

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO PARA LA VARIABLE PESO EN LA LÍNEA DE PAN DE BIMBO DE VENEZUELA, C. A., PLANTA GUARENAS

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Ochoa R., Yenia O.
Para optar al Título
de Ingeniero Químico

Caracas, 2005

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO PARA LA VARIABLE PESO EN LA LÍNEA DE PAN DE BIMBO DE VENEZUELA, C. A., PLANTA GUARENAS

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Armando Vizcaya
TUTOR INDUSTRIAL: TSU Wilmer Hernández

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Ochoa R., Yenia O.
Para optar al Título
de Ingeniero Químico

Caracas, 2005

MENCIÓN HONORÍFICA

Los abajo firmantes, miembros del Jurado Examinador del Trabajo Especial de Grado de la Bachiller **OCHOA RODRIGUEZ, Yenia Oscarina**. (C.I. V-14.601.910), Titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO PARA LA VARIABLE PESO EN LA LINEA DE PAN DE BIMBO DE VENEZUELA, C.A., PLANTA GUARENAS**”, dejamos constancia de que el nivel del trabajo en lo que respecta a su ejecución, presentación y utilidad de los resultados ameritó que se le asignara la máxima nota obtenible: **(20) Veinte puntos**. Así mismo, hemos decidido concederle **MENCIÓN HONORÍFICA** como un reconocimiento a la excelencia del trabajo realizado. En él, presenta un trabajo que se destaca por el extremo cuidado puesto en la repetibilidad y precisión de los resultados, lo que le permitió hacer un análisis estadístico comparativo para la variable peso en una línea de producción. Con el soporte de los valores obtenidos permite un importante ahorro para la empresa donde realizó su trabajo, demostrando así la importancia del estudio estadístico de proceso.

Caracas, 10 de Noviembre de 2005


AIMEE RAMOS


JOHNNY VASQUEZ


ARMANDO VIZCAYA

Caracas, noviembre de 2005

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Química, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller titulado:

“Diseño e implementación de un sistema de control estadístico de proceso para la variable peso en la línea de pan de Bimbo de Venezuela, C. A., planta Guarenas”

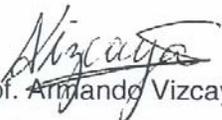
Consideran que el mismo cumple con los requerimientos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Químico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Johnny Vásquez
Jurado



Profa. Aimeé Ramos
Jurado



Prof. Armando Vizcaya
Tutor Académico



TSU Wilmer Hernández
Tutor Industrial

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, por proporcionarme fe, ya que todo en este mundo debe realizarse con ella al lado.

A mis padres, Oscar y Luisa, mis hermanas Luisana y Luisa Elena, por su apoyo, comprensión y cariño.

A mis tías Carmen y Morella, por darme cobijo en su hogar, quererme como una hija y siempre estar dispuestas a ayudarme.

A Pedro González por su amor y por creer siempre en mí.

A Johanna Mora, mi amiga, por darme ánimo en los momentos de depresión.

Al Ingeniero Jesús Olivares y al TSU Wilmer Hernández, por depositar su confianza en mí para la realización de este proyecto y quienes en todo momento estuvieron dispuestos a ayudarme.

Al personal colaborador de la línea de pan de Bimbo de Venezuela, C. A., y en especial al Maestro José Martínez y a Edward Ramírez, por estar dispuestos a ayudarme en todas las pruebas que ejecuté en la línea.

Al profesor Armando Vizcaya por su paciencia y apoyo en la realización de este proyecto.

Al profesor Johnny Vásquez por estar dispuesto a prestarme ayuda.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo, a todos ellos, muchas GRACIAS.

DEDICATORIA

A mis padres, Oscar y Luisa, quienes siempre han tenido el sueño de verme como una gran profesional y han dado todo por mi y mis hermanas.

A Víctor Alejandro, mi ahijado, primo y hermanito, a quien el futuro le depara un gran y hermoso destino.

Ochoa R., Yenia O.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO PARA LA VARIABLE PESO EN LA LÍNEA DE PAN DE BIMBO DE VENEZUELA, C. A., PLANTA GUARENAS

Tutor Académico: Prof. Armando Vizcaya. Tutor Industrial: TSU Wilmer Hernández. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería Química. Año 2005, 196 p.

Palabras Claves: Control de la Calidad, Control Estadístico de Procesos, Bimbo de Venezuela, pan.

Resumen. En la actualidad el Ingeniero Químico debe tener una formación integral y contar con las herramientas necesarias que lo ayuden a optimizar los procesos y lograr el mejoramiento continuo de los mismos, manteniendo los niveles requeridos de calidad. Entre las herramientas que permiten lograr un nivel óptimo de calidad se encuentra el control estadístico de la calidad, el cual se ejecuta a través del control estadístico de procesos.

El proyecto presentado en este trabajo de grado tiene por objeto elaborar un sistema de control estadístico de peso en la línea de pan de Bimbo de Venezuela, con la finalidad de lograr el control y reducir la variación de peso de los productos de dicha línea, la cual ocasiona pérdidas económicas a la empresa relacionadas con la pérdida de la calidad de los productos. Para lograr este objetivo se realizó un análisis de las causas que afectan la variación de peso de los productos divididos y terminados, haciendo uso de herramientas estadísticas, como las cartas de control, histogramas de frecuencias, diagramas de Pareto y diagramas de causa – efecto; dicho análisis permitió idear cambios en los estándares o condiciones del proceso, que contribuyeron con la reducción de la variación del peso de los productos

divididos de pan, desde 18.77 g hasta 8.40 g, lo que a su vez se manifestó en la disminución de las pérdidas económicas incurridas en el producto dividido de pan de \$ 24,226.63 a \$ 14,870.15.

A pesar de la reducción de la variabilidad de los pesos del producto dividido, el proceso, para la totalidad de los productos, no se encuentra en estado de control, por lo que no fue posible realizar un estudio de capacidad, excepto para el pan Blanco 650 g Bimbo, el cual sí mostró síntomas de control estadístico por carecer de patrones no aleatorios y puntos fuera de los límites de control; sin embargo, el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones fijadas por el Grupo Bimbo, para el pan Blanco 650 g Bimbo, por presentar índices de capacidad, tanto real como potencial menores a la unidad.

Para lograr la continuidad del sistema de control estadístico de peso, se recomienda realizar un análisis empleando las cartas de precontrol para el producto dividido de pan y llevar un registro automático de los pesos del producto terminado, con lo que se reducirá el nivel de desconfianza sobre la data reportada en esta sección de la línea.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
I.2. OBJETIVOS.....	4
I.2.1. Objetivo General.....	4
I.2.2. Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
II.1. LA ELABORACIÓN DEL PAN EN BIMBO DE VENEZUELA, C. A.....	6
II.2. LA CALIDAD Y LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS.....	9
II.3. CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD.....	12
II.4. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.....	12
II.5. DISTRIBUCIÓN NORMAL DE PROCESOS INDUSTRIALES.....	13
II.5.1. Variabilidad de los procesos industriales.....	13
II.5.1.1. Causas de la variación.....	14
II.5.1.2. Función de pérdida de la calidad de Taguchi.....	16
II.5.2. Análisis del proceso mediante la distribución normal.....	17
II.5.3. Propiedades descriptivas de la distribución normal.....	19
II.6. TÉCNICAS PARA MEJORAR LA CALIDAD.....	21
II.6.1. Histogramas de frecuencia.....	21
II.6.1.1. Pasos para la elaboración de histogramas.....	22
II.6.1.2. Ventajas de los histogramas.....	23

II.6.1.3. Limitaciones de los histogramas.....	23
II.6.2. Diagrama de Pareto.....	24
II.6.3. Diagrama de causa efecto.....	25
II.6.3.1. Procedimiento de elaboración de diagramas de causa – efecto.....	26
II.6.3.2. Sugerencias al momento de emplear los diagramas de causa – efecto.....	27
II.6.4. Cartas de control.....	27
II.6.4.1. Técnicas empleadas en las gráficas de control.....	31
II.6.4.2. Determinación de los parámetros de las cartas de control por variables de promedio – rangos X – R.....	35
II.7. ESTADO DE CONTROL.....	37
II.7.1. Un proceso que está bajo control.....	37
II.7.2. Cuándo un proceso está fuera de control.....	39
II.7.3. Análisis de una condición fuera de control.....	42
II.8. CAPACIDAD DEL PROCESO.....	45
II.8.1. Límites de control y especificaciones.....	46
II.8.2. Capacidad del proceso y tolerancia.....	47
II.8.3. Índice de capacidad del proceso.....	50
II.8.4. Condiciones para realizar un estudio de capacidad de proceso.....	51
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	52
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	57
IV.1. SITUACIÓN INICIAL DE LA LÍNEA DE PAN EN PRODUCTO DIVIDIDO.....	57
IV.2. SITUACIÓN INICIAL DE LA LÍNEA DE PAN EN PRODUCTO TERMINADO.....	64

IV.3. ANÁLISIS DE CAUSAS DE LA VARIACIÓN DE PESO DEL PRODUCTO DIVIDIDO DE PAN.....	73
IV.3.1. Confirmación de las causas raíz de la variación de peso del producto dividido pan.....	75
IV.3.1.1. Nivel de masa en la tolva.....	76
IV.3.1.2. Presión de trabajo inadecuada.....	77
IV.3.1.3. Temperatura de la masa.....	78
IV.3.1.4. Recuperación de masa.....	79
IV.3.1.5. Pericia del operador.....	80
IV.3.1.6. Refrigeración de los tambores o rodillos alimentadores.....	82
IV.3.1.7. Paradas en la línea de pan.....	83
IV.3.1.8. Dado cortador defectuoso.....	85
IV.3.1.9. Falta del sistema automático de presión y velocidad de la divisora de pan.....	87
IV.3.1.10. Variación de la calidad de la harina.....	88
IV.3.1.11. Problemas de pesadas.....	89
IV.4. ANÁLISIS DE CAUSAS DE LA VARIACIÓN DE PESO DEL PRODUCTO TERMINADO DE PAN.....	91
IV.4.1. Confirmación de las causas raíz de la variación de peso del producto terminado pan.....	93
IV.4.1.1. Desgaste de los rodillos de la modeladora.....	93
IV.4.1.2. Tiempos de movimientos.....	95
IV.4.1.3. Desgaste del cono de la boleadora.....	98
IV.4.1.4. Limpieza de los moldes.....	100
IV.4.1.5. Desgaste de las hojillas de la rebanadora.....	101
IV.4.1.6. Perfil de temperatura en el horno.....	102
IV.4.1.7. Paradas por falta de moldes.....	104

IV.4.1.8. Calidad del aceite desmoldeante empleado.....	105
IV.4.1.9. Falta de estándares en la cantidad de harina para el polvoreo a emplear.....	106
IV.5. DISMINUCIÓN DE LA VARIACIÓN Y CONTROL DE PESO EN LOS PRODUCTOS.....	107
IV.5.1. Implementación de ideas contramedidas.....	109
IV.5.1.1. Falta del sistema automático de presión y velocidad de la divisora de pan.....	110
IV.5.1.2. Falta de condiciones de operación (presión de trabajo inadecuada)	111
IV.5.1.3. Falta de refrigeración de los tambores.....	112
IV.5.1.4. Dado cortador defectuoso.....	113
IV.5.1.5. Paradas en la línea.....	114
IV.6. CARTAS DE CONTROL DE MEDIA Y RANGO (X – R) DE LA VARIABLE PESO EN EL PRODUCTO DIVIDIDO DE PAN.....	117
IV.7. PORCENTAJE DE PRODUCTOS FUERA DE ESPECIFICACIÓN.....	119
IV.8. PÉRDIDAS Y AHORROS ECONÓMICOS DE LA LÍNEA DE PAN GENERADAS POR PRODUCTO DIVIDIDO.....	121
IV.9. RENTABILIDAD DEL PROYECTO.....	122
IV.10. NUEVOS ESTÁNDARES O CONDICIONES DE OPERACIÓN EN LA LÍNEA DE PAN.....	123
IV.11. PLAN DE OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO.....	127
IV.12. CAPACITACIÓN AL PERSONAL.....	129
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	131
V.1. CONCLUSIONES.....	131
V.2. RECOMENDACIONES.....	132

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133
ANEXOS.....	135
Anexo 1: Esquema de la línea de pan de Bimbo de Venezuela, C. A.....	135
Anexo 2: Tablas de distribución normal.....	138
Anexo 3: Tamaño de las muestras según las tablas MIL – STD – 414/Z1.9.....	139
Anexo 4: Constantes de las cartas de control de Promedio – rango.....	139
Anexo 5: Formato para confirmar causas e implementar ideas contramedidas.....	140
Anexo 6: Cartas de control que describen la situación inicial del proceso de la línea de pan en producto dividido.....	142
Anexo 7: Histogramas de frecuencias de los productos divididos de pan en la situación inicial.....	145
Anexo 8: Cartas de control de productos divididos sin perturbación.....	148
Anexo 9: Cartas de control de medias y rangos de los productos terminados de pan en la situación inicial.....	150
Anexo 10: Histogramas de frecuencias de los productos terminados de pan en la situación inicial.....	153
Anexo 11: Diagrama de causa – efecto de las causas de la variación de peso del producto dividido a confirmar.....	156
Anexo 12: Formato para la confirmación de las causas de la variación de peso del producto dividido.....	157
Anexo 13: Diagrama de causa – efecto de las causas de la variación de peso del producto terminado a confirmar.....	162

Anexo 14: Formato para la confirmación de las causas de la variación de peso del producto terminado.....	163
Anexo 15: Formato para la confirmación de las causas de tiempos de movimientos altos.....	171
Anexo 16: Diagrama de Pareto de las causas de las paradas en la línea de pan.....	176
Anexo 17: Condiciones de operación del horno.....	176
Anexo 18: Formato para la implementación de acciones contramedidas a las causas de variación de peso del producto de pan dividido.....	177
Anexo 19: Instructivo de limpieza operacional de la divisora de pan.....	183
Anexo 20: Cartas de control sin puntos fuera de los límites de control.....	184
Anexo 21: Cálculo de los parámetros de la carta de control de medias y rangos para el producto Blanco 650 g Bimbo en dividido de pan.....	186
Anexo 22: Histogramas de frecuencias de los productos divididos de pan.....	188
Anexo 23: Cálculo del tamaño de la muestra en dividido de pan, según exigencias del Grupo Bimbo.....	194
Anexo 24: Hoja de verificación de los estándares del proceso en producto dividido de pan.....	195
Anexo 25: Hoja de datos del producto dividido.....	196

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Representación de la función pérdida de la calidad de Taguchi.....	16
Figura 2: Gráfica de la Distribución Normal.....	17
Figura 3: Propiedades de la Distribución Normal.....	20
Figura 4: Porcentaje de muestras dentro de la Curva de Distribución Normal.....	21
Figura 5: Representación de un Histograma de Frecuencia.....	22
Figura 6: Diagrama de Pareto representativo.....	24
Figura 7: Diagrama de causa – efecto.....	25
Figura 8: Carta de Control representativa.....	28
Figura 9: Patrón natural de variación en una gráfica de control.....	37
Figura 10: Variación estable debida a causas fortuitas.....	39
Figura 11: Carta de control con puntos fuera de los límites de control.....	39
Figura 12: Variación inestable debida a causas asignables.....	40
Figura 13: Patrones fuera de control.....	41
Figura 14: Cambio o salto de nivel en cartas de control.....	42
Figura 15: Carta de control donde se representa una serie.....	43
Figura 16: Carta de control de un proceso cíclico.....	44
Figura 17: Dos poblaciones en una carta de control.....	45
Figura 18: Caso I $6\sigma < USL - LSL$	47
Figura 19: Caso II $6\sigma = USL - LSL$	48
Figura 20: Caso III $6\sigma > USL - LSL$	49
Figura 21: Situación inicial del producto dividido Blanco 650 g Bimbo a través de la carta de control X – R.....	59
Figura 22: Histograma de frecuencias del producto Blanco 650 g Bimbo en la situación inicial.....	60

Figura 23: Situación inicial del producto dividido Blanco 700 g Holsum a través de la carta de control X – R.....	61
Figura 24: Histograma de frecuencias del producto Blanco 700 g Holsum en la situación inicial.....	62
Figura 25: Carta de control del producto dividido Blanco 650 g Bimbo obtenida sin perturbar el proceso.....	63
Figura 26: Histograma de frecuencia del producto dividido Blanco 650 g Bimbo sin perturbación del sistema.....	64
Figura 27: Carta de control de X – R para el producto terminado de pan Blanco 650 g Bimbo.....	66
Figura 28: Histograma de frecuencia para el producto terminado de pan Blanco 650 g Bimbo.....	68
Figura 29: Carta de control de X – R para el producto terminado de pan Blanco 700 g Holsum.....	69
Figura 30: Histograma de frecuencia para el producto terminado de pan Blanco 700 g Holsum.....	70
Figura 31: Causas de variación de peso del producto dividido de pan.....	74
Figura 32: Efecto de la pericia del operador sobre la variación de peso de los productos divididos de pan.....	81
Figura 33: Efecto de las paradas en la línea de pan en la carta de control de Blanco 650 g Bimbo.....	84
Figura 34: Diagrama de causa – efecto de la variación de peso del producto terminado de pan.....	92
Figura 35: Acumulación de rebaba en los rodillos de la modeladora de pan.....	94
Figura 36: Diagrama causa – efecto del problema: Tiempos de movimientos altos.....	97
Figura 37: Generación de rebaba debido al desgaste del cono de la boleadora.....	99
Figura 38: Desviación estándar promedio de producto dividido de pan.....	108
Figura 39: Impacto de las causas confirmadas sobre la variación del peso del producto dividido.....	109

Figura 40: Carta de control de Blanco 650 g Bimbo en estado bajo control.....	115
Figura 41: Histograma de frecuencias de Blanco 650 g Bimbo en estado de control.....	116
Figura 42: Carta de control definida para el producto Blanco 650 g Bimbo.....	118

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Estado inicial de la desviación estándar de los productos divididos de la línea de pan.....	57
Tabla 2: Desviación estándar de los pesos de los productos terminados de pan.....	65
Tabla 3: Porcentaje de productos fuera de especificación en productos divididos y terminados de pan.....	72
Tabla 4: Datos estadísticos del producto Blanco 650 g Bimbo a distintos niveles de masa en la tolva de la divisora de pan.....	76
Tabla 5: Efecto del empleo de diferentes presiones de trabajo en la divisora de pan sobre el peso del producto dividido Blanco 650 g Bimbo.....	77
Tabla 6: Media y desviación estándar de los pesos divididos de muestras de Blanco 650 g Bimbo empleando masas a distintas temperaturas.....	78
Tabla 7: Efecto de la recuperación de masa sobre el peso del producto dividido Blanco 650 g Bimbo.....	79
Tabla 8: Media y desviación estándar de muestras divididas de Blanco 650 g Bimbo con y sin el sistema de refrigeración de los tambores habilitado.....	82
Tabla 9: Comparación entre la media y la desviación estándar de los productos de la línea de pan al presentarse o no paradas en la línea.....	85
Tabla 10: Efectos del dado cortador empleado sobre la variabilidad de los pesos de productos divididos de la línea de pan.....	86
Tabla 11: Efectos del sistema modo de operación de la divisora sobre la media y la desviación estándar de los productos divididos de la línea de pan.....	87
Tabla 12: Desviación de las características de la harina de trigo utilizada en la línea de pan en función de las especificaciones establecidas por Bimbo de Venezuela, C. A.....	88

Tabla 13: Desviación por producto de las pesadas de los ingredientes menores empleados por la línea de pan.....	89
Tabla 14: Efectos de la modeladora en el peso de los productos Blanco 650 g Bimbo y Blanco 700 g Holsum.....	94
Tabla 15: Tiempos de movimientos de la línea de pan.....	96
Tabla 16: Diferencia de peso de productos blancos e integrales boleados y divididos.....	98
Tabla 17: Peso promedio de la rebaba generada por el efecto del desgaste del cono de la boleadora.....	100
Tabla 18: Pérdidas de humedad para el producto Blanco 650 g Bimbo según el tipo de molde empleado.....	101
Tabla 19: Cantidad de morusa generada por pan según el tiempo de uso de las hojillas de la rebanadora.....	102
Tabla 20: Perfiles de temperatura en el horno para el pan Blanco 650 g Bimbo.....	103
Tabla 21: Porcentaje de humedad perdido por muestras de Blanco 650 g Bimbo en el horno de pan.....	104
Tabla 22: Paradas por falta de moldes en la línea de pan.....	104
Tabla 23: Cantidad de aceite desmoldeante empleado según el tamaño del molde.....	106
Tabla 24: Harina empleada para el polvoreo de los productos crudos en la línea de pan.....	107
Tabla 25: Desviación estándar por producto dividido operando en forma automática la divisora de pan.....	110
Tabla 26: Desviación estándar de la línea de pan según la presión de trabajo, de los distintos turnos, en la divisora.....	111
Tabla 27: Temperatura de las piezas de masa en función de la temperatura del sistema de refrigeración.....	112
Tabla 28: Diferencia entre las medias de subgrupos consecutivos (antes y después de las paradas) generadas con y sin reproceso de piezas de masa.....	114
Tabla 29: Porcentaje de productos divididos fuera de especificación.....	119
Tabla 30: Pérdidas económicas incurridas en el producto dividido de pan.....	121

Tabla 31: Ahorros generados por el producto dividido de pan.....	122
Tabla 32: Resultados del análisis económico del proyecto control de peso en la línea de pan de Bimbo de Venezuela, C. A.....	123
Tabla 33: Estándares o condiciones del proceso de dividido.....	124
Tabla 34: Estándares en el producto terminado de pan.....	126
Tabla 35: Porcentaje de data reportada por los divisores de la línea de pan en dos etapas de ejecución del proyecto.....	130

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el papel del Ingeniero Químico en la industria no se limita al área técnica, por lo que debe tener una formación integral y contar con las herramientas necesarias que lo ayuden a lograr la optimización de los procesos y el mejoramiento continuo de los mismos, manteniendo los niveles requeridos de calidad.

Tradicionalmente, cuando se hablaba de calidad en un empresa se refería a la calidad del producto terminado; sin embargo, en los últimos años, este enfoque ha cambiado debido al surgimiento de la “Gestión de la Calidad Total”. Esta nueva tendencia ha llevado a las empresas a extender el concepto de calidad a los procesos de producción e incluso a las áreas administrativas de la misma.

Dentro del concepto de Gestión de la Calidad, la idea de que la calidad costaba mucho dinero ha quedado atrás. Grandes empresas, a nivel mundial, han demostrado que la ausencia de una calidad satisfactoria genera pérdidas, mientras que el mantenimiento de un nivel óptimo de calidad trae consigo toda una cantidad de beneficios.

Para lograr un nivel de calidad óptimo existen un sin número de herramientas, entre las cuales se encuentra el control estadístico de la calidad, el cual se ejecuta a través del control estadístico de procesos.

El control estadístico de procesos es un conjunto de herramientas que permiten la recopilación, estudio y análisis de datos para su utilización en el monitoreo y mejoramiento de la calidad. El proyecto realizado en Bimbo de Venezuela, C. A. centró su atención en el empleo de la estadística, con el fin de lograr el control de peso de la línea de pan.

La investigación se basó en el muestreo de Diet 500 Bimbo, Blanco 500 Bimbo, Blanco 650 Bimbo, Integral 500 Bimbo, Integral 650 Bimbo, Multicereal 500 Bimbo, Ligerito 500 Holsum, Blanco 5000 Holsum, Blanco 700 Holsum e Integral 500 Holsum, productos de panificación producidos en la planta. Dicho muestreo fue realizado de manera aleatoria, tanto en el área de confección (producto dividido) como en la de empaque (producto terminado), con el objeto de extraer muestras representativas que permitieron monitorear la variable de interés: el peso.

La importancia de este proyecto radica en la necesidad, por parte de la empresa, de evaluar la variación de peso en sus productos así como de verificar el cumplimiento de los estándares o especificaciones fijadas y sus posibles mejoras, con el fin de hacerse más competitiva frente a una sociedad cada día más exigente con la calidad de los productos que consume.

La implementación del sistema de control estadístico de procesos en la línea de pan de Bimbo de Venezuela, C. A. permitió la disminución de la variabilidad de los pesos de los productos de panificación en un 57.68%, lo cual condujo a una reducción de las pérdidas económicas debidas al alto porcentaje de productos fuera de especificación de dicha línea.

Para mejorar los resultados obtenidos y lograr la continuidad del proyecto en la planta se recomienda analizar el proceso empleando cartas de precontrol para el producto dividido; llevar un registro automático de la data e involucra a los operadores que conforman las distintas etapas de la línea para el desarrollo del proyecto en el área de producto terminado de pan.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo son expuestos los fundamentos en los que se basa el proyecto; dichos fundamentos contemplan el planteamiento del problema y los objetivos, tanto generales como específicos.

I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Grupo Bimbo, líder mundial de la empresa de la panificación, tiene como visión ofrecer productos de la mejor calidad en sus áreas de producción (pan, galletería y dulces); razón por la cual ha indicado a cada una de sus plantas, como obligatorio, tener bajo control estadístico de peso las distintas líneas de manufactura que las conforman, para así evitar en lo posible las variaciones con respecto a las especificaciones.

Frente a las exigencias del Grupo, en Bimbo de Venezuela, C.A., se presenta la necesidad de evaluar la variación de peso en sus productos para así verificar el cumplimiento de los estándares o especificaciones fijadas y analizar sus posibles mejoras; con el fin de hacerse más competitiva frente a una sociedad que cada día resulta ser más exigente con respecto a la calidad de los productos que consume.

Adicionalmente se ha determinado, mediante el desarrollo de pruebas pilotos, en las líneas de pan de Planta Guarenas, que las pérdidas económicas debido a productos con peso por fuera de la especificación alcanzan los 200.000 \$/año ⁽¹⁾, lo cual representa costos de producción adicionales que se manifiestan en desperdicios y retrabajo.

Con el objeto de reducir el desperdicio y la necesidad de volver a trabajar el producto; logrando así un aumento en la productividad, disminución de los

costos y aumento de la capacidad de producción (medida por el número de partes buenas por hora), además de cumplir con las exigencias del grupo, es que Bimbo de Venezuela, C.A. desea desarrollar e implementar un sistema de control estadístico de procesos en la variable peso, para la línea de pan.

I.2. OBJETIVOS

A continuación se enumeran el objetivo general del proyecto y los objetivos específicos a alcanzar.

I.2.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un sistema de control estadístico de peso en la línea de pan de Bimbo de Venezuela.

I.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la situación inicial de la línea de pan a partir de la recolección y tratamiento estadístico de los pesos en producto dividido.
- Analizar la situación inicial de la línea de pan a partir de la recolección y tratamiento estadístico de los pesos en producto terminado.
- Elaborar un análisis de causa de variación de peso del producto dividido.
- Elaborar un análisis de causa de variación de peso del producto terminado.
- Idear cambios en los estándares o condiciones del proceso de acuerdo a la evaluación de la situación inicial.
- Determinar el Índice de capacidad del proceso (C_p).
- Determinar el Índice de capacidad real del proceso (C_{pk}).
- Establecer un plan de optimización de la capacidad del proceso.

- Determinar las cartas o gráficos de control de media y rango ($\bar{X} - R$) de la variable peso en el producto dividido.
- Determinar las cartas o gráficos de control de media y rango ($\bar{X} - R$) de la variable peso en el producto terminado.
- Determinar el porcentaje de los productos, de la línea de pan, fuera de especificación mediante la gráfica de distribución normal e histograma de frecuencia.
- Disminuir la variación de peso y mantener el control en los productos.
- Reducir las pérdidas económicas debido al porcentaje de productos terminados fuera de especificación.
- Determinar la rentabilidad del proyecto.
- Capacitar al personal involucrado en el proyecto (operadores, mantenimiento) en el área de control estadístico de peso.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se presentan los fundamentos teóricos y prácticos que sostienen al proyecto, los cuales incluyen desde una breve descripción del proceso de elaboración de pan en Bimbo de Venezuela, C. A. hasta los parámetros a considerar para determinar que un proceso se encuentra en Control Estadístico y las herramientas empleadas por dicha metodología.

II.1. LA ELABORACIÓN DEL PAN EN BIMBO DE VENEZUELA, C. A.

En esta sección se realiza una breve descripción del proceso productivo de la línea de pan de Bimbo de Venezuela, C. A.

El proceso de la elaboración del pan en Bimbo de Venezuela, C. A. (ver anexo 1) se inicia desde que la harina es ingresada a los silos, estos recipientes cilíndricos tienen una capacidad de 30 TM. Por medio de un soplador la harina es llevada a dos tolvas, una para la línea de pan y otra para el área de esponjas líquidas.

Las esponjas líquidas son una mezcla compuesta principalmente por: levaduras, harina, agua, sal y alimento para levaduras (APL). Se preparan en tanques de acero con una capacidad de 5600 l. La elaboración de esponjas también incluye tanques fermentadores de 6500 l, donde se desarrolla la esponja durante 3 h, un intercambiador de calor de placas cuya función es llevar la temperatura de la esponja fermentada de 30 °C a 9 °C, con lo que se detiene la fermentación, y un tanque frío de 6500 l de capacidad, el cual posee una chaqueta de enfriamiento, para mantener la temperatura de la esponja a 9 °C.

Posteriormente a la elaboración de la esponja líquida un operador solicita, por medio de temporizadores programados, la adición de los ingredientes principales (harina, esponja líquida y agua) y paralelamente se agregan manualmente los ingredientes menores a la mezcladora de masas. En el panel de control del equipo también se fija el tiempo de mezclado (15 minutos).

Una vez que la masa está completamente homogénea se deposita sobre una tolva de recolección que alimenta a la bomba de masa, esta máquina posee dos tornillos sin fin plásticos que son movidos por un motor de 30 hp, la masa es succionada y trasladada por tuberías hasta la divisora de masas.

La divisora consta de un panel electrónico, una tolva de recolección, un ensamble de cabeza medidora (dado cortador), un sistema lubricador, dos rodillos alimentadores y tres motores eléctricos. Los rodillos tienen un sistema de enfriamiento, el cual emplea agua refrigerada, para que la masa se mantenga a una temperatura favorable (26 - 27°C). Los rodillos alimentadores trasladan la masa de la tolva de recolección a la divisora y la pasa por un orificio del ensamble del cilindro, este mide y divide la masa a un peso predeterminado. Luego de que el procedimiento ha sido ejecutado, la pieza de masa es trasladada a través de una banda sanitaria, polvoreada con harina de trigo, hacia la boleadora.

La boleadora se encarga de recibir las piezas de masa y darle una forma redonda, mediante una guía cóncava o caracol y un motor de frecuencia variable. Desde este equipo las bolas de masa son trasladadas por bandas transportadoras sanitarias a la modeladora.

La modeladora se encarga de darle forma a las piezas de masa, consta de una serie de rodillos espaciados, por entre los cuales pasa la pieza de masa

para ser laminada hasta obtener un disco o cachapa, que luego es enrollado (camote), sellado y depositado automáticamente en el molde. Los carros portamoldes se llenan y llevan, manualmente, a la cámara de vapor.

La cámara de vapor es un cuarto diseñado para la fermentación y desarrollo del producto, el vapor proviene de una sala de calderas, allí los moldes cumplen un tiempo de permanencia de aproximadamente una hora. Al finalizar el tiempo de permanencia en la cámara los carros portamoldes son sacados manualmente, los moldes son llevados a la entrada del horno, y los carros vacíos vuelven al área de confección.

El horno es de acción horizontal, en éste los moldes se cargan y descargan por el frente, y posee cuatro zonas con temperaturas definidas que varían dependiendo del tipo de pan.

Los moldes al ser descargados del horno son trasladados por cintas hasta el desmoldeador, el cual se encarga de succionar el pan del molde (sacarlo del molde) por medio de chupones o membranas succionadoras. A partir de aquí el molde va hacia la maquina engrasadora, y el pan al tren de enfriamiento.

El tren de enfriamiento consta de una cadena arrastrada por un motor de 15 hp, 6 ventiladores en los dos extremos, una zona de carga y otra de descarga, la cadena mantiene al pan girando durante una hora.

Terminado el periodo de enfriamiento el pan es descargado a los transportadores de las rebanadoras.

Las entradas de las rebanadoras tienen una celda que sincroniza la entrada de pan a las cintas rebanadoras, para que el producto sea rebanado uno por uno.

Una vez que el pan es rebanado por las hojillas, ayudado por el empuje de los otros panes que vienen a ser rebanados, pasa a la banda transportadora que alimenta a la embolsadora.

La embolsadora es completamente automática, posee una pinza o cucharón que hace una carrera de avance y retroceso para cubrir el pan rebanado y así empacarlo. La descarga de este equipo se dirige hacia la atadora, la cual coloca el precinto de seguridad a la bolsa (plastinado).

Luego de que el pan ha sido embolsado, pasa a la impresora de tinta diseñada para imprimir mensajes con pequeños caracteres sobre la bolsa del producto (tipo de producto, precio, peso, fecha de vencimiento y código para el control de salida). Finalmente el pan es colocado, de forma manual, en cestas plásticas y se lleva a despacho, quien se encarga de enviarlo al mercado.

II.2. LA CALIDAD Y LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS

La calidad de los productos y servicios se ha vuelto hoy en día uno de los factores de decisión más importantes en la mayor parte de las empresas. Sin importar si el consumidor es un individuo, una corporación, un programa de defensa militar o una tienda de venta al por menor, cuando el consumidor decide hacer una compra, es probable que se considere la calidad con la misma importancia que el costo y el tiempo de entrega. En consecuencia, la mejora de la calidad se ha convertido en un aspecto importante en muchas corporaciones de todo el mundo.

Cuando se menciona el término “calidad”, por lo general se asocia con productos o servicios excelentes, que satisfacen e inclusive rebasan las

expectativas. Tales expectativas se definen en función del uso que se dará al producto o servicio en cuestión y de su respectivo precio de venta.

De acuerdo con la norma A3 -1987 ANSI/ASQC, **calidad** es la totalidad de aspectos y características de un producto o servicio que permiten satisfacer las necesidades implícita o explícitamente formuladas. ⁽²⁾

La calidad, en muchos casos denominada idoneidad de uso, está determinada por la interacción de la **calidad del diseño** y la **calidad de conformidad**. Por calidad del diseño se entiende los diferentes grados o niveles de rendimiento, confiabilidad, servicio y función que son el resultado de meditaciones de ingeniería y administración; mientras que la calidad de conformidad se refiere a la reducción de la variabilidad y la eliminación de defectos, de manera sistemática, hasta el punto donde todas las unidades producidas son idénticas y están libres de defectos.

Para lograr la calidad de diseño y la de conformidad es necesario controlarlas. **El control de la calidad** no es más que la aplicación de técnicas y esfuerzos para lograr, mantener y mejorar la calidad de un producto o servicio. ⁽²⁾

En la sociedad existe cierta confusión sobre la mejora de la calidad; algunas personas siguen pensando que ésta significa dar un baño de oro a un producto o invertir más dinero para desarrollar un producto o proceso. La idea es equivocada. La mejora de la calidad significa la sistemática eliminación de desperdicio. Entre los ejemplos de desperdicio se incluyen los sobrantes y la repetición del proceso de manufactura, la inspección y la prueba, los errores en los documentos (como dibujos de ingeniería, comprobaciones, órdenes de compra y planos) y el tiempo necesario para hacer las cosas otra vez debido a que no se hicieron bien la primera vez. Un

esfuerzo exitoso para la mejora de la calidad puede eliminar mucho de este desperdicio y conducir a costos menores, mayor producción, mayor satisfacción del cliente, mayor reputación de la empresa, mayor competitividad en el mercado y, a fin de cuentas, ganancias más grandes para la compañía.

En la actualidad, en el marco de un Sistema de Gestión de la Calidad, las técnicas y herramientas estadísticas aplicables a la organización además de ser un requisito obligatorio de la norma ISO 9001:2000 constituyen una herramienta de gran ayuda para la toma de decisiones y el mejoramiento de la calidad. ⁽³⁾

Los métodos estadísticos juegan un papel importante en la mejora de la calidad. Algunas de sus aplicaciones son las siguientes

1. En el diseño y desarrollo de productos, los métodos estadísticos pueden emplearse para comparar materiales, componentes o ingredientes distintos, y como ayuda para determinar las tolerancias tanto del sistema como de los componentes. Esta aplicación puede reducir de manera significativa los costos y el tiempo de desarrollo.
2. Los métodos estadísticos pueden emplearse para determinar la capacidad de un proceso de manufactura. El control estadístico de procesos puede utilizarse para mejorar de manera sistemática un proceso mediante la reducción de la variabilidad.
3. Los métodos de diseño experimental pueden usarse para investigar mejoras en el proceso. Estas pueden llevar a mayores rendimientos y menores costos de fabricación.
4. Las pruebas de duración proporcionan datos de confiabilidad y rendimiento de un producto. Lo anterior puede conducir a diseños y productos nuevos o mejores, con una duración mayor y menores costos de mantenimiento. ⁽⁴⁾

II.3. CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD

El control estadístico de la calidad (SQC) es una rama del control de la calidad, la cual consiste en el acopio, análisis e interpretación de datos para su uso en el control de la calidad, es decir, por medio del SQC se realiza

1. El control estadístico de procesos.
2. El muestreo de aceptación.

El control estadístico de la calidad es un campo relativamente nuevo, que se remota a la década de los veinte. El doctor Walter A. Shewart de los Bell Telephone Laboratories fue uno de los pioneros en su estudio. En 1924 escribió un memorando en el que se presentaba una moderna carta de control, que es una de las herramientas básicas del control estadístico de procesos. Harold F. Dodge y Harry G. Roming, también empleados de Bell Telephone Laboratories, fueron líderes en el desarrollo de métodos de inspección y muestreo basados en la estadística. El trabajo de estos tres hombres constituye gran parte de la base del campo moderno del control estadístico de la calidad. ⁽⁴⁾

II.4. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

El Control Estadístico de Proceso (CEP) 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. ⁽⁵⁾

Para la implementación del CEP es necesario el liderazgo gerencial y el trabajo en equipo de empleados de todos los niveles (operadores, supervisores, jefes y gerentes de departamentos). ⁽⁶⁾

El CEP, cuando se implanta exitosamente, permite la mejora continua a través de la reducción de la variabilidad en los productos y contribuye a reducir los costos de calidad. ⁽⁶⁾

Es costumbre considerar el CEP como un conjunto de herramientas para la resolución de problemas que puede aplicarse a cualquier proceso. Las herramientas más importantes del CEP se enumeran a continuación

1. Histogramas.
2. Diagrama de Pareto.
3. Diagrama causa – efecto.
4. Carta de control. ⁽⁴⁾

Para Scherkenbach, quien fuera director de métodos estadísticos de Ford Motor Co. y gran seguidor e impulsor del mejoramiento continuo mediante métodos estadísticos, el control estadístico del proceso se pone en práctica a través de tres procedimientos: recolección de datos, control del proceso y determinación de la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones buscando la menor variabilidad. ⁽⁷⁾

La recolección de datos debe planearse cuidadosamente antes de que se realice el control del proceso. Además, un proceso debe estar bajo control estadístico antes de evaluar su capacidad o habilidad. ⁽⁷⁾

II.5. DISTRIBUCIÓN NORMAL DE PROCESOS INDUSTRIALES

II.5.1. VARIABILIDAD DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES

La Teoría de Control Estadístico de Calidad establece que en todo proceso industrial existen dos tipos de causas de variabilidad, que se conocen como comunes y especiales o asignables.

Las causas comunes constituyen la suma de los efectos de un conjunto total de causas aleatorias no controlables, que producen una variación en la calidad del producto manufacturado. Con respecto a estas causas comunes, es poco lo que se puede hacer para reducirlas, debido a que son inherentes al proceso o a la precisión de las máquinas. La desviación típica de la curva es justamente el reflejo de la variabilidad debido a estas causas aleatorias.

Las causas especiales por el contrario, son debidas a la presencia de algunos factores que perturban el proceso, y que por si solos son capaces de explicar en gran medida la variabilidad en la calidad del producto. Entre estas causas podrían ser citadas como ejemplo, diferencias entre las máquinas, diferencias entre los operarios, y diferencias entre los materiales.

El Control Estadístico de Procesos supone que si se estudia un grupo de datos y se encuentra que se ajustan a una Distribución Normal, entonces no existen causas especiales, y se dice que el proceso está bajo control estadístico debido a que es posible pronosticar con alto grado de certeza su variabilidad. Por el contrario, cuando los datos obtenidos del proceso no se ajustan a la Normal, se dice que están actuando una o más causas especiales, y que el proceso está fuera de control. ⁽⁸⁾

II.5.1.1. Causas de la variación

En un proceso cualquiera, ya sea administrativo o de producción, por más sencillo que sea, interviene una cantidad considerable de variables que influyen sobre su capacidad para lograr la calidad del producto, es decir, debido a lo dinámico de los procesos, las variables son constantemente modificadas por diversos factores, lo cual tiene un efecto directo sobre la calidad del producto. ⁽⁹⁾

Las variaciones en un proceso pueden ser debidas al conjunto de equipos, materiales, entorno y operarios que intervienen en el mismo; la forma en que estas variables repercuten sobre el proceso se menciona a continuación

1. El Equipo. Dentro de esta causa figuran el desgaste de la herramienta, las vibraciones de la maquina, fluctuaciones hidráulicas y eléctricas; cuando se juntan todas estas variaciones el equipo opera dentro de cierta capacidad o precisión, distinta a la ideal.
2. El Material. Es de esperar que características relacionadas con la calidad como el contenido de humedad, contribuyan a la variación total del producto final.
3. El Entorno. La temperatura, la presión y la humedad contribuyen a las variaciones en el producto.
4. El Operario. En esta causa figuran el método que emplea el operario para realizar una determinada operación. El bienestar emocional y físico del operador también contribuye en la variación. La falta de comprensión sobre las variaciones del equipo y del material debido a una falta de capacitación hará necesario efectuar continuos ajustes de maquina, con lo que la variabilidad se hace mas compleja. Conforme el equipo es más automatizado, el efecto del operario en la variación disminuye.⁽²⁾

Además de las cuatro causas mencionadas anteriormente, también se habla de una variación vinculada a las tareas de inspección, es decir, un mal equipo de inspección o la inadecuada aplicación de una norma de calidad, o una excesiva presión ejercida en un micrómetro puede generar variación en el proceso.

II.5.1.2. Función de pérdida de la calidad de Taguchi

Taguchi define la calidad como “la pérdida económica que un producto impone a la sociedad desde el momento de su expedición”, ⁽³⁾ y en base a este concepto establece un modelo, el cual no responde al modelo tradicional, que permite determinar costos asociados en el cumplimiento de la calidad.

La función de pérdida de la calidad de Taguchi relaciona directamente la economía con la variabilidad, en ella se establece que cualquier desviación de lo ideal significa que hay un gasto, debido a los costos de variación, es decir, cualquier variación respecto al nominal, como se observa en la figura 1, siempre se traduce en alguna pérdida económica para el fabricante y/o usuario. ⁽¹⁰⁾



Figura 1: Representación de la función de pérdida de la calidad de Taguchi⁽¹⁰⁾

La función pérdida es una función continua, como se observa en la figura 1, producto de la expansión de la serie de Taylor alrededor de una meta T, la cual puede ser representada como la siguiente ecuación cuadrática ⁽¹¹⁾

$$L(x) = k \cdot (x - T)^2 \quad (1)$$

Donde

L(x): Pérdida en términos de dinero

k: Constante de coste

x: Valor de la característica de la calidad

T: Valor deseado o valor objeto

II.5.2. ANÁLISIS DEL PROCESO MEDIANTE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

La distribución normal de frecuencias permite analizar el proceso con respecto a su precisión y exactitud, ya que cuando los datos se ajustan a una distribución de este tipo (ver figura 2) se caracterizan por dos parámetros: La media de la tendencia central (X) y la desviación estándar (σ).⁽⁵⁾

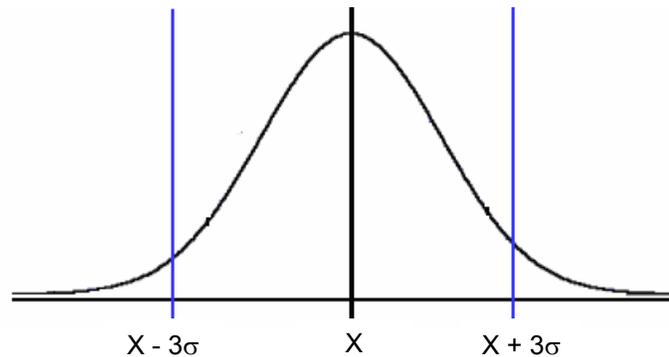


Figura 2: Gráfica de la Distribución Normal⁽⁵⁾

La media es la medida más común de una tendencia central y se define, según la ecuación (2), como la suma de las observaciones realizadas dividida entre la cantidad de observaciones correspondientes.⁽¹²⁾

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2)$$

Donde

X: Media de la muestra

X_i : Valores observados de las variables aleatorias

n: Número de observaciones o tamaño de la muestra

Las medidas de tendencia central de una distribución sirven para describir la ubicación central de los datos o en que medida los datos tienden a agruparse en el centro. Además de la media, como medidas de tendencia central se encuentran: La mediana y la moda. ⁽²⁾

El otro parámetro que caracteriza a una distribución normal es la desviación estándar, y forma parte de las medidas de dispersión junto al rango y a la varianza; dichas medidas de dispersión permiten describir cómo se diseminan o dispersan los datos en torno del valor central. ⁽²⁾

El rango de valores de una serie de números es la diferencia entre los valores u observaciones mayor y menor, según la ecuación (3) ⁽¹²⁾

$$R = XS - XI \quad (3)$$

Donde

R: Rango (adimensional)

XS: Observación de mayor valor

XI: Observación de menor valor

Por otro lado, la desviación estándar mide la tendencia de la dispersión de los datos, y se determina empleando la ecuación (4) ⁽¹²⁾

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}} \quad (4)$$

Donde

σ : Desviación estándar

Una desviación estándar grande indica una mayor variabilidad en los datos que en el caso de una desviación estándar pequeña. ⁽²⁾

Al conocer tanto la media como la desviación estándar de un conjunto de datos o muestras y empleando las tablas de distribución normal (ver anexo 2) es posible determinar el porcentaje de productos que cumplen con las especificaciones. Para hacer uso de las tablas de distribución normal simplemente se estandariza la variable X_i , según la ecuación (5)

$$Z = \frac{X_i - X}{\sigma} \quad (5)$$

Donde

Z: Medida estándar

X_i : Valor individual (límite de especificación superior o inferior)

Una vez determinada Z se busca su correspondiente $P(Z)$ (ver anexo 2) el cual representará la fracción de productos o muestras por debajo del valor X_i , es decir, las tablas de distribución normal permiten determinar el área comprendida bajo la curva normal que va de menos infinito al valor X_i .⁽¹³⁾

II.5.3. PROPIEDADES DESCRIPTIVAS DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL⁽⁸⁾

Cuando se tiene un conjunto de datos provenientes de un proceso industrial, es importante reconocer si su comportamiento es o no normal, a fin de poder identificar causas comunes y causas asignables.

A continuación se indican un conjunto de propiedades de la curva normal, y se señalan algunos procedimientos que permiten verificar si desde un punto de vista descriptivo es razonable suponer la normalidad del proceso.

a. La curva normal tiene una forma acampanada y es simétrica respecto de su media

Para verificar la forma acampanada de los datos basta con construir el histograma de frecuencias para los datos agrupados, y comprobar que la

clase modal se ubica en la zona central de la gráfica y que la frecuencia de los datos disminuye, en cualquiera de las dos direcciones, al alejarse del centro, como se observa en la figura 3.

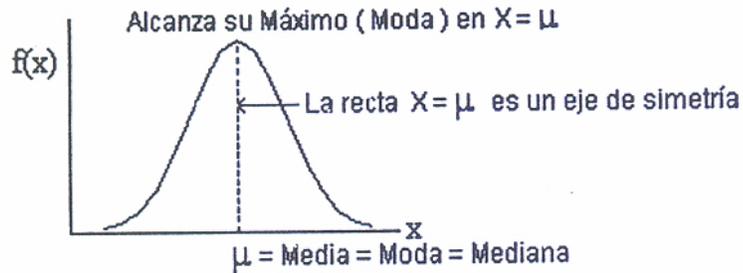


Figura 3: Propiedades de la Distribución Normal ⁽⁸⁾

Para verificar la simetría con respecto a la media, es necesario calcular la medida de deformación o coeficiente momento de sesgo, el cual debe dar cero.

b. En la Distribución Normal la media, la mediana y la moda coinciden

Para verificar esta propiedad (ver figura 3) simplemente basta con calcularle a la muestra agrupada, estos tres parámetros estadísticos, y comprobar que el resultado de estos cálculos da cifras muy cercanas.

Para determinar la mediana simplemente se calcula el valor medio o el promedio de los dos valores medios, una vez ordenados los datos; mientras que la moda representa al valor que se repite con mayor frecuencia, es decir, el más común del conjunto de datos. ⁽¹¹⁾

c. En el intervalo $(\mu \pm \sigma)$ deben caer el 68,27% de los datos muestrales, en el intervalo $(\mu \pm 2\sigma)$ deben caer el 95,45% de los datos muestrales, y en el intervalo $(\mu \pm 3\sigma)$ deben caer el 99,73% de los datos muestrales (ver figura 4).

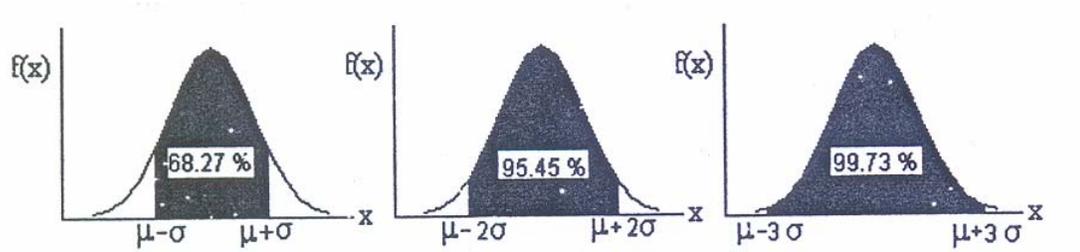


Figura 4: Porcentaje de muestras dentro de la Curva de Distribución Normal según la desviación estándar ⁽⁸⁾

Con el objeto de determinar el porcentaje de observaciones que se encuentran dentro de la curva de distribución normal, según los valores estimados de la media de la muestra (μ) y de la desviación estándar (σ), basta con encontrar el área bajo la curva correspondiente a cada extremo del intervalo, haciendo uso de las tablas de distribución normal (ver anexo 2), y restarlos. Los valores obtenidos deben coincidir con los expuestos en la figura 4.

II.6. TÉCNICAS PARA MEJORAR LA CALIDAD

En el área de control estadístico de procesos existen un sin fin número de técnicas o herramientas útiles para elevar la calidad; siendo los histogramas de frecuencia, diagramas de Pareto, diagramas de causa – efecto y cartas de control algunas de las más empleadas.

II.6.1. HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA

Los histogramas muestran la frecuencia o número de observaciones cuyo valor cae dentro de un rango predeterminado (ver figura 5). ⁽⁷⁾ La forma que tome un histograma proporciona pistas sobre la distribución de probabilidad del proceso de donde se tomó la muestra; además de que si se comparan

dos histogramas de un mismo proceso se puede observar si alguna mejora introducida en éste ha sido o no efectiva, por lo que es una herramienta muy útil de comunicación visual.

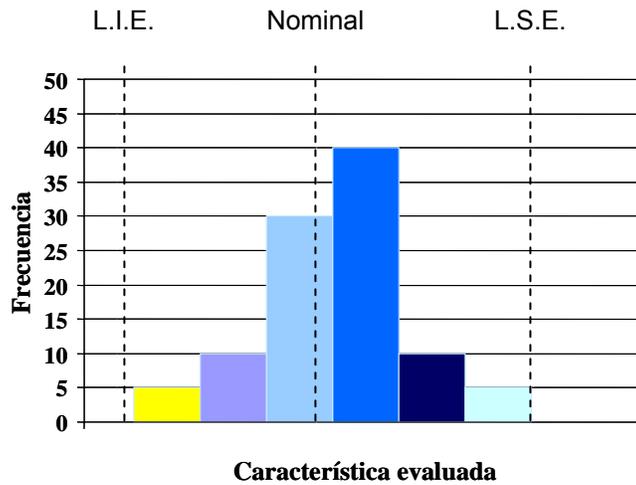


Figura 5: Representación de un Histograma de Frecuencia ⁽¹⁴⁾

II.6.1.1. Pasos para la elaboración de histogramas ⁽¹⁴⁾

Los pasos a seguir para elaborar histogramas de frecuencia se enumeran a continuación

1. Cuente el número de datos “N” de la muestra.
2. Determine el rango. (Ver ecuación (3))
3. Determine el número de clases “Nc”

$$Nc = \sqrt{N} \quad (6)$$

4. Determine el intervalo, amplitud o ancho de clase “Ac”

$$Ac = \frac{R}{Nc} \quad (7)$$

5. Determine los límites, comenzando con el valor menor como límite inferior de la primera clase.
6. Construya la tabla de frecuencias.
7. Grafique el histograma.

