



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

“EVALUACIÓN DEL CONTROL Y LA CAPACIDAD DE
PROCESO APLICANDO HERRAMIENTAS DE CALIDAD
EN LA ELABORACIÓN DE TORTILLAS DE HARINA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A:

CARLOS LÓPEZ GONZÁLEZ

ASESOR: M en C. ROSALÍA MELÉNDEZ PÉREZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

DEDICATORIAS

A MI MADRE...

*Tú, la que fuiste mi luz primera
Tras la nada de la noche oscura.
Tu que al temor me hiciste fuerte,
Tú que me llenaste de ilusiones,
De quien aprendí y me enseñó a soñar.*

*Tú que en mi vida fuiste la fuerza
Que doblego mi desesperanza.
Tú, la que siempre estará a mi lado.
Tú, de quien me cobijé de niño*

*Tú que me has regañado
Tú que me has castigado
Pero no me has odiado
Tú solo me has amado
Me has cuidado
Y protección me has brindado*

*Por ello doy gracias porque al nacer,
Te eligió Dios, como mi Madre,
Porque eres de mi vida,
Mamá, la mejor parte...*

*Gracias por haberme dado,
Lo mejor de tu existencia,
Y Gracias por estar hoy,
Siempre tan atenta...*

*Un inmenso Gracias,
Por tenerte cerca,
Y porque me ayudes,
En todas mis penas...*

*Como ofrenda hoy te entrego, mi alegría,
Y este cariño inmenso
Se que sentirás como tuyo este logro!*

A mi hermana...

Porque más que una hermana eres una amiga y un gran apoyo durante mis estudios, por tu entusiasmo alegría y ejemplo a seguir, se que puedo contar contigo al igual que tu cuentas conmigo para todo.

A mi Padre...

Por darme la existencia y por todo el apoyo moral y económico brindado a lo largo de mi carrera profesional.

A mi familia...

Por el apoyo y cariño que siempre me han brindado.

A Lorena...

Por el gran amor que me inspira tu ser, por estos años de aprendizaje, respeto y comprensión.

A mis amigos...

Por que ustedes son la familia que escogí y por esos grandes momentos que hemos pasado juntos.

AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional Autónoma de México
por hacerme sentir orgulloso de ser parte de esta
gran institución.*

*A mi asesora M. en C. Rosalía Meléndez Pérez por
sus sabios consejos tanto profesionales como
personales siendo siempre tan oportunos en la
elaboración y conclusión de la tesis.*

*A los profesores LFM. Fernando Flores Benítez
IA. Laura Cortazar Figueroa, IA. Edgar F.
Arechavaleta Vázquez, y IA. Víctor Manuel Avalos
Ávila por la revisión del presente trabajo.*

*A Mariana, Ángeles y Gabriela por haber leído y
criticado este trabajo cuando fue necesario.*

*A todas aquellas personas que me enseñaron el
camino de la superación.*

*Para informes, observaciones, dudas y comentarios
agradeceré comunicarse al
e-mail: calq_02@yahoo.com.mx*

*“La calidad nunca es un accidente; siempre es el resultado de un
esfuerzo de la inteligencia”*

Jonh Ruskin (1819-1900) Crítico y escritor británico.

INDICE

INTRODUCCIÓN	<i>i</i>
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Proceso de elaboración de la tortilla de harina.	3
1.2 Factores que afectan la calidad de la tortilla	5
1.2.1.Efecto del dividido en el peso del producto terminado	7
1.3. Control estadístico de procesos (CEP)	8
1.3.1. Herramientas básicas de la calidad	10
A. Diagrama de Pareto	10
B. Histogramas	11
C. Diagrama de Dispersión	12
D. Estratificación	12
E. Hojas de Verificación o Comprobación	13
F. Diagrama de causa-efecto (Ishikawa)	14
1.3.2. Gráficas de Control	15
A. Tipos de gráficas de Control.	18
I.Gráficas por atributos.	18
I.i Gráfica P.	18
I.ii Gráfica nP.	18
I.iii Gráfica C.	19
II.Gráficas por variables.	20
II.i Gráficas $\bar{X} - S$	20
II.ii Gráficas de Control $\bar{X} - R$	20
1.3.3. Pruebas para patrones no aleatorios o anormales	24
1.3.4. Proceso en control estadístico.	26
1.4 Capacidad de procesos.	26
1.4.1. Límites de tolerancia y límites de especificación.	28
1.4.2. Suposiciones que fundamentan un estudio de capacidad de proceso	28
1.4.3. Índice de capacidad de proceso	30
2. METODOLOGÍA	32
2.1 Objetivo particular 1	33
2.2 Objetivo particular 2	35
2.3 Objetivo particular 3	37
2.3.1. Etapa preliminar	37
2.3.2. Etapa de transición	37
2.3.3. Etapa de Control	38
2.4 Cuadro metodológico	40

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	41
3.1 Resultados de la primera etapa	42
3.1.1 Definición del producto a trabajar.	42
A. Resultados Gráfico de Pareto en base al costo unitario de los productos.	42
B. Resultados Gráfico de Pareto en base al crecimiento en el año 2002	43
C. Resultados Gráfico de Pareto en base a la producción en el año 2005.	44
D. Diagrama de Bloques de elaboración de tortillas de harina y su descripción.	45
E. Diagrama resultante de la Tormenta de Ideas	53
F. Resultados del Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa)	54
G. Resultados del Gráfico de Pareto en la clasificación de bajas	55
3.1.2 Plan de acciones correctivas.	57
3.2 Resultados de la segunda etapa	58
3.2.1 Determinación de la muestra.	59
3.2.2 Cálculo de Límites de Control y elaboración del formato de los Gráficos de Control.	60
3.2.3 Capacitación	61
3.3 Resultados de la tercera etapa	62
3.3.1 Resultados de los Gráficos de Control y capacidad del proceso.	62
a) Etapa preliminar	62
b) Etapa de transición	68
c) Etapa de Control	75
3.4 Comparativo de las 3 etapas	80
3.4.1 Comparación de desviación estándar	80
3.4.2 Comparación de peso promedio	81
3.4.3 Comparación de C_p	81
3.4.4 Comparación de C_{p_k}	82
3.5 Beneficios económicos	83
CONCLUSIONES	85
Anexo 1. Tabla de factores para el cálculo de Límites de Control para variables	87
Anexo 2. Gráfico de Control llenado por el operador	88
Bibliografía	89

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

INDICE DE CUADROS		Pagina
Cuadro 1	Formulación básica para la elaboración de tortillas de harina.	4
Cuadro 2	Cálculo de Límites de Control para Gráficos por Atributos	19
Cuadro 3	Recomendaciones en el uso de Gráficos de Control por variables.	21
Cuadro 4	Cálculo de Límites de Control para Gráficos por Variables.	22
Cuadro 5	Tabla de factores para el cálculo de Límites de Control por variables.	23
Cuadro 6	Plan de acciones correctivas	57
Cuadro 7	Límites de control	60
Cuadro 8	Resultados del estudio preliminar	62
Cuadro 9	Resultados de la etapa de transición	68
Cuadro 10	Resultados de la etapa de control	75
Cuadro 11	Ahorro mensual estimado a partir de la disminución y control de peso	83
Anexo 1.	Tabla para cálculo de Límites de Control para variables	87
Anexo 2.	Gráfico de Control llenado por el operador	88

INDICE DE FIGURAS

Pagina

Figura 1	Producción Nacional de la tortilla en México	2
Figura 2	Diagrama de bloques de elaboración de tortilla de harina por el método de prensa caliente	5
Figura 3	Ejemplo de un Diagrama de Pareto	11
Figura 4	Representación de un Histograma	11
Figura 5	Representación de Diagrama de Dispersión.	12
Figura 6	Diagrama de Ishikawa	14
Figura 7	Representación de un Gráfico de Control.	18
Figura 8	División de Gráfico de Control para análisis de patrones aleatorios o anormales	25
Figura 9	Distribución del Proceso	26
Figura 10	Proceso en control estadístico.	29
Figura 11	Proceso fuera de control estadístico.	29
Figura 12	Identificación y selección de las causas del problema	34
Figura 13	Principales etapas del muestreo	35
Figura 14	Cuadro metodológico.	40
Figura 15	Gráfico de Pareto basado en el costo unitario de los productos.	42
Figura 16	Gráfico de Pareto basado en el crecimiento para el año 2002.	43
Figura 17	Gráfico de Pareto de producción para el año 2005.	44
Figura 18	Diagrama de bloques de elaboración de tortillas.	45
Figura 19	Ejemplo de material pesado.	46
Figura 20	Mezcladora de ingredientes	47
Figura 21	Divisora de masa	47
Figura 22	Etapas de boleado (boleadora)	48
Figura 23	Ejemplo de reposador	48
Figura 24	Etapas de pre-prensado	49

Figura 25	Etapa de prensado	50
Figura 26	Etapa de comales	51
Figura 27	Enfriador en espiral	51
Figura 28	Apilador	52
Figura 29	Etapa de embolsado	52
Figura 30	Diagrama resultante de la tormenta de ideas	53
Figura 31	Diagrama de causa y efecto	54
Figura 32	Gráfica de Pareto de clasificación de bajas	55
Figura 33	Tamaño de muestra en base a la precisión y desviación estándar	59
Figura 34	Formato de Gráfica de Control utilizada en piso	60
Figura 35	Gráfico de Control preliminar de peso en la etapa de dividido de tortillas	62
Figura 36	Análisis preliminar de capacidad de proceso en dividido	64
Figura 37	Gráfico de Control preliminar de peso en paquetes de 10 piezas.	66
Figura 38	Análisis preliminar de capacidad de proceso en paquetes de 10 tortillas	66
Figura 39	Gráfico de Control preliminar de peso en paquetes de 20 piezas.	67
Figura 40	Análisis preliminar de capacidad de proceso en paquetes de 20 tortillas	68
Figura 41	Gráfico de Control de peso en dividido en la etapa de transición	69
Figura 42	Análisis de capacidad de procesos en dividido en la etapa de transición	70
Figura 43	Gráfico de Control de peso de paquetes de tortillas de 10 piezas etapa de transición.	71
Figura 44	Análisis de capacidad de proceso en paquetes de 10 tortillas etapa de transición.	72
Figura 45	Gráfico de Control de peso de paquetes de tortillas de 20 piezas etapa de transición.	73
Figura 46	Análisis de capacidad de proceso en paquetes de 20 tortillas etapa de transición.	74

Figura 47	Gráfico de Control de peso en dividido en la etapa de control	75
Figura 48	Análisis de capacidad de procesos en dividido en la etapa de control	76
Figura 49	Gráfico de Control de peso de paquetes de tortillas de 10 piezas etapa de control	77
Figura 50	Análisis de capacidad de proceso en paquetes de 10 tortillas etapa de control	78
Figura 51	Gráfico de Control de peso de paquetes de tortillas de 20 piezas etapa de control	79
Figura 52	Análisis de capacidad de proceso en paquetes de 20 tortillas etapa de control	79
Figura 53	Gráfico comparativo de desviación estándar	80
Figura 54	Gráfico comparativo de peso promedio	81
Figura 55	Gráfico comparativo de C_p	81
Figura 56	Gráfico comparativo de C_{p_k}	82

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la necesidad de obtener productos con calidad es uno de los objetivos prioritarios en la industria nacional; la calidad debe ser la necesaria para competir en los mercados internacionales.

La eliminación de barreras al comercio y la apertura de los mercados mundiales gracias al Tratado de Libre Comercio y los convenios internacionales, han obligado a las empresas a ser más competitivas para sobrevivir pues no solo se compite con las empresas locales, sino que también compiten con las internacionales que ofrecen los mismos productos, pero a un costo menor y con mayor calidad.

Dos de los principales factores que los consumidores toman en cuenta para decidir comprar o no un producto o servicio son: el precio y la calidad sin embargo, es esta la que realmente marca la diferencia; las empresas que desean mantenerse activas deben optimizar los procesos y recursos, aumentando la calidad del producto sin dejar a un lado la rentabilidad de la empresa logrando así la satisfacción del cliente.

Para llegar a esto, en primera instancia, se podría sugerir soluciones que en su mayoría implican cambios de tecnología o diseño lo cual causarían una fuerte inversión, principalmente para las pequeñas y medianas empresas ya que sus posibilidades para hacer grandes inversiones son casi nulas.

Pero este no es el primer paso que se debe de tomar, antes de cualquier cambio de tecnología debe asegurarse de que los procesos actuales son los óptimos y para lograrlo se cuenta con una herramienta sencilla que es el Control Estadístico de Procesos (CEP) el cual nos permite tomar decisiones encaminadas a mejorar los procesos.

El Control Estadístico de Procesos (CEP) y el Muestreo de Aceptación son dos de los elementos más importantes de Control Estadístico de la Calidad.

El Muestreo de Aceptación es la parte correctiva de la calidad en la cual se tiene que inspeccionar el producto terminado; en cambio el CEP es la parte que controla la variabilidad que afecta las características de calidad, previniendo los defectos antes de que estos sucedan, es decir, en la línea de proceso “mientras el producto esta siendo manufacturado” y no después de que ha sido producido.

Al controlar estadísticamente los procesos no se trata de modelar la distribución de los datos reunidos en un proceso sino de controlar el proceso con ayuda de reglas de decisión que localicen las discrepancias o desviaciones apreciables entre los datos observados y las normas y/o especificaciones del proceso con lo que se disminuyen reprocesos, desperdicios, disminución de rechazos, etc. lo cual genera una disminución de costos.

En el presente proyecto se analizó, implementó y evaluó las herramientas estadísticas que conforman el Control Estadístico de Procesos (CEP) aplicado a una empresa dedicada a la elaboración de tortillas de harina de trigo.

El proyecto esta abierto a ser utilizado como base no solo en el peso sino también en el control de distintas variables (características de calidad medibles) o atributos (características de calidad que están presentes o no en un producto) relacionados al producto o al proceso mismo.

La realización del presente proyecto consta de 3 capítulos, los cuales se describen brevemente a continuación:

El capítulo I se conforma por los antecedentes, donde se presenta las generalidades de la tortilla de harina de trigo y su proceso de elaboración, así como también se describen cada una de las herramientas estadísticas que nos sirvieron para la resolución del objetivo general, desde Diagramas de Pareto, Histogramas, Diagramas de Dispersión, Estratificación, Hojas de Verificación, Diagramas de Causa y Efecto, hasta llegar a los

Gráficos de Control y los Análisis de Capacidad de Procesos; siendo este último un indicador de qué tan apto es el proceso para cumplir las especificaciones.

En el capítulo II se presenta la metodología que se utilizó en la realización de este proyecto para poder cubrir los objetivos propuestos. El proyecto se dividió en tres etapas:

- La primera etapa consistió en definir el producto crítico, lo que ofreció una mejor área de oportunidad en función de los volúmenes de la producción y del margen de utilidad por producto a través de Diagramas de Pareto lo que dió por resultado a la tortilla de harina como el producto elegido para trabajar ya que aunque no es el producto de mayor costo unitario, es el de mayor producción en la planta; para definir la variable a controlar se utilizaron diagramas de flujo del proceso de elaboración de la tortilla, Lluvia de Ideas, Diagramas de Causa y Efecto y Diagramas de Pareto; lo anterior dió como resultante el peso como la variable crítica a controlar.
- En la segunda etapa se determinó el tamaño de muestra, los Límites de Control y se elaboró el formato de los Gráficos de Control que se utilizó por los operadores, además, se realizó un análisis preliminar de la Capacidad de Proceso para establecimiento de condiciones, se inició el proyecto aunado esto a la capacitación del personal involucrado sobre CEP en el proyecto.

Para determinar el tamaño de muestra se utilizó una hoja de cálculo disponible en la empresa llamado "SamplCa" validada por el Departamento de Investigación y Desarrollo, se ubicó en la opción para producción continua. El programa requiere el volumen total de la producción y la precisión requerida.

Los Límites de Control se obtuvieron con ayuda del software estadístico "MINITAB®" a partir de datos históricos de peso.

Ya que se obtuvo el tamaño de la muestra y se calcularon los Límites de Control, se elaboró el formato de las gráficas de control respectivos.

- En la tercera etapa se realizó la implementación del CEP el análisis y la comparación de los resultados obtenidos en los indicadores de C_p , C_{p_k} , desviación estándar y peso promedió del dividido de masa para tortilla.

Esta etapa se subdivide en otras tres etapas

- Etapa preliminar
- Etapa de transición
- Etapa de control

A pesar de que se llevó la etapa de dividido de tortillas hacia un proceso bajo control estadístico, disminuir la desviación estándar en la producción y en general haber realizado una mejora en la producción de tortillas de harina, es importante resaltar que se necesitan controlar otras etapas del proceso para mejorar la calidad del producto y reducir la variación del proceso hasta un nivel 6 sigma.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

Tortilla es el diminutivo de torta, y se aplica a los alimentos que tienen forma circular aplanada se puede definir como un producto de panificación plano, redondo y sin fermentar que en gran parte de las ocasiones es leudado con agentes químicos.

Actualmente es un alimento básico de la cocina tradicional de América Central, México, Puerto Rico y República Dominicana, no solo se pueden fabricar con maíz nixtamalizado sino también con harina de maíz, harina de trigo, harina de trigo integral, harina de maíz violeta; quizás las más internacionales sean las de harina, especialmente por influencia de los omnipresentes restaurantes mexicanos, además de las cadenas de restaurantes de comida rápida que la utilizan como vehículo para producir tacos y productos relacionados.

En todas las ciudades de México es común encontrar este alimento donde se expende durante la mañana y tarde. También se pueden encontrar en supermercados durante todo el año. Las tortillas se consumen a diario en todo el país. Acompañan a todas las comidas tradicionales de México. Usándolas se pueden preparar otros alimentos como: tacos, tostadas, enchiladas, enfrijoladas, entomatadas, quesadillas, sincronizadas. Se pueden preparar tacos enrollando cualquier alimento en el interior. Estas han subido de popularidad en otros países del mundo, especialmente en Estados Unidos y en Europa debido a que la cocina mexicana ha sido aceptada en esos países y en gran medida; a la versatilidad del taco mexicano que puede ser acompañado con cualquier alimento.

Serna S. 2003

En EE.UU., el mercado de la tortilla empacada es de los segmentos de mayor crecimiento del sector de alimentos en ese país. El valor de mercado ha crecido de \$3,000 millones de dólares anuales en 1994 a \$5,000 millones de dólares en 2001. Los productos son tanto de harina de trigo, como de maíz y tienen más variedades de producto, tamaño y cantidad de las que existen en el mercado mexicano. En cuanto al crecimiento de la población hispana se prevé que, para el año 2010, sea la comunidad

extranjera más grande en EE.UU. lo que, aunado al PIB que genera dicha comunidad, calculada en 30 millones de personas y que es igual al PIB generado en México, hace del mercado de la tortilla una línea de negocio con potencial de crecimiento en EE.UU.

Reporte Anual de grupo BIMBO, S.A. de C.V. 2004.

Su producción es importante desde el punto de vista económico puesto que alrededor de este producto intervienen actividades agrícolas y de transformación industrial. Con el paso del tiempo se ha ido colocando cada vez más en el gusto del consumidor sobre todo en el sector urbano, en donde actualmente se pueden encontrar diversas marcas de este producto, como puede observarse en la figura 1. De acuerdo con las estadísticas del INEGI en 1994 , se reportó una producción anual nacional de 50,858 toneladas mientras que en el 2005 hubo una producción anual de 90,932 toneladas teniendo un valor de \$ 203,215,000 y \$ 1,703,750,000 respectivamente, por lo que en 6 años se ha tenido un incremento de alrededor 78 %.

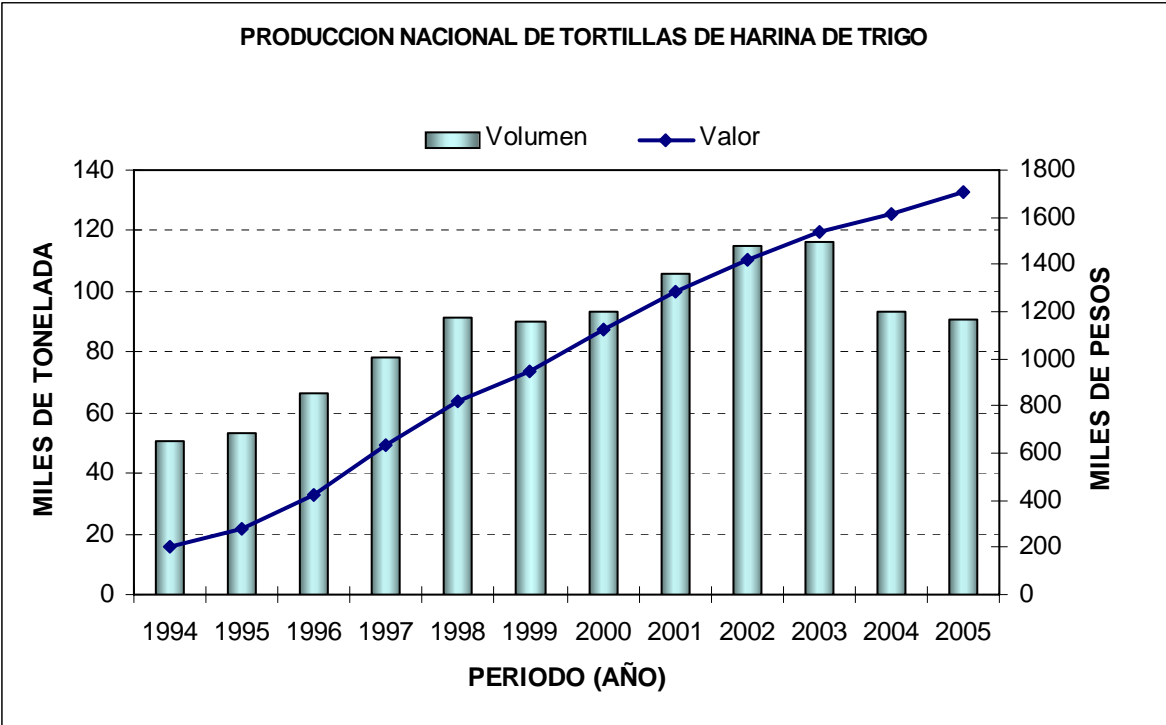


Figura 1. Producción Nacional de la tortilla en México

Fuente: INEGI. Encuesta Industrial Mensual.

1.1. Proceso de elaboración de la tortilla de harina.

La tecnología industrial para la producción de tortillas de harina sigue los mismos pasos utilizados en el proceso tradicional practicado desde principios de siglo XX. Las fórmulas originales para la producción contemplaban solo el uso de manteca animal y sal.

Las recetas industriales de hoy en día emplean manteca vegetal en lugar de animal y otros ingredientes para mejorar la textura y vida de anaquel del producto elaborado. La mayor parte de las tortillas producidas a nivel industrial se manufacturan por uno de los siguientes procesos:

- Prensa caliente
- Laminado y corte
- Formado a mano

Las propiedades de la harina, ingredientes y características del producto terminado varían un poco entre los diferentes procesos. La mayoría de las que se fabrican a nivel industrial se manufacturan utilizando el método de prensa caliente. Este proceso tiene la propiedad de dar un producto elástico con textura exterior lisa y además de ser más resistente al manejo.

En el cuadro 1, se presenta la formulación básica de tortillas de harina, donde se resalta que, al existir tan variados ingredientes con propiedades funcionales diversas, tanto de materiales secos, como grasas y productos líquidos, hace que la transformación de harina de trigo en masa y esta masa a su vez en tortillas sea ya por si solo un proceso bastante complejo.

Cuadro 1. Formulación básica para elaboración de tortillas de harina.

Ingredientes	Cantidad (g)
<i>Harina refinada de trigo</i>	100
<i>Agua (45 a 50 °C)</i>	48-52
<i>Manteca vegetal</i>	10-15
<i>Sal</i>	1.5-2.0
<i>Leche en polvo</i>	1.0-2.0
<i>Polvo para hornear</i>	1.5-2.0
<i>Emulsificantes</i>	0.3-1.0
<i>Gomas</i>	0.2-0.5
<i>Agente conservador</i>	0.1-0.2
<i>Acidulante</i>	0.2-0.3
<i>Agente reductor</i>	10-20 ppm

Fuente: Serna, 2003

El proceso comienza con el mezclado de los ingredientes secos y la manteca, adicionando posteriormente agua, cuando las partículas de harina se humedecen y posteriormente se amasan, se forma una masa coherente cuyo carácter visco elástico se le atribuye al desarrollo del gluten, producto de las proteínas. La masa así obtenida se divide o bolea.

Una parte crítica, o cuello de botella en el proceso industrial, es el reposo de las “bolas” de masa antes de ser prensadas en caliente, porque que en esta etapa se terminan de hidratar las proteínas de la masa, además de formarse la piel para retener el CO₂.

Las tortillas ya formadas finalmente se hornean en un horno de tres pasos y enfrían en bandas antes de ser envasadas dentro de materiales resistentes a la pérdida de humedad (por ejemplo, polietileno). *Serna S, 2003, San German S. 2002*

En la figura 2 se muestra un diagrama de bloques del proceso de elaboración de tortillas de harina con las operaciones y sus respectivas condiciones de operación básicas.

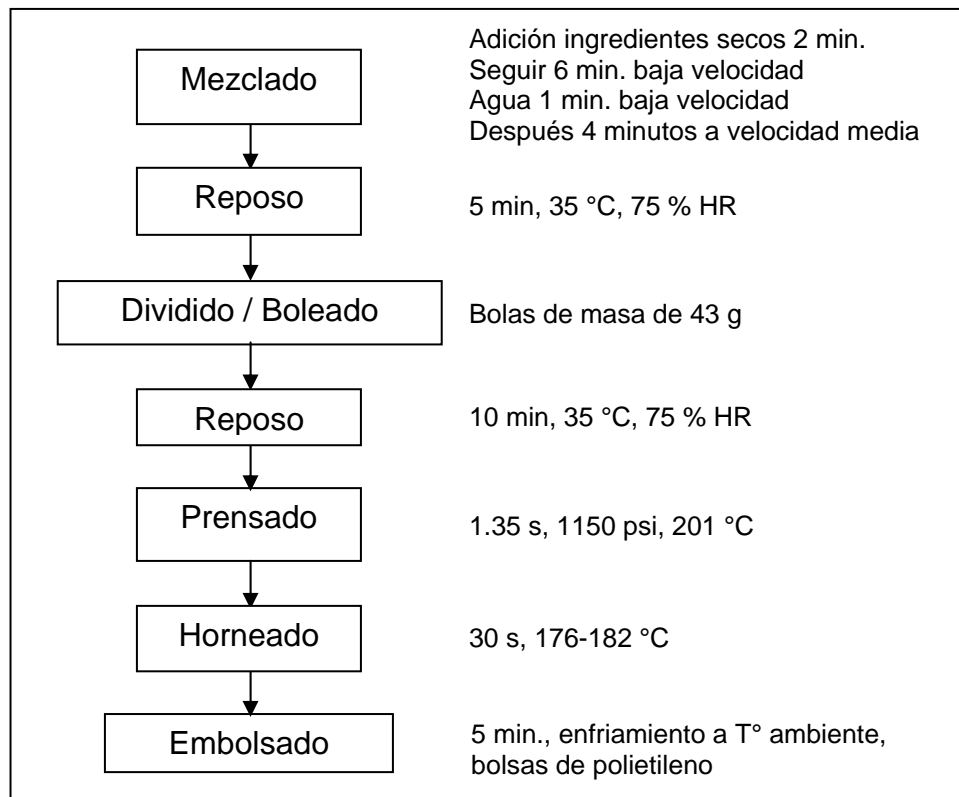


Figura 2. Diagrama de bloques de elaboración de tortilla de harina por el método de prensa caliente

Fuente: (Kelekci, 2002)

1.2. Factores que afectan la calidad de la tortilla.

Durante la fabricación, hay muchos factores que influyen sobre la calidad de la tortilla. Sin embargo, no todos estos factores tienen la misma influencia. Un factor puede influir más sobre el resultado que la suma de todos los demás.

Los factores más comunes que afectan la calidad durante el proceso de fabricación son:

- Mediciones
- Materiales
- Personal
- Ambiente
- Métodos
- Maquinaria.

- En las mediciones por ejemplo son el pesado de los ingredientes que tienen gran influencia para la elaboración de la tortilla pues un incorrecto pesado puede provocar cambios en las propiedades de la masa.

La etapa de reposo es importante ya que si no se deja el tiempo suficiente ocurre el encogimiento de la masa después del prensado, en cambio si es mayor se tiene un sobre reposo y se pierde humedad formando costras por la evaporación del agua en las capas superiores, provocando discos deformes en el prensado.

La medición de la temperatura en el área de comales es de suma importancia ya que si se proporciona una mayor temperatura o tiene un tiempo de residencia mayor al necesario, la tortilla va a perder mayor humedad provocando una disminución de peso en el producto final.

El tiempo de enfriamiento es vital para la vida de anaquel del producto ya que si llega al embolsado con una temperatura alta puede provocar una condensación dentro del empaque y llegar a desarrollar hongos.

- En los materiales el cambio de ingredientes es una de las variables que pueden influir en el proceso ya que algunos que retienen más la humedad que otros, ejemplo: se realizaron pruebas de formulaciones con tortipol comparado contra polvo para hornear y resultado favorable utilizar tortipol pues ayuda obtener un producto sin resequedad.

Además, de los diferentes tipos de harina que llegan a la línea de producción determinadas por su contenido de proteínas, lo que influye en la velocidad de hidratación de la misma pues las harinas con menor absorción de agua se mezclan más rápidamente que los que tienen mayor absorción.

- En el aspecto de los métodos es importante el control de peso en la etapa de dividido pues un error en el peso del semiproducto provocará automáticamente afectación en la calidad del producto ya que, al ser elaborada la tortilla por el método de prensa caliente, si se proporciona mayor peso en esta etapa provocará un mayor diámetro en el producto final y viceversa si se proporciona menor peso. También es importante para evitar la variación de peso en el dividido mantener la tolva de alimentación de la masa en un mismo nivel para que la presión sea siempre la misma.

