

UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
MAESTRÍA EN ESTRATEGIAS DE CALIDAD Y
COMPETITIVIDAD PARA LA EXPORTACIÓN (2008-2009)



**“REDUCCIÓN DE PRODUCTO NO CONFORME PARA LOS
PRODUCTOS DE LA EMBOTELLADORA EMBOL - LA PAZ”**

(Tesis de Grado para la obtención del Título de Magister)

ALUMNA: ING. GABRIELA TORRICO PÉREZ.
TUTOR: MGR. BRAULIO BERNARD MALTÉS

La Paz - Bolivia

2011

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del grado de magíster de la Universidad Andina Simón Bolívar, autorizo al centro de información o a la biblioteca de la universidad para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura según las normas de la universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

También cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar los derechos de publicación de esta tesis, o de partes de ella, manteniendo mis derechos de autor, hasta por un periodo de 30 meses después de su aprobación.

[Gabriela Torrico Pérez]

Fecha: 21 de febrero 2011

RESUMEN DE LA TESIS

Para la Empresa Embotelladora de bebidas no carbonatadas “EMBOL, La Paz”, la Identificación de variabilidad de posibles factores que conllevan a los indicadores del (5%) en producto no conforme, llevó a elegir como herramienta de mejoramiento continuo, la aplicación de la metodología de Six Sigma. Para esto, se tuvo que hacer una evaluación de las siguientes variables críticas como: pérdidas por falla de operación, equipo, especificaciones; debido a: producto defectuoso, previsiones no fiables, problemas que exigen, repetidos ajustes.

La principal ventaja de Seis Sigma es la aplicación de herramientas estadísticas básicas en el contexto de un esquema disciplinado, con una metodología para seguir e implementar, las herramientas estadísticas son un sistema de dirección del negocio. El punto clave es la necesidad de medir y cuantificar el desempeño. Seis Sigma significa que en cada millón de Productos, no habrá más de 3,4 defectos, errores ó Productos No Conformes como en este caso del trabajo.

Con la aplicación de los conocimientos de la metodología Seis Sigma de gestión de control de procesos, se logró identificar, definir, medir, analizar y mejorar, con el objetivo de lograr disminuir el número de defectos en la entrega de un producto. La fuente de oportunidad, es de alto impacto, porque son productos que se producen en volúmenes altos, las pequeñas mejoras generarán resultados financieros grandes.

En el proceso de producción existen ciertos defectos en los que el cliente se ve afectado por el proceso de producción. Considerando que las bebidas que distribuye EMBOL S.A. son elaboradas bajo un proceso de producción que tiene un control de calidad estricto, aún se pueden evidenciar defectos de

productos no conformes con bajo CO₂ por fallas de equipo y operación que en ocasiones provocan la pérdida de producto.

La reducción llevó a mayor eficiencia operativa, con la consecuente reducción de costes, una mejora de la calidad del producto y mayor rentabilidad.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

1.1	Planteamiento del Problema	1
	1.1.1 Pregunta de investigación	1
1.2	Antecedentes	1
1.3	Justificación	2
1.4	Hipótesis	
1.5	Objetivos	4
	1.4.1 Objetivo General	4
	1.4.2 Objetivos Específicos	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Que es Seis Sigma	6
2.2	Beneficios que Aporta Seis Sigma	7
2.3	Cinco Etapas Del Seis Sigma	8
	2.3.1 Definir	9
	2.3.2 Medir	9
	2.3.3 Analizar	9
	2.3.4 Mejorar	10
	2.3.5 Controlar	10
2.4	Pilares y Niveles Básicos en los que se Fundamenta Seis Sigma	11

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DEL SEIS SIGMA

3.1	Etapa de Definición del Problema o Falla	13
	3.1.1 Equipo del Proyecto	13

3.1.2	Identificación del Problema, Variables Críticas, y Meta del Problema	14
3.1.3	Prueba de Grubb's	15
3.1.4	SIPOC	17
3.1.5	Definición del Proyecto con Descripción del Proceso en Forma Gráfica	20
3.1.6	Descripción Narrada del Proceso	21
3.1.6.1	Tratamiento de Agua	21
3.1.6.2	Elaboración de Jarabe Simple	22
3.1.6.3	Elaboración de Jarabe Terminado	23
3.1.6.4	Elaboración de la Bebida Terminada	23
3.1.6.5	Mixer	24
3.1.6.6	Llenado y Tapado	25
3.1.6.7	Llenado y Capsulado	26
3.1.6.8	Inspección Pos Llenado	27
3.1.6.9	Encajonado	28
3.1.6.10	Inspección y Ensayo de Proceso - Llenado o Envasado	29
3.1.7	Variables Críticas de Control	30
3.1.7.1	Especificaciones de Conformidad con Norma de Producto	31
3.1.7.2	Especificaciones de Productos Identificadas como defectos o No Conformidades	32
3.1.7.3	Criterios de Variaciones Críticas de control de la Ubicación y disposición de Producto No Conforme	33
3.1.7.4	Otras Variables Críticas de Control (proceso, Operación, equipo y envase)	34
3.2	Etapa de Medición	36
3.3	Medición de Fuentes y Causas de Variables	37
3.3.1	Medición por Línea de envasado en producción	37
3.3.1.1	Medición de Capacidad de Proceso y Estabilidad de Línea Kronen - 90	37
3.3.1.2	Medición de Capabilidad de Procesos y Estabilidad	45

3.3.1.3	Medición Capacidad de Procesos – Producto No Conforme	49
3.3.2	Medición de Variables de Proceso desde Materia Prima Hasta Distribución Mediante Matriz Causa Efecto	54
3.3.3	Medición de Variables que Distinguen el orden de Ocurrencia del problema Mediante – Pareto	56
3.3.4	Mediación de Variable por Sabor de Bebida	57
3.3.5	Medición de Variables por Sabor, Formato y Tipo de Envase de Producto No Conforme	58
3.3.6	Medición de Causas de No Conformidad, Mediante Herramientas estadísticas para Coca Cola 500 ml Envase Pet	59
3.3.6.1	Medición Mediante Diagrama de Pareto de las Causas de PNC	60
3.3.6.2	Medición Mediante Gráficas de Control de la Capacidad de Proceso Según Producción Estimada de Coca Cola 500 ml Envase Pet	61
3.3.7	Medición de Causas de No Conformidad, Mediante Diagrama de Pareto para Fanta Naranja 2000 ml envase Pet	65
3.3.8	Medición de Pérdida Económica por Producto No Conforme	66
3.3.9	Conclusión de Medición de Variables Críticas	69
3.4	Medición de Variables Críticas de Producto No Conforme de Datos Históricos Variables	69
3.4.1	Medición de Dispersión y Secuencia Cronológica, Mediante Gráficos de Control y Herramientas Estadísticas de Datos de Producto No Conforme	70
3.4.2	Gráficos de control para ver la Distribución Normal o Estado De Control del proceso estadístico de Producto No Conforme Histórico	73
3.4.3	Determinación de la Capacidad de los Procesos	75
3.4.3.1	Medición de Capacidad de Proceso para Producto No Conforme	75
3.4.3.2	Identificación de Valores Atípicos – Producto	

	No Conforme Mediante Prueba de Grubb's	78
3.4.4	Mediaciones y Análisis de Datos Históricos de Producto No Conforme de Variables Críticas Según Especificaciones de Producto	81
3.4.4.1	Medición de Tipo de producto por Número de Cajas que se Pierden por Producto No Conforme con CO2 Bajo	83
3.4.5	Variables Críticas de Control Respecto a Problemas en Operación y Equipo	85
3.4.6	Medición de Pérdidas económicas Históricas (BOB) y (USD por Cajas de Bebida	87
3.4.7	Conclusión de Medición de Variables Críticas de Datos Históricos 2005 – 2008	90
3.5	Etapas Analizar	91
3.6	Análisis Modal de Fallos y efectos AMFE o FMEA	92
3.6.1	Lluvia de Ideas de Modos Posibles de Falla para Reducción de Producto Coca Cola 2000 ml Ref Pet y Pet con Bajo CO2	96
3.6.2	Análisis de Modo Falla para Coca Cola 2000 ml Ref Pet y Pet	101
3.7	Análisis de Frecuencia Capacidad Especificaciones Equipos y Operación de Coca Cola 2000 Ref Pet y Coca Cola 2000 Pet	104
3.7.1	Análisis de Frecuencia Capacidad Especificaciones Equipos y Operación de Coca Cola 2000 ml Ref Pet	104
3.7.1.1	Análisis de Frecuencia	104
3.7.1.2	Análisis de Estado de Control de Capacidad del Proceso de Coca Cola 2000 ml RP	105
3.7.1.3	Análisis de Capacidad de Proceso Porcentaje PNC Coca Cola 2000 ml Ref Pet	107
3.7.1.4	Análisis Capacidad de Procesos Mediante Distribución Binomial – Producto No Conforme Coca Cola 2000 ml RP	110
3.7.1.5	Análisis del porcentaje de No Conformidad Coca Cola 2000 ml RP según especificaciones de Producto Gestión 2005 – 2008	112

3.7.1.6	Análisis del Porcentaje de No Conformidades por Fallas del proceso en Coca Cola RP 2000 ml	114
3.7.1.7	Análisis de Porcentaje de No conformidad de los Equipos y Operación del proceso Mixer Coca Cola 2000 ml RP con Bajo CO2	116
3.7.2	Análisis de Frecuencia Capacidad Especificaciones Equipos y Operación de Coca Cola 2000 ml Pet 2005 al 2008	118
3.7.2.1	Histograma de Porcentaje de Frecuencia de Coca Cola 2000 ml Pet	118
3.7.2.2	Análisis del estado de control de Capacidad del Proceso de Coca Cola 2000 ml Pet	119
3.7.2.3	Análisis de Capabilidad de Proceso Porcentaje PNC Coca Cola 200 Pet	122
3.7.2.4	Análisis Capabilidad de Procesos mediante Distribución Binomial – Producto No Conforme Coica Cola 2000 ml Pet	124
3.7.2.5	Análisis de Porcentaje de NC según Especificaciones del producto Coca Cola 2000 ml Pet	126
3.7.2.6	Análisis de Porcentaje de NC por Fallas en Proceso de Coca Cola 2000 ml Pet con Bajo CO2	128
3.7.2.7	Análisis de Porcentaje de No Conformidad de los Equipos y Operación del proceso Mixer para Coca Cola 2000 ml Pet	129
3.7.3	Conclusiones de Análisis de Variables Críticas de Control según capacidad de proceso Especificaciones de Producto Equipo y operación de los Productos No Conforme	131
3.8	Etapa Mejorar	133
3.8.1	AMFE Análisis Modal de Fallos y efectos Hasta Acciones Recomendadas	134
3.8.2	Acciones recomendatorias para las Mejoras	137

3.9	Simulación Análisis de Capacidad de Procesos y gráficos de control Para llegar al Seis Sigma	137
3.9.1	Coca Cola 2000 ml Ref Pet	137
3.9.1.1	Gráfico de Control y Capacidad de Porcentaje PNC Coca Cola 2000 ml Ref Pet	137
3.9.1.2	Análisis Capacidad de Procesos Mediante Distribución Binomial – Producto No Conforme Coca Cola 2000 ml Reef Pet	140
3.9.2	Coca Cola 2000 ml Pet	142
3.9.2.1	Gráficos de Control y Capacidad de Coca Cola 2000 ml Pet	142
3.9.2.2	Análisis Capacidad de Procesos Mediante Distribución Binomial – Producto No Conforme Coca Cola 2000 ml Pet	147
3.10	Costos	149
3.10.1	Información de Entrada	150
3.10.2	Costo y Cálculos de Ahorro con simulación	150
3.10.2.1	Coca Cola 2000 ml Ref Pet	150
3.10.2.2	Coca Cola 2000 ml Pet	151
3.10.2.3	El Ahorro Aproximado Total	151