II.6.1.2. Ventajas de los histogramas

Los histogramas revelan, sin realizar elaborados análisis, una gran cantidad de información acerca de las características del proceso o producto, y como son fáciles de entender, pueden ayudar mucho a la mejora. Se puede usar el histograma para los siguientes propósitos

- ◆ Valorar la resistencia de los materiales.
- ◆ Indicar la necesidad de efectuar una acción correctiva.
- ◆ Medir los efectos de una acción correctiva.
- ◆ Determinar la capacidad de las máquinas.
- ◆ Comparar el trabajo de diferentes condiciones.
- ◆ Comparar materiales.
- ◆ Comparar características medibles de productos o servicios. ⁽⁶⁾

II.6.1.3. Limitaciones de los histogramas

Los histogramas de frecuencia presentan las siguientes limitaciones

- ◆ El histograma no involucra el tiempo, es decir, al organizar los datos en intervalos de clase no se puede percibir como evolucionaron las observaciones a lo largo del tiempo.
- ◆ No permite distinguir entre las dos fuentes principales de variación en un proceso: Causas comunes y causas asignables o especiales de variación.
- ◆ No muestra si el proceso presenta o no un patrón de comportamiento natural. ⁽¹⁴⁾

II.6.2. DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto es otra de las técnicas utilizadas en programas de mejoramiento de la calidad. Este diagrama es un histograma especial que permite establecer un orden jerárquico de importancia relativa de las distintas características, considerándose características de control a aquellas que produzcan un impacto mayor (económico, de porcentaje de productos defectuosos, de reclamaciones.)

El diagrama de Pareto es una gráfica de dos dimensiones (ver figura 6) que se construye listando las causas de un problema en el eje horizontal, empezando por la izquierda para colocar a aquellas que tienen un mayor efecto sobre el problema, de manera que vayan disminuyendo en orden de magnitud. El eje vertical se dibuja en ambos lados del diagrama: el lado izquierdo representa la magnitud del efecto provocado por las causas, mientras que el derecho refleja el porcentaje acumulado de efecto de las causas. (7)

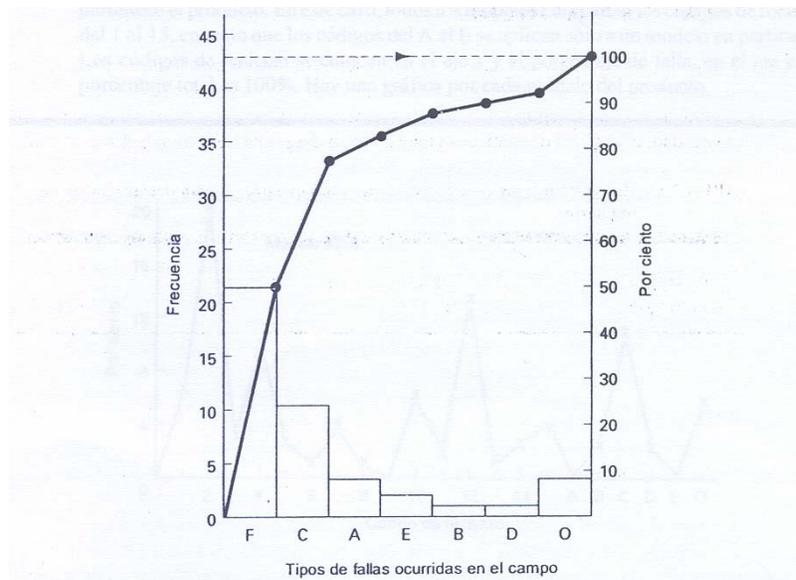


Figura 6: Diagrama de Pareto representativo (2)

En los diagramas de Pareto se observa que el 80% de los defectos de un problema se deben solamente al 20% de las causas involucradas, según Wilfredo Pareto. ⁽¹³⁾

II.6.3. DIAGRAMA DE CAUSA EFECTO

Los diagramas de causa – efecto (CE) son una forma gráfica de representar el conjunto de causas potenciales que podrían estar provocando el problema bajo estudio o influyendo en una determinada característica de calidad. Se utilizan para ordenar las ideas que resultan de un proceso de “lluvia de ideas” al dar respuesta a alguna pregunta de partida que se plantea el grupo que realiza el análisis.

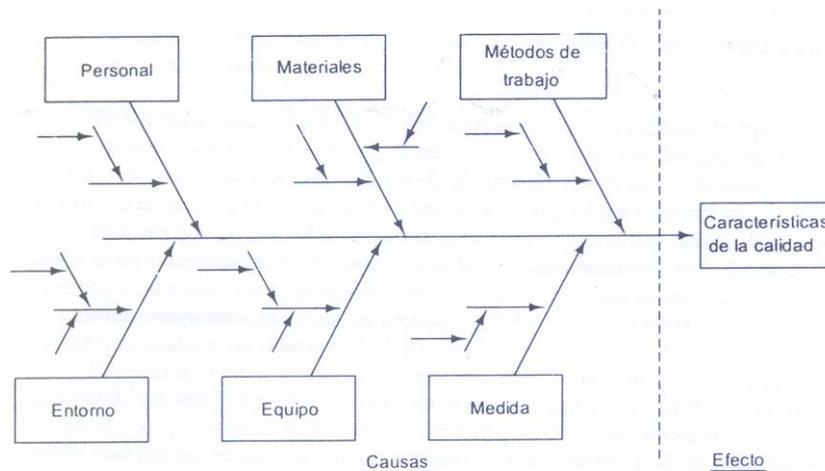


Figura 7: Diagrama de causa – efecto ⁽²⁾

En la figura 7 se observa un diagrama de CE, en el cual el efecto está a la derecha y sus causas a la izquierda. El efecto es la característica de calidad que es necesario mejorar. Las causas principales de métodos de trabajo, materiales, mediciones, personal y entorno. A su vez, cada causa principal se subdivide en muchas otras causas menores. Los diagramas de CE, también conocidos como diagramas de “espina de pescado”, debido a su forma, son

medios en donde se pueden representar todas las causas principales y menores. ⁽²⁾

Las aplicaciones del diagrama de CE son prácticamente infinitas en las áreas de investigación, fabricación, mercadotecnia y trabajo de oficina. Una de sus mayores ventajas es la global participación y contribución de todos los que intervienen en el proceso de la lluvia de ideas. El diagrama es útil para

- ◆ Analizar las condiciones imperantes para mejorar la calidad de un producto o de un servicio, para un mejor aprovechamiento de recursos y para disminuir costos.
- ◆ Eliminar las condiciones que causan el rechazo de un producto y las quejas de un cliente.
- ◆ Estandarización de las operaciones en curso y de las que se propongan.
- ◆ Educación y capacitación del personal en las áreas de toma de decisión y de acciones correctivas. ⁽²⁾

II.6.3.1. Procedimiento de elaboración de diagramas de causa – efecto

Para elaborar un diagrama de causa – efecto se debe seguir el siguiente procedimiento

1. Escoja la característica de calidad.
2. Busque todas las causas posibles que puedan afectar a la característica de calidad.
3. Agrupe las causas por la afinidad que tengan entre sí y elabore un diagrama de CE conectado aquellos elementos que parecen tener un efecto significativo sobre la característica de calidad.
4. Asigne la importancia de cada factor, y señale los factores particularmente importantes que parecen tener un efecto significativo sobre la característica de calidad.

5. Escriba cualquier información que pueda ser de utilidad. ⁽¹³⁾

II.6.3.2. Sugerencias al momento de emplear los diagramas de causa – efecto

1. Asigne la importancia de cada factor objetivamente con base en datos. El examen de los factores con base en su propia habilidad y experiencia es importante, pero es peligroso juzgar su importancia únicamente con base en las percepciones o impresiones subjetivas. La asignación objetiva de la importancia a los factores usando datos es más científico y más lógico.
2. Trate de mejorar continuamente el diagrama de CE mientras lo usa. La utilización de un diagrama de CE permite identificar las partes que deben ser verificadas, omitidas o modificadas, así como a descubrir las partes que deben agregarse. Trate repetidamente de mejorar el diagrama; finalmente obtendrá un diagrama realmente útil. ⁽¹³⁾

II.6.4. CARTAS DE CONTROL

Las gráficas o cartas de control son un mecanismo que sirve para detectar con anticipación que existe una alta probabilidad de que en el proceso surja una fuente de variación ajena al mismo, lo cual afectará su capacidad para cumplir con las especificaciones del producto. ⁽⁹⁾

Adicionalmente estas gráficas permiten llevar un registro continuo de una determinada característica de la calidad, ya sea para mejorar la calidad del proceso, definir la habilidad o capacidad de este, hacer ajustes y tomar decisiones relacionadas a las especificaciones del producto. ⁽²⁾

Las variables son características de calidad medible, mientras que los atributos no. Un control se puede llevar por variables, cuando se registra la medida real de una característica de calidad, o por atributo, cuando sólo se anota el número de artículos que cumplen, y el número que no cumplen con las especificaciones. Los valores variables se estudian en los gráficos de control de Shewhart para \bar{X} y R , y para \bar{X} y σ .⁽¹⁵⁾

El control de la media del proceso, o del nivel de calidad promedio suele ejercerse con el diagrama de control de medias o diagrama de \bar{X} ; mientras que es posible controlar la variabilidad o dispersión del proceso mediante un diagrama de control de amplitud, llamado diagrama de R . Dependiendo de la variable representada en el eje horizontal, las graficas de control de variables pueden ser de media o de rango, en ambos casos dicho eje corresponde al número de subgrupo, mediante el que se identifica una muestra en particular formada por una cantidad fija de observaciones.⁽⁴⁾

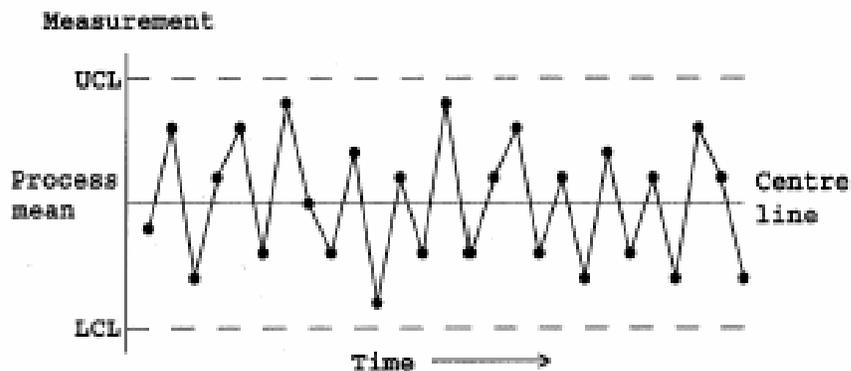


Figura 8: Carta de Control representativa⁽⁴⁾

La figura 8 presenta una carta de control representativa, la cual es una gráfica de una característica de calidad que ha sido medida o calculada a partir de una muestra contra el número de muestra o el tiempo. A menudo las muestras se eligen en intervalos periódicos (por ejemplo, cada hora). La

carta contiene una línea central (LC) que representa el valor promedio de la característica de calidad correspondiente al estado bajo control (cuando sólo se presentan causas aleatorias). Las otras dos líneas horizontales mostradas en la carta, corresponden al límite superior de control (UCL) y al límite inferior de control (LCL).⁽⁴⁾

El objetivo de realizar un análisis e interpretación de las gráficas de control es identificar cual es la variación del proceso, producida por las causas comunes y asignables, y en función de estas tomar las acciones apropiadas cuando sean requeridas por el proceso.⁽¹⁶⁾

El uso de las cartas de control tiene una historia larga en la industria. Existen al menos cinco razones que explican su popularidad.

- 1. Las cartas de control son una técnica probada para mejorar la productividad.** Un programa exitoso de carta de control reduce el desperdicio y la necesidad de volver a trabajar el producto, los cuales son los principales problemas de la productividad en cualquier operación. Si se reducen estos aspectos, entonces la productividad aumenta, los costos disminuyen y la capacidad de producción (medida por el número de partes por hora) aumenta.
- 2. Las cartas de control son eficaces en la prevención de defectos.** La carta de control ayuda a mantener bajo control el proceso, lo que es consistente con la filosofía de “hágalo bien desde el primer momento.” Nunca será más económico sacar las unidades “buenas” de las “malas”, que producirlas todas bien desde el primer momento. Si no se tiene un control de proceso eficaz, entonces se le está pagando a alguien por fabricar productos que no cumplen con los requerimientos.
- 3. Las cartas de control evitan ajustes innecesarios al proceso.** Una carta de control puede distinguir entre ruido de fondo y variación

anormal; ningún otro dispositivo, incluido en operador humano, es tan eficaz para hacer esta distinción. Si los operadores del proceso lo ajustan con base en pruebas periódicas que no están relacionadas con el programa de la carta de control, lo más probable es que tengan una reacción exagerada con respecto al ruido de fondo, y hagan ajustes innecesarios. Estos ajustes usualmente dan como resultado un deterioro en el rendimiento del proceso. En otras palabras, la carta de control es consistente con la filosofía de “si no está descompuesto, no lo arregle”.

- 4. Las cartas de control proporcionan información de diagnóstico.** Con frecuencia, el patrón de puntos de la carta de control contiene información que tiene valor diagnóstico para el operador o ingeniero con experiencia. Esta información permite que el operador implante un cambio en el proceso que conduzca a la mejora de su rendimiento.
- 5. Las cartas de control proporcionan información sobre la capacidad del proceso.** La carta de control proporciona información sobre el valor de los parámetros importantes del proceso y de la estabilidad de estos con el tiempo. Lo anterior permite hacer una estimación de la capacidad del proceso. Esta información tiene mucho uso por parte de los diseñadores del producto y del proceso.⁽²⁾

Las cartas de control se encuentran entre las herramientas de control más eficaces de la gerencia, y son tan importantes como los controles de costo y materiales. La tecnología moderna de computadoras ha facilitado la implantación de cartas de control para cualquier tipo de proceso; la recopilación de datos y el análisis de los mismos puede efectuarlos una microcomputadora o una Terminal de red de área local en tiempo real, conectada con el centro de trabajo.

En la práctica, las gráficas de control se ponen en lugares visibles, cerca de las máquinas o centros laborales, para favorecer el control de una característica en particular de la calidad. ⁽²⁾

La frecuencia con la que el operario deberá inspeccionar un producto en una máquina o centro de trabajo dependerá de la calidad del producto. Si el proceso está bajo control y no se topa con ninguna dificultad, serán muy pocas las inspecciones requeridas; por el contrario, si el proceso está fuera de control, o en la etapa de arranque, se necesitará efectuar más inspecciones. La frecuencia de las inspecciones de una máquina o centro laboral también dependerá de la cantidad de tiempo que hay que dedicar a las demás actividades no relacionadas con la inspección. ⁽²⁾

II.6.4.1. Técnicas empleadas en las gráficas de control

El control estadístico del proceso, haciendo uso de las cartas de control, se pone en práctica a través de tres procedimientos: recolección de datos, control del proceso y determinación de la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones buscando la menor variabilidad.

El plan de recolección de datos y de control, consta básicamente de las siguientes actividades

- 1. Determinar qué tipo de gráfica de control se va a usar.** ⁽⁷⁾ Las gráficas de control pueden ser de dos tipos: para control de atributos y para control de variables. En el caso de gráficas de control de atributos existen cuatro tipos: las p o de fracción defectuosa, la np para el número de unidades defectuosas, la c para el número de defectos totales que tiene una pieza, y la u para la fracción de defectos totales. Esta dos últimas son para casos en que la especificación de un producto indica que cada pieza o unidad no

puede tener más de cierta cantidad de defectos; por ejemplo, en un piso cerámico no puede haber más de dos defectos de apariencia por unidad.

Los tipos de gráfica de control de variables son también cuatro: la de promedio – rangos $\bar{X} - R$, la de promedio – desviación estándar $\bar{X} - S$, la de medianas – rangos $\bar{X} - R$, y la de lecturas individuales $\bar{X} - R$.

Es común que se utilice la gráfica de promedios – rangos; sin embargo, en el caso de que no se cuente con operarios lo suficientemente capacitados, se puede empezar con la gráfica de medianas, para después ir emigrando hacia la primera. La gráfica de promedios – desviación estándar no es muy utilizada por lo complicado que resulta calcular este último parámetro con respecto al beneficio que significa utilizar un estimador con menor sesgo.

- 2. Escoger el subgrupo racional, el tamaño de la muestra y la frecuencia de muestreo.** Los datos representados en la gráfica de control están constituidos por grupos de elementos que se denominan subgrupos racionales. Es importante tener presente que aquellos datos que se reúnen de manera aleatoria no se consideran racionales. Un subgrupo racional es aquel en el que la variación en la que se produce dentro del grupo mismo se debe a causas fortuitas. Tal variación en el interior del subgrupo sirve para calcular los límites de control. La variación entre un subgrupo y otro sirve para evaluar la estabilidad a largo plazo. ⁽²⁾

Hay dos maneras de escoger las muestras del subgrupo: (1) La primera forma consiste en escoger muestras del subgrupo tomando aquel producto que se obtiene en un momento de tiempo definido, o lo más próximo a este momento. (2) El segundo método consiste en seleccionar un producto obtenido durante un lapso determinado, considerado como representativo del producto en sí. ⁽²⁾

Independientemente del método empleado para determinar el subgrupo, los lotes de donde se obtienen los grupos deberán ser homogéneos. Por homogéneo se entiende que las piezas que conformen el lote sean lo más parecidas posibles: misma máquina, mismo operador, o mismo molde.

En el caso de gráficas por variables, el tamaño de la muestra varía de dos a veinte piezas, pero el más común es cinco. Se debe seleccionar un tamaño de muestra tal que permita la mínima oportunidad de variación de una muestra a otra. Por otro lado, en gráficas de control de atributos se utilizan muestras entre cincuenta y doscientas piezas, aunque conforme disminuye la fracción defectuosa que contienen los lotes, el tamaño de la muestra debe aumentar por razones estadísticas. Por ello, cuando el mejoramiento continuo conduce a niveles de defectos realmente pequeños, se debe analizar la conveniencia de pasar de gráficas de atributos a gráficas de variables.⁽⁷⁾

La determinación del tamaño de las muestras se puede realizar mediante el empleo de las tablas MIL – STD (ver anexo 3) o por medio del empleo de ecuaciones estadísticas.

El cálculo del tamaño de las muestras, según las ecuaciones estadísticas, parte de dos supuestos: en primer lugar el nivel de confianza al que queremos trabajar, y cual es el error máximo que se está dispuesto a admitir en la estimación. Una vez establecidos estos supuestos se realizan los pasos siguientes

- a. Obtener el tamaño muestral imaginando que $N \rightarrow \infty$ ⁽¹⁷⁾

$$n_{\infty} = \frac{z_{\alpha/2}^2 \cdot \sigma^2}{e^2} \quad (8)$$

Donde

$z_{\alpha/2}$: Z correspondiente al nivel de confianza elegido

σ^2 : Varianza poblacional

e: Error máximo

- b. Comprobar si se cumple que ⁽¹⁷⁾

$$N > n_{\infty} (n_{\infty} - 1) \quad (9)$$

Si esta condición se cumple el proceso termina aquí, y ese es el tamaño adecuado que se debe muestrear.

Si no se cumple, se pasa a una tercera fase.

- c. Obtener el tamaño de la muestra según la siguiente formula ⁽¹⁷⁾

$$n = \frac{n_{\infty}}{1 + n_{\infty}/N} \quad (10)$$

Donde

n: Tamaño de muestra

Desde el punto de vista de la detección de corrimientos, la situación más deseable es tomar muestras grandes con mucha frecuencia; sin embargo, lo usual es que esto no sea económicamente factible. El problema general es el de la asignación del esfuerzo de muestreo. Esto es, tomar muestras pequeñas en intervalos cortos o muestras más grandes en intervalos más pequeños. La tendencia actual en la industria favorece la toma de muestras pequeñas con mayor frecuencia, en particular en procesos de manufactura de gran volumen, o donde pueden presentarse muchos tipos de causas asignables. ⁽⁴⁾

- 3. Recolección de datos.** Después de haber realizado los pasos anteriores se puede iniciar con la recolección de los datos.

Es necesario reunir un mínimo de veinticinco subgrupos de datos, ya que una cantidad menor no ofrecería la cantidad necesaria de datos que permita el cálculo exacto de los límites de control; y una cantidad mayor demoraría la obtención de la gráfica de control. ⁽²⁾

II.6.4.2. Determinación de los parámetros de las cartas de control por variables de promedio – rangos $\bar{X} - R$ ⁽²⁾

Los parámetros que definen las cartas o gráficas de control corresponden a las líneas centrales y límites de control superior e inferior.

Las líneas centrales de las gráficas de promedio – rango $\bar{X} - R$ se obtienen utilizando las siguientes ecuaciones

- ◆ Promedio de los promedios de los subgrupos

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} \quad (11)$$

Donde

$\bar{\bar{X}}$: Promedio de los promedios de los subgrupos

\bar{X}_i : Promedio del subgrupo i [ver ecuación (2)]

g: Cantidad de subgrupos

- ◆ Promedio de los rangos de los subgrupos

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g} \quad (12)$$

Donde

\bar{R} : Promedio de los rangos de los subgrupos

R_i : Rango del subgrupo i [ver ecuación (3)]

Los límites de control superior e inferior permiten juzgar el grado de variación del proceso; para determinar dichos límites se recurre a ecuaciones estadísticas definidas por una serie de constantes o factores que dependen del tamaño del subgrupo (ver anexo 4). ⁽⁴⁾ Las ecuaciones enumeradas

seguidamente permiten calcular los límites de control de las cartas de promedio – rango X - R

- ◆ Límite de control superior de la gráfica de promedios

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (13)$$

Donde

$LSC_{\bar{X}}$: Límite de control superior de la gráfica de promedios

A_2 : Constante de la carta de control de promedio (ver anexo 4)

- ◆ Límite de control inferior de la gráfica de promedios

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (14)$$

Donde

$LIC_{\bar{X}}$: Límite de control inferior de la gráfica de promedios

- ◆ Límite de control superior de la gráfica de rangos

$$LSC_R = D_4 \cdot \bar{R} \quad (15)$$

Donde

LSC_R : Límite superior de control de la gráfica de rangos

D_4 : Constante de la carta de control de rangos (ver anexo 4)

- ◆ Límite de control inferior de la gráfica de rangos

$$LIC_R = D_3 \cdot \bar{R} \quad (16)$$

Donde

LSC_R : Límite inferior de control de la gráfica de rangos

D_3 : Constante de la carta de control de rangos (ver anexo 4)

II.7. ESTADO DE CONTROL

II.7.1. UN PROCESO QUE ESTÁ BAJO CONTROL

Una vez eliminadas las causas atribuibles del proceso, al grado de que los puntos graficados en la gráfica de control permanecen dentro de los límites de control, se dice que el proceso está en estado de control.

Cuando un proceso está bajo control, se produce un patrón natural de variación (ver figura 9). En este patrón natural de variación se distingue lo siguiente

1. El 34% de los puntos graficados están dentro de una banda imaginaria de ancho de una desviación estándar a ambos lados de la línea central.
2. Aproximadamente 13.5% de los puntos graficados se encuentran dentro de una banda imaginaria situada entre una a dos veces la desviación estándar a ambos lados de la línea central.
3. Aproximadamente 2.5% de los puntos graficados se ubican dentro de una banda imaginaria entre dos y tres veces la desviación estándar a ambos lados de la línea central. ⁽²⁾

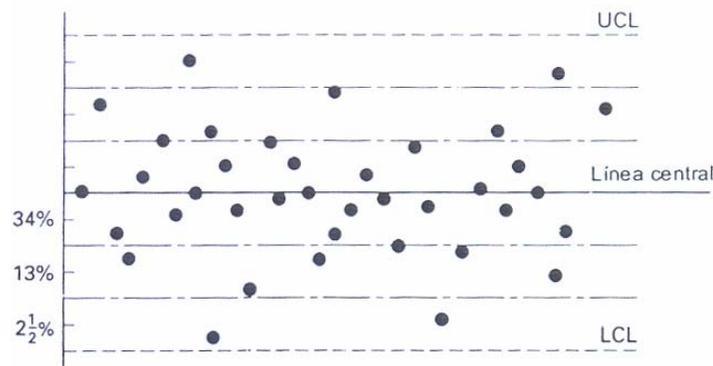


Figura 9: Patrón natural de variación en una gráfica de control ⁽²⁾

Además de las observaciones anteriores, en un patrón natural de variación, los puntos se ubican hacia atrás y hacia delante, a través de la línea central, de manera aleatoria, sin que existan puntos que rebasen los límites de control.

Si un proceso está bajo control, hay ciertas ventajas prácticas que acrecentarán el interés por parte del productor y del consumidor. Dichas ventajas se mencionan a continuación

1. Cada una de las unidades del producto serán más uniformes, ya que habrá menos variación.
2. Dado que el producto es más uniforme, se necesitan menos muestras para evaluar la calidad. Gracias a esto es posible disminuir el costo por inspección.
3. Se conocerá la capacidad o alcance del proceso, lo cual permitirá adoptar decisiones confiables relativas a las especificaciones del producto.
4. El porcentaje de productos comprendido dentro de un determinado par de valores se puede predecir con el más alto grado de seguridad.
5. Permite al consumidor el uso de los datos del productor y, con ello, someter a prueba sólo unos cuantos subgrupos para así verificar los valores informados por el producto.
6. El desempeño del operario es el adecuado desde el punto de vista de la calidad. ⁽²⁾

Si sólo existen causas de variación fortuitas, el proceso es estable y predecible permanentemente, como se muestra en la figura 10, es decir, se sabrá que las variaciones que se produzcan en el futuro serán las mismas a menos que se introduzca un cambio en el proceso debido a una causa asignable.

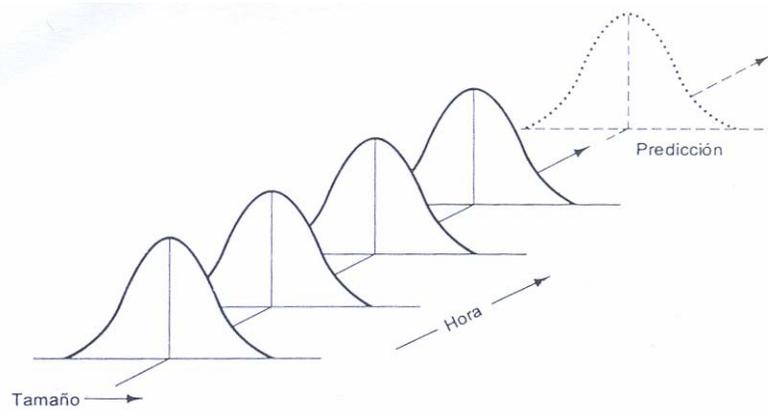


Figura 10: Variación estable debido a causas fortuitas ⁽²⁾

II.7.2. CUANDO UN PROCESO ESTÁ FUERA DE CONTROL

Cuando se presentan puntos (valor del subgrupo) fuera de los límites de control (ver figura 11), se dice que el proceso se encuentra fuera de control. Un punto más allá de los límites de control es una clara señal de que se necesita un análisis inmediato de la operación para detectar la causa asignable que lo originó. Entre las causas que originan puntos fuera de los límites de control se encuentran: Cambio de operador o de máquina en el proceso y límites de control mal calculados. ⁽¹⁸⁾

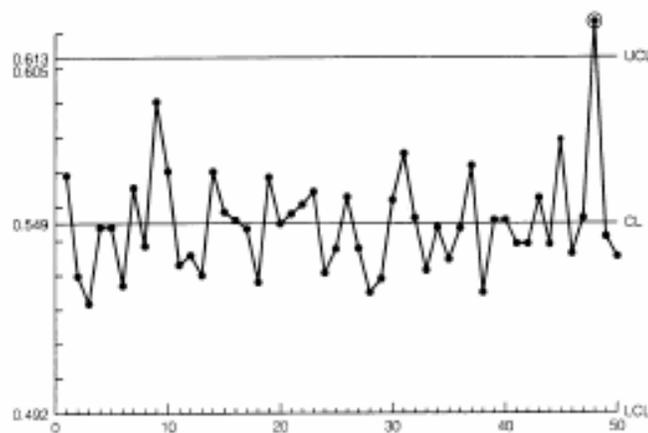


Figura 11: Carta de control con puntos fuera de los límites de control ⁽¹⁸⁾

Un proceso fuera de control no presenta un comportamiento natural, por lo que es inestable, lo cual impide predecir su comportamiento en el futuro. La figura 12 ilustra el efecto a lo largo del tiempo de las causas de variación asignables. ⁽²⁾

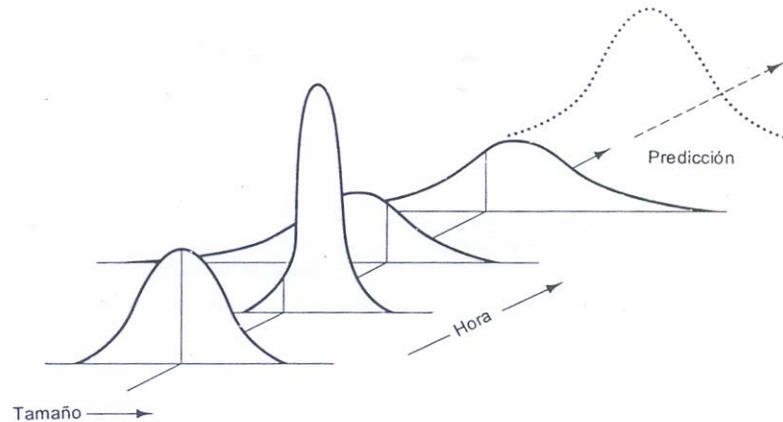
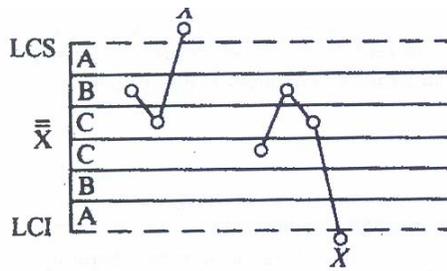
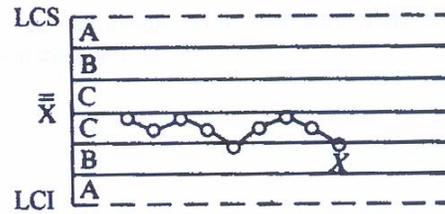


Figura 12: Variación inestable debida a causas asignables ⁽²⁾

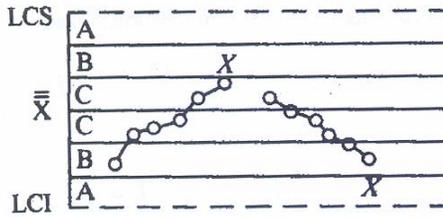
En muchas ocasiones es posible encontrar patrones no aleatorios en las cartas de control. Juran sugiere un conjunto de reglas o pruebas de decisión para detectar patrones no aleatorios en las cartas de control, las cuales se visualizan en la figura 13; para ejecutar dichas pruebas es necesario dividir la carta de control en seis bandas de ancho igual a una desviación estándar e identificarlas con las letra A, B y C, desde los límites de control superior (LCS) e inferior (LCI). Cuando se detecta alguno de los patrones enumerados en la figura 13 es necesario tomar alguna acción para corregir el problema, ya que el proceso está fuera de control. ⁽¹⁹⁾



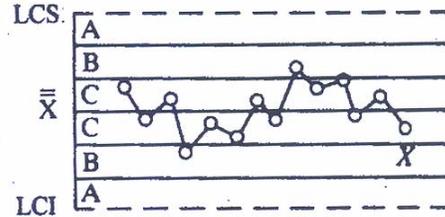
Prueba 1. Un punto fuera de la zona A



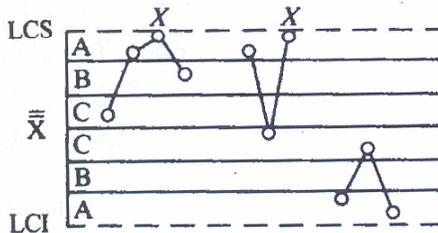
Prueba 2. Nueve puntos seguidos en la zona C o más allá



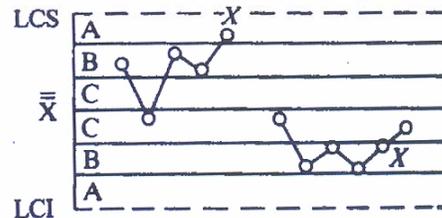
Prueba 3. Seis puntos seguidos con aumento o disminución estables



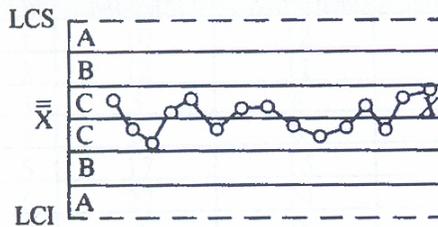
Prueba 4. Catorce puntos seguidos alternando arriba y abajo



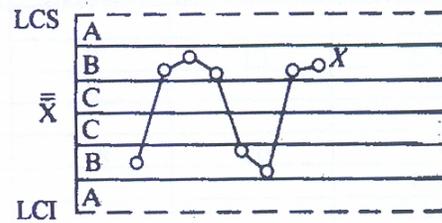
Prueba 5. Dos de cada tres puntos seguidos en la zona A o más allá



Prueba 6. Cuatro de cada cinco puntos seguidos en la zona B o más allá



Prueba 7. Quince puntos seguidos en la Zona C (arriba y abajo de la recta central)



Prueba 8. Ocho puntos seguidos a ambos lados de la recta central

Figura 13: Patrones fuera de control ⁽¹⁹⁾

II.7.3. ANÁLISIS DE UNA CONDICIÓN FUERA DE CONTROL

Si un proceso se encuentra fuera de control se debe determinar la causa responsable de dicha situación. Existen una serie de patrones tipificados como patrones fuera de control que simplifican la labor de detección de las causas asignables; entre los tipos fuera de control de los patrones X y R se encuentran: (1) cambio o salto de nivel, (2) tendencia o cambio constante de nivel, (3) ciclos recurrentes, (4) dos poblaciones y (5) errores.

- 1. Cambio o salto de nivel.** Este patrón se refiere a un cambio repentino de nivel en la gráfica X, en la gráfica R o en ambas. En la figura 14 se ejemplifica un cambio de nivel en una gráfica de promedios; es probable que el cambio en el promedio del proceso se deba a: (a) una modificación intencional o no de la configuración del proceso, (b) un operario nuevo o sin experiencia, (c) una materia prima distinta y (d) una pequeña avería en una pieza de una máquina. Por otra parte en la gráfica de rangos, un cambio repentino en el alcance del proceso o la variabilidad se puede deber a: (a) falta de experiencia del operario y (b) mayor variación en el material de entrada. ⁽²⁾

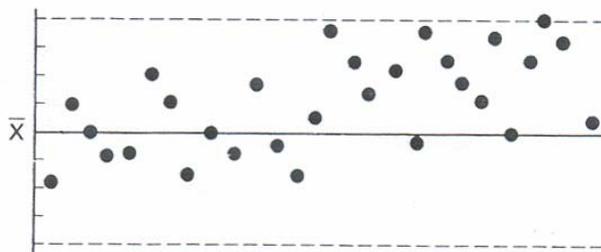


Figura 14: Cambio o salto de nivel en cartas de control ⁽²⁾

- 2. Tendencia o cambio permanente de nivel.** En muchas ocasiones se conoce como series, y corresponden a un fenómeno muy común en la

industria. Una serie consiste en una sucesión de puntos que indican la iniciación de una tendencia o desplazamiento del proceso. Para identificar una serie es necesario, observar en la carta de control cualquiera de estas dos situaciones: cuando siete o más puntos consecutivos se alinean hacia un lado del promedio; o cuando siete o más intervalos consecutivos se presentan con valores graficados crecientes o decrecientes (ver figura 15).⁽¹⁵⁾

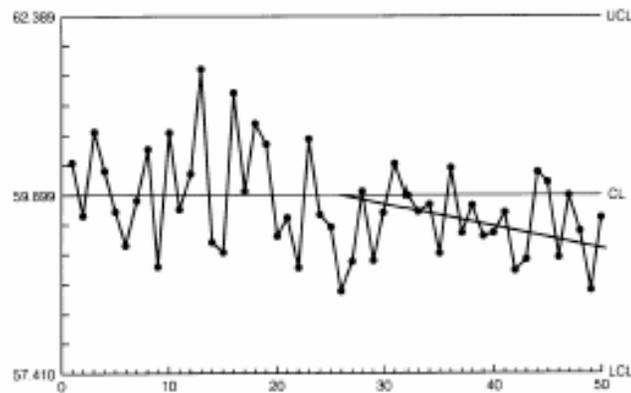


Figura 15: Carta de control donde se representa una serie⁽¹⁶⁾

Algunas causas de cambios progresivos en una gráfica de promedios son: (a) Desgaste de herramientas, (b) deterioro gradual del equipo y (c) cambio gradual de la temperatura o de la humedad.⁽²⁾

Una tendencia en las gráficas de rangos no se produce con tanta frecuencia, como en las de promedios, entre las causas posibles de este patrón se encuentran: (a) una mejora en las habilidades del trabajador (tendencia descendente), (b) una disminución en las habilidades del trabajador (tendencia ascendente) y (c) un gradual mejoramiento de la homogeneidad del material que se recibe.⁽²⁾

3. **Ciclos recurrentes.** Los ciclos constituyen uno de los comportamientos anormales que puede tener un proceso, en donde los puntos se agrupan de una forma determinada (especie de picos),

en un intervalo determinado repitiéndose con relativa frecuencia a lo largo del tiempo (ver figura 16).⁽¹⁷⁾

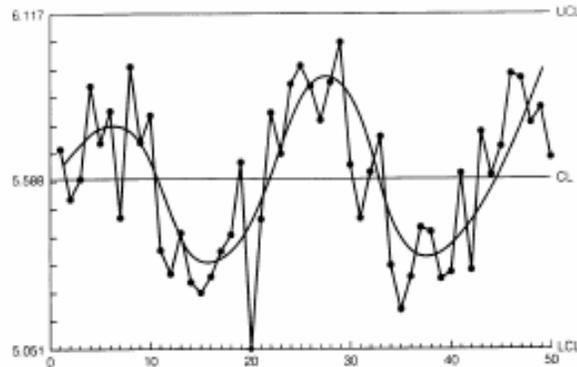


Figura 16: Carta de control de un proceso cíclico⁽¹⁸⁾

En las cartas de promedios, algunas causas de los ciclos recurrentes son: (a) rotación periódica de los operarios y (b) efectos recurrentes de la temperatura y la humedad (arranque en mañanas frías).⁽¹⁾

Los ciclos periódicos en una carta de rangos no tan comunes como en las de promedio, algunos de los factores que afectan a dicha gráfica se deben a: (a) fatiga del operador y efecto de las pausas laborales hechas en la mañana, mediodía y la tarde, (b) Los ciclos de lubricación.⁽²⁾

En muchas ocasiones los ciclos recurrentes no se reportan en las cartas de control, debido al ciclo de inspección, es decir, el patrón cíclico de una variación que se produce aproximadamente cada dos horas podría coincidir con la frecuencia de la inspección, por lo que sólo los puntos bajos del ciclo son los que se reportan y no hay prueba de que exista un suceso cíclico.⁽²⁾

4. **Dos poblaciones (mezcla).** Cuando son muchos los puntos que están cerca o fuera de los límites de control, existe una situación en donde hay dos poblaciones (ver figura 17). En las cartas de promedios la presencia de este patrón puede ser debida a: (a) grandes

diferencias en la calidad del material, (b) dos o más máquinas en una misma gráfica y (c) diferencias en el método o equipo de prueba. Por otro lado, una mezcla en cartas de rango se debe a: (a) varios trabajadores que utilizan la misma gráfica y (b) materiales de proveedores distintos. ⁽²⁾

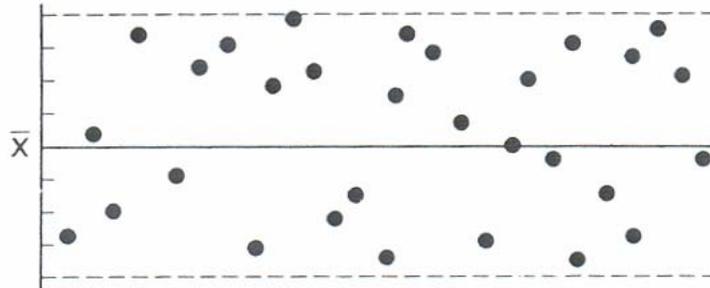


Figura 17: Dos poblaciones en una carta de control ⁽²⁾

- 5. Errores.** Los errores pueden ser muy molestos en la garantía de la calidad. Algunas de las causas de los patrones fuera de control provocados por errores son: (a) equipo de medición descalibrado, (b) errores cometidos al hacer cálculos, (c) errores cometidos al usar el equipo y (d) toma de muestras de poblaciones distintas. ⁽²⁾

II.8. CAPACIDAD DEL PROCESO

La capacidad de un proceso es el rango de variación que, en condiciones normales, un proceso tiene debido a las variaciones accidentales o comunes. ⁽⁵⁾

El análisis de la capacidad de un proceso se puede definir como un estudio de ingeniería orientado a estimar la habilidad del proceso. La estimación de tal característica puede ser como una distribución de probabilidad con forma, media y dispersión (desviación estándar) específicos. De manera alternativa, la aptitud o capacidad del proceso puede expresarse como un porcentaje

fuera de las especificaciones. Cuando el proceso se encuentra bajo control estadístico, la capacidad del proceso se determina como seis (6) veces la desviación estándar. ⁽⁴⁾

II.8.1. LÍMITES DE CONTROL Y ESPECIFICACIONES

En muchas ocasiones se tiende a aplicar los conceptos de límites de control y de especificaciones como uno sólo, lo cual es un error, ya que los límites de control son motivados por la variabilidad natural del proceso (medida por la desviación estándar) y se definen en función de los promedios; mientras que las especificaciones son la variación permisible de las dimensiones de una parte y, por lo tanto, son valores individuales. Las especificaciones o límites de tolerancia son valores que pueden ser impuestos ya sea por la administración, los ingenieros de manufactura, el cliente o los diseñadores del producto. ⁽⁴⁾

Los límites de control, el alcance del proceso, la distribución de promedios y la distribución de los valores individuales son todos interdependientes. Están determinados por el proceso, en tanto que las especificaciones tienen una ubicación opcional. Las gráficas de control no pueden determinar si el proceso satisface las especificaciones. ⁽⁴⁾

El hecho de que un proceso se encuentre bajo control, no significa en ningún momento que está produciendo piezas acordes con las especificaciones que le son impuestas; lo que significa es simplemente que se está comportando de la forma como tradicionalmente la ha venido haciendo, y que sobre él no están actuando causas asignables. ⁽⁸⁾

II.8.2. CAPACIDAD DEL PROCESO Y TOLERANCIA

El ingeniero de diseño puede definir las especificaciones sin tomar en cuenta el alcance del proceso (capacidad del proceso, 6σ), sin embargo la adopción de este criterio puede tener consecuencias graves, algunas de ellas se enumeran seguidamente

1. Que la capacidad del proceso sea menor que la diferencia entre las especificaciones o tolerancia (USL-LSL).
2. Que la capacidad del proceso sea igual a la tolerancia.
3. Que la capacidad del proceso sea mayor que la tolerancia.

Caso I: $6\sigma < \text{USL} - \text{LSL}$. El caso en el que la capacidad del proceso (6σ) es menor que la tolerancia (USL – LSL) resulta ser el más deseable por cualquier planta. En la figura 18 se ilustra esta relación ideal, en el caso (a) el proceso se encuentra bajo control; dado que la tolerancia es notablemente mayor que la capacidad del proceso, no habrá ningún problema, no obstante si existe una desviación considerable respecto del promedio del proceso, como se muestra en (b), si habría inconvenientes. Esta desviación es consecuencia de una condición fuera de control; sin embargo no hay desperdicio, ya que la distribución de los valores individuales (X) no rebasan la especificación superior. ⁽²⁾

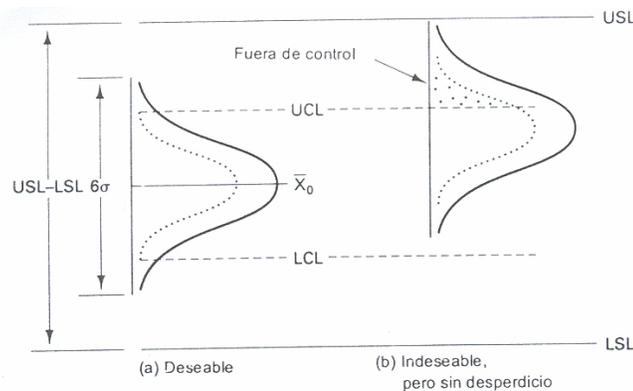


Figura 18: Caso I $6\sigma < \text{USL} - \text{LSL}$ ⁽²⁾

Caso II: $6\sigma = USL - LSL$. En la figura 19 se ejemplifica el caso en el que la capacidad del proceso es igual a la tolerancia. La distribución de las X en (a) representa un patrón natural de variación; sin embargo cuando se presenta una desviación en el promedio del proceso, como se muestra en (b), los valores individuales (X) exceden las especificaciones. Mientras el proceso se encuentre en control no se produce nada que sea rechazado; sin embargo, al estar fuera de control, como se indica en (b), se producen objetos de rechazo. ⁽²⁾

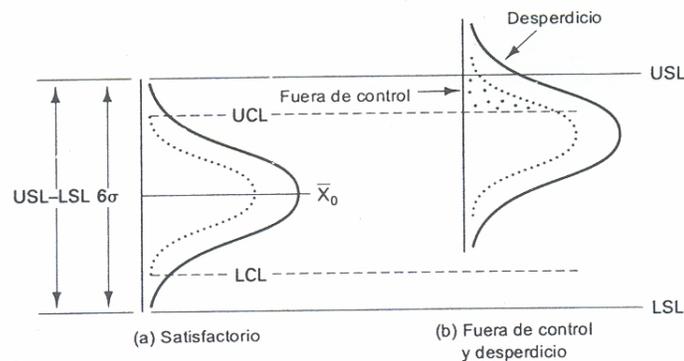


Figura 19: Caso II $6\sigma = USL - LSL$ ⁽²⁾

Caso III: $6\sigma > USL - LSL$. Si la capacidad del proceso es mayor que la tolerancia, existe una situación indeseable (ver figura 20). Aún cuando está presente un patrón natural de variación, tal como se observa en (a), algunos de los valores individuales son mayores que la especificación superior y menores que la inferior. En este caso aún cuando el proceso está en control se producen objetos de rechazo, es decir, el proceso no es capaz de producir un objeto que satisfaga las especificaciones. Si el proceso cambia, como se muestra en (b), el problema es más grave. ⁽²⁾

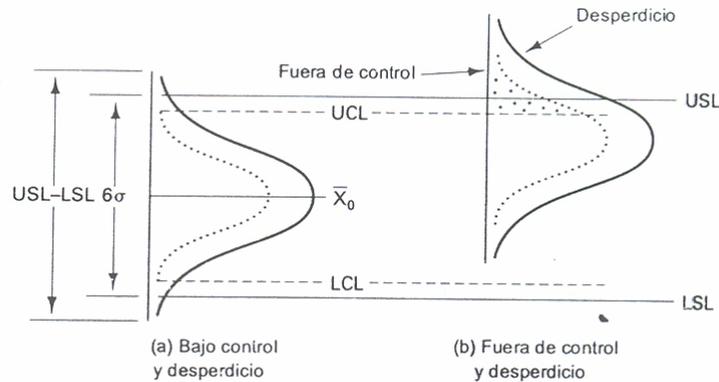


Figura 20: Caso II $6\sigma > USL - LSL$ ⁽²⁾

Entre las ideas para solventar la problemática que genera este caso se encuentran

1. Intercambiar opiniones con el ingeniero de diseño sobre la posibilidad de aumentar la tolerancia.
2. No tocar el proceso ni las especificaciones y realizar una inspección al 100% para eliminar las partes discrepantes. Aunque esta no es una solución muy atractiva, quizás sea la más económica.
3. Modificar la dispersión del proceso para así obtener una distribución con una cima más puntiaguda. Para lograr una sustancial disminución de la desviación estándar quizás sea necesario contar con un nuevo material, un operario más experimentado, nueva capacitación, una nueva máquina o readaptar la existente, o quizás un control automático dentro del proceso.
4. Desplazar el promedio del proceso para que todo el producto de rechazo se concentre en un extremo de la frecuencia de distribución, tal como se indica en la figura 20 (b).

II.8.3. ÍNDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO

La capacidad del proceso y la tolerancia se combinan para formar un índice de capacidad (C_p), el cual se define como la relación entre la diferencia de los límites de especificación y la capacidad del proceso, según la ecuación (17) ⁽⁴⁾

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 \cdot \sigma} \quad (17)$$

Donde

C_p : Índice de capacidad (adimensional)

LSE: Límite superior de especificación (adimensional)

LSI: Límite inferior de especificación (adimensional)

La definición del índice de capacidad supone que el proceso está centrado, es decir, el valor nominal es igual a la media. Sin embargo si el proceso se corre su capacidad real será menor que la indicada por el índice C_p , por lo que se considera a ésta como una capacidad potencial. La capacidad real del proceso (C_{pk}) se define según la ecuación (18) ⁽⁴⁾

$$C_{pk} = \min \left[\frac{LIE - X}{3 \cdot \sigma}, \frac{X - LSE}{3 \cdot \sigma} \right] \quad (18)$$

Donde

C_{pk} : Índice de capacidad real del proceso (adimensional)

mín: Valor mínimo

La mayoría de las compañías han establecido un índice de calidad de 1.33 como estándar o norma para clasificar al proceso analizado como capaz. ⁽²⁰⁾

El índice de capacidad real del proceso (C_{pk}) refleja que tan centrado está un proceso respecto a los límites de especificaciones, un C_{pk} negativo refleja

un promedio de una distribución fuera del rango de especificaciones, un Cpk positivo lo contrario ⁽²⁰⁾

II.8.4. CONDICIONES PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESO

Para realizar un estudio de capacidad del proceso es necesario que se cumplan los siguientes supuestos

1. El proceso se encuentre bajo control estadístico, es decir, sin la influencia de fuerzas externas o cambios repentinos. Si el proceso está fuera de control la media y/o la desviación estándar del proceso no son estables y, en consecuencia, su variabilidad será mayor que la natural y la capacidad potencial estará infravalorada, en este caso no es conveniente hacer un estudio de capacidad.
2. Se recolectan suficientes datos durante el estudio de habilidad para minimizar el error de muestreo para los índices de habilidad.
3. Los datos se recolectan durante un período suficientemente largo para asegurar que las condiciones del proceso presentes durante en estudio sean 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 índices de capacidad son incorrectos. ⁽¹⁹⁾

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

En el siguiente capítulo se especifica la metodología de trabajo empleada para conseguir los objetivos del proyecto.

PASO 1: RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Identificar el tipo de información y las posibles fuentes donde pueda ser obtenida.

La recopilación de la información se efectuó tanto a nivel bibliográfico como a nivel industrial, específicamente en el área de manufactura y empaque de pan de la planta; para este último caso fue necesario definir técnicas de recolección de la información como registros, manuales, archivos internos y observaciones directas.

El proceso empleado por planta Guarenas para la elaboración del pan, la forma en que se estructura la empresa y la producción de la línea de pan los meses anteriores a la ejecución del proyecto, constituyeron algunos de los puntos que se recolectaron a nivel industrial.

Los datos obtenidos de la empresa se procesaron mediante base de datos, hojas de cálculo y gráficos.

En la bibliografía se revisaron los conceptos estadísticos relacionados con el proyecto: (a) capacidad del proceso, (b) índice de capacidad real y potencial del proceso, (c) control estadístico de la calidad, (d) control estadístico de procesos, (e) cartas de control, (f) histogramas de frecuencia, (g) diagramas de Pareto, y (h) diagramas de causa – efecto. Adicionalmente se trató de

justificar, empleando los textos de referencia, la aplicación de los métodos estadísticos como técnicas para mejorar e inclusive alcanzar la calidad.

PASO 2: DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN

Se realizó un muestreo de los productos dividido y terminado, considerando las condiciones bajo las cuales se llevaba a cabo el proceso de elaboración de los distintos tipos de pan, para así conocer su estado actual.

En este paso se emplearon cartas de control, específicamente el diagrama de control de medias y rangos (diagrama X - R) y los histogramas de frecuencia, y se determinó la capacidad, tanto potencial como real, del proceso. La obtención de estos gráficos se realizó a través del empleo del programa estadístico Future SQC Light.