- En el aspecto del personal es importante la capacitación operativa para interpretar los datos de las harinas por ejemplo el falling number y así decidir el tiempo que se le da a cada etapa en el mezclado para obtener una masa tersa y extensible, es importante llegar al desarrollo óptimo de la masa pues en caso de no lograrse se tendrán dificultades tanto en el manejo como en la calidad de la tortilla.
- En el aspecto medio ambiental es importante la humedad relativa del ambiente, cambios en esta provocara que la tortilla tenga mayor o menor peso.
- En el aspecto de la maquinaria dependerá mucho la calidad de la tortilla de los pistones parciales de cada divisora, ya que estos al desgastarse llegan a dar grandes variaciones en el peso del semiproducto.
Los apiladores también tienen gran influencia en el peso de los paquetes de tortillas porque estos pueden llegar a dar hasta 4 unidades de más o de menos provocando así una pérdida para el consumidor o para la empresa.

Para entender mejor estos factores se utilizó el diagrama de Causa-Efecto (Diagrama de Ishikawa) ya que es un método bastante útil para clarificar las distintas causas que se piensa pueden afectar a los resultados en un trabajo determinado, señalando mediante flechas la relación causa-efecto entre ellas. Esto se ejemplifica en el capítulo 3 en la descripción del diagrama de flujo y en el diagrama de causa y efecto.

1.2.1. Efecto del dividido en el peso del producto terminado.

Con fundamento en lo antes expuesto se menciona el dividido como una etapa fundamental en la producción de tortillas pues el proceso de fabricación es tan coherente, que si los métodos son correctos, todo él se ajustará a las especificaciones; por lo tanto es preciso su control.

La variación en el peso de dividido es directamente proporcional a la variación en el peso de producto terminado pues este semiproducto aunque, exista variación con pocos gramos, al llegar al embolsado y al apilar en columnas de 10 tortillas, la suma de todas esas variaciones resultan en una variación más considerable. Por ejemplo si se pide que

se divide a 28 g. y el promedio de dividido en el proceso es de 29 g. al final de la línea la variación va a ser de 10 g. por paquete de 10 piezas además si el paquete que se embolsa es de 20 piezas la variación será de 20 g.

El dividido tiene también gran influencia en el diámetro de la tortilla en la elaboración por el método de prensado pues es por presión y a mayor cantidad de masa un mayor diámetro del producto.

Esta variación en el dividido se puede atribuir a diversos factores como son:

- Características de la harina
- Nivel de llenado de la tolva de alimentación hacia los pistones parciales de la divisora
- Limpieza de los pistones
- Mantenimiento de la divisora
- Calibración de la manivela de la divisora

1.3. Control estadístico de procesos (CEP).

(Amsden 1993, Bartés 2000, Besterfield 1995, Dudek-Burlikowska 2005, Grant 1986, Juran 1995, Kenett 2000, Knowles 2004, Montgomery 2004, Motorcu A 2004, Perez B 1996, Perez C 1999, Pola 1993, Rey S 2003, Rivera Vilas 2002, Sandholm 1995, Scherkenback 1994, Vázquez T 2002)

El Control Estadístico de Calidad es la totalidad de los medios y actividades con los que una empresa pretende eliminar, en todas sus fases, las causas que originan los defectos. Por tanto, el control de calidad es algo más que una mera actividad inspectora, es una manera de aprender a mejorar la calidad de una empresa siguiendo el camino inverso a los hechos, es decir, detectando los fallos y remontándose desde ellos, hasta llegar al origen del problema para intentar que nunca se vuelva a dar. Esto debe entenderse como un medio para llegar a prescindir de dicho control, porque se ha hecho innecesario.

La disyuntiva es “producir calidad o controlar calidad”. La tendencia de exigir cada vez más pliegos de condiciones a los proveedores con fuertes penalizaciones en casos de

incumplimientos, enfrentada a la variabilidad inherente de los procesos, hace que hoy por hoy ninguna empresa pueda desconocer la importancia de este tema.

El Control Estadístico de Procesos (C.E.P.) también conocido por sus siglas en inglés "SPC" es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos, es aplicable tanto a procesos productivos como de servicios siempre y cuando cumplan con dos condiciones: Que sea mensurable (observable) y que sea repetitivo. El propósito fundamental de C.E.P. es identificar y eliminar las causas especiales de los problemas (variación) para llevar a los procesos hacia un control.

El C.E.P. sirve para llevar a la empresa del Control de Calidad "Correctivo" por inspección, dependiente de una sola área, al Control de Calidad "Preventivo" por producción, dependiente de las áreas productivas y, posteriormente al Control de Calidad "Predictivo" por diseño, dependiendo de todas las áreas de la empresa.

Una empresa que cuenta con Control Estadístico puede mejorar sus procesos, reducir reprocesos y desperdicios lo que genera una reducción de costos ya que el C.E.P. involucra más que sólo crear el producto perfecto, implica, además asegurar que los procesos internos son llevados apropiadamente, que el equipo se le da el mantenimiento adecuado y que los recursos suministrados son los adecuados.

El control se debe hacer por parte de los trabajadores de cada unidad de trabajo, previamente instruidos. Utilizando su experiencia seleccionarán, las variables a controlar y establecerán los requisitos para las mismas. Habitualmente serán también responsables de recopilar los datos y registrarlos según el procedimiento establecido.

Existen siete herramientas básicas que proporcionan una amplia gama de armas para poder controlar la calidad; estas herramientas son aplicables por igual tanto a procesos de fabricación como a los orientados al servicio. Algunas de estas herramientas son muy simples en cuanto a su uso, pero proporcionan datos de valor incalculable para toma de decisiones relacionadas con la calidad. Como resultado de su uso, las herramientas

proporcionan una base para los procesos de mejora de calidad. Algunas de sus propiedades se enumeran a continuación:

1. Son fáciles de entender y utilizar.
2. Muestran, en hojas de registro, de manera clara y certera todas aquellas observaciones del proceso (maquinaria, personal, medio ambiente y métodos, entre otros).
3. Ayuda a visualizar de manera exacta el comportamiento del proceso (permite conocer la calidad de variación en el proceso).
4. Permite detectar todas las posibles causas que generan desperdicios.
5. Retroalimenta inmediatamente al proceso.
6. Canaliza los esfuerzos hacia las causas más importantes de los problemas de producción, logrando la reducción de desperdicios, la disminución de artículos de segunda, disminución del reproceso, incremento de artículos de primera y la detección de defectos del producto.
7. Proporcionan amplia información comparada con el tiempo invertido en su uso.

El establecimiento de un control debe estudiarse siempre que se sospeche que existe una alta probabilidad de mejorar la calidad o ahorrar tiempo y/o dinero; también debe estudiarse cuando las consecuencias de no tenerlo tengan serias repercusiones sobre la salud del consumidor.

1.3.1. Las 7 herramientas básicas de la calidad.

A. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades, como el mostrado en la figura 3.

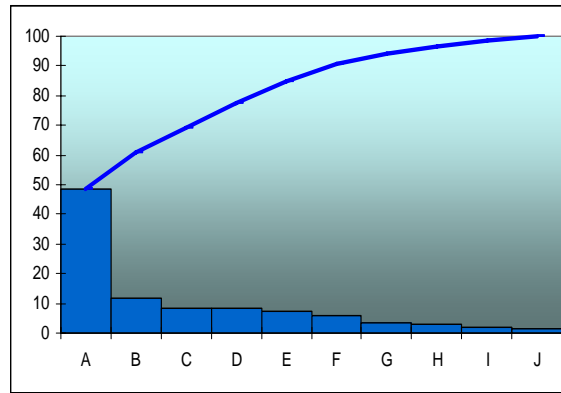


Figura 3. Ejemplo de un Diagrama de Pareto

Mediante el Diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

B. Histogramas

Es la presentación de datos en forma ordenada con el fin de determinar la frecuencia con que algo ocurre, como el mostrado en la figura 4.

Esta figura muestra gráficamente la capacidad de un proceso, y si así se desea, la relación que guarda tal proceso con las especificaciones y las normas. También da una idea de la magnitud de la población y muestra las discontinuidades que se producen en los datos.

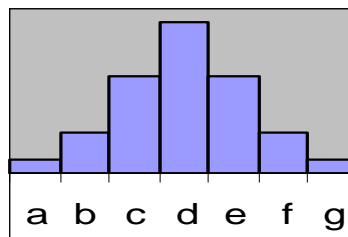


Figura 4. Representación de un histograma

C. Diagrama de Dispersión

Un Diagrama de Dispersión es la forma más sencilla de definir si existe o no una relación causa-efecto entre dos variables y que tan firme es esta relación, como estatura y peso. Una aumenta al mismo tiempo que la otra.

El Diagrama de Dispersión, como el mostrado en la figura 5, es de gran utilidad para la solución de problemas de la calidad en un proceso y producto, ya que nos sirve para comprobar que causas (factores) están influyendo o perturbando la dispersión de una característica de calidad o variable del proceso a controlar.

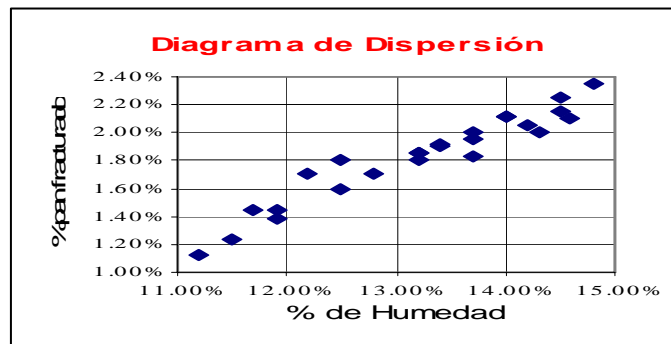


Figura 5. Representación de diagrama de dispersión.

D. Estratificación

Es un método que permite hallar el origen de un problema estudiando por separado cada uno de los componentes de un conjunto. Es la aplicación a esta técnica del principio romano: "divide y vencerás" y del principio de Management que dice: "Un gran problema no es nunca un problema único, sino la suma de varios pequeños problemas". A veces, al analizar separado las partes del problema, se observa que la causa u origen está en un problema pequeño.

En la Estratificación se clasifican los datos tales como defectivos, causas, fenómenos, tipos de defectos (críticos, mayores, menores), en una serie de grupos con características similares con el propósito de comprender mejor la situación y encontrar la

causa mayor mas fácilmente, y así analizarla y confirmar su efecto sobre las características de calidad a mejorar o problema a resolver.

E. Hojas de Verificación o Comprobación

Es un formato especial constituido para coleccionar datos fácilmente, en la que todos los artículos o factores necesarios son previamente establecidos y en la que los récords de pruebas, resultados de inspección o resultados de operaciones son fácilmente descritos con marcas utilizadas para verificar.

Para propósitos de control de procesos por medio de métodos estadísticos es necesaria la obtención de datos.

El control depende de ellos y, por supuesto, deben ser correctos y coleccionados debidamente. Además de la necesidad de establecer relaciones entre causas y efectos dentro de un proceso de producción, con propósito de controlar la calidad y la productividad de la empresa, las Hojas de Verificación se usan para:

- Verificar o examinar artículos defectivos.
- Examinar o analizar la localización de defectos.
- Verificar las causas de defectivos.
- Verificación y análisis de operaciones (a esta última se le puede llamar lista de verificación).

Las Hojas de Verificación se utilizan con mayor frecuencia:

- Para obtener datos.
- Para propósitos de inspección.

F. Diagrama de causa-efecto (Ishikawa)

A este diagrama se le conoce también como Diagrama de Espina de Pescado, por su forma, mostrado en la Figura 6; e ilustra la relación entre las características (los resultados de un proceso) y aquellas causas que, por razones técnicas, se considere que ejercen un efecto sobre el proceso. Casi siempre por cada efecto hay muchas causas que contribuyen a producirlo.

El Efecto es la característica de la calidad que es necesario mejorar. Las causas, por lo general, se dividen en las causas principales de métodos de trabajo, materiales, mediciones, personal y entorno. A veces la administración y el mantenimiento forman parte también de las causas principales. A su vez, cada causa principal se subdivide en causas menores. Por ejemplo, bajo el rubro de métodos de trabajo podrían incorporarse la capacitación, el conocimiento, la habilidad, las características físicas, etc.

El uso de este diagrama facilita en forma notable el entendimiento y comprensión del proceso y a su vez elimina la dificultad del control de calidad en el mismo, aun en caso de relaciones demasiado complicadas y promueven el trabajo en grupo, ya que es necesaria la participación de gente involucrada para su elaboración y uso. (*Juran 1995, Kenett 2000, Montgomery 2004, Pérez Bejarano 1996, Pola 1993*)

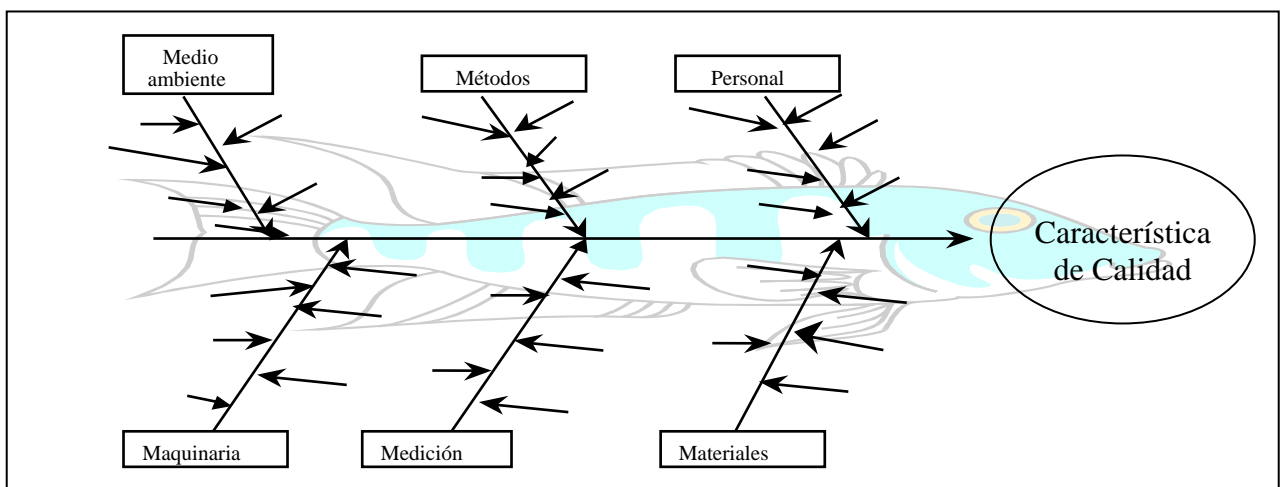


Figura 6. Diagrama de Ishikawa

1.3.2. Gráficas de Control.

La finalidad de controlar un proceso de fabricación es que este proporcione un producto de acuerdo con los requisitos de calidad, dicho control al ser implantado, refleja generalmente un incremento de la productividad y mejoramiento constante del producto. Un instrumento excelente para ello es la *Gráfica de Control*, por medio de la cual se puede seguir un proceso y describir de forma gráfica las variaciones que experimenta con el tiempo

En una Gráfica de Control hay una línea central con un Límite de Control a cada lado. La línea central representa el valor en torno al cual se distribuirán las mediciones aleatoriamente. Los Límites de Control son los valores entre los cuales habrá de distribuirse. (*Sandholm 1995*)

Se puede decir que para que un proceso este bajo control, todos los puntos deben caer dentro de los límites ya sean históricos, nominales o de especificación y deben estar dispersos al azar con respecto a la línea central.

Una causa especial no necesariamente indica un producto defectuoso, como tampoco hace a un sistema de causas comunes indicar su conformidad con las especificaciones, simplemente se ha comprobado la consistencia del proceso, la discusión del modo en el que el producto se ajusta o falla de acuerdo a las especificaciones. (*Manual del software estadístico FutureSQC, 2005*)

Objetivos de las Gráficas de Control.

1. Establecer, cambiar especificaciones, o determinar si un proceso dado puede cumplirlas.
2. Establecer o cambiar los procedimientos de producción. Esto puede ser eliminar las causas que originan la variación, o cambios en los métodos de producción si es que se considera que con los existentes no se pueden cumplir las especificaciones.

3. Establecer o cambiar procedimientos de inspección y aceptación, o ambos. Es decir, proporciona una base para tomar decisiones sobre el proceso como: ¿cuando dejar al proceso solo?, ¿cuando investigar las causas de variación o cuando tomar una acción para: permitir eliminar cualquier causa asignable de variación?, permite actuar para mantener dentro de control el proceso o que permita eliminar la dispersión del proceso.
4. Proporcionan una base de decisiones sistemáticas sobre: aceptar o rechazar un producto, reducir costos de inspección y producción, contribuir a familiarizar al personal con el uso de gráficas y a adquirir un compromiso que favorezca la calidad del producto. (Sandholm, 1995)

Establecer una Gráfica de Control requiere de los siguientes pasos:

1. Elegir la característica que debe graficarse.
2. Elegir el tipo de Gráfica de Control.
3. Decidir la línea central que debe usarse y la base para calcular los límites. La línea central puede ser el promedio de los datos históricos, o puede ser el promedio deseado (por ejemplo un valor estándar). Estos límites por lo general se establecen a ± 3 desviaciones estándar pero se pueden elegir otros múltiplos con riesgos estadísticos diferentes.
4. Seleccionar el “subgrupo racional”. Cada punto en una Gráfica de Control representa un subgrupo (o muestra) que consiste de varias unidades de producto. Con el propósito de controlar el proceso, los subgrupos deben elegirse de manera que las unidades *dentro* del subgrupo tengan la mayor oportunidad de ser similares y las unidades *entre* un subgrupo tengan la mayor oportunidad de ser diferentes.

5. Proporcionar un sistema de recolección de datos. Si la Gráfica de Control ha de servir como una herramienta cotidiana en la planta, debe ser sencilla y conveniente en su uso.
6. Calcular los Límites de Control y proporcionar instrucciones específicas sobre la interpretación de los resultados y las acciones que debe tomar cada persona en producción.
7. Graficar los datos e interpretar los resultados.

(Juran 1995)

Se muestra en la figura 7 lo que representa la anatomía de una Gráfica de Control, donde:

- El promedio y los Límites de Control se calculan a partir de los datos ya sean experimentales o históricos obtenidos a través de del tiempo.
- Los datos se grafican en orden secuencial en el tiempo (conforme ocurren). Se trata de detectar los cambios.
- La respuesta tiene la misma unidad de medida que los datos de su proceso.
- Los puntos graficados dependen del tipo de gráfica: promedio, rango, fracción defectiva, etc.

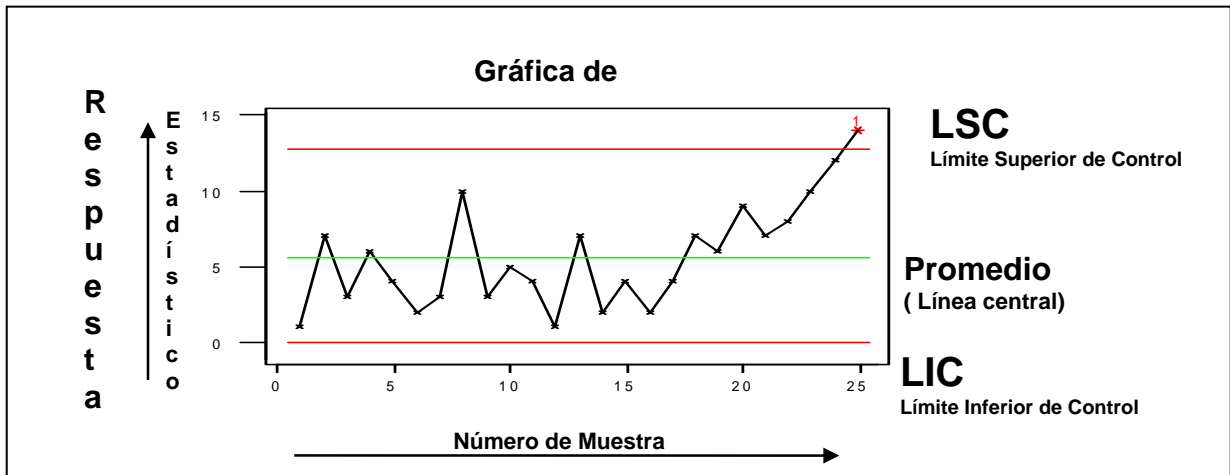


Figura 7. Representación de un gráfico de control.

Montgomery D, 2004

A. Tipos de Gráficas de Control.

Existen varias Gráficas en función de la variable a observar y del proceso a controlar, es decir, si el proceso depende de una variable o un atributo.

I. Gráficas de Control por atributos.

I.i Gráfica P.

Sirve para controlar y analizar la fracción de unidades defectuosas de muestras de tamaño variable. Este tipo de gráficas representa la relación entre el número de artículos defectivos encontrados en una inspección o en una serie de inspecciones y la cantidad de artículos realmente inspeccionados. Consiste en clasificar a un artículo como aceptado o rechazado y se utiliza cuando la muestra de datos tomada no es constante y se representa como porcentaje.

I.ii Gráfica nP.

Sirve para controlar y analizar la fracción de unidades defectuosas de muestras de tamaño constante. Representa al número de unidades defectuosas, donde los tamaños de las muestras son constantes. Se utiliza cuando 'n' es fijo (producción constante en determinado periodo) y se recomienda que las muestras sean

suficientemente grandes (50 unidades o mayor) de tal forma que se puedan encontrar una o varias unidades defectuosas.

I.iii Gráfica C.

Sirve para controlar y analizar el número de defectos por unidad en muestras de tamaño constante. Representa el número de defectivos por unidad muestreada (puede ser uno o varios artículos), en este caso la n representa una muestra constante. Se emplea cuando se desea cuantificar el número de defectos por unidad de muestreo. Es un gráfico de uso más restringido, pues debe tenerse cuidado de que el área de oportunidad de ocurrencia de un defecto permanezca constante. Son más útiles que los Gráficos de Control para proporción de defectuosos, siempre y cuando sea más importante conocer los defectos de un cierto producto que el número de unidades defectuosas, por lo general, cuando los defectos son clasificados por su importancia.

Las formas de cálculo se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Cálculo de Límites de Control para Gráficos por atributos.

$\hat{\theta}$	LÍMITE	CONOCIDO θ	ESTIMANDO θ CON $\hat{\theta}$
P	LS	$P + 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$	$\bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
	LC	P	\bar{p}
	LI	$P - 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$	$\bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
nP	LS	$B + 3B\sqrt{\frac{1-B}{n}}$	$\bar{b} + 3\bar{b}\sqrt{\frac{1-\bar{b}}{n}}$
	LC	B	\bar{b}
	LI	$B - 3B\sqrt{\frac{1-B}{n}}$	$\bar{b} - 3\bar{b}\sqrt{\frac{1-\bar{b}}{n}}$
C	LS	$C + 3\sqrt{C}$	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$
	LC	C	\bar{c}
	LI	$C - 3\sqrt{C}$	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$

II. Gráfica de Control por variables:

Normalmente una Gráfica de Control por variables se basa en una medida de tendencia central y una medida de dispersión, como medida de tendencia central se puede utilizar ya sea la media aritmética (\bar{X}) o la mediana (el valor medio cuando las cifras se ordenan de acuerdo con su magnitud). Las medidas de dispersión que pueden usarse son la desviación estándar (s) y el rango (R). Se suele trazar en paralelo una gráfica de tendencia central y una gráfica de dispersión. (Sandholm, 1995)

Las Gráficas de Control de medias y desviación estándar se recomiendan utilizar cuando:

- El tamaño de muestra es moderadamente grande $n > 10$ o 12 (donde el rango pierde eficiencia por no tomar en cuenta valores intermedios).
- El tamaño de muestra es variable.

Su construcción es similar a la carta de medias-rangos, excepto que en lugar de rango R en cada subgrupo se calcula la desviación estándar S .

II.i Gráficas $\bar{X} - R$

Sirven para el control y análisis de la media de una característica y su dispersión es expresada mediante el rango.

II.ii Gráficas $\bar{X} - \sigma$.

Sirven para el control y análisis de la media de una característica, su dispersión es expresada mediante la desviación estándar.

Se emplean para mostrar al mismo tiempo los cambios en el valor medio y la dispersión del proceso, lo que la convierte en una herramienta efectiva para revisar diariamente anomalías en un proceso. Indica los cambios de manera dinámica.

- Este par de gráficas se utilizan para monitorear procesos con datos variables. Una para las medias y otra para los rangos.
- Los datos de 2 a 10 piezas consecutivas forman subgrupos o muestras de los cuales se calcula la media y el rango.
- La gráfica \bar{X} se encarga de monitorear los promedios de las muestras del proceso mostrando las tendencias en la media del proceso.
- La gráfica R se encarga de monitorear los rangos de las muestras del proceso mostrando la variabilidad del proceso.

En el Cuadro 3, se presentan algunas recomendaciones para el uso de Gráficos por variables y en el Cuadro 4, los cálculos que deben realizarse.

Cuadro 3. Recomendaciones en el uso de Gráficos de Control por variables.

GRÁFICO DE CONTROL	TIPO DE DISTRIBUCIÓN	TIPO DE PROCESO	FORMA DE CALCULO
para medias	normal (Límites de Control simétricos)	automático	a) conocida μ y $\sigma \Rightarrow A$ b) estimando μ con \bar{x} y σ con $\bar{s}/c_2 \cup A_1$ c) estimando μ con \bar{x} y σ con $\bar{R}/d_2 \cup A_2$
para desviación estándar	χ^2 (límites no simétricos, generalmente LI= 0)	manual y de excelente calidad (con $n \geq 15$)	a) conocida $\sigma \cup B_2$ y B_1 b) estimando σ con $\bar{s}/c_2 \cup B_4$ y B_3
para rangos	χ^2 (límites no simétricos, generalmente LI= 0)	manual de buena calidad (con $n < 15$) cuantifica dispersión en forma aproximada	a) conocida $\sigma \cup D_2$ y D_1 b) estimando $\bar{R}/d_2 \cup D_4$ y D_3

Cuadro 4. Cálculo de Límites de Control para Gráficos por variables.

GRÁFICO	LÍMITES	CONOCIDO Θ	ESTIMANDO Θ CON $\hat{\Theta}$	
MEDIAS	LS	$\Theta + A \sigma$	$\bar{x} + A_1 \bar{s}$	$\bar{x} + A_2 \bar{R}$
	LC	Θ	\bar{x}	\bar{x}
	LI	$\Theta - A \sigma$	$\bar{x} - A_1 \bar{s}$	$\bar{x} - A_2 \bar{R}$
DESVIACIÓN	LS	$B_2 \sigma$	$B_4 \bar{s}$	
	LC	$c_2 \sigma$	\bar{s}	
	LI	$B_1 \sigma$	$B_3 \bar{s}$	
RANGO	LS	$D_2 \sigma$	$D_4 \bar{R}$	
	LC	$d_2 \sigma$	\bar{R}	
	LI	$D_1 \sigma$	$D_3 \bar{R}$	

Si se comparan las Gráficas por Variables y las Gráficas de Atributos, se muestra lo siguiente:

- Las Gráficas por Variables son más sensibles que las de atributos.
- El tamaño de muestra es menor en las Gráficas para Variables que en las de Atributos.
- Las Gráficas por Gráficos Variables muestran el grado de defectos, lo cual no lo hacen las de Atributos.
- Es mucho más difícil entender una gráfica para variables que para atributos, además puede indicar la causa entre los Límites de Control y los de tolerancia.
- La gráfica para variables puede considerar una característica mientras que la de atributos puede tener varias. (Sandholm, 1995)

Procedimiento para realizar un Gráfico de Control por variables:

- ❖ Identificar la característica crítica a controlar y tamaño de subgrupo ($n = 2$ a 10).
- ❖ Decidir cómo y cuándo coleccionar la información de los subgrupos, de tal forma de detectar cambios (procedimiento de muestreo).
- ❖ Iniciar la recolección de al menos 25 subgrupos (k).
- ❖ Elaborar la gráfica con los datos.
- ❖ Analizar las Gráficas de Control.

Terminología

k = número de subgrupos

n = número de muestras en cada subgrupo

\bar{X} = promedio para un subgrupo

$\bar{\bar{X}}$ = promedio de todos los promedios de los subgrupos

R = rango de un subgrupo

\bar{R} = promedio de todos los rangos de los subgrupos

Cálculos de Gráfica de Control

Cuadro 5. Tabla de factores para cálculo de Límites de Control por variables.

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

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k}$$

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k}$$

n	A ₂	D ₃	D ₄
2	1,880	0,000	3,268
3	1,023	0,000	2,574
4	0,729	0,000	2,282
5	0,577	0,000	2,114
6	0,483	0,000	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777

(Montgomery D. 2004)

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Cada muestra observada} - \bar{x})^2}{\text{Número de la muestra} - 1}}$$

$$\text{LSC } \bar{X} = \bar{\bar{X}} + A_1 \bar{\sigma}$$

$$\text{LIC } \bar{X} = \bar{\bar{X}} - A_1 \bar{\sigma}$$

$$\text{LSC}_R = D_4 \bar{R}$$

$$\text{LIC}_R = D_3 \bar{R}$$

La tabla completa que se utiliza para los cálculos de Límites de Control por variables, se presenta en el anexo 1.

Una vez determinados los Límites de Control se debe verificar que:

- La gráfica R debe estar en control antes de interpretar la gráfica \bar{X} . Los puntos graficados deben:
 - Caer dentro de los límites de control (LC's).
 - Estar aleatoriamente distribuidos alrededor del rango medio (\bar{R}).
- Interpretar la gráfica \bar{x} para puntos que no están aleatoriamente distribuidos.
- La clave consiste en eliminar la variación excesiva antes de tratar de identificar tendencias en los promedios de los subgrupos del proceso.