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

4.1	Conclusiones	154
-----	--------------	-----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1:	Indicadores de Gestión 2008 e Indicadores de Eficiencia Embol S.A.	4
Tabla N° 2:	Comparación: 99% de Calidad Frente al Rendimiento Seis Sigma	7
Tabla N° 3:	Miembros del Equipo	13
Tabla N° 4:	Story Board, Sipoc, Muestra los Actores que Participan en el Proceso e Identificación de los Outputs e Inputs	18
Tabla N° 5:	Hoja de Trabajo	19
Tabla N° 6:	Mapas de Procesos Macro	20
Tabla N° 7:	Requisitos de Control de entrada o Conformidad	32
Tabla N° 8:	Lista de Especificaciones	32
Tabla N° 9:	No Conformidades por Envase (tapa o Botella	33
Tabla N° 10:	Diagrama de Espina de Pescado	34
Tabla N° 11:	Resultado de Distribución Binomial para Línea Krones – 90	38
Tabla N° 12:	Resumen Métricas Estadísticas para Producto No Conforme en Linea Krones – 90	39
Tabla N° 13:	Gráfico X de Control Individuales - No Conformes	42
Tabla N° 14:	Gráfico MR (2)	43
Tabla N° 15:	Estimados	43
Tabla N° 16:	Resultado de Distribución Binomial para Línea Krones – 108	45
Tabla N° 17:	Gráfico X	46
Tabla N° 18:	Estimados	47
Tabla N° 19:	Gráfico MR(2)	47
Tabla N° 20:	Índices de Capabilidad y Desempeño Distribución Binomial, para las Líneas Krones 90 Y 108	49
Tabla N° 21:	Gráfico X	51
Tabla N° 22:	Gráfico MR(2)	52

Tabla N° 23: Estimados	52
Tabla N° 24: Estimados Medición de Variables de Proceso desde Materia Prima hasta Distribución Mediante Matriz Causa Efecto	55
Tabla N° 25: Cantidad de Producto No Conforme Coca - Cola 500 MI Linea Kronen - 90 Embol S.A. Gestión 2008	60
Tabla N° 26: Gráfico X	62
Tabla N° 27: Gráfico MR. (2)	63
Tabla N° 28: Estimados	63
Tabla N° 29: Perdida Económica por Producto No Conforme (Gestión 2008)	66
Tabla N° 30: Datos de Producto y Costos de Pérdida	68
Tabla N° 31: Resumen Estadístico para Producto No Conforme	72
Tabla N° 32: Gráfico X (Promedio de Subgrupo)	73
Tabla N° 33: Gráfico MR (2)	74
Tabla N° 34: Estimados de Capabilidad de los Procesos	76
Tabla N° 35: Especificaciones	76
Tabla N° 36: Habilidad del Proceso según su Capacidad Efectiva del Proceso Coca-Cola 2000 Ref Pet, (2005 – Octubre 2008) Resultados de Intervalos de Confianza del 95.0% de Capacidad del Proceso	77
Tabla N° 37: Estimados	78
Tabla N° 38: Especificaciones	78
Tabla N° 39: Estimados de Localización	79
Tabla N° 40: Estimados de Escala	79
Tabla N° 41: Intervalos de confianza del 95.0% para la media	80
Tabla N° 42: Valores Ordenados	80
Tabla N° 43: Frecuencia de Ocurrencia de No Conformidades Número de Producciones en la que se Presentó la No Conformidad en el Periodo Histórico (2005-Oct. 2008)	82
Tabla N° 44: Porcentaje Producto que Aporta mas No Conformidad (2005-Oct.-2008)	84

Tabla N° 45: Perdidas Producto No Conforme (Bob, %) (Usd, %) (2005-Oct. 2008)	87
Tabla N° 46: Diagrama de Espina de Pescado para Identificar las Causas y efectos de las Variables Críticas de Control para Coca Cola 2000 MI Ref Pet y Pet con Defecto CO2 Bajo	99
Tabla N° 47: Análisis de Modo y Falla para Coca Cola 2000 MI Ref Pet y Pet	101
Tabla N° 48: Límites de Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Ref Pet (2005 - Octubre 2008)	105
Tabla N° 49: Límites Gráfico de Control Rangos Coca - Cola 2000 Ref Pet (2004 – Octubre 2008)	106
Tabla N° 50: Distribución Normal	108
Tabla N° 51: Porcentaje de Puntos Fuera de Especificación Coca - Cola 2000 Ref Pet, (2004-Octubre 2008)	108
Tabla N° 52: Índices de Capabilidad y Desempeño Coca – Cola 2000 Ref Pet, (2005-Octubre 2008)	108
Tabla N° 53: Habilidad del Proceso según su Capacidad Efectiva del Proceso Coca - Cola 2000 Ref Pet, (2005-Octubre 2008)	109
Tabla N° 54: Índices de Capabilidad y Desempeño Distribución Binomial Coca - Cola 2000 Ref Pet, (2005-Octubre 2008)	111
Tabla N° 55: Representa Cantidad de Producto No Conforme según Especificaciones de Coca Cola 2000 MI Rp (2005-Oct. 2008)	112
Tabla N° 56: Cantidad de Producto No Conforme según Fallas de Proceso de Coca Cola 2000 MI Rp (2005 - Oct. 2008)	114
Tabla N° 57: Cantidad de Producto No Conforme según Fallas de Equipo y Operación de Coca Cola 2000 MI Rp	116
Tabla N° 58: Límites Gráfico de Control (X) COCA-COLA 2000 PET Porcentaje, (2005-Octubre 2008)	119

Tabla N° 59: Límites Gráfico de Control Rangos COCA-COLA 2000 PET Porcentaje, (2005-Octubre 2008)	120
Tabla N° 60: Distribución: Normal	122
Tabla N° 61: Porcentaje de Puntos Fuera de Especificación Coca - Cola 2000 Pet, (2005-Octubre 2008)	122
Tabla N° 62: Índices de Capabilidad y Desempeño Coca – Cola 2000 Pet, (2005-Octubre 2008)	123
Tabla N° 63: Índices de Capabilidad y Desempeño Distribución Binomial Coca - Cola 2000 Pet, (2005-Octubre 2008)	125
Tabla N° 64: Representa Cantidad de Producto No Conforme según Especificaciones De Coca Cola 2000 MI Pet	126
Tabla N° 65: Cantidad de Producto No Conforme según Fallas de Proceso de Coca Cola 2000 MI Pet	128
Tabla N° 66: Cantidad de Producto No Conforme según Fallas de Equipo y Operación de Coca Cola 2000 MI	130
Tabla N° 67: Cuantificación Económica, que Causa el Daño Económico	132
Tabla N° 68 AMFE Análisis Modal de Fallos y Efectos Hasta Acciones Recomendadas	134
Tabla N° 69: Límites de Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Ref Pet	138
Tabla N° 70: Límites de Control Rangos Coca - Cola 2000 Ref Pet	138
Tabla N° 71: Estimados	139
Tabla N° 72: Índices de Capabilidad y Desempeño Coca - Cola 2000 Ref Pet	138
Tabla N° 73: Índices de Capabilidad y Desempeño Distribución Binomial Coca - Cola 2000 MI Ref Pet	141
Tabla N° 74: Límites de Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Pet	143
Tabla N° 75: Límites de Control Rangos Coca - Cola 2000 Pet	144
Tabla N° 76: Estimados	145

Tabla N° 77: Índices de Capabilidad y Desempeño Coca - Cola 2000 Pet	146
Tabla N° 78: Índices de Capabilidad y Desempeño Distribución Binomial Coca - Cola 2000 Pet	148
Tabla N° 79: Perdida de los Productos No Conformes, Por Defecto, Causa, y Proceso que Afecta, Cantidad de Cajas y Costos de Pérdida	150
Tabla N° 80: Ahorro de los Productos No Conformes, Por Defecto, Causa, y Proceso que Afecta, Cantidad de Cajas y Costos de Pérdida, con las Mejoras	152
Tabla N° 81: De Comparación sin Mejora y con Mejora de los Productos No Conformes, por Defecto, Causa, y Proceso que Afecta, Cantidad de Cajas y Costos de Pérdida	158

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico N° 1: Cinco Etapas del Seis Sigma	8
Grafico N° 2: La Integración de las Herramientas	11
Grafico N° 3: Pilares del Seis Sigma	11
Grafico N° 4: Niveles de Implantación Seis Sigma	12
Grafico N° 5: Seis Sigma y los Costos	12
Grafico N° 6: Gráfica de Aberrantes con Límites Sigma	16
Grafico N° 7: Estructura del SIPOC	17
Grafico N° 8: Mapas de Proceso	20
Grafico N° 9: Diagrama de Flujo	21
Grafico N° 10: Proceso de Tratamiento de Agua Embol S.A.	22
Grafico N° 11: Proceso de Elaboración de Jarabe Simple Embol S.A.	22
Grafico N° 12: Proceso de Elaboración de Jarabe Terminado Embol S.A	23
Grafico N° 13: Proceso de Elaboración de Bebida Terminada Embol S.A.	24
Gráfico N° 14: Resultado de Distribución Binomial para Línea Krones – 90	38
Gráfico N° 15: Resumen Métricas Estadísticas para Producto No Conforme en Línea Krones – 90	40
Gráfico N° 16: Resumen Métricas Estadísticas para Producto No Conforme en Línea Krones – 90	40
Gráfico N° 17: Resumen Métricas Estadísticas para Producto No Conforme en Línea Krones – 90	41
Gráfico N° 18: Gráfico X para No Conformes	42
Gráfico N° 19: Gráfico MR(2) para No Conformes	43
Gráfico N° 20: Capacidad de Proceso para No Conformes	44
Gráfico N° 21: Resultado de Distribución Binomial para Línea Krones – 108	45

Gráfico N° 22: Gráfico X para Porcentaje	47
Gráfico N° 23: Gráfico MR(2) para Porcentaje	48
Gráfico N° 24: Resultado de Distribución Binomial para las Líneas Krones 90 Y 108	50
Gráfico N° 25: Gráfico X para Porcentaje Producto No Conforme	51
Gráfico N° 26: Gráfico MR(2) para Porcentaje producto No Conforme	52
Gráfico N° 27: Porcentaje de Productos No Conformes Líneas de Producción Krones-90 y Krones-108 Embol S.A. Enero - Septiembre 2008	53
Gráfico N° 28: Gráfica de Pareto	56
Gráfico N° 29: Diagrama de Pareto de Producto No Conforme Línea Krones-90 Embol S.A., Enero - Septiembre 2008 [Litros Bebida]	57
Gráfico N° 30: Diagrama de Pareto Producto No Conforme Línea Krones - 90 Embol S.A. Enero - Septiembre 2008 [Envases De Producto Terminado]	58
Gráfico N° 31: Diagrama de Pareto de Causas de Producto No Conforme Coca - Cola 500 MI Pet, Línea Krones – 90 Embol S.A. Enero - Septiembre 2008	61
Gráfico N° 32: Gráfico X para Porcentaje	62
Gráfico N° 33: Gráfico MR (2) para Porcentaje	63
Gráfico N° 34: Capacidad de Proceso para No Conformes	64
Gráfico N° 35: Diagrama de Pareto de Causas de Producto No Conforme Fanta Naranja 2000 MI Pet, Línea Krones - 90 Embol S.A. Enero - Septiembre 2008	65
Gráfico N° 36: Diagrama de Pareto Pérdidas por Producto No Conforme Línea Krones-90 Embol S.A. Enero- Septiembre 2008	67
Gráfico N° 37: Espina de Pescado Causa Efecto	70
Gráfico N° 38: Diagrama de Dispersión	71
Gráfico N° 39: Secuencia Cronológica	71