Adicionalmente se estimaron las pérdidas económicas, para el año en curso, producto del descontrol en el peso de los productos, empleando hojas de cálculos. La estimación de las pérdidas económicas de la empresa se realizó por medio de la ecuación de pérdida de la calidad de Taguchi, en la que toda muestra cuyo valor difiera del nominal genera pérdidas económicas; dicho cálculo se llevó a cabo mensualmente y depende del tamaño del lote de los diferentes productos de la línea de pan.

PASO 3: EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN

A partir del diagnóstico de la situación actual se identificaron los puntos críticos en los procesos de pesado de producto dividido y producto terminado.

Las posibles causas del problema, generadas en una tormenta de ideas, se clasificaron en un diagrama causa – efecto, conocido con el nombre de “espina de pescado”, y luego se confirmaron una por una mediante la variación de sus características en el proceso, es decir, se tomaron muestras de peso de los distintos productos variando una a una las características de las fuentes del problema, para así observar el efecto que ejercen sobre el peso del pan, ya sea como producto dividido o como producto terminado. En algunas ocasiones la confirmación de la causa se realizó visualmente, es decir, la comprobación de aquellas posibles causas que no son medibles (atributos) se llevó a cabo empleando medios visuales como fotografías y videos.

En este paso se empleó una tabla de confirmación de causas, ver anexo 5, la cual permitió llevar un registro sobre las causas que fueron confirmadas y los resultados obtenidos (afecta o no el problema).

PASO 4: GENERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Plantear las alternativas para mejorar los procesos de pesado. Dichas soluciones (contramedidas) se originaron en una sesión de “lluvia de ideas”.

Todas las ideas contramedidas propuestas fueron implementadas, y el orden en que se ejecutaron dichas alternativas dependió de los resultados obtenidos en un diagrama de Pareto, con el cual se determinó el impacto de las causas al problema. Aquellas causas que representaron el 80% en el diagrama de Pareto fueron las primeras a solventar.

Paso 5: IMPLEMENTACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS Y VERIFICACIÓN DEL EFECTO DE LA MEJORA REALIZADA

Se definió un cronograma, producto del diagrama de Pareto realizado, y según este se ejecutaron las acciones correctivas necesarias. Dicho cronograma se organizó en una tabla indicando: la causa confirmada, idea contramedida, persona responsable, período de implementación y el resultado obtenido (ver anexo 5).

A medida que se ejecutaron, una por una, las acciones correctivas se verificaron los avances obtenidos (disminución o desaparición del problema), mediante el muestreo de la nueva situación.

En este paso se emplearon los gráficos o cartas de control e histogramas de frecuencia, se determinó nuevamente la capacidad del proceso (real y potencial) y se compararon los resultados con los obtenidos en el paso 2.

Paso 6: REALIZACIÓN DEL ESTUDIO ECONÓMICO

Mediante la elaboración de un análisis económico se determinó la rentabilidad del proyecto, es decir, si resulta correcto invertir en él, empleando la técnica o el modelo de la tasa interna de retorno (TIR); al mismo tiempo se indicó el lapso de tiempo en el que recuperaría Bimbo de Venezuela, C.A. la inversión.

En este paso se empleó como herramienta las hojas de cálculo de Microsoft Office Excel.

Para tomar la decisión de inversión correcta, se determinaron todos los flujos efectivos esperados del proyecto, ingresos y costos, y se seleccionó una tasa

de rendimiento del 10%, la cual es considerada por Bimbo de Venezuela, C.A. como la tasa mínima sin riesgo en el mercado (TREMA).

Como se evaluó solo una alternativa (invertir o no) por medio de la TIR, es obligatorio que tanto los ingresos como las erogaciones se encuentren presentes en el flujo efectivo y que la suma de ingresos exceda la suma de todos los flujos salientes de efectivo. ⁽²¹⁾

Por ser este un proyecto de corto plazo, el flujo efectivo se llevó a un año, para así determinar el tiempo en el que se recuperaría la inversión, por exigencias de la empresa.

Paso 7: CAPACITACIÓN AL PERSONAL

La capacitación del personal que labora en la línea de pan se realizó mediante la preparación de charlas o presentaciones que involucraron los conceptos y herramientas básicas del CEP.

Adicionalmente se preparó un material que les sirvió de apoyo (guías, folletos o trípticos) y se publicaron datos del proyecto, en carteleras, que les permitieron conocer el estatus del mismo.

Cabe destacar que las presentaciones de estas charlas se realizaron en conjunto con el supervisor encargado del proyecto.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el siguiente capítulo se presentarán los resultados obtenidos en este trabajo de grado, con su respectiva interpretación o análisis.

IV.1. SITUACIÓN INICIAL DE LA LÍNEA DE PAN EN PRODUCTO DIVIDIDO

Los pesos de los productos divididos de la línea de pan en la fase del muestreo preliminar, que permitió determinar la situación inicial del proceso, presentan un amplio rango de desviación estándar, el cual va desde 3.02 g a 6.90 g, como se observa en la Tabla 1. Dichos resultados fueron obtenidos empleado un tamaño de muestra de 18 piezas por masa, agrupadas en dos unidades (subgrupo), las cuales corresponden a piezas de masa divididas por caras distintas del dado cortador.

Tabla 1: Estado inicial de la desviación estándar de los productos divididos de la línea de pan

PRODUCTO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR ($S \pm 0.01$ g)
Blanco 500 g Bimbo	4.70
Blanco 500 g Holsum	3.02
Blanco 650 g Bimbo	6.90
Blanco 700 g Holsum	6.64
Diet 500 g Bimbo	4.55
Integral 500 g Bimbo	3.86
Integral 500 g Holsum	4.83
Integral 650 g Bimbo	5.00
Mantequilla 500 g Holsum	4.20
Promedio	4.86

Es de resaltar que los productos de mayor peso, como el Blanco 650 g Bimbo, Blanco 700 g Holsum e Integral 650 g Bimbo, son los que presentan la más alta variabilidad, con respecto al resto de los productos, dicha variabilidad puede alcanzar valores de ± 20.69 g.

La realización del dictamen de la situación inicial permite caracterizar al proceso como un proceso de alta variabilidad, debido al valor promedio que arroja la desviación estándar del muestreo de los pesos de los diferentes productos (4.86 g); por lo que en el área de producto dividido es posible encontrarse con productos cuyo peso difiere en 14.57 g.

Adicionalmente las cartas de control de los distintos productos (ver anexo 6) identifican al proceso como fuera de control, debido a la presencia de patrones no aleatorios, y puntos que sobrepasan los límites de control; por lo que no se presentará un estudio de capacidad en esta etapa, ya que la variabilidad del proceso es mayor a la natural y tanto la media como la desviación estándar no son estables, es decir, el comportamiento del proceso no es predecible en el tiempo. ⁽¹⁹⁾

A continuación se analizan las cartas de control e histogramas de frecuencias de los panes Blanco 650 g Bimbo y Blanco 700 g Holsum, los cuales constituyen los dos productos de mayor variabilidad en el área de dividido. Los gráficos de control e histogramas del resto de los productos se encuentran en los anexos 6 y 7, respectivamente.

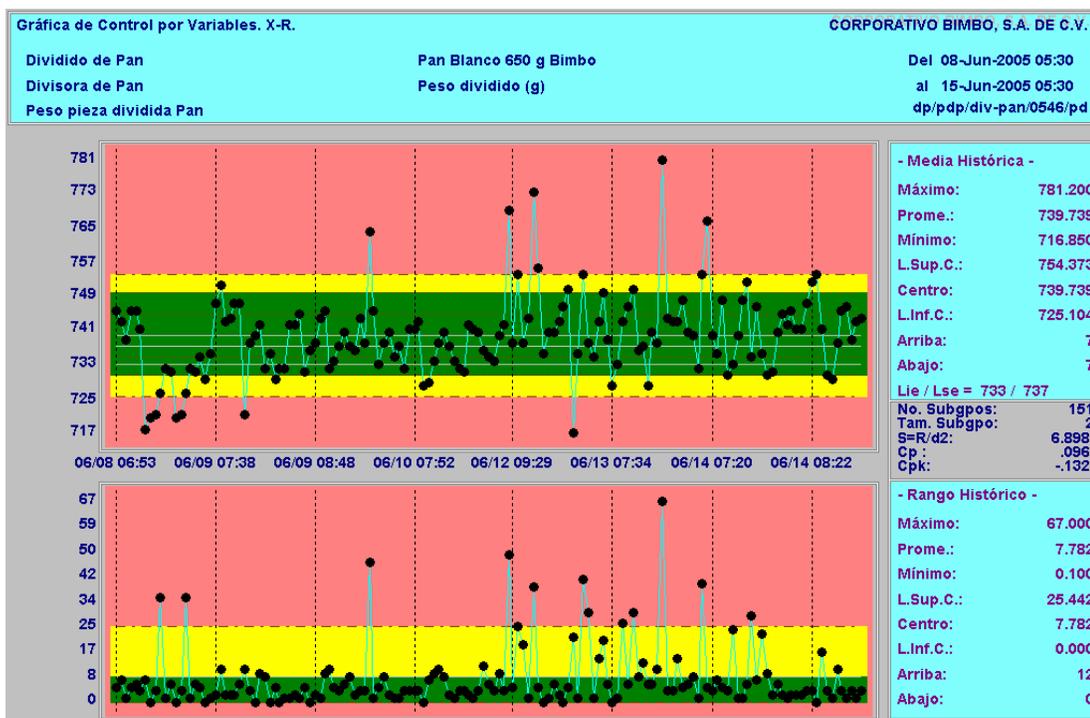


Figura 21: Situación inicial del producto dividido Blanco 650 g Bimbo a través de la carta de control de X – R

La Figura 21 representa la carta de control del producto Blanco 650 g Bimbo en la situación inicial o etapa I del proyecto desarrollado en Bimbo de Venezuela, C. A. En dicha carta es posible identificar una serie de puntos fuera de los límites de control, tanto superior como inferior, además de la presencia de dos de los patrones establecidos por Juran como patrones fuera de control, es decir, se encuentran un conjunto de seis puntos con aumento y disminución estable (prueba 3); y al dividir la carta en las tres zonas A, B y C, se nota que cada cuatro puntos de cinco se encuentran seguidos en la zona B o más allá (prueba 6) ⁽¹⁹⁾, a lo largo de todos los puntos graficados. Por estas razones los pesos divididos del producto Blanco 650 g Bimbo no se encuentran en estado de control.

En esta etapa del proyecto el histograma de frecuencia del producto Blanco 650 g Bimbo (ver Figura 22) muestra un porcentaje de 81.86% de productos fuera de especificación, correspondiendo el 65.54% a panes cuyo peso se encuentra por encima del límite superior de especificación (737 g).

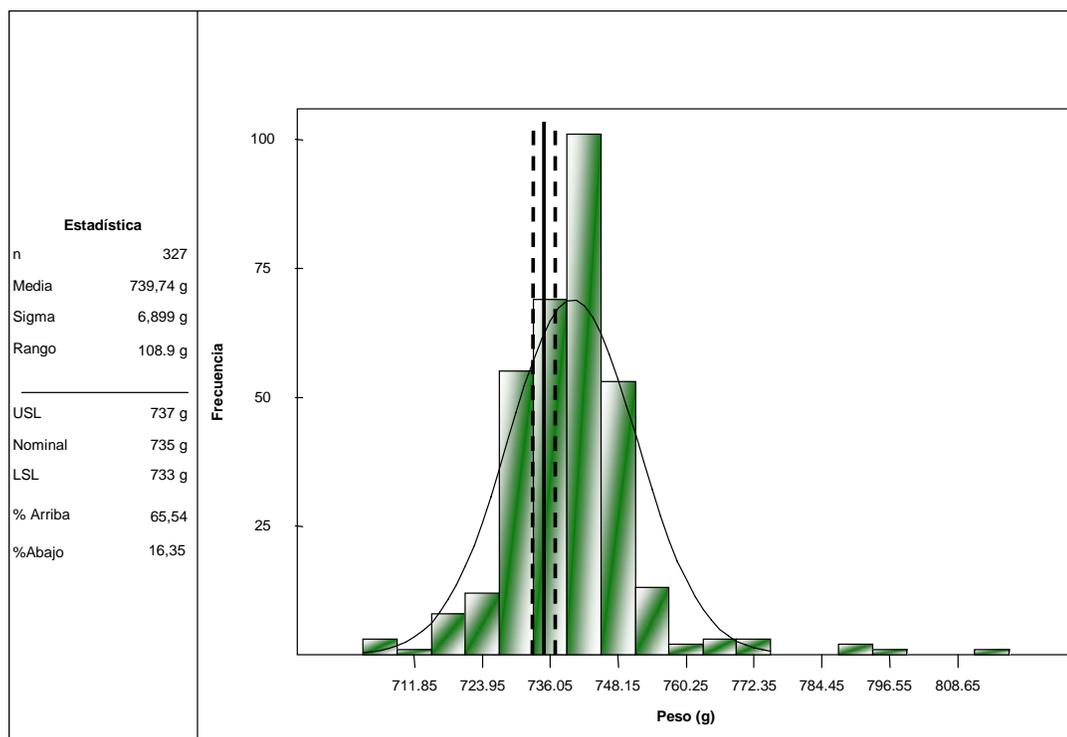


Figura 22: Histograma de frecuencia del producto Blanco 650 g Bimbo en la situación inicial

En el histograma de la figura 22, se observa que el proceso se encuentra desplazado hacia la derecha, con una media superior al límite superior de especificación (USL), lo cual justifica que el mayor porcentaje de productos se encuentre por encima del rango de especificación (tolerancia) de peso.

Con respecto a la carta de control determinada en la etapa inicial para el producto Blanco 700 g Holsum, la cual se muestra en la Figura 23, la situación encontrada corresponde a un estado fuera de control debido a la presencia de puntos que rebasan los límites de control, y patrones fuera de

control según las pruebas de Juran: (a) Seis puntos seguidos con aumento o disminución estable y (b) cuatro de cada cinco puntos seguidos en la zona B o más allá ⁽¹⁹⁾; además del patrón conocido como serie, ya que se muestran un conjunto de puntos que indican la iniciación de una tendencia o desplazamiento del proceso. ⁽¹⁵⁾

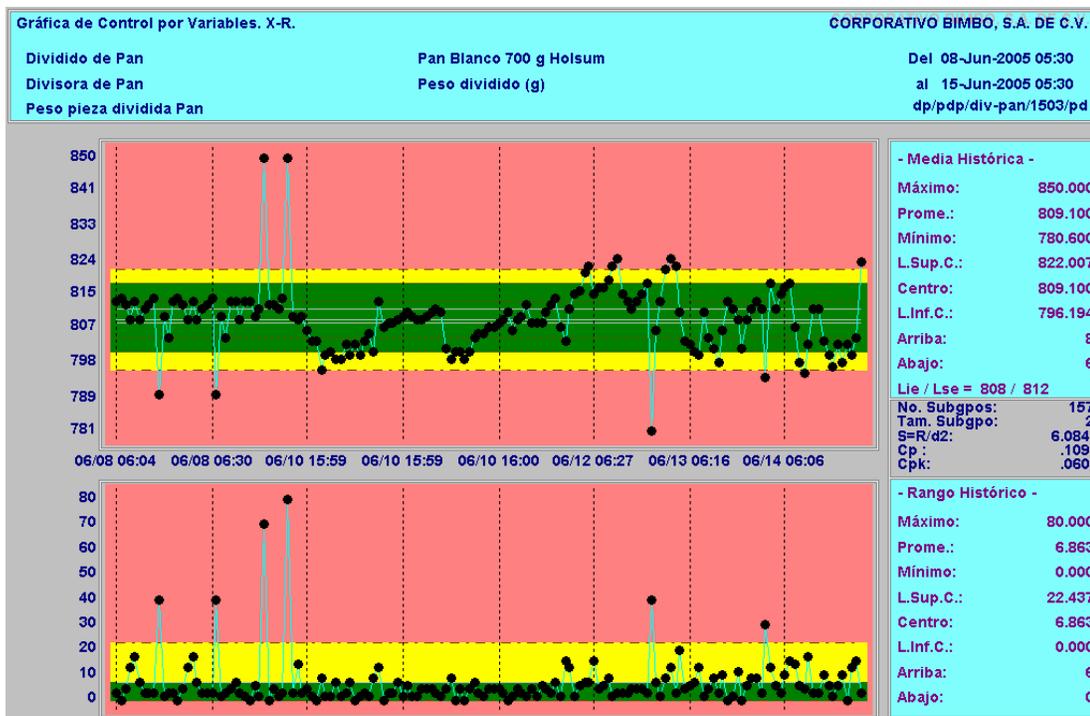


Figura 23: Situación inicial del producto dividido Blanco 700 g Holsum a través de la carta de control de X – R

Por otro lado, el valor de la media de la muestra analizada indica que el proceso se encuentra desplazado hacia la derecha, pero sin repasar el límite superior de especificación ($USL > X > Nominal$); sin embargo debido a la desviación estándar tan alta de los pesos de las piezas divididas del Blanco 700 g Holsum muestreado (6.0841), el porcentaje de productos ubicado tanto por encima como por debajo de la tolerancia o rango de especificaciones supera el 30%, como se observa en la Figura 24.

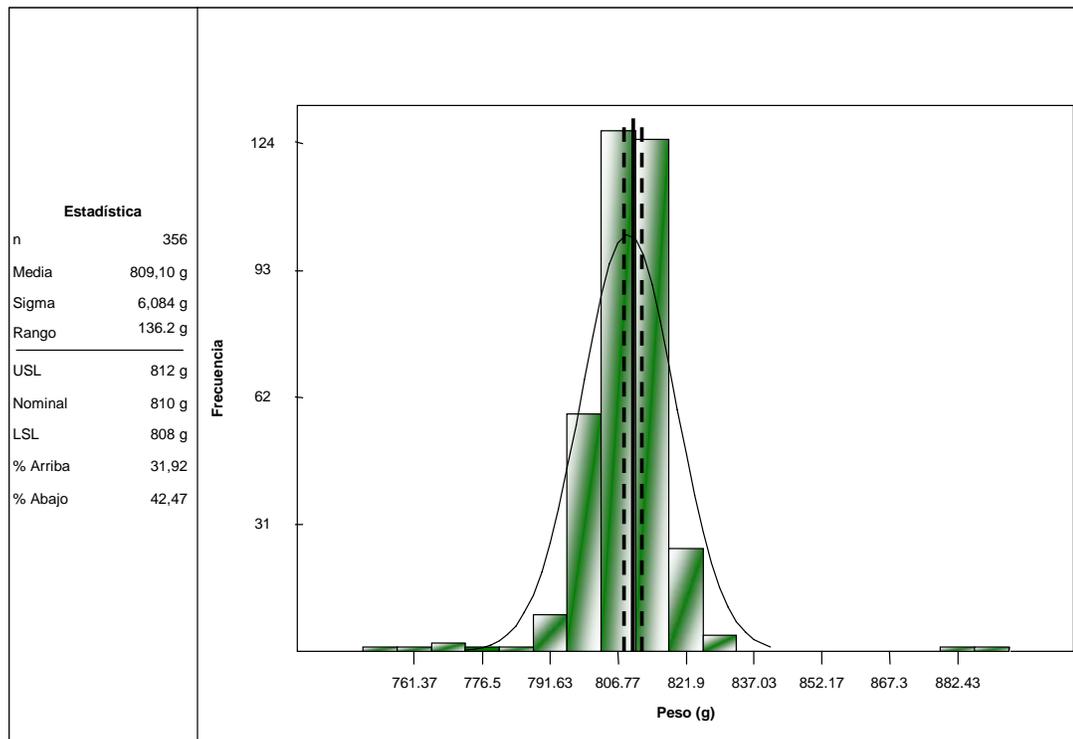


Figura 24: Histograma de frecuencia del producto Blanco 700 g Bimbo en la situación inicial

En el muestreo preliminar realizado fue posible apreciar que el sobreajuste realizado por los operadores, generaba una mayor variación en el peso del producto dividido, por lo que se muestreó en una segunda etapa, denominada sin perturbación, las piezas divididas de pan, obteniéndose un comportamiento semejante para todos los productos muestreados (ver anexo 8). Con el objeto de ejemplificar y analizar esta nueva etapa es mostrada la carta de control y el histograma de frecuencia del producto Blanco 650 g Bimbo, producto crítico en dividido de pan.

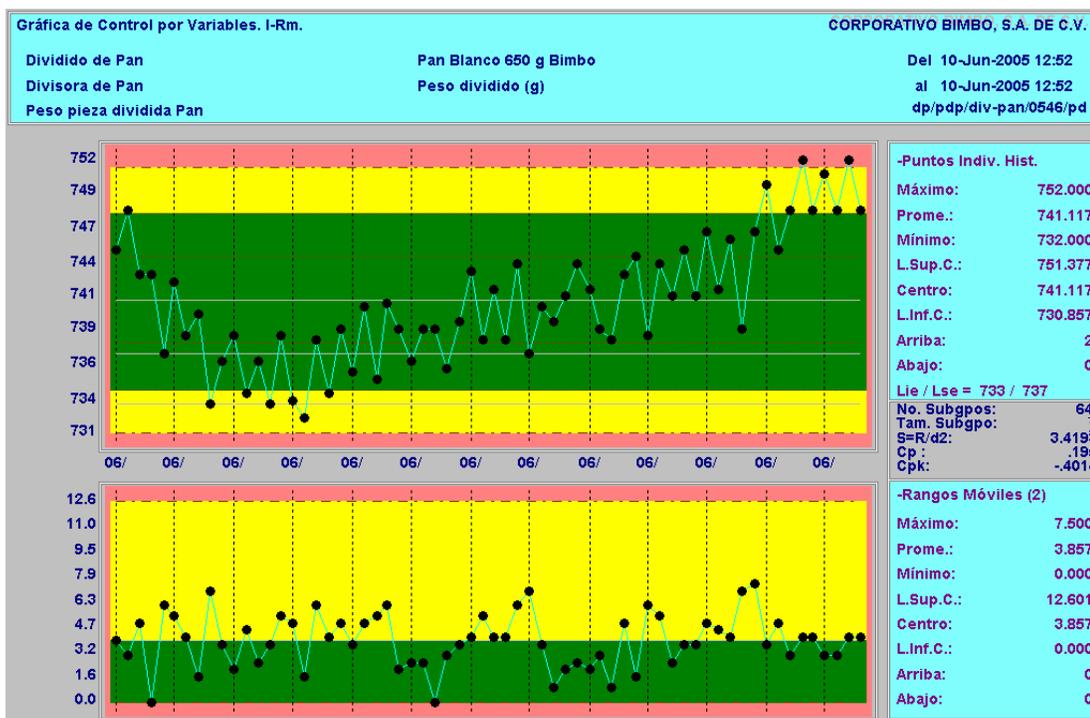


Figura 25: Carta de control del producto dividido Blanco 650 g Bimbo obtenida sin perturbar el proceso

En la Figura 25 se observa claramente la presencia del patrón cambio o salto de nivel, ya que se nota un cambio repentino de nivel en la gráfica de medias, es decir, a medida que transcurre el muestreo de los subgrupos el peso del producto tiende a aumentar; notándose a su vez la presencia de ciclos en la gráfica de rangos, los cuales pueden ser producto de la fatiga del operador o del efecto de las pausas laborales. ⁽²⁾

Adicionalmente la tendencia al aumento del peso de la muestra genera puntos por encima del límite superior de control (751.38 g), lo cual se manifiesta en el histograma de frecuencias en un alto porcentaje de productos por encima del rango de especificación, y a la obtención de una media mayor al límite superior de especificación, como se visualiza en la Figura 26.

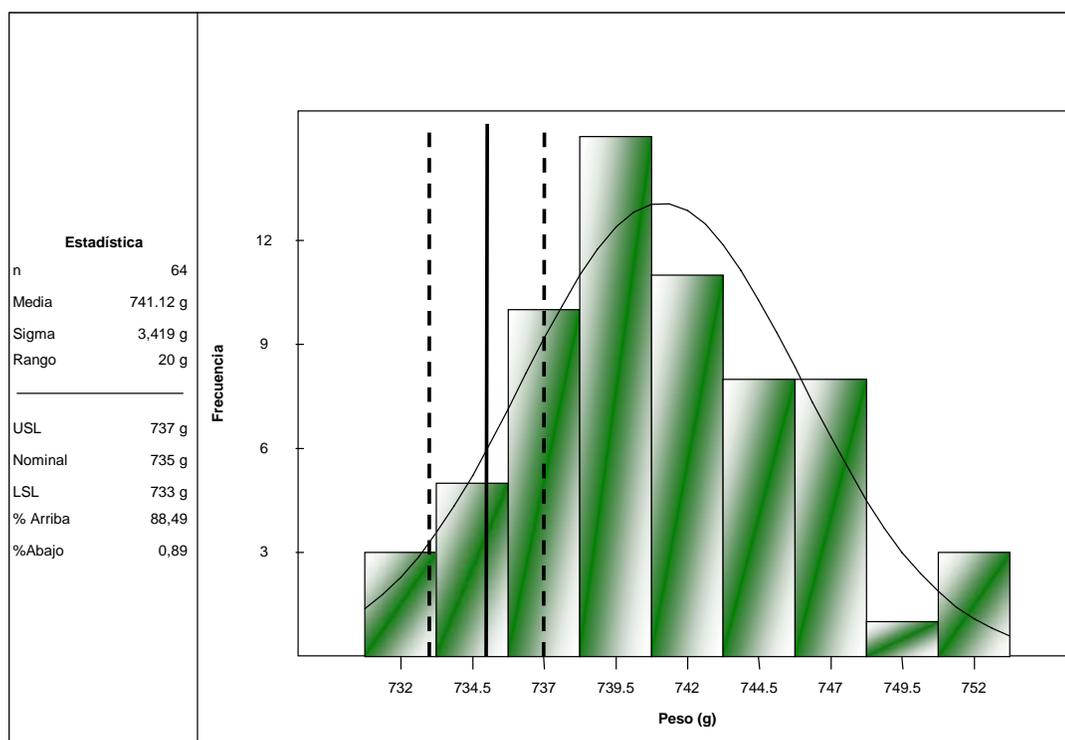


Figura 26: Histograma de frecuencias del producto dividido Blanco 650 g Bimbo sin perturbación del sistema

IV.2. SITUACIÓN INICIAL DE LA LÍNEA DE PAN EN PRODUCTO TERMINADO

La situación inicial del producto terminado de pan fue analizada empleando un tamaño de muestra de 75 piezas, con las cuales se conforman subgrupos de cinco unidades; dichas muestras fueron recolectadas cada dos minutos por un colaborador del área de empaque. El producto terminado es pesado después de ser rebanado y empacado.

En el análisis de la situación inicial es importante resaltar la desviación estándar de los pesos de los productos terminados de pan, la relación entre el porcentaje de fallas (productos fuera de especificación) de productos divididos y terminados, al igual que las cartas de control e histogramas de

frecuencia para los dos productos de mayor impacto, es decir, para los dos productos que presentan la mayor variabilidad. Las cartas de control e histogramas de frecuencias del resto de los productos se ubicarán en los anexos 9 y 10, respectivamente.

La tabla siguiente muestra la desviación estándar del peso, por producto, encontrada al momento de analizar la situación inicial de la variación de peso del área de empaque.

Tabla 2: Desviación estándar de los pesos de los productos terminados de pan

PRODUCTO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S ± 0.01 g)
Blanco 500 g Bimbo	4.98
Blanco 500 g Holsum	6.09
Blanco 650 g Bimbo	6.21
Blanco 700 g Holsum	6.13
Diet 500 g Bimbo	4.39
Integral 500 g Bimbo	5.08
Integral 500 g Holsum	4.66
Integral 650 g Bimbo	3.65
Ligero 500 g Holsum	3.63
Multicereal 500 g Bimbo	4.25
Promedio	4.91

En la Tabla 2 es posible visualizar la gran variabilidad que presentan los diversos productos terminados de la línea de pan, siendo la desviación estándar promedio del área de empaque igual a 4.91 g. Cabe destacar que los productos blancos (Blanco 500 g Bimbo, Blanco 500 g Holsum, Blanco 650 g Bimbo y Blanco 700 g Holsum) presentan una mayor desviación en el

peso que los integrales (Diet 500 g Bimbo, Integral 500 Bimbo, Integral 500 g Holsum, Ligerito 500 g Holsum y Multicereal 500 g Bimbo), evidenciándose a su vez en los pesos de los productos más grandes (Blanco 650 g Bimbo y Blanco 700 g Holsum) la mayor variación.

La figura mostrada a continuación representa la carta de control de medias y rangos (X – R) producto del muestreo preliminar del pan Blanco 650 g Bimbo en el área de empaque.

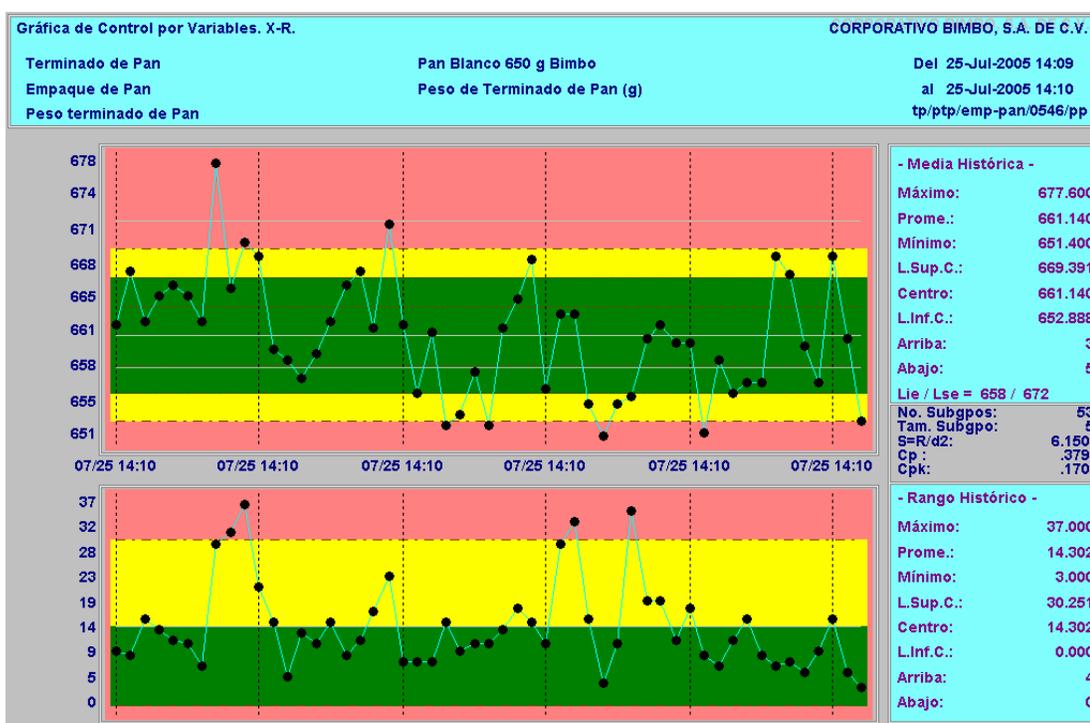


Figura 27: Carta de control de X – R para el producto terminado de pan Blanco 650 g Bimbo

Los pesos del producto terminado Blanco 650 g Bimbo no presentan un comportamiento natural, es decir, su comportamiento es inestable, por encontrarse fuera de control ⁽²⁾, como se observa en la Figura 27.

La evidencia o señal más clara que presenta la carta de control anterior, de que el proceso se encuentra fuera de control estadístico corresponde a una serie de puntos que sobrepasan los límites de control superior e inferior de la gráfica de medias.

Adicionalmente, en la gráfica de medias, se visualizan dos de las pruebas establecidas por Juran que representan patrones no aleatorios ⁽¹⁹⁾, es decir, al dividir la carta de control de medias en las tres zonas (A, B y C) caen nueve puntos seguidos en la zona C o más allá (prueba 2) y cuatro de cinco puntos se encuentran continuos en la zona B o más allá (prueba 6). Por otro lado en esta gráfica a partir del subgrupo catorce representado, se observa el inicio de un cambio repentino de nivel; lo cual corresponde con uno de los patrones tipificados como patrones fuera de control.

Con respecto a la gráfica de rangos, de la carta representada en la Figura 27, se notan subgrupos por encima del límite superior de control, siendo la variabilidad entre los subgrupos de 14.30 g en promedio, lo que indica la poca precisión de los pesos de las muestras analizadas.

Para realizar un estudio de capacidad de proceso es necesario que el proceso se encuentre bajo control estadístico ⁽¹⁹⁾, situación que no se presenta en el producto terminado Blanco 650 g Bimbo de la línea de pan, según la carta de control, por lo que en la situación inicial que se encuentra este producto, en el área de empaque, no es posible determinar los índices de capacidad del proceso tanto potencial como real.

En la Figura 28 se presenta la distribución del muestreo de los pesos del producto terminado Blanco 650 g Bimbo, por medio de un histograma de frecuencias.

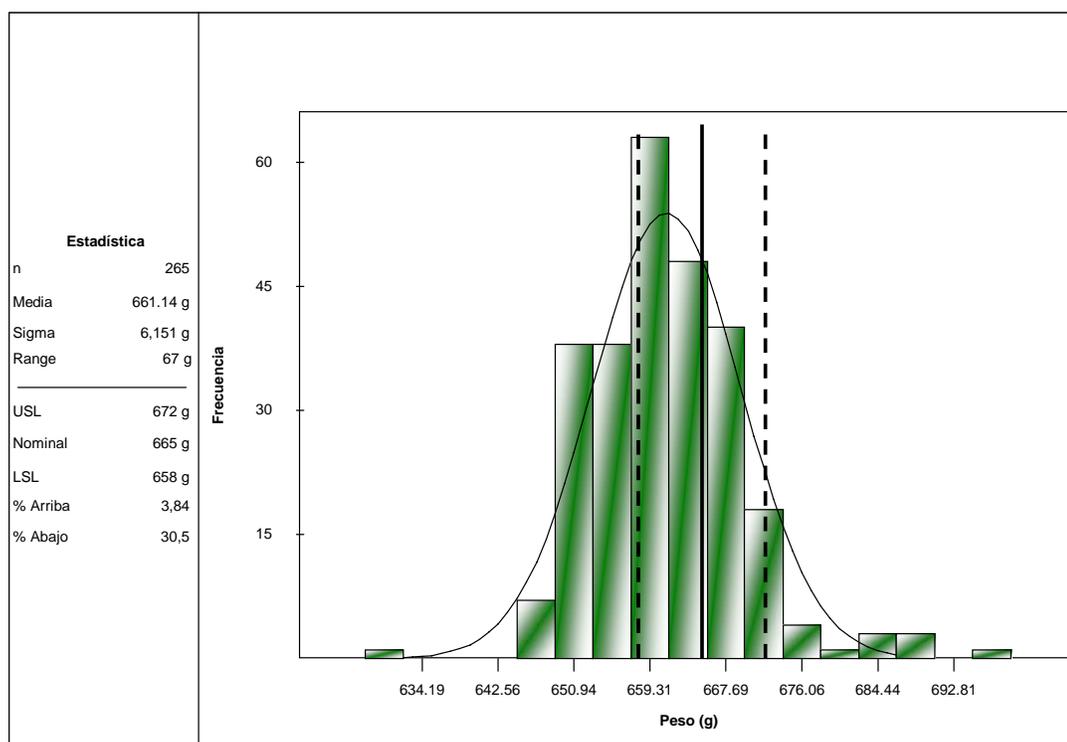


Figura 28: Histograma de frecuencias para el producto terminado de pan Blanco 650 g Bimbo

En el histograma representado en la Figura 28 se observa la amplia dispersión de los pesos en producto terminado de este pan (67 g) producto de las deficiencias de las diferentes etapas que conforman el proceso (dividido, boleado, modelado, horneado y rebanado).

Adicionalmente se aprecia que el promedio de los pesos se encuentra entre los límites superior e inferior de las especificaciones (líneas punteadas), sin embargo el mismo es menor que el valor nominal (665 g) por lo que la distribución normal del proceso se encuentra descentrada y desplazada hacia la izquierda, generando un alto porcentaje de productos bajos de peso (30.5%) en relación a lo especificado (658 g – 672 g).

Por las razones antes expuestas, los pesos del producto terminado Blanco 650 g Bimbo se caracterizan por ser poco exactos e imprecisos.

Con respecto al otro producto terminado crítico (Blanco 700 g Holsum), el muestreo representado en la figura permite identificar la situación como fuera de control, ya que el comportamiento de los pesos de este producto es inestable por presentarse subgrupos fuera de los límites de control determinados, tanto en la gráfica de medias como en la de rangos.

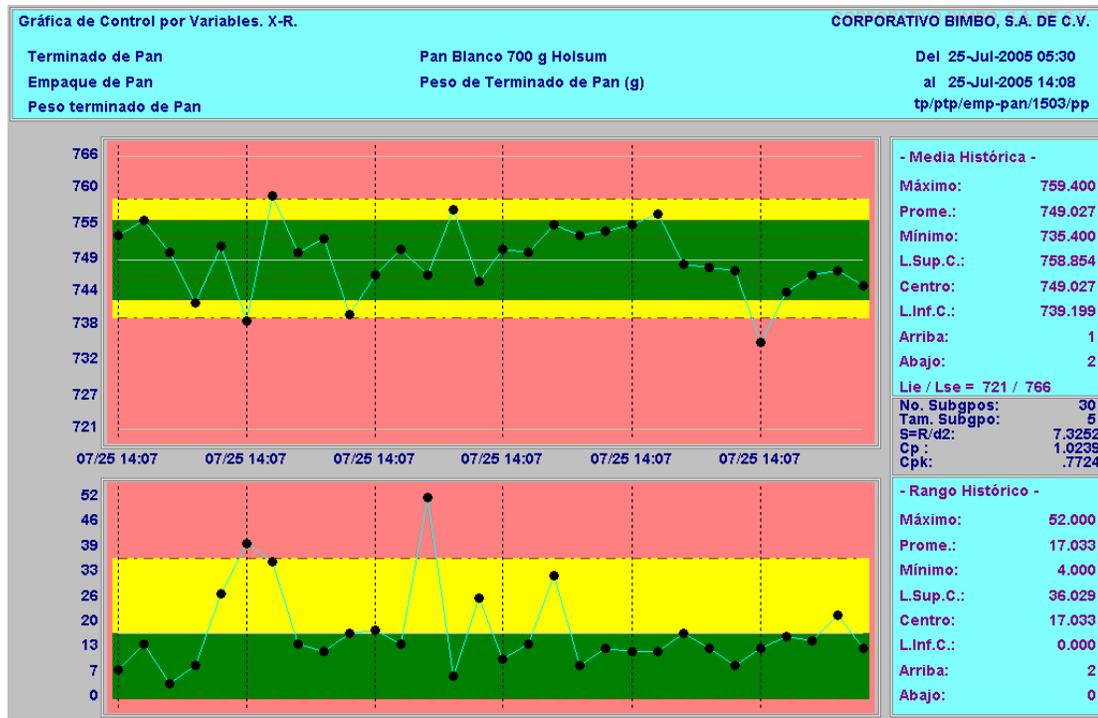


Figura 29: Carta de control de X – R para el producto terminado de pan Blanco 700 g Holsum

Además de los subgrupos que sobrepasan los límites de control superior e inferior en la gráfica de medias, representada en la figura anterior, se nota una sucesión de puntos (últimos subgrupos) que indican el inicio de una serie o tendencia decreciente, la cual corresponde con uno de los patrones

tipificados como patrones fuera de control; y se evidencia la prueba seis de Juran en la que se establece que cuatro de cada cinco puntos seguidos en la zona B o más allá conduce a un patrón no aleatorio. ⁽¹⁹⁾

Por el proceso no encontrarse bajo control estadístico, en el producto Blanco 700 g Holsum, no es conveniente hacer un estudio de capacidad, ya que su variabilidad es mayor a la natural y tanto la media como la desviación estándar no son estables. ⁽²⁾

La distribución de los datos de la muestra analizada del producto Blanco 700 g Holsum se indica por medio del histograma de frecuencias a representar en la figura siguiente.

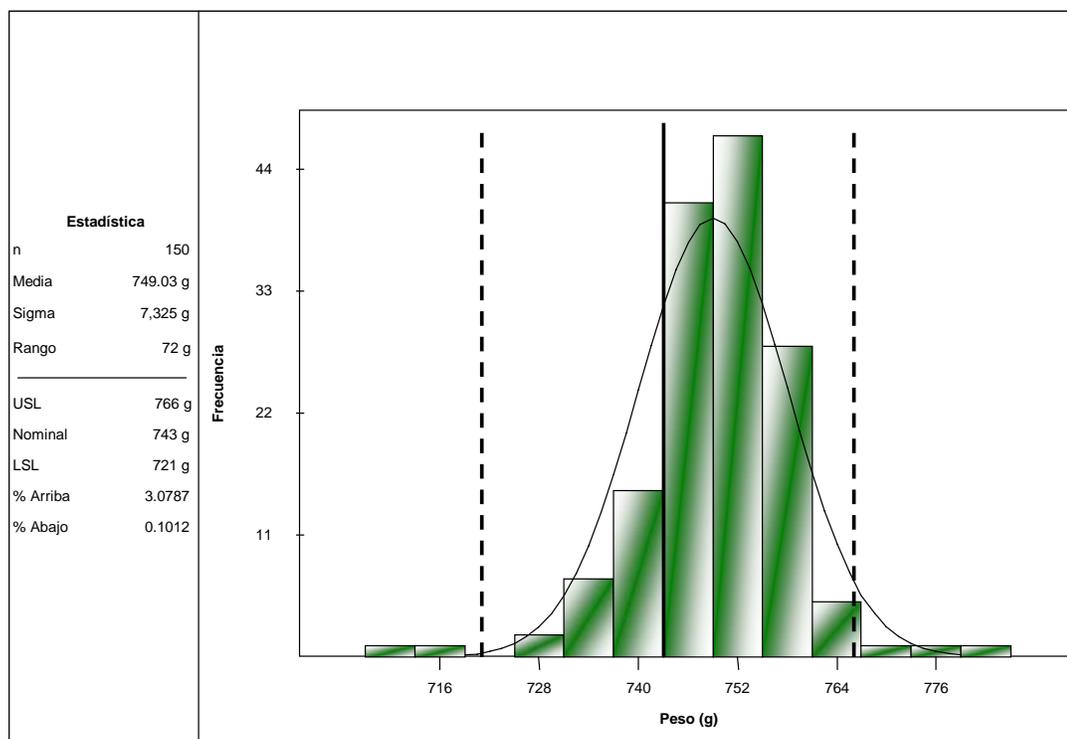


Figura 30: Histograma de frecuencias para el producto terminado de pan Blanco 700 g Holsum

En la Figura 30 es posible visualizar la forma acampanada de los datos, lo cual es una característica inherente de los procesos que se ajustan a una distribución normal de frecuencias.

Adicionalmente en la figura se percibe que el rango de especificación de peso en este producto es bastante amplio (45 g), además de que sus límites (721 g – 766 g) son muy altos si se comparan con el valor neto declarado (700 g), a pesar de que estos límites incluyen el peso del empaque (8.5 g) y del plastinado¹ (0.2 g). El rango de variación del proceso, según las pruebas realizadas, oscila alrededor de los 72 g.

Por otro lado, en la Figura 30, es posible notar que los pesos del producto Blanco 700 g Holsum se encuentran desplazados hacia la derecha, ya que la media es mayor al valor nominal especificado; sin embargo a pesar de esta situación el porcentaje de productos fuera de especificación (1.03%) no es alto, según las estipulaciones de la resolución de SENCAMER 2652/88: “Contenido neto en plantas y almacenes, tolerancias establecidas”.

El otro punto que resulta conveniente analizar dentro de la identificación de la situación inicial de la variación de peso del producto en terminado de pan corresponde, como se mencionó anteriormente, a la relación entre el porcentaje de productos fuera de especificación entre el producto dividido y el terminado; dicha relación es mostrada en la siguiente tabla.

¹ Twister con el que se amarra la bolsa

Tabla 3: Porcentajes de productos fuera de especificación en productos divididos y terminados de pan

PRODUCTO	PORCENTAJE POR ARRIBA DE LA ESPECIFICACIÓN (%)		PORCENTAJE POR DEBAJO DE LA ESPECIFICACIÓN (%)	
	DIVIDIDO	TERMINADO	DIVIDIDO	TERMINADO
Blanco 500 g Bimbo	51.75	85.15	12.61	0.54
Blanco 500 g Holsum	48.22	73.89	13.67	1.91
Blanco 650 g Bimbo	66.19	2.25	12.21	43.64
Blanco 700 g Holsum	25.91	3.94	54.96	38.19
Diet 500 g Bimbo	59.62	5.91	9.32	36.71
Integral 500 g Bimbo	40.58	86.84	11.27	2.78
Ligero 500 g Holsum	38.25	77.50	40.79	0.45
Multicereal 500 g Bimbo	50.47	97.05	26.36	0.38

En Bimbo de Venezuela, C. A. las especificaciones establecidas para producto dividido fueron determinadas relacionando las especificaciones del producto terminado con el porcentaje de pérdidas de peso a través del recorrido del producto en la línea; por lo que el porcentaje de productos divididos fuera de especificación, ya sea por encima o por debajo, debe ser semejante o mantener su proporcionalidad; sin embargo la Tabla 3 indica lo contrario, en dicha tabla se nota que ciertos productos ganan peso a lo largo del proceso, como el Blanco 500 g Bimbo, Blanco 500 g Holsum, Integral 500 g Bimbo, Ligero 500 g Holsum y Multicereal 500 Bimbo, es decir, el porcentaje de productos por arriba de la especificación aumenta desde el producto dividido al terminado; por otro lado existen productos, como el Blanco 650 g Bimbo y Diet 500 g Bimbo, en los que se evidencia lo contrario, es decir, el porcentaje de productos por arriba de la especificación disminuye

del producto dividido al terminado, aumentando el porcentaje de productos por debajo de la especificación.

Por las razones anteriormente expuestas se intuye que las etapas intermedias (boleado, modelado, horneado y rebanado) entre el producto dividido y el empaçado afectan la variación de peso del producto terminado de pan.

IV.3. ANALISIS DE CAUSAS DE LA VARIACIÓN DE PESO DEL PRODUCTO DIVIDIDO DE PAN

En la siguiente figura se muestra un diagrama causa – efecto (CE), en el cual se exponen las causas de la variación de peso del producto dividido de pan.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

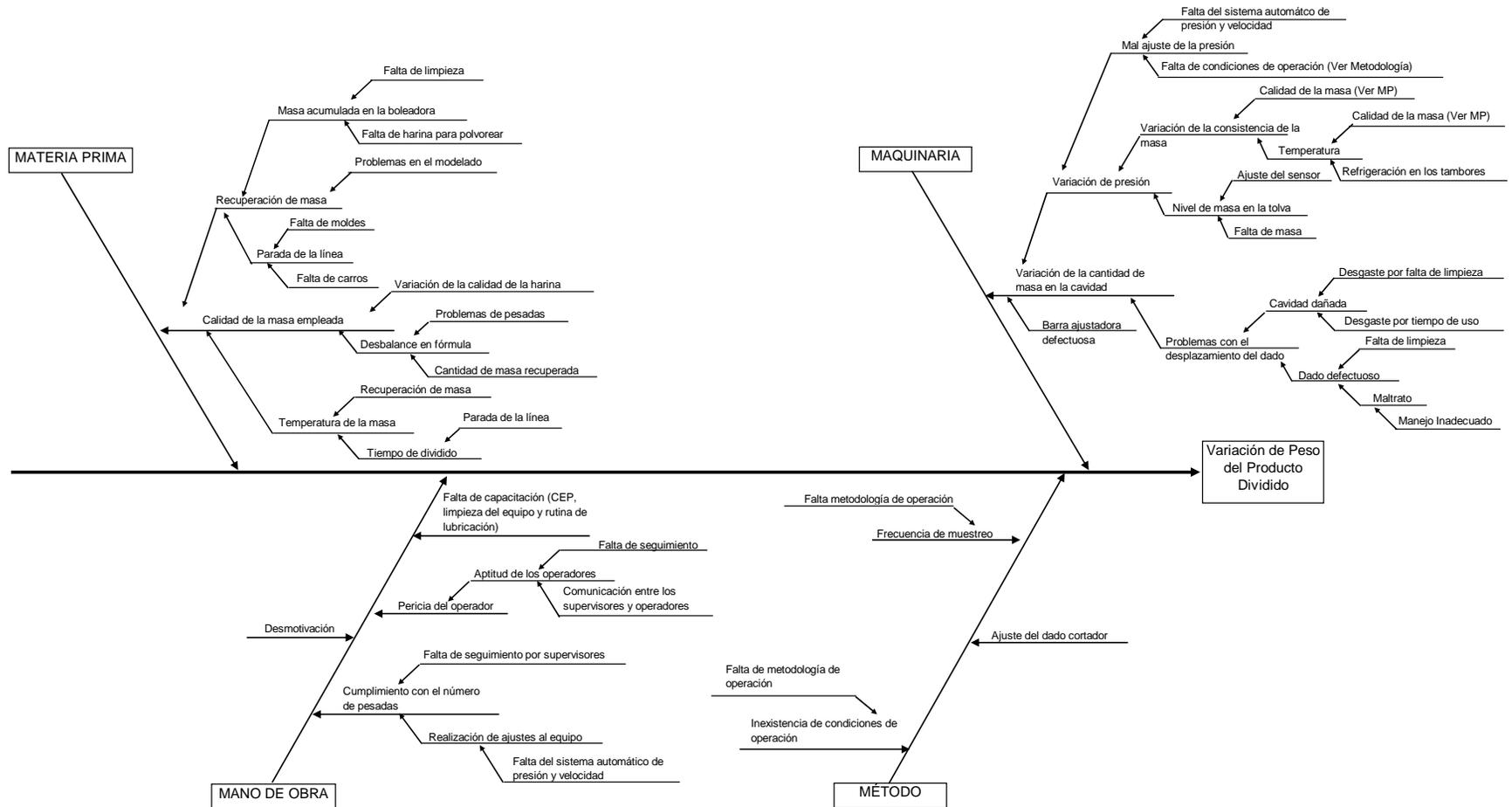


Figura 31: Causas de la variación de peso del producto dividido de pan

Como se observa en la Figura 31 la variación del peso del producto dividido de pan es debida a un sin número de causas, que van desde la falta de un sistema automático de presión y velocidad de la divisora de pan, hasta la falta de metodología de operación y la pericia del operador del equipo, es decir, del divisor.

La confirmación de las causas raíz (ver anexo 11), según lo expuesto en la sesión de lluvia de ideas se llevó a cabo en base a un consenso desarrollado con el jefe de mantenimiento y supervisores de la línea de pan, en el cual se les dio prioridad a las fuentes de variación vinculadas con la maquinaria y se indicó el método de confirmación (ver anexo 12).

IV.3.1. CONFIRMACIÓN DE LAS CAUSAS RAÍZ DE LA VARIACIÓN DE PESO DEL PRODUCTO DIVIDIDO DE PAN

En base a la similitud mostrada por los productos divididos de la línea de pan, en las cartas de control correspondientes a la situación en la que el operador no perturba el sistema (ver anexo 8), se considera que el efecto de las causas sobre el peso de todos los productos es repetible, es decir, las causas enumeradas afectan la variación de peso por igual en todos los panes; por esta razón la confirmación de las causas raíz se realizará en base a los productos que presentan la mayor variabilidad.

Adicionalmente, en esta sección, solo es mostrado el análisis de las causas cuyos resultados son cuantitativos; en el caso de aquellas causas cualitativas (ver anexo 11), como problemas con la rotación del cabezal, fuga de aire en la válvula de expulsión del dado, barra ajustadora defectuosa, entre otras, los resultados son expuestos en el anexo 12.

IV.3.1.1. Nivel de masa en la tolva

En la Tabla 4 se exponen los valores de la media y desviación estándar de cuatro muestras del producto dividido Blanco 650 g Bimbo, correspondientes al muestreo de dos masas empleando niveles de masa distintos en la tolva de alimentación de la divisora de pan.

Tabla 4: Datos estadísticos del producto Blanco 650 g a distintos niveles de masa en la tolva de la divisora de pan

OPERADOR	José Martínez	José Martínez	José Martínez	José Martínez
PRESIÓN ($P \pm 0.1$ psi)	40.0	40.0	20.0	20.0
VELOCIDAD ($v \pm 0.1$ piezas/min)	71.0	71.0	71.0	71.0
NIVEL DE LA TOLVA ($l \pm 0.1$ cm)	25.0	50.0	25.0	50.0
MEDIA ($X \pm 0.01$ g)	746.75	744.06	763.32	750.61
DESVIACIÓN ESTÁNDAR ($S \pm 0.01$ g)	2.95	4.47	4.03	10.14

De la tabla anterior es posible indicar que en aquellos casos en el que el nivel de la masa en la tolva de la divisora es menor, y la divisora se encuentra operando bajo las mismas condiciones, la desviación estándar en el peso del producto dividido es menor.