1.3.3. Pruebas para patrones no aleatorios o anormales (análisis de Gráficos de Control).

Se considera que existen anomalías en las Gráficas de Control cuando:

1. Existen puntos fuera de los Límites de Control.
2. Existen 7 puntos consecutivos a un mismo lado de la línea central.
3. Existen 7 puntos consecutivos ascendiendo o descendiendo.
4. Existen 7 puntos consecutivos alternando ascensos y descensos.

5. Existen 2 de 3 puntos consecutivos demasiado cerca de uno de los Límites de Control (inferior o superior).
6. Cuando el 75% de los datos se encuentra alrededor del límite central de control.
7. Cuando uno de los puntos se encuentra extremadamente cerca de los Límites de Control (casi tocándolo). (Kenett, 2000)

Se recomienda, para analizar las anomalías, separar los Límites de Control en tercios, tal como se muestra en la figura 8. Los límites de análisis pueden determinarse de dos maneras:

- Pueden calcularse tomando como base la tendencia central y la dispersión del proceso. Esta información ya se conoce o se obtiene de los primeros 20 subgrupos aproximadamente.
- Pueden calcularse tomando como base los límites de tolerancia, siempre y cuando la dispersión del proceso sea pequeña comparada con la tolerancia.

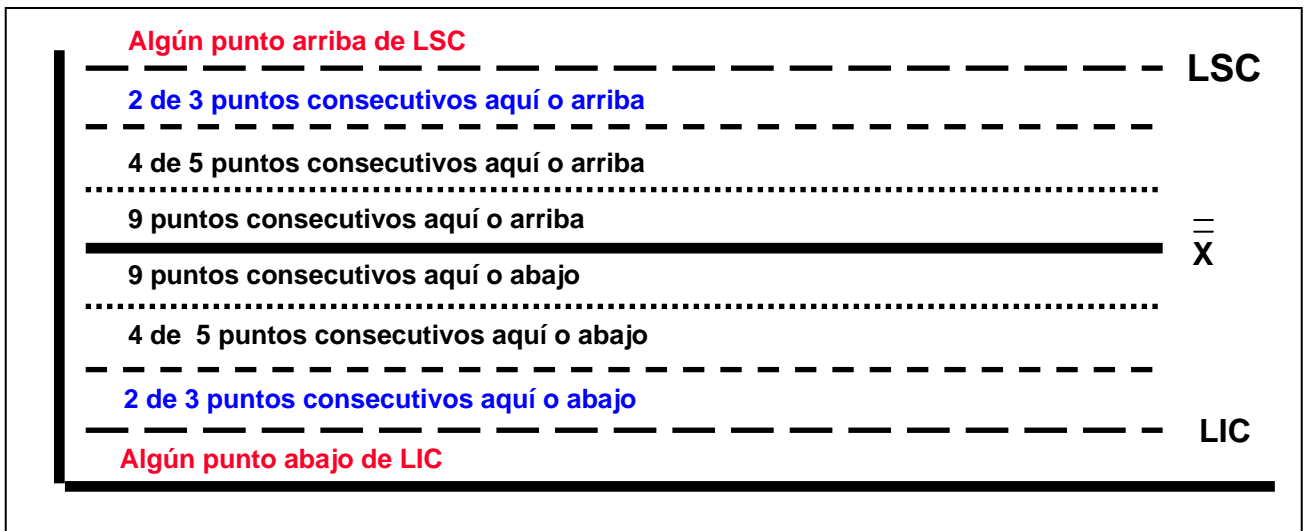


Figura 8. División de gráfico de control para análisis de patrones aleatorios o anormales.

En las Gráficas *R*, generalmente se nombra a los tercios “zonas”.

En las Gráficas *S*, estas zonas son intervalos 1-sigma.

1.3.4. Proceso en control estadístico.

La distribución de la mayoría de las características medidas tiene una curva en forma de campana o normal, como el mostrado en la figura 9, si no hay causas especiales presentes, que alteren la normalidad.

Se han elegido los límites de $3\text{-}\sigma$, porque la experiencia a demostrado es el más útil y económico para la aplicación de los Límites de Control, puesto que la mayor parte de los valores se encuentran dentro del rango de ± 3 sigma (99.73%).

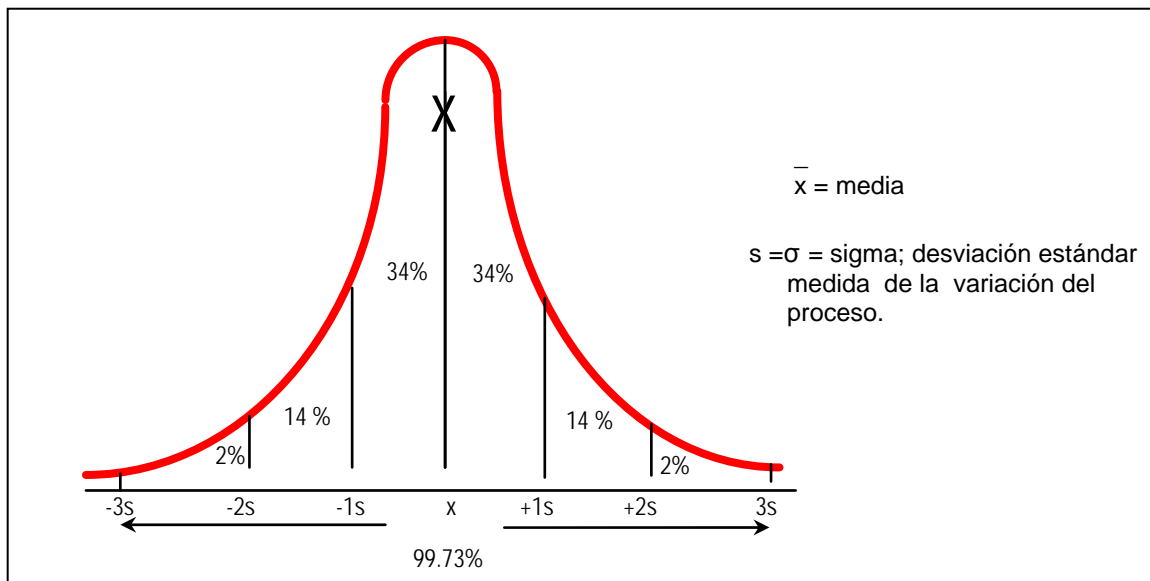


Figura 9. Distribución del Proceso

1.4. Capacidad de procesos.

Una vez que se ha determinado que el proceso u operación es estable (bajo control estadístico y distribuido con normalidad), debe evaluarse la capacidad. El presente análisis tiene como finalidad estudiar como se pueden utilizar las Gráficas de Control y otras técnicas estadísticas para determinar cuando funcionaran conforme a las especificaciones del producto. Por lo tanto, se trata de averiguar como determinar si una máquina o proceso es capaz de producir según las especificaciones determinadas, aquí

se utilizan herramientas estadísticas como los histogramas de frecuencias, Gráficos de Control, límites de tolerancia, etc.

El Estudio de la Capacidad es una forma de comparación entre la variabilidad permitida en el diseño del producto y la variabilidad obtenida en la fabricación del mismo. La variabilidad permitida en el diseño se refleja en las especificaciones del producto. La variabilidad obtenida en la fabricación se determina con el estudio estadístico del producto fabricado.

Este Análisis es una técnica que tiene aplicación en muchas partes del ciclo de producción, incluyendo el diseño del producto y del proceso, la búsqueda de proveedores, la planificación de la producción o la fabricación y la manufactura misma.

El Análisis de Capacidad se puede definir como un estudio de ingeniería orientado a estimar la aptitud del proceso mediante técnicas estadísticas para cuantificar la variabilidad en relación con los requisitos o especificaciones del producto, o incluso para y la manufactura, eliminado o reduciendo en gran medida esta variabilidad. Su objetivo es tratar de analizar hasta que punto puede resultar conforme al proyecto los artículos producidos mediante un proceso.

Puede establecerse al iniciarse al proyecto mediante un estudio preliminar o piloto, o vigilando de forma continua durante la producción.

Ya sabemos que siempre que sea válida la asunción de distribución normal de probabilidades, el 99.3 % de las medidas de las características de probabilidad del producto se hallarán dentro del intervalo $\bar{X} \pm 3\sigma$, cuyo ancho es 6σ . Y dado que la distribución normal es válida para la mayoría de los procesos y que el 99.73 % es casi el total, se utiliza este intervalo, de seis desviaciones estándar de la distribución de las características de calidad, como intervalo de variación natural que caracteriza la capacidad de proceso.

1.4.1. Límites de tolerancia y límites de especificación.

Una vez que el proceso está bajo control se puede realizar un estudio de capacidad reuniendo los datos necesarios relativos a la característica de calidad en análisis para al menos 50 observaciones (aunque es usual tomar 100 o más), se calcula la \bar{X} y S de dichos datos. El *intervalo de tolerancia natural (estimado)* será $\bar{X} \pm 3S$ (correspondiente a la estimación del intervalo de tolerancia teórico $\bar{X} \pm 3\sigma$) siendo sus extremos los *límites de tolerancia natural*. El intervalo indica entre otras cosas que la fracción de producción que se encuentre fuera del mismo será considerada como defectuosa.

Otro concepto distinto es el de los límites de especificación. En la fabricación de cualquier producto existen etapas de gran importancia como el diseño, la producción y la inspección. Las especificaciones suelen establecerse en la fase del proyecto. Durante la producción se hace un esfuerzo por asemejarlas y la inspección del proceso es necesaria para evaluar hasta que punto es conforme la producción con las especificaciones. Pero la base para designar los límites se halla en la función deseada del producto. (Pérez C, 1999)

1.4.2. Suposiciones que fundamentan un estudio de capacidad de proceso.

Las interpretaciones de los índices de capacidad tales como C_p y C_{p_k} se apoyan sobre la base de varias suposiciones:

1. El proceso se encuentra en un estado de control estadístico.

Si las variaciones presentes en el proceso son constantes a través del tiempo, se dice que se tiene un proceso “estable”. La distribución será “predecible”, como se presenta en la figura 10.

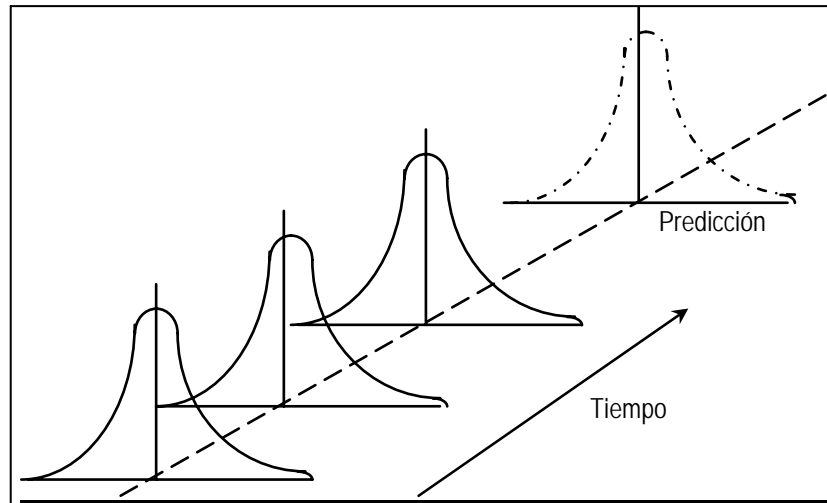


Figura 10. Proceso en control estadístico.

En casos especiales como los presentados en la figura 11, donde las variaciones presentes son totalmente inesperadas tenemos un proceso inestable o “impredecible”.

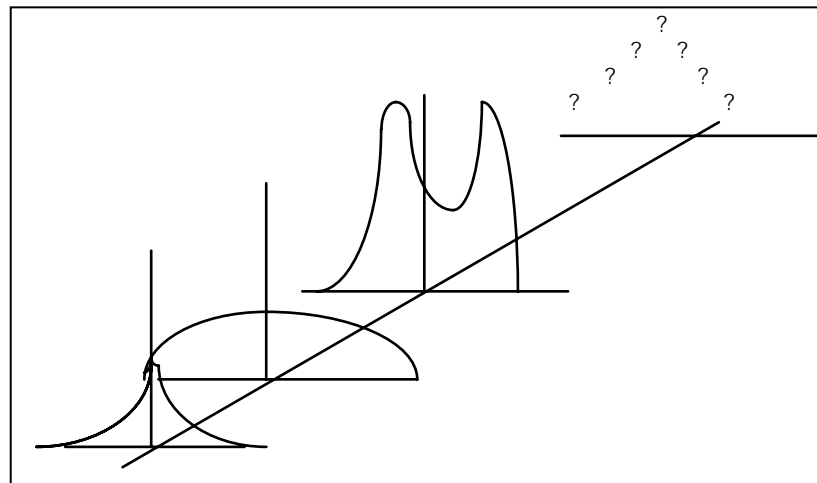


Figura 11. Proceso fuera de control estadístico.

2. Se recolectan suficientes datos durante el estudio de capacidad para minimizar el error de muestreo para los índices de capacidad. Al menos los datos se deben de componer de 100 valores, entonces deben de calcularse los límites de confianza inferiores.

3. Los datos se recolectan durante un periodo suficientemente largo para asegurar que las condiciones del proceso presentes durante el estudio sean constantes y los datos representativos de las condiciones actuales y futuras.
4. El parámetro analizado en el estudio sigue una distribución de probabilidad normal. De otra manera, los porcentajes de los productos asociados con los valores C_p y C_{p_k} son incorrectos.

En el mundo real, las suposiciones nunca se cumplen por completo; pero no deben tomarse a la ligera.

1.4.3. Índice de capacidad de proceso.

La capacidad de un proceso puede expresarse con un número, al cual se hará referencia como **índice de capacidad**. Esta es una forma práctica de hablar de capacidad para cualquier proceso o máquina, cualesquiera que sean los productos o procesos. Este número se obtiene comparando la dispersión del proceso contra el rango de especificación y se expresa en términos de desviación estándar.

A su vez estos índices de capacidad del proceso se dividen en 2, C_p y C_{p_k} :

- El C_p es un estudio del potencial del proceso. En este estudio se obtiene una estimación de lo que puede hacer un proceso bajo ciertas condiciones, es decir, la variabilidad en condiciones definidas a corto plazo para un proceso en estado de control estadístico.
- El C_{p_k} , en cambio, es un estudio del desempeño del proceso; en este estudio, una estimación de la habilidad del proceso proporciona un panorama de lo que el proceso está haciendo durante un periodo largo. También supone un estado de control estadístico. (Juran, 1995)

$$C_p = \frac{\text{LÍMITE SUPERIOR DE ESPECIFICACIÓN} - \text{LÍMITE INFERIOR DE ESPECIFICACIÓN}}{6 \text{ VECES DESVIACIÓN ESTANDAR}}$$

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

El valor de Cp indica:

- Una capacidad mayor o igual a uno significa que el proceso, producto, etc., es capaz de cumplir con la especificación o condiciones impuestas.
- Una capacidad menor a uno significa que el proceso tiene dificultades para cumplir con la especificación.
- De acuerdo a la ecuación anterior, para tener capacidades mayor o igual a uno, el valor de la desviación estándar deberá ser pequeño.

$$C_{p_k} = \frac{\text{Límite Superior de Especificación} - \text{Pr omedio}}{3 \text{ veces desviación estándar}} = \frac{LSE - \bar{x}}{3\sigma}$$

La ecuación se emplea cuando sólo existe el límite superior (unilateral).

$$C_{p_k} = \frac{\text{Pr omedio} - \text{Límite Inferior de Especificación}}{3 \text{ veces desviación es tan dar}} = \frac{\bar{x} - LIE}{3\sigma}$$

La ecuación se emplea cuando sólo existe el límite inferior (unilateral).

✕ De los valores que se obtengan se toma en cuenta el que resulte más bajo.

En la actualidad la mayoría de las empresas manufactureras consideran a un proveedor, producto, proceso, etc., confiable si el valor de C_{p_k} es mayor o igual a 1 con los límites de $\pm 3\sigma$.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

En este capítulo se plantean los procedimientos para llegar a cumplir los objetivos propuestos, los cuales se presentan a continuación.

OBJETIVO GENERAL:

Evaluación del control y Capacidad de Proceso para la elaboración de tortillas de harina aplicando herramientas de calidad que aseguren una disminución en las variaciones ajustándose a las especificaciones requeridas.

OBJETIVO PARTICULAR 1

Aplicar herramientas de calidad para seleccionar la variable a estudiar en el proceso de elaboración de tortilla y establecer el plan de acciones correctivas que permitan controlarlo.

OBJETIVO PARTICULAR 2

Determinar el tamaño de muestra recomendado, elaborar formatos de Gráficos de Control que establezcan una adecuada obtención de resultados y realizar las acciones correctivas sugeridas para el posterior análisis de variación y de Capacidad de Proceso.

OBJETIVO PARTICULAR 3

Realizar la comparación del comportamiento de los Gráficos de Control y la capacidad del proceso en las etapas preliminar, de transición y de control de pesos de tortillas para asegurar que el proceso está dentro de especificación.

Para poder cubrir el objetivo general se presenta en la figura 14 el Cuadro metodológico que dará solución a las tres etapas en las que se dividió el proyecto que corresponden a los tres objetivos particulares.

2.1. Objetivo Particular 1: Lo primero que se realizó fue un listado de los productos de la empresa departamento o áreas de mejora del área de trabajo utilizando la Técnica estadística de Diagrama de Pareto, después se escogió de esta lista aquel problema que más nos afectaba, el que fue más grave, el que estuvo a nuestro alcance para resolver, o el área de oportunidad que ofreciera una ventaja competitiva en Precio, Calidad, Servicio y/o Costo.

Este estudio se realizó en un periodo de tres meses (Enero-Marzo 2005) y los datos fueron tomados de los informes de operación de la empresa.

Para escoger el problema que enfrentamos, o el área de oportunidad se tomó en cuenta aspectos como:

- Margen de utilidad por producto.
- Crecimiento del producto en el mercado.
- Mercados potenciales.

Con datos históricos de márgenes de utilidad por producto se realizaron los respectivos Diagramas de Pareto. Su determinación dió origen a establecer las líneas y productos a estudiar.

Se tabularon los datos, comenzando por la categoría que tenía más elementos y siguiendo en orden descendente, para calcular el:

- % Relativo
- % Acumulado

Una vez que se conoció en qué producto trabajar se realizó el Diagrama de Bloques del proceso tomando en cuenta que es una herramienta muy importante para identificar y dominar el entorno del producto en todo el proceso de transformación, además de las condiciones de operación existentes en ese

momento. El diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso.

Obtenido el diagrama de flujo del proceso se realizó una Lluvia de Ideas, en la cual se identificaron varios problemas que se presentan en esa línea de proceso, para después delimitarlos con un Diagrama de Causa Efecto en el cual se pueden clasificar los problemas en 6 diferentes factores. Se analizó el más importante o el que puede dar mayores beneficios para poder trabajar en su resolución, la representación gráfica se muestra en la figura 12.

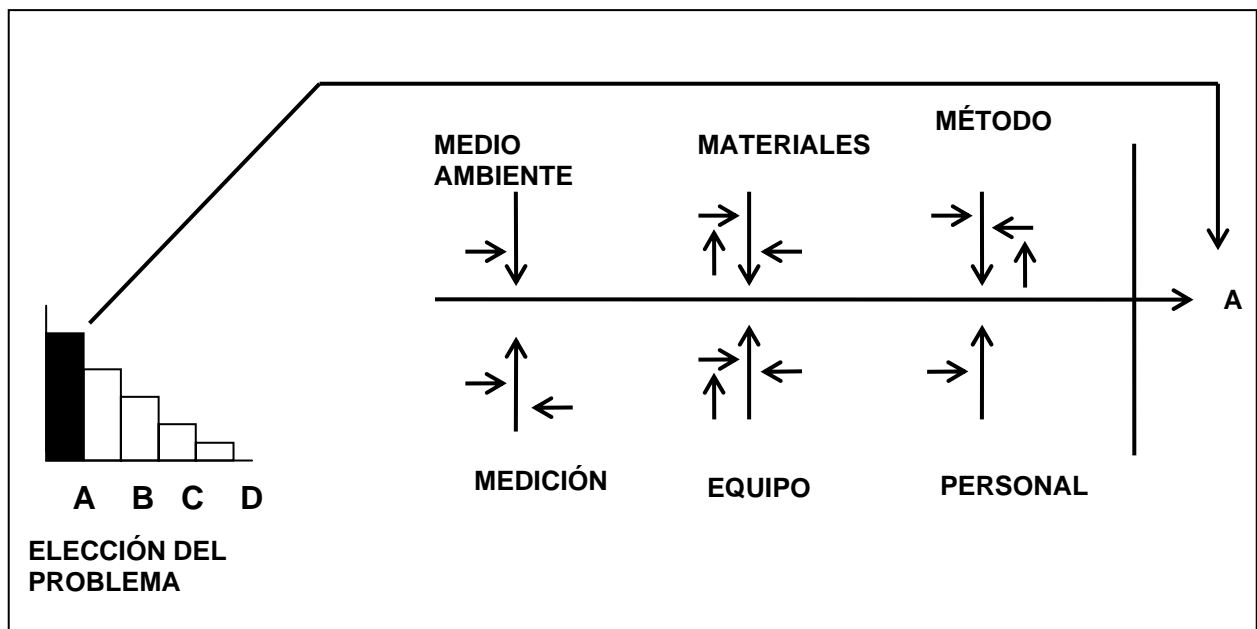


Figura 12. Identificación y selección de las causas del problema

Ya que se tiene definida la variable y antes de iniciar el muestreo es necesario detectar el área o los puntos del proceso en donde se pueda influir directamente en la variable a controlar.

Además de tomar acciones correctivas en donde se sabe que se está fallando antes de iniciar el control.

2.2. Objetivo Particular 2: En esta etapa se determinó el tamaño de muestra, los Límites de Control y se elaboró el formato de los Gráficos de Control que será utilizada por los operadores.

Para conocer el estatus actual del proceso es necesario comenzar con la toma de datos de peso.

El muestreo preliminar nos ayudó a:

- Determinar la situación actual del proceso.
- Identificar el plan de control a aplicar (Plan de Contramedidas).
- Mejorar el proceso mediante acciones correctivas.
- Evaluar la capacidad del proceso (C_p y C_{p_k}) inicial.

Sin embargo, el muestreo es una fase de la metodología que se realizó continuamente durante todo el desarrollo del proyecto y como una actividad propia de la operación.

Las etapas principales del muestreo se describen a continuación en la figura 13.

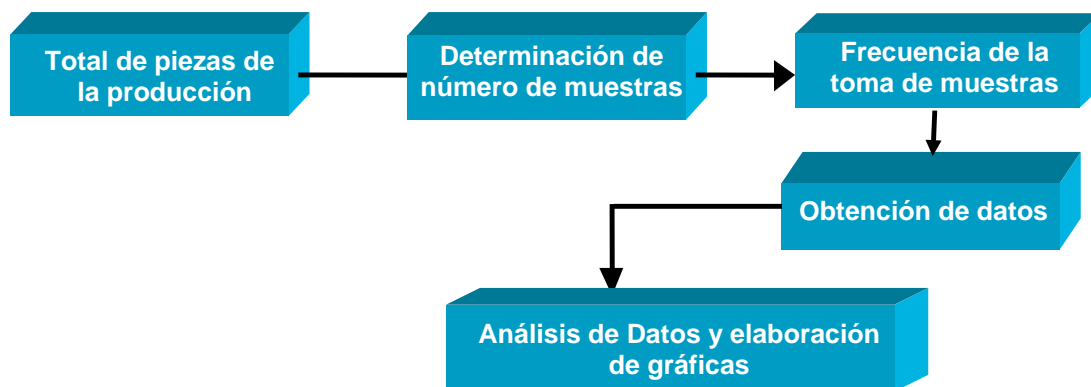


Figura 13. Principales etapas del muestreo

Para determinar el procedimiento de muestreo es necesario conocer la producción, es decir, el número de piezas, paquetes, etc., por lote o por día de producción o si el proceso es continuo; la precisión y la desviación estándar del

proceso, si este es desconocido, se debe calcular utilizando 1/6 del rango esperado. Para este proyecto se utilizó un programa disponible en las instalaciones de la empresa llamado SamplCa con el cual se determinó el tamaño de muestra en función del proceso (continuo o por lote).

Este programa determina el tamaño de muestra de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$n = \left(\frac{z S}{a \bar{x}} \right)^2$$

Ecuación para la determinación del tamaño de muestra

En donde:

n: Tamaño de la muestra

z: Nivel de confianza deseado (considerar un valor de 1.96, que equivale a un 95% de nivel de confianza)

a: Margen de error (considerar un valor de 0.05)

S: Desviación estándar

\bar{x} : Media

x : Muestra observada

\bar{x} es determinada por:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

S es determinada por:

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

El tiempo de muestreo se recomienda que sea cada hora hasta obtener el tamaño de muestra calculado.

Ya que se obtuvo el tamaño de la muestra y se calcularon los Límites de Control, se elaboró el formato de las Gráficas de Control respectivos.

Se procedió a capacitar al personal operativo en la utilización de las gráficas y en conceptos básicos de estadística, además, se estableció un adecuado programa de sensibilización que duró aproximadamente una semana.

2.3. Objetivo Particular 3: Este objetivo se subdividió en otras tres etapas:

- Etapa preliminar
- Etapa de transición
- Etapa de control

2.3.1. Etapa preliminar

Para conocer el estatus del proceso fue necesario comenzar con la toma de datos de peso. Se realizó un muestreo preliminar por medio de los operadores y mediante un software estadístico (Minitab®) se obtuvieron las Gráficas de Control y los análisis de Capacidad de Procesos; una vez que se tuvo el análisis de los Gráficos de Control representativos, el equipo se reunió para determinar si el proceso se encontraba bajo control (variable peso).

Este muestreo debe de ser una actividad obligatoria y continua así como instaurarse como una nueva forma de hacer las cosas.

Un proceso debe ser analizado primero y mejorado para eliminar causas especiales y ponerlo en control, después ha de ser estudiado para mantenerlo estable.

2.3.2. Etapa de transición

En esta etapa se disminuyó el peso del producto hasta donde el propio proceso lo permitió (sin rebasar los límites de especificación) desde 29.5 g. a 28 g. estando

dentro de las especificaciones de peso y del peso declarado en la etiqueta, reduciendo así costos por unidad fabricada y cumpliendo con la NOM-002-SCFI-1993 que corresponde al cumplimiento del contenido neto en productos preenvasados.

Se recabaron los datos en esta etapa con el fin de visualizar el cambio que se debería presentar en la Gráfica de Control. Paralelamente se realizó un muestreo en el producto terminado de 10 y 20 piezas para dar un seguimiento al impacto que tendría este proyecto.

Se analizaron las Gráficas de Control y se hizo un análisis de Capacidad de Proceso, aun sabiendo que el proceso no estaría bajo control pues al haber un movimiento de las condiciones de operación originaría variación por causas asignables, sin embargo, esto daría un indicador de que el proceso responde a las modificaciones.

2.3.3. Etapa de control

En esta etapa, una vez que ya se supero la etapa de transición, se buscó que el proceso se encontrara bajo control estadístico.

El criterio para aceptar que un proceso esta dentro de control, es obtener un valor máximo de 35 puntos consecutivos dentro de los Límites de Control.

De no ser así, se debe proseguir a identificar y resolver las causas realizando las actividades propias de la Metodología de Solución de Problemas.

Para llevar el proceso a control estadístico de peso se estandarizaron los nuevos procedimientos de operación, dándole seguimiento y la atención adecuada hasta que se estableció una “nueva y mejor forma de hacer las cosas”.

Se realizaron las Gráficas de Control y se determinó que el proceso estaba en control estadístico en el momento en el que no se presentaron anomalías en los gráficos.

Se realizó el análisis de Capacidad de Procesos y se hizo una evaluación del avance del proyecto con una comparación entre las diferentes etapas los cuales se muestran en la figura 40.