Gráfico N° 40: Gráfico X para Producto No Conforme	74
Gráfico N° 41: Gráfico MR (2) para Producto No Conforme	74
Gráfico N° 42: Capabilidad de Proceso para Producto No conforme	76
Gráfica N° 43: Prueba de Grubbs, de Valores Atípicos de Capacidad de Proceso	78
Gráfico N° 44: Frecuencia de Ocurrencia de No Conformidades según Especificaciones de Producto	82
Gráfico N° 45: Frecuencia de Ocurrencia de No Conformidad según Cantidad Producida	83
Gráfico N° 46: Diagrama de Pareto de Porcentaje de Producto No Conforme (2005-Oct. 2008)	84
Gráfico N° 47: Diagrama Pareto y Gráficos que Representan el Porcentaje de Producto No Conforme del Proceso, Equipo u Operación (2005-Oct. 2008)	85
Gráfico N° 48: NC de Equipos y Operación	86
Gráfico N° 49: Representación del Porcentaje de Producto No Conforme del Proceso, Equipo u Operación (2005 - OCT. 2008)	86
Gráfico N° 50: Diagrama de Pareto de Porcentaje Acumulado de Pérdida Económica de Producto No Conforme (2005-Oct. 2008)	88
Gráfico N° 51: Porcentaje de Pérdida Económica de Producto No Conforme (2005-Oct. 2008)	88
Gráfico N° 52: Diagrama de Pareto de Porcentaje Acumulado de Pérdida Económica de Producto No Conforme (2005-Oct. 2008)	89
Gráfico N° 53: Coca Cola 2000 Ref Pet y Coca Cola 2000 Pet, con Bajo CO2.	90
Gráfico N° 54: Modos Posibles de Falla	96
Gráfica N° 55 Histograma de Porcentaje de Frecuencia de No Conformidad de Coca-Cola 2000 MI Rp	104
Gráfico N° 56: Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Ref Pet	

(2005 - Octubre 2008)	106
Gráfico N° 57: Porcentaje (2004-Octubre 2008) Gráfico De Control Rangos Coca-Cola 2000 Ref Pet	106
Gráfico N° 58: Grafico de Capacidad Producto No Conforme Coca - Cola 2000 Ref Pet (2005 - Octubre 2008)	109
Gráfico N° 59: Grafico de Distribución Binomial de Capacidad Producto No Conforme Coca - Cola 2000 Ref Pet (2005 -Octubre 2008)	111
Gráfico N° 60: Diagrama Pareto que Representan el Porcentaje de Producto No Conforme según Especificaciones de Coca Cola 2000 MI Rp (2005-Oct. 2008)	113
Gráfico N° 61: Gráfico que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Especificaciones de Coca Cola 2000 MI Rp (2005-Oct. 2008)	113
Gráfico N° 62: Diagrama Pareto que representan el Porcentaje de Producto No Conforme según Proceso, para Coca Cola 2000 MI Rp	115
Gráfico N° 63: Gráfico que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Proceso, para Coca Cola 2000 MI Rp	115
Gráfico N° 64: Diagrama Pareto que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Equipo y Operación para Coca Cola 2000 MI Rp	117
Gráfico N° 65: Gráfico que Representan el Porcentaje de Producto No Conforme según Equipo y Operación para Coca Cola 2000 MI Rp	117
Gráfico N° 66: Histograma de Porcentaje de Frecuencia de No Conformidad de Coca - Cola 2000 MI Pet	118
Gráfico N° 67: Grafico de Control (X) Coca - Cola 2000 Pet Porcentaje (2005-Octubre 2008)	120
Gráfico N° 68: Grafico de Control Rangos Coca - Cola 2000 Pet Porcentaje (2005-Octubre 2008)	120
Gráfico N° 69: Grafico de Capacidad Producto No Conforme	

Coca - Cola 2000 Pet (2005-Octubre 2008)	123
Gráfico N° 70: Grafico de Distribución Binomial de Capacidad Producto No Conforme Coca - Cola 2000 Pet (2005- Octubre 2008)	125
Gráfico N° 71: Diagrama Pareto que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Especificaciones de Coca Cola 2000 MI Pet	127
Gráfico N° 72: Gráfico que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Especificaciones de Coca Cola 2000 MI Pet	127
Gráfico N° 73: Representación el Porcentaje de Producto No Conforme según Proceso, para Coca Cola 2000 MI Pet	128
Gráfico N° 74: Diagrama Pareto que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Equipo y Operación para Coca Cola 2000 MI Pet	130
Gráfico N° 75: Gráfico que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Equipo y Operación para Coca Cola 2000 MI Pet	131
Gráfico N° 76: Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Ref Pet	138
Gráfico N° 77: Gráfico de Control Rangos Coca - Cola 2000 Ref Pet	139
Gráfico N° 78: Grafico de Capacidad Producto No Conforme Coca – Cola 2000 MI Ref Pet	140
Gráfico N° 79: Grafico de Distribución Binomial de Capacidad Producto No Conforme Coca - Cola 2000 MI Ref Pet	141
Gráfico N° 80: Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Pet	144
Gráfico N° 81: Gráfico de Control Rangos Coca - Cola 2000 Pet	145

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1:	Proceso de Mezcla de Jarabe	24
Fotografía N° 2:	Proceso de Mezcla de Jarabe	25
Fotografía N° 3:	Llenadora Linea Krones-108 Embol S.A.	26
Fotografía N° 4:	Capsuladora Linea Krones-90 Embol S.A.	27
Fotografía N° 5:	Encajonado	28
Fotografía N° 6:	Laboratorio de Control de Calidad	30

INTRODUCCIÓN

Embotelladoras Bolivianas Unidas S.A. (EMBOL) como franquiciadora para embotellar y comercializar los productos The Coca-Cola Co. Tiene como política, alcanzar un buen rendimiento y crecimiento en cada una de las operaciones, cuenta con las certificaciones de producto con Sello IBNORCA, Certificación de sistemas de gestión De la calidad ISO 9001 2000, de Medio Ambiente la ISO 14001 y las OHSAS 18001 de Seguridad y Salud ocupacional. A parte de éstos, deben cumplir su sistema Coca Cola que engloba las diferentes certificaciones con más profundidad al producto, compiten a nivel internacional con sus pares, los parámetros de la calidad de sus productos, mediante ensayos mensuales que sacan del mercado y son analizados en laboratorios externos, teniendo una puntuación, por departamentos a nivel Bolivia e internacionalmente.¹

A nivel internacional Coca Cola EMBONOR S.A en Sud América, tiene en proceso el Proyecto 3-C, para lograr la consistencia en los procesos, mediante mediciones estadísticas, con la metodología seis sigma. Este propósito empezó con la capacitación a los Gerentes y Jefes a nivel internacional.²

Los criterios para la selección y optar con el proyecto, están dados, con el enfoque a la mejora de procesos, mediante la reducción del producto no conforme con disposición a (desecho o consumo interno), que trae como afecto a la rentabilidad y productividad y los beneficios se reflejen.

Con la aplicación de los conocimientos de la metodología Seis Sigma de gestión de control de procesos, cuyo objetivo es lograr disminuir el número

¹ EMBONOR, Información de Anuario 2007.

² IBIDEM.

de defectos en la entrega de un producto, afianzó el motivo e importancia de elección del tema, como al título Reducción de producto no conforme para los productos de EMBOL La Paz. La reducción de producto no conforme llevará a mayor eficiencia operativa, con la consecuente reducción de costes, una mejora de la calidad del producto y mayor rentabilidad.

Seis Sigma es la metodología de gestión de control de procesos, cuyo objetivo es lograr disminuir el número de defectos en la entrega de un producto. La reducción llevará a mayor eficiencia operativa, con la consecuente reducción de costes, una mejora de la calidad del producto y mayor rentabilidad.

CAPITULO I

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Problema, se encuentra en los Indicadores altos del PNC que son del (5%) equivalente a 12 078 productos no conformes (PNC) de una producción promedio de 241 575 productos que deriva a un monto de 478 541 Bob año, de pérdida para la empresa

La fuente de oportunidad, utilizando la metodología 6 sigma: identificando, midiendo y analizando todas las variables críticas ,es de alto impacto, porque son productos que se producen en volúmenes altos, las pequeñas mejoras generarán resultados financieros grandes.³

1.1.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

¿La aplicación de la metodología seis sigma disminuirá el porcentaje de producto no conforme?

1.2 ANTECEDENTES

Embotelladoras Bolivianas Unidas S.A. (EMBOL), ha definido el presente proyecto, como prioridad de la empresa, ligado a los planes estratégicos, que representan una mejora en el desempeño del proceso, en lo financiero y en base a la gran importancia de los conocimientos, sobre las prioridades de la organización, de las necesidades del cliente interno (producción y calidad), y como proceso que necesita ser mejorado (envasado).⁴

³ EMBOL, 2008.

⁴ Mgr. Bernard, B. (2009). Apuntes.

¿Cómo se sabe que una empresa necesita Seis Sigma?

Si los Indicadores son altos en producto no conforme (5%), la organización tiene que hacer una evaluación de las siguientes señales: gastos exagerados; pérdidas de producto y otros que conllevan el producto final; pérdidas por devolución del producto; debido a reclamaciones de clientes; producto defectuoso, recibidas de los proveedores; previsiones no fiables, problemas que exigen repetidos ajustes; diseños de productos muy difíciles de ser fabricados; altas tasas de descarte.⁵

1.3 JUSTIFICACIÓN

Para la realización del presente proyecto se ha utilizado una modalidad de investigación denominada *explicativa* cuyo propósito es encontrar relaciones entre las variables, y responder a las causas según Hernández S. y otros (Ob.Cit.:66).

EMBOL S.A. durante los últimos años ha puesto sus mayores esfuerzos en lograr la calidad de los productos que distribuye. Tiene como política, alcanzar un buen rendimiento y crecimiento en cada una de las operaciones.⁶

Coca - Cola South Latín División ha ido mejorando su desempeño en calidad en los últimos años, en el año 2000 se encontraba en el puesto 13 de todas las divisiones de Coca - Cola en el mundo, el año 2004 obtuvo el puesto 5.

Para sostener y superar el nivel alcanzado, se encontró con la necesidad de contar con nuevas capacidades en las organizaciones que permitan Reducir Consistentemente la Variabilidad y Mejorar continuamente el Desempeño.

⁵ EMBOL, Plan Estratégico, 2007.

⁶ IDEM.

Para alcanzar el objetivo de Mejora se decidió contar con la Tecnología más avanzada, con los mejores Sistemas Empresariales y Desarrollar las habilidades del personal. Por ese motivo se inició desde el 2006 el Proyecto E 3-C Buscando Consistencia en los Procesos.

El Proyecto E 3-C tiene como objetivos: desarrollar el camino de certificación alineado con el modelo de la Compañía, desarrollar capacidades dentro del Sistema para asegurar el compromiso de obtener resultados y alcanzar los objetivos de negocio con calidad.

A nivel internacional Coca Cola EMBONOR S.A en Sud América, tiene en proceso el Proyecto 3-C, para lograr la consistencia en los procesos, mediante mediciones estadísticas, con la metodología de Seis Sigma. Este propósito empezó con la capacitación a los Gerentes y Jefes a nivel internacional.⁷

Considerando esta mejora continua se logró una buena capacitación al personal que forma parte de la empresa obteniendo una cultura institucional de calidad que todavía ambiciona a lograr mejoras en el proceso productivo es por esta razón que la empresa requiere en los años posteriores además de mantener la certificaciones lograr metas mucho más ambiciosas por lo que el siguiente escalón hacia la calidad consistiría en lograr disminuir el porcentaje de producto no conforme mediante la metodología DMAIC.

A continuación se presenta un cuadro de los principales indicadores que utiliza EMBOL S.A. para controlar el desenvolvimiento de conformidad.

⁷ EMBOL, Plan Estratégico, 2007.

Tabla N° 1: Indicadores de Gestión 2008 e Indicadores de Eficiencia Embol S.A.

Indicadores de Gestión	Enero	Febrero	Abril
Costos de Transformación Producción (USS/CU)	0,117	0,128	0,122
Ratio de Perdida de Producto (%)	0,5	0,53	0,9

FUENTE: Elaboración, con base en datos proporcionados por el departamento de producción EMBOL S.A.

Esto muestra que en sólo 3 meses el porcentaje de pérdida aumenta o se encuentra en promedio en un 5%, necesitando la compañía bajar esta pérdida económica. Considerando que las bebidas que distribuye EMBOL S.A. son elaboradas bajo un proceso de producción que tiene un control de calidad estricto, aún se pueden evidenciar defectos. El defecto más importante consiste en que existe un porcentaje de productos no conformes que en ocasiones provocan la pérdida de producto.