El hecho de que un nivel de masa bajo en la tolva de la divisora origine una menor variabilidad en el peso del producto dividido, expresada a través de

una menor desviación estándar, se debe a que los continuos arranques de la bomba de masa permiten mantener un nivel de masa bajo y constante durante el proceso de dividido de una masa, por lo que los rodillos alimentadores trabajaran a la misma velocidad y la cantidad de masa que entra en el dado cortador es prácticamente constante, lo cual permite que los pesos del producto dividido presenten menos variación que al operar con la tolva de masa completamente llena.

IV.3.1.2. Presión de trabajo inadecuada

La Tabla 5 contiene los resultados del muestreo de tres masas consecutivas de Blanco 650 g Bimbo, empleando distintas presiones de operación (20.0, 30.0 y 40.0 psi).

Tabla 5: Efecto del empleo de diferentes presiones de trabajo en la divisora de pan sobre el peso del producto dividido Blanco 650 g Bimbo

OPERADOR	José Martínez	José Martínez	José Martínez
PRESIÓN ($P \pm 0.1$ psi)	40.0	30.0	20.0
VELOCIDAD ($v \pm 0.1$ piezas/min)	71.0	71.0	71.0
MEDIA ($X \pm 0.01$ g)	744.06	743.56	750.61
DESVIACIÓN ESTÁNDAR ($S \pm 0.01$ g)	3.84	4.37	10.14

Los resultados expuestos en la tabla anterior corroboran el hecho de que la presión de trabajo en la divisora de pan afecta la variación de peso en el

producto dividido de pan; notándose además que a medida que se aumenta la presión de operación la desviación estándar de la muestra disminuye.

En la divisora de pan la presión de operación se encuentra directamente relacionada con la velocidad de giro de los rodillos alimentadores, si la divisora opera de modo manual, por lo que una mayor presión provoca un movimiento más rápido de dichos rodillos, lo cual permite que la cantidad de masa que entra en el dado cortador tenga poca variación.

IV.3.1.3. Temperatura de la masa

En la Tabla 6 se comparan los resultados estadísticos (media y desviación estándar) de una serie de muestras cuya temperatura inicial de la masa difiere.

Tabla 6: Media y desviación estándar de los pesos divididos de muestras de Blanco 650 g Bimbo empleando masas a distintas temperaturas

TEMPERATURA (T ± 0.1 °C)	MEDIA (X ± 0.01 g)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S ± 0.01 g)
24.0	755.19	4.97
25.0	740.69	4.47
27.0	743.56	4.37

El objeto del análisis de esta causa respondió a la necesidad, por parte de los supervisores de la línea de pan, envista de la falta del sistema de refrigeración de los tambores, de corroborar si el empleo de una masa más fría, es decir, con una temperatura menor de la que se divide corrientemente (27 °C) conduce a una disminución de la variación de los pesos del producto dividido. Para obtener una masa con una temperatura menor se disminuyó la temperatura de la esponja líquida almacenada, de 9 °C a 6 °C.

Sin embargo, los resultados obtenidos, según la Tabla 6, apuntan que en las condiciones en que opera la divisora de pan (sin sistema de refrigeración en los tambores o rodillos), el empleo de una masa más fría no disminuye la variación de peso del producto dividido.

A lo largo del proceso de dividido la temperatura de la masa aumenta hasta 30 °C, ya sea con una masa cuya temperatura inicial sea 24 °C ó 27°C.

El hecho de que aumente, al menos 2.3%, la variabilidad de los pesos del producto dividido se debe a que la variación de temperatura que experimenta el producto es mayor cuando su temperatura inicial es 24 °C, por lo que hay cortes de masa más fermentadas que otras, y a medida que esta situación ocurre la cavidad del dado cortador se llena con masa de menor peso.

IV.3.1.4. Recuperación de masa

El efecto de la recuperación de masa, sobre la variación del peso del producto dividido de pan se expone en la Tabla 7.

Tabla 7: Efecto de la recuperación de masa sobre el peso del peso del producto dividido Blanco 650 g Bimbo

CONDICIÓN	MEDIA ($X \pm 0.01$ g)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR ($S \pm 0.01$ g)
Sin recuperación de masa	727.22	4.58
Con recuperación de masa	744.43	5.33

La recuperación de masa en el área de confección de masa puede ser debida al reproceso de productos mal modelados, boleados e inclusive a la muestra tomada por el divisor para realizar el análisis de la variabilidad del proceso; dicha recuperación de masa provoca un aumento en la desviación

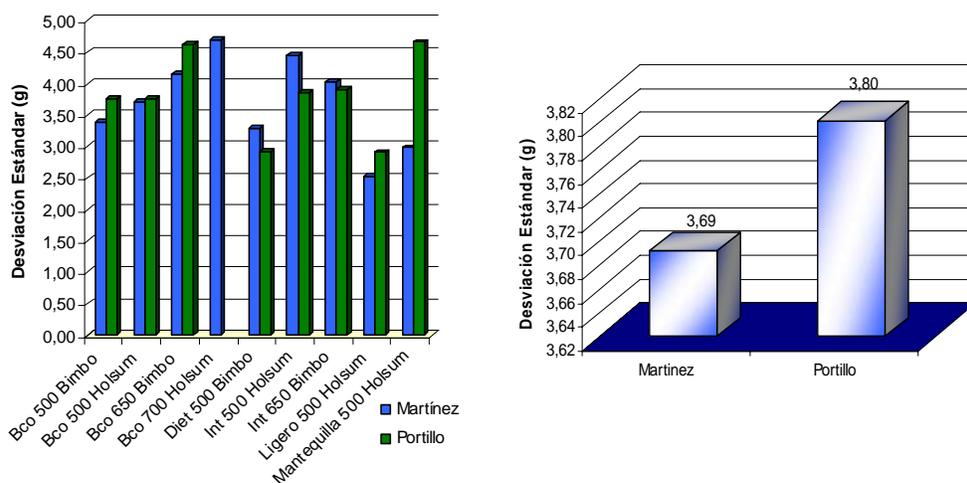
estándar de los pesos del producto dividido, lo cual conduce a un incremento en la variación de peso, al compararlo con muestras en las que no se recuperó masa (ver Tabla 7).

El aumento de la variación de peso del producto dividido al recuperar masa se debe a que al mezclar una masa ya fermentada con una “nueva” se acelera el proceso de fermentación, lo cual provoca, como se mencionó anteriormente, que la cavidad de dado cortador se llene con masa que ocupa mayor volumen pero que tiene un peso menor.

Por la razón antes expuesta se confirma que la recuperación de masa afecta la variación de peso del producto dividido.

IV.3.1.5. Pericia del operador

El efecto sobre la variación de peso de la pericia del operador se determinó mediante la comparación de los datos arrojados en el muestreo de los operadores (divisores) de los distintos turnos; estos resultados son mostrados en la Figura 32.



(a) Desviación por producto

(b) Desviación promedio de la línea

Figura 32: Efecto de la pericia del operador sobre la variación de peso de los productos divididos de pan

En la Figura 32 (a) se refleja el efecto de los dos operadores de la línea de pan sobre los diferentes productos de la línea, mientras que en la (b) se presenta la desviación promedio de la línea según el operador que se encuentra laborando.

De las Figuras 32 se nota que cada divisor ejerce un efecto distinto en la magnitud de la desviación estándar de los productos y por su puesto de la línea de pan por lo que la pericia del operador afecta la variación de peso en el producto dividido; siendo el divisor más involucrado con el desarrollo del proyecto, tanto por su asistencia a las juntas de equipo, como por ser el divisor del turno que supervisa el líder del proyecto en planta Guarenas, quién genera productos de menor desviación estándar.

IV.3.1.6. Refrigeración de los tambores o rodillos alimentadores

La confirmación de la causa relacionada con la falta de refrigeración de los tambores se basó en el muestreo de masas continuas de pan con y sin el sistema de refrigeración de los rodillos habilitado; los resultados de dicha confirmación, para el producto Blanco 650 g Bimbo son representados en la Tabla 8.

Tabla 8: Desviación estándar y media de muestras divididas de Blanco 650 g Bimbo con y sin el sistema de refrigeración de los tambores habilitado

CONDICIÓN	MEDIA ($X \pm 0.01$ g)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR ($S \pm 0.01$ g)
Sistema de refrigeración habilitado	732.37	2.57
	737.08	2.40
Sistema de refrigeración deshabilitado	740.96	3.81
	745.28	2.94

Como se observa en Tabla 8 las masas muestreadas con el sistema de refrigeración habilitado muestran una menor desviación en el peso que cuando este sistema no se encuentra en funcionamiento; por lo que el no emplear el sistema de refrigeración de los tambores de la divisora afecta la variación del peso del producto dividido de pan.

El sistema de refrigeración de los rodillos o tambores permite mantener la temperatura idónea de la masa para ser dividida (26 – 27 °C), por lo que la cantidad y el volumen que ocupa la masa que entra al dado cortador será prácticamente el mismo, generándose por lo tanto una menor variación en el peso del producto, cuando dicho sistema se encuentra habilitado.

IV.3.1.7. Paradas en la línea de pan

Las paradas en la línea de pan constituyen otra de las causas enumeradas en la sesión de lluvia de ideas. La confirmación de dicha causa se basó en el muestreo de productos de la línea de pan experimentándose o no paradas en la línea.

Al ocurrir una parada en la línea de pan, específicamente en la divisora, el peso del producto dividido experimenta variación, que se puede evidenciar por un aumento o disminución de su valor, con respecto al de la muestra tomada antes de realizar la parada. Prueba de esta situación es la figura 33, la cual muestra una carta de control, para el producto Blanco 650 g Bimbo, en la que se resalta el cambio brusco del peso del producto de 724 g a 739 g, en la gráfica de medias; además es posible notar una alta variabilidad, en dicho instante, en el interior del subgrupo, al observar la gráfica de rangos.

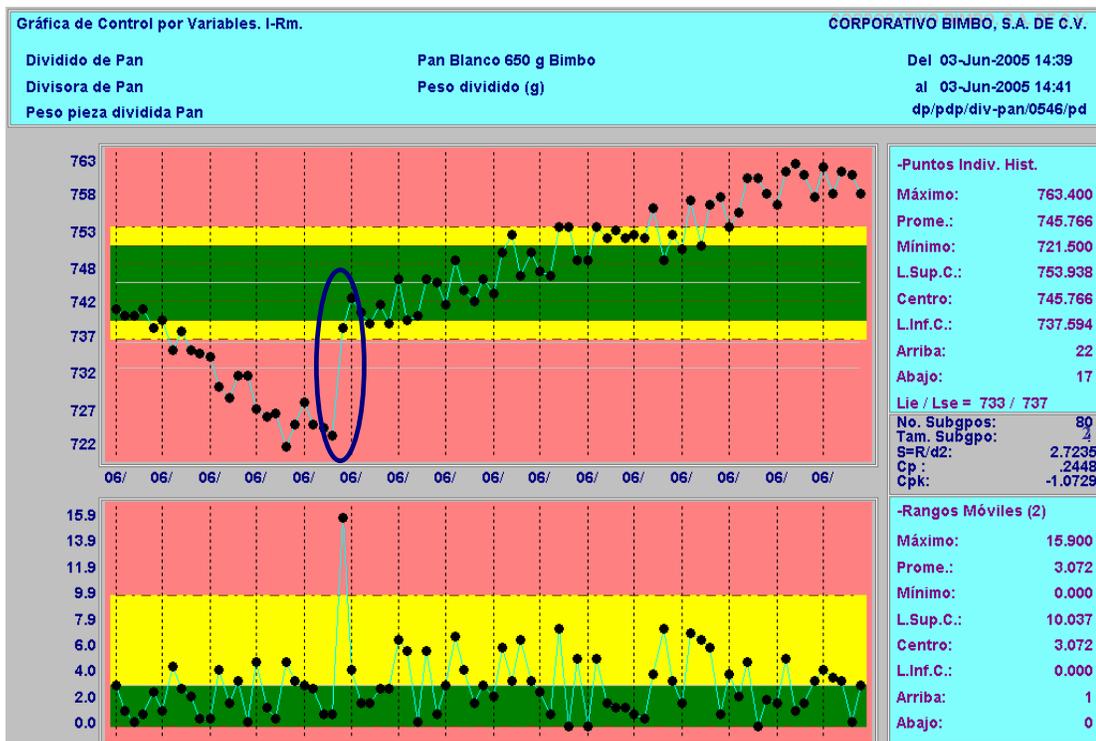


Figura 33: Efecto de las paradas en la línea de pan en la carta de control de Blanco 650 g Bimbo

Adicionalmente al comparar los resultados reportados en el análisis de muestras de productos divididos con y sin paradas se nota que tanto la media como la desviación estándar del peso se ven afectadas al realizar paradas, es decir, al haber paradas en la línea la desviación estándar es mayor y la media de los pesos de los diferentes productos se encuentra más alejada del valor nominal, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9: Comparación entre la media y la desviación estándar de los productos de la línea de pan al presentarse o no paradas en la línea

PRODUCTO	PESO NOMINAL (N ± 0.01 g)	CON PARADA		SIN PARADA	
		MEDIA (X ± 0.01 g)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S ± 0.01 g)	MEDIA (X ± 0.01 g)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S ± 0.01 g)
Blanco 500 g Bimbo	580.00	586.29	3.73	587.05	3.17
Blanco 650 g Bimbo	735.00	742.80	5.80	739.13	5.69
Blanco 700 g Holsum	810.00	817.19	6.04	809.37	4.69
Integral 500 g Holsum	580.00	591.57	4.45	895.05	3.26
Ligero 500 g Holsum	575.00	583.77	3.08	580.58	1.98
Mantequilla 500 g Holsum	580.00	586.53	3.99	580.58	1.98

IV.3.1.8. Dado cortador defectuoso

Para la confirmación de la causa de la variación de peso del producto dividido de pan relacionada con el uso y el manejo del dado cortador (dado defectuoso) se procedió, como se indica en el anexo 12, a la realización de muestreos empleando el dado cortador se uso cotidiano y luego el dado cortador nuevo, operando la divisora de pan bajo las mismas condiciones de presión y velocidad.

En la Tabla 10 se comparan la media y desviación estándar de algunos de los productos divididos de la línea de pan, según el dado cortador empleado.

Tabla 10: Efectos del dado cortador empleado sobre la variabilidad de los pesos de productos divididos de la línea de pan

PRODUCTO	PESO NOMINAL (N ± 0.01 g)	DADO CORTADOR EMPLEADO	MEDIA (X ± 0.01 g)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S ± 0.01 g)
Blanco 500 g Bimbo	580.00	Dado nuevo	579.42	1.48
		Dado de uso cotidiano	584.80	2.76
Ligero 500 g Holsum	575.00	Dado nuevo	579.89	1.79
		Dado de uso cotidiano	580.64	2.01
Multicereal 500 g Bimbo	580.00	Dado nuevo	580.78	2.95
		Dado de uso cotidiano	575.69	3.92

Según la Tabla 10 es posible que el dado cortador empleado normalmente en la divisora de pan, presente leves deformaciones o desniveles en su estructura, producto del maltrato o tiempo de uso, manejo e inclusive limpieza inadecuada; ya que los resultados reportados de la data tomada al utilizar el dado de uso cotidiano (viejo) presenta una mayor desviación estándar, es decir, la variación que presenta el peso de los productos se incrementa al emplear el dado viejo en relación con el dado nuevo.

Adicionalmente en la Tabla 10 es posible notar que con el dado nuevo el valor de la media se encuentra más cercano del valor nominal, lo cual indica que el proceso se encuentra más centrado, en los muestreos realizados empleando este dado cortador.

VI.3.1.9. Falta del sistema automático de presión y velocidad de la divisora de pan

En la tabla a mostrarse a continuación se expone el efecto del modo de operación (manual y automático) de la divisora de pan sobre la media y la desviación estándar de los pesos de los productos de la línea de pan muestreados.

Tabla 11: Efectos del sistema modo de operación de la divisora sobre la media y la desviación estándar de los productos divididos de la línea de pan

PRODUCTO	PESO NOMINAL (N ± 0.01 g)	MODO DE OPERACIÓN	MEDIA (X ± 0.01 g)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S ± 0.01 g)
Blanco 650 g Bimbo	735.00	Automático	738.38	3.28
		Manual	742.57	4.87
Blanco 700 g Holsum	810.00	Automático	802.81	3.27
		Manual	805.51	4.14
Diet 500 g Bimbo	575.00	Automático	577.80	2.75
		Manual	576.88	3.52
Integral 500 g Holsum	580.00	Automático	582.82	3.34
		Manual	593.33	2.64
Multicereal 500 g Bimbo	580.00	Automático	580.69	3.73
		Manual	576.66	3.42

En base a la Tabla 11 es posible corroborar que la falta del sistema automático de presión y velocidad de la divisora de pan es una de las causas de la variación de peso del producto dividido de pan, ya que los resultados obtenidos apuntan hacia una menor variación, expresada a través de la desviación estándar, al operar la divisora en modo automático. Adicionalmente según la media de los pesos, de la mayoría de los productos

muestreados, al trabajar la divisora de forma automática el proceso se encuentra más centrado, es decir, la media está más cercana al valor especificado como nominal en comparación con los resultados de la operación manual del equipo.

IV.3.1.10. Variación de la calidad de la harina

Dentro de las causas que afectan el peso del producto dividido de pan relacionadas con la materia prima se expone como posible fuente de variación la calidad de la masa empleada debido a la harina de trigo panadera empleada contenida en los silos. Para analizar esta causa se comparan las características de la harina con la especificación.

Los resultados del análisis de la causa variación de la calidad de la harina se exponen en la Tabla 12.

Tabla 12: Desviación de las características de la harina de trigo utilizada en la línea de pan en función de las especificaciones establecidas por Bimbo de Venezuela, C. A.

CARACTERÍSTICA	DESVIACIÓN (%)
Porcentaje de humedad	0.00
Porcentaje de proteínas	0.00
Porcentaje de ceniza	0.00
Porcentaje de absorción	0.00
Fuerza W	0.00
Tenacidad P/G	13.38
Desarrollo (min)	0.00
Estabilidad (min)	0.00
Hidratación (min)	0.00

De la Tabla 12 se observa que las características de la harina empleada, en su mayoría, presentan una desviación igual al 0.00%, lo cual indica que dichas características se encuentran dentro de los estándares de especificación; por lo que la variación de la calidad de la harina no afecta el peso del producto dividido de pan.

IV.3.1.11. Problemas de pesadas

Las cantidades agregadas a la mezcladora de masa de los ingredientes menores (pesadas), fue una de las causas mencionadas como posible fuente de variación de peso del producto dividido de pan.

Los ingredientes menores de los distintos productos de la línea de pan son colocados en bolsas denominadas pesadas, por los colaboradores del departamento de materias primas. En la Tabla 13 se muestran las desviaciones de las cantidades añadidas en las distintas pesadas, según las especificaciones.

Tabla 13: Desviación por producto de las pesadas de los ingredientes menores empleados por la línea de pan

PRODUCTO	PESADA	DESVIACIÓN (%)
Blanco 500 g Bimbo	A2	0.12
	B2	0.08
	D2	11.29
Blanco 500 g Holsum	A2	0.03
	B2	0.17
Blanco 650 g Bimbo	C2	0.27
	P1	2.15
	A2	0.36

Tabla 13 (Continuación)

PRODUCTO	PESADA	DESVIACIÓN (%)
Blanco 650 g Bimbo	D2	4.28
Diet 500 g Bimbo	E2	0.74
	A2	0.22
Integral 500 g Bimbo	C2	11.36
	B2	1.14
	A2	5.46
	G2	5.97
Integral 650 g Bimbo	G2	0.54
	B2	4.45
	A2	9.31
	C2	5.26
Ligero 500 g Holsum	A2	0.65
Mantequilla 500 g Bimbo	A2	0.03
	B2	3.32
	C2	5.87
Mantequilla 500 g Holsum	A2	0.10
	C2	11.10
	B2	0.61
Multiceral 500 g Bimbo	C2	0.09
	E2	0.14
	A2	1.87
	B2	10.29
	D2	0.33

En la Tabla 13, se observa que muchas de las pesadas elaboradas por los colaboradores del departamento de materias primas difieren en más de 5%, con respecto a las cantidades expresadas en las fórmulas operacionales

para los distintos productos; por lo que este problema con las pesadas afecta la variación de peso en dividido, ya que generan un desbalance en la fórmula que provoca variación en la calidad de la masa a dividir.

***IV.4. ANALISIS DE CAUSAS DE VARIACIÓN DE PESO DEL PRODUCTO
TERMINADO DE PAN***

La variación de peso del producto terminado de pan, como se observa en el diagrama de CE representado en la Figura 34, se debe a causas relacionadas con el desgaste de piezas de los equipos de la línea (rodillos de la modeladora, cono de la boleadora y hojillas de la rebanadora) e inclusive con la violación de estándares y/o condiciones de operación establecidos en la línea de pan.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

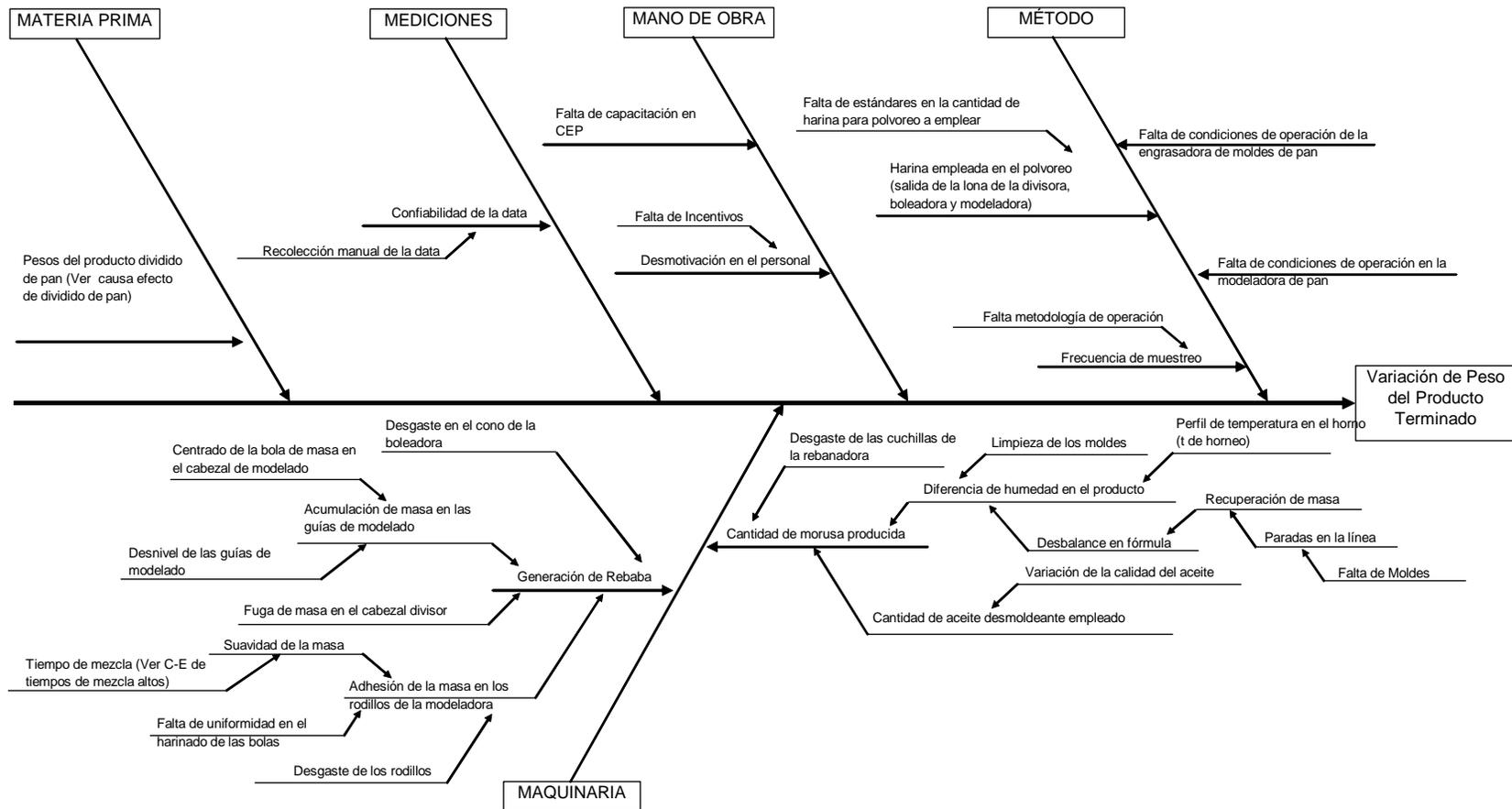


Figura 34: Diagrama de CE de la variación de peso del producto terminado de pan

El diagrama de CE mostrado anteriormente es el resultado de la confirmación de las causas enumeradas en una sesión de lluvia de ideas (ver anexo 13), en las que fueron agrupadas las posibles causas según las distintas fuentes de variación (método, maquinaria, mediciones y materia prima).

IV.4.1. CONFIRMACIÓN DE LAS CAUSAS RAÍZ DE LA VARIACIÓN DE PESO DEL PRODUCTO TERMINADO DE PAN

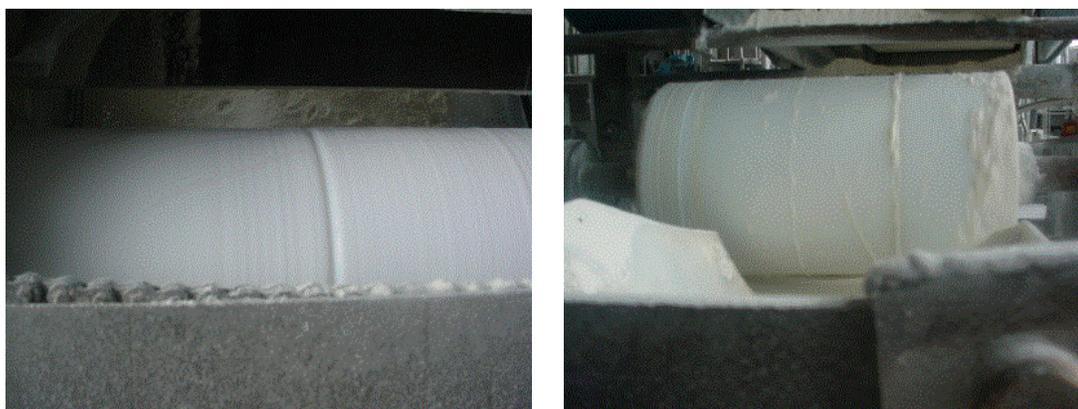
La confirmación de las causas de la variación de peso del producto terminado fue realizada en base a los productos críticos, es decir, los que presentan la mayor variación de peso, ya sean blancos o integrales.

Adicionalmente en esta sección solo es mostrado el análisis de las causas cuyos resultados son cuantitativos; los resultados obtenidos del análisis de causas cualitativas, como fuga de masa en el cabezal divisor, falta de uniformidad en el harinado de las bolas y desnivel en las guías de modelado, entre otras, son mostradas en el formato para confirmación de causas de producto terminado expuesto en el anexo 14.

IV.4.1.1. Desgaste de los rodillos de la modeladora

La confirmación de esta causa fue realizada tanto de forma visual como numérica, es decir, se revisaron las superficies de la serie de rodillos y raspas que conforman la modeladora y se midió el efecto (diferencia de peso entre el producto dividido y el boleado) del conjunto modeladora.

La verificación visual permitió corroborar que en los rodillos y raspas de la modeladora se acumula masa, es decir, rebaba (ver Figura 35).



(a) Desgaste en la superficie del rodillo de la modeladora
 (b) Rebaba en la superficie del rodillo de la modeladora

Figura 35: Acumulación de rebaba en los rodillos de la modeladora de pan

Sin embargo al medir el efecto de todo el conjunto modeladora (rodillos, guías y cabezal de modelado) se nota un aumento en el peso del producto, es decir, en promedio al producto ya modelado se le adicionan al menos 3.10 g, en relación al peso del boleado. En la Tabla 14 se muestran los resultados de esta prueba par los productos Blanco 650 g Bimbo y Blanco 700 g Holsum.

Tabla 14: Efectos de la modeladora en el peso de los productos Blanco 650 g Bimbo y Blanco 700 g Holsum

NÚMERO DE MUESTRA	DIFERENCIA DE PESO ($\Delta m \pm 0.01$ g)	
	Blanco 650 g Bimbo	Blanco 700 g Holsum
1	1.50	4.00
2	4.00	8.00
3	1.00	3.00
4	2.00	6.00
5	3.00	8.00
6	6.00	2.00

Tabla 14 (Continuación)

NÚMERO DE MUESTRA	DIFERENCIA DE PESO, $\Delta m \pm 0.01$ (g)	
	Blanco 650 g Bimbo	Blanco 700 g Holsum
7	6.00	5.00
8	1.00	12.00
9	3.00	12.00
10	4.00	2.00
Promedio	3.15	6.02

El aumento del peso del producto varía desde 1 g hasta 6 g para el producto Blanco 650 g Bimbo y de 2 g hasta 12 g para el Blanco 700 Holsum (ver Tabla 14), la variación presentada es producto de la harina de polvoreo empleada en esta etapa; la acumulación de rebaba a lo largo de la mesa de modelado y rodillos, la cual se puede incorporar o desincorporar al producto.

IV.4.1.2. Tiempos de movimiento

En la línea de pan de Bimbo de Venezuela se fija como estándar un tiempo de movimiento (15 min), el cual corresponde al tiempo del proceso que se debe invertir para la carga y descarga de la mezcladora, y para realizar la mezcla rápida y lenta de los ingredientes que conforman los diversos productos de la línea.

En la Tabla 15 se muestran los resultados de la medición de los tiempos de movimiento de los productos de la línea de pan.

Tabla 15: Tiempos de movimientos de la línea de pan

PRODUCTO	TIEMPO DE MOVIMIENTO (t ± 0.01 min)
Blanco 500 g Bimbo	20.13
Blanco 500 g Holsum	23.17
Blanco 650 g Bimbo	22.89
Diet 500 g Bimbo	18.91
Integral 500 g Bimbo	23.04
Integral 500 g Holsum	20.07
Integral 650 g Bimbo	24.41
Mantequilla 500 g Bimbo	21.72
Mantequilla 500 g Holsum	20.44
Multiceral 500 g Bimbo	25.55
Promedio	22.03

En la tabla anterior se observa la variabilidad de los tiempos de movimiento de distintos productos de la línea de pan, y es de resaltar que en todos los productos muestreados este tiempo supera el estipulado (15 min), lo cual genera variación en la consistencia de la masa y por lo tanto se ve afectado el peso del producto terminado de pan.

Por otro lado el estudio de los tiempos de movimiento fue planteado como idea contramedida de la causa falta de masa en la tolva de la divisora de pan (nivel de masa en la tolva); y el hecho de que dichos tiempos no se cumplan llevó, por solicitud del jefe de calidad, a generar un análisis de causas de los tiempos de movimiento altos, el cual se plasma en la Figura 36.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

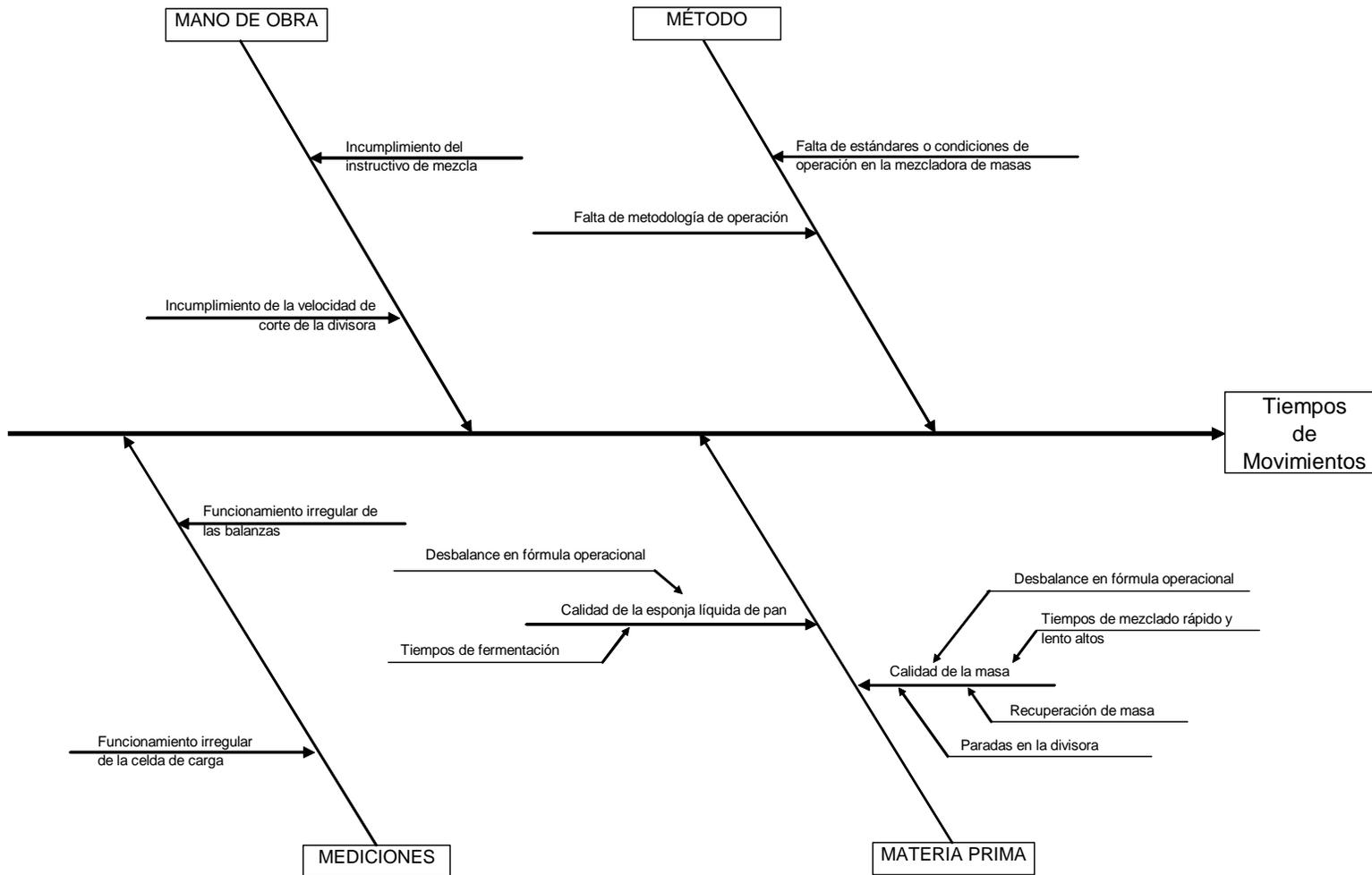


Figura 36: Diagrama de CE del problema: Tiempos de movimientos altos

El análisis de causas condujo a que existen un sin fin número de causas que afectan los tiempos de movimientos (ver anexo 15); quedando confirmado que se originan tiempos altos por la falta de pesadas en el área de confección, tiempos de mezcla (lentos y rápidos) altos, desbalance en la fórmula operacional de masa, incumplimiento y falta de estándares o condiciones de operación e inclusive por las paradas en la línea debidas a la falta de moldes, fallas de la modeladora 1 y masa pegada en la modeladora 2 (ver anexo 16).

IV.4.1.3. Desgaste del cono de la boleadora

El efecto del desgaste del cono de la boleadora sobre el peso del producto terminado fue determinado según el método de confirmación estipulado en el formato contenido en el anexo 14.

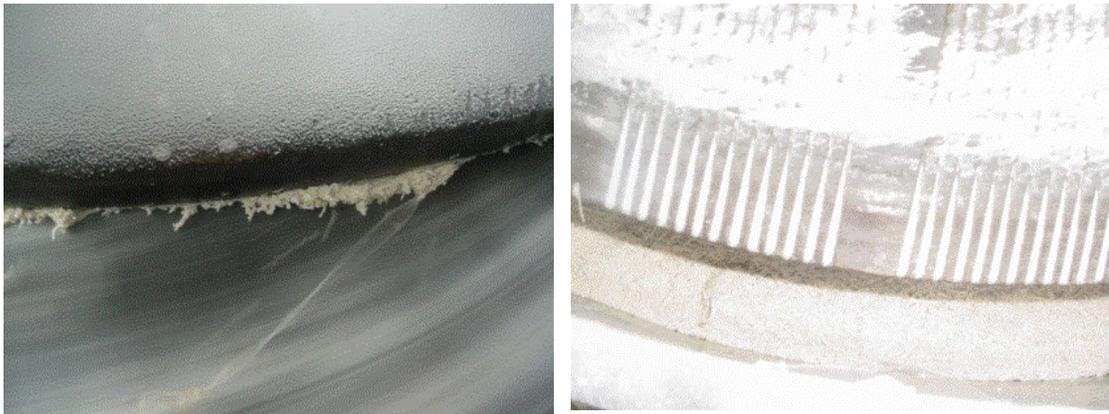
Los pesos de las piezas boleadas y divididas de los productos de la línea de pan difieren en al menos 1.10 g, tanto para productos blancos como para los integrales, como se observa en la Tabla 16.

Tabla 16: Diferencia de peso de productos blancos e integrales boleados y divididos

NÚMERO DE MUESTRA	DIFERENCIA DE PESO ² ($\Delta m \pm 0.01$ g)			
	Blanco 650 g Bimbo	Blanco 700 g Holsum	Diet 500 g Bimbo	Integral 650 g Bimbo
1	-3.90	-3.00	6.20	2.20
2	-0.20	2.40	4.10	4.60
3	-2.20	6.30	5.20	2.30
4	5.10	-3.90	3.10	1.80
5	3.00	-1.10	2.80	5.90

² El signo menos indica pérdida de masa de la etapa de dividido a la de boleado

Adicionalmente, en la tabla anterior, es posible notar que los productos integrales (Diet 500 g Bimbo e Integral 650 g Bimbo) tienden a ganar peso, mientras que los blancos experimentan las dos condiciones (ganan y pierden peso); este hecho puede asociarse con la consistencia de la masa de los productos, es decir, las masas de los panes blancos (Blanco 650 g Bimbo y Blanco 700 g Holsum) son blandas y suaves, por lo que tiende a quedarse mayor cantidad de masa en la guía o caracol de la boleadora (ver figura 37 (a)), la cual se le puede incorporar fácilmente a la siguiente pieza de masa a ser boleada o quedarse depositada en el fondo del equipo como rebaba (ver figura 37 (b)).



(a) Rebaba en el caracol

(b) Rebaba acumulada

Figura 37: Generación de rebaba debido al desgaste del cono de la boleadora

La rebaba o masa acumulada en el fondo de la boleadora puede alcanzar la cantidad de 25.77 kg, según las pruebas indicadas en la Tabla 17.

Tabla 17: Peso promedio de la rebaba generada por el efecto del desgaste del cono de la boleadora

PRODUCTO	REBABA GENERADA (mr ± 0.01 kg)
Blanco 650 g Bimbo	25.77
Blanco 700 g Bimbo	15.52
Diet 500 g Bimbo	5.12
Ligero 500 g Bimbo	3.50
Integral 650 g Bimbo	12.95

Según la tabla anterior, las piezas de masas de masas generan mayor cantidad de rebaba que las integrales (Diet 500 g Bimbo, Ligero 500 g Bimbo e Integral 650 g Bimbo), lo cual se asocia como se mencionó con anterioridad con la consistencia de la masa de estos productos.

Por lo expuesto anteriormente, y en especial por la diversidad de valores mostrados en la Tabla 16, se afirma que el desgaste del cono de la boleadora produce variación del peso del producto terminado de pan.

IV.4.1. 4. Limpieza de los moldes

El empleo de moldes limpios y sucios (con cochambre) en el proceso de elaboración del pan afecta la variación del peso del producto terminado. Este hecho se manifiesta a través de las diferencias de pérdidas de humedad según el molde empleado, como se observa en la tabla 18.

Tabla 18: Pérdidas de humedad para el producto Blanco 650 g Bimbo según el tipo de molde empleado

TIPO DE MOLDE	PÉRDIDA DE HUMEDAD ($\delta H \pm 0.01$ g)
Molde limpio	94.80
Molde con cochambre	86.30

La diferencia de pérdida de humedad entre los moldes limpios y sucios se encuentra alrededor de los 8.00 g, lo que genera una variabilidad significativa en el peso del producto terminado, como se mencionó anteriormente, dicha variación en las pérdidas de humedad del producto es debida al hecho de que en los moldes sucios la transferencia de calor a través de la superficie del molde se ve afectada por la presencia de una resistencia adicional (el cochambre).

IV.4.1.5. Desgaste de las hojillas de la rebanadora

La morusa proveniente de los panes constituye otra de las causas enumeradas como generadora del problema de variación de peso del producto terminado de pan. La etapa del proceso de elaboración del pan en la que se produce la morusa es la de rebanado, por lo que la comprobación de esta causa se basó en determinar la cantidad de morusa generada por los panes al emplear hojillas nuevas (primera semana de uso) y viejas (tercera semana de uso).

Según las muestras de Blanco 500 g Holsum, Blanco 650 g Bimbo, Blanco 700 g Holsum y Diet 500 g Bimbo analizadas, la cantidad de morusa generada al emplear hojillas nuevas y viejas difiere, como se observa en la Tabla 19.

Tabla 19: Cantidad de morusa generada por pieza de pan según el tiempo de uso de las hojillas de la rebanadora

PRODUCTO	MORUSA GENERADA (mm ± 0.01 g)	
	HOJILLAS NUEVAS	HOJILLAS VIEJAS
Blanco 500 g Holsum	4.60	7.60
Blanco 650 g Bimbo	6.80	10.80
Blanco 700 g Holsum	5.60	7.10
Diet 500 g Bimbo	12.80	12.90

La diferencia en la cantidad de morusa generada en los productos blancos, de al menos 1.60 g por pieza de pan, permite confirmar a esta causa como una de las generadoras del problema de variación de peso del producto terminado de pan.

IV.4.1.6. Perfil de temperatura en el horno

Dentro de la lluvia de ideas generada para el problema de la variación de peso del producto terminado de pan, surge la causa: diferencia de pérdidas de humedad debido a los diversos perfiles de temperatura que pueden generarse en el horno.

En la Tabla 20 se indican los perfiles de temperatura en el horno para el pan Blanco 650 g Bimbo, cuyo tiempo de horneado promedio es de 18 minutos.

Tabla 20: Perfiles de temperatura en el horno para el pan Blanco 650 g
Bimbo

MUESTRA	TEMPERATURA ($T \pm 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$)			
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
1	202	235	244	222
2	210	238	241	225
3	210	237	240	226
4	190	240	235	225
5	208	239	235	229

Como se observa en la tabla anterior, la temperatura de las distintas zonas del horno, entre una muestra y otra, varía al menos $5 \text{ } ^\circ\text{C}$; notándose una mayor diferencia en la temperatura de la zona uno, la cual es la encargada de activar la levadura y el gluten para que el pan levante. A su vez dichas temperaturas no coinciden con las indicadas como condiciones de operación del horno de pan (ver anexo 17).

Sin embargo, a pesar de las diferentes temperaturas en las zonas del horno, el porcentaje de humedad que pierde cada muestra no difiere significativamente, apenas lo hace en 2.22 % como se indica en la Tabla 21, y a su vez coincide con lo estipulado en las fórmulas operacionales de la línea de pan (pérdidas en el horno alrededor del 10%); este hecho es un indicativo de que para alcanzar el porcentaje de pérdidas de humedad estipulado es necesario que el horno alcance temperaturas más elevadas que las indicadas en las condiciones de operación (ver anexo 17), por lo que si se trabajara el horno según lo especificado se generaría variación de peso en el producto terminado de pan.

Tabla 21: Porcentaje de humedad perdido por muestras de Blanco 650 g Bimbo en el horno de pan

NÚMERO DE MUESTRA	PÉRDIDA DE HUMEDAD ($\delta H \pm 0.01 \%$)
1	9.65
2	10.65
3	11.88
4	11.66
5	11.14
Promedio	10.72

IV.4.1.7. Paradas por falta de moldes

Las paradas en la línea de pan debidas a la falta de moldes, constituyen uno de los tipos de paradas que se manifiesta con mayor frecuencia en la línea, según el anexo 16.

Las paradas por falta de moldes se manifiestan mayormente al confeccionar productos Blanco 650 g Bimbo (molde 650), Blanco 700 g Holsum (molde 700) y Multicereal 500 g Bimbo (molde 500), según la Tabla 22.

Tabla 22: Paradas por falta de moldes en la línea de pan

PRODUCTO	NÚMERO DE PARADAS	TIEMPO PROMEDIO SIN PRODUCCIÓN ($t \pm 0.01 \text{ min}$)
Blanco 500 g Bimbo	1	4.00
Blanco 650 g Bimbo	3	16.67
Blanco 700 g Holsum	3	2.33
Diet 500 g Bimbo	1	7.00

Tabla 22 (Continuación)

PRODUCTO	NÚMERO DE PARADAS	TIEMPO PROMEDIO SIN PRODUCCIÓN (t ± 0.01 min)
Integral 500 g Holsum	2	3.50
Integral 650 g Bimbo	2	4.00
Ligero 500 g Holsum	2	2.50
Mantequilla 500 g Holsum	1	2.00
Multicereal 500 g Bimbo	1	2.00

El que ocurra una parada por producto, en un día, constituye el 4.20% de las horas de la jornada laboral (18 h) y su presencia en la línea motiva a la recuperación de masa, la cual afecta la consistencia de ésta y por ende la cantidad de rebaba acumulada, tanto en la modeladora como en la boleadora, por lo que afecta la variación del peso del producto terminado de pan.

IV.4.1.8. Calidad del aceite desmoldeante empleado

En el área de confección de Bimbo de Venezuela, C. A. se emplean dos aceites desmoldeantes (Panoleo y Dubor), siendo la cantidad aplicada, en los moldes de cada uno de ellos, diferente a lo indicado en las especificaciones de los productos, según la tabla 23.

Tabla 23: Cantidad de aceite desmoldeante empleado según el tamaño de molde

TAMAÑO DEL MOLDE	CANTIDAD DE ACEITE EMPLEADO (ma ± 0.01 g)		CANTIDAD DE ACEITE ESPECIFICADO ³ (mae ± 0.01 g)
	ACEITE DUBOR	ACEITE PANOLEO	
700	0.60	2.20	0.37
650	1.00	2.53	0.38
500	0.67	2.18	0.50
350	0.80	1.82	0.50

Adicionalmente en la tabla anterior se observa que las cantidades de aceite Dubor y Panoleo empleadas difieren al menos en 1.02g (70%), por lo que se confirma esta causa como fuente de variación de peso del producto terminado de pan.

IV.4.1.9. FALTA DE ESTÁNDARES EN LA CANTIDAD DE HARINA PARA EL POLVOREO A EMPLEAR

La confirmación de la causa falta de estándares en la cantidad de harina para el polvoreo se basó en una comparación entre la cantidad de harina empleada por los colaboradores de la línea y la especificada en las fórmulas operacionales de los distintos productos, para tal fin. En la Tabla 24 se exponen los resultados obtenidos.

³ La cantidad de aceite especificada corresponde al aceite Dubor

Tabla 24: Harina empleada para el polvoreo de los productos crudos en la línea de pan

PRODUCTO	HARINA PARA POLVOREO EMPLEADA (mhp ± 0.1 g)	HARINA PARA POLVOREO ESPECIFICADA (mhpe ± 0.1 g)
Blanco 500 g Holsum	14.4	12.0
Blanco 650 g Bimbo	10.7	9.8
Blanco 700 g Holsum	10.5	9.7
Integral 500 g Holsum	14.6	13.3

En la tabla 24 es posible notar la diferencia entre la harina para el polvoreo empleada y la especificada en la fórmula (de 0.8 g a 2.4 g), lo que permite confirmar que esta causa genera variación de peso del producto terminado de pan.

IV.5. DISMINUCIÓN DE LA VARIACIÓN Y CONTROL DE PESO EN LOS PRODUCTOS

La Figura 38 muestra la disminución de la desviación estándar del producto dividido de pan desde el mes de Junio (semana 23) hasta la segunda semana del mes de Octubre (semana 42).

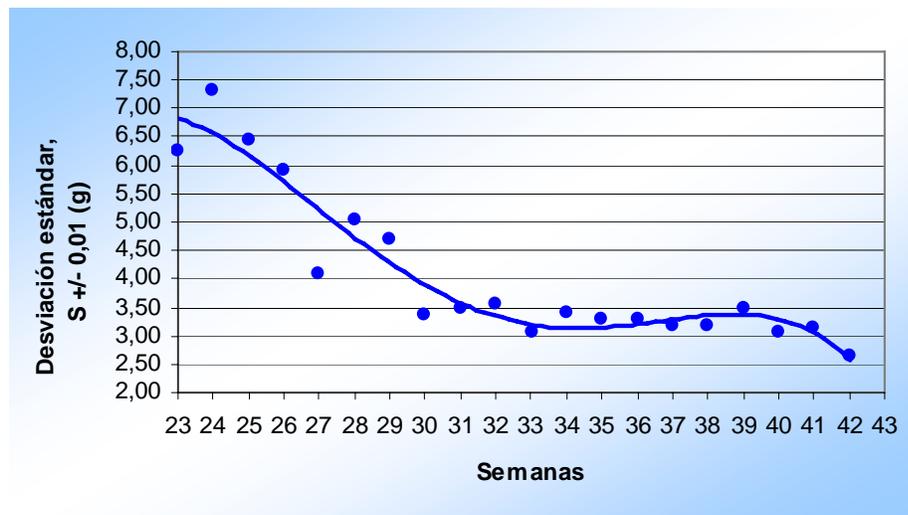


Figura 38: Desviación estándar promedio de producto dividido de pan

En la semana veintitrés del año en curso el producto dividido de pan presentaba una desviación estándar de 6.26 g, por lo que la variación de los pesos de los productos se encontraba alrededor de los 18.77 g por pieza, es decir, se podrían encontrar para esa semana productos con 18.77 g más que el valor promedio de pesos o inclusive con 18.77 g menos; por lo que el proceso se caracteriza, para ese momento, por una amplia variación.

A su vez en la Figura 38 se visualiza la clara tendencia de disminución de la variación de los pesos del producto dividido, notándose además que a partir de la semana treinta el proceso experimenta la mayor disminución de su variabilidad (28.30%), manteniéndose el valor de la desviación estándar alrededor de 3.00 g, hasta la semana 41.

En la semana 30 se inicia con la implementación de las ideas contramedidas generadas para las causas de variación de peso del producto dividido de pan (ver anexo 18), según el diagrama de Pareto mostrado en la Figura 39.

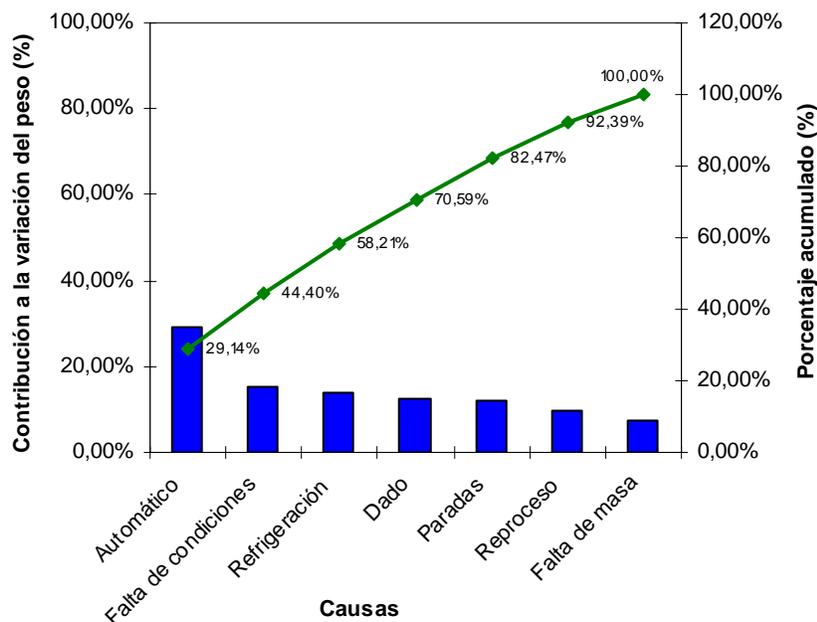


Figura 39: Impacto de las causas confirmadas sobre la variación del peso del producto dividido

IV.5.1. IMPLEMENTACIÓN DE IDEAS CONTRAMEDIDAS

Como se mencionó anteriormente la implementación de las ideas contramedidas, de las causas que inciden en un 80% sobre la variación de peso del producto dividido, se basó en los resultados arrojados por el diagrama de Pareto mostrado en la Figura 39, y la disponibilidad en el almacén de mantenimiento de las refracciones necesarias, ejecutando las contramedidas de las causas de menor impacto (recuperación de masa y falta de masa en la tolva) de forma paralela (ver periodo de implementación en el anexo 18 (a) y (b)).

