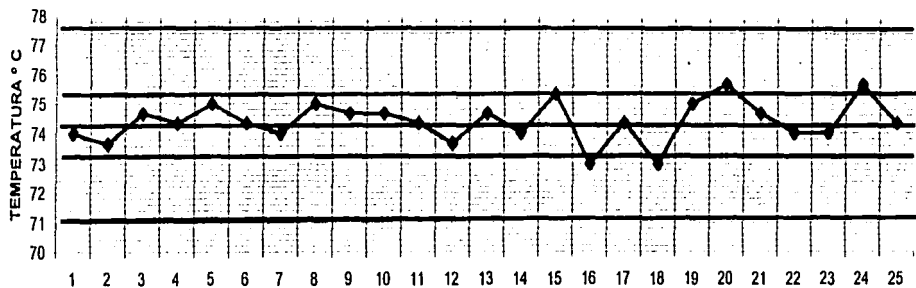
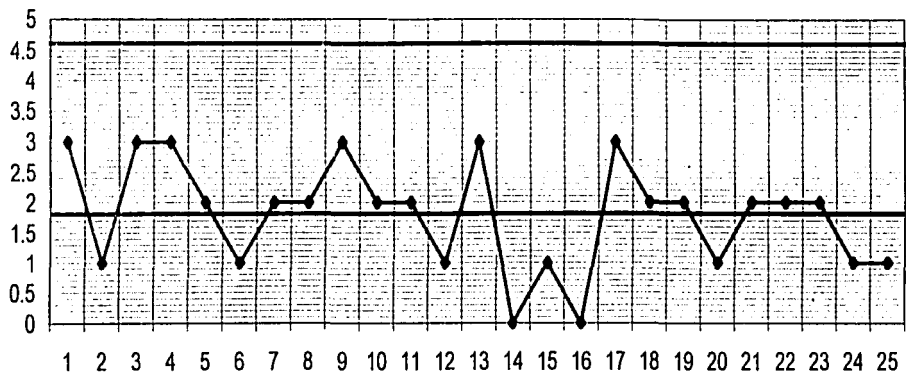


GRAFICO DE RANGOS " R " PARA LA TEMPERATURA INICIAL DE NIXTAMALIZACION



IV. CONCLUSIONES

- La necesidad de tener un sistema de calidad para elaborar mejores productos, se ve reflejada por la creciente competitividad y las exigencias del consumidor.
- El control estadístico de proceso es la herramienta primordial en todo el sistema de calidad.
- Para obtener resultados positivos en el control estadístico de proceso se requiere de un cambio de mentalidad, convicción, disciplina y constancia a todos los niveles.
- Es importante conocer las técnicas estadísticas, pero más aun el saber aplicarlas, sacar conclusiones y tomar las acciones necesarias para mejorar un proceso.
- Debido a los resultados obtenidos en la aplicación de las cartas de control, pudimos comprobar su utilidad en la mejora de la dispersión en el proceso de nixtamalización.
- Con los gráficos de control para medidas individuales, se tiene el problema de que con una sola medida no es posible estimar la desviación típica poblacional o bien esta puede ser nula debido a que se considera que no hay variación dentro de cada lote.
- Si se contara con equipo automático para hacer mediciones y tomar varias muestras del mismo lote homogéneo, se podría emplear las Graficas de Control por variables

- Para nuestro ejemplo real, se tuvo que convencer a todo el personal involucrado en el proceso productivo de la utilidad de dichas cartas, porque siempre que se trata de innovar trae consigo algún cambio en la forma de trabajo rutinario, por lo que resulta necesario involucrar a todo el personal y proporcionarles capacitación al respecto de lo contrario se encuentra la apatía de las personas que están acostumbradas a su forma de trabajo es decir, a sus tiempos y movimientos.
- Tal vez este sea el principal obstáculo en la implementación del control estadístico del proceso en cualquier empresa y por lo tanto la habilidad y la preparación de las personas encargadas de la implementación tendrá mucho que ver con el éxito o fracaso del mismo.

V. BIBLIOGRAFIA.

1. Carot, Alonso Vicente., Control Estadístico de la Calidad, Alfaomega Grupo Editor, S. A de C. V. México, 2001.
2. Flores Salgado Carlos., Cartas de Control de Calidad, Construcción, aplicación y ventajas dentro de un sistema de producción, FES Cuautitlán, UNAM, 1985.
3. González Ortiz Carlos., Cartas de Control para procesos tipo batch, Facultad de Química, UNAM, 1997.
4. Grant, E. L. and Leavenworth, R. S., Control Estadístico de la Calidad, Compañía Editorial Continental. México, 2002.
5. Guerrero Jiménez María de Jesús., Cambios fisicoquímicos que sufre el maíz en la nixtamalización, Facultad de Química, UNAM, 1980.
6. Hosney, R: C., Principio de Ciencia y Tecnología de los Cereales. Acribia, España, 1991.
7. Míreles Viveros Claudia., Elaboración de una herramienta para la implantación de un control estadístico de proceso empleando gráficos de control, FES Cuautitlán, UNAM, 1994.
8. Órnelas Gutiérrez Francisco., El Control Estadístico en Proceso como Herramienta de Control, Facultad de Química, UNAM, 1995.
9. Peralta Alemán Gilberto., De la Filosofía de la Calidad al Sistema de Mejora Continua, Panorama Editorial. México, 2002.
10. Vázquez Muñoz Mauro., Control Estadístico de la Calidad Total, Facultad de Química, UNAM, 1996.