1.4 HIPÓTESIS

Es posible lograr reducir el producto no conforme utilizando la metodología Seis Sigma.

Teniendo como variable independiente las variables críticas de control y como variable dependiente la reducción de producto no conforme

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Reducir la cantidad de Producto No Conforme, mediante la metodología de Seis Sigma, de manera de identificar las variables críticas de la calidad, que

dan alto impacto económico, cuya optimización se consiga con la disminución del promedio del 5%, logrando beneficio para la organización y el cliente.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el problema identificando la Variable Críticas de Calidad (VCC) y los productos a ser estudiados en el proyecto Seis Sigma.
- Medir y Recolectar los datos disponibles de la VCC para realizar un estudio de capacidad y estabilidad de la misma.
- Analizar mediante la Identificación de causas que producen variabilidad en la VCC, confirmándolas por medio de un análisis estadístico, obteniendo para cada producto una ecuación que explique su comportamiento.
- Mejorar mediante la generación de soluciones para cada una de las causas raíz y elegir la solución óptima a la variabilidad para cada uno de los productos en estudio.
- Realizar una evaluación económica y de calidad de los beneficios obtenidos por medio de las mejoras realizadas en el proceso de producción.
- Establecer las mejoras, mediante simulación hasta Seis Sigma y mostrar el ahorro económico.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ¿QUÉ ES SEIS SIGMA?

Six Sigma (Seis Sigma) es una metodología de gestión de la calidad, centrado en el control de procesos cuyo objetivo es lograr disminuir el número de "defectos" en la entrega de un producto o servicio al cliente.

Obtener 3,4 defectos en un millón de oportunidades es una meta bastante ambiciosa si se considera que normalmente en un proceso el porcentaje de defectos es cercano al 10%, o sea 100.000 defectos en un millón de instancias. 3,4 defectos en un millón de oportunidades es casi decir "cero defectos". Seis Sigma es una metodología sistemática y extremadamente orientada a resultados, que pone al alcance de la industria métodos estadísticos y de gestión del cambio de forma práctica y sencilla.

La letra griega "Sigma" (σ) es utilizada en estadística para denominar la desviación estándar (medida de dispersión de los datos respecto al valor medio). Mientras más alto sea el "Sigma" y, consecuentemente, menor la desviación estándar, el proceso es mejor, más preciso y menos variable.

En estadística el valor de 6 Sigma corresponde a 3,4 defectos por millón (3.4 DPM). Dentro de los beneficios que se obtienen del Six Sigma están: mejoramiento de la rentabilidad y la productividad. Una diferencia importante con relación a otras metodologías es la orientación al cliente.⁸

⁸ Pande, P, Neuman, R. y Cavanagh, R. (2002). Las Claves de Seis Sigma. México: Mc Graw Hill.

Tabla Nº 2: Comparación: 99% de Calidad Frente al Rendimiento Seis Sigma

Evento	Con 99%	Con Seis Sigma
Por cada 300.000 cartas enviadas	3.000 direcciones equivocadas	1 dirección equivocada
En 500.000 reinicios de un PC	4.100 fallos	menos de 2 fallos
En 500 años de cierres contables mensuales	60 meses sin cuadrar	0,18 meses sin cuadrar
Por cada semana de emisión de TV	1,68 horas de tiempo muerto de emisión	1,8 segundos de tiempo muerto de emisión
En 67.000 operaciones quirúrgicas	670 operaciones no exitosas	menos de una operación no exitosa

Fuente: Pande, P, Neuman, R. y Cavanagh, R. (2002). Las Claves de Seis Sigma. México: Mc Graw Hill. Pág. 11

Algunos ejemplos se pueden ver en la comparación del número de defectos que se encontrarían si se tuviera por objetivo un 99% de calidad frente a un rendimiento Seis Sigma (99,9997%). La principal ventaja de Seis Sigma es la aplicación de herramientas estadísticas básicas en el contexto de un esquema disciplinado, con una metodología fácil para seguir e implementar. Mientras las herramientas se aplican a menudo en el ambiente industrial, su aplicación a los procesos comerciales administrativos es cada vez más común. Más allá de la metodología básica, las herramientas estadísticas son un sistema de dirección de negocios impresionante. El punto clave es la necesidad de medir y cuantificar el desempeño.

2.2 BENEFICIOS QUE APORTA SEIS SIGMA

Los beneficios de Seis Sigma son interminables, pero los resultados más claros son las ganancias que han significado la eliminación de defectos y la optimización de procesos.

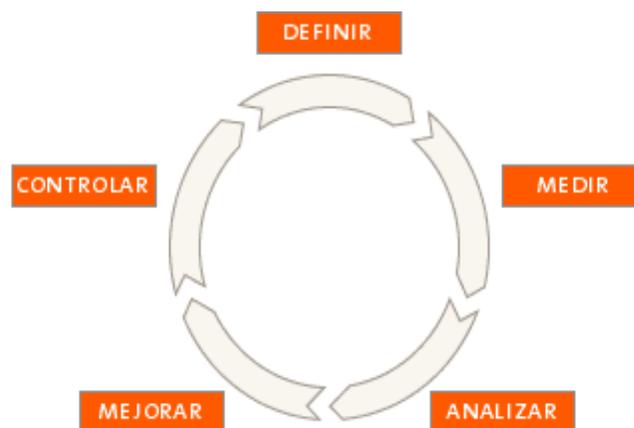
Muchas empresas de nivel mundial, informan sobre las ganancias en centenares de millones de dólares, como consecuencia de la eliminación de defectos, lo relevante es que esto sucede hace sólo un par de años.

De todos estos logros mostrados, no son muchas las compañías que han logrado la madurez en Seis Sigma y que realmente han entendido el impacto de esta nueva metodología de dirección de negocios. Sin embargo, estas empresas informan cambios mayores en la cultura de sus organizaciones. Este cambio en la organización es uno de los más ambiciosos objetivos que persigue Seis Sigma: “manejar la información, tomar decisiones y aplicar disciplinadamente los procesos para cambiar la manera de mirar el mundo de los negocios”.⁹

2.3 CINCO ETAPAS DEL SEIS SIGMA

El proceso Seis Sigma se caracteriza por 5 etapas bien definidas:

Grafico Nº 1: Cinco Etapas del Seis Sigma



FUENTE: Pande, P, Neuman, R. y Cavanagh, R. (2002). Las Claves de Seis Sigma. México: Mc Graw Hill.

⁹ Molteni, R. y Cecchi, O. (2005). El liderazgo del Lean Six Sigma. Buenos Aires: Macchi.

2.3.1 Definir (Define)

Se definen los objetivos del proyecto y el problema existente y se determinan los aspectos más importantes. Se nombra un equipo de trabajo y se facilitan los recursos necesarios. Asimismo, se determinan los clientes y sus requisitos respecto al proceso.

En esta etapa se definen el propósito y alcance del proyecto. Se recolecta información base del proceso y el cliente. El output de esta fase es: una clara formulación del problema (caso de negocio), una lista de lo que es importante para el cliente, un mapa de proceso de alto nivel (SIPOC), y un programa de trabajo para el proyecto (Carta Gantt) que debe ser firmado por el líder del proyecto, por el cinturón a cargo y por el Maestro de Cinturón Negro.

2.3.2 Medir (Measure)

En esta etapa normalmente se procede a recolectar la data en los puntos definidos en el Mapa de Proceso. El objetivo de esta fase es enfocarse en lo que se quiere mejorar. El resultado esperado es: establecer la línea base de desempeño del proceso, destacar las desviaciones o problemas encontrados, y en caso necesario, una reformulación más enfocada del problema.

2.3.3 Analizar (Analyze)

Los datos registrados se analizan con el fin de establecer la mejora exigida por el cliente y las alternativas de que se dispone. Algunas herramientas de análisis estadístico que se utilizan en esta etapa son FMEA (Análisis de modos de falla y sus efectos) y Diagrama XY. La meta de esta fase es

identificar las causas raíces y confirmarlas con datos. El resultado esperado es una hipótesis acerca de las causas raíces del problema.

2.3.4 Mejorar (Improve)

Se buscan soluciones con el objeto de eliminar las causas del problema, optimizar el proceso y, con ello, dar un mejor cumplimiento a los requisitos del cliente. En esta etapa se procede a identificar y probar distintas opciones de mejoramiento, ya sea utilizando herramientas estadísticas como Test de Hipótesis o Diseño de Experimento, o pruebas prácticas en terreno a través de un Plan Piloto de Mejoramiento. Adicionalmente, se elabora una propuesta detallada del costo y de la utilidad, así como un plan de implementación.

2.3.5 Controlar (Control)

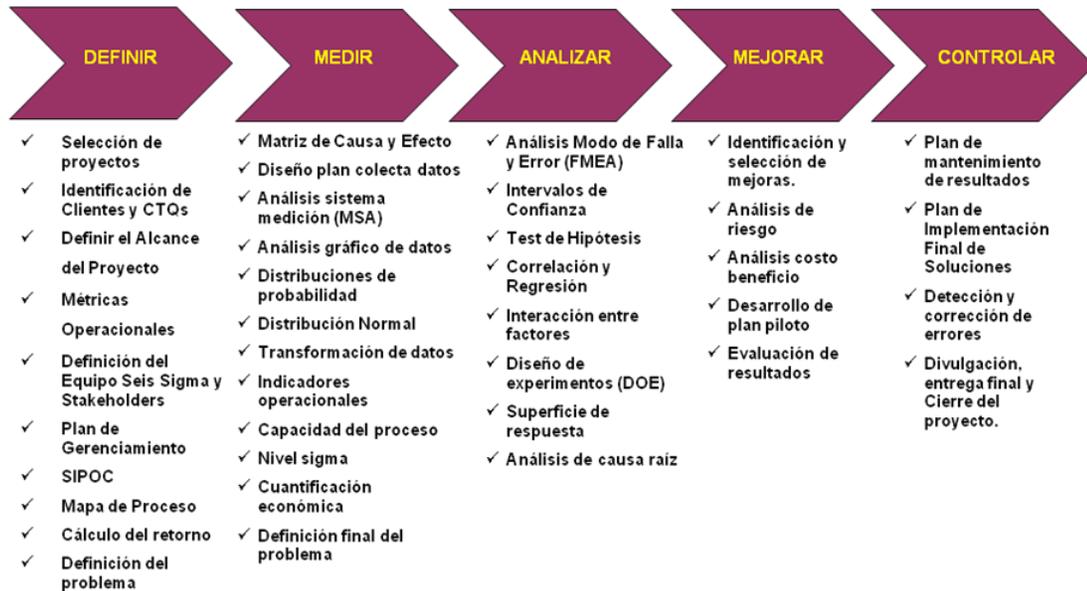
Se hace un seguimiento del nuevo proceso para controlar su efectividad en el cumplimiento de las exigencias del cliente. Con este objetivo, se entrega el proceso al responsable del mismo, que se encarga de integrarlo a la rutina laboral diaria, y medir sistemáticamente la mejora y el beneficio esperado. La medición se lleva a cabo tanto en términos estadísticos como financieros, de modo que se asegura que la mejora del proceso tenga una permanencia a largo plazo.¹⁰

Los pilares básicos y la integración de las herramientas, en que se fundamenta Seis Sigma son de una simplicidad demoledora: la orientación al cliente, la medida de los procesos y la toma de decisiones únicamente en base a hechos objetivos.¹¹

¹⁰ Molteni, R. y Cecchi, O. (2005). El liderazgo del Lean Six Sigma. Buenos Aires: Macchi.

¹¹ Mgr. Bernard, B. (2009), Black Belt Six Sigma, Apuntes.