IV.5.1.1. Falta del sistema automático de presión y velocidad de la divisora de pan

La variación de peso generada por la falta del sistema automático de presión y velocidad fue solventada con la adquisición e instalación del PLC que rige dicho sistema automático.

El cambio del modo de operación de la divisora (de manual a automático) se llevó a cabo la semana treinta, lográndose una disminución de la desviación estándar del 28.30%, es decir, se produjo una reducción de la variabilidad del proceso de ± 14.13 g a ± 10.13 g, con respecto a la semana veintinueve.

Adicionalmente con la instalación del sistema automático se logró la uniformidad de la desviación estándar de los distintos productos divididos de la línea de pan, como se observa en la Tabla 25, por lo que se puede decir que la desviación presentada se encuentra intrínseca al equipo o maquinaria.

Tabla 25: Desviación estándar por producto dividido operando en forma automática la divisora de pan

PRODUCTO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S \pm 0.01 g)
Blanco 500 g Bimbo	3.45
Blanco 500 g Holsum	3.10
Blanco 650 g Bimbo	3.51
Blanco 700 g Holsum	3.19
Diet 500 g Bimbo	2.78
Integral 500 g Bimbo	3.34
Integral 500 g Holsum	3.05
Integral 650 g Bimbo	3.51
Ligero 500 g Holsum	3.11

Tabla 25 (Continuación)

PRODUCTO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (g)
Mantequilla 500 g Bimbo	2.161
Mantequilla 500 g Holsum	5.041
Multicereal 500 g Bimbo	3.199

IV.5.1.2. Falta de condiciones de operación (presión de trabajo inadecuada)

A partir de la semana 35 los divisores de la línea de pan operan la divisora bajo las mismas condiciones de presión y velocidad.

La acción de esta idea contramedida fue dirigida hacia el establecimiento de la presión de trabajo que genera la menor variación de peso posible, por lo que se comparó la desviación estándar de los datos arrojados por ambos turnos entre la semana treinta y treinta y cuatro, ya que los operadores operaban el equipo a presiones distintas; dicha comparación es mostrada en la Tabla 26.

Tabla 26: Desviación estándar de la línea de pan según la presión de trabajo, de los distintos turnos en la divisora

TURNO	PRESIÓN, P ± 0.1 (psi)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR, S ± 0.01 (g)
1	25.0	3.94
2	30.0	3.07

A pesar de que la diferencia entre las desviaciones estándar mostradas en la Tabla 26 es de 0.87 g, al expresar este término en función de la variación generada, es posible encontrarse con un proceso cuya variación sea ± 9.21 g (S = 3.07 g) ó ± 11.82 g (S = 3.94 g) por lo que la presión de trabajo

establecida en el equipo fue 30.0 psi, considerando además que esta es la mayor presión que genera la menor fuga de masa en la divisora.

IV.5.1.3. Falta de refrigeración de los tambores

El impacto de esta causa en la variación de peso del producto dividido fue eliminado mediante la habilitación del sistema de refrigeración de los tambores o rodillos alimentadores de la divisora de pan, en la semana veintinueve, produciéndose una disminución de la variabilidad del proceso del 6.57% con respecto a la semana 28, como se observa en la Figura 38.

Para establecer la temperatura del sistema de refrigeración de los tambores fue necesario corroborar si la temperatura de las piezas de masa divididas correspondía a la óptima para continuar el proceso (26 – 27 °C); por lo que considerando este factor conjuntamente con el hecho de mantener las condiciones higiénicas necesarias en el equipo se indican como temperatura del sistema de refrigeración 10 °C para el turno uno (1), el cual finaliza a la 1:30 pm, y 8 °C para el turno dos (2) (ver Tabla 27).

Tabla 27: Temperatura de las piezas de masa en función de la temperatura del agua del sistema de refrigeración

PRODUCTO	TURNO	TEMPERATURA DEL AGUA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN ($T_a \pm 0.1$ °C)	TEMPERATURA DE LA PIEZA DIVIDIDA ($T_d \pm 0.1$ °C)
Blanco 650 g Bimbo	1	10.0	26.0
Ligero 500 g Holsum	1	10.0	25.0

Tabla 27 (Continuación)

PRODUCTO	TURNO	TEMPERATURA DEL AGUA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN (Ta ± 0.1 °C)	TEMPERATURA DE LA PIEZA DIVIDIDA (Td ± 0.1 °C)
Multicereal 500 g Bimbo	1	10.0	26.0
Integral 500 g Bimbo	1	10.0	25.0
Integral 650 g Bimbo	1	10.0	26.0
Diet 500 g Bimbo	1	10.0	26.5
Integral 500 g Holsum	2	10.0	27.3
Blanco 500 g Holsum	2	10.0	27.5
	2	8.0	27.0
Blanco 500 g Bimbo	2	10.0	27.8
	2	8.0	27.0
Mantequilla 500 g Holsum	2	8.0	27.0
Mantequilla 500 g Bimbo	2	8.0	26.5

IV.5.1.4. Dado cortador defectuoso

El efecto de la causa relacionada con la deformación del dado cortador, debido al manejo y limpieza inadecuada del mismo, fue solventado con el cambio del dado cortador y la capacitación del personal en la limpieza del equipo, según los lineamientos del instructivo de limpieza operacional elaborado (ver anexo 19).

El cambio del dado permitió una reducción de la desviación estándar de las muestras de los pesos del producto dividido del 4.67%, como se observa en las semanas cuarenta y uno y cuarenta y dos de la Figura 38.

IV.5.1.5. Paradas en la línea

La cantidad de piezas de masa dividida a reprocesar fue establecida como idea contramedida al efecto de las paradas en la línea sobre la variación del producto dividido; encontrándose, como se expone en la Tabla 28, que al no reprocesar piezas la variación generada en el promedio de peso de los subgrupos puede llegar a ser de 20.75 g, mientras que al reprocesar un promedio de doce piezas la diferencia máxima encontrada entre el grupo anterior y el posterior a la parada es de 6.60 g.

Tabla 28: Diferencias entre las medias de subgrupos consecutivos (antes y después de las paradas) generadas con y sin reproceso de piezas de masa

PRODUCTO	DIFERENCIA ENTRE MEDIAS, $\Delta X \pm 0.01$ (g)	
	CON REPROCESO DE PIEZAS	SIN REPROCESO DE PIEZAS
Blanco 500 g Bimbo		
Blanco 500 g Holsum	0.50	3.33
Blanco 650 g Bimbo	4.67	20.75
Blanco 700 g Holsum	1.75	3.75
Integral 500 g Holsum	5.00	7.83
Multicereal 500 g Bimbo	4.50	19.50

Según lo mencionado, y en base a la tabla anterior, es necesario reprocesar un mínimo de doce piezas de masa dividida para disminuir el impacto del efecto de la causa paradas en la línea sobre la variación de peso del

producto dividido; por esta razón este número de piezas a recuperar se establece como estándar de operación.

A pesar de la disminución de la desviación estándar del proceso en un 57.68% (desde la semana veintitrés a la cuarenta y dos) solo el producto Blanco 650 g Bimbo se ha mostrado en control estadístico, según la carta de control representada en la Figura 40.

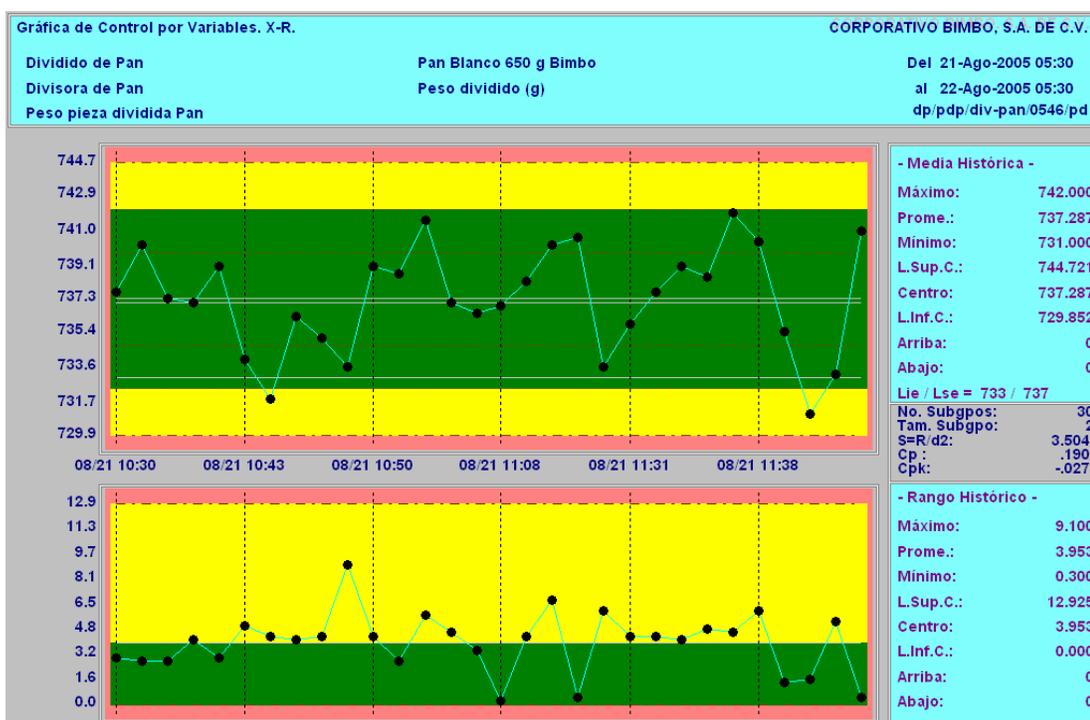


Figura 40: Carta de control de Blanco 650 g Bimbo en estado bajo control

En la figura anterior no se evidencian puntos fuera de los límites de control, ni patrones no aleatorios que le dan al proceso inestabilidad; además el número de subgrupos representado es mayor al establecido como mínimo (veinticinco subgrupos), por lo que los resultados de los parámetros estadísticos (media, desviación estándar, límites de control y rango) se consideran confiables.

Adicionalmente, en la Figura 40 se expone el valor del índice de capacidad del proceso, tanto real (Cpk) como potencial (Cp). Los valores reportados por estos parámetros indican que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones estipuladas o tolerancia (733 – 737 g); además el valor negativo de Cpk muestra que la media del proceso se encuentra fuera de los estándares fijados y a su vez desplazado hacia la derecha, como se percibe en el histograma representado en la Figura 41.

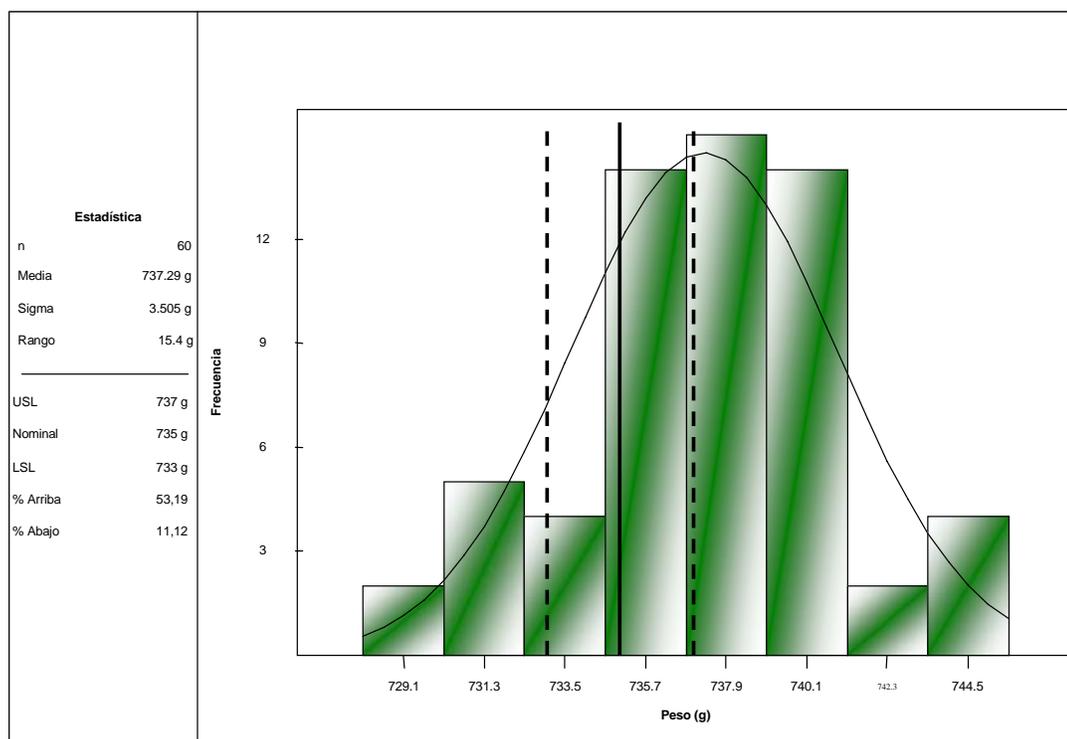


Figura 41: Histograma de frecuencias de Blanco 650 g Bimbo en estado de control

El hecho de que la capacidad del proceso sea mayor que la tolerancia, es decir, que los límites de control sobrepasen a los de especificación, resulta una situación indeseable, ya que siempre se producirán objetos de rechazo⁽²⁾, es decir, productos fuera de especificación.

El porcentaje de productos fuera de especificación se encuentra alrededor del 64%, evidenciándose en la Figura 41 que el mayor porcentaje de los mismos tiene un peso mayor que el definido por el rango de especificaciones del producto.

Además del producto Blanco 650 g Bimbo, los panes Blanco 500 g Holsum, Diet 500 g Bimbo, Integral 500 Holsum y Blanco 500 Bimbo presentan cartas de control sin puntos fuera de los límites de control (ver anexo 20); sin embargo a pesar de cumplir con la característica primordial para catalogar a un proceso en control estadístico, no se consideran en dicho estado por presentar patrones no aleatorios que proporcionan inestabilidad al proceso. Entre los patrones no aleatorios visualizados en estas cartas de control se encuentran: (1) puntos seguidos con aumento o disminución estable, (2) tendencias o series y (3) ciclos.

IV.6. CARTAS DE CONTROL DE MEDIA Y RANGO ($\bar{X} - R$) DE LA VARIABLE PESO EN EL PRODUCTO DIVIDIDO DE PAN

Las cartas de control de medias y rangos de un proceso cualquiera se establecen una vez que éste se encuentre en control estadístico.⁽¹⁴⁾

En el caso de los productos divididos de pan de Bimbo de Venezuela, C. A. el producto Blanco 650 g Bimbo constituye el pan cuyo comportamiento se puede predecir en el tiempo, ya que el mismo se encuentra en estado de control.

La variabilidad de los pesos del pan Blanco 650 g Bimbo se ubicará entre 729.85 g (límite inferior de control) y 744.72 g (límite superior de control) siempre que sobre él no vuelvan a actuar variaciones especiales o asignables, las cuales cambien el estado del proceso a fuera de control.⁽¹⁸⁾

Por las razones antes mencionadas la carta de control determinada para el producto presenta como límites de control de medias los valores de 729.85 g y 744.72 g (ver anexo 21), como se observa en la Figura 42.

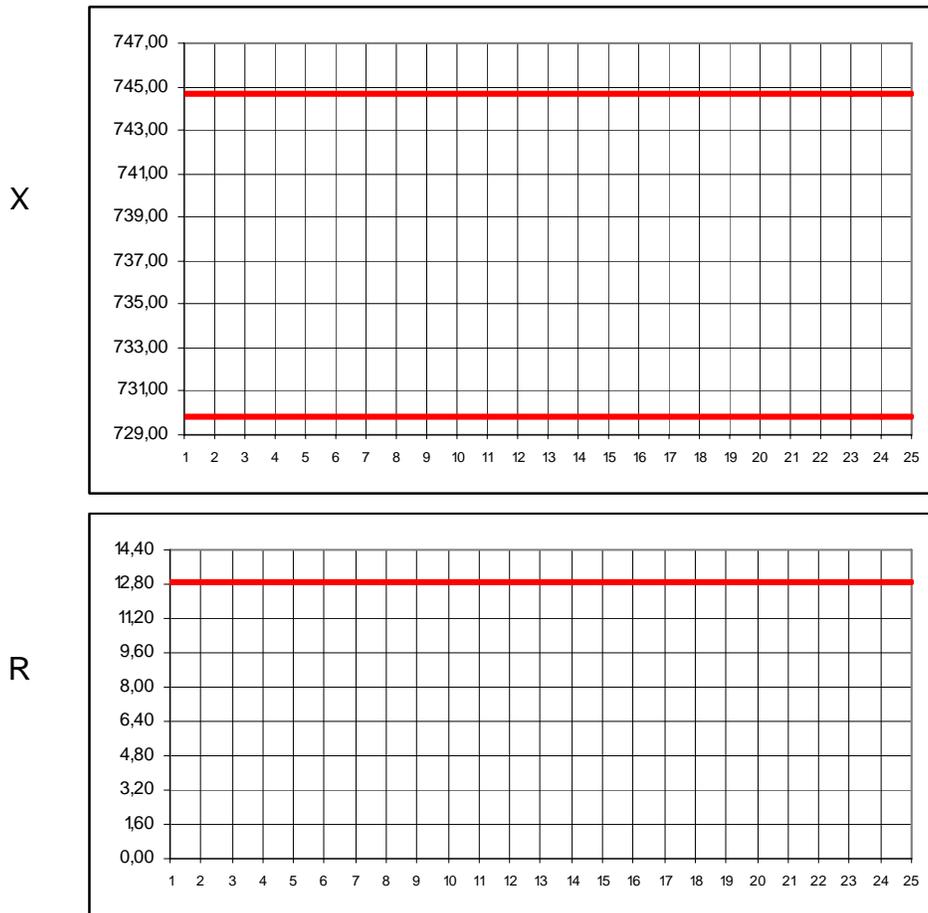


Figura 42: Carta de control definida para el producto Blanco 650 g Bimbo

Es de resaltar que la carta de control no se establece solo para las medias, sino también para los rangos (parte inferior), la cual se encuentra definida por el límite de control superior de 12.93 g, es decir, la máxima diferencia que se puede generar en el proceso para un subgrupo es de 12.93 g.

IV.7. PORCENTAJE DE PRODUCTOS FUERA DE ESPECIFICACIÓN

La obtención del porcentaje de panes, de los distintos productos de la línea, fuera de especificación fue realizada según los histogramas de frecuencias mostrados en el anexo 22, cuyos resultados son expuestos en la siguiente tabla.

Tabla 29: Porcentaje de productos divididos fuera de especificación

PRODUCTOS	PORCENTAJE ARRIBA DE LA ESPECIFICACIÓN (%)	PORCENTAJE ABAJO DE LA ESPECIFICACIÓN (%)	PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN (%)
Blanco 500 g Bimbo	57.53	7.49	65.02
Blanco 500 g Holsum	64.80	11.70	76.05
Blanco 650 g Bimbo	53.19	11.12	64.31
Blanco 700 g Holsum	31.56	18.41	49.97
Diet 500 g Bimbo	66.28	2.33	68.61
Integral 500 g Bimbo	65.54	5.59	71.13
Integral 500 g Holsum	35.94	20.90	56.84
Integral 650 g Bimbo	83.40	1.32	84.72
Ligero 500 g Holsum	55.57	4.46	60.03
Mantequilla 500 g Bimbo	46.02	15.39	61.41

Tabla 29 (Continuación)

PRODUCTOS	PORCENTAJE ARRIBA DE LA ESPECIFICACIÓN	PORCENTAJE ABAJO DE LA ESPECIFICACIÓN	PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN
Mantequilla 500 g Holsum	68.44	0.73	69.17
Multicereal 500 g Bimbo	96.81	7.93	54.74

El porcentaje de productos dividido fuera de especificación en la línea de pan supera el 50%, por lo que la mayoría de las piezas de pan confeccionadas se encuentran fuera de los estándares establecidos por el Grupo Bimbo, como especificaciones en el producto dividido.

Adicionalmente, como se observa en la Tabla 29, el porcentaje de productos fuera de especificación se encuentra conformado mayormente por piezas cuyo peso supera el límite superior de especificación. Estos porcentajes tan altos de productos que no se encuentran en los estándares, se deben a la amplia variabilidad que aún mantiene el proceso, con respecto a lo especificado, es decir, los límites de especificación fijados por el Grupo Bimbo se encuentran en ± 2.00 g, y según los resultados de los análisis planteados anteriormente, el proceso de dividido solo es capaz de generar una variabilidad mínima de ± 7.94 g; además de que al observar el comportamiento de éste en los diversos histogramas representados en el anexo 22, la media del proceso se encuentra descentrada, con respecto a las especificaciones, ya sea porque ésta rebasa el límite superior de especificación o porque se encuentra entre ellos y no coincide con el valor nominal, como ocurre con los productos Integral 500 g Holsum, Multicereal 500 g Bimbo, Blanco 700 g Holsum y Mantequilla 500 g Bimbo.

**IV.8. PÉRDIDAS Y AHORROS ECONÓMICOS DE LA LÍNEA DE PAN
GENERADAS POR PRODUCTO DIVIDIDO**

En la Tabla 30 son mostradas las pérdidas económicas desde el mes de Junio hasta el mes de Septiembre, del presente año, debidas a la variación del peso de los productos divididos de la línea de pan.

Tabla 30: Pérdidas económicas incurridas en el producto dividido de pan

MES	PÉRDIDAS ECONÓMICAS (\$)
Junio	24,226.63
Julio	35,709.59
Agosto	17,134.38
Septiembre	14,870.15

Las pérdidas económicas en Bimbo de Venezuela, C. A. debidas al producto dividido de pan fuera de especificación han experimentado una reducción, desde el mes de Junio (momento en el que la data es confiable) hasta el mes de Septiembre del año en curso.

La determinación de las pérdidas económicas expuestas en la tabla se realizó por medio de la función de pérdida de la calidad de Taguchi, por lo que el hecho de que se manifieste una reducción en estas pérdidas indica una reducción en la variabilidad del proceso de dividido, además de que en las muestras tomadas mes a mes se encuentran cada vez más productos divididos cuyo peso corresponde al valor nominal.

Una disminución en las pérdidas económicas generadas por los productos divididos de la línea de pan, se manifiesta en ahorro. La Tabla 31 muestra los ahorros o beneficios económicos de la reducción de la variabilidad del peso de los productos divididos de pan a partir del mes de Junio del año en curso.

Tabla 31: Ahorros generados por el producto dividido de pan

MES	AHORROS (\$)
Junio	-7,057.31
Julio	-11,482.96
Agosto	17,975.21
Septiembre	2,864.23
Total	2,299.16

Los beneficios económicos debido a la ejecución del proyecto en la etapa de producto dividido, en la línea de pan, apuntan hacia el ahorro (\$ 2,299.16) desde el mes de Junio al mes de Septiembre del año en curso. Ahorros que se manifiestan en un menor consumo de materia prima (masa) por pieza de producto, disminución del retrabado y del desperdicio.

El aumento brusco que experimentan los ahorros, del mes de Julio a Agosto, coincide con la instalación del PLC de la divisora de pan, lo que originó el cambio del modo de operación del equipo (operación automática) reduciendo la variabilidad de los pesos de los productos divididos.

IV.9. RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Para la realización de le estudio de rentabilidad del proyecto se determinaron los ahorros, empleando la función pérdida de Taguchi, que generaría el mismo por el control del peso de la línea de pan en un año (\$188,931.36) y el total de los costos (\$ 29,296.33), los cuales involucran la adquisición de activos (terminales de captura de datos y balanzas), servicios de terceros y materiales o repuestos necesarios para el buen funcionamiento de la maquinaria.

El análisis económico realizado arrojó los resultados mostrados en la tabla siguiente.

Tabla 32: Resultados del análisis económico del proyecto control de peso en la línea de pan en Bimbo de Venezuela, C. A.

FLUJO TOTAL DE EFECTIVO (\$)	125,491.26
TASA INTERNA DE RETORNO, TIR (%)	328.35
TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN, TRI (meses)	3

De la Tabla 32 es posible deducir que la suma de los ingresos supera la de los egresos, por lo que resulta confiable la determinación de la rentabilidad del proyecto empleando el método de la TIR según lo expone la bibliografía ⁽²¹⁾, lo cual se percibe en el valor del flujo total efectivo.

Adicionalmente, como se observa en la Tabla 32, la tasa interna de retorno (TIR) es mayor al 100% y a su vez supera la TREMA (10%) impuesta por la empresa; por lo que se considera el invertir en el proyecto como una decisión correcta, es decir, resulta rentable invertir en él, recuperándose dicha inversión a los tres meses de ejecución del proyecto.

IV.10. NUEVOS ESTÁNDARES O CONDICIONES DE OPERACIÓN EN LA LÍNEA DE PAN

Los nuevo estándares o condiciones de operación del proceso son establecidos a partir de los resultados obtenidos de las medidas o ideas contramedidas implementadas para disminuir la variación de peso de los productos. Adicionalmente se está considerando como estándar de

operación de tamaño de la muestra y la frecuencia, con la que el operador debe realizar el muestreo o recolección de la data.

En el caso del producto dividido de pan, fueron redefinidas la presión de trabajo de la divisora de pan, el modo de operación del equipo y la frecuencia de muestreo, manteniéndose el tamaño de la muestra; y establecidos estándares con respecto a la temperatura del agua del sistema de refrigeración de los tambores y la cantidad de piezas de masa a reprocesar cada vez que el equipo comienza a dividir la masa (ver tabla 33).

Tabla 33: Estándares o condiciones del proceso de dividido

MODO DE OPERACIÓN	Automático
PRESIÓN (psi)	30
TEMPERATURA DEL AGUA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LOS TAMBORES (°C)	8 - 10
PIEZAS A REPROCESAR (piezas)	12
TAMAÑO DE MUESTRA (piezas/ masa)	18
FRECUENCIA DE MUESTREO (min)	2
TAMAÑO DE SUBGRUPO (piezas)	2

La escogencia de la presión de trabajo con la divisora operando en modo automático se basó en dos consideraciones, una intrínseca al equipo, como lo es el hecho de que a mayor presión se genera una mayor fuga de masa tanto en el cabezal como alrededor de los rodillos o tambores alimentadores de la divisora; y la otra relacionada con el objetivo del proyecto en planta

Guarenas. Por estas razones la presión de trabajo de 30 psi responde a ser la mayor presión que no genera fuga de masa en el equipo y permite la menor variabilidad en los pesos de los distintos productos divididos.

La temperatura del agua del sistema de refrigeración de los rodillos alimentadores varía entre 8 °C y 10 °C, dependiendo del turno en el que se esté confeccionando el producto. Este rango de temperatura es el que permite mantener la temperatura de la masa dividida en el rango óptimo (26 – 27 °C), como se comentó anteriormente.

Las paradas en la divisora constituyen una de las causas de la variación de peso del producto dividido de pan, por esta razón se expone como estándar de operación (ver Tabla 33) la cantidad mínima de piezas a reprocesar cuando se inicia la operación de la divisora de pan. Al reprocesar 12 piezas de masa se obtiene la menor variación entre cortes de la divisora.

La escogencia del tamaño de la muestra en el producto dividido de pan, fue el resultado de un consenso con los operadores de la línea, en el que se incurre a un error igual 8.96%, por ser el tamaño de la muestra de dieciocho piezas por masa, y no de 1385 como se determina por medio de la ecuación (10), estableciendo un nivel de confianza de 1.96 y un error máximo de 0.05 (ver anexo 23), según lo indica el Grupo Bimbo.

Otra de las razones por la que Bimbo de Venezuela, C. A. decide incurrir a un error tan alto, en comparación con lo exigido, corresponde al hecho de que una muestra de 1385 piezas, corresponde al 96% de las piezas que conforman la población, por lo que el divisor no podría cumplir con el resto de las actividades que se le asignan; sin embargo se redefine la frecuencia de muestreo de cinco a dos minutos, tomando un tamaño de subgrupo igual a

dos, el cual corresponde a los dos cortes continuos de la divisora de pan (caras distintas del dado cortador).

Con respecto a la etapa de producto terminado, fueron establecidos los estándares referentes a la frecuencia de muestreo, tamaño del subgrupo y de la muestra; dichos estándares se muestran en la tabla siguiente

Tabla 34: Estándares en el producto terminado de pan

TAMAÑO DE MUESTRA (piezas/ masa)	75
FRECUENCIA DE MUESTREO (min)	2
TAMAÑO DE SUBGRUPO (piezas)	5

La población en el área de producto terminado se constituye por 1296 piezas, es decir, en Bimbo de Venezuela, C. A. se tiene estipulado que de una masa confeccionada 1296 piezas de pan son empacadas. Tomando esta consideración y suponiendo un error máximo de 0.05% y un nivel de confianza de 1.96, el tamaño de la muestra en producto terminado corresponde al 96.6% de la población, lo que significa tomar 42 muestras/min, lo cual atrasaría la entrega del producto al departamento de despacho para su posterior venta; por esta razón el departamento de producción de Bimbo de Venezuela, C. A. decide incurrir en un error de muestreo de 6.08% tomando un tamaño de muestra de 75 piezas / masa.

La escogencia del tamaño del subgrupo obedeció al hecho de que cinco corresponde al valor común, en las gráficas por variable ⁽⁷⁾, además de que a medida que mayor es el tamaño del subgrupo menor es la oportunidad de variación de una muestra a otra, por lo que los límites de control serán más

exactos, debido a que la variación interior del subgrupo es quien define los límites de control. ⁽²⁾

Al presentarse muchas causas del tipo asignables especiales, como ocurre en el proceso de elaboración del pan, es necesario tomar muestras pequeña con una frecuencia alta ⁽⁴⁾; por esta razón es que tanto en el producto dividido como en el terminado se emplea una frecuencia de muestreo de dos minutos.

IV.11. PLAN DE OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

El desarrollo del plan de optimización de la capacidad del proceso consta de las dos etapas mencionadas a continuación

1. Estandarización y mantenimiento de la nueva situación.
2. Acciones a seguir según el estado del proceso y/o valores de los índices de capacidad real y potencial del proceso.

Para mantener el control de la nueva situación, es necesario estandarizar el nuevo método de operación, es decir, la nueva forma de trabajo. El método de trabajo incluye frecuencia de muestreo de los productos, número de muestras a tomar por masa, modo y condiciones de operación de la divisora de pan y cantidad de piezas a reprocesar después de arrancar, es decir, iniciar la operación de corte en la divisora de pan. Este método de trabajo se refiere a la etapa de dividido.

La herramienta que ayudará a ejercer el control de la nueva situación, hasta que se convierta en la manera normal de hacer las cosas, es una sencilla hoja de verificación (ver anexo 24) en la cual se pedirá indicar el producto, hora, temperatura del agua del sistema de refrigeración, presión y velocidad de la divisora, modo de trabajo, hora de parada y piezas a ser reprocesadas.

En el caso de la verificación de la recolección de la data (pesos de los productos) según la frecuencia y el tamaño de muestra establecido, se cuenta con una interfase entre los terminales de captura de datos y el Future SQC Light, el cual deja indicado, por producto en un reporte conocido como hoja de datos (ver anexo 25), además del peso, la fecha, hora, turno y operador que realiza el muestreo. Dicha interfase será ejecutada por los supervisores de cada turno.

Una vez estandarizada la situación se procederá a ejecutar el plan en sí, las acciones que en dicho plan se realicen dependen de la situación en la que se encuentre el proceso, como se expone a continuación

1. Si el proceso está fuera de control
 - 1.1. Acciones inmediatas para eliminar causas especiales.
 - 1.2. Ejecutar un proyecto de mejora para lograr el control del proceso. Este proyecto de mejora debe estar conformado por un análisis de causas, propuesta e implementación de ideas contramedidas.

2. Si los índices de capacidad del proceso, tanto real como potencial, son menores a uno, es decir, si el proceso presenta una alta variación
 - 2.1. Acciones inmediatas para reducir la variación.
 - 2.2. Monitoreo frecuente (cada dos minutos).

3. Si los índices de capacidad real y potencial son mayores a uno pero menores a 1.33
 - 3.1. Mejoras al proceso a corto plazo.
 - 3.2. Monitoreo con menor frecuencia que procesos con capacidad menor a uno (cada cinco minutos).
 - 3.3. Revisión de las especificaciones.

4. Si los índices de capacidad real y potencial son mayores a 1.33
 - 4.1 Mejoras al proceso a largo plazo.
 - 4.2. Elevar el nivel de capacidad del proceso, tanto real como potencial.
 - 4.3. Monitoreo esporádico.
 - 4.4. Revisión de las especificaciones.

La revisión de las especificaciones debe realizarse conforme a lo establecido por la resolución 2652/88, referente al **contenido neto en plantas y almacenes, tolerancias establecidas**, del departamento de metrología de SENCAMER, la cual indica el porcentaje de productos defectuosos aceptado por el gobierno.

Según la bibliografía, se deben obtener valores de índices de capacidad, real y potencial, mayores a uno, recomendando valores de 1.33 ⁽²⁰⁾; por esta razón los límites de especificación se fijarán cuando el proceso esté en control estadístico y los valores de dichos índices sean de preferencia mayores a uno o en su defecto muy cercanos.

IV.12. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

La capacitación de los colaboradores de la línea de pan de la planta permitió involucrar al personal que labora en dicha línea, sobre todo a los divisores; por lo que en el tiempo estipulado para la ejecución del proyecto en la etapa de dividido se produjo un incremento en la data reportada por los divisores de los dos turnos de la línea, como se observa en la Tabla 35.

Tabla 35: Porcentaje de data reportada por los divisores de la línea de pan en dos etapas de ejecución del proyecto

OPERADOR	PORCENTAJE DE DATOS REPORTADOS ⁴ (%)	
	ETAPA I	ETAPA III
A	60	95
B	45	90

En la Tabla 35 se puede observar que los divisores aumentaron el porcentaje de data reportada en al menos 36%, desde la etapa I (situación inicial) hasta la etapa III (implementación de ideas contramedidas), sin embargo dicho porcentaje aun no corresponde con lo ideal (100%) por lo que es necesario continuar con el seguimiento diario de la toma de la data y generar nuevas medidas o ideas, además de la capacitación, que permitan aumentar la cantidad de muestras reportadas por los operadores.

El plan de capacitación constó desde la limpieza de la divisora y la respectiva elaboración del instructivo que contempla cómo realizarla (ver anexo 19) hasta charlas dictadas sobre cómo tomar las muestras de peso (indicando frecuencia de muestreo y tamaño) y la publicación de avances mes a mes en las carteleras del área de manufactura.

⁴ En función del tamaño de muestra establecido de 18 piezas/masa

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se enumeran las conclusiones del proyecto presentado como trabajo especial de grado, y una serie de recomendaciones que permitirán darle continuidad y mejorar los resultados en la empresa.

V.1. CONCLUSIONES

1. La implementación del sistema de control estadístico de procesos, en la línea de pan de Bimbo de Venezuela, C. A., permitió disminuir la variabilidad de los productos de panificación de dicha línea.
2. El comportamiento de los pesos del producto dividido Blanco 650 g Bimbo es predecible en el tiempo.
3. Las etapas intermedias entre el producto dividido y el empaçado afectan la variación de peso del producto terminado de pan.
4. El desarrollo del proyecto depende de la colaboración de los operadores.

V.2. RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis del proceso empleando cartas de precontrol para el producto dividido de pan.
2. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que conforman la línea de pan.
3. Involucrar a los operadores que conforman las distintas etapas de la línea para el desarrollo del proyecto en el área de producto terminado de pan.
4. Llevar un registro automático de la data en el área de empaque, lo cual disminuirá el grado de incertidumbre y desconfianza sobre la misma.

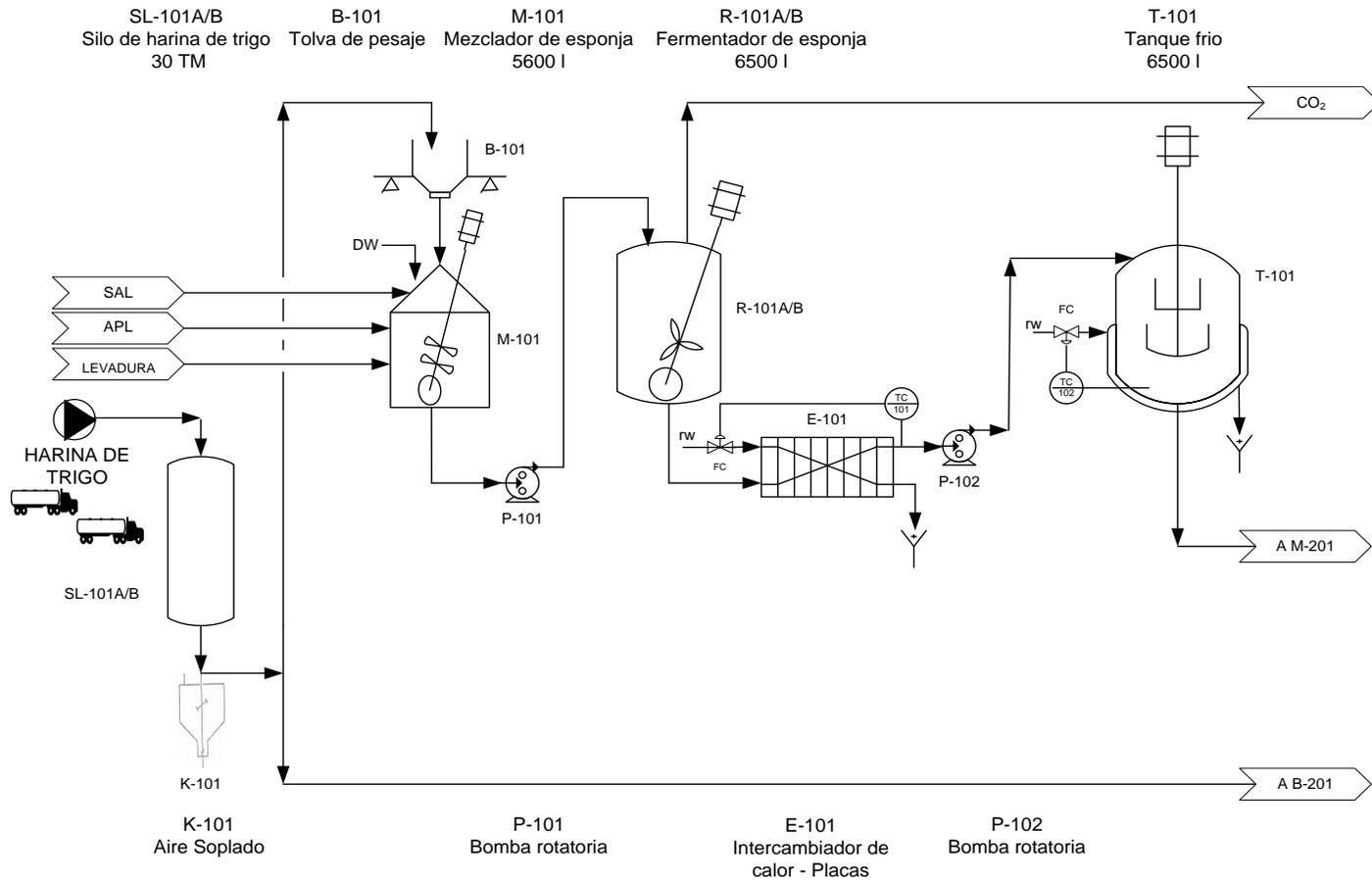
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Bimbo de Venezuela, C.A. (2004). **Estudio económico proyecto CEP 2004**. Guarenas: Miguel Oviedo.
- (2) BESTERFIELD, D. (1994). **Control de calidad**. (4ª edición). México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- (3) Global Team. Un equipo confiable. (2004). **CEP Control estadístico de procesos. Preparado especialmente para: Bimbo**. Valencia: Contreras José.
- (4) MONTGOMERY, D. (1996). **Probabilidad y estadísticas aplicadas a la ingeniería**. México: McGraw Hill Interamericana.
- (5) **Control estadístico**. (s.f.). [Documento en línea]. Disponible: www.monografias.com/trabajos15/control-estadistico.shtml. [Consulta: 2005, abril 19].
- (6) Dirección técnica en coordinación con desarrollo de proveedores. (2001). **Curso de control estadístico de procesos para proveedores**. México: Aquiahuatl Arce Martin.
- (7) DELGADO, H. (1990). **Desarrollo de una cultura de calidad**. México: McGraw – Hill.
- (8) ARVELO, A. (1998). **La capacidad de los procesos industriales. Métodos estadísticos exigidos por las normas ISO 9000**. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas.
- (9) CANTÚ, H. (2001). **Desarrollo de una cultura de calidad**. (2ª edición). México: McGraw – Hill.
- (10) **Función Taguchi de pérdida**. (s.f.). [Documento en línea]. Disponible: <http://www.geocities.com/maag111063/calidad23.html>. [Consulta: 2005, julio 26].
- (11) JAMES, P. (1997). **Gestión de la calidad total: Un texto introductorio**. Madrid: Editorial Prentice Hall.

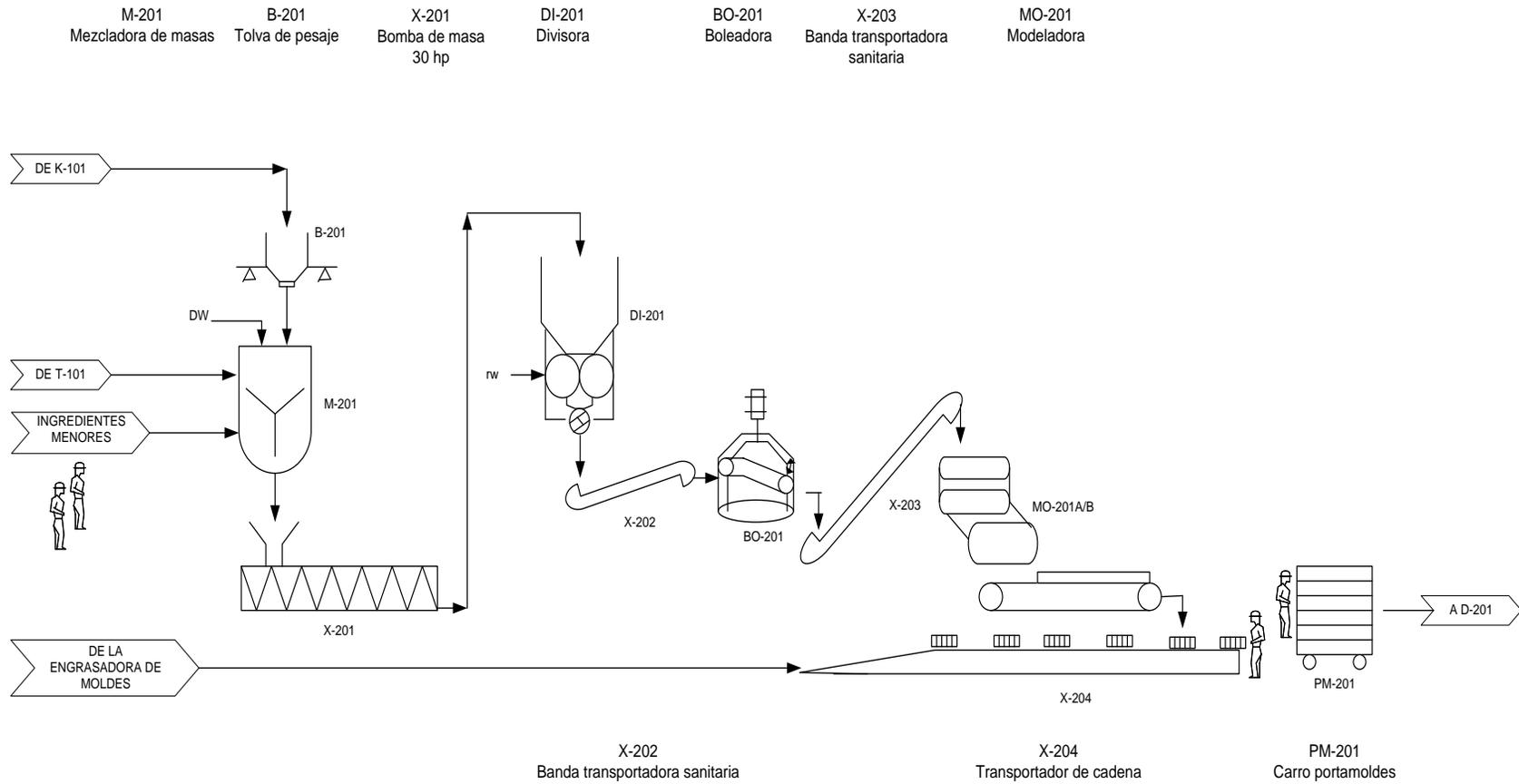
-
- (12) FREUD, J. (1990). **Estadística matemática con aplicaciones**. (4ª edición). México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- (13) HITOSHI, K. (1992). **Herramientas básicas para el mejoramiento de la calidad**. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
- (14) Fundametal. Centro de conocimiento aplicado. (2005). **Control estadístico del proceso**. Caracas: Llano Morales Silvio.
- (15) GRANT, E. (1981). **Control estadístico de calidad**. (4ª edición). México: Compañía editorial continental, S.A.
- (16) DE LORENCIO FILHO, R. (1974). **Control estadístico de la calidad**. Editorial Parafino.
- (17) Xena Asociados Consultores, A.C. (2005). **Control estadístico de procesos**. Caracas: Xena Puig Helios.
- (18) **Statiscal Process Control**. (s.f.). [Documento en línea]. Disponible: <http://www.dmem.strath.ac.uk/CSM/TQML/Tqm17-18.PDF>. [Consulta: 2005, abril 10].
- (19) JURAN, J.M. (s.f.). **Análisis y planeación de la calidad**. (3ª Edición). México: McGraw – Hill.
- (20) MONTGOMERY, D. (1991). **Control estadístico de la calidad**. México: Grupo Editorial Iberoamericana.
- (21) BACA URBINA, G. (1999). **Fundamentos de ingeniería económica**. (2ª Edición). México: McGraw – Hill.

ANEXOS

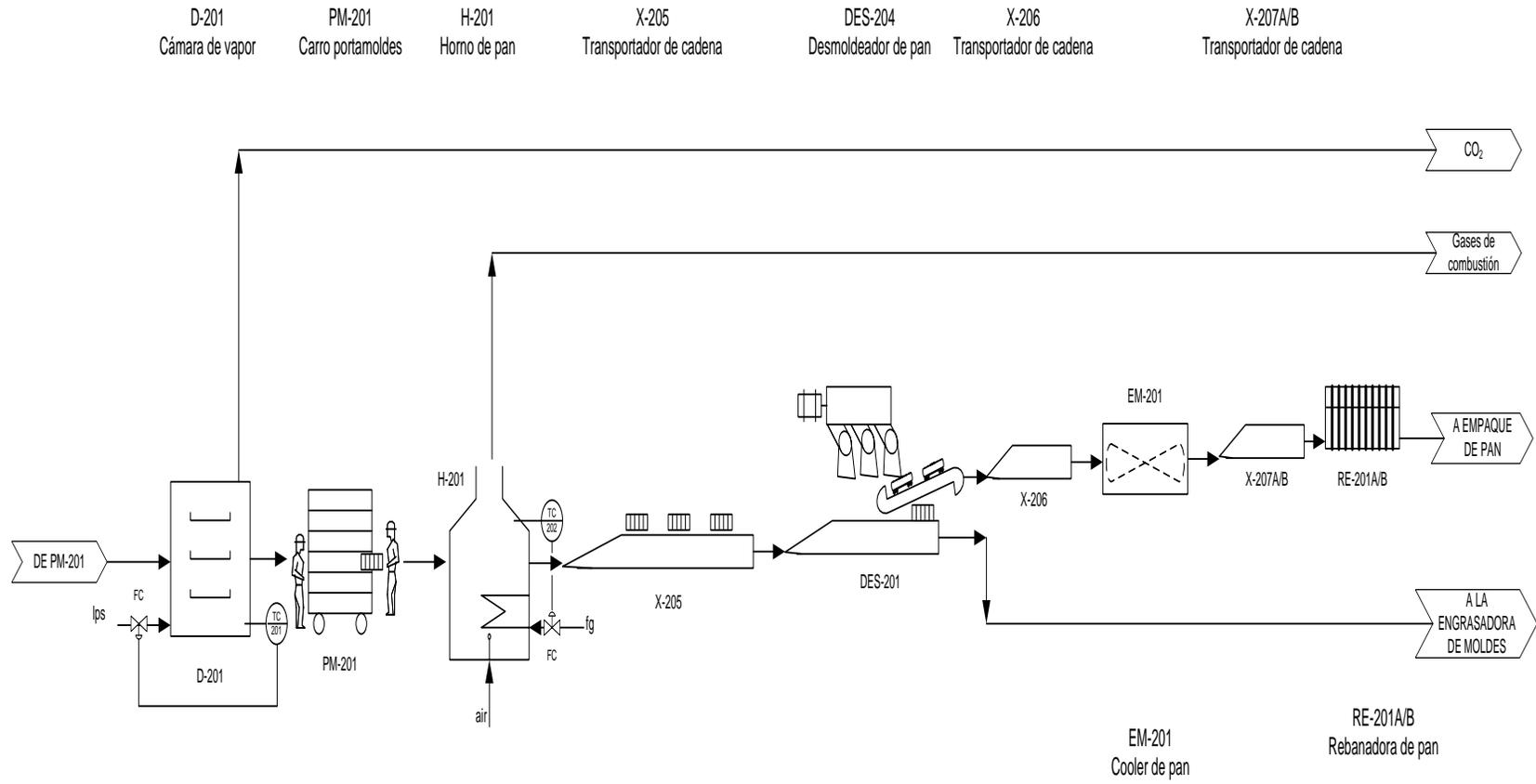
Anexo 1: Esquema de la línea de pan de Bimbo de Venezuela, C. A.