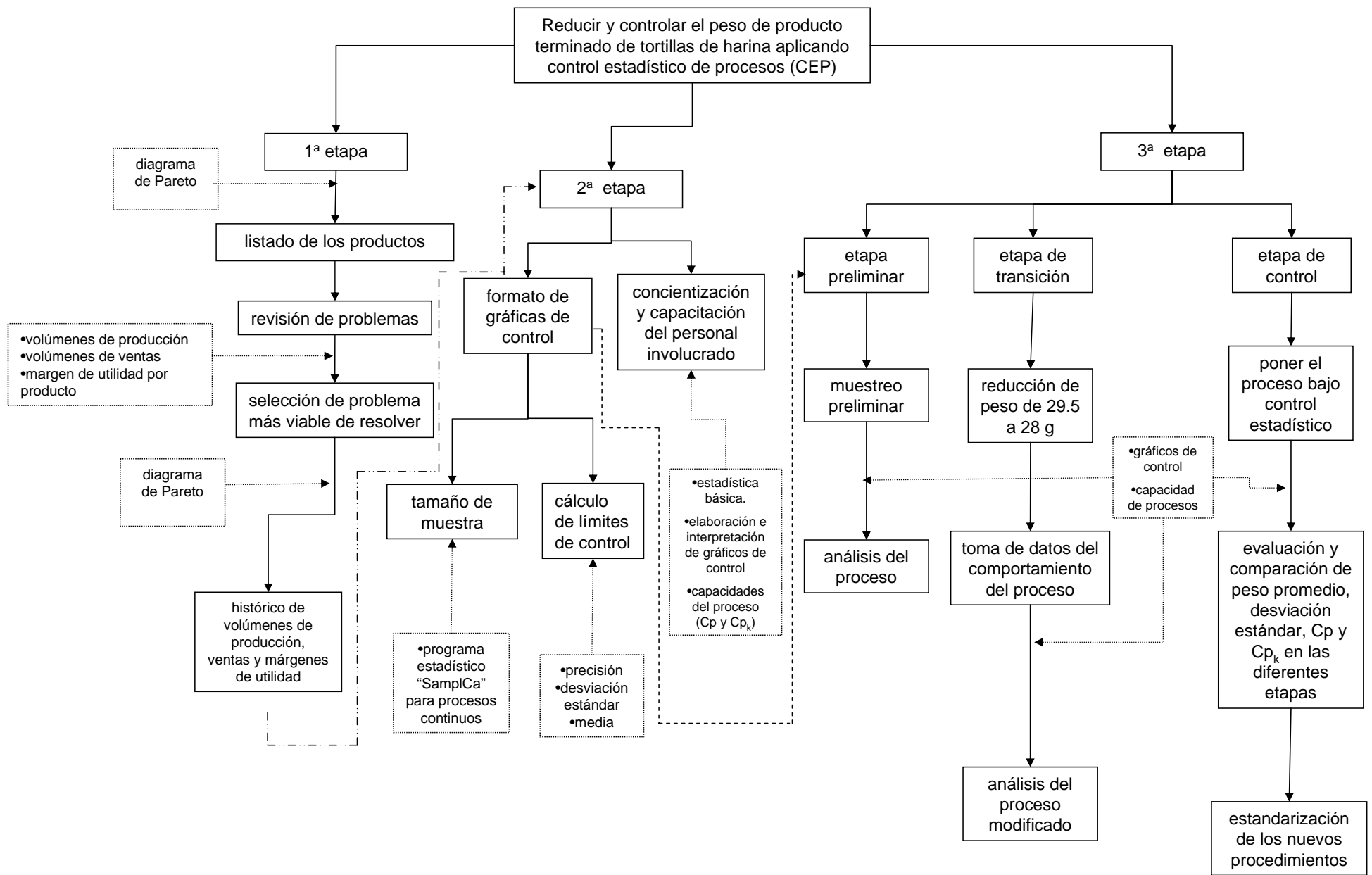


Figura 14. Cuadro metodológico

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

En este capítulo se presenta el análisis y la discusión de los resultados de las herramientas estadísticas utilizadas para la resolución del problema dividiendo la información en los 3 objetivos particulares o etapas:

1. **Primera etapa:** Se seleccionó y definió el producto a trabajar, además, se recolectó la información para realizar la adecuación del diagrama de flujo de elaboración de tortillas, información analizada y discutida por los departamentos involucrados sugiriéndose modificaciones para mejorar el proceso, así mismo se aplicaron herramientas estadística como: tormenta de ideas, diagrama de Pareto, y diagrama de causa-efecto.

2. **Segunda etapa:** Se realizaron los análisis estadísticos para la determinación del tamaño de muestra adecuado, se definieron los Límites de Control con base en las especificaciones, se hizo un análisis preliminar de la Capacidad de proceso para el establecimiento de las condiciones con las cuales se inició el proyecto, además, la capacitación del personal involucrado sobre CEP en el proyecto.

3. **La tercera etapa:** consistió en la implementación del CEP en piso con los operadores utilizando las Gráficas de Control y recopilando información, lo que permitió realizar una comparación del comportamiento de los Gráficos de Control y de la Capacidad de Proceso con los resultados preliminares.
 - a) preeliminar
 - b) transición
 - c) control

A continuación se presentan los resultados correspondientes a cada etapa.

3.1. Resultados primera etapa:

3.1.1. Definición del producto a trabajar

La etapa preliminar comenzó con la definición del producto a trabajar, esto con la ayuda del gráfico de Pareto ya que es particularmente útil para atacar problemas crónicos. Esta herramienta, permitió realizar una estratificación para distinguir entre los productos más importantes y los de menor importancia en base a su costo unitario y a su producción y decidir cual de ellos sería estudiado. Este estudio se realizó a partir de datos que fueron tomados de los informes de operación y que son presentados en la figura 15.

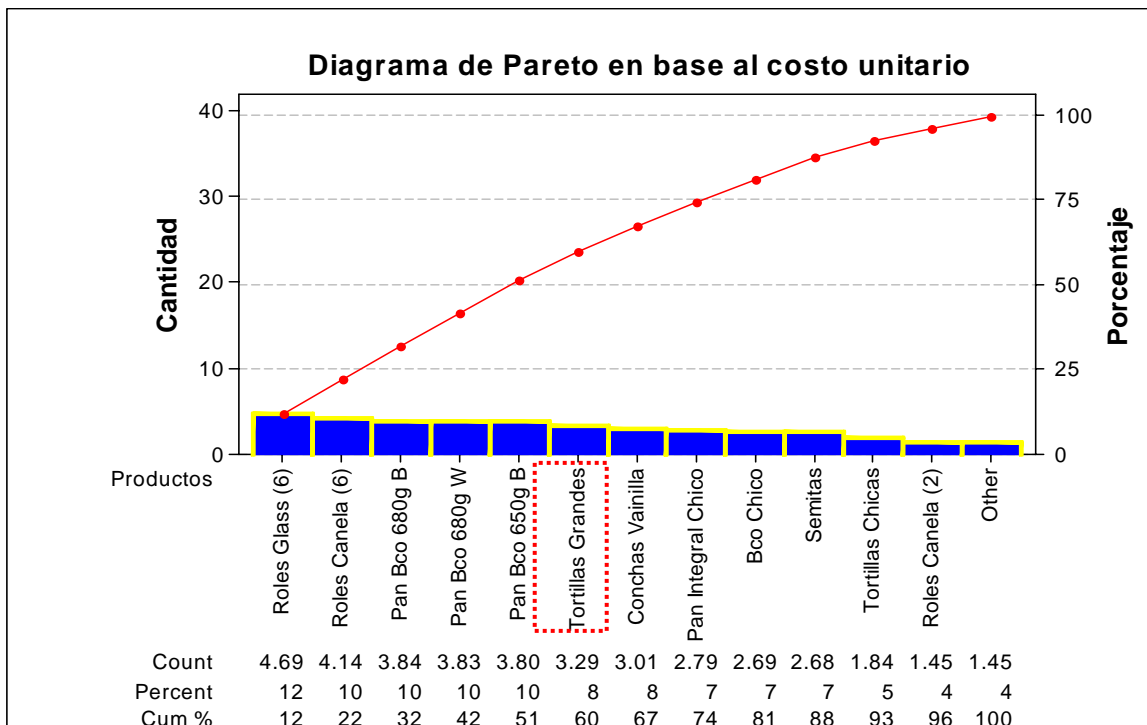


Figura 15. Gráfico de Pareto basado en el costo unitario de los productos.

Con base en el Gráfico de Pareto, se decidió trabajar con la “TORTILLA” ya que aunque el costo unitario de producción representa un 5%, además de que el crecimiento del producto que se maneja del mismo no sea el mayor como puede verse en la figura 16, *es el quinto en el impacto con un crecimiento del 9% en la industria de la panificación en el mercado nacional* la empresa busca exportar la tortilla a Japón para lo cual necesita un producto diferenciado pues dicha nación posee un mercado potencial de 10 mdd.

Se tomo en cuenta también el mercado de EE.UU. ya que la tortilla empacada es de los segmentos con mayor crecimiento del sector de alimentos de dicho país. En cuanto al crecimiento de la población hispana se prevé que, para el año 2010, sea la comunidad extranjera más grande en EE.UU. lo que, aunado al PIB que genera dicha comunidad, calculada en 30 millones de personas y que es igual al PIB generado en México, hace del mercado de la tortilla una línea de negocio para considerar y dar un producto con la mejor calidad posible. (Reporte Anual de grupo BIMBO 2004, GEA 2003)

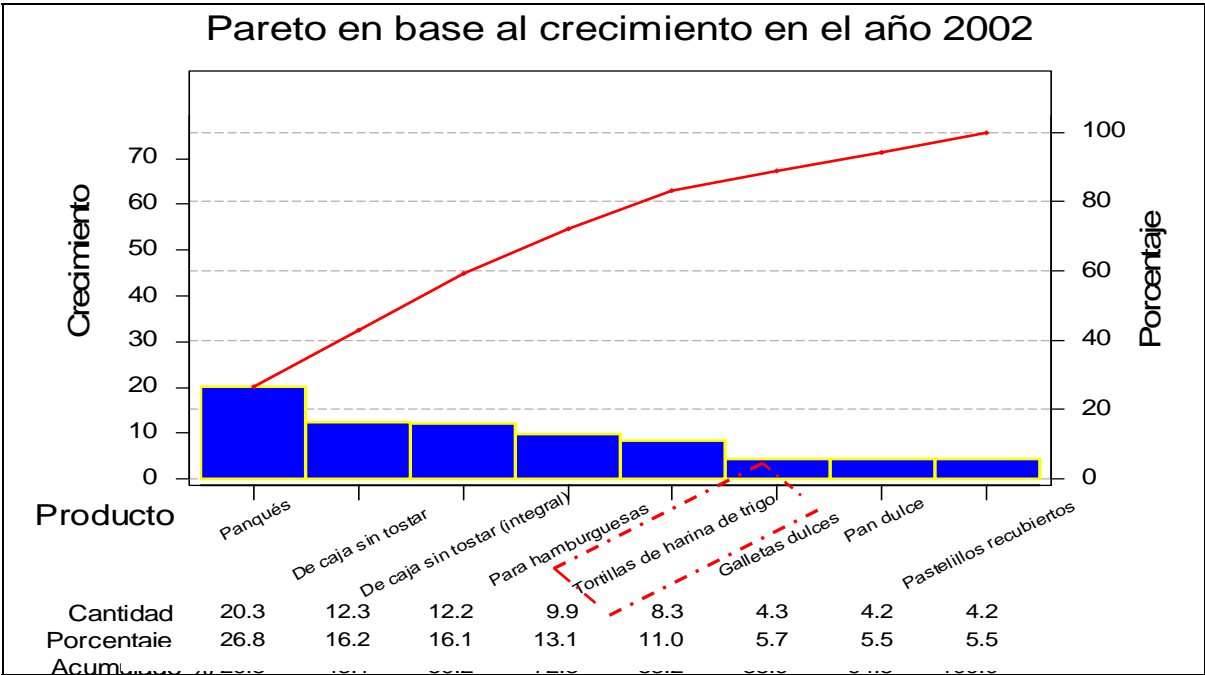


Figura 16. Gráfico de Pareto de crecimiento para el año 2002.

Fuente: GEA, con base en información de INEGI, Encuesta Industrial Mensual

Aunado a esto el volumen de producción que se maneja representa un mayor ingreso y beneficio para la compañía, como puede verse en la figura 17 donde la tortilla es el producto que origina el mayor impacto en la planta respecto al volumen de producción ya que representa alrededor del 20 % de la misma.

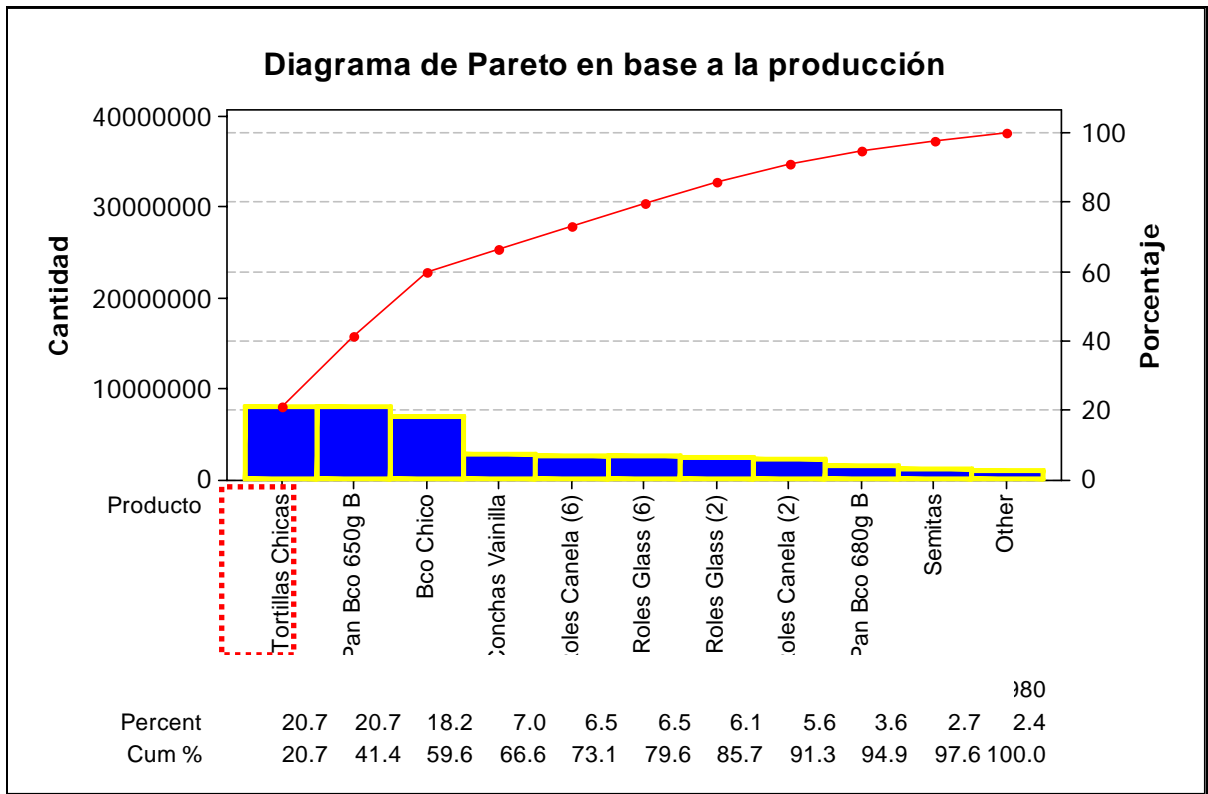


Figura 17. Gráfico de Pareto de producción para el año 2005.

Una vez que se tomó la decisión de la línea de producción a trabajar, se conformó un equipo de trabajo integrado con todas las áreas de la planta, para identificar los sectores que intervinieron, los insumos que se utilizaron y las transformaciones a que dan lugar las diferentes operaciones hasta obtener el producto o subcomponente deseado. Esta información se utilizó para elaborar un diagrama de flujo que permitió dominar el entorno del problema y centrar la atención en los distintos aspectos que lo conforman.

El Diagrama de Bloques de elaboración de tortillas de harina se presenta en la figura 18, se conforma de varias etapas que se describen a continuación y fueron obtenidas a partir de la experiencia en la industria.

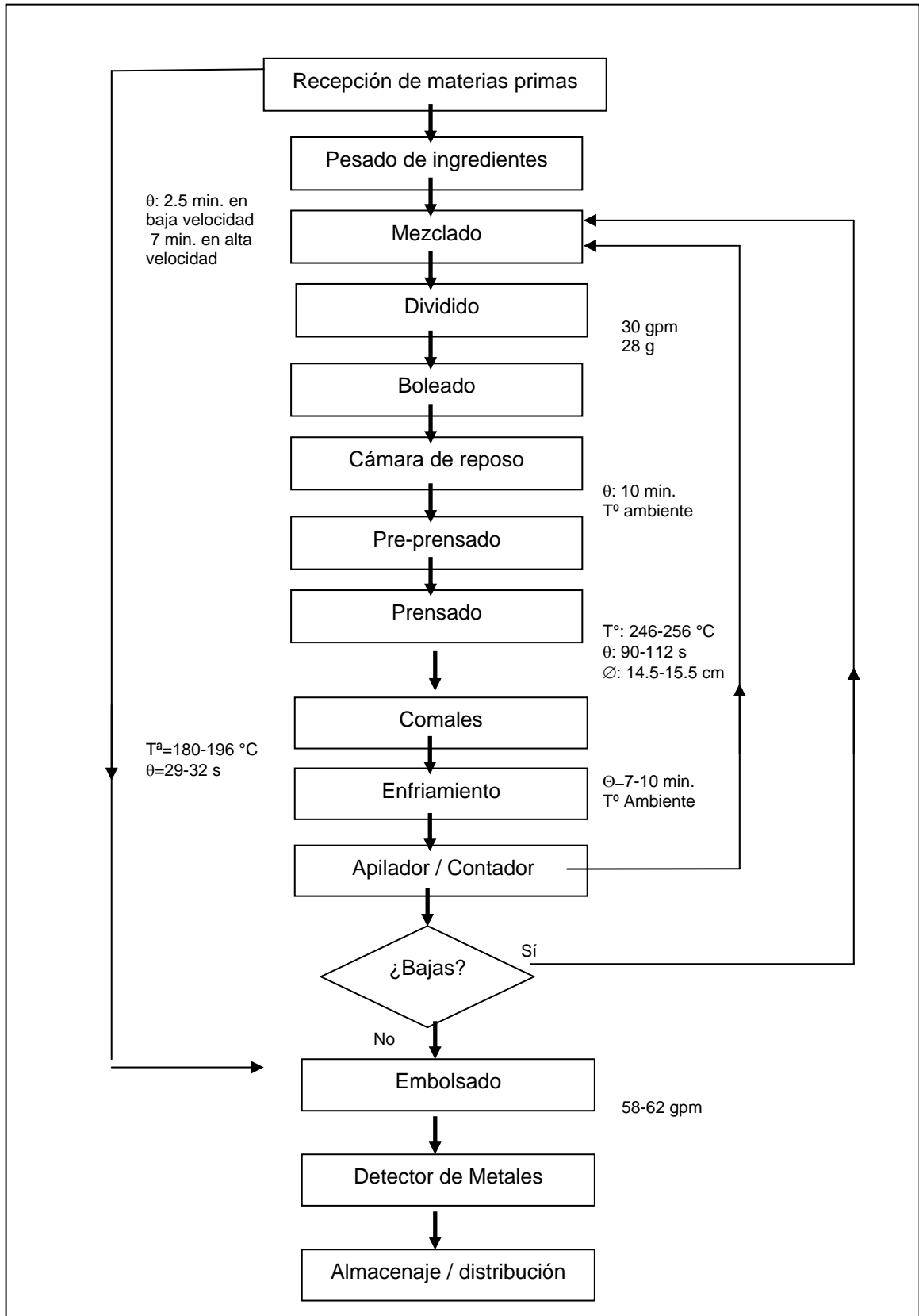


Figura 18. Diagrama de Bloques de elaboración de tortillas.

Recepción de materia prima: Se hacen algunas pruebas de calidad a la materia prima, tales como análisis granulométrico, humedad, cenizas, elasticidad de la masa y extensibilidad, solo para corroborar que estos parámetros de calidad no vayan a influir en el proceso. A las bolsas de polietileno utilizadas para el empaque, no se les realiza ninguna prueba, van directamente a producto terminado.

Pesado de ingredientes: Se realiza con básculas analíticas de acuerdo a la formulación, esto es importante para la elaboración de la tortilla pues un incorrecto pesado de ingredientes puede provocar cambios en las propiedades de la masa. En la figura 19, se presenta un ejemplo de la forma en que la masa es pesada.



Figura 19. Ejemplo de material pesado.

Mezclado: Tiene la finalidad de incorporar los ingredientes secos con el agua y/o desarrollar las propiedades físicas de la harina para formar una masa, el tiempo que se mezcle una masa determinara su desarrollo. Este proceso se realiza en dos etapas; la primera etapa se le denomina mezclado de baja velocidad con un tiempo de 2.5 minutos para la correcta incorporación de los ingredientes, al mismo tiempo se va adicionando el agua a temperatura de 20 °C; la segunda etapa se le denomina mezclado de alta velocidad en un tiempo de 7 minutos con la finalidad de uniformar la dispersión de los ingredientes y ayudar a desarrollar el gluten (dar el trabajo). Al terminar esta etapa la masa obtenida es tersa y extensible; estas características se atribuyen a las proteínas del gluten: glutenina y gliadina.

El objetivo de mezclar es conseguir una masa que salga con la absorción correcta (Suave) y con la consistencia apropiada para maquinarse (Flexible).

Es importante llegar al desarrollo óptimo de la masa pues en caso de no lograrse se tendrán dificultades tanto en el manejo como en la calidad de la tortilla.

Los tiempos de amasado para el desarrollo óptimo de una masa varían en función de la velocidad de hidratación de la harina, determinada a su vez por el contenido de proteína; las harinas con menor absorción de agua se mezclan más rápidamente que los que tienen mayor absorción. En la figura 20 se presenta un ejemplo de una mezcladora.



Figura 20. Mezcladora de ingredientes.

Dividido: El objetivo es cortar la masa para dar un peso adecuado en la elaboración de la tortilla; la masa que sale de la mezcladora, se transporta hasta una tolva de alimentación. Esta masa fluye hacia la cámara de presión de la divisora, las cuchillas cortan la masa en piezas de peso “constante”. Un pistón empuja las piezas de masa hacia fuera. El peso de dividido será alrededor del 12 % mayor que el peso del producto terminado. En la figura 21 se presenta una placa de la divisora.



Figura 21. Divisora de masa.

Boleado: La finalidad es que la bola sea sellada al girar sobre la superficie y así formar una pieza adecuada para las siguientes etapas (circular y homogénea). En la figura 22 se presenta un ejemplo de la boleadora.



Figura 22 Etapa de boleado.

Reposo: Después del boleado se requiere un periodo de reposo para que las proteínas de la masa se terminen de hidratar y se incorporen por completo a los demás ingredientes además de que se forma la “piel” en la masa para retener el CO_2 producido. Si el tiempo de reposo es menor a 10 minutos ocurre el encogimiento de la masa después del prensado, en cambio si es mayor se tiene un sobre reposo y se pierde humedad formando costras por la evaporación del agua en las capas superiores, provocando discos deformes en el prensado. En la figura 23 se da un ejemplo del reposador.



Figura 23. Ejemplo de reposador.

Pre-prensado: El pre-prensado se requiere para evitar que la bola de masa al ser esférica, ruede cuando se coloque en la banda transportadora por efecto de la inercia. En la figura 24 se da un ejemplo del depositado y posterior pre-prensado.



Figura 24. Etapa de PRE-prensado.

Prensado: El prensado tiene por objeto dar la forma extendida y circular a las bolas a través del método de presión por calentamiento, en este método la bola de masa pasa a través de prensas que constan de dos placas, las cuales están a diferente temperatura, pues la apariencia y simetría de las tortillas mejora cuando la temperatura de las placas es diferente (generalmente de 12 a 18 °C), siendo la placa superior la de mayor temperatura.

Con la temperatura de las placas se deshidratan ambas superficies de la tortilla, provocando que el almidón y el gluten se contraigan formando una superficie semicontinua a través de ambas superficies externas. Esto es importante en el desarrollo de la textura de la tortilla ya que permite que los discos se hinchen y se expandan durante la cocción debido al vapor y al polvo para hornear. Estas superficies no sellan herméticamente el gas, pero la estructura almidón/proteína es suficientemente continua como para retener el vapor y retardar la pérdida de humedad por un lapso corto de tiempo. El contenido de humedad de la tortilla disminuye aproximadamente de 1 a 2 % en esta etapa. Además de evitar que al

cambiar de banda transportadora el producto se deshaga o se adhiera a otras tortillas. En la figura 25 se muestra un prensador.



Figura 25. Etapa de prensado.

Comales: La etapa de comales es la transformación final del proceso productivo; tienen la finalidad de realizar una cocción con una temperatura de 210° C durante 26 segundos de los discos producidos en la etapa anterior introducidos por medio de bandas al horno de tres niveles. La cocción se lleva a cabo en tres pasos cada una de la cual dura alrededor de 8 segundos; la cantidad de calor administrado y el tiempo de cocción, son factores que determinan las características finales de la tortilla.

La tortilla tiene dos caras “A” y “B”. En el primer paso la cara B queda en contacto con el comal del horno y la cara A se expande por el vapor de agua y los gases fermentados que tratan de escapar causando que la matriz del gluten se alargue y se incremente el espesor de la tortilla o crezca su altura hacia la cara A.

En el segundo paso, la tortilla se voltea en el horno y la cara opuesta se expande debido nuevamente al vapor, el lado A de la tortilla se colapsa por efecto del peso de la misma cuando se voltea, la estructura del gluten se expande pero no se deshidrata completamente y, debido a la rápida transferencia de calor a través de todo el disco de la tortilla se desarrollan pequeñas células de gas en el interior. En el tercer paso la tortilla se voltea a su lado original, los cambios más características en el disco de la tortilla son el hinchamiento debido al vapor y los gases que fueron contenidos por

la superficie semipermeable y forman dos capas de miga con gas como un sándwich entre ellos. (Serna 2003, San German 2002)

Sin la debida atención en esta etapa, todos los esfuerzos hechos durante el desarrollo del proceso se pueden perder. Lo que debe salir de los comales es un producto que cumpla las características establecidas para la satisfacción de los clientes.

En la figura 26 se muestra un ejemplo de un comal.



Figura 26. Etapa de comales.

Enfriamiento: El proceso de enfriamiento involucra obtener una temperatura del producto adecuada en un tiempo razonable. El enfriamiento se lleva a cabo de 6-7 minutos, a través de las bandas del enfriador circula el producto horneado que llegó desde los comales para obtener la temperatura adecuada para embolsarlo (atemperado) y así evitar exudaciones en la bolsa de plástico cuando se empaquen las tortillas, evitando el desarrollo de hongos. En esta etapa se provee la textura de la tortilla y se evita el pegado. En la figura 27 se muestra un enfriador en espiral.



Figura 27. Enfriador en espiral.

Apilamiento: Después del enfriamiento las tortillas viajan a lo largo de transportadores para después llevarlas a una máquina contadora-apiladora donde se dejan caer una sobre otra separándolas de 10 en 10 tortillas para su embolsado correcto, en esta etapa se levanta, selecciona y verifica la cantidad de piezas que deposita en el tren de embolsado. En la figura 28 se muestra un ejemplo de apilador.

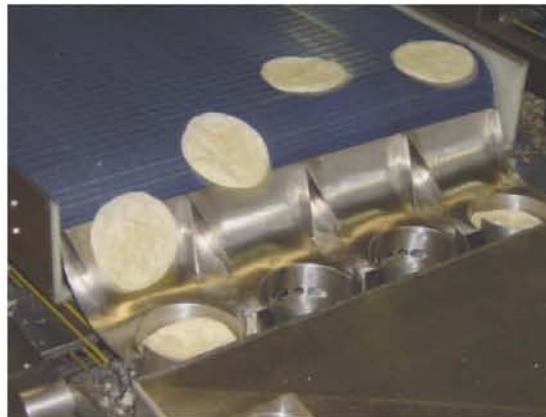


Figura 28. Apilador.

Embolsado: El objetivo es empacar el producto terminado, se cuenta con 2 boquillas para insuflado de las bolsas y dos cucharas con un empujador que introduce el producto a la bolsa donde se empaca, se sella, se imprime el código del lote y se pasa por el detector de metales para evitar un riesgo al consumidor. En la figura 29 se muestra un ejemplo de las tortillas embolsadas.



Figura 29. Etapa de embolsado.

Dentro de la primera etapa y al tener el proceso de elaboración definido por el diagrama de flujo, se realizó una tormenta de ideas con el personal involucrado (operadores, supervisores de producción, supervisores de mantenimiento y departamento de calidad), esto con el fin de visualizar los problemas en las áreas de máquinas, masas, enfriamiento, embolsado, quejas, etc. el diagrama resultante se presenta en la figura 30.

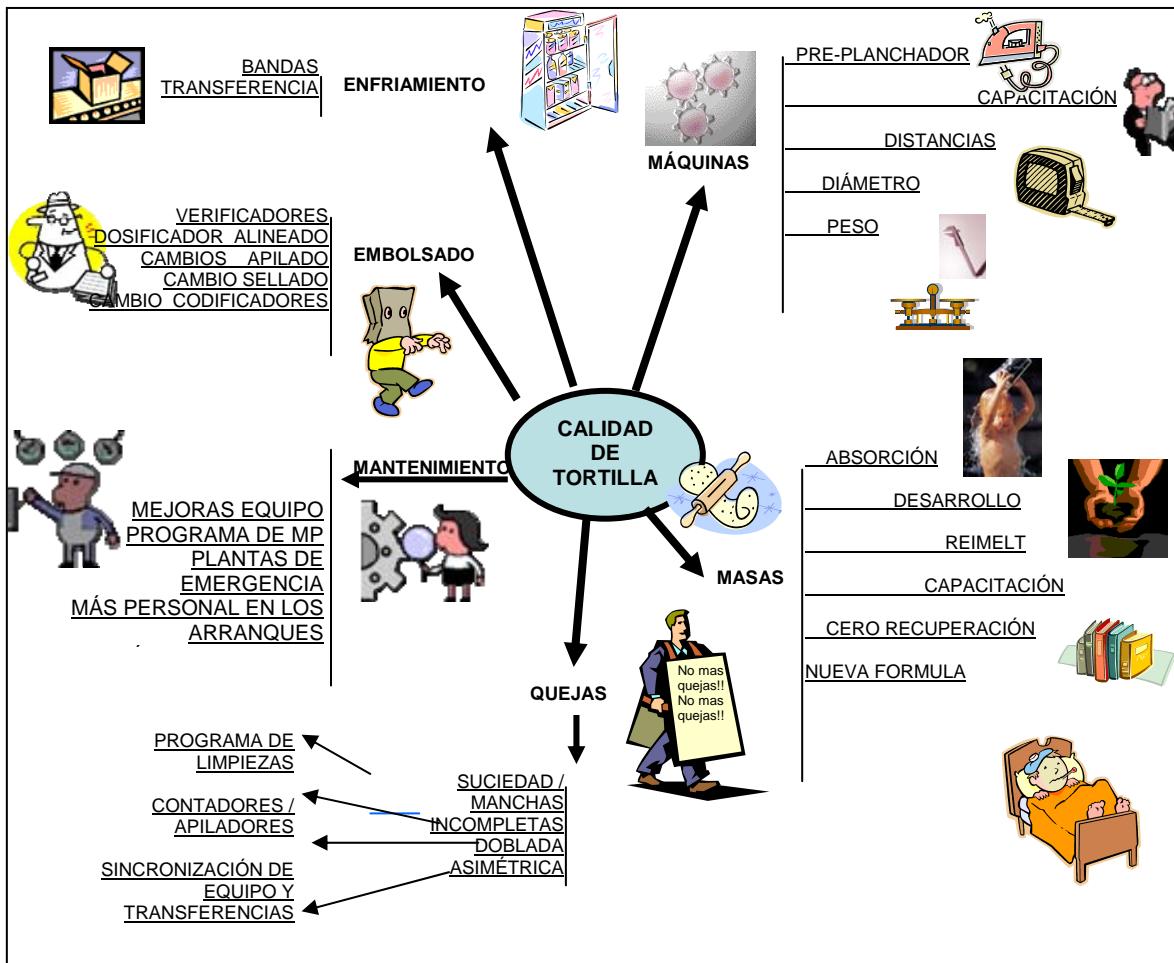


Figura 30. Diagrama resultante de la Tormenta de Ideas.