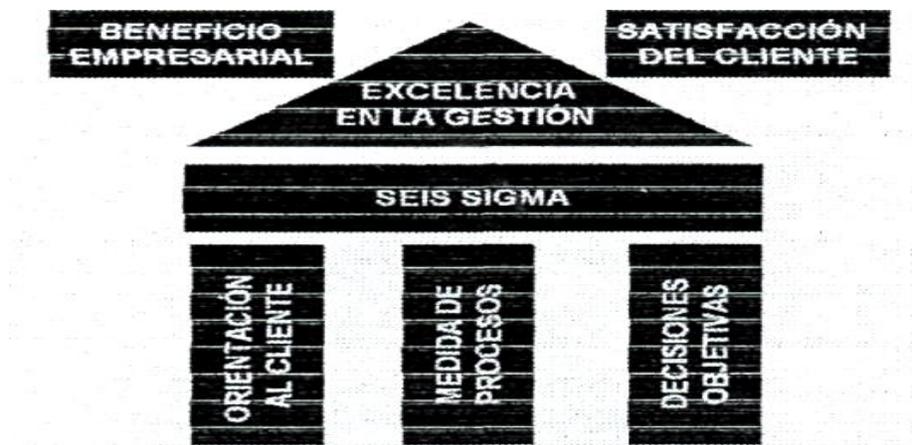
Grafico Nº 2: La Integración de las Herramientas



FUENTE: Mgr. Bernard, B. (2009), Black Belt Six Sigma, Apuntes.

2.4 PILARES Y NIVELES BÁSICOS EN LOS QUE SE FUNDAMENTA SEIS SIGMA

Grafico Nº 3: Pilares del Seis Sigma



Fuente: Pande, P, Neuman, R. y Cavanagh, R. (2002). Las Claves de Seis Sigma. México: Mc Graw Hill.

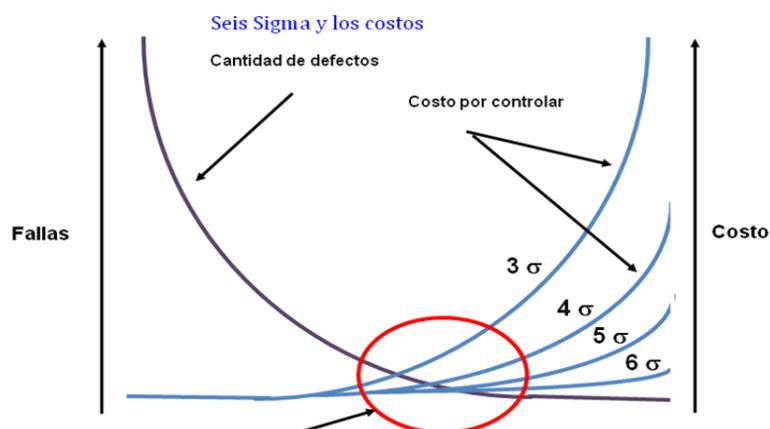
Seis Sigma nos ofrece la solución al paradigma actual de la calidad y de la excelencia en la gestión, cómo mejorar la calidad y la satisfacción del cliente y, simultáneamente, reducir los costes de producción. Seis Sigma tiene tres niveles de implantación: táctico, estratégico y cultural.

Grafico Nº 4: Niveles de Implantación Seis Sigma



Fuente: Pande, P, Neuman, R. y Cavanagh, R. (2002). Las Claves de Seis Sigma. México: Mc Graw Hill.

Grafico Nº 5: Seis Sigma y los Costos



El enfoque de Seis Sigma es la Ingeniería y/o reingeniería de los procesos para desplazarse de curva, logrando mayor calidad a menor costo.

Fuente: Pande, P., Neuman, R. y Cavanagh, R. (2002). Las Claves de Seis Sigma. México: Mc Graw Hill.

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA METODOLOGIA DEL TRABAJO

ETAPAS DE 6 SIGMA

3.1 ETAPA DE DEFINICIÓN DEL PROBLEMA O FALLA

El primer paso es clarificar el problema y definir su alcance con metas mensurables que se puedan lograr en poco tiempo. Se busca entonces, un proceso acotado y medible para ser examinado detalladamente, sugerir mejoras y recomendaciones en ejecución. Se comienza definiendo cuáles son las necesidades asociadas al proceso (necesidades del cliente, necesidades estratégicas, etc.) y qué constituye un defecto bajo dicha perspectiva; para proponer luego un grupo de objetivos orientados a reducir su ocurrencia de la no conformidad.

3.1.1 EQUIPO DEL PROYECTO

Siguiendo el propósito, del establecimiento del Proyecto 3-C, para lograr la consistencia en los procesos, mediante Seis Sigma, y según la capacitación obtenida a nivel de dirección y Jefaturas, se conformó un equipo para la realización del proyecto.

Tabla N° 3: Miembros del Equipo

CARACTERÍSTICAS DEL PUESTO Y ENTRENAMIENTO	NOMBRE	FUNCIÓN	CARGO QUE DESEMPEÑAN
CHAMPION	Orlando Piro	Patrocinador y mentor del proyecto	Gerente General
MASTER BLACK BELT	Marcelo Bejarano	Agente de cambio, define la meta y el problema	Jefe de Producción
BLACK BELT	Gabriela Torrico	Realiza, detecta las oportunidades de cambio y consigue se logren los resultados de la gestión del proyecto	Proyectista
GREEN BELT	Rodolfo Ricaldez	Ataca el problema del área, Lidera el equipo y el proyecto	Jefe de Aseguramiento de la Calidad
	Melvin Sandi		Supervisor de la calidad

Fuente: Elaboración propia en base a la estructura organizacional de EMBOL S.A.

3.1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA, VARIABLES CRÍTICAS, Y META DEL PROBLEMA

Dada la formación y entendimiento del tema en seis sigma, la alta gerencia aceptó el desarrollo del proyecto y puntualizando en el tema Identificado, como “Reducción de Producto No Conforme”.

Se ha definido el proyecto, como prioridad de la empresa, ligado a los planes estratégicos, que representan una mejora en el desempeño del proceso, en lo financiero y en base a la gran importancia de los conocimientos, sobre las prioridades de la organización, de las necesidades del cliente interno (producción), y como proceso que necesita ser mejorado (envasado).

Los criterios para la selección del proyecto, como área de mejora son la reducción del producto no conforme (desecho o consumo interno), cómo afectó a la satisfacción del cliente interno, para esta reducción de los niveles de efectos y los beneficios que se reflejen.

La fuente de oportunidad es de alto impacto, por que son productos que se producen en volúmenes altos, las pequeñas mejoras generarán resultados financieros grandes.

EMBOL LA PAZ, embotella y distribuye los siguientes productos:

1. Bajo licencia de Coca Cola Company: Coca Cola, Coca Cola light, Coca Cola Zero, Fanta, Fanta Mandarina, Sprite, Canadá Dry, Wink, Fanta Zero, Sprite Zero.
2. Producción nacional: Aguas de mesa Vital, 02; Simbas (papaya, guaraná, manzana, frutilla, durazno etc.), Mineragua y Tai.

3. Maneja dos tipos de envases, de vidrio, PET, y RET PET con los tipos de formato en ml siguiente: 190, 350, 500, 600, 750, 1000, 1500, 2000.

Mediante la metodología de Seis Sigma se pretende como Meta, reducir la cantidad de Producto No Conforme con respecto a la calidad del mismo, permitiendo reducir el porcentaje de perdida, identificado el tipo de producto y formato, con el consecuente Impacto de reducción de costes, aumentando así, la rentabilidad y productividad.

Evaluando la situación actual como línea base, para llegar a la causa raíz, llegaremos a determinar ¿Cuál es el problema de tener PNC? ¿Por qué el promedio de 5% de PNC en el área de envasado? ¿Qué producto no conforme se recupera? ¿Cuánto se pierde? ¿Cuáles son las variables críticas? ¿Cuál es el impacto de pérdidas financieras no identificadas?

3.1.3 PRUEBA DE GRUBBS (asume normalidad)

Para la verificación del porcentaje de 5 % de producto no conforme, que tiene la empresa se realizó la Estadístico de prueba = 10.3273 Valor-P = 0.0

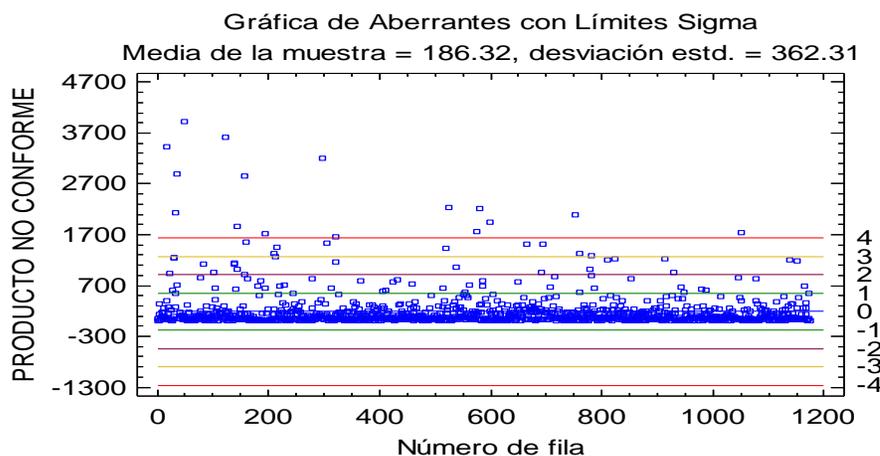
Este análisis identifica y trata posibles valores aberrantes, ó inconsistentes en muestras de poblaciones normales. La parte superior de la página muestra los estimados comunes de la media y la desviación estándar, junto con estimados diseñados para ser resistentes a observaciones aberrantes.

Por ejemplo, para los 1167 valores de Producto No Conforme, la media y sigma son 186.32 y 362.31, respectivamente. Los correspondientes estimados Winsorizados, en los cuales se ha remplazado el 15.0% de los valores más grandes y más pequeños con valores del interior de la muestra,

son 111.923 y 132.261.¹² Note el impacto de los estimados Winsorizados sobre el intervalo de confianza para la media.

En la gráfica de aberrantes, en la mitad de la salida muestra los valores más pequeños y los más grandes de *Producto No Conforme*. Los valores Estudentizados miden a cuántas desviaciones estándar se encuentra cada valor de la media muestral de 186.32. El valor más extremo se encuentra en la fila 49, el cual es 10.3273 desviaciones estándar de la media. *Puesto que el valor-P para la prueba de Grubb es menor que 0.05, ese valor es un aberrante significativo con un nivel de significancia del 5.0%, asumiendo que todos los demás valores siguen una distribución normal.* Se muestran calificaciones similares al calcular las estadísticas muestrales después de eliminar cada punto, uno a la vez, al igual que cuando la media y la desviación estándar están basadas en la desviación absoluta de la mediana (DAM). Valores de las calificaciones modificadas mayores que 3.5 en valor absoluto, de las cuales hay 5, bien podrían ser observaciones aberrantes.

Grafico Nº 6: Gráfica de Aberrantes con Límites Sigma



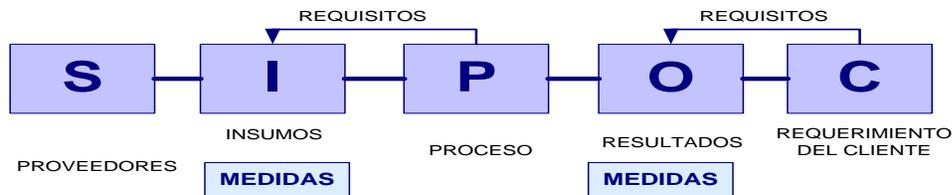
Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Departamento de Producción EMBOL S.A

¹² Perez, C., (2002). Estadística Aplicada a Través de Excel. España: Prentice Hall.

3.1.4 SIPOC

SIPOC es una metodología destinada a mostrar de forma gráfica los actores clave que participan en cualquier proceso de una organización.¹³ Su estructura es la siguiente:

Grafico N° 7: Estructura del SIPOC



Fuente: Escalante, E., (2005). Seis Sigma Metodologías y Técnicas. México: Limusa.

Donde:

Proveedor: Determina quién debe realizar la acción de proveer el Input al proceso.