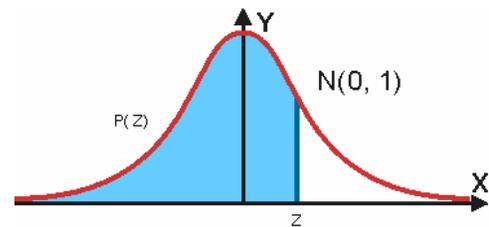


Anexo 1 (Continuación)



Anexo 1 (Continuación)



Anexo 2: Tablas de distribución normal ⁽¹⁴⁾

+	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.00	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
0.10	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
0.20	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
0.30	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
0.40	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
0.50	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
0.60	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
0.70	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
0.80	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
0.90	.1841	.1814	.1789	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
1.00	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
1.10	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
1.20	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.9985
1.30	.9968	.9951	.9934	.9918	.9901	.9885	.9869	.9853	.9838	.9823
1.40	.9808	.9793	.9778	.9764	.9749	.9735	.9721	.9708	.9694	.9681
1.50	.9668	.9655	.9643	.9630	.9618	.9606	.9594	.9582	.9571	.9559
1.60	.9548	.9537	.9526	.9516	.9505	.9495	.9485	.9475	.9465	.9455
1.70	.9446	.9436	.9427	.9418	.9409	.9401	.9392	.9384	.9375	.9367
1.80	.9359	.9351	.9344	.9336	.9329	.9322	.9314	.9307	.9301	.9294
1.90	.9287	.9281	.9274	.9268	.9262	.9256	.9250	.9244	.9239	.9233
2.00	.9228	.9222	.9217	.9212	.9207	.9202	.9197	.9192	.9188	.9183
2.10	.9179	.9174	.9170	.9166	.9162	.9158	.9154	.9150	.9146	.9143
2.20	.9139	.9136	.9132	.9129	.9125	.9122	.9119	.9116	.9113	.9110
2.30	.9107	.9104	.9102	.9099	.9096	.9094	.9091	.9089	.9087	.9084
2.40	.9082	.9080	.9078	.9075	.9073	.9071	.9069	.9068	.9066	.9064
2.50	.9062	.9060	.9059	.9057	.9055	.9054	.9052	.9051	.9049	.9048
2.60	.9047	.9045	.9044	.9043	.9041	.9040	.9039	.9038	.9037	.9036
2.70	.9035	.9034	.9033	.9032	.9031	.9030	.9029	.9028	.9027	.9026
2.80	.9026	.9025	.9024	.9023	.9023	.9022	.9021	.9021	.9020	.9019
2.90	.9019	.9018	.9018	.9017	.9016	.9016	.9015	.9015	.9014	.9014
3.00	.9013	.9013	.9013	.9012	.9012	.9011	.9011	.9011	.9010	.9010
3.10	.9010	.9009	.9009	.9009	.9008	.9008	.9008	.9008	.9007	.9007
3.20	.9007	.9007	.9006	.9006	.9006	.9006	.9006	.9005	.9005	.9005
3.30	.9005	.9005	.9005	.9004	.9004	.9004	.9004	.9004	.9004	.9003
3.40	.9003	.9003	.9003	.9003	.9003	.9003	.9003	.9003	.9003	.9002
3.50	.9002	.9002	.9002	.9002	.9002	.9002	.9002	.9002	.9002	.9002
3.60	.9002	.9002	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001
3.70	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001
3.80	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001	.9001
3.90	.9000	.9000	.9000	.9000	.9000	.9000	.9000	.9000	.9000	.9000

Anexo 3: Tamaño de las muestras según tablas MIL – STD 414/Z1.9 ⁽²⁾

Tamaño del lote	Muestras requeridas
91-150	10
151-280	15
281-400	20
401-500	25
501-1.200	35
1.201-3.200	50
3.201-10.000	75
10.001-35.000	100
35.001-150.000	150

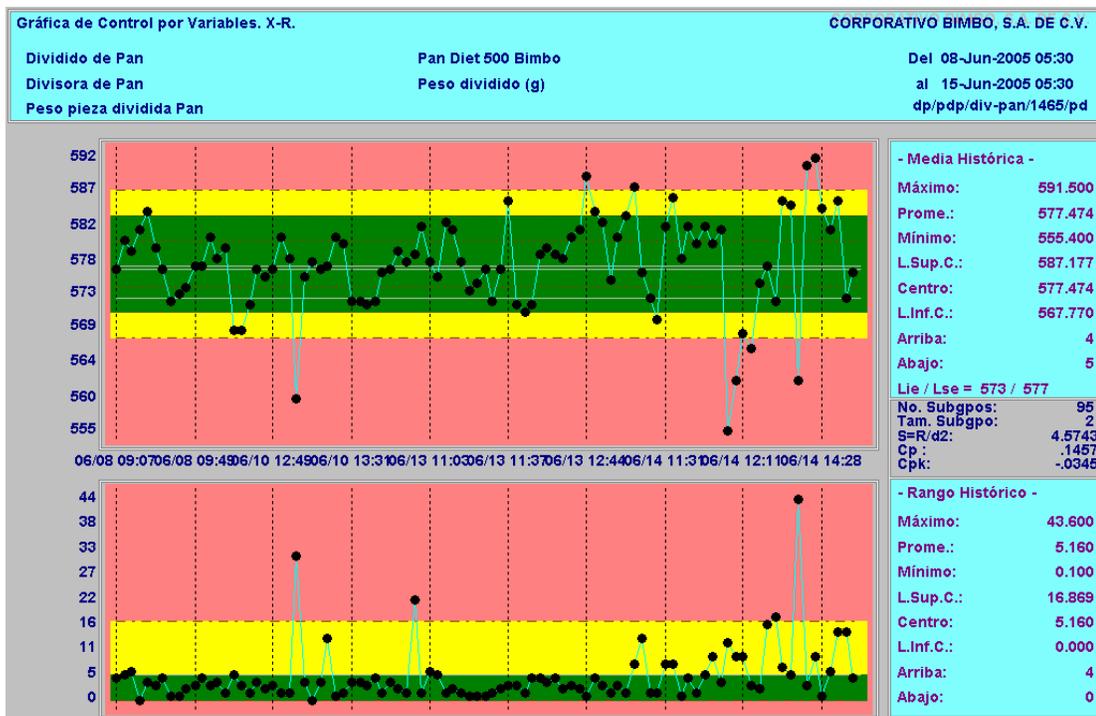
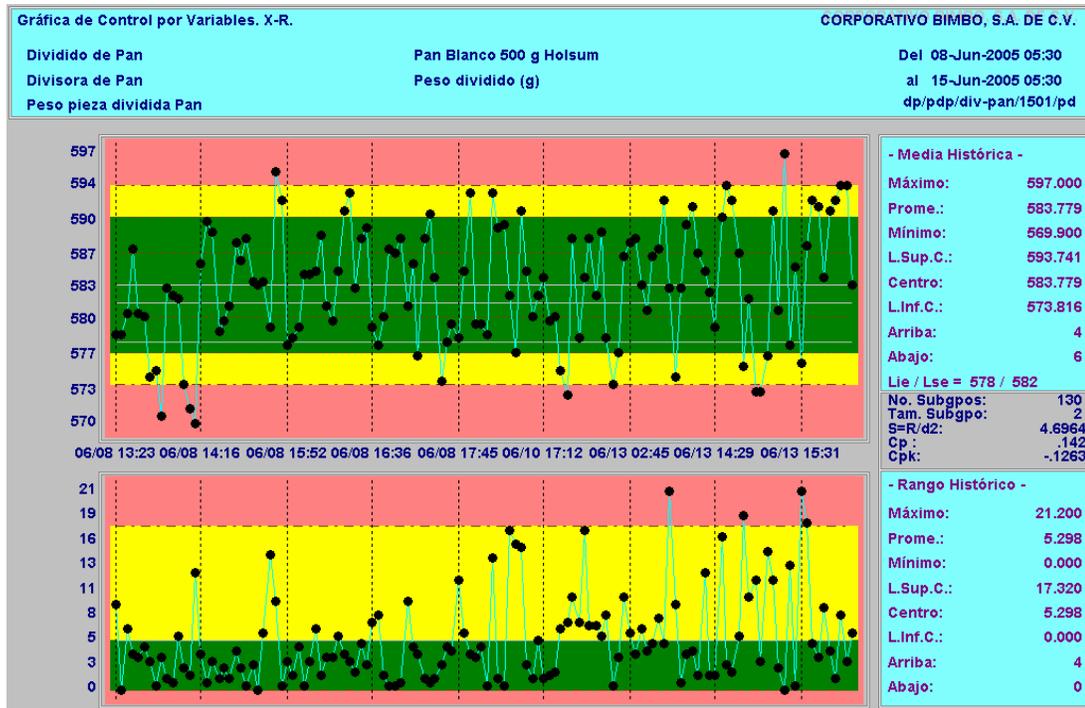
Anexo 4: Constantes de las cartas de control de promedio – rango ⁽¹⁴⁾

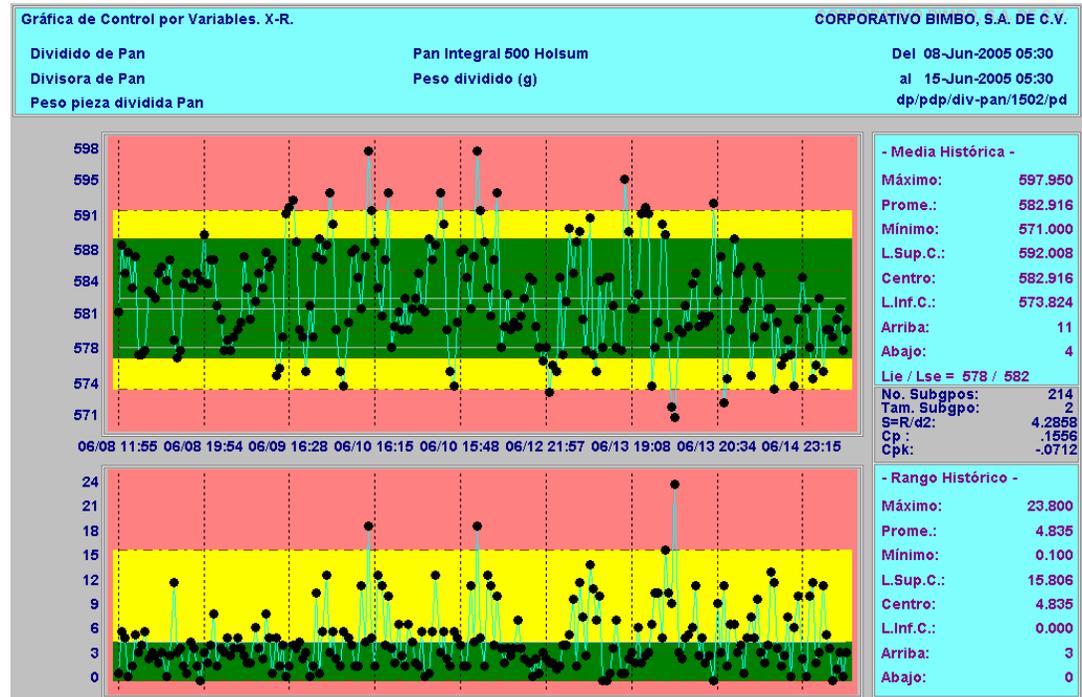
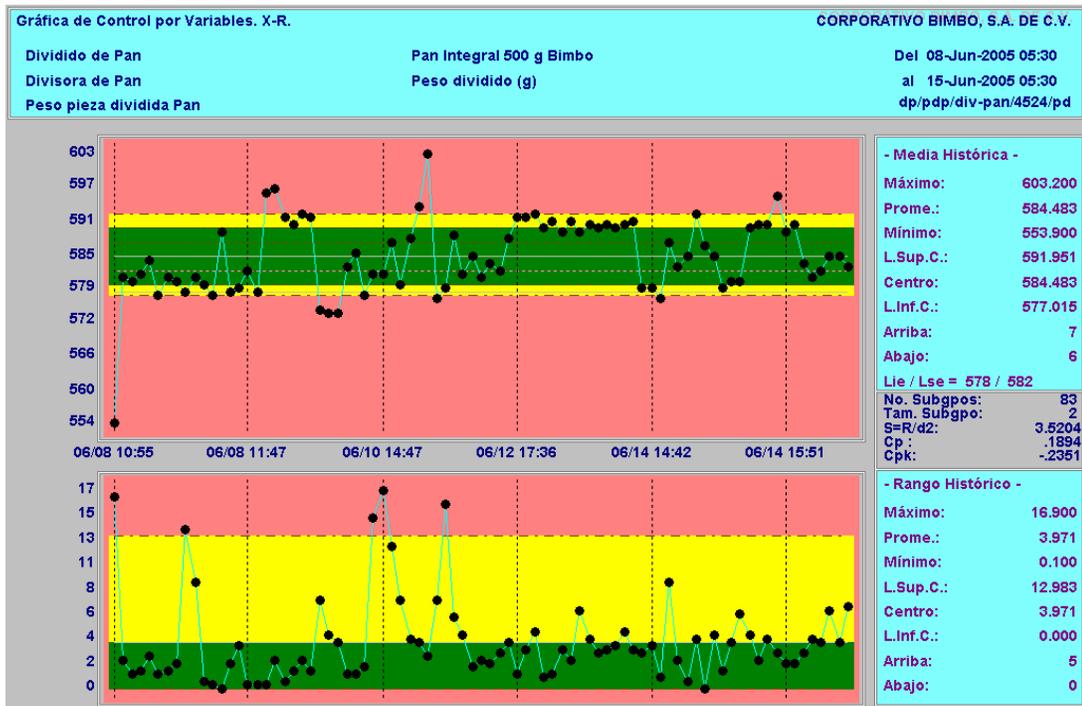
Tamaño de la Muestra	A_2	E_2	D_3	D_4	d_2
2	1,88	2,66	0	3,27	1,128
3	1,02	1,77	0	2,57	1,693
4	0,73	1,46	0	2,28	2,059
5	0,58	1,29	0	2,11	2,326
6	0,48	1,28	0	2	2,534
7	0,42	1,11	0,08	1,92	2,704
8	0,37	1,05	0,14	1,86	2,847

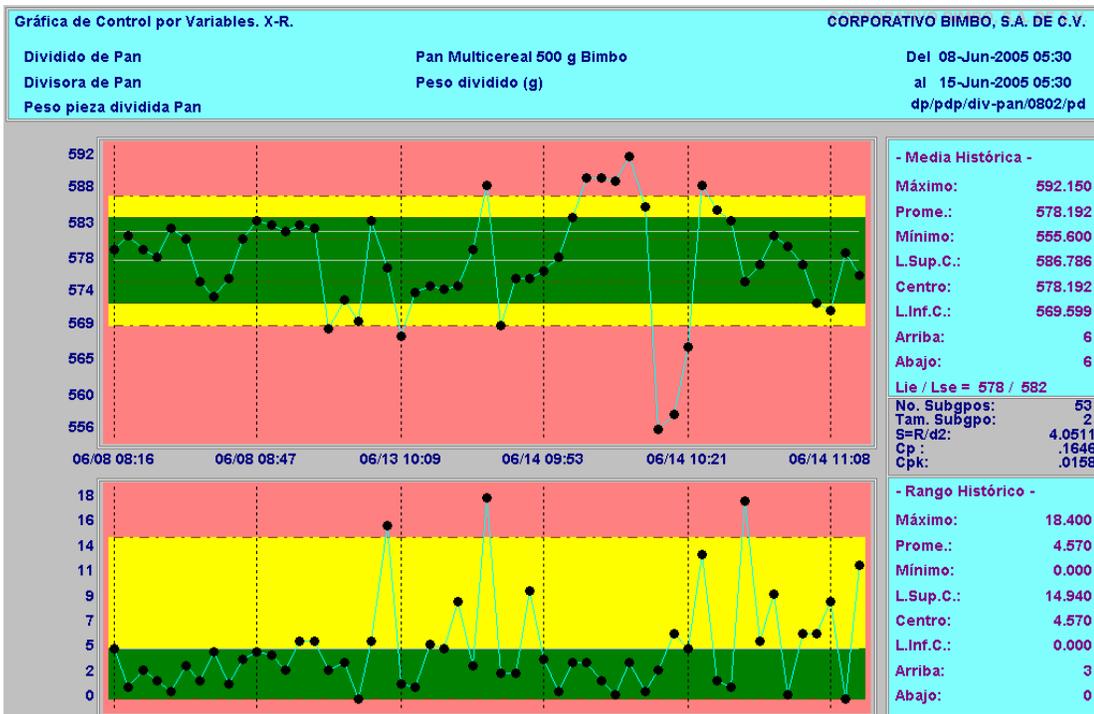
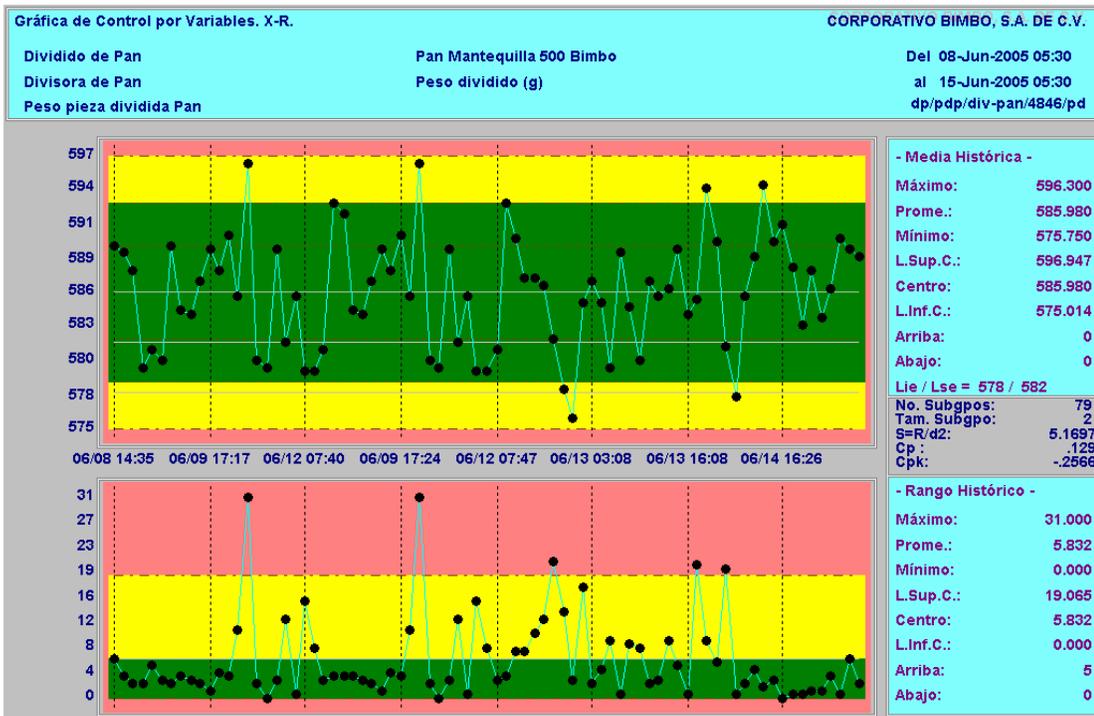
Anexo 5: Formato para confirmar causas e implementar ideas contramedidas

DEPARTAMENTO		AREA	RESPONSABLE	EQUIPO DE TRABAJO	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	

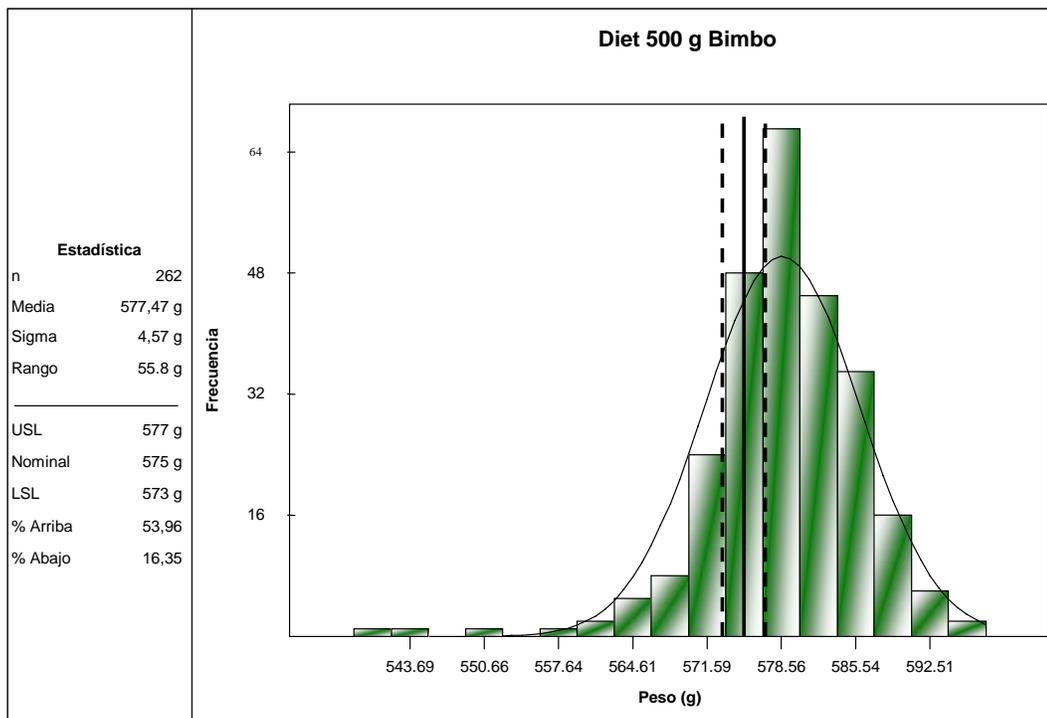
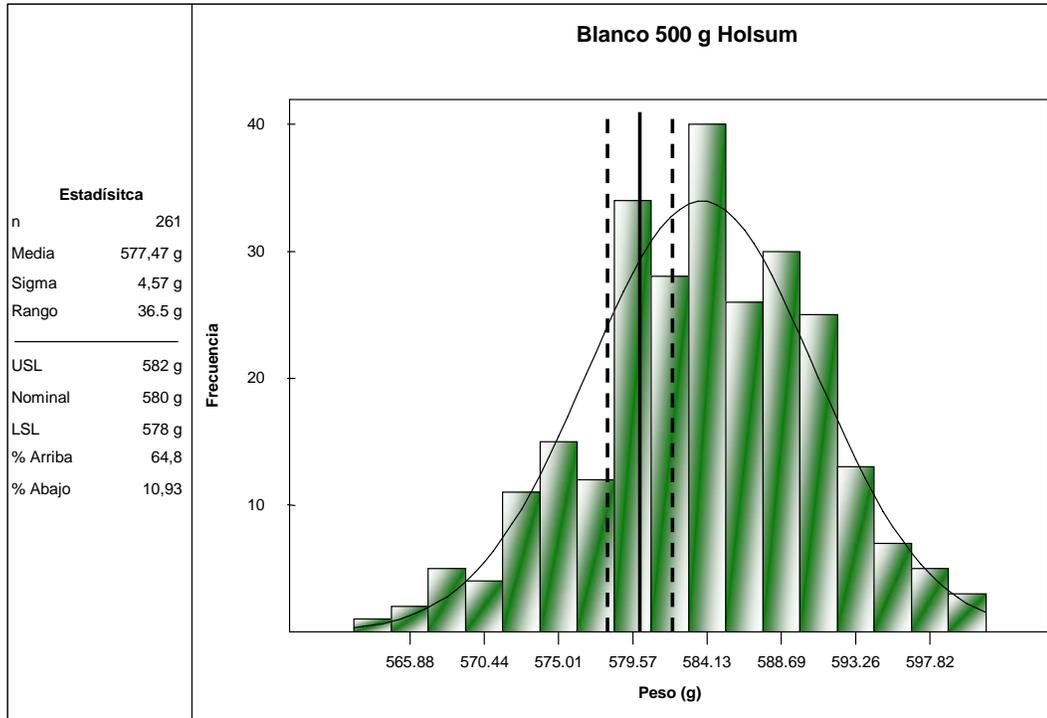
Anexo 6: Cartas de control que describen la situación inicial del proceso de la línea de pan en producto dividido

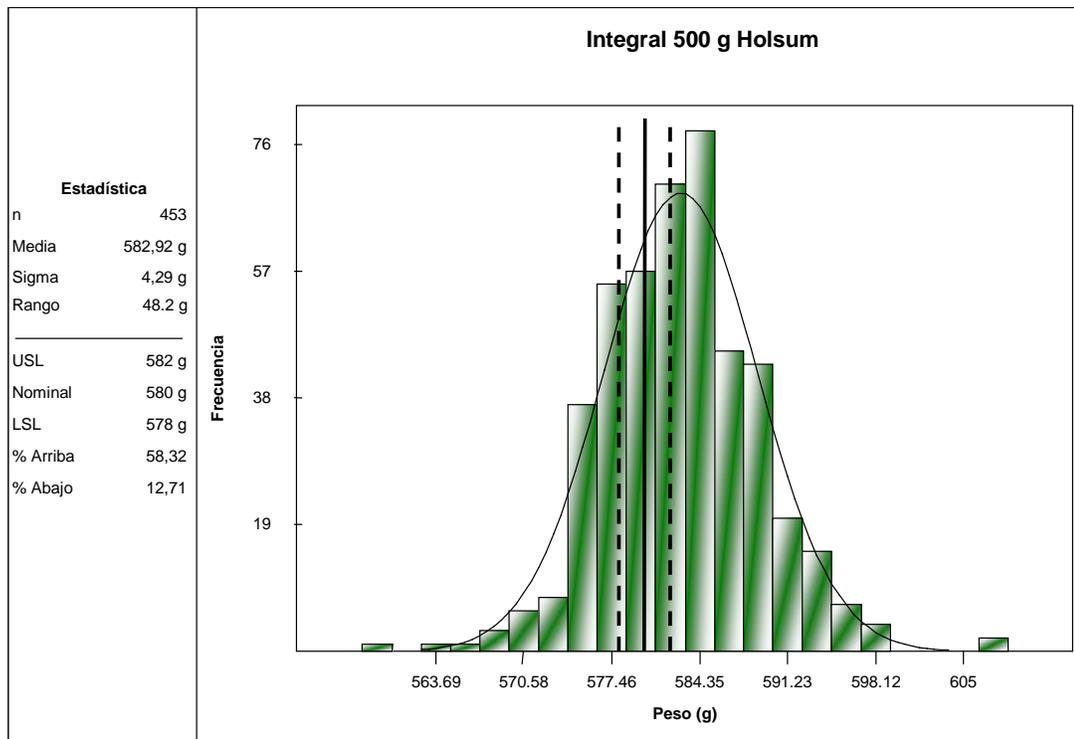
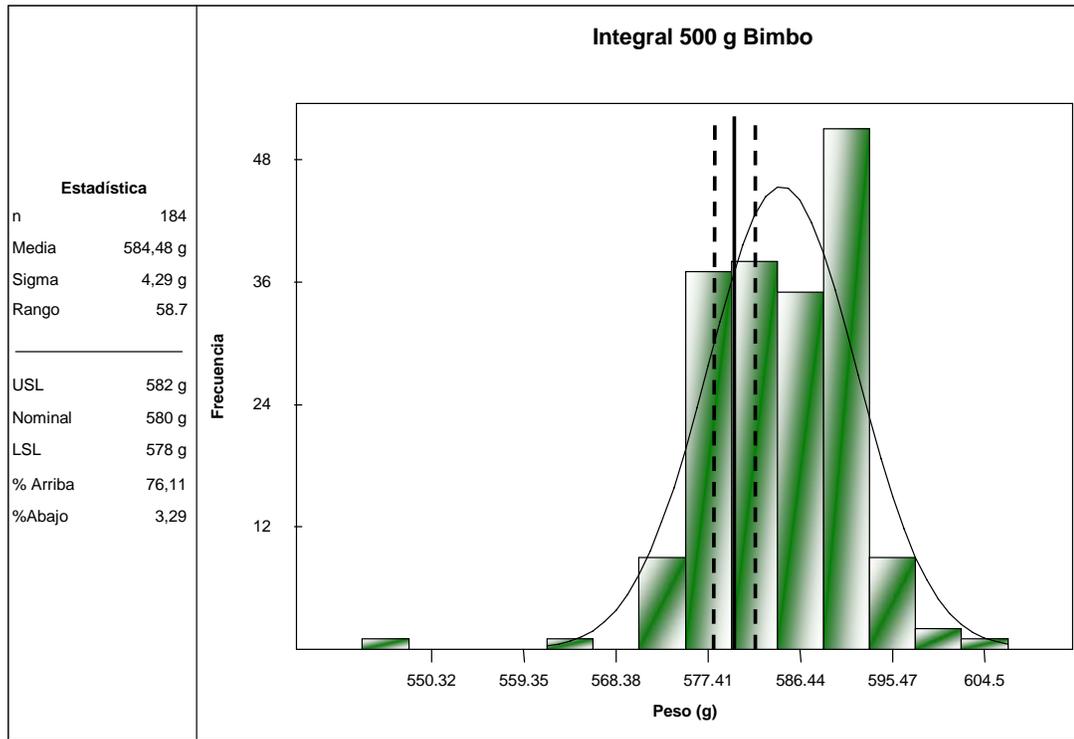


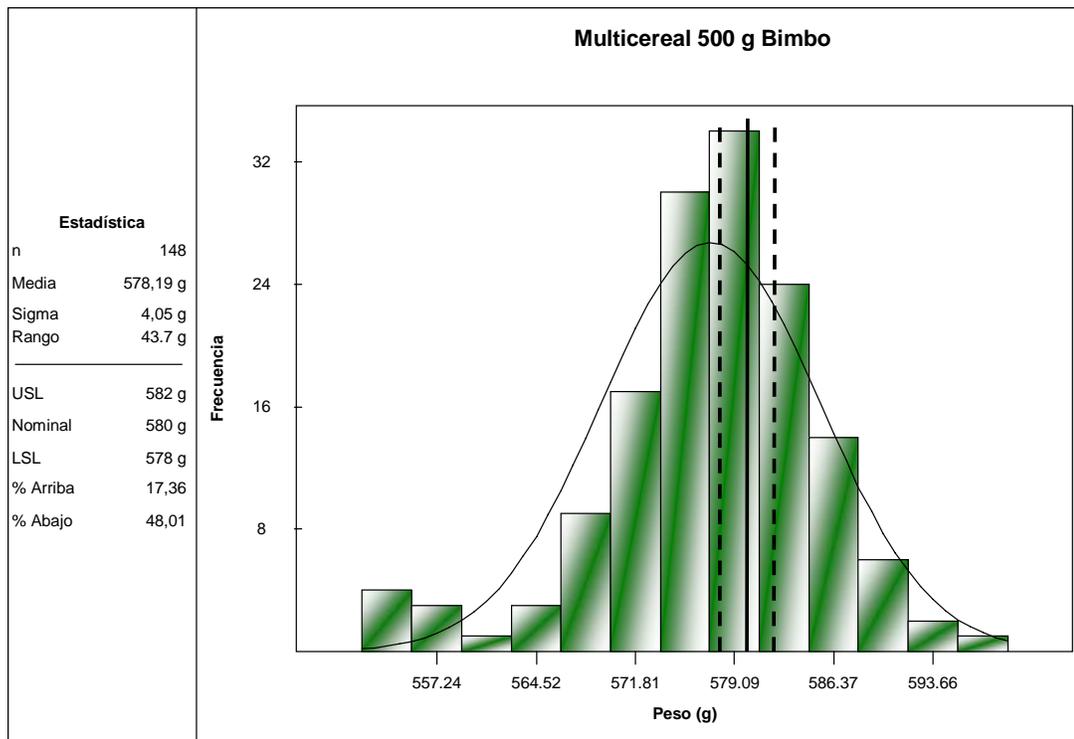
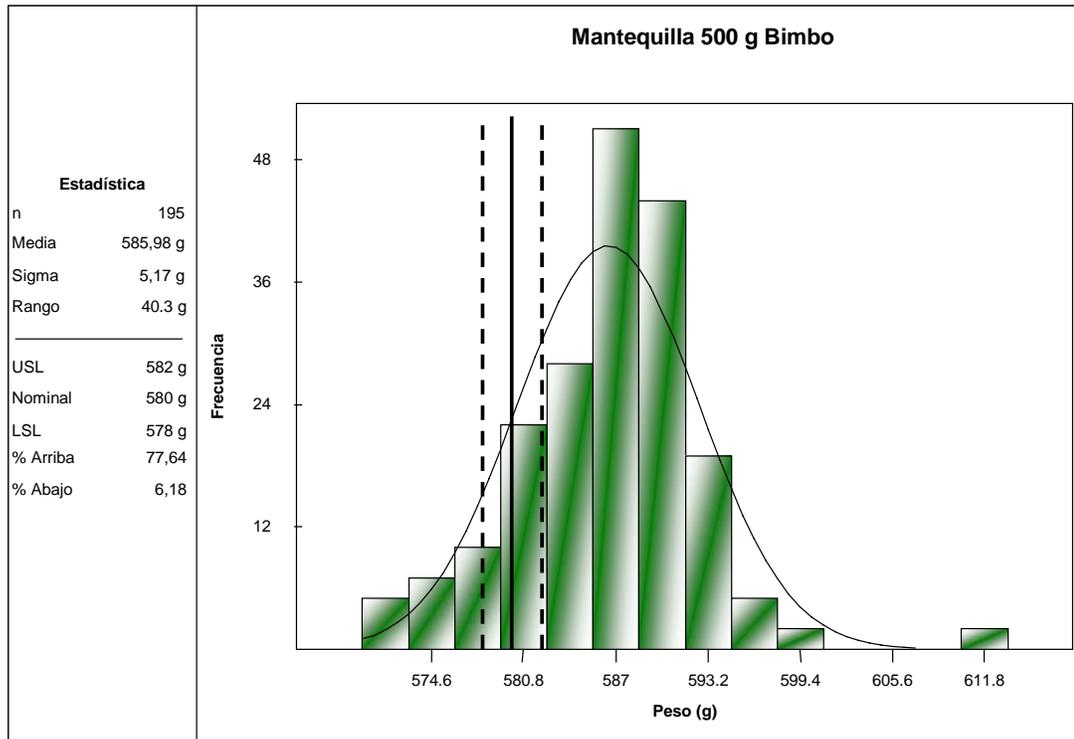




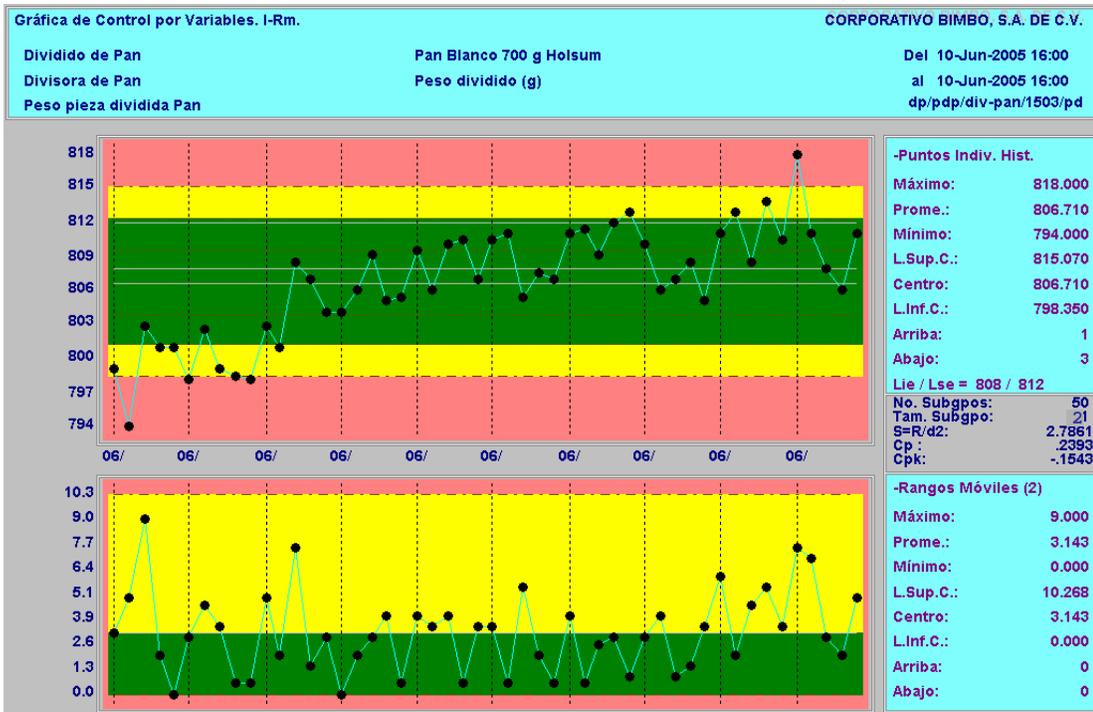
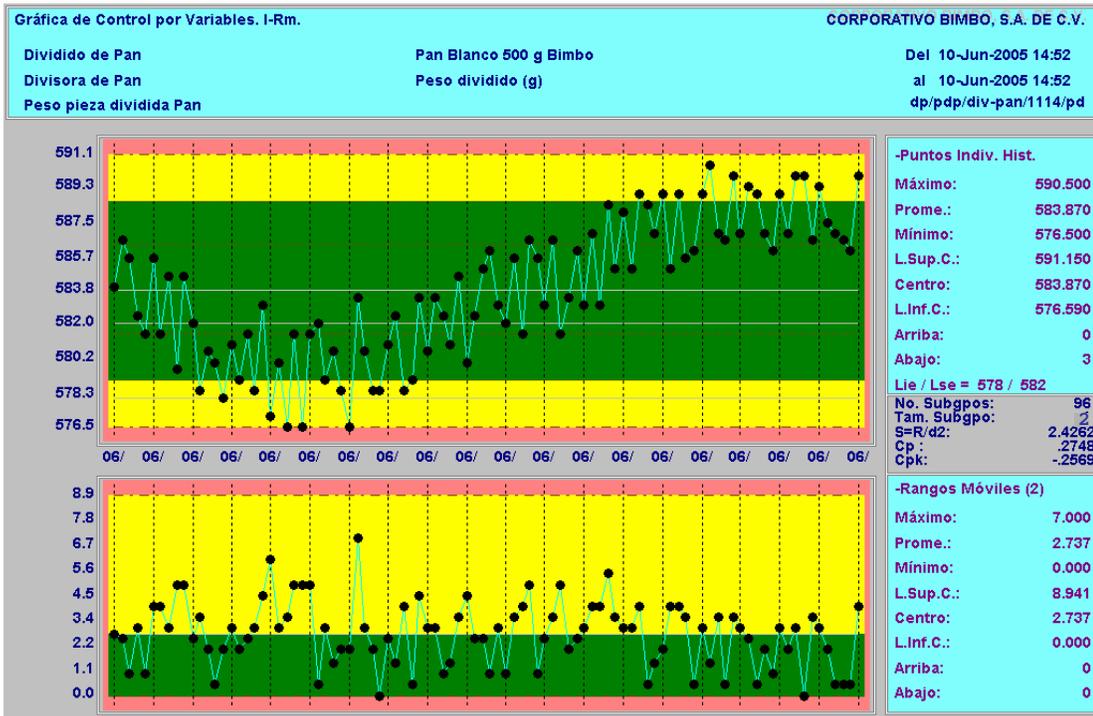
Anexo 7: Histogramas de frecuencias de los productos divididos de pan en la situación inicial

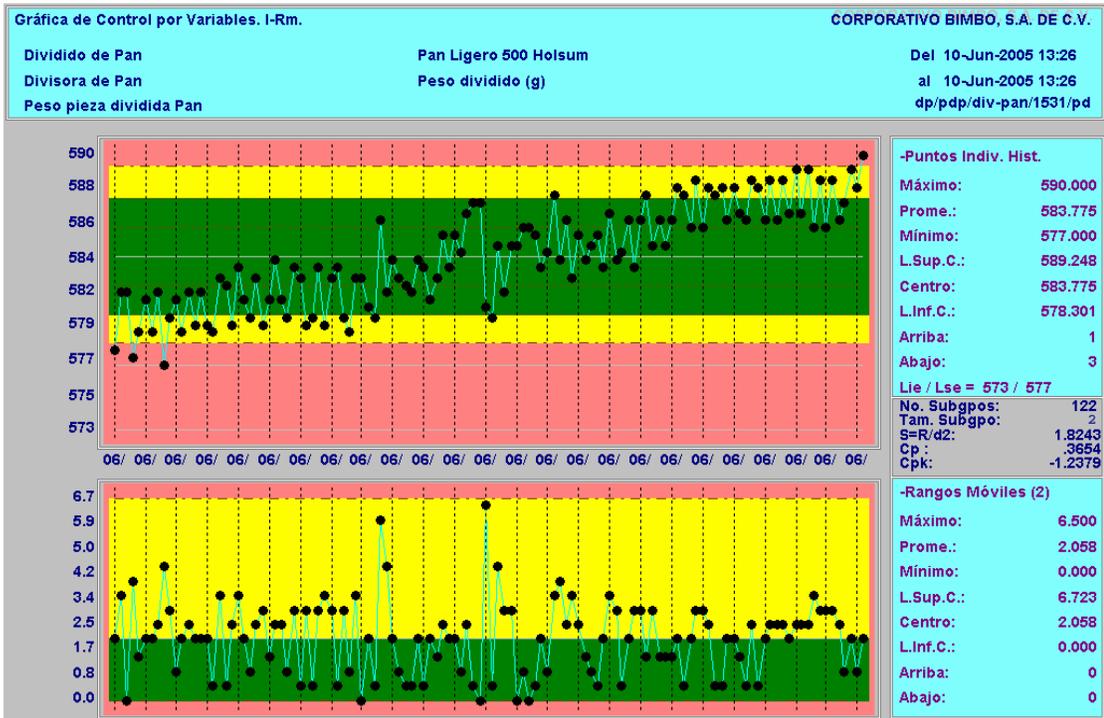
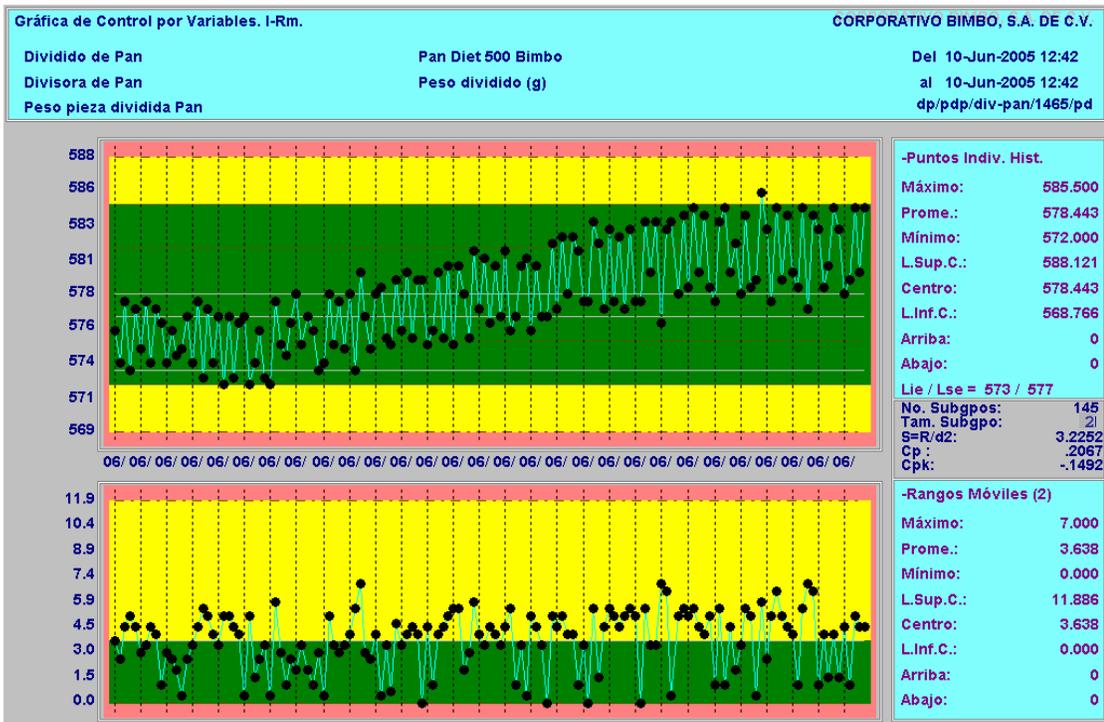




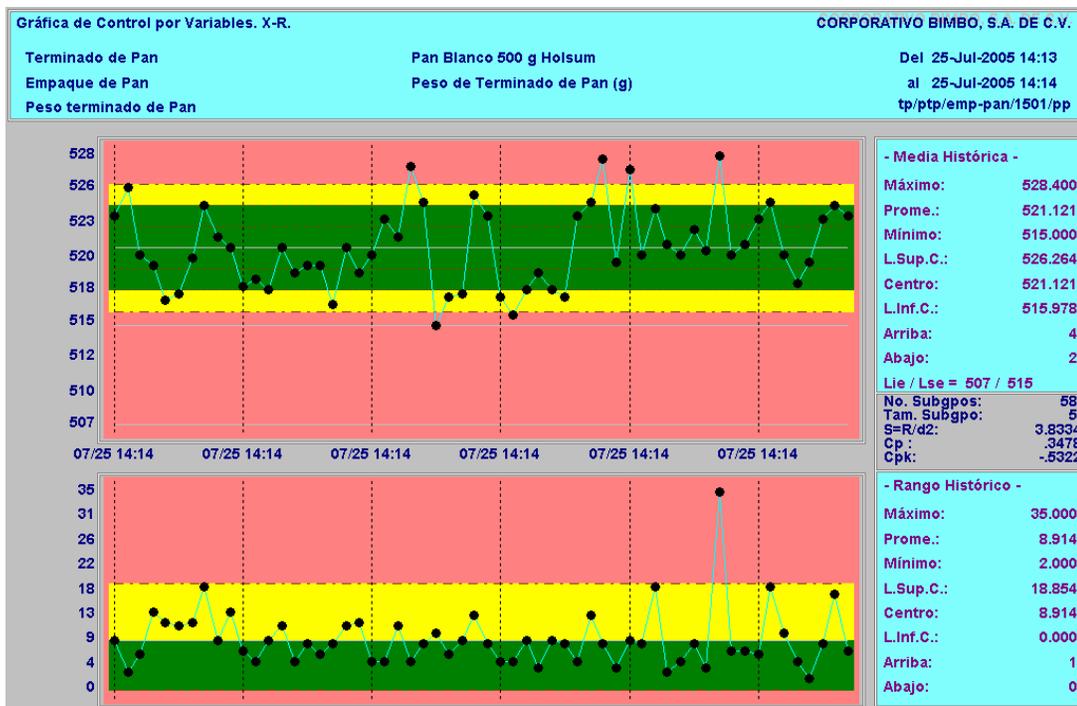
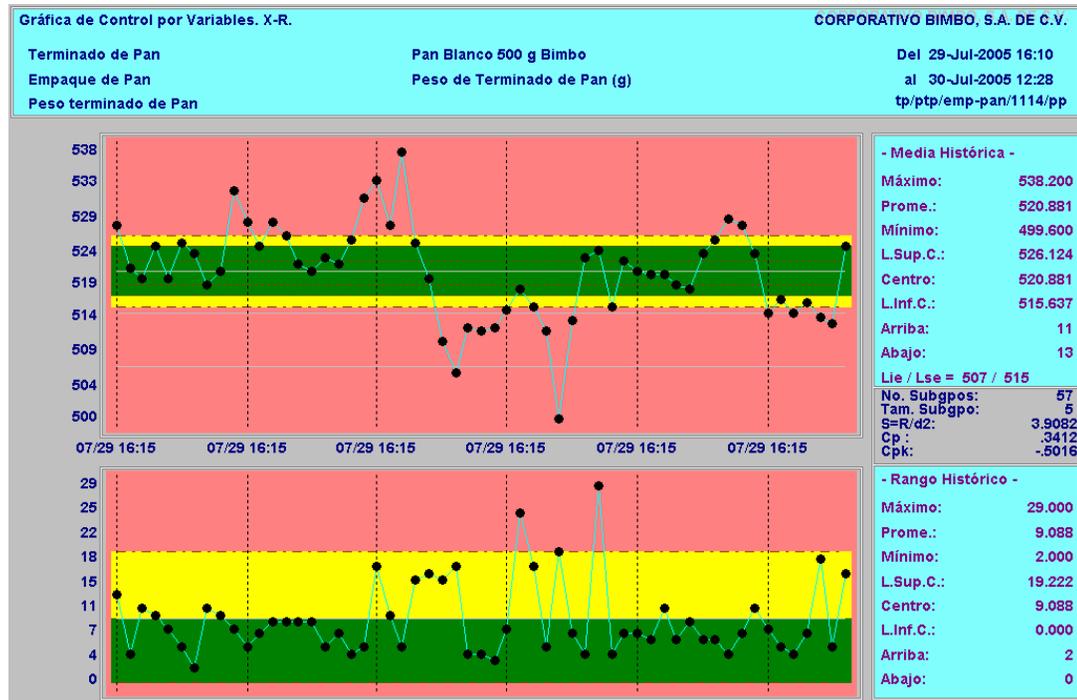


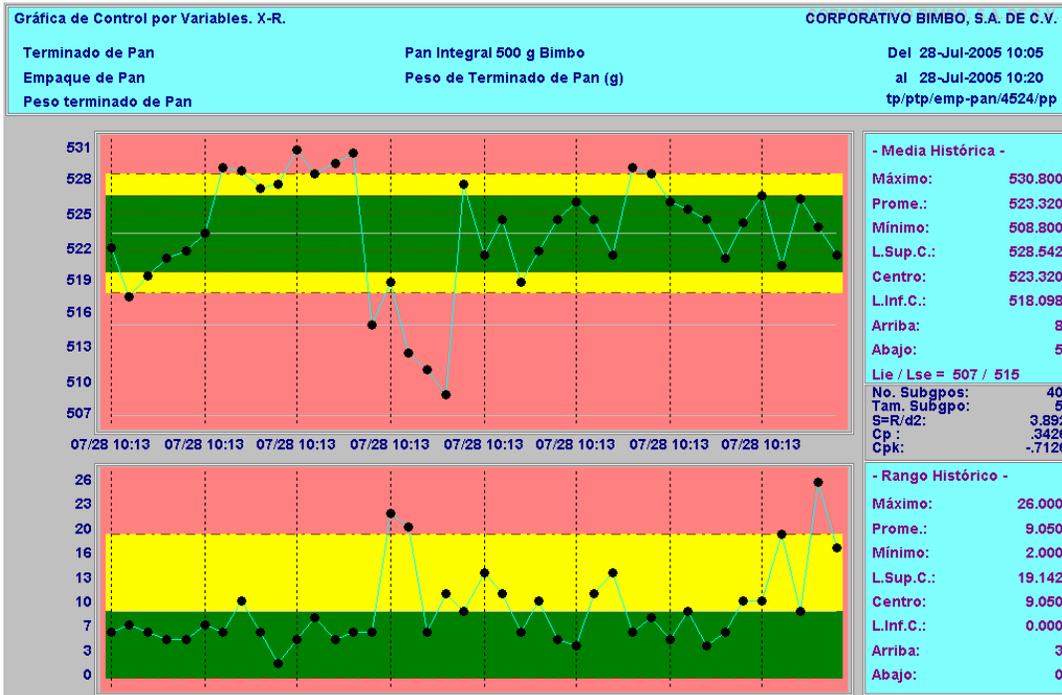
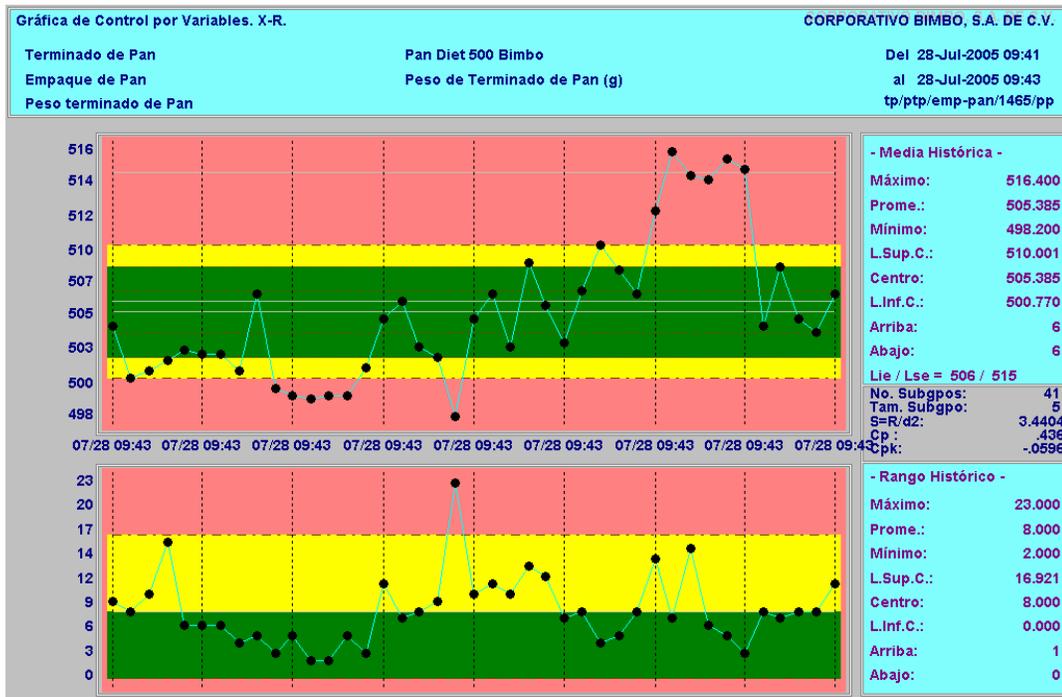
Anexo 8: Cartas de control de productos divididos sin perturbación