La información recopilada en la aplicación de la técnica anterior, presenta la información en forma general y difusa, por lo que se utilizó una nueva herramienta para hallar las causas reales, del problema lo que nos remite al diagrama de espina de pescado comúnmente llamada de causa y efecto representado en la figura 31 donde se facilita la identificación de las posibles causas del problema dándoles un orden de prioridad.

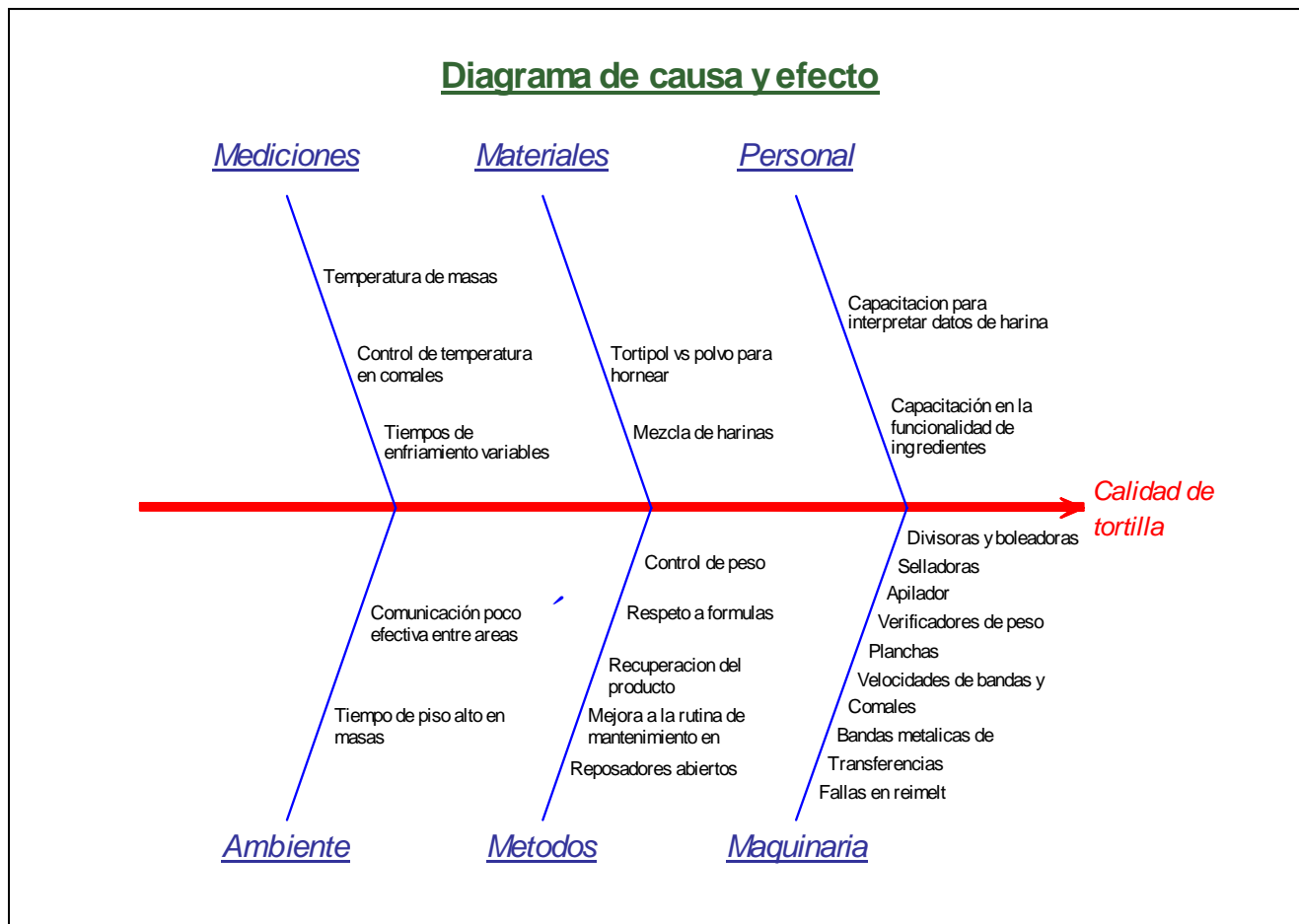


Figura 31. Diagrama de Causa y Efecto

El Diagrama de Causa Efecto tiene 6 espaldas principales: mediciones, materiales, personal, ambiente, métodos y maquinaria que son los factores que pueden influir en el proceso.

Se decidió trabajar en el control de peso, ya que al realizar un estudio previo se clasificaron y cuantificaron en el reproceso las bajas que se provocaba en la línea de tortillas concluyéndose que el tamaño de la tortilla produce el 80 % de las bajas por reproceso, éstos resultados se presentan en la figura 32.

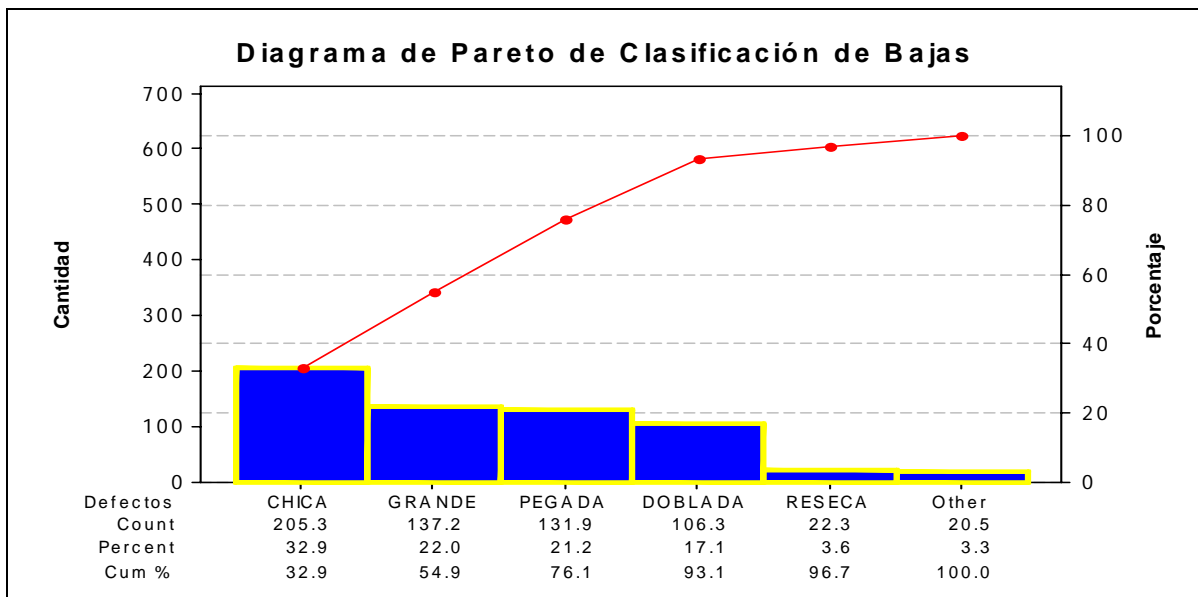


Figura 32. Gráfica de Pareto de Clasificación de Bajas

El gráfico muestra que el tamaño de la tortilla es la causa de mayor impacto en la calidad con un 54 % (tortilla chica, tortilla grande). El tamaño de la tortilla se relaciona directamente con la etapa de dividido, puesto que como la elaboración es por el método de prensado si se suministra mayor cantidad de masa, el disco o diámetro de la tortilla resulta más grande de lo especificado y viceversa.

La experiencia ha mostrado que es más fácil reducir una barra alta a la mitad que reducir una barra corta a cero. Si podemos reducir la barra más alta en la figura 16 (la responsable de la mayoría de los defectuosos) habremos conseguido un logro considerable. Reducir los defectos menores representados por las barras cortas, a la mitad o a cero requeriría esfuerzos tremendos debido a que existen más o menos defectos inevitables que se presentan de vez en cuando.

Una vez que se tiene identificado el problema a resolver, en este caso, el control de peso en la etapa de dividido, se elaboró un plan de acciones correctivas para tener el proceso en las mejores condiciones posibles para empezar el proyecto, presentado en el cuadro 6.

Cabe mencionar que no todas las acciones de este plan se realizaron por falta de tiempo o recursos; por ejemplo la adición de un operador de más en el área de dividido no se realizó ya que hacia falta personal en otras áreas con más urgencia que en esta. Tampoco se cambiaron los pistones de cada divisora ya que se tienen que importar y tardan mucho en llegar. Las acciones realizadas satisfactoriamente se encuentran remarcadas con una paloma. Por ejemplo la presencia de los supervisores de mantenimiento en juntas de producción con el fin de estar mejor enterados de los problemas en el proceso.

Cuadro 6. Plan de acciones correctivas.

Personal	Máquinas	Mantenimiento	Proceso	
Asegurar la capacitación del personal por medio de cuestionarios. <input checked="" type="checkbox"/>	Cambiar tipo de depositado.	Presencia de mantenimiento en juntas de producción. <input checked="" type="checkbox"/>	Disminuir tamaño de masa y bajar a 28 g.p.m el ritmo. <input checked="" type="checkbox"/>	Verificación periódica de condiciones de operación (cada 3 meses). <input checked="" type="checkbox"/>
Contar con un operador mas en el área de máquinas.	Tubos de depositado más delgados. Probar en una divisora y evaluar.	Contar con manual básico de m. p que se le debe de dar a los divisores. Guía mínima de órdenes de trabajos (ot's). <input checked="" type="checkbox"/>	Buscar mayor absorción para compensar perdida de humedad	Estudios de resistencia a la deformación del semiproducto
Capacitación a supervisores en Control Estadístico de Proceso. <input checked="" type="checkbox"/>	Limpieza profunda de las divisoras. <input checked="" type="checkbox"/>	Contar con un mantenimiento preventivo enfocado a área de máquinas.	Pruebas de estrés: Máximos y mínimos. Agua, trabajo, recuperación, temperatura.	Programar los cambios de condiciones cada trimestre. <input checked="" type="checkbox"/>
Hacer conciencia al personal de línea de la responsabilidad que les corresponde. <input checked="" type="checkbox"/>	Estudio de relación del diámetro con peso en dividido. Presión de planchas. Correcto funcionamiento de todos los instrumentos de medición. <input checked="" type="checkbox"/>	Estudio periódico de peso para mantenimiento en divisoras. <input checked="" type="checkbox"/>	Disminuir recuperación de bajas. <input checked="" type="checkbox"/>	Ajustar temperaturas a comales. Bajar al mínimo necesario. <input checked="" type="checkbox"/>
	Reposadores cerrados en los 3 turnos. <input checked="" type="checkbox"/>	Marcos de boleó en buenas condiciones. <input checked="" type="checkbox"/>	Disminuir temperaturas en transportadores y tolvas.	Uniformizar tiempos de enfriamiento.
	Cambio de pistones de las divisoras.	Contar con programa establecido de m.p de toda la línea.	Disminuir tiempo de transporte de mezcladora a divisora	Igualar los tipos de enfriamiento en las torres.
	Cambio de placas debajo de las bandas de boleó. <input checked="" type="checkbox"/>	Asegurar refacciones de divisoras, contar con archivos de o.t.s de los trabajos de mantenimiento. Obtener plan de m.p de mantenimiento	Valorar la posibilidad de separar producto no conforme antes de llegar a los apiladores. <input checked="" type="checkbox"/>	Hacer medición de temperaturas a la entrada y salida de los enfriadores, determinar tiempo de enfriamiento adecuado
	Colocar rodillos locos en trasferencias. <input checked="" type="checkbox"/>	Determinar el mejor acomodo de los topes. Elaborar un programa de pulido de prensas.		

3.2. Resultados segunda etapa:

En esta etapa se determina el tamaño de la muestra con base a la producción ya que es continua y que esta se puede separar, es decir formar lotes de menor tamaño. Al tener 9 divisoras que integran la totalidad de la producción, esto es conveniente para los operadores ya que no solo tienen que controlar una sino varias etapas y, además, tienen que realizar otras funciones en la línea de proceso.

Fue necesaria la recopilación y captura de datos de pesos mediante un estudio preliminar para poder determinar el promedio (\bar{x}) y la desviación estándar (σ) del proceso.

3.2.1. Determinación de la muestra

Para determinar la cantidad de datos necesarios y representativos que describieran adecuadamente a la población, se consideró a la variable como de tipo continuo, con una confianza del 95 %, calculándose la precisión en base a la producción total de tortillas por día, con la cual se requiere trabajar.

La precisión también es conocida como el Error de Estimación la cual equivale a la mitad de la anchura de un intervalo de confianza.

$$\text{Precisión } \frac{1}{2} (\theta/\text{unidad}) = \frac{1}{2}(\text{min.}/\text{Bolita})$$

$$1 \text{ turno} = 8 \text{ horas} = 480 \text{ minutos}$$

$$\begin{aligned} \text{Anchura del intervalo de confianza} &= (480 \text{ min.}/\text{turno})/(14400 \text{ bolitas}/\text{turno}) \\ &= 0.033 \text{ min.}/\text{bolita} \end{aligned}$$

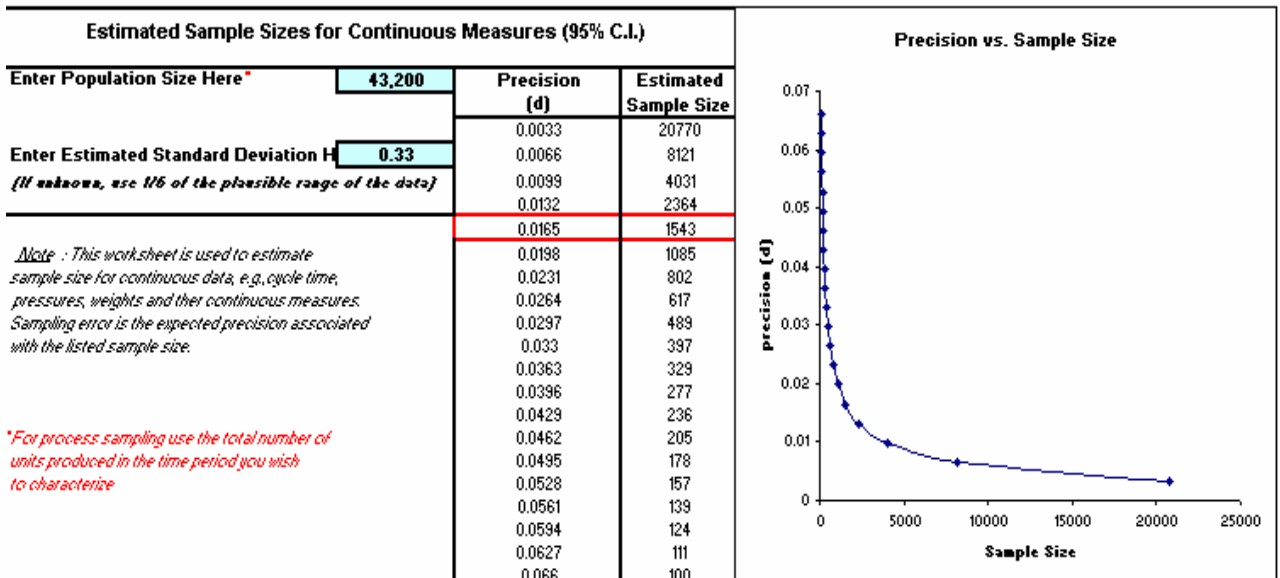
$$\frac{1}{2} \text{ de la anchura del intervalo de confianza} = 0.0166 \text{ min.}/\text{bolita}$$

Como no se conoce la desviación estándar se utiliza 1/6 del rango esperado que en este caso el rango es de 2; entonces queda como $2/6=0.33$.

Se toma de referencia 1/6 del rango esperado porque se considera que representa 1σ de la curva normal en el comportamiento de la mayoría de los procesos.

Figura 33. Tamaño de muestra con base a la precisión y desviación estándar

Producto	SD	Golpes por minuto	Bolitas de masa por día	Precisión	Tamaño de muestra	No de muestras por hora	TAMAÑO DE MUESTRA FINAL
Tortillas	0.33*	30	43200	0.0166	1543	7.14	4



Se utilizó una hoja de cálculo (Excel) disponible en la empresa (figura 33), en la misma se ingresa el tamaño de la población que en este caso fue de 43200 unidades por día también se ingresa la desviación estándar del proceso y si se desconoce este dato se ingresa la sexta parte del rango esperado.

Cuando ya se ingresaron los datos se busca en la tabla anterior la precisión requerida en el proceso. El resultado de esta hoja de cálculo nos da el tamaño de la muestra por día de operación, pero, para dar formato a la Gráfica de Control se requiere que se determine el tamaño de muestras por hora de operación.

Aunque en la figura 33 se observa que el tamaño resultante fue de $7.14 \cong 8$ muestras por hora se decidió tomar 10 muestras en un principio para tener más datos y así tener un resultado más confiable estadísticamente, pero posteriormente, cuando se recopilaban los datos necesarios se disminuyó a 4 muestras por hora ya que se considero que los operadores no tienen el tiempo

suficiente para tomar tantos datos pues además de controlar esa etapa tiene otras funciones que desempeñar en la línea de proceso.

3.2.2. Cálculo de Límites de Control y elaboración del formato de los Gráficos de Control.

El formato de Gráfica de Control que se utilizó se muestra en la Figura 33 donde los límites resultantes fueron los mostrados en el cuadro 7. En el anexo 2 se muestra un ejemplo de la Gráfica de Control llenada por el operador.

Cuadro 7. Límites de Control.

Gráfica	PROMEDIO			RANGO		
	LSC	LCC	LIC	LSC	LCC	LIC
Dividido	29	28	27	0	0.5	1.6
PT 10 pzas	265.5	254.5	244	0	4	14
PT 20 pzas	521.5	508.7	496	0	20	65

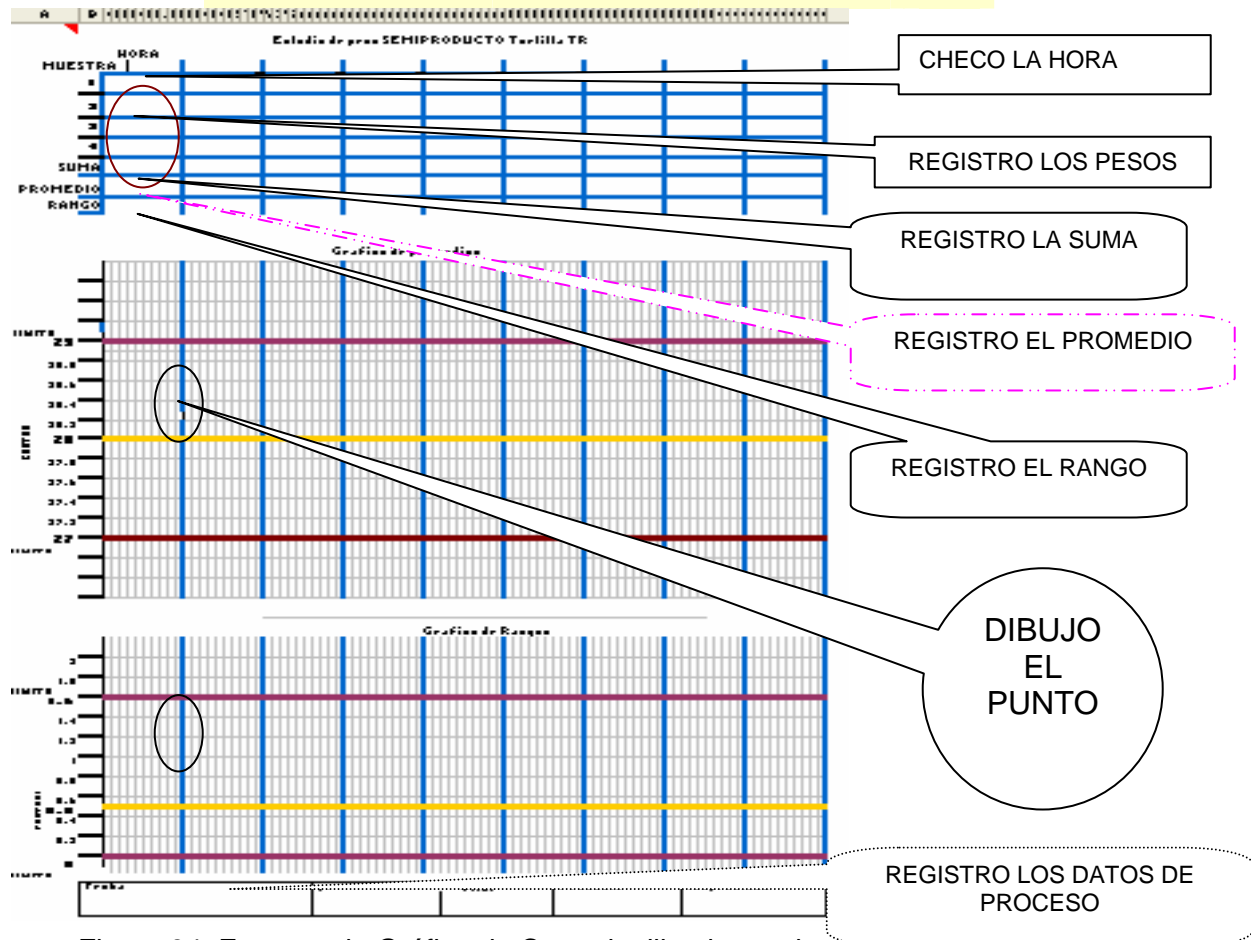


Figura 34. Formato de Gráfica de Control utilizada en piso.

3.2.3. Capacitación

Una vez obtenidos los formatos se prepararon a supervisores y a operadores con capacitación además de crear una cultura de análisis de información estadística y toma de decisiones oportunas a través de procedimientos operativos. Se debe dar capacitación al personal involucrado dependiendo de sus responsabilidades en el proyecto, la cual puede ser impartida por cualquier persona que tenga conocimiento del tema.

Los temas básicos impartidos en la capacitación fueron:

- METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
- CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS
- INTRODUCCIÓN A LA ESTADÍSTICA
 - Parámetros de una población
 - Medidas de tendencia central
 - Medidas de dispersión
 - Precisión y Exactitud
- HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CALIDAD
 - Diagramas de Flujo
 - Causa- Efecto
 - Diagrama de Pareto
 - Histogramas
- ELABORACIÓN E INTERPRETACIÓN DE GRÁFICOS DE CONTROL
 - Promedios y Rangos X-R
 - Promedios y Desviación estándar X-S
 - Medias y Rangos
 - Lecturas Individuales
- CAPACIDADES DEL PROCESO (C_p Y C_{p_k})

Al mismo tiempo se efectuó el Análisis preliminar de la Capacidad de proceso mediante el tratamiento de los datos históricos para contrastarla con las especificaciones de diseño.

3.3. Resultados tercera etapa:

3.3.1. Resultados de los Gráficos de Control y Capacidad del Proceso

Los resultados obtenidos tanto en las Gráficas de Control como en los análisis de Capacidad del Proceso preliminar son presentados en el cuadro 8 y sus respectivas gráficas en la figura 35 donde se muestra un Gráfico de Control de Medias y Rangos en el proceso de dividido con los datos que se recopilaron de los informes históricos.

a) Etapa preliminar

Cuadro 8. Resultados del estudio preliminar

PRODUCTO	DESV. STD	CP	CP _K	LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN			LÍMITES DE CONTROL		
				LSE	OBJ	LIE	LSC	C	LIC
Tortillas DIV	0.626	0.98	-0.36	29	28	27	29.770	29.372	28.974
Tortillas 10	3.909	0.92	0.92	273	263	253	260.25	254.64	249.02
Tortillas 20	14.153	0.39	0.34	546	526	510	555.5	508.8	462

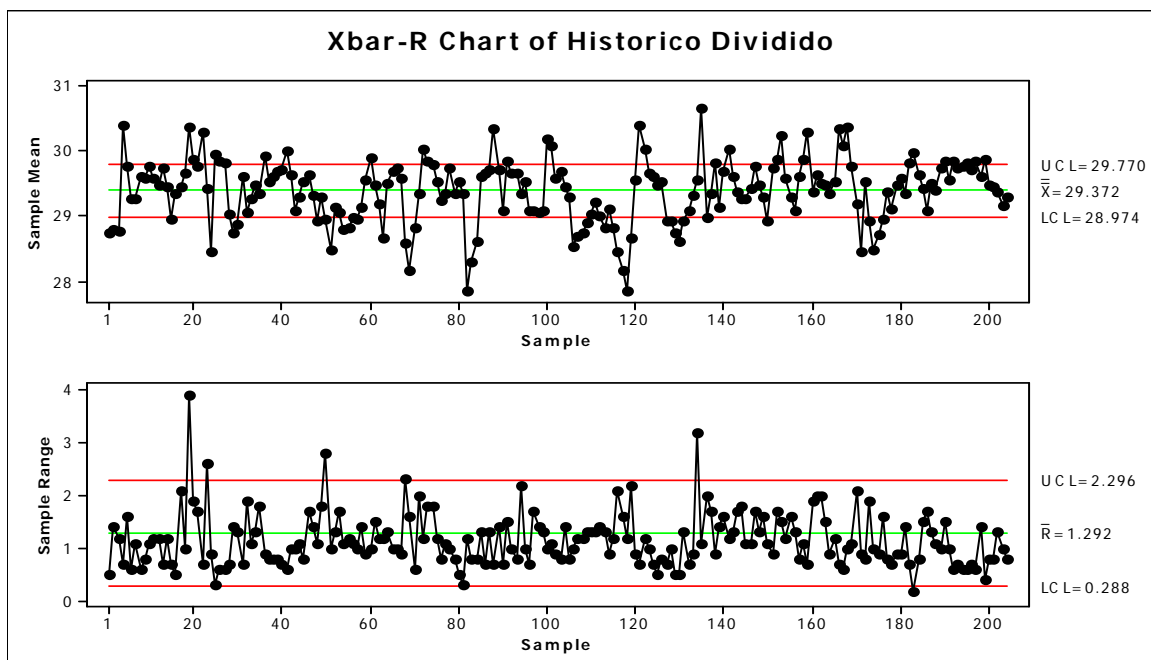


Figura 35. Gráfico de Control Preliminar de Peso en dividido de tortillas

Se observa un proceso que no esta en control ya que existen causas especiales de variación como son:

- Puntos fuera de los Límites de Control.
- Carreras (al menos 7 puntos sucesivos están del mismo lado de la línea central).
- Tendencias ascendentes y descendentes.

Se visualiza en la gráfica que el promedio de dividido es de 29.372 g. Existe una diferencia de 1.372 por “bolita” de dividido comparándolo con el peso objetivo ó límite central de especificación que es de 28 g. Los resultados de límites superior de control da 1.77 g de más (29.77 g) e inferior de control da 0.974 g de más (28.974 g).

En la gráfica de Rangos de la figura 34 existen 5 datos de 200 fuera de los Límites de Control, en cambio en la gráfica de promedios existen 67 datos fuera lo que indica que los promedios entre los pesos de una tortilla a otra presentan poca variabilidad.

La cantidad de datos fuera de los límites representa el 33.5% del total de datos, lo que significa un porcentaje similar a lo recomendado bibliográficamente con respecto a la cantidad de puntos requeridos para analizar un Gráfico de Control; la proporción de 7 datos fuera de límites de un total de 20 datos representan el 35%. Los Límites de Control en el caso del rango son de 2.296 en el LIC y 0.288 en el LSC lo que representa una gran variabilidad entre los datos recolectados.