Insumo: Aquellas cosas, información, material necesario para ejecutar la acción.

Proceso: Actividades de un proceso, pueden ser mostradas mediante un diagrama de flujo u otra herramienta similar.

Resultados: Lo que resulta de la acción tomada.

Requerimiento del Cliente o CTQs: Determina lo crítico para el cliente y lo traduce en variables que pueden ser controladas o medidas.

Esta metodología puede mostrar aquellas variables que puedan afectar el

¹³ Escalante, E., (2005). Seis Sigma Metodologías y Técnicas. México: Limusa.

resultado del proceso. Los pasos se encuadran, para desarrollar una SIPOC son los siguientes:

- Definir el proceso a ser revisado.
- Use tormenta de ideas y el Story Board para la identificación de los outputs, clientes, proveedores e inputs.
- Identifique los pasos de todo el proceso.

Tabla Nº 4: Story Board, Sipoc, Muestra los Actores que Participan en el Proceso e Identificación de los Outputs e Inputs

PROVEEDORES	ENTRADAS O INSUMOS	PROCESO	Resultados: Lo que resulta de la acción tomada	Requerimiento del Cliente o CTQs
Operador de Mezcla de Jarabe primario	Agua, azúcar	Preparación de Jarabe Simple	Jarabe Simple	Jarabe con Brix 10,22 a 10,52
C.C y Operador de jarabe simple, Mezcla con concentrado	Concentrado (Coca Cola, Fanta, Sprite, etc.)	Adición y mezcla de Concentrado al jarabe simple	Jarabe Terminado con Sabor Coca Cola, Fanta, etc.	Jarabe terminado, con Sabor Coca Cola, Fanta... BB(color, sabor, Apariencia),
Proveedor de CO ₂	Agua tratada y CO ₂ (99,9 de pureza)	Carbonatación	Agua carbonatada	volumen de CO ₂ 3.6 a 4.15
C.C, jarabe terminado y agua carbonatada	Jarabe terminado y agua con CO ₂	MIXER mezcla	Bebida Terminada	Bebida terminada, con sabor Coca Cola.. con de volumen de CO ₂ 3.6 a 4.15, °Brix 10,22-10,52 y organolépticamente aceptable según norma
Operador de línea para, presurizado de envase	Envases REF PET; PET; Vidrio	Envases Presurizados y Alineados	Envases Preparados	Envases Preparados
CC análisis para arranque de línea, Inicio de producción	Bebida terminada y envase	Llenado de bebida Terminada al envase con control de volumen	Bebida Terminada, llenada	Bebida Terminada, llenada según formato y controlado el peso neto(190,375, 500, 1000, 1500, 2000, 2500)ml.
Operador de control de tapa	Tapas	Tapado de bebida ó Encapsulado	Bebida tapada con Tapas plásticas con torque o encapsulado	Bebida tapada con torque 5 a 19 Psi ó libra por pulg, o encapsulada pasa no pasa
Encajonado	Cajas	Encajonado de bebidas	Cajas plásticas con bebida	Cajas plásticas, con bebida según Formato

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Departamento de Producción EMBOL S.A

Tabla N° 5: Hoja de Trabajo

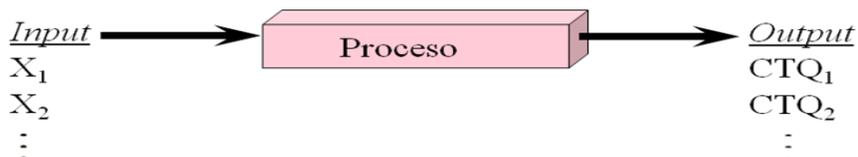
HOJA DE TRABAJO O PROJECT CHARTER			
Título de Proyecto		Miembros del Equipo	
REDUCCIÓN DE PRODUCTO NO CONFORME PARA LOS PRODUCTOS DE LA EMBOTELLADORA EMBOL-LA PAZ		CARACTERÍSTICAS DEL PUESTO Y ENTRENAMIENTO	NOMBRE
		CHAMPION	Orlando Piro
Jefe de Proyecto		MÁSTER BLACK BELT	Marcelo Bejarano
		BLACK BELT	Gabriela Torrico
Gabriela Torrico		GREEN BELT	Rodolfo Ricaldez
			Melvin Sandi
Unidad de Negocio			
Departamento de Calidad y Producción			
Declaración del Problema / Oportunidad		Declaración del Objetivo	
Mediante la metodología de Seis Sigma se pretende como Meta, reducir la cantidad de Producto No Conforme con respecto a la calidad del mismo, permitiendo reducir el % de perdida, identificado el tipo de producto y formato, con el consecuente Impacto de reducción de costes, aumentando así, la rentabilidad y productividad.		Reducir la cantidad de Producto No Conforme	
Alcance del Proyecto			Partes Interesadas
Se ha Definido el proyecto, como prioridad de la empresa, ligado a los planes estratégicos, que representan una mejora en el desempeño del proceso, en lo financiero y en base a la gran importancia de los conocimientos, sobre las prioridades de la organización, de las necesidades del cliente interno (producción), y como proceso que necesita ser mejorado (mezclado y llenado). Los criterios para la selección del proyecto, como área de mejora son la reducción del producto no conforme (desecho o consumo interno), como afecto a la satisfacción del cliente bajar los niveles de efectos y los beneficios se reflejan en mediano tiempo.			Directivos del Grupo
			Jefatura de aseguramiento de la Calidad
			Jefatura de Producción y personal
Planificación Preliminar			Cuantificación económica
Fecha de Comienzo	12.10.09		Reducir el 5% de producto no conforme
DEFINIR	12.10.09	a	18.11.09
MEDIR	18.11.09	a	28.11.09
ANALIZAR	28.11.09	a	09.02.10
MEJORAR	09.02.10	a	09.04.10
CONTROLAR	09.01.10	a	09.11.10
Fecha Finalización	10.02.11		

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Departamento de Producción EMBOL S.A

3.1.5 DEFINICIÓN DEL PROYECTO CON LA DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN FORMA GRÁFICA

Gráfico N° 8: Mapas de Proceso

Un medio para diagnosticar sistemáticamente el flujo de actividad y de información



- Para prepararse:
 - Establecer los límites del proceso
 - Observar el proceso en operación
 - Enumerar los *outputs*, clientes y sus requerimientos clave
 - Enumerar los *inputs*, proveedores y los requerimientos clave de usted

Fuente: Escalante, E., (2005). Seis Sigma Metodologías y Técnicas. México: Limusa.

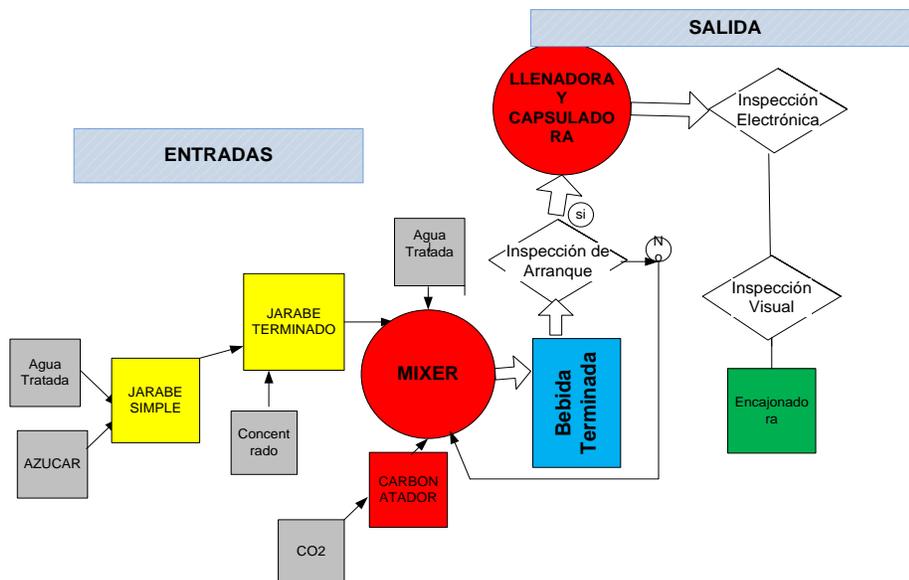
Tabla N° 6: Mapas de Procesos Macro

ENTRADAS	Flujo del Proceso Diagrama de Flujo Proceso	SALIDAS
Agua Tratada Azúcar	Mezcla de agua y azúcar	Jarabe simple
Jarabe simple Dosificación Concentrado	Mezcla de jarabe simple y concentrado	Jarabe Terminado
Carbonatación	Carbonatación (Agua tratada y CO2)	
Jarabe Terminado CO2 Dosificación	MIXER (mezcla de CO2, jarabe terminado)	Bebida terminada
Inicio de producción	Análisis para arranque de línea	
Bebida terminada	Llenado y capsulado	Bebida envasada
Envases, tapas, etiquetas		Bebida encajonada
Cajas		

Fuentes: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Producción EMBOL S.A.

El Diagrama de Flujo da un Mapeo Completo del Proceso, en el que se muestran los subprocesos u operaciones principales.

Gráfico N° 9: Diagrama de Flujo



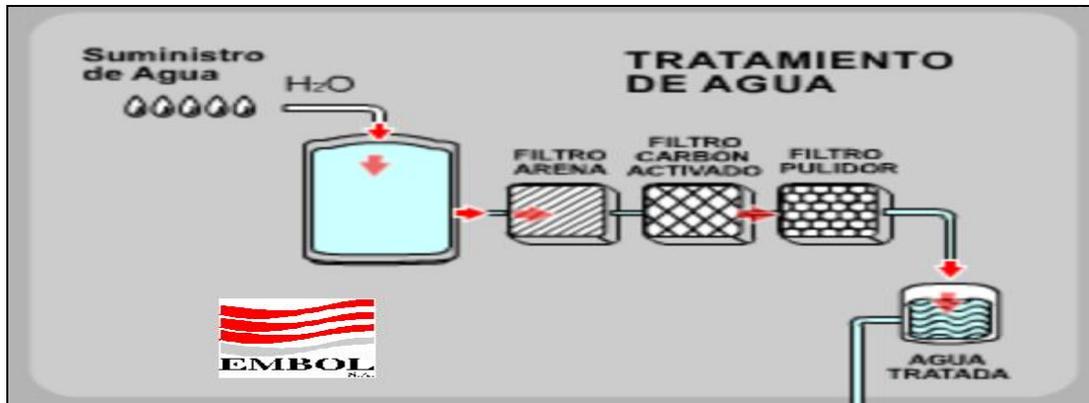
Fuentes: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Producción EMBOL S.A

3.1.6 DESCRIPCIÓN NARRADA DEL PROCESO

3.1.6.1 Tratamiento de Agua

El agua es uno de los principales ingredientes de nuestras bebidas y es sometida a un exigente tratamiento para adecuarse a los requerimientos de la OMS, organismos locales y de The Coca-Cola Company. El tratamiento consiste en varios pasos de filtración y desinfección con los que se asegura su inocuidad (libre de microorganismos), removiendo además sabores extraños y contaminantes químicos. El agua antes de ser utilizada es controlada por rigurosos métodos de análisis.

Grafico N° 10: Proceso de Tratamiento de Agua Embol S.A.

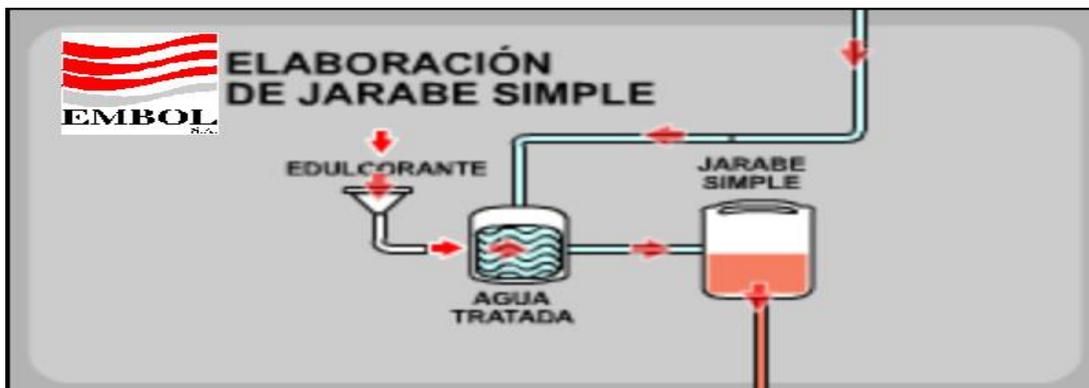


Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Producción EMBOL S.A.