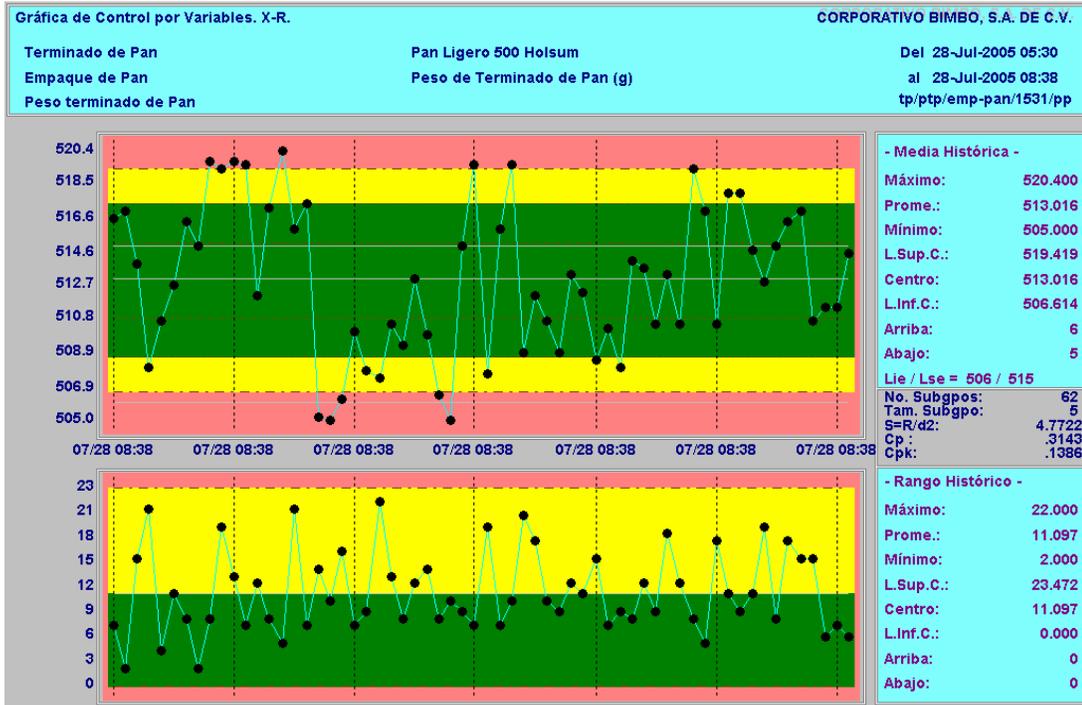
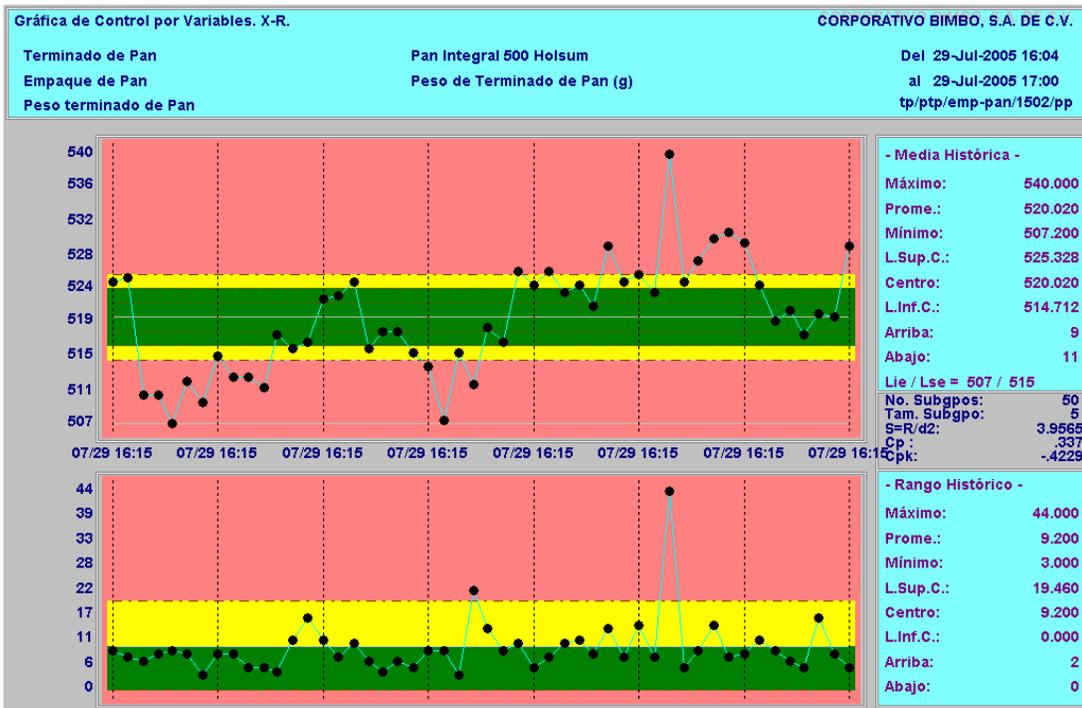




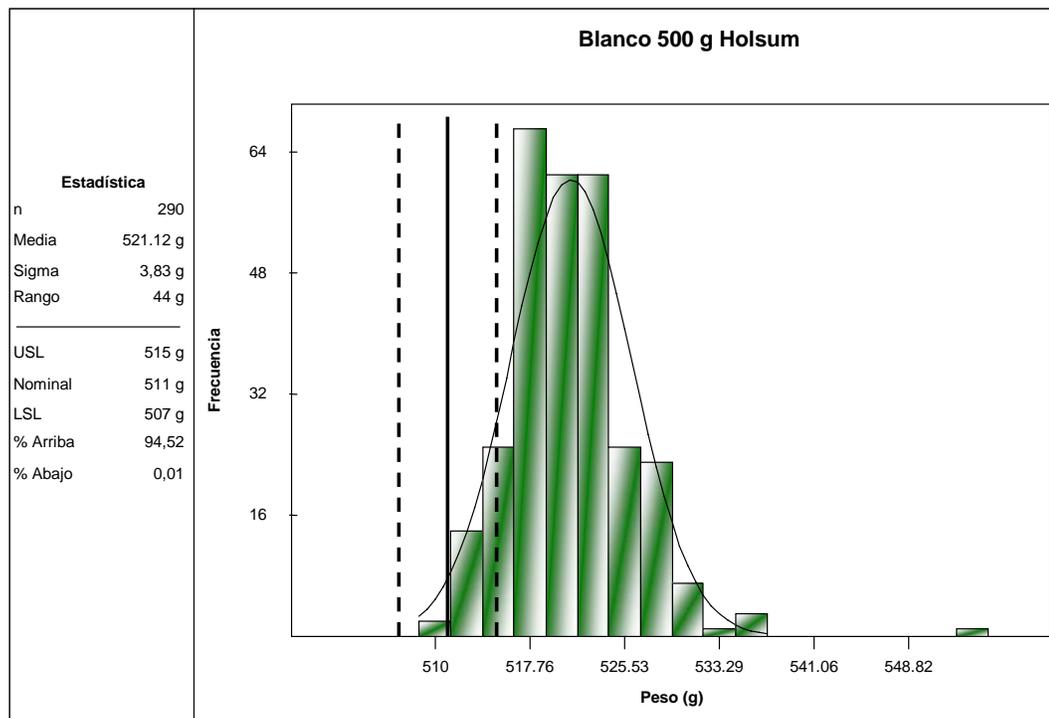
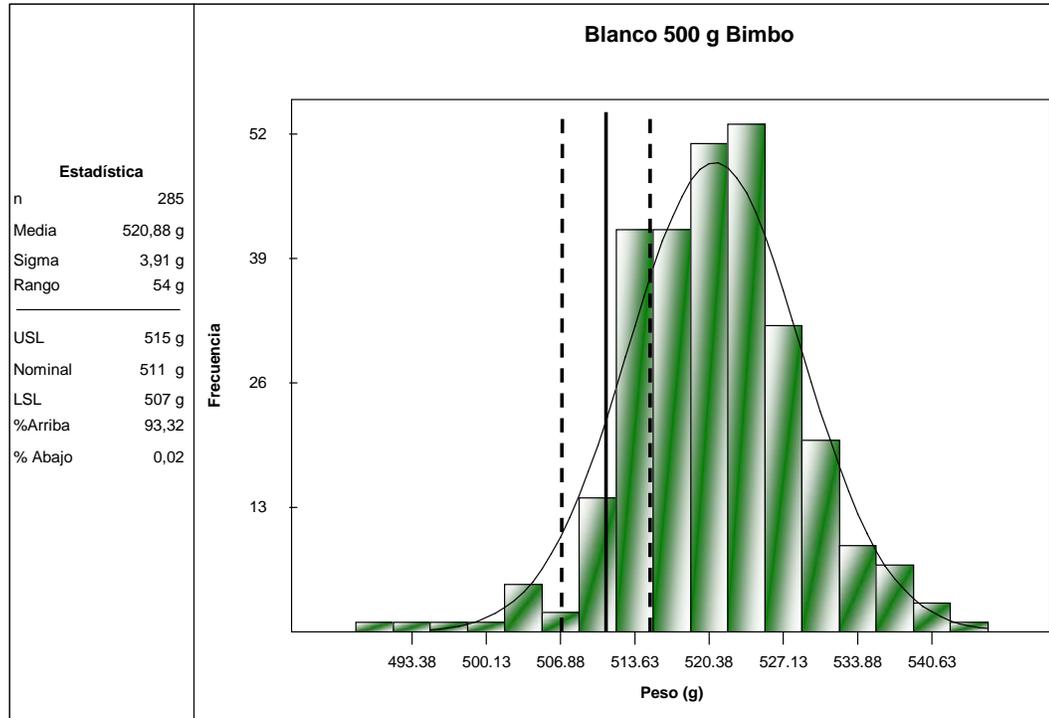
Anexo 9: Cartas de control de medias y rangos de los productos terminados de pan en la situación inicial

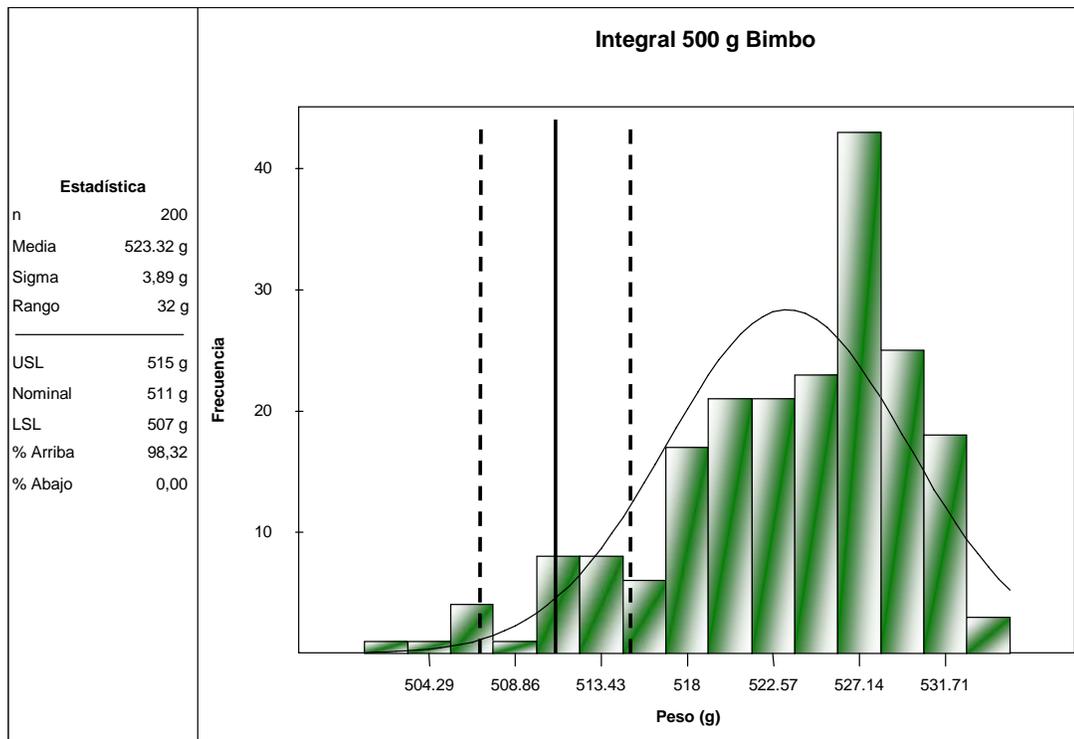
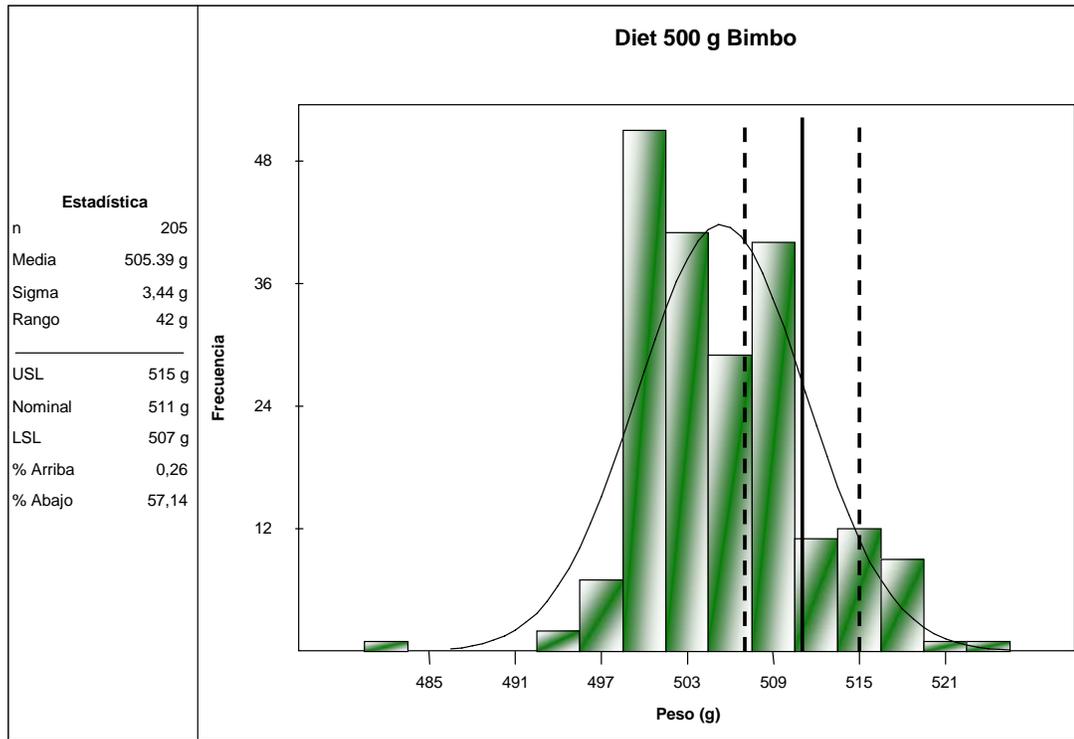


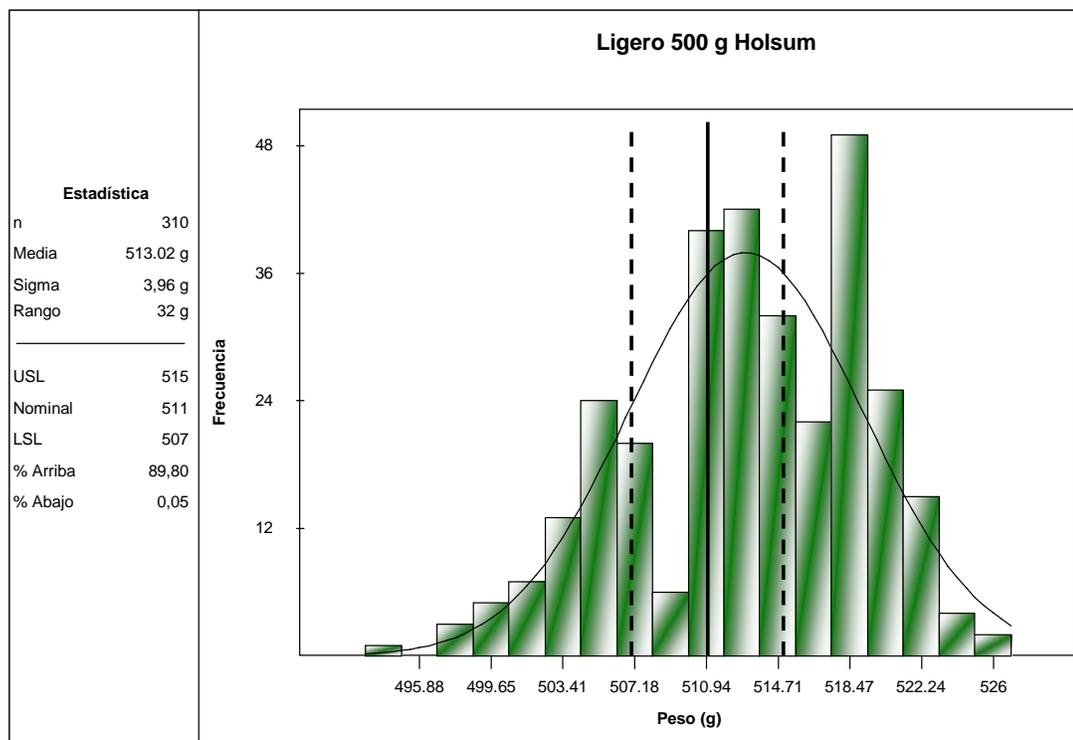
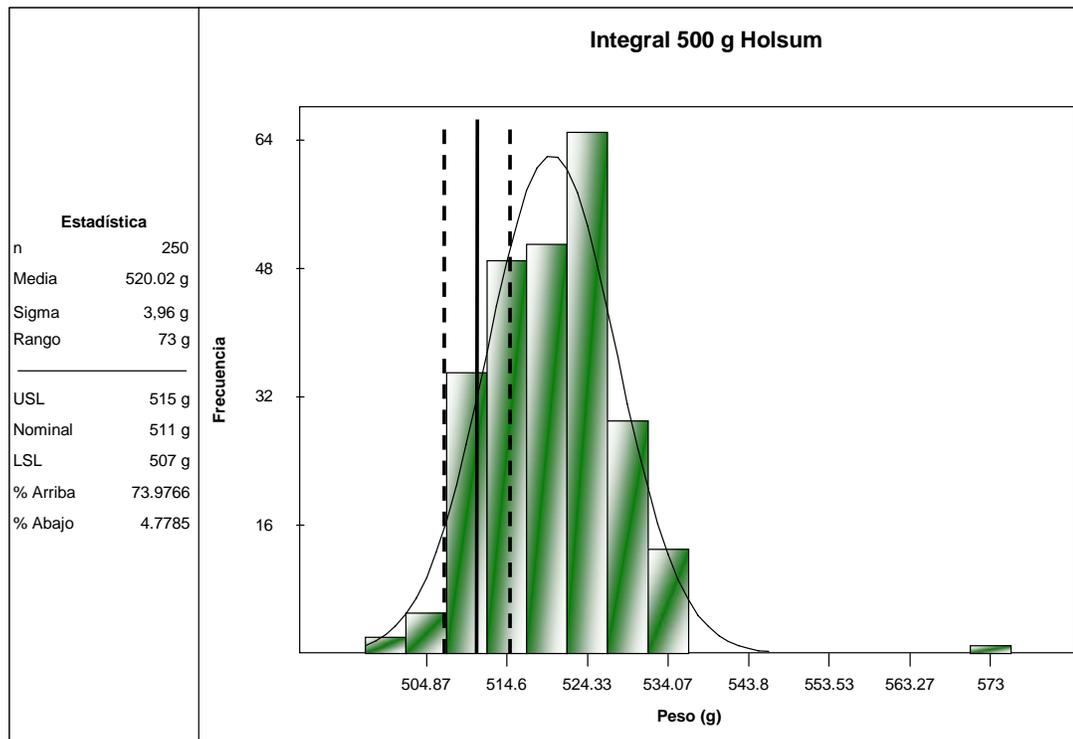




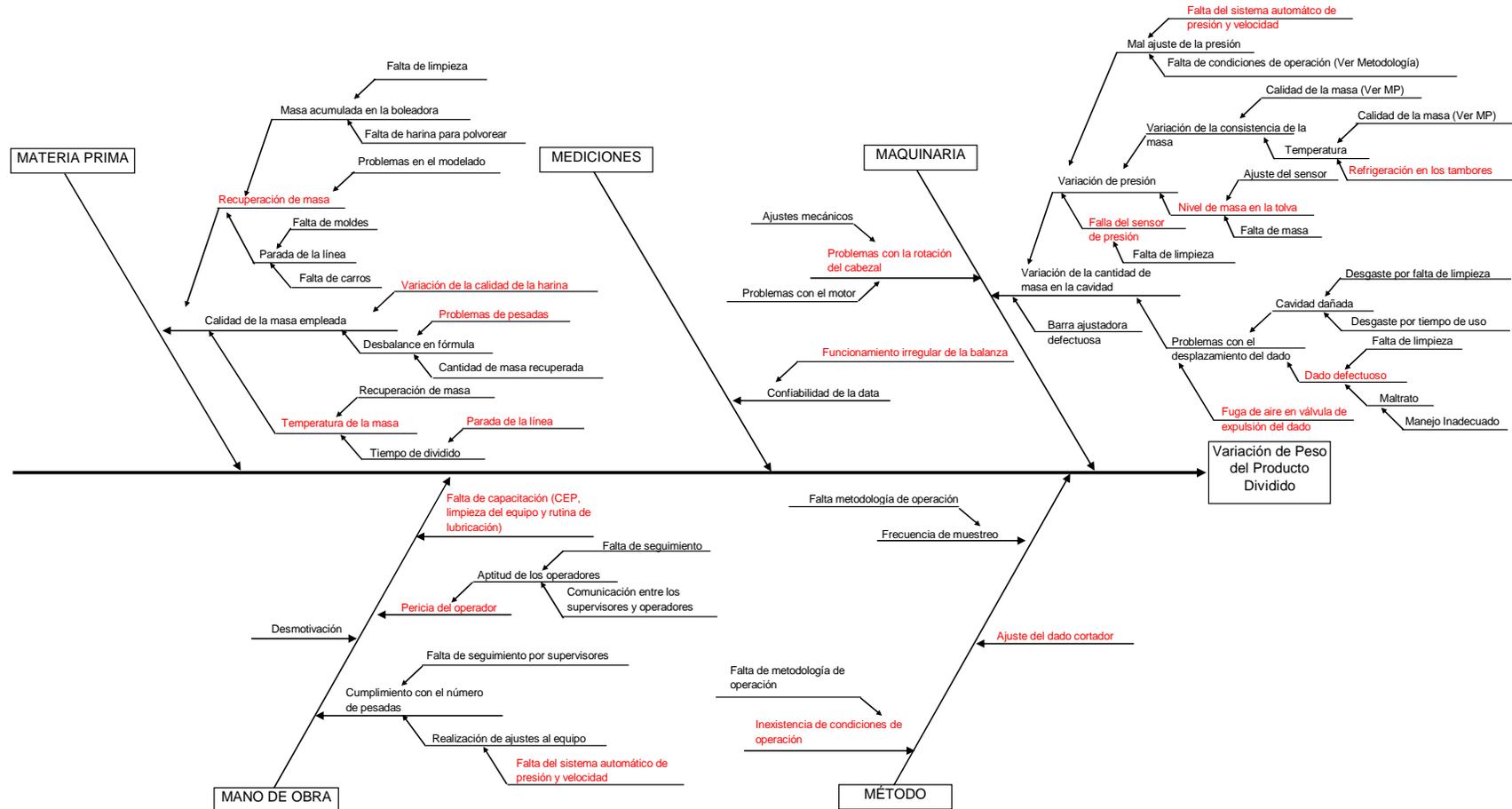
Anexo 10: Histogramas de frecuencias de los productos terminados de pan en la situación inicial







Anexo 11: Diagrama de Causa – Efecto de las causas de variación de peso del producto dividido a confirmar



Anexo 12: Formato para la confirmación de las causas de la variación de peso del producto dividido

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	NºA.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
1	Nivel de masa en la Tolva	Muestreo de producto dividido a distintos niveles	Yenia Ochoa / José Martínez	03/05/2005	El nivel de la tolva afecta la variación de peso del producto dividido. Un menor nivel (altura) de masa en la tolva genera una menor desviación estándar.	
2	Presión de trabajo inadecuada	Muestreo de producto dividido a distintas presiones	Yenia Ochoa / José Martínez	03/05/2005	La presión de trabajo en la divisora afecta la variación de peso en el producto dividido. Al ser la presión mayor la presión de operación menor es la desviación estándar, sin embargo se genera mayor fuga de masa.	
3	Temperatura de la masa	Muestreo de producto dividido con una masa más fría desde la esponja	Yenia Ochoa / José Martínez	04/05/2005	No afecta la desviación de los pesos en el producto dividido; sin embargo la consistencia de la masa al inicio mejora en comparación a una masa procesada a temperatura ordinaria.	
4	Recuperación de Masa	Muestreo de producto dividido sin masa de reproceso	Yenia Ochoa / José Martínez	09/05/2005	Al trabajar con masa recuperada obtenemos mayor desviación estándar en el peso del producto.	

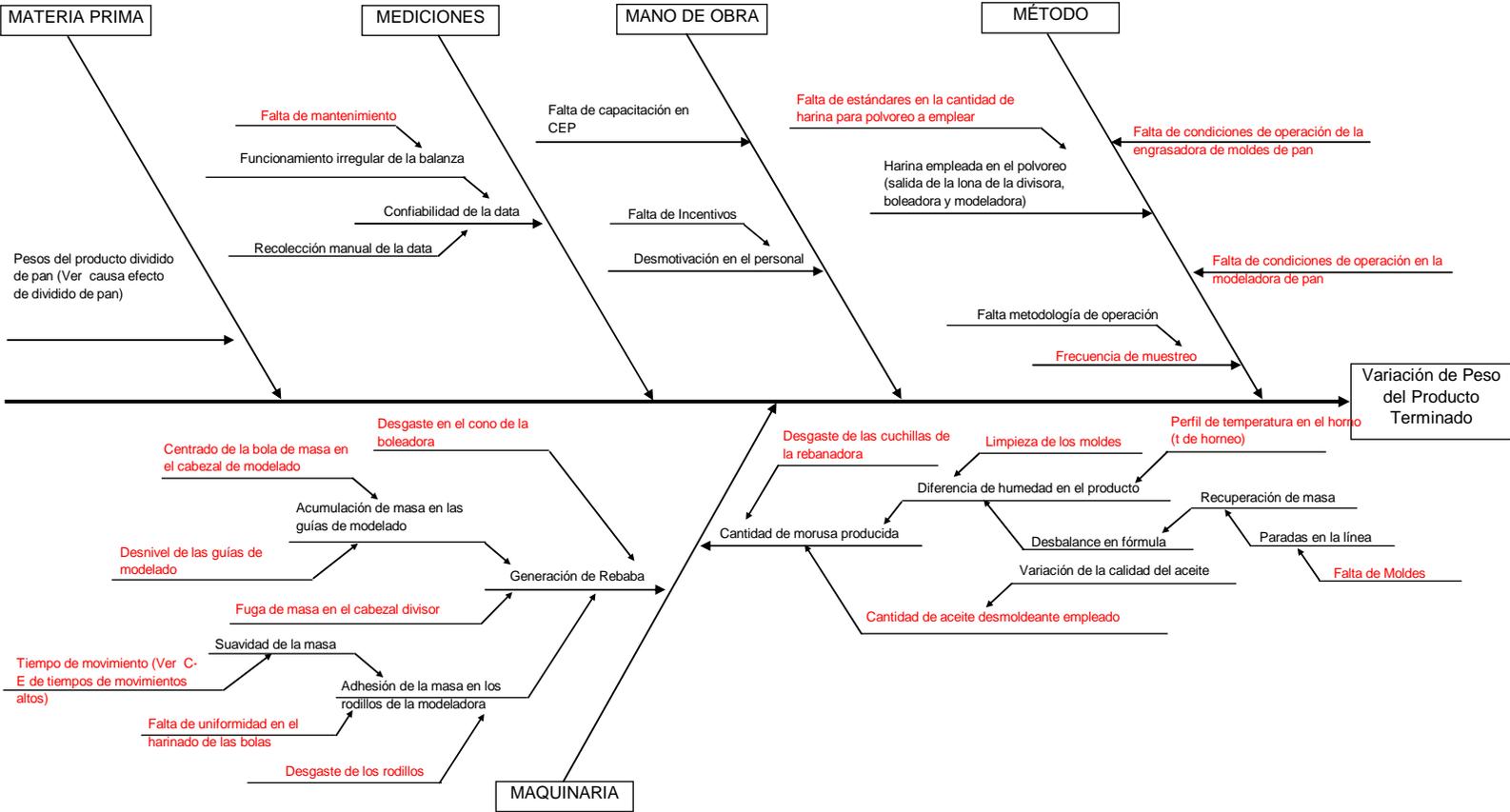
DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
5	Pericia del Operador	Comparación de los datos arrojados en el muestreo de los operadores	Yenia Ochoa	13/05/2005	La pericia del operador afecta la variación de peso. Cada operador ejerce un efecto distinto en la magnitud de la desviación estándar de los productos. El divisor más involucrado en el proyecto es quien menos contribuye con la desviación estándar de los distintos productos.	
6	Refrigeración en los tambores	Muestreo de producto con el sistema de refrigeración de los tambores habilitado	Yenia Ochoa	16/05/2005	Aquellas masas muestreadas con el sistema de refrigeración habilitado muestran una menor desviación estándar en el peso que cuando este sistema no se encuentra en funcionamiento.	
7	Paradas en la línea de pan	Comparación de muestreo con y sin parada	Yenia Ochoa	17/05/2005	Tanto la media como la desviación estándar del peso se afectan al realizar paradas, es decir, al haber paradas en la línea la desviación estándar es mayor y la media se encuentra más alejada de la especificación.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
8	Dado defectuoso	Muestreo con dado de uso cotidiano y con un dado nuevo, con la divisora operando a la mismas condiciones de presión y velocidad	Yenia Ochoa / José Martínez	30/05/2005	El dado empleado actualmente genera datos con mayor desviación estándar que uno nuevo, para un mismo producto; por lo que afecta la variación de peso en dividido	
9	Falta del sistema automático de presión y velocidad	Muestreo de producto operando la divisora en modo manual y en modo automático	Wilmer Hernández / José Martínez	24/05/2005	La falta del sistema automático afecta la variación de peso del producto dividido, ya que la desviación estándar de los pesos se reduce en al menos 5%; siendo notable la mejora de la media, ya que se encuentra más cercana al valor nominal especificado.	
10	Variación de la calidad de la harina	Comparación de las características de la harina empleada con la especificación	Yenia Ochoa	31/05/2005	Las características de la harina empleada, en su mayoría, se encuentran dentro de los estándares de especificación; por lo que la variación de su calidad no afecta el peso del producto dividido.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
11	Problemas de pesadas	Comparación de la pesadas hechas por tiendita con las especificaciones de producción	Yenia Ochoa	31/05/2005	Se encontraron desviaciones en las pesadas superiores al 5% (la mayor desviación se presenta en la azúcar y la manteca), por lo que estos problemas afectan la variación de peso de dividido; adicionalmente se encontró incongruencia en los códigos de las pesadas	
12	Problemas con la rotación del cabezal	Verificación del movimiento o rotación del cabezal	Samuel Quintero	29/05/2005	El cabezal no presenta problema alguna, el motor que genera su movimiento opera en optimas condiciones, además de estar instalado recientemente.	
13	Fuga de aire en válvula de expulsión del dado	Verificación de la expulsión del dado al abrir la válvula de expulsión	José Martínez	30/05/2005	Al abrir la válvula de expulsión del dado no se presenta fuga de aire, es decir, la válvula opera correctamente, por lo que no afecta el peso del producto.	
14	Barra ajustadora defectuosa	Comparación del estado de la barra con las especificaciones del manual	Wilmer Hernández / José Martínez	30/05/2005	La barra ajustadora de peso de la divisora no dispone de un componente (retén)	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
15	Falla del sensor de presión	Esta causa no fue confirmada de manera individual, ya que va en conjunto con la falta del sistema automático de presión y velocidad				
16	Ajuste del dado cortador	Comprobación de la existencia de un instructivo que indique la posición (dientes) en que se deben colocar las caras del dado	Wilmer Hernández	31/05/2005	No existen ningún instructivo que indique como se deben posicionar las caras del dado cortador, al momento de desear un peso específico	
17	Funcionamiento irregular de la balanza	Revisión de la metodología de mantenimiento y calibración de las balanzas. Comparándola a su vez con la metodología R&R.	Samuel Quintero	22/07/2005	Las balanzas son chequeadas por metrología semanalmente (repetitibilidad) y mensualmente (calibración), además de ser la metodología empleada semejante a la R&R; razón por la cual esta causa queda descartada como fuente de variación de peso en el producto dividido de pan.	
16	Falta de Capacitación en rutina de lubricación	Revisar la rutina de lubricación, en ella debe constar como se realiza la lubricación de la chumacera de los rodillos, cabezal del dado y cadena.	Samuel Quintero	22/07/2005	El instructivo de lubricación indica claramente las piezas de la divisora que se deben lubricar, y es bien conocido por todos los mecánicos.	

Anexo 13: Diagrama de Causa – Efecto de las causas de variación de peso del producto terminado a confirmar



Anexo 14: Formato para la confirmación de las causas de la variación de peso del producto terminado

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenia Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
1	Desgaste de los rodillos de la modeladora	Verificación visual de los rodillos y raspas de la modeladora. Medir el efecto de la modeladora en el peso del producto.	Omar Díaz / Yenia Ochoa	20/08/2005	En los rodillos y raspas de la modeladora se observa acumulación de masa (rebaba). Además de que todo el conjunto modeladora afecta el peso del producto terminado, ya que en promedio se le adiciona al producto modelado 3.7 g, en relación al peso del boleado.	
2	Falta de uniformidad en el harinado de las bolas	Observar si la harina surtida por los harinadores cubre toda la superficie de las bolas de masa.	Wilmer Hernández / Yenia Ochoa	24/08/2005	La falta de uniformidad en el harinado de las bolas de masa genera rebaba a lo largo del proceso de modelado de la línea de pan, por lo que contribuye con la variación de peso del producto terminado.	
3	Fuga de masa en el cabezal divisor	Verificación visual.	Yenia Ochoa / José Martínez	30/08/2005	La fuga de masa presente en el cabezal divisor afecta la variación de peso del producto terminado de pan.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	Nº A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
4	Tiempo de Movimiento ¹	Medición de los tiempos de mezcla para los distintos productos de la línea de pan.	Wilmer Hernández	30/08/2005	No se están cumpliendo los tiempos de movimientos establecidos según las condiciones de operación de la planta, es decir, en un estudio de tiempos de movimiento se obtuvo como resultado que para los diversos productos de la línea de pan el tiempo de carga y descarga supera los 15 minutos, lo cual genera variación en la consistencia de la masa y por lo tanto se ve afectado el peso del producto terminado.	
5	Desnivel en las guías de modelado	Verificación Visual	Omar Díaz	27/08/2005	Las guías de modelado presentan un desnivel o juego con respecto a la tabla de modelado, ya que las mismas solo tienen dos soportes; por lo que queda confirmada esta causa como una de las causas de variación de peso de producto terminado de pan.	

¹ Constituye una idea contramedida en las causas de variación de peso del producto dividido de pan

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
6	Centrado de la bola de masa en el cabezal del modelado	Verificación visual de la masa acumulada en las guías debido al descentrado de las bolas de masa	Yenia Ochoa / José Martínez /	02/09/2005	El descentrado de las bolas de masa en el cabezal de modelado genera acumulación de masa (rebaba) en la guía de modelado, por lo que es una causa de la variación de peso en producto terminado.	
7	Desgaste del cono de la boleadora	Verificación Visual, y a través de la medición de la cantidad de rebaba que se genera en el boleado para un instante de tiempo y de la diferencia entre los pesos del producto dividido y del producto boleado.	Yenia Ochoa / José Martínez / Edward Ramírez	26/08/2005	El desgaste en el cono de la boleadora produce variación de peso del producto terminado de pan, ya que en este equipo se genera una rebaba (de por lo menos 3.6 kg) por masa), además que al comparar los pesos entre el producto dividido y el boleado, tanto para productos blancos como para integrales, estos difieren al menos 1.10 g.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenia Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
8	Desgaste de las hojillas de la rebanadora	Comparación entre la cantidad de morusa producida empleando en la rebanadora de pan hojillas nuevas y hojillas viejas.	Omar Díaz / Yenia Ochoa	02/09/2005	La cantidad de morusa generada al emplear hojillas nuevas y viejas difiere significativamente en los productos blancos (al menos 1.6 g por pan), por lo que el emplear hojillas nuevas y viejas en las rebanadoras afecta la variación de peso del producto terminado de pan.	
9	Limpieza de los moldes	Comparación entre los pesos de productos horneados en moldes nuevos y en moldes viejos	Wilmer Hernández / Yenia Ochoa / Edward Ramírez	02/09/2005	El emplear moldes limpios y sucios (con cochambre) genera variación de peso en el producto terminado de pan, ya que el porcentaje de humedad que se pierde en estos moldes es diferente, es decir, en moldes limpios el producto pierde 12.68% de humedad, mientras que en sucios solo pierde el 11.56% (la diferencia es de aproximadamente 8 g entre moldes limpios y sucios).	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
10	Perfil de temperatura en el horno	Determinar las pérdidas de humedad en el producto Bco 650 Bimbo, en distintos días de producción y corridas de un mismo turno, considerando la temperatura de las cuatro zonas del horno y el tiempo total de horneo.	Yenia Ochoa/ José Martínez / Edward Ramírez / Angel Ruiz	09/09/2005	Los diferentes perfiles de temperatura en el horno generan variaciones en el producto terminado de pan, ya que los mismos no coinciden con lo indicado en las condiciones de operación del horno de pan y el porcentaje de humedad pérdida difiere en 2% entre las muestras.	
11	Paradas por falta de moldes	Contabilizar las paradas en la línea debidas a la falta de moldes y realizar un estudio en conjunto con el equipo de bajas sobre las razones de las distintas paradas en la línea de pan.	Wilmer Hernández / Yenia Ochoa	13/09/2005	Las paradas por falta de moldes constituyen el 4.20% de las horas de la jornada laboral; sin embargo para considerar estas paradas como relevantes es necesario realizar un estudio del resto de las causas de las paradas, por lo que este punto será cerrado una vez establecidas las causas de paradas en la línea de pan, con el equipo del proyecto de bajas de pan.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
12	Calidad del aceite desmoldeante empleado	Comparar la cantidad de aceite empleado, tanto dubor como panoleo, y comparar con lo especificado en las fórmulas.	Yenia Ochoa	09/09/2005	La calidad del aceite desmoldeante empleado afecta la variación del peso del producto terminado, ya que las cantidades empleadas del aceite dubor y panoleo difieren, para los distintos tipos de moldes, en al menos 70%, y esta cantidad a su vez supera lo especificado en las fórmulas de los productos de la línea de pan.	
13	Falta de mantenimiento de las balanzas	Verificar en los registros de metrología la periodicidad de los mantenimientos realizados a la balanza en el área de empaque de pan, y el estado de la misma	Samuel Quintero	02/09/2005	La balanza ubicada en el área de producto terminado se encuentra operando en óptimas condiciones, prueba de esto son los registros de metrología, por lo que el funcionamiento de la misma no afecta el peso del producto terminado.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenia Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
14	Falta de estándares en la cantidad de harina empleada para el polvoreo	Revisar en las fórmulas de pan la cantidad a emplear de harina para el polvoreo y medir la cantidad de harina, en línea, empleada para tal fin, con el objeto de establecer una comparación entre la harina empleada y la especificada.	Wilmer Hernández / Yenia Ochoa / Edward Ramírez	09/09/2005	Existe una marcada diferencia (al menos 20%), entre la harina empleada para el polvoreo del producto, en la formula, en la que se aplica y en la que se adhiere al producto; por lo que existe una variación de peso en el producto terminado por la cantidad de harina empleada en el polvoreo.	
15	Falta de condiciones de operación de la engrasadora de moldes de pan	Buscar en la documentación de la empresa (Achivier Plus) un documento que indique las condiciones de operación de la engrasadora de moldes de pan.	Yenia Ochoa	02/09/2005	En el achivier están cargadas las condiciones de operación engrasadora de moldes, más es necesario realizar la actualización de las mismas. Por lo que se generará un PCD solicitando dicha actualización.	
16	Falta de condiciones de operación de las modeladoras	Buscar en la documentación de la empresa (Achivier Plus) un documento que indique las condiciones de operación de las modeladoras de pan.	Yenia Ochoa	02/09/2005	En el Achivier están cargadas las condiciones de operación de las modeladoras 1 y 2 de confección de pan. Por lo que se generará un PCD solicitando dicha actualización.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenia Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
17	Falta de metodología de operación (Frecuencia de muestreo)	Comparar la data (mismo tamaño de muestra) con frecuencias de muestreo distintas (2 y 5 minutos), para determinar el error incurrido al emplear una frecuencia u otra.	Yenia Ochoa / Edward Ramírez	09/09/2005	La frecuencia de muestreo afecta los resultados obtenidos con respecto a su confiabilidad, es decir, la frecuencia con que se toma la muestra, empleando el mismo tamaño de subgrupo, incide sobre los resultados reportados (media, desviación estándar y límites de control); por lo que es posible tener resultados errados con respecto a la variación del proceso. Por esta razón se afirma que la frecuencia de muestreo afecta la variación del peso de los productos en el área de empaque.	

Anexo 15: Formato para la confirmación de las causas de tiempos de movimiento altos

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández José Guerrero	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Samuel Quintero, Yenia Ochoa, José Martínez, José Guerrero, Anis Nunziata	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
1	Falta de pesadas de tiendita en el área de confección	Verificar aleatoriamente que se encuentren las pesadas en el área, antes de iniciar a confeccionar el producto correspondiente.	Yenia Ochoa	23/09/2005	En el área de confección la falta de las bolsas de prepesado es una cusa de los tiempos de movimientos. Especialmente en los productos Diet 500 Bimbo, Bco 650 Bimbo y Bco 500 Bimbo.	
2	Incumplimiento del instructivo de mezcla	Revisar si el instructivo expone el tiempo de carga y descarga de los ingredientes y las actividades que debe realizar en masero, antes, durante y después que carga la masa. Observar si las actividades que realiza el masero corresponden a las especificadas en el instructivo.	Equipo CEP y Bajas Pan	14/09/2005	En el instructivo de operación del masero pan (HI-PRO-PAN-033, publicado en el 2004) no se hace referencia a los estándares de operación, lo único que indica es una secuencia de pasos, los cuales son cumplidos por los distintos maseros.	

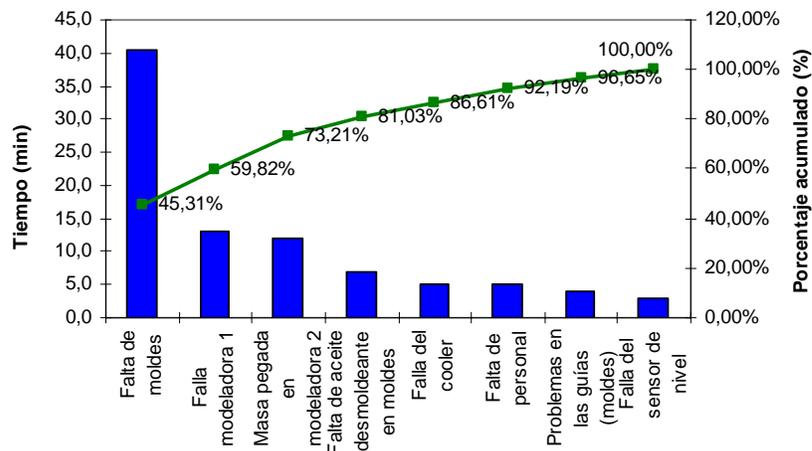
DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández José Guerrero	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Samuel Quintero, Yenia Ochoa, José Martínez, José Guerrero, Anis Nunziata	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
3	Falta de condiciones de operación o estándares	Buscar en el Achivier Plus las condiciones de operación de la mezcladora de masa y ratificar si se encuentran actualizadas	Yenia Ochoa	23/09/2005	Las condiciones de operación expuestas en el Achivier Plus (CO-PRO-PAN-001) fueron publicadas en julio del 2004, por lo que las mismas se encuentran desactualizadas. Además no existe documento alguno que indique el orden en que se deben mezclar los ingredientes, tanto mayores como menores, y el tiempo máximo que deben invertir el masero y su ayudante en cargarlos a la mezcladora.	
4	Desbalance en fórmula operacional de masas	Verificación en la línea de que las cantidades mezcladas por el masero corresponde a las especificadas en la fórmula operacional cargada en el Achivier Plus	Yenia Ochoa	23/09/2005	Existe un desbalance en la fórmula operacional de masa, sobre todo en esponja, por lo que esta causa queda como confirmada como causa que afecta los tiempos de movimientos en la línea de pan.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández José Guerrero	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Samuel Quintero, Yenia Ochoa, José Martínez, José Guerrero, Anis Nunziata	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
5	Desbalance en fórmula operacional de esponja	Verificación en el área de esponjas líquidas de que las cantidades mezcladas por el esponjero corresponde a las especificadas en la fórmula operacional cargada en el Achivier Plus.	Anais Nunziata	17/10/2005	No existe desbalance en la fórmula operacional de esponja, ya que las cantidades mezcladas por los esponjeros (sal, harina, agua, APL y levadura) solo presentan una desviación del 0.3 % con respecto a lo indicado en la fórmula operacional; sin embargo esta fórmula debe ser actualizada en el Achivier.	
6	Tiempos de mezcla (lentos y rápidos) altos	Medir el tiempo que tarda en mezclarse distintos productos de la línea	Yenia Ochoa	17/10/2005	Los tiempos de mezcla (lentos y rápidos), en la mayoría de los productos superan el valor especificado como condición de operación, por lo que esta causa afecta el tiempo de mezcla de los productos de la línea de pan.	
7	Funcionamiento irregular de la celda de carga	Revisar en los formatos de metrología que se esté cumplimiento con el mantenimiento respectivo.	Samuel Quintero	17/10/2005	Las celdas de cargas de las tres tolvas del área fueron cambiadas a principio de año y calibradas cada fin de semana.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández José Guerrero	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Samuel Quintero, Yenia Ochoa, José Martínez, José Guerrero, Anis Nunziata	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
8	Funcionamiento irregular de balanza	Revisar en los formatos de metrología que se esté cumplimiento con el mantenimiento respectivo.	Samuel Quintero	17/10/2005	Las celdas de cargas de las tres tolvas del área fueron cambiadas a principio de año y calibradas cada fin de semana.	
9	Variación en los tiempos de fermentación de las esponjas líquidas	Medición aleatoria de los tiempos de fermentación de las esponjas líquidas de pan.	Anais Nunziata	17/10/2005	Los tiempos de fermentación de la esponja no afectan los tiempos de mezcla en el área de confección de pan, ya que tiempo programado por el esponjero coincide con el establecido por producción (3 horas).	
10	Incumplimiento de la velocidad de corte establecida en las condiciones de operación de la divisora de pan	Verificación en la línea del cumplimiento de las condiciones de operación de la divisora de pan, con respecto a la velocidad de corte	Equipo CEP y Bajas Pan	14/09/2005	En la divisora no se encuentra instalada ningún medio (panel view) en correcto funcionamiento que le indique a los divisores que el ritmo fijado en la divisora es el correcto según las condiciones de operación.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández José Guerrero	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Samuel Quintero, Yenia Ochoa, José Martínez, José Guerrero, Anis Nunziata	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
11	Recuperación de masa	Medir el tiempo que se tarda el colaborador en colocar la masa recuperada en la mezcladora, es decir, determinar el tiempo que se atrasa la mezcla del producto por colocar la masa de recuperación y determinar cuantas piezas en dividido se dejan de confeccionar en dicho tiempo.	Yenia Ochoa	17/10/2005	La recuperación de la masa no incrementa los tiempos de movimientos en la mezcladora de pan. Adicionalmente, la cantidad de productos que se recuperan en comparación con el tiempo empleado por el personal colaborador en recuperar la masa (piezas que se dejan de confeccionar) se ve compensada.	
12	Paradas en la línea de pan	Contabilizar las causa de paradas en la línea de pan, determinar el tiempo de duración de las misma y como repercuten en la producción.	Equipo CEP y Bajas Pan	17/10/2005	Las paradas en la línea de pan incrementan los tiempo de dividido en al menos 2.9 minutos, siendo las de mayor impacto las debidas a falta de moldes, fallas en modeladora N°1 y masa pegada en modeladora N°2.	

Anexo 16: Diagrama de Pareto de las causas de las paradas en la línea de pan



Anexo 17: Condiciones de operación del horno de pan

 BIMBO DE VENEZUELA C.A. PLANTA GUARENAS						
LINEA: PAN	CLAVE: CO-PRO-PAN-005			DERIVADO DEL: MA-PRO-001		
TITULO: CONDICION DE OPERACION HORNO PAN						
PERFIL DE HORNEO "TEMPERATURA EN °C Y TIEMPO EN Min."						
PRODUCTOS	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	TIEMPO	MOLDES / PARRILA
BLANCO 500 HOLSUM	200 +/- 5	220 +/- 5	220 +/- 5	210 +/- 5	18 +/- 1	11
BLANCO BIMBO 500	200 +/- 5	210 +/- 5	210 +/- 5	200 +/- 5	18 +/- 1	11
BLANCO BIMBO 650	200 +/- 5	215 +/- 5	220 +/- 5	200 +/- 5	18 +/- 1	8
BLANCO 700 HOLSUM	200 +/- 5	210 +/- 5	215 +/- 5	200 +/- 5	18 +/- 1	8
INTEGRAL 500 HOLSUM	200 +/- 5	220 +/- 5	220 +/- 5	200 +/- 5	18 +/- 1	11
INTEGRAL 650 BIMBO	200 +/- 5	210 +/- 5	210 +/- 5	200 +/- 5	18 +/- 1	9
LIGERO	200 +/- 5	220 +/- 5	220 +/- 5	200 +/- 5	19 +/- 1	12
DIETA	200 +/- 5	235 +/- 5	235 +/- 5	200 +/- 5	19 +/- 1	12
BIMBO MANTEQUILLA	200 +/- 5	210 +/- 5	210 +/- 5	200 +/- 5	18 +/- 1	11
MANTEQUILLA HOLSUM	200 +/- 5	210 +/- 5	210 +/- 5	200 +/- 5	18 +/- 1	11
INTEGRAL BIMBO 500	200 +/- 5	230 +/- 5	230 +/- 5	200 +/- 5	18 +/- 1	11
TEMPERATURA DEL PRODUCTO AL SALIR DEL HORNO 94 °C +/- 2						
ELABORO: ORANGEL URBINA.		APROBO: JOEL PASTOR			VIGENTE A PARTIR: 01/07/04	

Anexo 18: Formato para la implementación de acciones contramedidas a las causas de variación de peso del producto de pan dividido

(a) Acciones contramedidas cuantificables

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA CONFIRMADA	IDEA DE CONTRAMEDIDA	¿QUIEN IMPLANTA?	PERIODO DE IMPLANATACION	RESULTADOS OBTENIDOS	
1	Falta del sistema automático de presión y velocidad	Adquirir el sistema automático de presión y velocidad de la línea de pan.	Samuel Quintero	26/05/2005 al 15/08/2005	La instalación del PLC que rige el sistema automático de presión y velocidad de la divisora de pan fue instalado la semana 30, lográndose una disminución de la desviación estándar del 28.30%, es decir, se produjo una reducción de la variabilidad del proceso de ± 14.13 g a ± 10.13 g.	
2	Falta de condiciones de operación (Presión de trabajo inadecuada)	Establecer las condiciones de operación (presión) para los distintos productos de la línea, comparando los dos turnos de confección.	Wilmer Hernández / Yenía Ochoa	27/07/2005 al 16/08/2005	A partir de la semana 35 los divisores están operando la divisora de pan bajo las mismas condiciones de presión y velocidad. La presión fue establecida en 30 psi, para todos los productos, manteniéndose los ritmos de corte; lo cual produjo una reducción de las desviación estándar del 3.14%.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA CONFIRMADA	IDEA DE CONTRAMEDIDA	¿QUIEN IMPLANTA?	PERIODO DE IMPLANATACION	RESULTADOS OBTENIDOS	
3	Falta de refrigeración de los tambores	1.- Habilitar el sistema de refrigeración de los tambores. 2.-Establecer la temperatura de trabajo del agua que genere la menor condensación 3.- Habilitar el sistema de drenaje en las bandejas, colocadas en la parte inferior de la divisora para mantener las condiciones higiénicas de la zona.	Samuel Quintero	13/07/2005 al 02/08/2005	La habilitación del sistema de refrigeración de los tambores de la divisora de pan la semana 29, generó una disminución de 6.57% de la desviación estándar del peso del producto dividido de pan. Adicionalmente fue establecida la temperatura que debería alcanzar el agua del sistema de refrigeración (10 °C en la mañana y 8°C en la tarde) la cual genera la menor condensación y permite mantener la temperatura de la masa dividida en el rango óptimo (26 – 27°C)	
4	Dado cortador defectuoso (limpieza y manejo)	1.- Capacitar al personal en la limpieza del equipo. 2.- Cambio del dado cortador	Wilmer Hernández con apoyo del Dpto. de Sanidad	29/07/2005 al 16/08/2005	El cambio del dado cortador, realizado la semana 41, generó un impacto del 4.67% sobre la disminución de la variación de los pesos en dividido de la línea de pan.	

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenia Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA CONFIRMADA	IDEA DE CONTRAMEDIDA	¿QUIEN IMPLANTA?	PERIODO DE IMPLANATAACION	RESULTADOS OBTENIDOS	
5	Falta de masa – Nivel de masa en la tolva	Realizar un estudio de tiempo de movimiento; midiendo tiempo de mezcla y de descarga de la mezcladora; u en caso de notar desviación con el tiempo establecido elaborar un análisis de causa de este problema (tiempos de movimientos altos).	Wilmer Hernández	17/08/2005 al 30/08/2005	Los tiempos de movimiento en la mezcladora de pan superan los 15 min establecidos. Este hecho es debido a las paradas en la línea, tiempos de mezclas altos e inclusive al desbalance en fórmula operacional de masa y a la falta de pesadas de ingredientes menores en el área de confección.	
6	Paradas en la línea	Establecer la cantidad de masa dividida a rechazar, es decir, enviada a reprocesar después de realizadas paradas en la divisora de pan, que generan la menor desviación en el peso del producto dividido.	Yenia Ochoa / José Martínez	22/08/2005 al 02/09/2005	La cantidad mínima de piezas divididas de masa a reprocesar, cada vez que se pare la divisora, es de 12 piezas ya que esta es la cantidad que genera la menor diferencia de los pesos del producto dividido.	