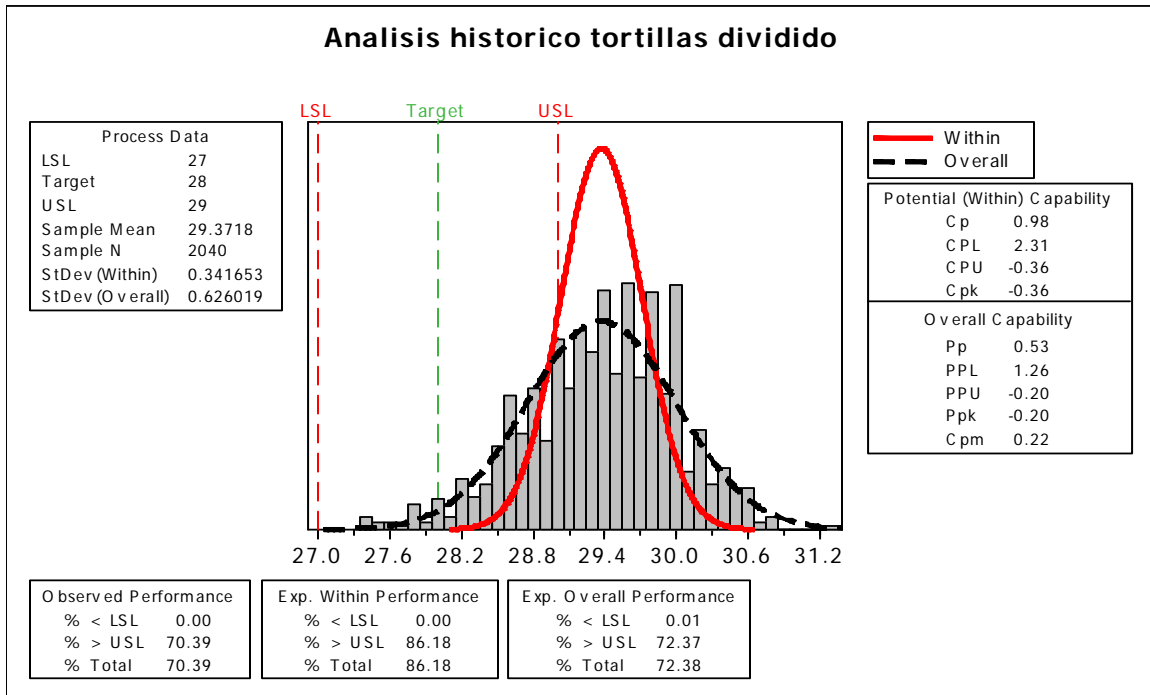


Figura 36. Análisis Preliminar de Capacidad de Proceso dividido

Se muestra en la figura 36 el Análisis de Capacidad de Proceso, donde se observa que una buena parte del producto, el 70.39 %, esta por encima del Límite Superior de Especificación (LSE); esta gráfica presenta la forma de una campana con una media de 29.37 g, 1.37 g más que el LSE.

Se tiene un Cp preliminar de 0.98, indicando erróneamente que el proceso tiene capacidad suficiente. Por lo tanto, se debe utilizar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso no tiene capacidad suficiente, este coeficiente es el Cp_k, cuyo valor es de -0.36, con una desviación estándar de 0.626.

Aunque estos resultados de capacidad de proceso sean poco confiables y nos pueden llevar a conclusiones equivocadas debido a que el proceso no se encuentra bajo control estadístico y por lo mismo no se puede predecir el comportamiento del mismo, sirve para visualizar mejor el proceso y es un indicador de en que condiciones se inició el proyecto.

En la figura 37 se presenta el Gráfico de Control X-R del estudio preliminar que se realizó a los paquetes de tortillas de 10 piezas. Se observa un proceso bajo control estadístico ya que solo un punto de 325 está fuera de los Límites de Control, (0.31%). Este punto fuera de los límites puede deberse al mal funcionamiento de los contadores / apiladores que algunas veces dan paquetes con menos de 9 o más de 11 tortillas. A pesar de esto el peso promedio es de 254.64 g. Los Límites de Control no están dentro de los límites de especificación.

El promedio de peso en paquetes de tortillas de 10 piezas fue de 254.64 g cuando el peso objetivo es de 250 g. El límite superior de control fue de 265.53 g (15.53 g más) y el límite inferior de 243.74 g (6.26 g menos).

En el caso de rangos, el límite superior de control fue de 13.39 y el Límite Central de 4.1, lo que indica una gran dispersión de los datos ocasionada por la variabilidad del proceso al no existir un efectivo control de peso.

En la figura 38 se muestra el Análisis de Capacidad de Proceso de paquetes de 10 piezas, cerca del 30 % de los productos se encuentran por debajo del límite inferior de control, aunque el proceso tiene un comportamiento normal y el C_{pk} es de 0.92, indica erróneamente que el proceso puede ser capaz, pues indica solamente la relación entre la amplitud del proceso y la amplitud especificada, en cambio, el coeficiente C_p es de 0.15 lo que demuestra la imposibilidad del proceso de cumplir con las especificaciones, pues este, además, indica la proximidad de la media del proceso a los Límites de Especificación (Superior e Inferior). La distribución del proceso se encuentra movida hacia la izquierda del objetivo, cercana al Límite Inferior de Especificación, por lo que se decide solicitar el cambio de especificaciones para poder cumplirlas.

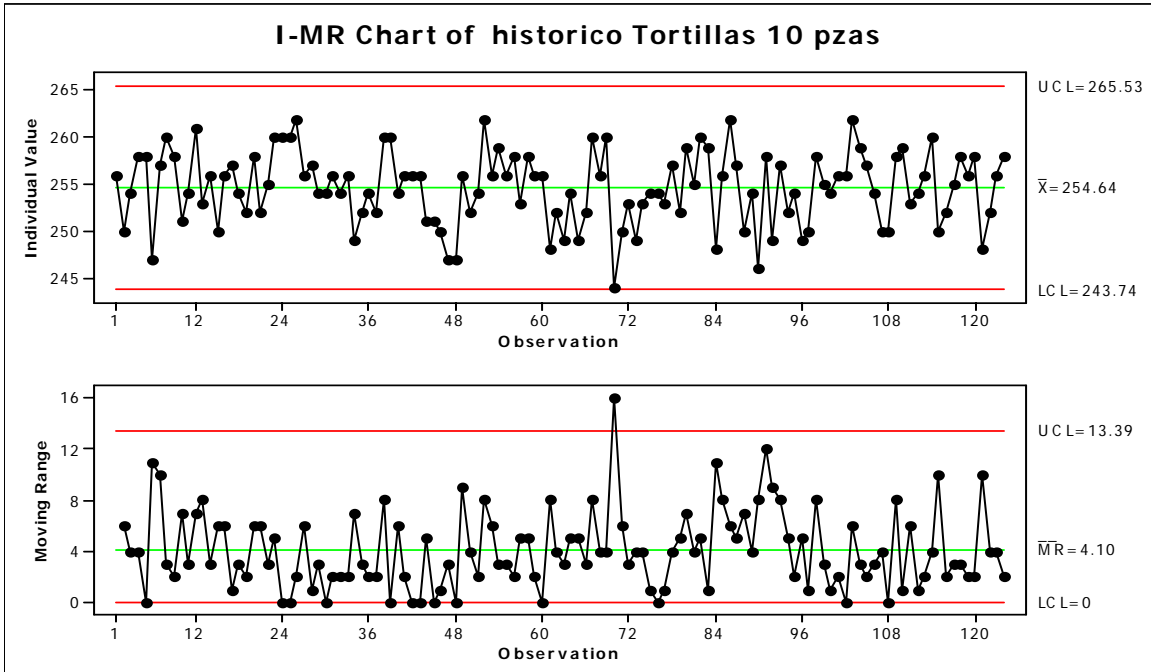


Figura 37 Gráfico de Control Preliminar de Peso en paquetes de 10 piezas

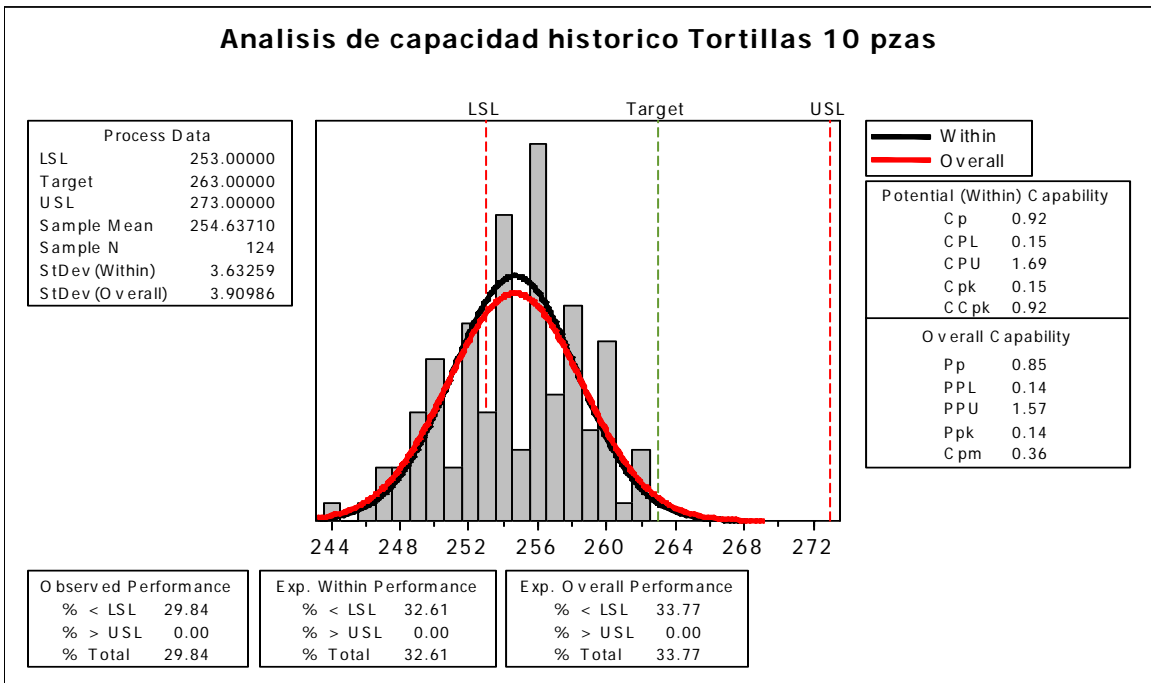


Figura 38. Análisis Preliminar de Capacidad de Proceso en paquetes de 10 tortillas

En la Figura 40 se muestra el Análisis de Capacidad de Proceso de tortillas de 20 piezas, el 58.95% de los productos se encuentra por debajo del Límite Inferior de Especificación.

El proceso no tiene un comportamiento normal, tiene un comportamiento bimodal, el primer pico puede deberse a fallas en el contador/ apilador ya que como se indico anteriormente se dan paquetes con menos tortillas y al hacer el muestreo es posible que se tomaran dichos paquetes.

En el segundo pico se observa que su media esta cercana al objetivo, la desviación estándar es de 14.153, aunque en la figura 38 se observa que el proceso esta bajo control estadístico, en la figura 39 se muestra que el proceso no es capaz pues tiene un C_p de 0.39 y un C_{p_k} de -0.03 .

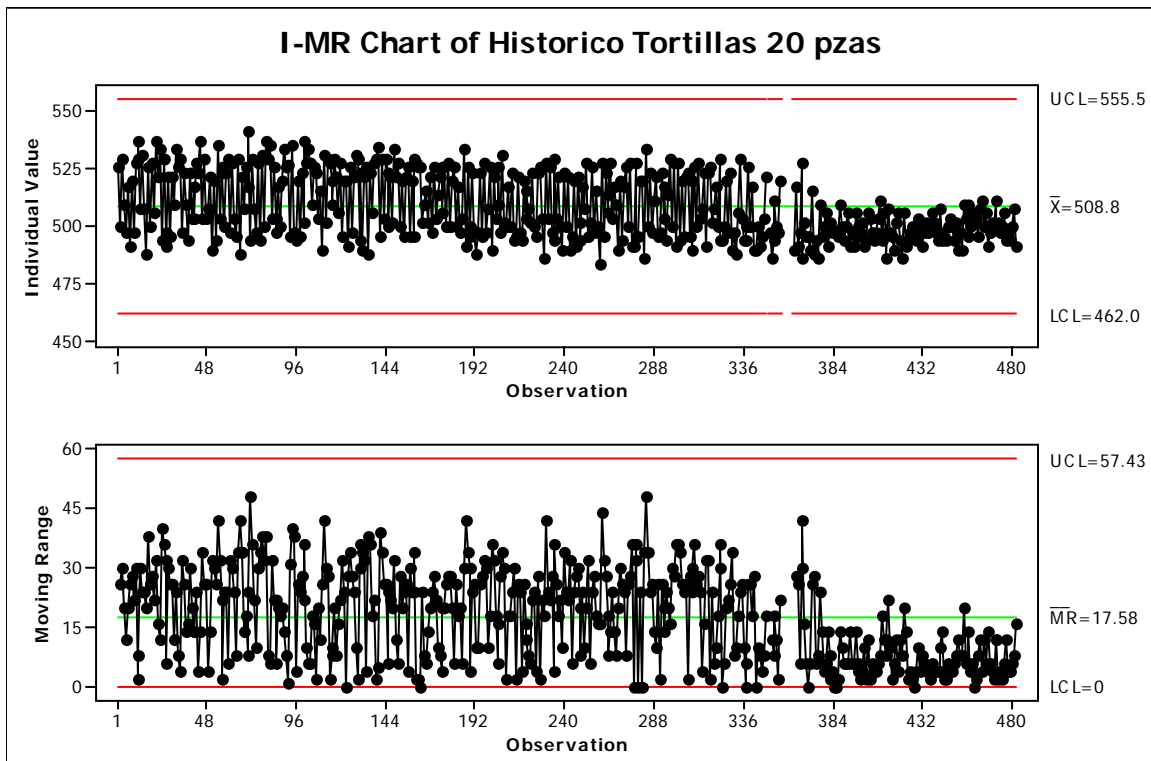


Figura 39. Gráfico de Control de Peso Preliminar en paquetes de 20 piezas

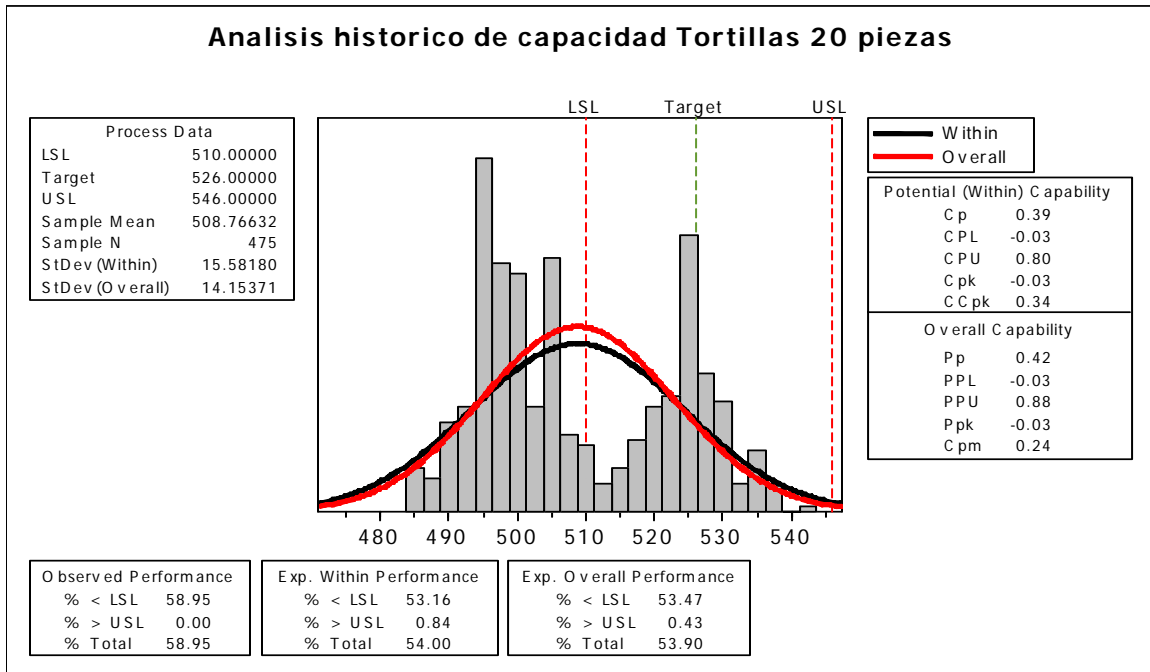


Figura 40. Análisis preliminar de Capacidad de Proceso en paquetes de 20 tortillas

b) Etapa de transición:

A continuación se presentan en el Cuadro 9 los resultados obtenidos de las Gráficas de Control (figura 41) y Análisis de Capacidad de proceso (figura 42) en la etapa de transición en la implantación del control estadístico de procesos. En esta etapa, se decidió reducir el peso de dividido de 29.37 g a 28 g en base a los resultados obtenidos en el estudio preliminar con el fin de disminuir la media del proceso y así tratar de que el límite inferior de control sea el peso declarado.

PRODUCTO	DESDEV. STD	LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN			LÍMITES DE CONTROL				
		C _p	C _{pk}	29	28	27	28.982	28.4	27.824
Dividido	0.393	0.85	0.53	29	28	27	28.982	28.4	27.824
Tortillas 10	6.53	0.89	0.5	273	263	253	265.58	249.9	234.2
Tortillas 20	8.37	0.41	0.12	546	526	510	503.43	493.7	483.96

Cuadro 9. Resultados de la etapa de transición

Al hacer una comparación de los límites obtenidos en la etapa preliminar y en la etapa de transición se observa el cambio drástico en la segunda etapa que paso de un peso promedio de 29.372 g en la etapa preliminar a un peso promedio de 28.403 g. En el caso de los rangos el límite superior se redujo desde 2.296 hasta 1.813, visualizándose así un mejor control de la operación.

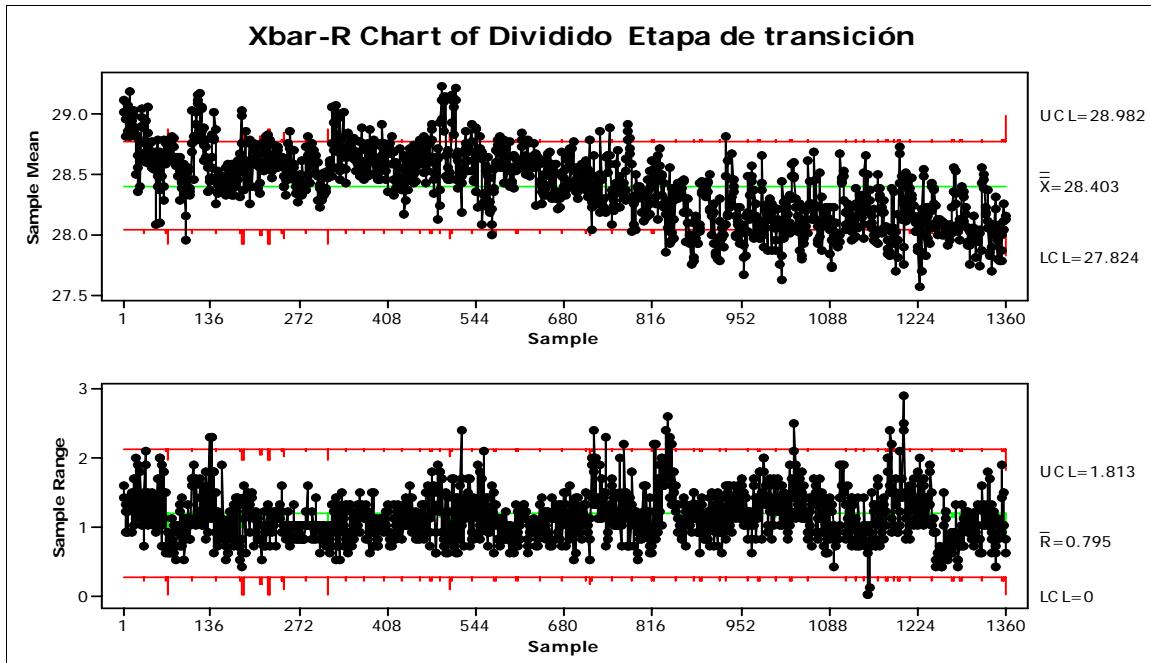


Figura 41. Gráfico de control de peso dividido etapa de transición.

En la figura 40 se muestra la Gráfica de Control X-R del proceso de dividido en la etapa de transición; no se observa ningún tipo de control estadístico, esto se debe a que en un principio se empezó a dividir a 29.36 g pero después se decidió dividir a 28 g con el fin de reducir la media del proceso.

En la figura 40 se visualiza el momento del cambio de peso cerca del punto 800 donde antes de este punto el proceso se encuentra por encima de la media del proceso y después de este cambia hacia el lado inferior, ajustándose el comportamiento del gráfico.

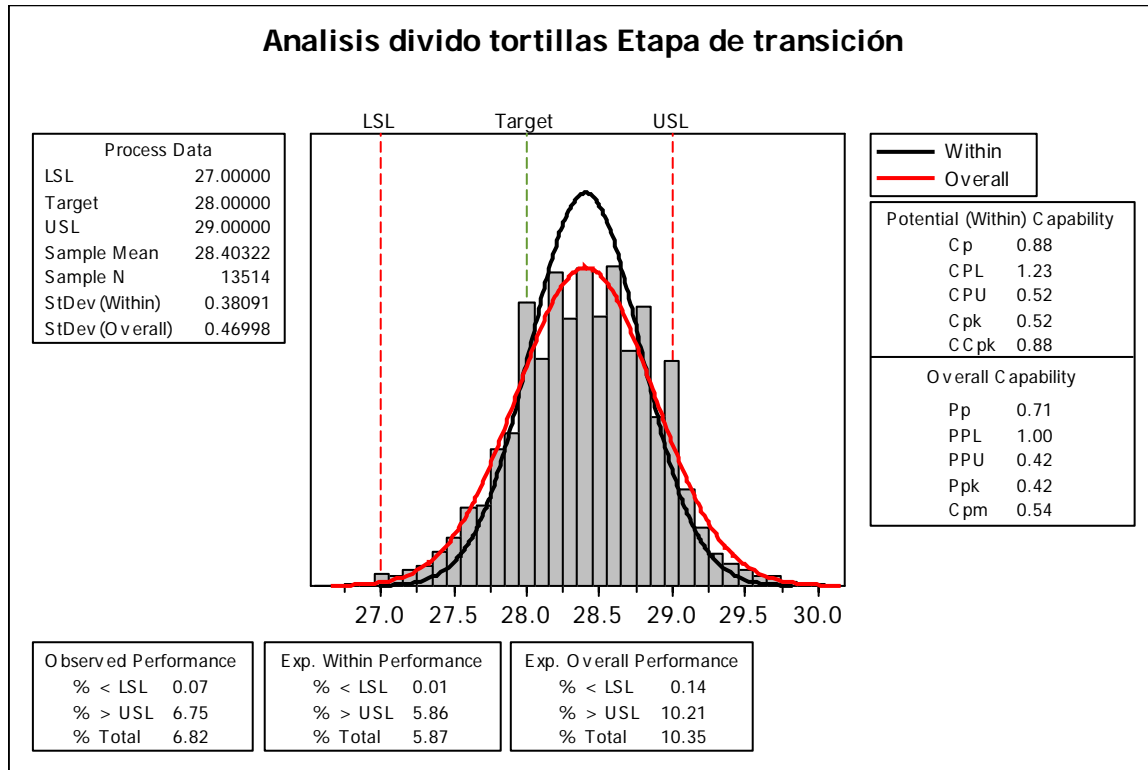


Figura 42. Análisis de Capacidad de procesos dividido etapa de transición

En la figura 42 se muestra el Análisis de Capacidad de Procesos en la operación de dividido de la etapa de transición.

Se observa como se va centrando el proceso al tener una media 28.4032 y una desviación estándar de 0.469, el Cp se va acercando a la unidad (0.88), sin embargo, el C_{pk} es de 0.52, el 6.82 % de los productos están fuera de los límites de especificación de los cuales el 6.75 % esta por arriba de lo tolerado.

El análisis indica que el proyecto en este momento ya esta surtiendo efecto, pero no tiene validez pues el proceso como se mostró en la figura 41 no se encuentra bajo control estadístico.

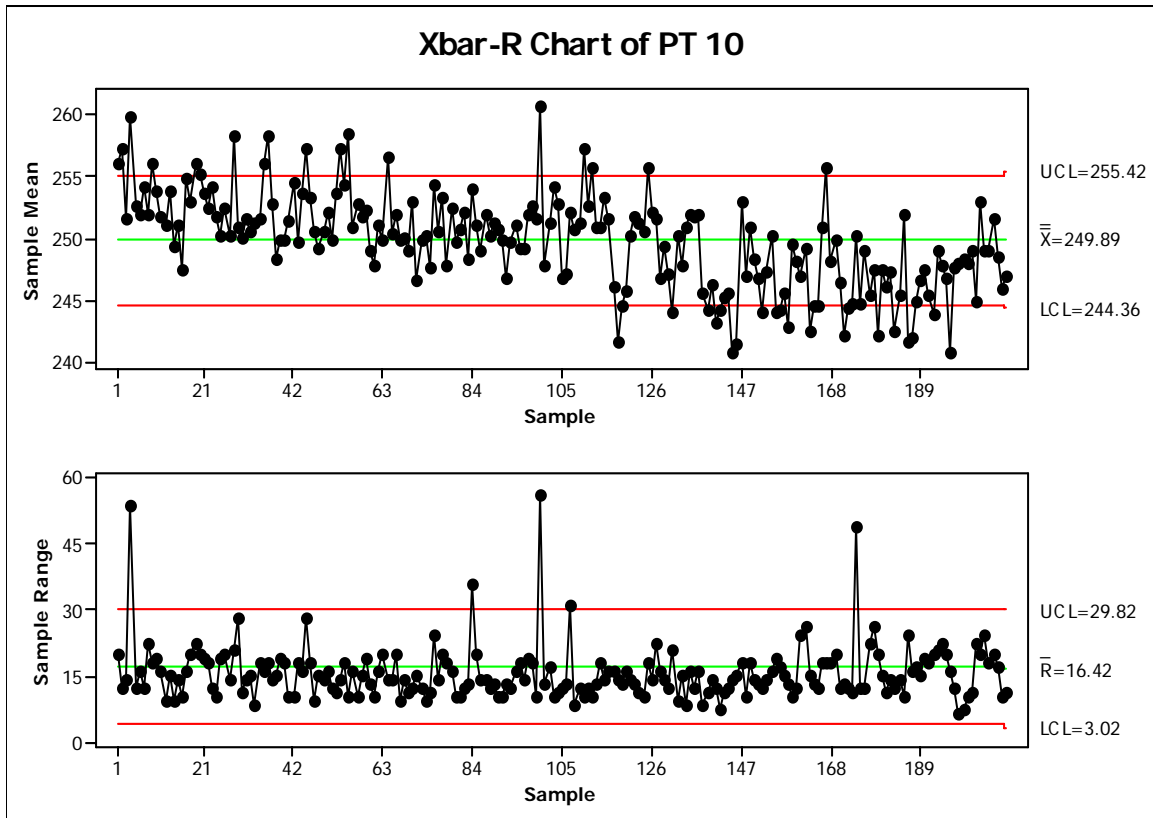


Figura 43. Gráfico de control de peso de paquetes de tortillas de 10 piezas etapa de transición

En la figura 43 se muestra la Gráfica de Control X-R de paquetes de tortillas de 10 piezas. Al tener el peso de producto terminado como una variable de respuesta se observa cómo a partir del punto 127 en la gráfica de promedios se redujo el peso del producto terminado; antes de este punto el proceso se encontraba por encima de la línea central de control que es de 249.89 g y a partir del mismo punto se encuentra por debajo.

El proceso no se encuentra bajo control estadístico ya que las modificaciones en peso de dividido es la causa asignable de variación, en la gráfica de rangos se puede observar que también existen 5 puntos fuera de los Límites de Control esto debido a que se tiene bastante diferencia ente los pesos muy altos y los pesos demasiado bajos, se piensa que esto es inherente a la etapa de transición en donde los operadores se adaptan al nuevo peso.

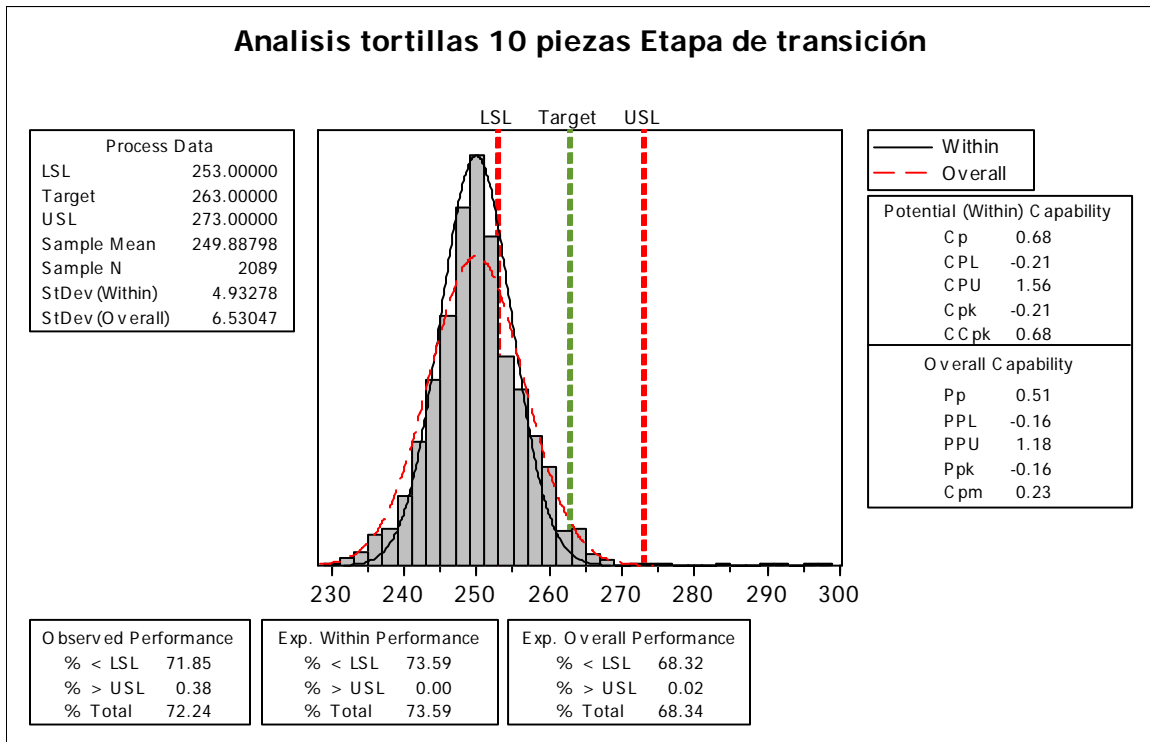


Figura 44. Análisis de Capacidad de procesos paquetes de tortillas 10 piezas etapa de transición

En la figura 44 se muestra el Análisis de Capacidad de Proceso en los paquetes de tortillas de 10 piezas en la etapa de transición, se observa como cambio el comportamiento del proceso en comparación con los estudios preliminares, tiene un comportamiento normal y la media del proceso se movió hacia la izquierda del límite inferior de control como una respuesta a la disminución del peso en el dividido, el 72.24 % se encuentra fuera de los límites de especificación del cual 71.85 % esta por debajo del límite inferior de especificación.