3.1.6.2 Elaboración de Jarabe Simple

El agua tratada es mezclada con edulcorantes nutritivos como el azúcar, en medidas exactas, formando el jarabe simple que es filtrado a baja presión, eliminando así cualquier impureza.

Grafico N° 11: Proceso de Elaboración de Jarabe Simple Embol S.A.



Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Producción EMBOL S.A.

3.1.6.3 Elaboración de Jarabe Terminado

Al jarabe simple se le agrega el concentrado, que es proporcionado por The Coca-Cola Company. Este contiene ingredientes puros y esencias que otorgan sabor, color y olor a los productos. El jarabe terminado es aprobado sólo si cumple estrictamente con ciertos parámetros de calidad.

Grafico N° 12: Proceso de Elaboración de Jarabe Terminado Embol S.A.



Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Producción EMBOL S.A.

3.1.6.4 Elaboración de la Bebida Terminada

El Agua Tratada y el Jarabe Terminado, se dosifican en proporciones adecuadas en un depósito que los mezcla. La bebida sin gas (Agua-Jarabe), es impulsada por una bomba al carbonatador.

De allí por el efecto de la presión a la que es sometida la Bebida Terminada, sale a través de una cañería en dirección a la llenadora.

Grafico N° 13: Proceso de Elaboración de Bebida Terminada Embol S.A.



Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Producción EMBOL S.A.

3.1.6.5 MIXER

Proceso de mezcla de Jarabe (azúcar –agua- concentrado) y adición de CO₂, realizada en los tanques de las fotografías siguientes, donde existe un punto de inspección para el arranque de mezcla a las líneas de llenado.

Fotografía N° 1: Proceso de Mezcla de Jarabe



Fuente: Imágenes de MIXER, proporcionadas por el Departamento de Producción de EMBOL S.A.

Fotografía N° 2: Proceso de Mezcla de Jarabe



Fuente: Imágenes de MIXER, proporcionadas por el Departamento de Producción de EMBOL S.A.

3.1.6.6 LLENADO Y TAPADO

El envase es presurizado a la misma presión de la llenadora, que se encuentra bajo presión de gas carbónico.

Una vez que alcanza el equilibrio de presiones entre la llenadora y el interior de los envases, la bebida es transferida por gravedad hasta el interior del envase, interrumpiéndose el llenado cuando alcanza el nivel de lleno adecuado.

Inmediatamente a la salida de la llenadora la botella es capsulada o coronada con una tapa hermética que asegura la conservación de sus características organolépticas.

Fotografía N° 3: Llenadora Línea Krones-108 Embol S.A.



Fuente: Imágenes de Llenadora, proporcionada por el Departamento de Producción de EMBOL S.A.

3.1.6.7 LLENADO Y CAPSULADO

Una vez que las botellas son evaluadas por el Linatronic son transportadas por cintas transportadoras hasta la Llenadora. Las características de la Lavadora son las que le dan el nombre a la línea, se llama línea Krones 108 porque la lavadora cuenta con 108 válvulas que realizan el proceso de llenado y capsulado de los envases, de la misma manera la línea Krones 90 contiene 90 válvulas.

Las botellas ingresan a una rueda ubicada de manera horizontal que contiene las 108 válvulas, las botellas son recogidas por el equipo, durante la vuelta son presurizadas lo que ocasiona que se abran las válvulas y que la bebida sea depositada dentro del envase por gravedad evitando de esta manera que se genere espuma y la bebida rebalse. Una vez llenas, pasan a otra rueda también ubicada de manera horizontal donde las botellas son

capsuladas, es decir que son selladas herméticamente con tapas rosca de plástico o tapas corona de aluminio.

En los formatos 190 y 350 ml se utiliza un cabezal para tapas de aluminio, en el caso de los formatos 600, 750, 1000 y 1500 ml se utiliza un cabezal para tapas plásticas; este cabezal brinda 4 grados de torque a la tapa rosca de plástico lo que garantiza el correcto capsulado del envase. Lo mismo ocurre con la línea Krones 90, incluido los envases de 2000 ml.

Fotografía N° 4: Capsuladora Línea Krones-90 Embol S.A.



Fuente: Imágenes de Capsuladora, proporcionada por el Departamento de Producción de EMBOL S.A.

3.1.6.8 INSPECCIÓN POS LLENADO

Una vez llenas y capsuladas las botellas pasan por un sensor electrónico que verifica la altura de llenado, si es que la altura es menor la botella es rechazada por medio de un pulsor.

Las botellas rechazadas son transportadas hasta donde se encuentra un operador que verifica la razón del rechazo. Ese operador es el encargado de verificar que todas las botellas se encuentren adecuadamente capsuladas.

Las botellas una vez inspeccionadas son codificadas con la hora, fecha de elaboración, fecha de vencimiento y línea de producción.

3.1.6.9 ENCAJONADO

Una vez que las botellas han sido inspeccionadas son transportadas por medio de cintas transportadoras hasta la Encajonadora. En este lugar son acomodadas por medio de agitadores y de manera similar que en la Desencajonadora son succionadas por la generación de vacío y posteriormente depositadas en el interior de las cajas que ya fueron lavadas por la Lavadora de Cajas.

Fotografía N° 5: Encajonado



Fuente: Imágenes de Encajonadora, proporcionada por el Departamento de Producción de EMBOL S.A

3.1.6.10 INSPECCIÓN Y ENSAYO DE PROCESO-LLENADO O ENVASADO

La Inspección y ensayo, realizada por control de calidad, luego de dar la orden por el área de Mixer (producción), es controlada, y se da la orden para realizar el envasado, teniendo un control de especificaciones por producto, mediante muestreo del producto siguiendo la metodología de control siguiente:

- Análisis de la primera botella (sabor, color apariencia, CO₂, Brix).
- Luego de 7 a 10 minutos se saca la segunda muestra para asegurar los parámetros de control.
- Cada 30 minutos se sacan muestras de botellas PET y REF PET (sabor, color apariencia, CO₂, Brix, torque de apertura, contenido neto, stafing, etiqueta, botella) y Cada 60 minutos botellas de vidrio (todo lo anterior, se analiza y a la tapa de hoja lata, con la prueba, pasa no pasa).
- Son analizadas botellas llenas y perfectamente tapadas son inspeccionadas en pantallas iluminadas, verificando, que el nivel de llenado este dentro de la especificación y que no exista anormalidad.

Con esto se obtiene una visión del proceso, identificando las posibles causas de los productos No Conformes.

Fotografía N° 6: Laboratorio de Control de Calidad



Fuente: Imágenes del Laboratorio de Control de Calidad, proporcionadas por el Departamento de Producción de EMBOL S.A

3.1.7 VARIABLES CRÍTICAS DE CONTROL

Se establecerán y definirán diferentes variables para determinar la causa raíz.

- Variables Críticas de Salidas Identificadas como Defectos ó No Conformidades Según Especificaciones del Producto.
- Variables no contempladas que pueden afectar al problema:
 - ✓ ¿Cuál es la Línea de Producción que mayor número de Producto No Conforme genera?
 - ✓ ¿Cuál sabor de Bebida es el que genera mayor cantidad de Producto No Conforme?
 - ✓ ¿Cuál es el formato de producto que genera mayor cantidad de Producto No Conforme?
- Dentro de la operación y equipo podemos señalar preliminarmente lo siguiente:

- ✓ **Operación.-** Baja los Brix y C02 ¿por descuido en mal arranque de equipo? ¿Por precipitada autorización del supervisor o presión para el arranque?, ¿por qué el re-arrancar para otro formato no se realizó desde cero? ¿Por qué la llenadora no sopló mucho y existe restos de agua?
- ✓ **Equipo.-** ¿Mala codificación por mal tapado? ¿Perturbación en Mixer? ¿Las válvulas de venteo cerradas o con mala apertura? ¿Contenido neto bajo?, ¿objeto extraño por válvulas de venteo dentro?
- ✓ **Proveedor de envases.-** ¿sin etiquetas?, ¿etiquetas defectuosas?

¿Con los diferentes resultados de datos del departamento de aseguramiento de la calidad, y producción, se realizaron diferentes análisis de causas, del, cómo? ¿Y, por qué se genera el problema? El análisis va desde lo macro hasta llegar a la causa raíz.

Se planeó y condujo la investigación, realizando análisis de datos de todos los controles que elaboran en todo el proceso de envasado. Teniendo como meta reducir los productos No conformes, estabilizando el proceso con la medición, y así mejorar la capacidad del proceso y calidad del producto.

3.1.7.1 ESPECIFICACIONES DE CONFORMIDAD CON NORMA DE PRODUCTO

Requisitos de control de entrada o conformidad para: **Coca Cola, Fanta, Fanta Mandarina, Sprite, Simbas** según **NB 325001-04 Bebidas analcohólicas – Requisitos.**

Tabla N° 7: Requisitos de Control de entrada o Conformidad

Característica	Norma
Apariencia	BB
Color	BB
Olor	BB
Sabor	BB
Sólidos solubles(°Brix)	10.22 - 10.52
Carbonatación (Vol. CO2)	3,60 - 4,10
Contenido neto (% Cap.)	± 2,5 % Cap.
Torque (Psi) PET y RETPET	5 – 19
Coronado(% que pasa)	Vidrio

Fuente: Elaboración propia en base a la norma NB 325001-04 Bebidas Alcoholicas- Requisitos

3.1.7.2 ESPECIFICACIONES DE PRODUCTOS IDENTIFICADAS COMO DEFECTOS O NO CONFORMIDADES

Lista de Especificaciones fuera de Norma, o causas que dan No conformidades en los productos: Coca Cola, Fanta, Fanta Mandarina, Sprite, Canadá Dry, Wink, Simbas (papaya, guaraná, manzana, frutilla, durazno etc.), y Mineragua.

Tabla N° 8: Lista de Especificaciones

CO2 Alto
CO2 bajo
°Brix alto
°Brix bajo
Mala Apariencia
Sabor Extraño
Color no adecuado
Olor no adecuado
Pasa no pasa (vidrio)
Contenido neto bajo
etiqueta,

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por el Departamento de Aseguramiento de la Calidad

Tabla N° 9: No Conformidades por Envase (tapa o Botella)

Producto sin codificación
Envases sin etiqueta
Codificación borrosa
Torque alto
Tapas equivocadas
Codificación intermitente
Botellas Deformes
Objeto Extraño
Envases de doble lavado
Etiquetas defectuosas
Apariencia envase (Stafing)
Arrastre de Soda

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por el Departamento de Aseguramiento de la Calidad

3.1.7.3 CRITERIOS DE VARIACIONES CRÍTICAS DE CONTROL DE LA UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE PRODUCTO NO CONFORME

La selección de las principales causas que llevan a los criterios para la disponibilidad de producto no conforme, llegará a identificar la causa raíz, y el costo real de pérdida.

El análisis de causas, para confirmar cuales son las causas y frecuencia de las no conformidades que llegan a dar pérdidas, Económicas a la empresa, en los productos que van a **Desecho y Consumo Interno**, fue considerando especificaciones fisicoquímicas, organolépticas y apariencia, según la norma técnica del producto, luego se analizó la Capacidad del proceso de envasado, y cantidad producida por formato y sabor.

- ✓ **Consumo Interno** (CO2 bajo, Brix bajo, Brix alto, contenido neto bajo, pH bajo, mala apariencia, acidez baja, ozono bajo, Concentración baja, botellas chatas).
- ✓ **Desecho** (CO2 o Brix críticos (muy bajos), sabor, olor extraños).