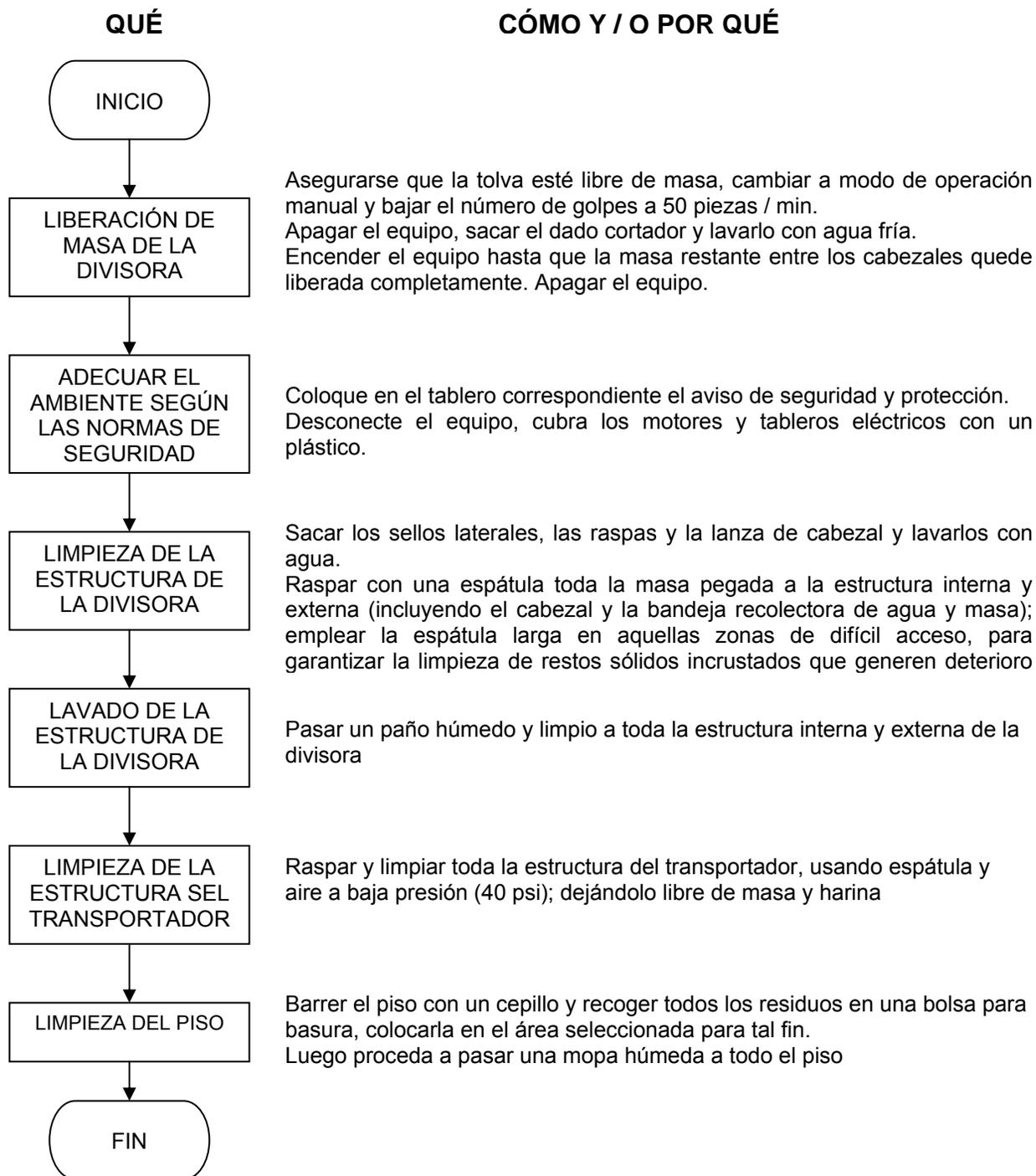
(b) Acciones contramedidas cualitativas

DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA CONFIRMADA	IDEA DE CONTRAMEDIDA		¿QUIEN IMPLANTA?	PERIODO DE IMPLANATACION	
1	Ajuste del dado cortador	Rotular los dientes del dado cortador, con el nombre de los productos de la línea.		Samuel Quintero	03/08/2005 al 18/08/2005	
2	Recuperación de masa	1.- Proseguir con la revisión y publicación del procedimiento de recuperación de masa, cargado al Achivier Plus. 2.- Capacitar al personal de la planta, según las bases del procedimiento de recuperación de masa, en la forma correcta de recuperar la masa (cantidad y reformulación).		Wilmer Hernández	08/08//2005 al 12/08/2005	
3	Ajuste del sensor de nivel –Nivel de masa en la tolva	Colocar el sensor en una corredera para que el operador fije el sensor según el producto que confeccione.		Samuel Quintero	01/07/2005 al 12/07/2005	
4	Barra ajustadora de peso defectuosa	Colocación de la pieza faltante (retén)		Samuel Quintero	14/06/2005 al 01/07/2005	

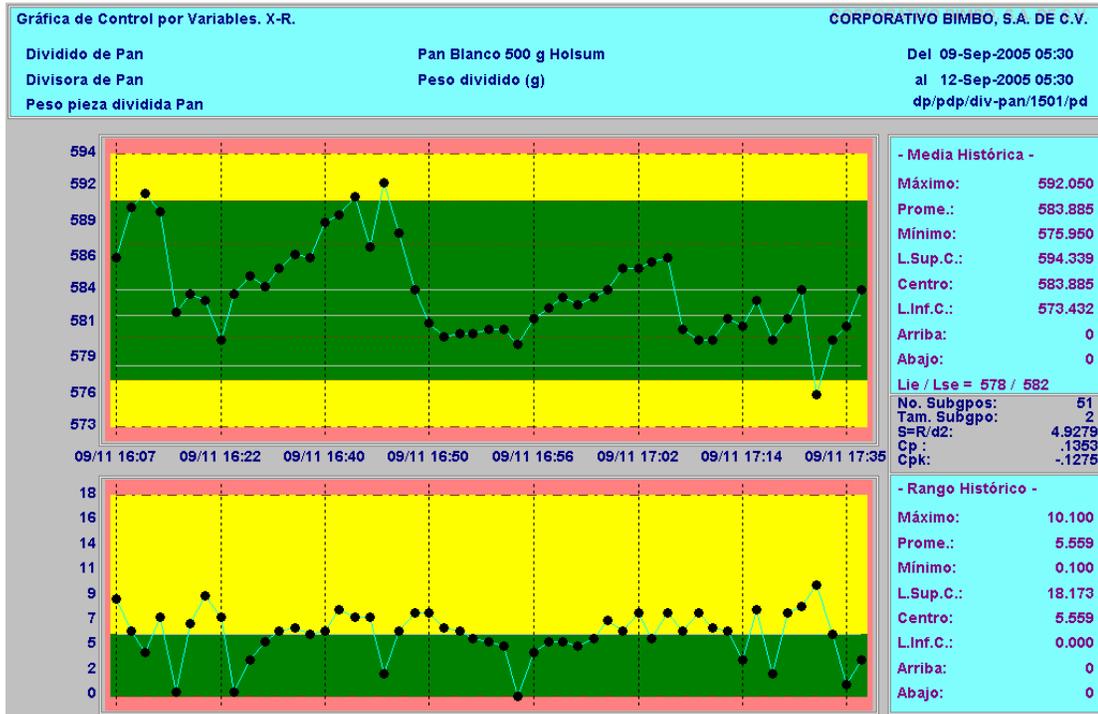
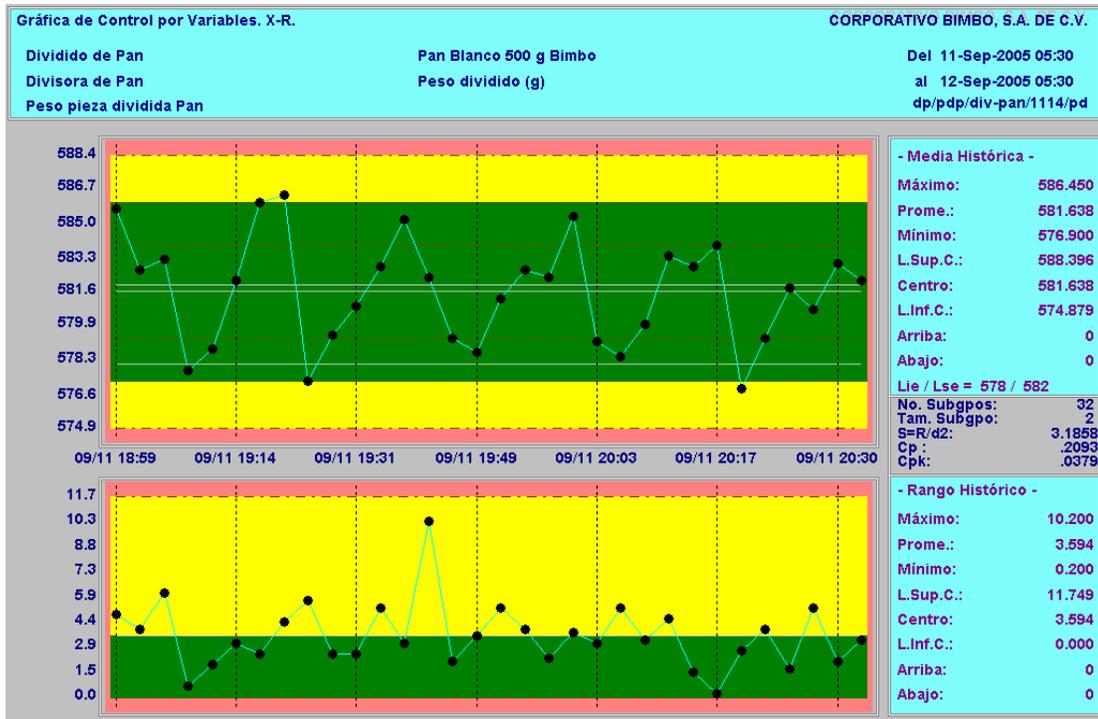
DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenia Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA CONFIRMADA	IDEA DE CONTRAMEDIDA		¿QUIEN IMPLANTA?	PERIODO DE IMPLANATACION	
5	Pericia del Operador	Establecer las condiciones de operación (presión y velocidad de corte) de la divisora de pan.		Wilmer Hernández / Yenia Ochoa	29/07/2005 al 15/08/2005	
6	Falta de seguimiento por los supervisores	Capacitar a los supervisores de la línea y al personal de aseguramiento de la calidad en el manejo del Future SQC. Elaborar un manual sobre cómo realizar la de transferencia de la data del terminal de captura a la PC.		Yenia Ochoa	16/08/2005 al 03/09/2005	
7	Desmotivación del personal	Generar un plan o programa de capacitación destinado al personal colaborador.		Wilmer Hernandez	19/08/2005 al 16/09/2005	
8	Falta de Capacitación en CEP	Capacitar al personal de la línea (divisores, maestros de línea y descanseros) en los conceptos básicos de CEP		Wilmer Hernández	15/07/2005 al 05/08/2005	
9	Falta de Capacitación en limpieza del equipo	Capacitar al personal colaborador en limpieza del equipo y actualizar instructivo de limpieza operacional.		Wilmer Hernández con apoyo del Dpto de Sanidad	29/07/2005 al 16/08/2005	

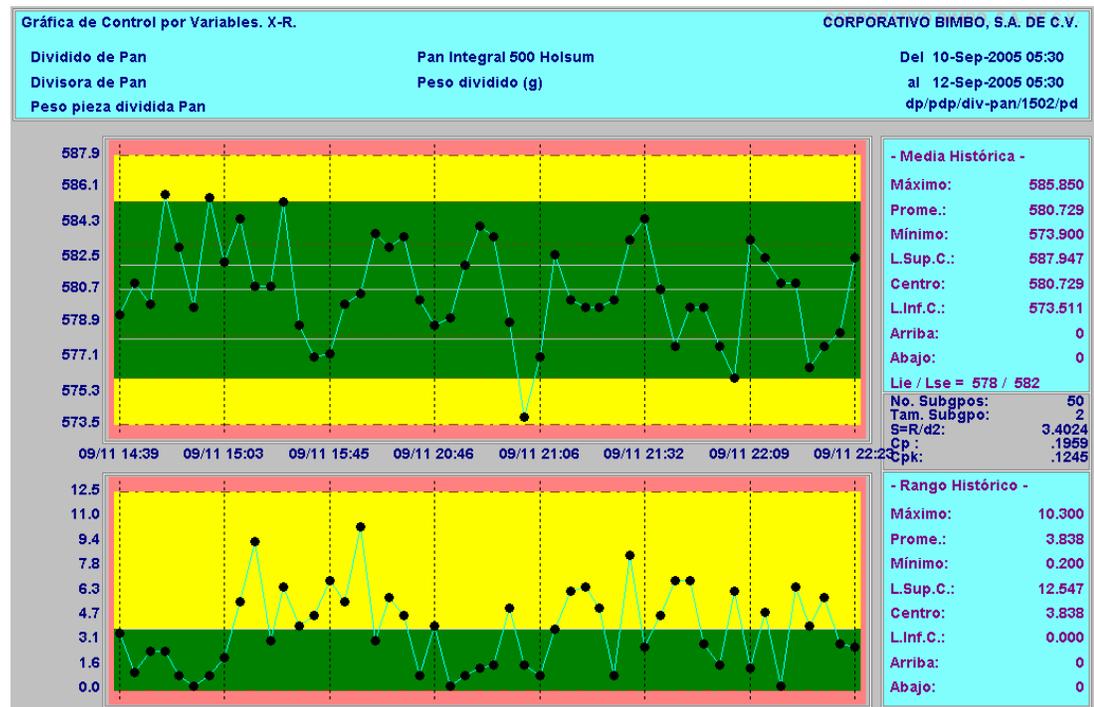
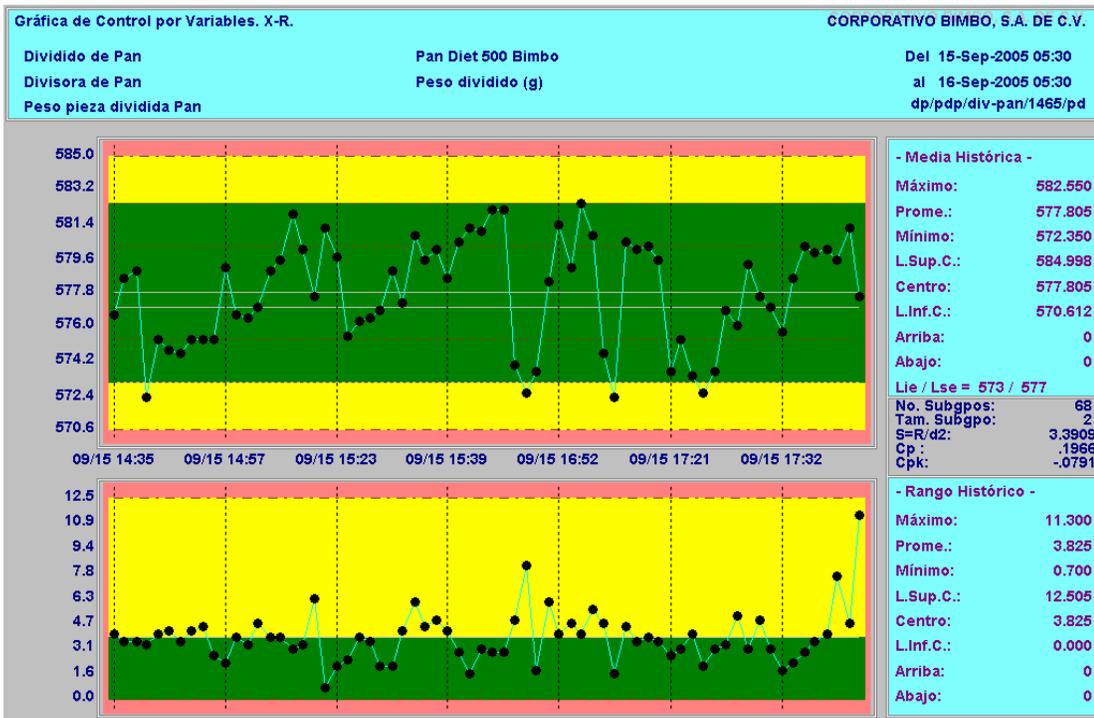
DEPARTAMENTO Calidad Total		AREA Producción	RESPONSABLE Wilmer Hernández	EQUIPO DE TRABAJO Wilmer Hernández, Miguel Oviedo, Samuel Quintero, Yenía Ochoa, José Martínez	FECHA	N°A.C ó A.P
No	CAUSA CONFIRMADA	IDEA DE CONTRAMEDIDA		¿QUIEN IMPLANTA?	PERIODO DE IMPLANATACION	
16	Falta de metodología de muestreo	Capacitar a los divisores y descanseros en la forma de realizar el muestreo (pesadas), es decir, indicarles la mínima cantidad de pesadas a realizar por masa y la frecuencia de las mismas.		Wilmer Hernández	15/07/2005 al 05/08/2005	
17	Desbalance en formula	1.- Capacitar al personal de tiendita en el manejo de materiales y fusión de ingredientes 2.- Reactivar el sistema de robótica		Wilmer Hernández Jesús Olivares / Luis Pimentel	16/08/2005 al 30/08/2005	

Anexo 19: Instructivo de limpieza operacional de la divisora de pan



Anexo 20: Cartas de control sin puntos fuera de los límites de control para productos divididos





Anexo 21: Cálculo de los parámetros de la carta de medias y rangos para el producto Blanco 650 g Bimbo en dividido de pan

- ◆ Promedio de los promedios de los subgrupos (ver ecuación 11)

$$\bar{X} = \frac{(737.65 + 740.20 + 737.25 + 737.10 + 739.00 + 733.90 + 731.85 + 736.25 + 735.10 + 733.65 + 738.95 + 738.65 + 741.60 + 737.10 + 736.50 + 736.85 + 738.35 + 740.30 + 740.60 + 733.55 + 735.90 + 737.60 + 739.05 + 738.55 + 742.00 + 740.40 + 735.50 + 731.00 + 733.10 + 741.10 + 737.16)g}{30} = 737.29g$$

- ◆ Promedio de los rangos de los subgrupos (ver ecuación 12)

$$\bar{R} = \frac{(2.90 + 2.80 + 2.70 + 4.20 + 3.00 + 5.00 + 4.30 + 2.70 + 5.80 + 4.60 + 3.40 + 0.30 + 4.50 + 6.80 + 0.40 + 6.10 + 4.40 + 4.40 + 4.10 + 4.90 + 4.60 + 6.00 + 1.40 + 1.60 + 5.40 + 0.40 + 4.08)g}{30} = 3.95g$$

- ◆ Límite de control superior de la gráfica de promedios (ver ecuación 13)

$$LSC_{\bar{x}} = 737.29g + 1.88 * 3.95g = 744.72g$$

- ◆ Límite de control inferior de la gráfica de promedios (ver ecuación 14)

$$LIC_{\bar{x}} = 737.29g - 1.88 * 3.95g = 729.85g$$

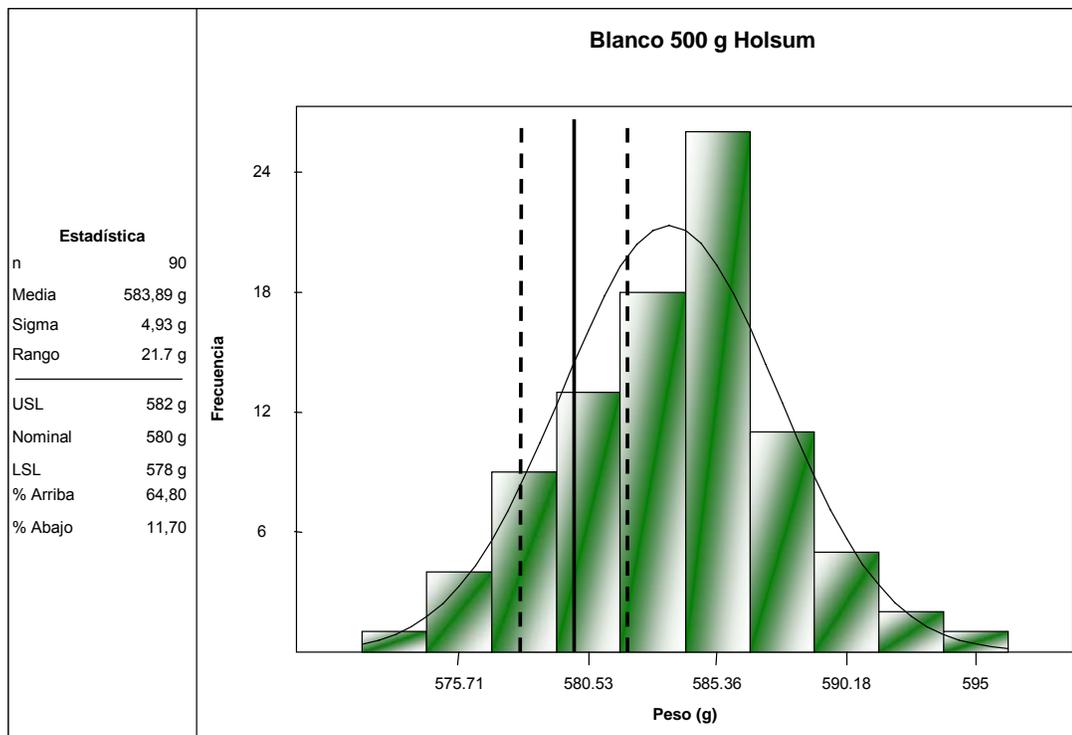
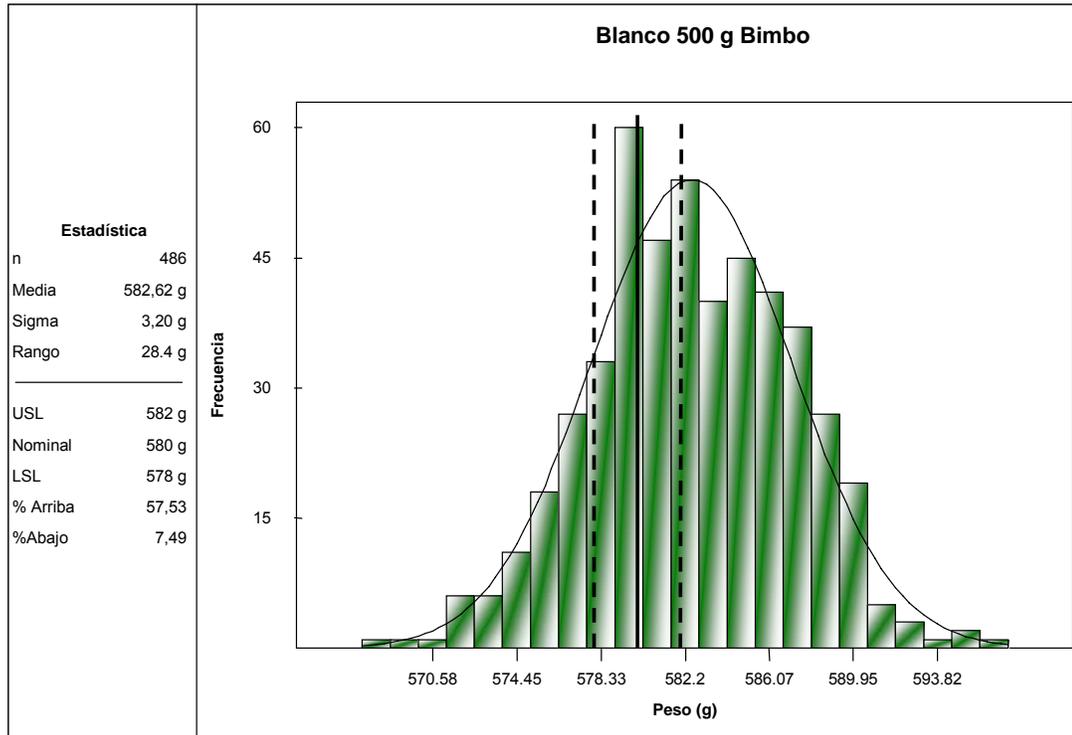
- ◆ Límite de control superior de la gráfica de rangos (ver ecuación 15)

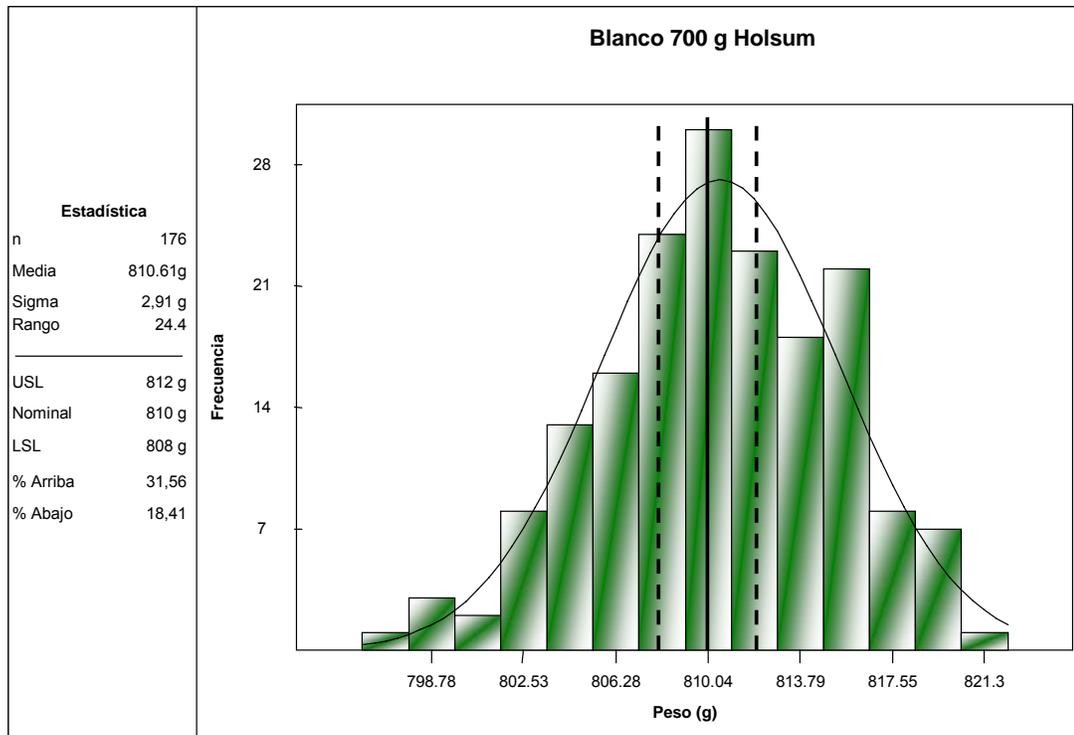
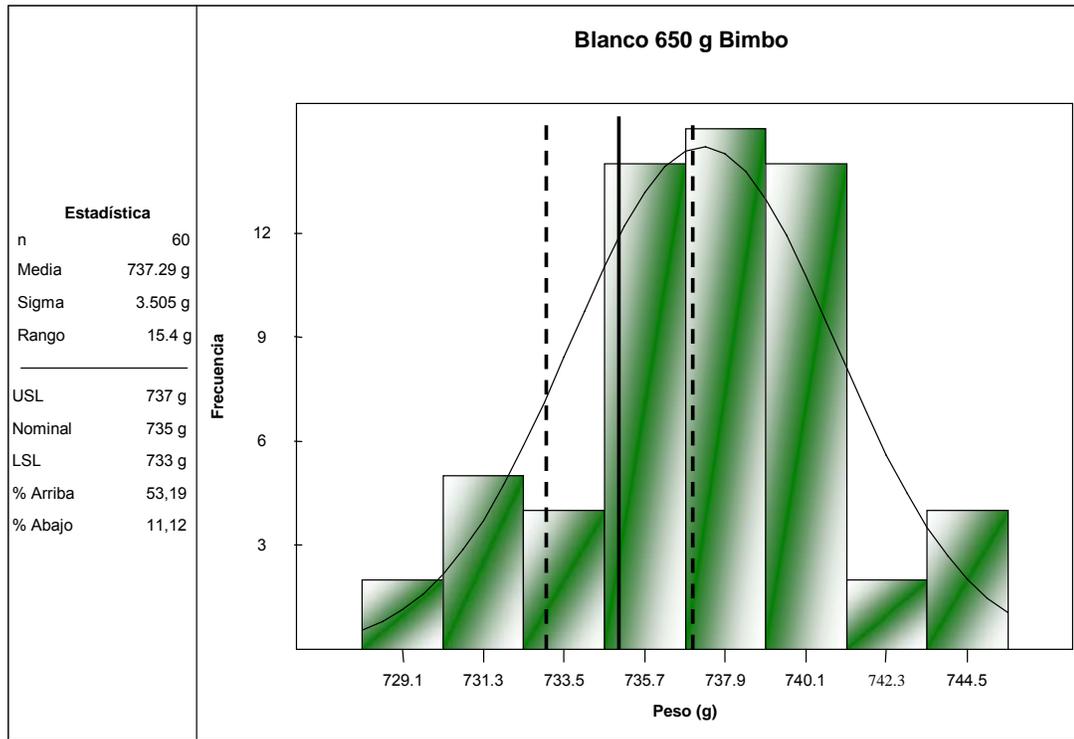
$$LSC_{\bar{R}} = 3.27 * 3.95g = 12.93g$$

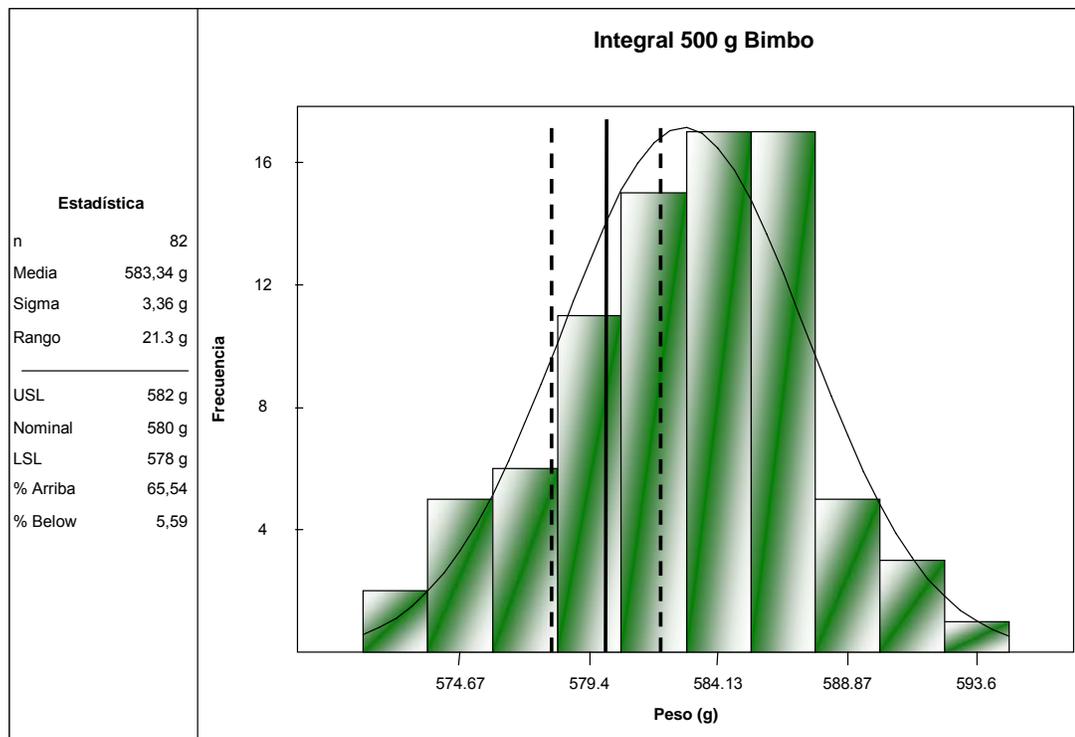
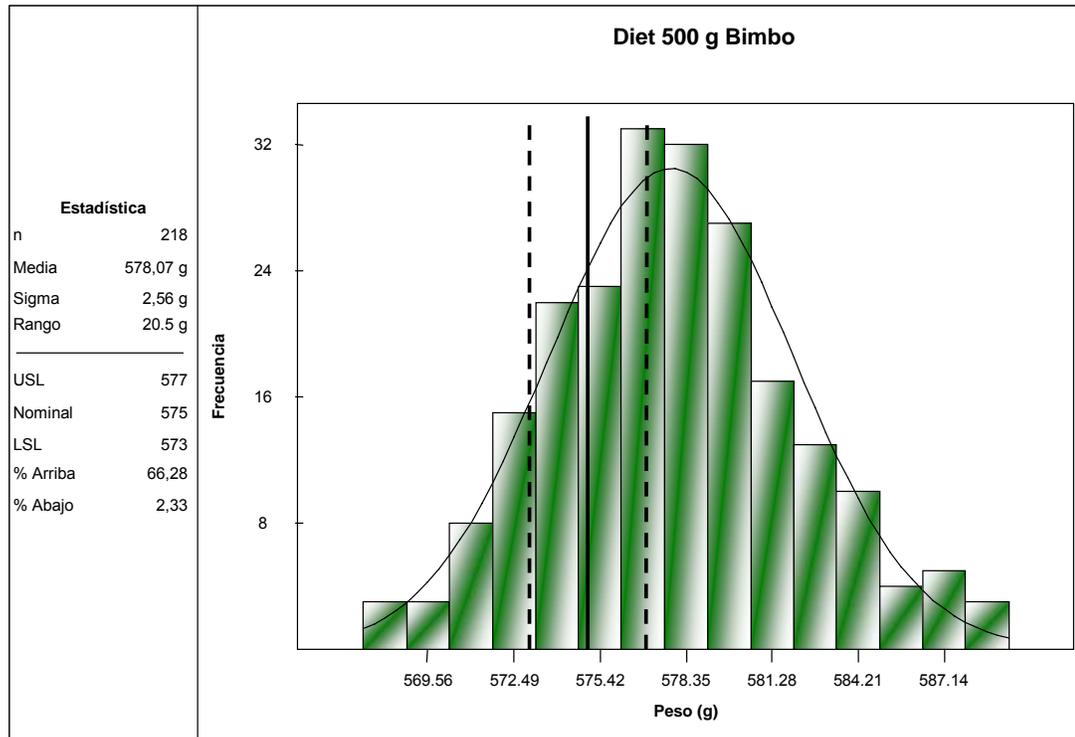
- ◆ Límite de control inferior de la gráfica de rangos (ver ecuación 16)

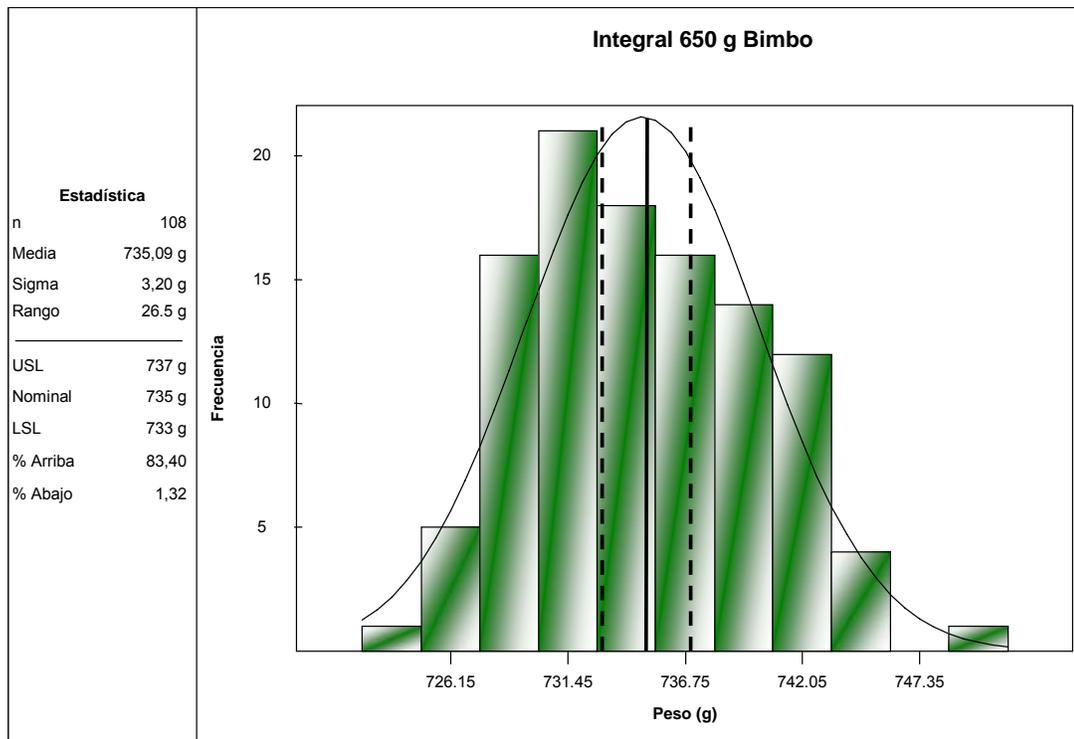
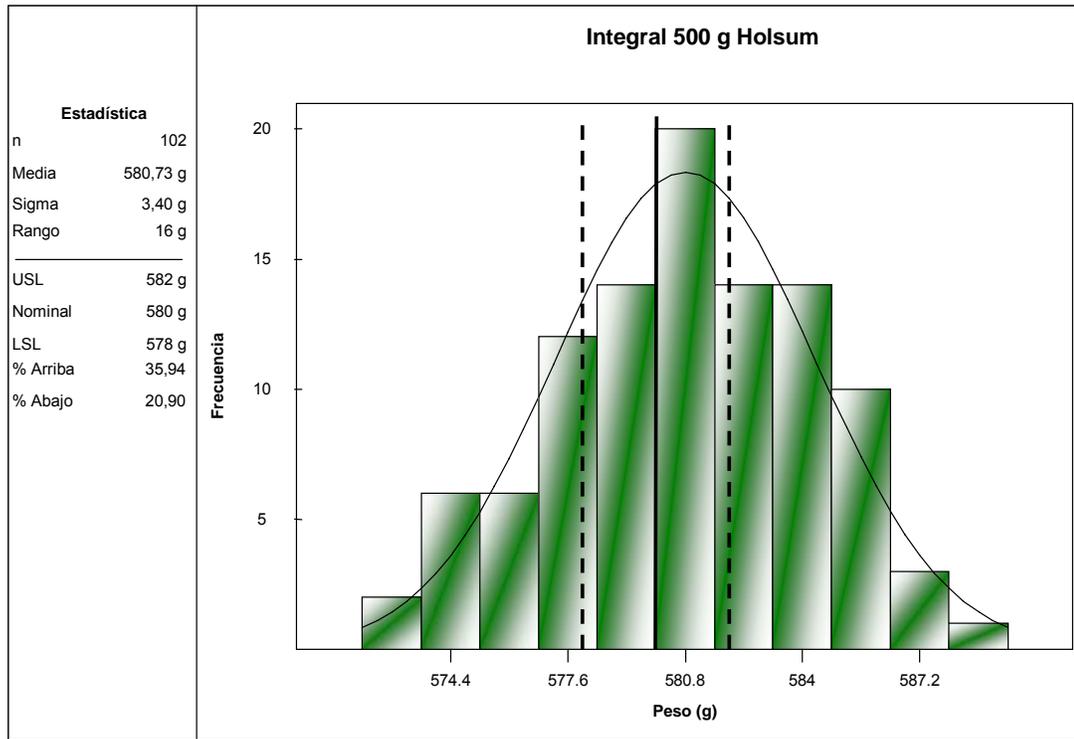
$$LIC_{\bar{R}} = 0 * 3.95g = 0g$$

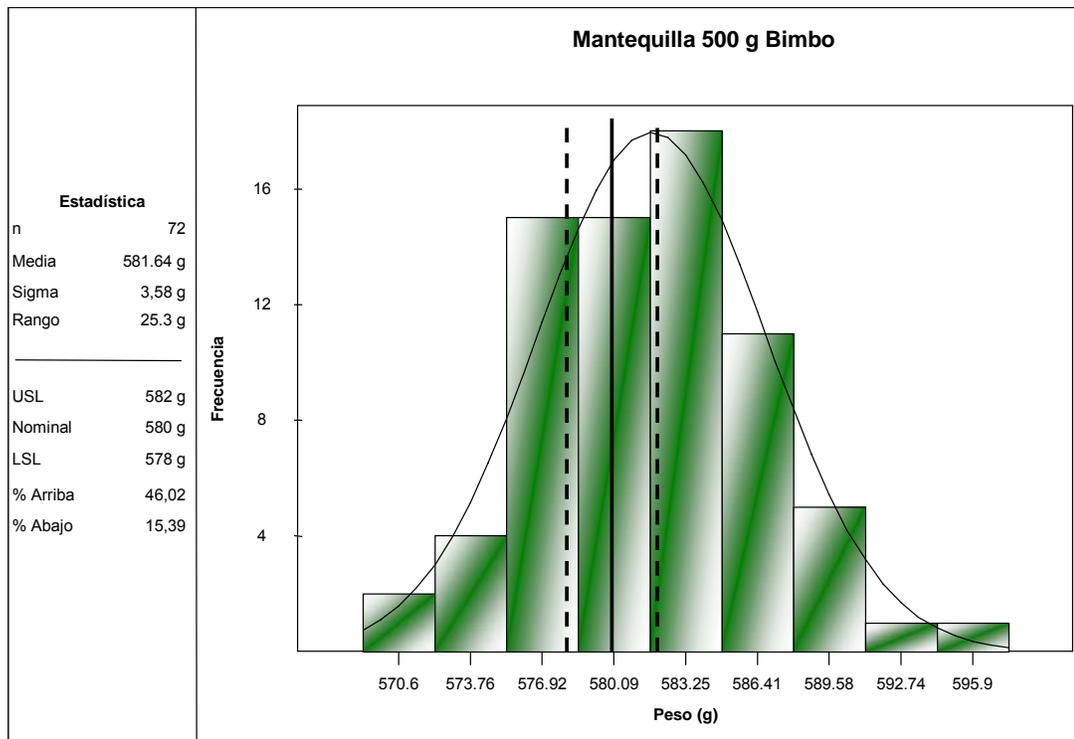
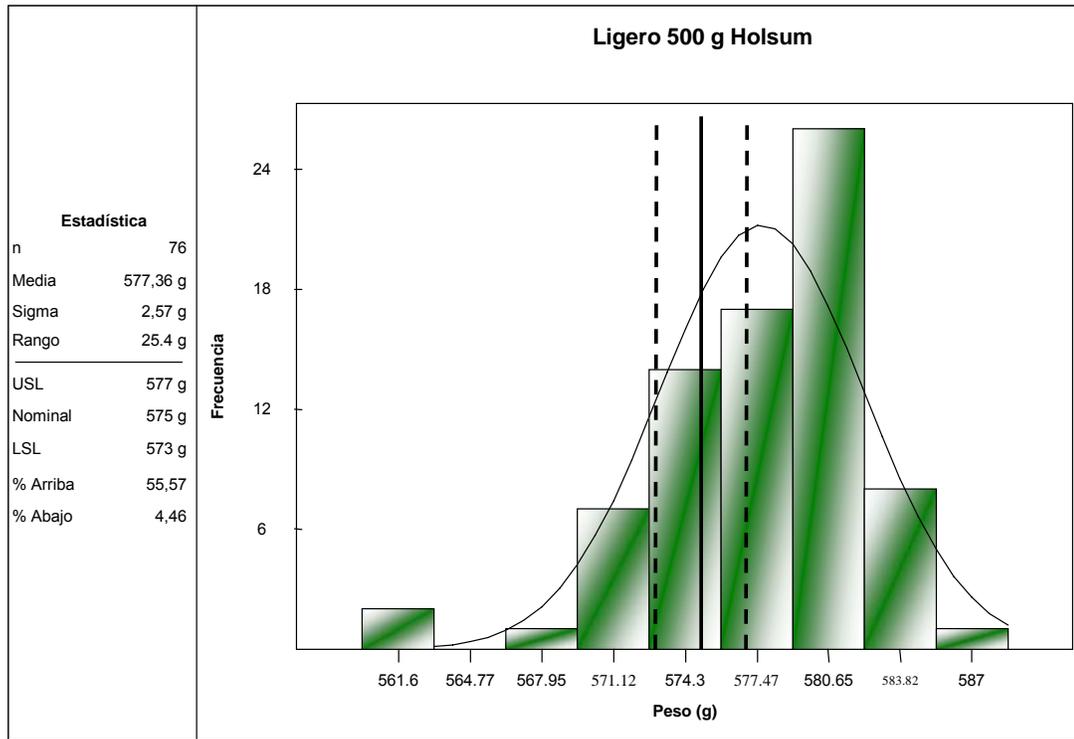
Anexo 22: Histogramas de frecuencias de los productos divididos de pan

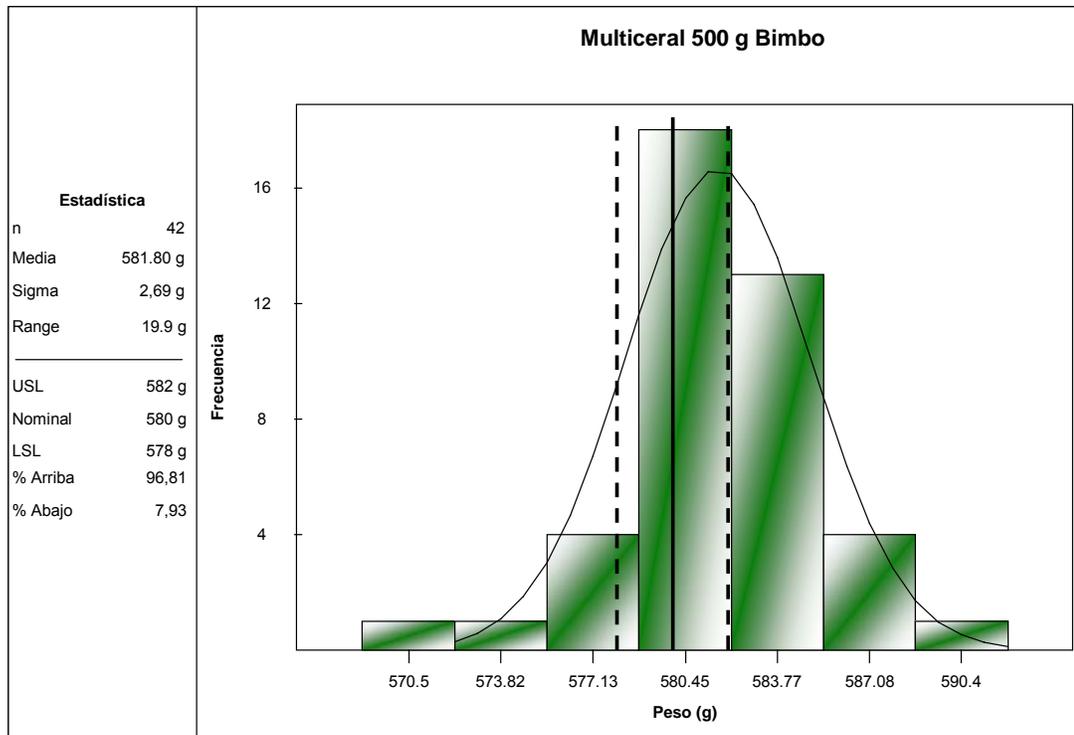
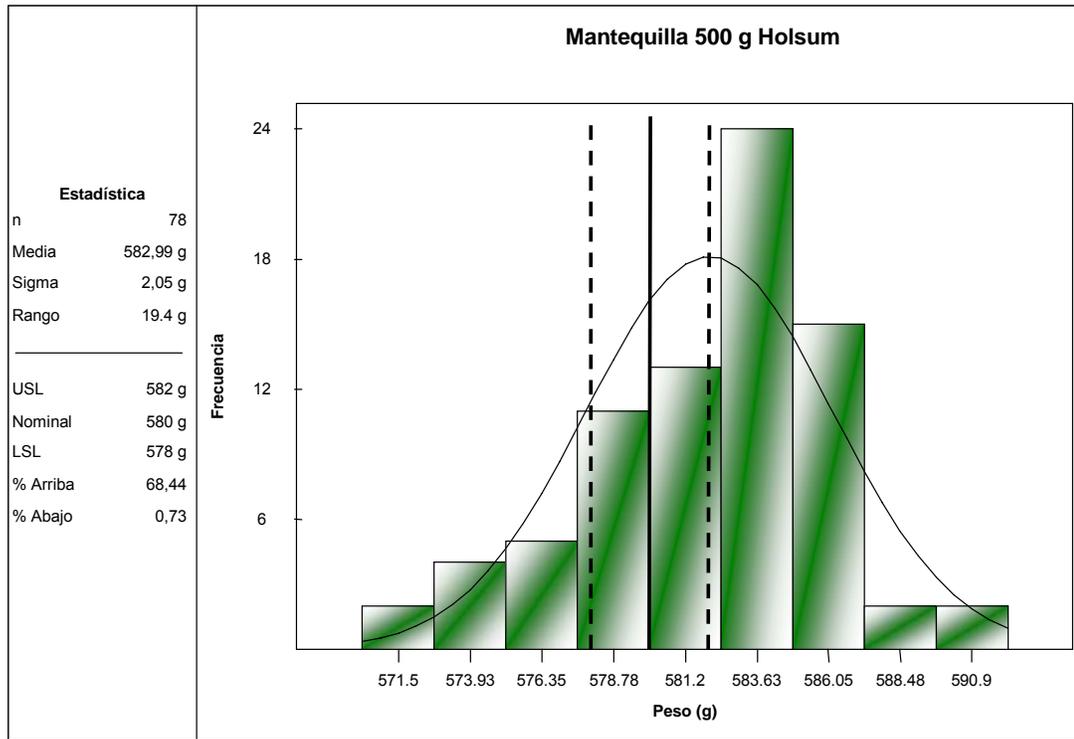












Anexo 23: Cálculo del tamaño de la muestra en dividido de pan, según exigencias del Grupo Bimbo

- ◆ Tamaño muestral imaginando $N \rightarrow \infty$ (ver ecuación 8)

$$n_{\infty} = \frac{1.96^2 * 4.86^2}{0.05^2} = 36220$$

- ◆ Comprobación (ver ecuación 9)

$$¿1440 > 36220 * (36220 - 1)?$$

$$1440 < 1.312 * 10^9$$

- ◆ Obtener el tamaño de la muestra según la siguiente formula (ver ecuación 10)

$$n = \frac{36220}{1 + 36220/1440} = 1385$$

- ◆ Piezas por minuto

$$n_{\min} = \frac{1385 \text{ piezas}}{15 \text{ min}} = 92 \text{ piezas / min}$$

Anexo 24: Hoja de verificación de los estándares del proceso en producto dividido de pan

HORA	PRODUCTO	PRESIÓN (psi)	VELOCIDAD DE CORTE (piezas / min)	TEMPERATURA DEL AGUA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN (°C)	PARADAS		
					INICIO	FIN	REPROCESO

Anexo 25: Hoja de datos del producto dividido

CORPORATIVO BIMBO, S.A. DE C.V.

@Datos Muestrales.

DP/DIV-PAN/PDP/0546

Dividido de Pan

Divisora de Pan

Peso pieza dividida Pan

Pan Blanco 650 g Bimbo

Del 21-Ago-2005 05:30

al 22-Ago-2005 05:30

#	Fecha	Hora	T	Operad	PD
3554	20050821	1030	1	JOSE M	739,1
3555	20050821	1030	1	JOSE M	736,2
3556	20050821	1031	1	JOSE M	741,6
3557	20050821	1031	1	JOSE M	738,8
3558	20050821	1031	1	JOSE M	735,9
3559	20050821	1033	1	JOSE M	738,6
3560	20050821	1036	1	JOSE M	739,2
3561	20050821	1036	1	JOSE M	735
3562	20050821	1042	1	JOSE M	740,5
3563	20050821	1042	1	JOSE M	737,5
3564	20050821	1043	1	JOSE M	731,4
3565	20050821	1043	1	JOSE M	736,4
3566	20050821	1043	1	JOSE M	729,7
3567	20050821	1043	1	JOSE M	734
3568	20050821	1043	1	JOSE M	738,3
3569	20050821	1044	1	JOSE M	734,2
3570	20050821	1047	1	JOSE M	732,9
3571	20050821	1048	1	JOSE M	737,3
3572	20050821	1048	1	JOSE M	738,2
3573	20050821	1048	1	JOSE M	729,1
3574	20050821	1050	1	JOSE M	741,1
3575	20050821	1050	1	JOSE M	736,8
3576	20050821	1050	1	JOSE M	740
3577	20050821	1051	1	JOSE M	737,3
3578	20050821	1103	1	JOSE M	744,5
3579	20050821	1103	1	JOSE M	738,7
3580	20050821	1104	1	JOSE M	734,8
3581	20050821	1107	1	JOSE M	739,4
3582	20050821	1107	1	JOSE M	734,8
3583	20050821	1107	1	JOSE M	738,2
3584	20050821	1108	1	JOSE M	737
3585	20050821	1108	1	JOSE M	736,7
3586	20050821	1110	1	JOSE M	740,6
3587	20050821	1110	1	JOSE M	736,1
3588	20050821	1111	1	JOSE M	736,9