El 0.38% de los datos son mayores a 273 g, esto se debe a que los contadores / apiladores pueden llegar a dar paquetes con más tortillas (1-4 tortillas), la desviación estándar aumenta de 3.909 hasta 6.53 debido a la reducción de peso en el dividido. Los Cp y Cpk aumentaron al aumentar la desviación estándar y moverse la media del proceso fuera de los límites de especificación.

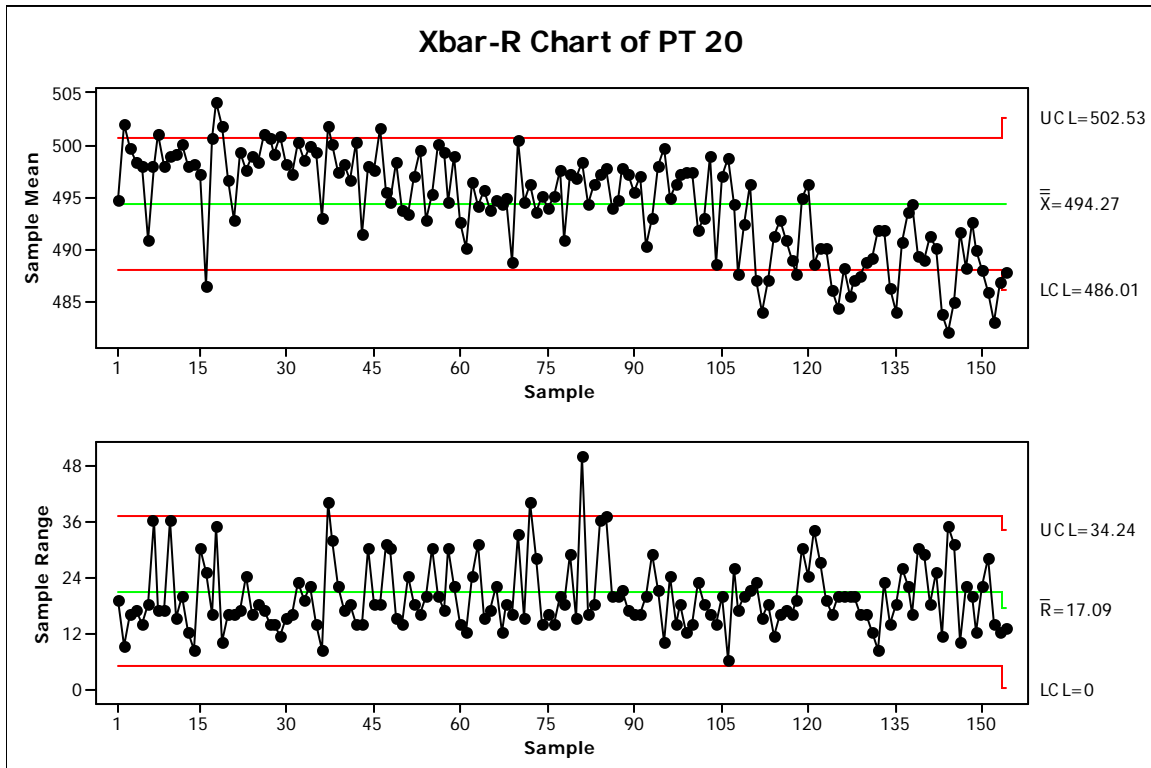


Figura 45. Gráfico de control de peso en paquetes de tortillas de 20 piezas etapa de transición

En la figura 45 se muestra la Gráfica de Control X-R de paquetes de 20 piezas de tortillas. En esta gráfica se visualiza el momento del cambio de peso en el dividido a partir del punto 108 donde el proceso se mueve hacia la parte inferior de la línea central de control.

Por lo anteriormente expuesto, el proceso no se encuentra bajo control estadístico pues existen muchos puntos fuera de los Límites de Control en las gráficas de promedios y de rangos. Estos resultados fueron temporales en lo que los operadores se adaptaban a las nuevas condiciones del proceso.

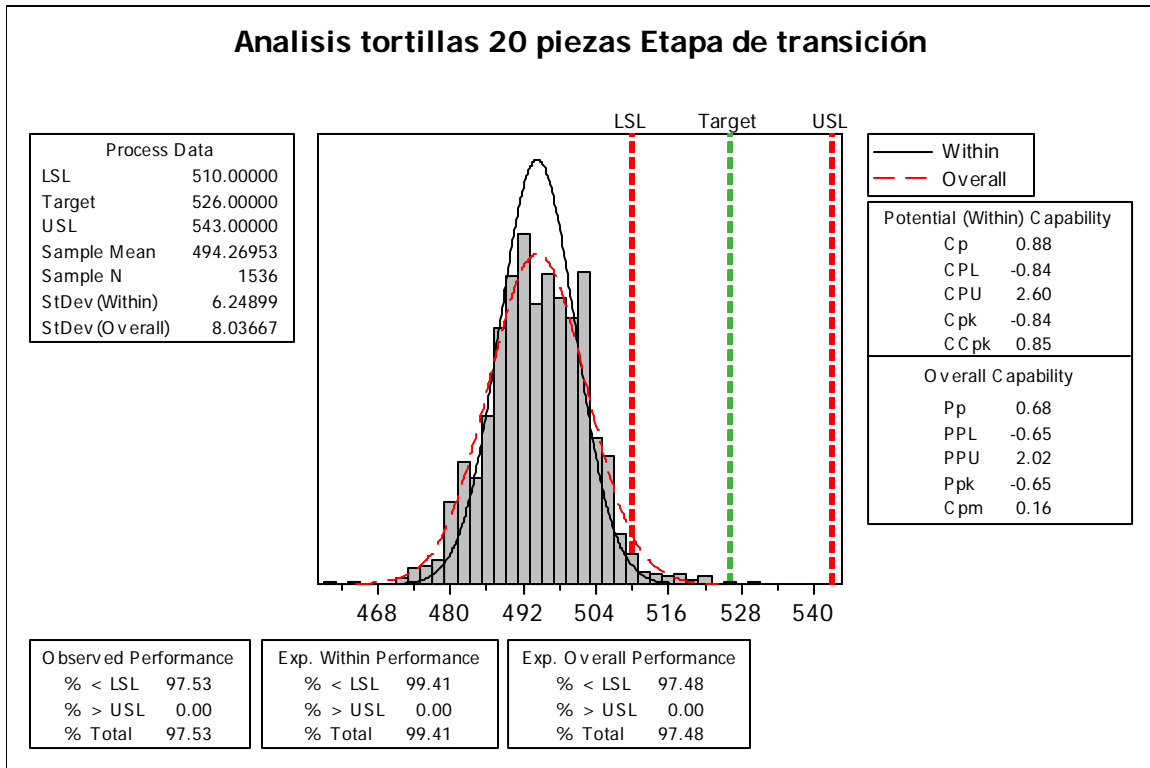


Figura 46. Análisis de capacidad de procesos paquetes de tortillas 20 piezas etapa de transición

En la figura 46 se muestra el Análisis de la Capacidad de Proceso en los paquetes de tortillas de 20 piezas en la etapa de transición, el comportamiento del proceso ya no es bimodal (figura 40), ahora ya tiene un comportamiento normal.

La desviación estándar disminuyó al poner más atención en los paquetes que contenían tortillas de más, la media del proceso disminuyó al disminuir el peso de dividido, el Cp aumento de 0.39 a 0.88 al disminuir la amplitud del proceso, pero al mismo tiempo al mover el valor de la media y ubicarla fuera de los límites de especificación el C_{pk} disminuyó drásticamente desde un valor de -0.003 hasta un valor de -0.84.

Cerca del 98 % de los datos se encuentra por debajo del límite inferior de especificación, lo que provoca que se solicite un cambio en las especificaciones.

c) Etapa de control

Se puede hablar de un control en la operación de dividido al haber ya superado la etapa de transición. A continuación se presentan en el Cuadro 10 los resultados obtenidos de Gráficas de Control (figura 47) y análisis de Capacidad de proceso (figura 48) en esta etapa.

PT	DESV. STD	CP	CPK	LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN			LÍMITES DE CONTROL		
				LSE	OBJ	LIE	LSC	C	LIC
Tortillas DIV TOTAL	0.372	0.9	0.85	29	28	27	28.701	28.058	27.416
Tortillas 10	4.629	0.8	0.8	265	255	245	263.41	250.41	237.4
Tortillas 20	6.708	1.23	1.23	530	510	490	500.63	491.9	483.17

Cuadro 10. Resultados de la etapa de control

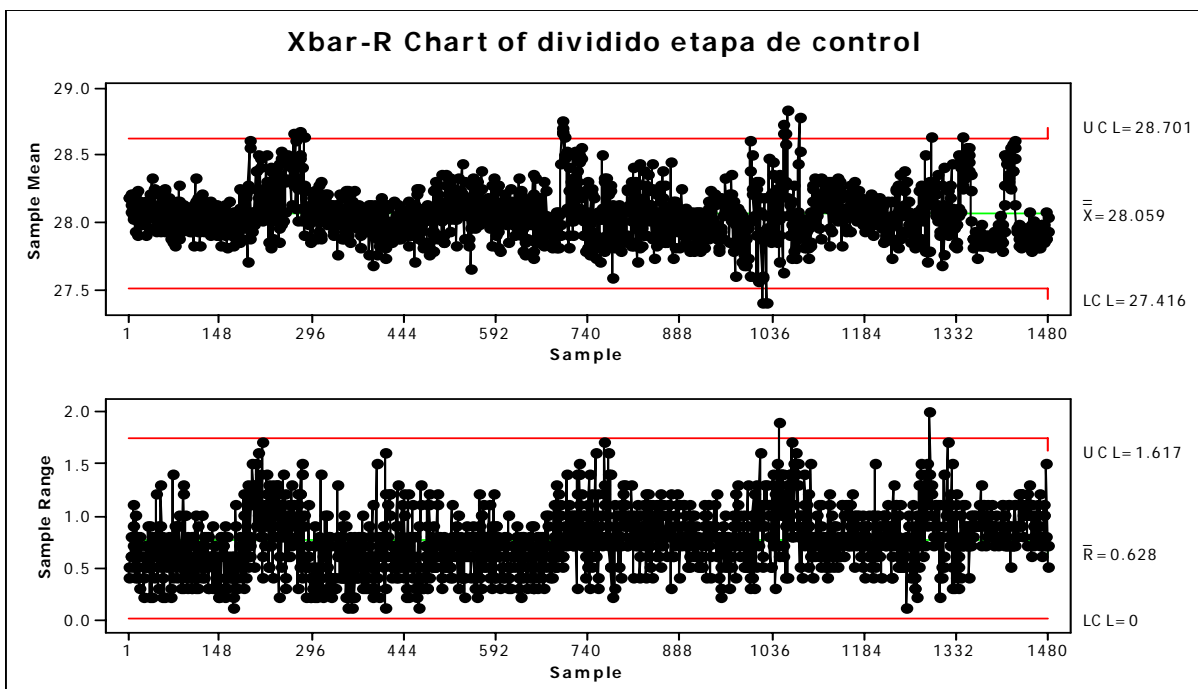


Figura 47. Gráfico de control en dividido en la etapa de control

En la figura 47 se presenta la Gráfica de Control X-R del proceso de dividido en donde se observa que, después de la etapa de transición y con operadores ya adaptados a las nuevas condiciones de operación, el proceso se encuentra bajo control estadístico al tener solo 14 puntos de 1480 fuera de los límites en la gráfica de promedios, y en la gráfica de rangos 2 puntos. Cabe hacer la aclaración de que aunque bibliográficamente un punto fuera de los límites significa que el proceso no esta en control, en la práctica se determinó que al haber tantos datos (1480) un punto es poco representativo (.0007 %) del total de los datos y esto pudo ser consecuencia de causas inherentes al proceso, es decir, causas no asignables de variación.

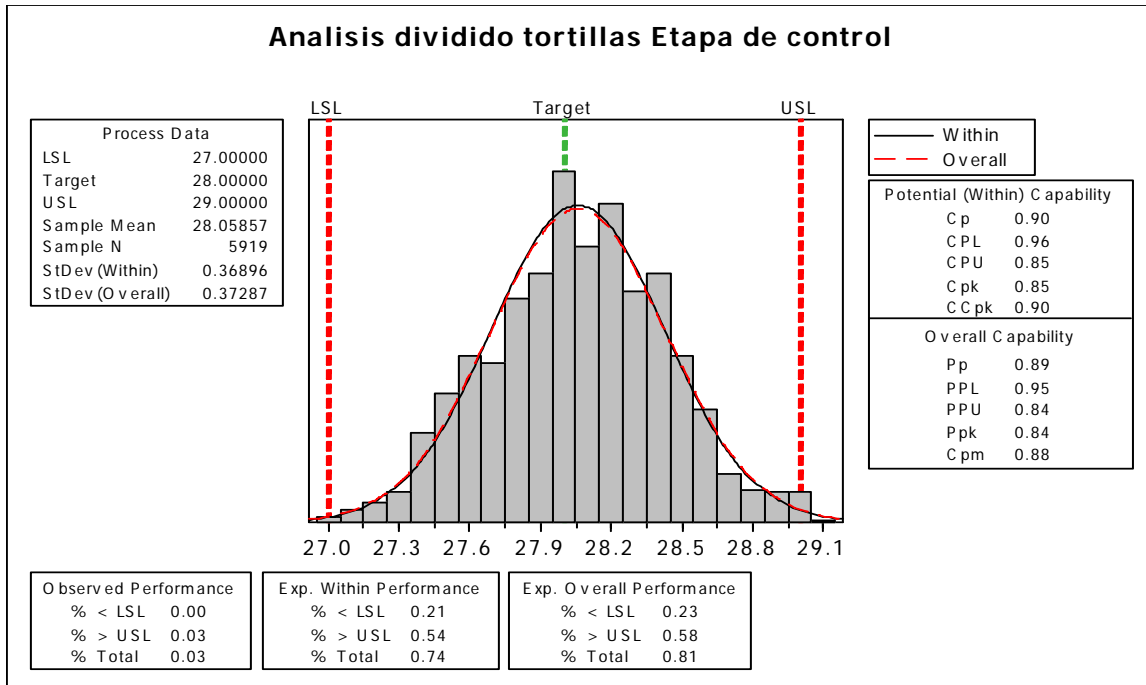


Figura 48. Análisis de capacidad de proceso dividido etapa de control

En la figura 48 se presenta el análisis de la Capacidad de proceso en el dividido en la etapa de control, se observa cómo el proceso tiene un comportamiento normal y se encuentra centrado con una media de 28.058, motivo por el cual el C_{pk} aumentó de 0.52 a 0.85; la desviación estándar paso de 0.4969 a 0.372 lo que indica que la amplitud del proceso disminuyó, por esto es que el C_p aumentó de 0.88 a 0.90.

Solamente el 0.03 % de los datos se encuentran por encima de los límites de especificación.

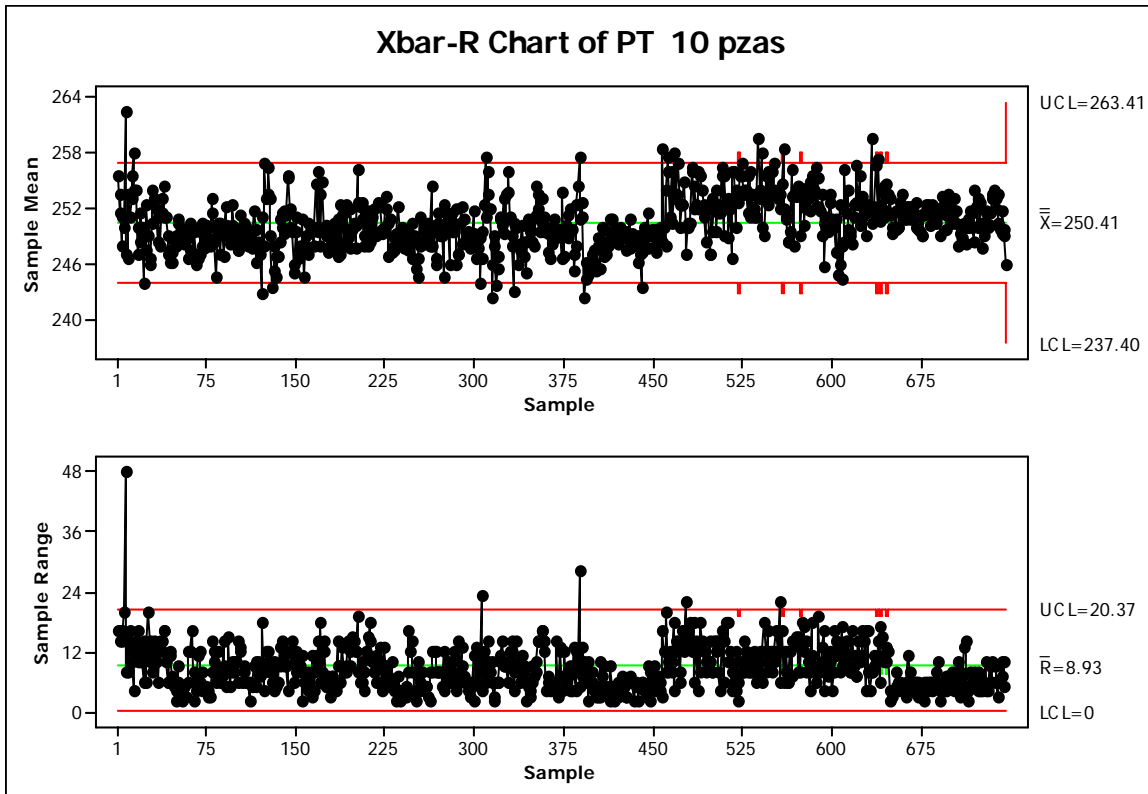


Figura 49. Gráfico de control de peso de paquetes de tortillas de 10 piezas etapa de control

En la figura 49 se presenta la Gráfica de Control X-R de los paquetes de tortillas de 10 piezas en la etapa de control, se observa que, a pesar de que el proceso de dividido, ya se encuentra bajo control estadístico, todavía existen muchos puntos fuera de los Límites de Control, esto se debe a que influyen también otras variables en el proceso como son:

- Calidad de la harina
- Nivel de llenado uniforme de la tolva de alimentación a las divisoras
- La etapa de comales
- La etapa de enfriamiento

Por lo que es necesario controlar esas variables para que se tenga un proceso mejor controlado.

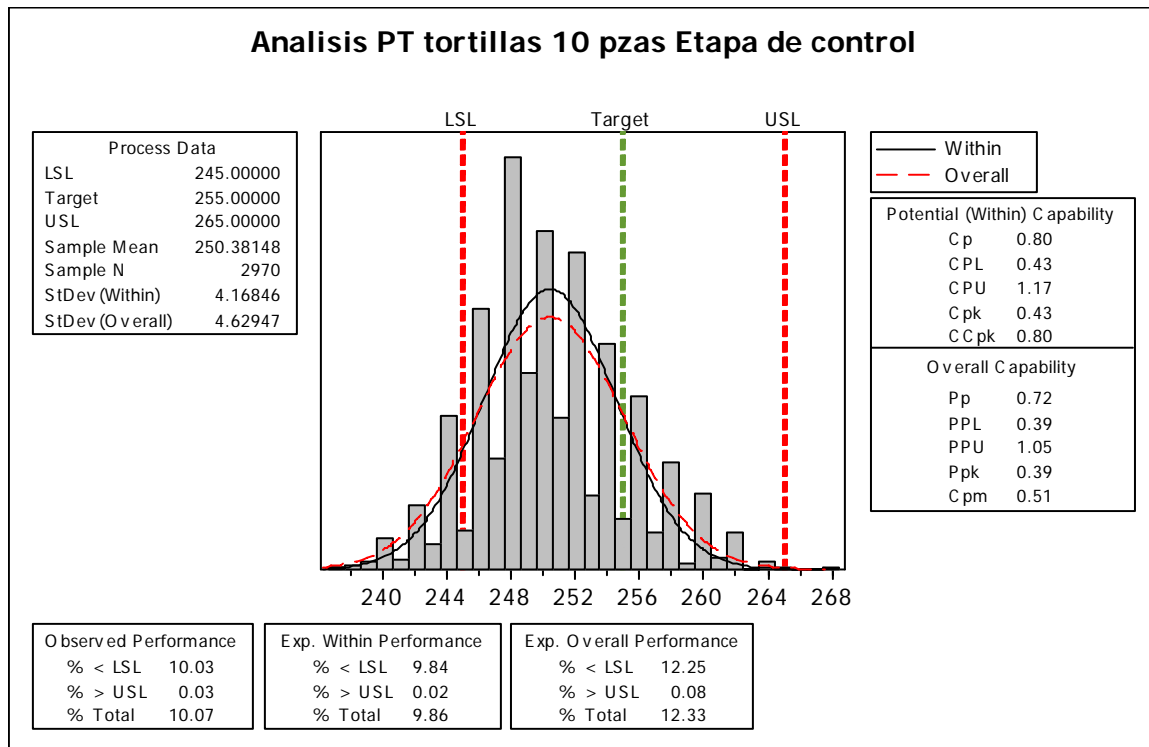


Figura 50. Análisis de capacidad de procesos paquetes de tortillas 10 piezas etapa de control

En la figura 50 se muestra el análisis de Capacidad de procesos en los paquetes de 10 piezas de tortillas, en este momento ya se aceptaron las nuevas especificaciones por lo que los Indicadores de Capacidad aumentaron; el Cp de 0.68 a 0.80 y el C_{pk} de -0.21 a 0.43. Todo esto indica que el proceso no todavía es capaz de cumplir las especificaciones, sin embargo, puede decirse que se mejoró. Aunado a esto la desviación estándar disminuye de 6.53 a 4.62 reduciendo así la amplitud del proceso.

Además, disminuyó la cantidad de productos fuera de los límites de especificación de 71.85 % en la etapa de transición hasta 10.03 % en la etapa de control.

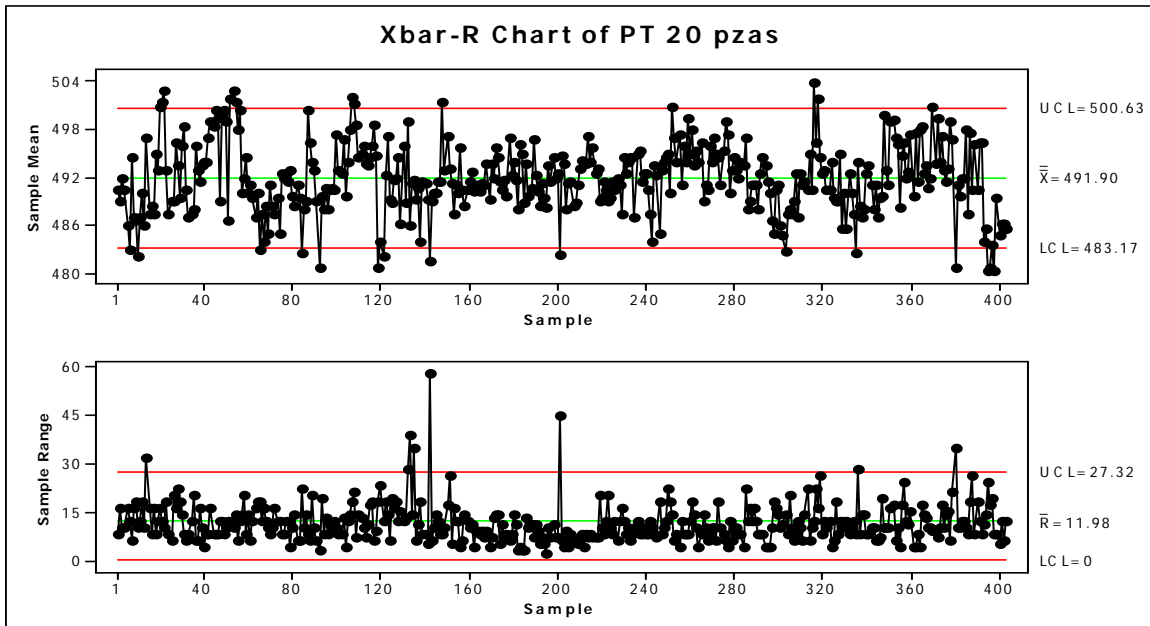


Figura 51. Gráfico de control de peso de paquetes de tortillas de 20 piezas etapa de control

En la figura 51 se presenta la Gráfica de Control X-R de los paquetes de tortillas de 20 piezas en la etapa de control, se observa que, a pesar de que el proceso de dividido ya se encuentra bajo control estadístico, todavía existen muchos puntos fuera de los Límites de Control, por los motivos anteriormente expuestos.

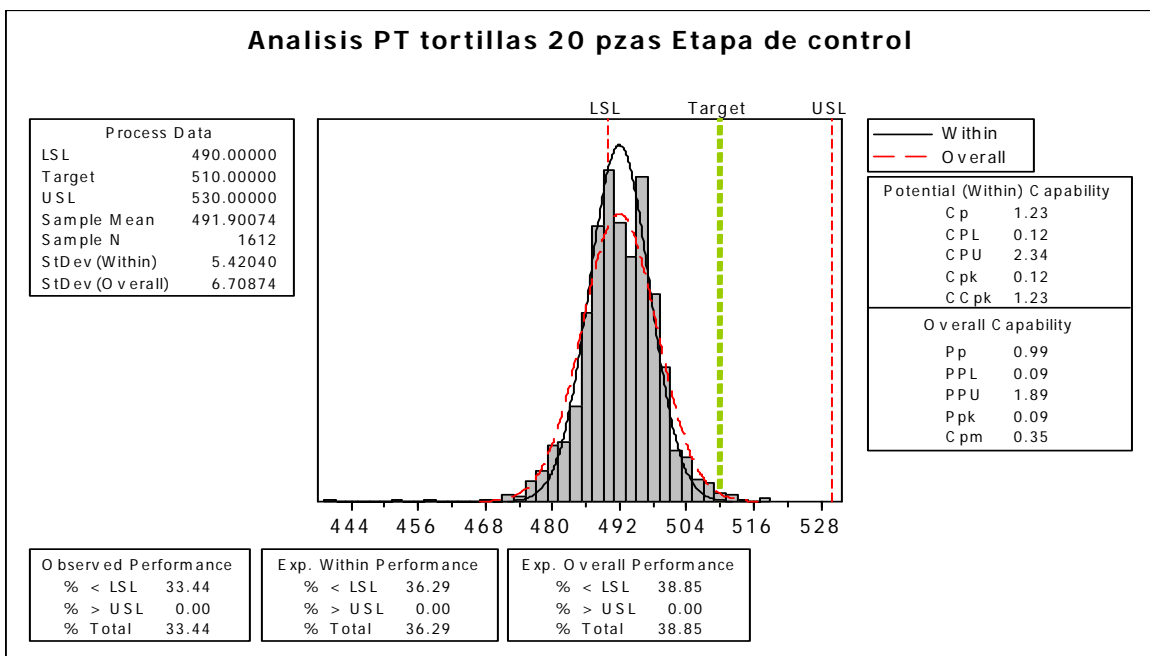


Figura 52. Análisis de capacidad de procesos paquetes de tortillas 20 piezas etapa de control

En la figura 52 se muestra el Análisis de la Capacidad de Proceso en los paquetes de tortillas de 20 piezas en la etapa de control, se observa que a pesar de que cambiaron las especificaciones el proceso aun sigue descentrado con una media de 491.9 g y el peso objetivo es de 510 g por lo que el Cp_k sigue estando por debajo de la unidad (0.12). La desviación estándar es de 6.70 a comparación de la etapa de transición que fue de 8.03 por lo que se disminuye la amplitud del proceso y, por consiguiente, aumenta el Cp de 0.88 hasta 1.23 indicando erróneamente que el proceso es capaz a pesar de que el proceso no esta centrado, sin embargo, puede hablarse de una mejora.

3.4. Comparativo de las 3 etapas:

A continuación se presenta una comparación de las diferentes etapas en cuanto a Desviación Estándar, Peso Promedio, Cp y Cp_k . Lo que hace visualizar fácilmente los avances y mejoras del proyecto.

3.4.1. Comparación de desviación estándar

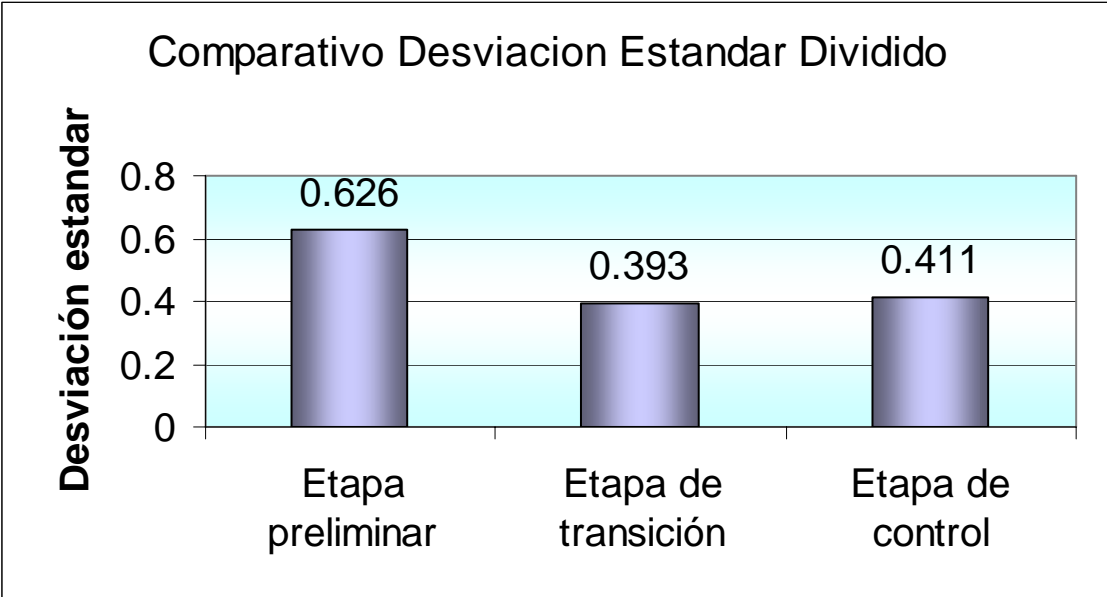


Figura 53. Gráfico comparativo de desviación estándar

En la figura 53 se presenta un gráfico comparativo de la desviación estándar en las diferentes etapas del proyecto, se observa cómo disminuye de 0.626 hasta un 0.411. Aunque en la etapa intermedia hay una menor desviación estándar se le atribuye a la vigilancia estricta en la que se encontraba el proceso, ya en la etapa de control se aminoró dando como resultado una relajación de los operadores.

3.4.2. Comparación de peso promedio

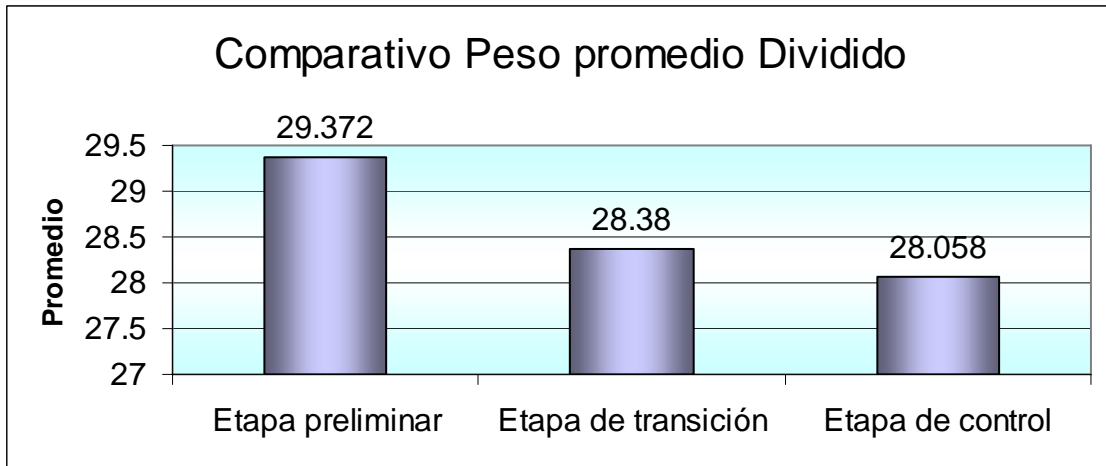


Figura 54. Gráfico comparativo de peso promedio

En la figura 54 se presenta un gráfico comparativo del peso promedio, se observa cómo paulatinamente va disminuyendo desde un promedio de peso de 29.372 g hasta 28.058 g, lo que muestra el acercamiento de la media al peso objetivo (28 g).

3.4.3. Comparación de Cp

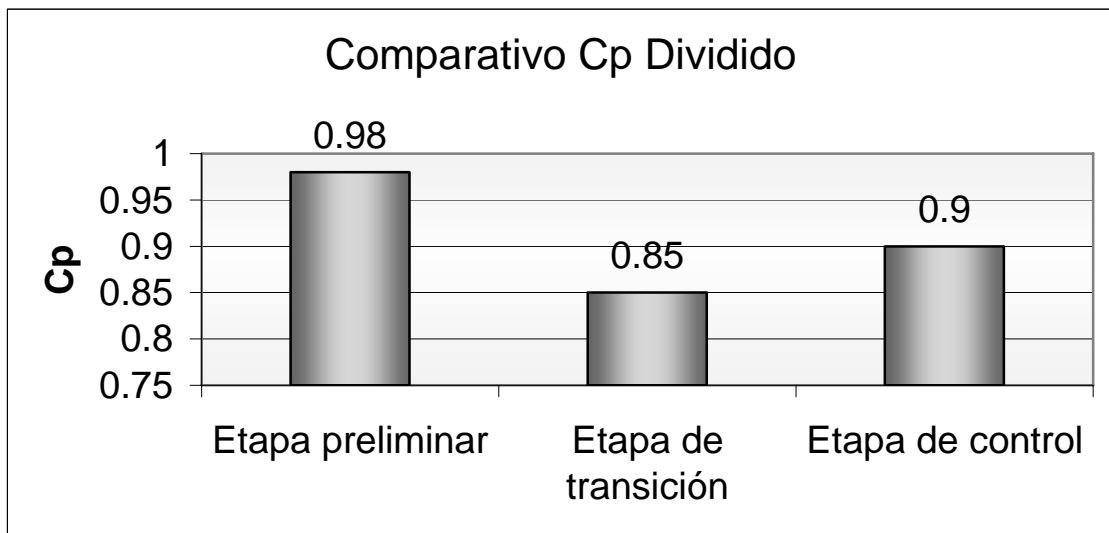


Figura 55. Gráfico comparativo de Cp

En la figura 55 se presenta el Gráfico de Comparación del Cp donde el valor más alto es el de la etapa preliminar lo que hace pensar que, cuando se hizo el estudio preliminar los operadores inventaron los datos, después viene la etapa de transición donde el Cp es de 0.85 pues la amplitud del proceso era muy grande al hacer cambios de peso.

Por último, en la etapa de control el Cp se incrementa hasta dar un valor de 0.9, aunque es un valor que indica que el proceso no es capaz de cumplir las especificaciones (un proceso capaz debe tener un Cp mayor a 1) se puede decir que con un poco más de vigilancia se puede mejorar.

3.4.4. Comparación de Cp_k

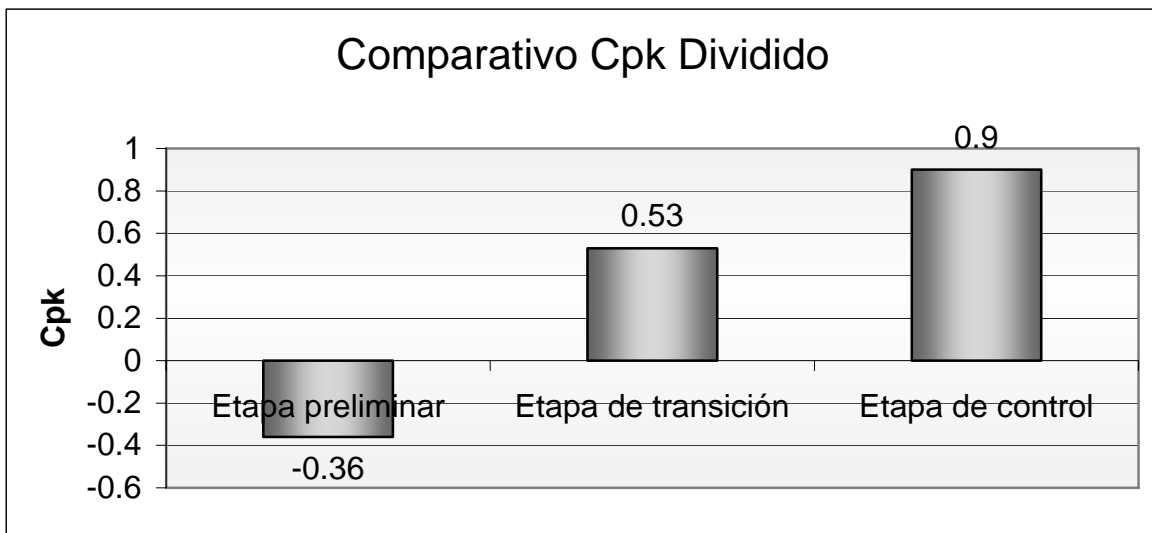


Figura 56. Gráfico comparativo de Cp_k

En la figura 56 se visualiza la mejora en los índices de Cp_k donde en la etapa preliminar se tenía un Cp_k de -0.36 porque el proceso no estaba centrado, en la etapa de transición empezó a verse la mejora al tener un Cp_k de 0.53, el resultado final se vio en la etapa de control donde el proceso ya estaba centrado y el Cp_k tuvo una resultante de 0.9, aunque es un valor poco aceptable desde el punto de vista de Capacidad de Procesos, se observa que se está en el camino de la mejora y que solo es cuestión de reducir la variabilidad.

3.5. Beneficios económicos.

En todo proyecto siempre se buscan obtener beneficios económicos cuantificables, en este caso el beneficio económico se obtuvo con la reducción de la variación y control de la variable peso al disminuir el costo por unidad fabricada ya que se aumentó la cantidad de producto elaborado con la misma cantidad de materia prima.

PT	AUMENTO DE PAQUETES	PROD. MENSUAL	COSTO POR UNIDAD	AHORRO MENSUAL	LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN			LÍMITES DE CONTROL		
					LSE	OBJ	LIE	LSC	C	LIC
TORTILLAS PROM INICIAL	77.575	3638	\$ 6.5	\$1,834,416	29	28	27	29.77	29.37	28.97
TORTILLAS PROM FINAL					28.75	28.09	27.43			

Cuadro 11 Ahorro mensual estimado a partir de la disminución y control de peso

Una vez que, el proceso se encontró en control estadístico y las variaciones no fueron considerables y se logró disminuir peso del producto hasta donde el propio proceso lo permitió (sin salirse de los límites de especificación), se calculó el beneficio real obtenido, utilizando el Cuadro 11 pero con el peso del producto (disminuido) real.

Podemos determinar un beneficio económico estimado utilizando como guía el cuadro anterior el cual ejemplifica una base de cálculo para cuantificar los ahorros potenciales y el impacto económico que tendrá el implementar el CEP en la elaboración de tortillas de harina. En donde el costo por unidad fabricada de producto será un estimado a partir del costo actual del producto en el mercado que es alrededor de \$6.⁵⁰ pesos por paquete de 10 piezas de tortillas.

Para conocer la cantidad de paquetes de tortillas que se obtienen por masa se debe conocer la cantidad de masas que se elaboraron en el mes, cada una de las cuales pesa alrededor de 500 Kg.

Al conocer el peso promedio con el cual se están elaborando las tortillas, y considerando que se venden en paquetes con presentación de 10 piezas se hace el cálculo de cuantos paquetes se elaboran por masa.

Ejemplo.

$$X \text{ paq}/\text{masa} (\text{peso inicial}) = \left(\frac{500 \text{ Kg}}{1 \text{ masa}} \right) \left(\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) \left(\frac{1 \text{ tortilla}}{29.37 \text{ g}} \right) \left(\frac{1 \text{ paquete}}{10 \text{ tortillas}} \right) = 1702.417 \text{ paq}/\text{masa}$$

$$X \text{ paq}/\text{masa} (\text{peso final}) = \left(\frac{500 \text{ Kg}}{1 \text{ masa}} \right) \left(\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) \left(\frac{1 \text{ tortilla}}{28.09 \text{ g}} \right) \left(\frac{1 \text{ paquete}}{10 \text{ tortillas}} \right) = 1779.992 \text{ paq}/\text{masa}$$

$$\left[X \text{ paq}/\text{masa} (\text{peso inicial}) \right] - \left[X \text{ paq}/\text{masa} (\text{peso final}) \right] = \text{Cantidad de paquetes aumentados por masa}$$

$$\begin{array}{l} \text{Cantidad de} \\ \text{paquetes} \\ \text{aumentados} \\ \text{por masa} \end{array} = \left(1702.417 \text{ paq}/\text{masa} \text{ inicial} \right) - \left(1779.992 \text{ paq}/\text{masa} \text{ final} \right) = 77.575 \text{ paq}/\text{masa}$$

El beneficio económico se calcula de la siguiente forma:

$$\left(\text{Cantidad de paq aumentados}/\text{masa} \right) (\text{costo unitario}) (\text{masas producidas mensualmente}) = \$$$

$$\left(77.575 \text{ paq}/\text{masa} \right) \left(\$6.5 \text{ pesos}/\text{paquete} \right) \left(3638 \text{ masas}/\text{mes} \right) = \$1,834,416.02 \text{ pesos}/\text{mes}$$

CONCLUSIONES

1. Actuar implicó introducir el Control Estadístico de Procesos (CEP) como método de estandarización esto se logró a través de la implementación de los Gráficos de Control en los puestos de trabajo promoviendo así una cultura estadística en la toma de datos y el análisis de los mismos.
2. Al implementar el CEP en la línea de proceso se proporcionó confianza a la operación describiendo la amplitud de la variabilidad inherente al proceso, sin inspeccionar al cien por cien las tortillas fabricadas.
3. Al evaluar el proceso se utilizan primero los Gráficos de Control seguidos del Análisis de la Capacidad de Procesos (C_p y C_{p_k}), y no se pueden ver de forma aislada ya que ambos se complementan.
4. El software estadístico Minitab® versión 14 permitió agilizar el análisis de los datos, es importante poner énfasis que, aunque puede ser elevado el costo de la adquisición de este programa, sus beneficios son grandes al tener funciones específicas para el control de la calidad de una empresa tales como (Diagramas de Pareto, Diagramas de Causa y Efecto, Diagramas de dispersión, Diagramas de correlación, Gráficas de control por Variables y por Atributos, Estudios R&R, etc).
5. Con base a los objetivos propuestos se concluye que fueron cubiertos en su totalidad:
 - Al disminuir la desviación estándar desde 0.626 hasta un valor de 0.411 lo que representa una reducción de poco más de 34% logrando así evitar productos con pesos muy dispersos y alejados del valor objetivo para tenerlos con una distribución más uniforme.
 - Al disminuir el peso promedio que pasó de 29.372 g. hasta un peso de 28.058 g. lo que representó una reducción de alrededor del 4.5% incrementando así la cantidad de producto elaborado por la misma cantidad de materia prima utilizada sin afectar la calidad del producto y cumpliendo con la NOM-002-SCFI-1993 de contenido neto.
 - En cuanto a la Capacidad de Procesos, en el caso del indicador de C_p se tuvo un valor de 0.98 en la etapa preliminar después del CEP un valor de 0.9 indica que la amplitud del proceso aumento, pero se tiene que ver paralelamente con el indicador de C_{p_k} ya que de pasar de un proceso completamente descentrado con un C_{p_k} de -0.36 paso a un C_{p_k} de 0.9, lo que indica que el proceso quedó centrado y puede hablarse de un avance.
 - En la situación actual donde el proceso esta en control estadístico, pero no alcanza a cubrir los límites de especificación porque están muy abiertos y los valores de las capacidades están ligeramente por debajo a 1, en este

caso se tendrán que cerrar más los límites de especificación, ajustando nuevamente el proceso en el caso de que se saliera de control.

6. A pesar de llevar la etapa de dividido de tortillas hacia un proceso bajo control estadístico es importante controlar otras etapas tales como comales y enfriadores para llegar a reducir y mejorar la amplitud del proceso, por ello se tiene que eliminar todas las causas asignables de variación en dichas etapas.
7. Las Herramientas Básicas del Control de Calidad disminuyen considerablemente los desperdicios, es notable la reducción de costos de manufactura y operación al aumentar en alrededor de 77 unidades la cantidad de paquetes obtenidos por masa elaborada sin afectar la calidad del producto y cumpliendo con las normas de contenido neto, también minimiza la inspección al pasar de un muestreo de 10 unidades hasta 4 unidades por hora debido a la reducción de la variabilidad en el proceso, como queda ejemplificado en el capítulo III.
8. La presente metodología está abierta a utilizarse como base no solo en el control estadístico de peso, si no también en el control de distintas variables o atributos relacionados al producto o al proceso mismo.

n	X			S					R				
	A	A ₁	A ₂	C ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	d ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.1213	3.7599	1.8806	0.5642	0	1.8429	0	3.2664	1.128	0	3.687	0	3.2686
3	1.7321	2.3937	1.0231	0.7236	0	1.8583	0	2.5682	1.693	0	4.357	0	2.5735
4	1.5000	1.8799	0.7285	0.7979	0	1.8079	0	2.2659	2.059	0	4.699	0	2.2822
5	1.3416	1.5959	0.5768	0.8407	0	1.7567	0	2.0895	2.326	0	4.918	0	2.1144
6	1.2247	1.4100	0.4833	0.8686	0.0261	1.7111	0.0300	1.9700	2.534	0	5.078	0	2.0039
7	1.1339	1.2766	0.4193	0.8882	0.1045	1.6719	0.1176	1.8824	2.074	0.205	5.203	0.0758	1.9242
8	1.0607	1.1750	0.3726	0.9027	0.1670	1.6384	0.1850	1.8150	2.847	0.387	5.307	0.1359	1.8641
9	1.0000	1.0942	0.3367	0.9139	0.2189	1.6089	0.2395	1.7605	2.970	0.546	5.394	0.1838	1.8162
10	0.9487	1.0382	0.3082	0.9227	0.2612	1.5842	0.2830	1.7170	3.078	0.687	5.469	0.2232	1.7768
11	0.9045	0.9726	0.2851	0.9300	0.2994	1.5606	0.3219	1.6781	3.173	0.812	5.534	0.2559	1.7441
12	0.8660	0.9253	0.2658	0.9359	0.3302	1.5416	0.3529	1.6471	3.258	0.924	5.592	0.2836	1.7164
13	0.8321	0.8842	0.2494	0.9410	0.3593	1.5227	0.3818	1.6182	3.336	1.026	5.646	0.3076	1.6924
14	0.8018	0.8482	0.2353	0.9453	0.3842	1.5064	0.4064	1.5936	3.407	1.121	5.693	0.3290	1.6710
15	0.7746	0.8162	0.2231	0.9490	0.4062	1.4918	0.4281	1.5719	3.472	1.207	5.737	0.3476	1.6524
16	0.7500	0.7876	0.2123	0.9523	0.4273	1.4773	0.4487	1.5513	3.532	1.285	5.779	0.3638	1.6362
17	0.7276	0.7618	0.2028	0.9551	0.4446	1.4656	0.4655	1.5345	3.588	1.359	5.817	0.3788	1.6212
18	0.7071	0.7384	0.1943	0.9576	0.4606	1.4546	0.4810	1.5190	3.640	1.426	5.854	0.3918	1.6082
19	0.6882	0.7170	0.1866	0.9599	0.4765	1.4433	0.4964	1.5036	3.689	1.490	5.888	0.4039	1.5961
20	0.6708	0.6974	0.1796	0.9619	0.4900	1.4338	0.5094	1.4906	3.735	1.548	5.922	0.4145	1.5855
21	0.6547	0.6792	0.1733	0.9638	0.5042	1.4234	0.5231	1.4769	3.778	1.606	5.950	0.4251	1.5749
22	0.6396	0.6625	0.1675	0.9655	0.5170	1.4140	0.5354	1.4646	3.819	1.659	5.979	0.4344	1.5656
23	0.6255	0.6469	0.1621	0.9670	0.5278	1.4062	0.5458	1.4542	3.858	1.710	6.006	0.4432	1.5568
24	0.6124	0.6324	0.1572	0.9684	0.5385	1.3983	0.5561	1.4439	3.895	1.759	6.031	0.4516	1.5484
25	0.6000	0.6188	0.1526	0.9696	0.5467	1.3925	0.6538	1.4362	3.931	1.804	6.058	0.4589	1.5411

Anexo 1. Tabla de factores para el cálculo de límites de control para variables

14650RA.

Estudio de peso SEMIPRODUCTO Tortilla TR

		HORA							
MUESTRA		7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	1:00	2:00
1	1	28.2	28.4	27.2	28.8	27.7	28.2	27.6	28.1
	2	28.4	28.8	28.3	29.0	28.4	28.1	28.2	28.5
	3	28.8	28.6	28.7	29.3	28.5	28.1	27.9	29.0
	4	29.4	28.2	28.3	29.4	27.8	28.6	28.6	29.1
SUMA		114.8	114.0	112.5	116.5	112.4	113.0	112.3	114.7
PROMEDIO		28.7	28.5	28.1	29.1	28.1	28.2	28.0	28.6
RANGO		1.2	0.6	1.5	0.6	0.8	0.5	1.0	1.0

Gráfico de promedios

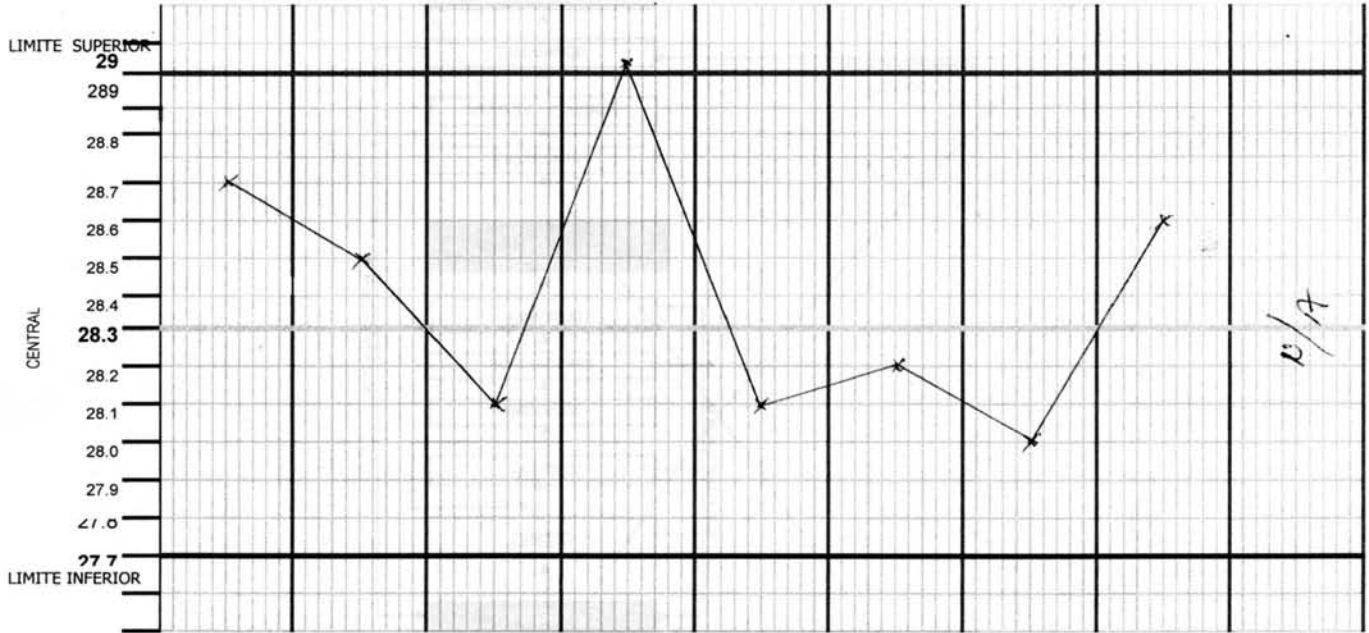
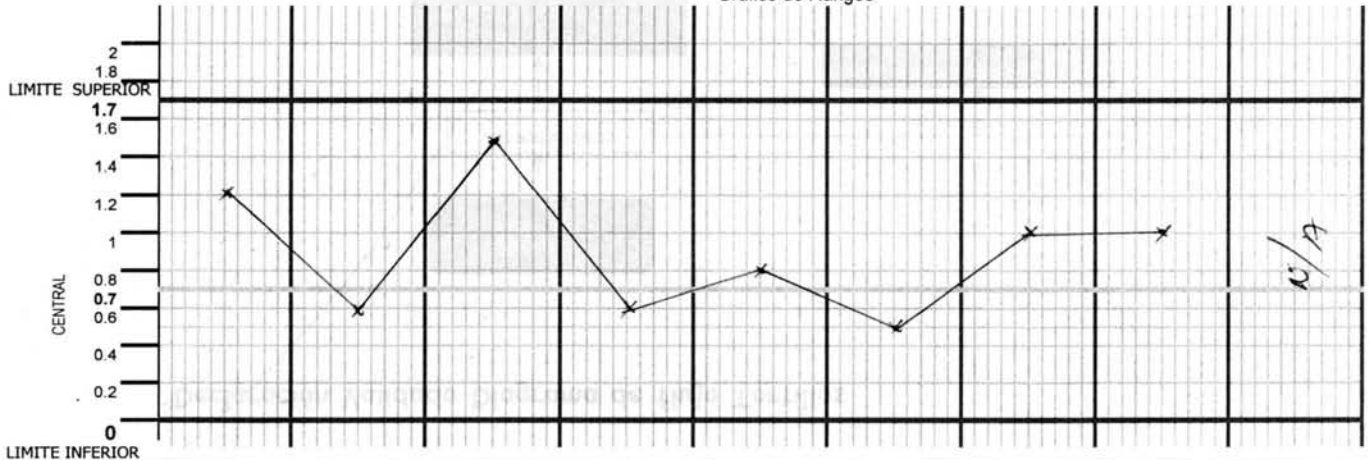


Gráfico de Rangos



Fecha	Línea	Turno	Producto	Inspecciono
21-10-05	P1-3	10	T. FROSA	I. A. H.

Anexo 2. Gráfico de control llenado por el operador

BIBLIOGRAFÍA

1. Amsden, Butler, Control Estadístico de Procesos Simplificado, Ed. panorama, 1ª ed. 1993.
2. Bañuelas, R, Antony, J, Critical success factors for the implementation of six sigma projects, Journal of Quality Assurance, Vol. 14 No. 20, 2002
3. Bartés A, Métodos Estadísticos, Control y Mejora de la Calidad, Grupo editorial Alfaomega, México, 2000.
4. Besterfield D, Control de calidad, cuarta edición, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A, 1995.
5. Castro M, El mercado de la bollería industrial y la masa congelada en México, Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX), 2005.
6. CONACYT, Proyecto de tortilla de harina de trigo sin conservadores para exportación al mercado Asiático, Clave del Proyecto EFCE, 2005.
7. Crosby P, La Calidad no Cuesta. CECSA. México. 1987.
8. Dudek-Burlikowska, Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process Cp, Cpk, Journal of Materials Processing Technology, 2005.
9. GEA, Estudio estratégico para elevar la competitividad y el desarrollo sustentable de la cadena productiva del sector trigo harina –pan, pastas y galletas, 2003
10. Grant L, Control Estadístico de Calidad, Compañía editorial continental S.A de C.V., 5ª edición , México, 1986.
11. INEGI, Encuesta Industrial Mensual, Volumen y valor de producción por clase de actividad y productos, tortillas de harina, 2005.
12. Juran, J. M, Análisis y planeación de la calidad, 3ª Ed. Ed. McGraw Hill, México, 1995.
13. Kelekci N. N., S. Pascut and R. D. Waniska*, The Effects of Storage Temperature on the Staling of Wheat Flour Tortillas, Journal of Cereal Science 37, 2003.
14. Kenett, Estadística Industrial Moderna, Ed Thomson, México, 2000.
15. Manual del usuario del software estadístico, FutureSQC®, 2005.

16. Manual Meet MINITAB® versión 14, Minitab Inc. 2003.
17. Montgomery D, Control Estadístico de la Calidad, 3ª edición, Ed Limusa-Wiley, México, 2004.
18. Montgomery D. Diseño y Análisis de Experimentos. Ed. Iberoamérica. México. 1991.
19. Motorcu A.R, Güllü A, Statistical process control in machining, a case study for machine tool capability, Materials and design 27, 2006.
20. NOM-002-SCFI-1993, Productos preenvasados-contenido neto tolerancias y métodos de verificación.
21. Pande P, Neuman R, Cavanagh R, Las Claves Prácticas de Seis Sigma. Una guía dirigida a los equipos de mejora, Ed. Mc Graw Hill, 2004.
22. Pérez B, Lineamientos generales para el control del departamento de producción de una fabrica elaboradora de galletas, Tesis de licenciatura en Ingeniería en Alimentos UNAM, 1996.
23. Pérez C, Control Estadístico de la Calidad (Teoría. Practica y aplicaciones informáticas SAS, STATGRAPHICS, MINITAB, SPSS), Ed Ra-ma, Madrid España, 1999.
24. Pola M, Aplicación de la estadística al Control de Calidad. Marcombo Boixareu editores, España,1993.
25. Reporte Anual de grupo BIMBO S.A. de C.V, BMV, 2004.
26. Rey S, Técnicas de resolución de problemas, criterios a seguir en la producción y mantenimiento. FC Editorial. Madrid España, 2003.
27. Rivera V, Calidad integral y su gestión en el sector agroalimentario, Editorial De la UPV, Valencia España, 2002.
28. Rodríguez T, Evaluación del empleo de Carboxil metil celulosa de sodio y dos tensoactivos en la elaboración de tortilla de maíz, Tesis de licenciatura en Ingeniería en Alimentos UNAM, 1996.
29. Rojas M, Evaluación del efecto de la congelación por aire en las propiedades texturales de masa y tortilla elaborada con harina de maíz nixtamalizado, Tesis de licenciatura en Ingeniería en Alimentos UNAM, 2001.
30. Sandholm L, Control Total de Calidad, ed Trillas, México D.F, 1995.

31. San German Sampablo E, Aplicación de emulsificantes y polisacáridos en tortillas de harina de trigo, Tesis de licenciatura en Ingeniería en Alimentos UNAM. 2002.
32. Serna S, Manufactura y Control de Calidad de productos basados en cereales, AGT Editor, S.A., México, 2003.
33. Scherkenback W, La ruta Deming, Hacia la Mejora Continua, Ed CECSA, 1994.
34. Vázquez T, Aplicación de CEP a una empresa productora de detergentes, Tesis de licenciatura en Ingeniería Química UNAM, 2002.