- ✓ **Retención Preventiva** (Envases sucios, Tapas Mezcladas, Mal capsulado, Sin codificación, CO2 alto, falta de etiqueta).

3.1.7.4 OTRAS VARIABLES CRÍTICAS DE CONTROL (PROCESO, OPERACIÓN, EQUIPO, Y ENVASE)

Operación.- Baja los Brix y C02 ¿por descuido en mal arranque de equipo?

¿Por precipitada autorización del supervisor o presión para el arranque?,

¿Por qué el re arrancar para otro formato no se realizó desde cero?

¿Por qué la llenadora no sopló mucho y existe restos de agua?

Equipo.- ¿Mala codificación por mal tapado? ¿Perturbación en Mixer?

¿Las válvulas de venteo cerradas o con mala apertura? ¿Contenido neto bajo?,

¿Objeto extraño por válvulas de venteo dentro?

Proveedor de envases.- ¿Envases sin etiquetas? ¿Etiquetas defectuosas?

3.1.7.5 DIAGRAMA DE ESPINA DE PESCADO PARA IDENTIFICAR LAS CAUSAS Y EFECTOS DE LAS VARIABLES CRÍTICAS DE CONTROL

Tabla Nº 10: Diagrama de Espina de Pescado

1. ELABORACIÓN DE JARABES

Mano de Obra	Máquina	Método	ELABORACIÓN DE JARABES
Dosificación	Balanza des calibrada	Mezcla no adecuada	
	Mezclador apagado	Cantidades según especificaciones	
	Falla de Mezclador	Cambio de jarabe	
ELABORACIÓN DE JARABES			
º Brix	Corte de energía eléctrica	Azúcar	
Cantidad de concentrado		Agua tratada	
Control de agua tratada		Concentrado	
Medición	Medio Ambiente	Materia Prima	

2. CARBONATACION

Mano de Obra	Máquina	Método	
Dosificación	Deficiente regulación	Dosificación	
	Tanque de CO2	Re arranque de línea	
	Falta de Presión de aire (LLN)	Perturbación	
	Intercambiador de CO2		
CO2	Corte de energía eléctrica	CO2	CARBONATACION
Medición	Medio Ambiente	Materia Prima	

3. MIXER

Mano de Obra	Máquina	Método	
Dosificación	Balanza des calibrada	Mezcla no adecuada	
° Brix	Falla de Mixer	Cambio de Jarabe	
Contenido de CO2	Mixer apagado	Perturbación de dosificadores	
Concentrado Sabor)	Deficiente regulación	Arranque de línea	
	Falla en el sensor de CO2	Fin de producción	
	Congelamiento de ducto de CO2		
	Falla de válvula del carbonatador		
	Falla de bomba del carbonatador		
Contenido de CO2	Corte de energía eléctrica	Azúcar	MIXER
° Brix		CO2	
Sabor		Agua tratada	
Contenido de CO2		Concentrado	
Medición	Medio Ambiente	Materia Prima	

4. LLENADORA

Mano de Obra	Máquina	Método	
Dosificación	Balanza des calibrada	Torque Alto	
Falta envases	Llenadora	Re arranque de línea	
Falta etiquetas	Codificación Borrosa	Inicio de Producción	
	Deficiente regulación	Fin de Producción	
	Sin Codificación	Cambio de jarabe	
	Envases sin etiquetas		
	Falla de Válvula		
° Brix	Corte de energía eléctrica	Etiquetas defectuosas	LLENADORA
CO2		Envases	
Sabor		Tapas	
Contenido Neto bajo			
Medición	Medio Ambiente	Materia Prima	

Fuente: Elaboración propia en base a análisis datos proporcionados por el Departamento de Aseguramiento de la Calidad

Esta herramienta visual es para identificar con mayor probabilidad las causas originales de los problemas ó efectos. Esquemáticamente muestra varias influencias, que explora y despliega, todas las causas posibles y una combinación de variables relacionadas al problema, y a los factores que pueden condicionar el proceso productivo.

La variabilidad de las características de calidad, es un efecto observado que tiene múltiples causas, que puedan generar la fluctuación de las características de calidad, para esto, se determina en forma sistemática líneas de causas secundarias hacia la principal, como: Mano de Obra, Maquinaria, Método, Medición, Medio ambiente y Materias Primas, incorporando en cada rama factores más detallados que se puedan considerar las causas de fluctuación.

3.2 ETAPA DE MEDICION

Medir y Recopilar Datos: En este segundo paso del proyecto, el equipo recopila datos profundos y parametrizables acerca del proceso a intervenir (errores, desviaciones, etc.), preparándolos para un análisis de alto nivel, nos basamos en el esquema de causa efecto efectuado en la anterior etapa.

En esta etapa, se miden las variables Críticas principales (**X**) que afectan ó impactan a las variables de salida en el proceso **Y(x)**, y se verifica que las variables críticas para la calidad de los productos, puedan medirse en forma consistente. Se empezará con los datos, actuales proporcionados de la gestión 2008, y cuyo desempeño quiere mejorarse. Con la medición de la gestión 2008, se establece la magnitud del problema y generará el resultado base para encontrar la solución y asegurar que estas mediciones se hacen en forma consistente, ya que a través de estos variables se medirá el impacto del proyecto de mejora. Para asegurar con mayor precisión la

identificación del problema, también se analiza, mediante mediciones, los datos de los registros Históricos de los años 2005- 2008. Con esta etapa se verá el estado en cuanto a capacidad, coherencia con los datos actuales respecto a las variables, estabilidad y ver la magnitud de la variabilidad a través del tiempo. Estas mediciones se apoyan con técnicas y herramientas estadísticas utilizando los Softwares,(Statgraphics Centurion XV y MINITAB).

Para las mediciones se tomaron en cuenta, los controles que elabora los departamentos de producción y aseguramiento de la calidad, realizados por medio de ensayos, a muestras tomadas con una frecuencia establecida y especificaciones determinadas para cada producto, los criterios que llevan a disposición a desecho y consumo interno que llevan al mayor porcentaje de pérdida, y otras variables, como capacidad de proceso, fallas de equipo, operación, que considerar para llegar a la causa raíz.

3.3 MEDICIÓN DE FUENTES Y CAUSAS DE VARIABLES

3.3.1 MEDICIÓN POR LÍNEA DE ENVASADO EN PRODUCCIÓN (DATOS GESTIÓN 2008)

¿Cuál es la Línea de Producción que mayor número de Producto No Conforme genera?

3.3.1.1 MEDICION DE CAPACIDAD DE PROCESO Y ESTABILIDAD DE LA LÍNEA KRONES-90

Realizando la distribución Binomial tenemos:

Datos/Variable: NO CONFORMES

Meta: 5.0

Distribución: Binomial

Número de muestras = 279

Tamaño promedio de muestra = 36329.2

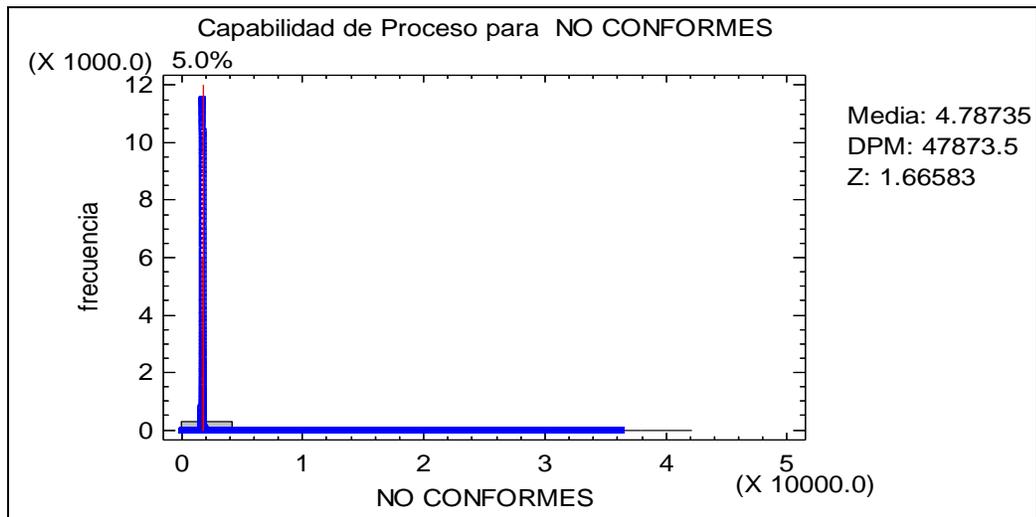
Porcentaje defectuosos medio = 4.78735

Tabla N° 11: Resultado de Distribución Binomial para Línea Krones - 90

	Estimado	Límite Inferior 95%	Límite Superior 95%
Porcentaje defectuoso promedio	4.78735	4.7742	4.8005
Defectos por millón	47873.5	47742.0	48005.0
Z de proceso	1.66583	1.66716	1.66452
Límites de tolerancia (tamaño de muestra promedio)		1660	1819

Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción del departamento de producción

Gráfico N° 14: Resultado de Distribución Binomial para Línea Krones - 90



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por Software Statgraphics Centurion XV.

Para determinar la capacidad del proceso y estabilidad de la línea, mediante distribución Binomial (utilizando el Software Statgraphics Centurion XV, que

se obtiene en la Tabla N° 11 y Gráfico N° 14, se tomaron un promedio de 36329 muestras de las cuales, 279 valores de No Conformes tienen un promedio de 4.78735% ítems defectuosos.

Esto es igual a 47873.5 defectos por millón de ítems. Los límites de confianza del 95.0% indican que el porcentaje medio de ítems defectuosos en la población muestreada puede, en realidad, estar en algún lugar entre 4.7742 y 4.8005.

El valor Z de proceso convierte el porcentaje promedio de defectuosos en un índice de capacidad similar a los calculados cuando se evalúa la culpabilidad de datos continuos. En la mayoría de los casos, es deseable un valor Z de, al menos, 4.

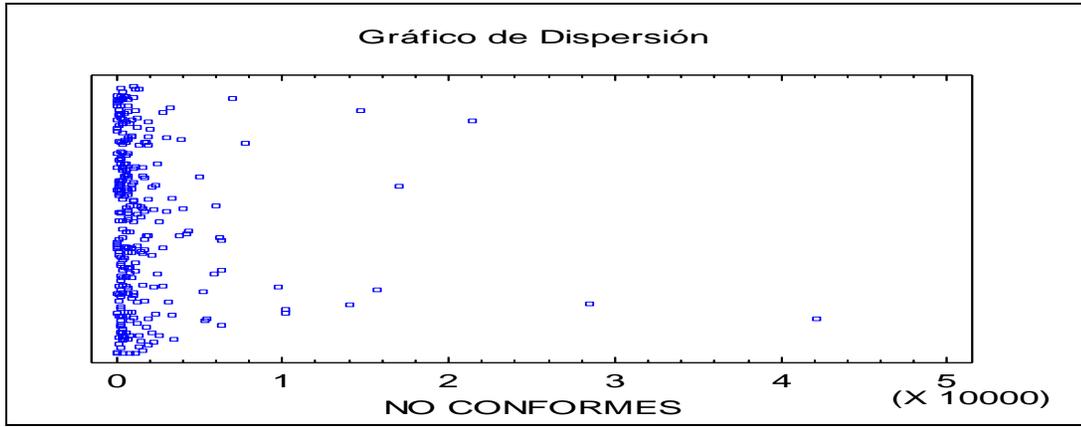
Los límites de tolerancia muestran la variabilidad probable entre las muestras en la población. En este caso, 95.0% de todas las muestras de tamaño promedio puede esperarse que tengan entre 1660.0 y 1819.0 de ítems defectuosos.

**Tabla N° 12: Resumen Métricas Estadísticas para Producto
No Conforme en Línea Kronos - 90**

Recuento	279
Promedio	1739.2
Desviación Estándar	3932.22
Coefficiente de Variación	226.093%
Mínimo	6.0
Máximo	42120.0
Rango	42114.0
Sesgo Estandarizado	42.7771
Curtosis Estandarizada	172.254

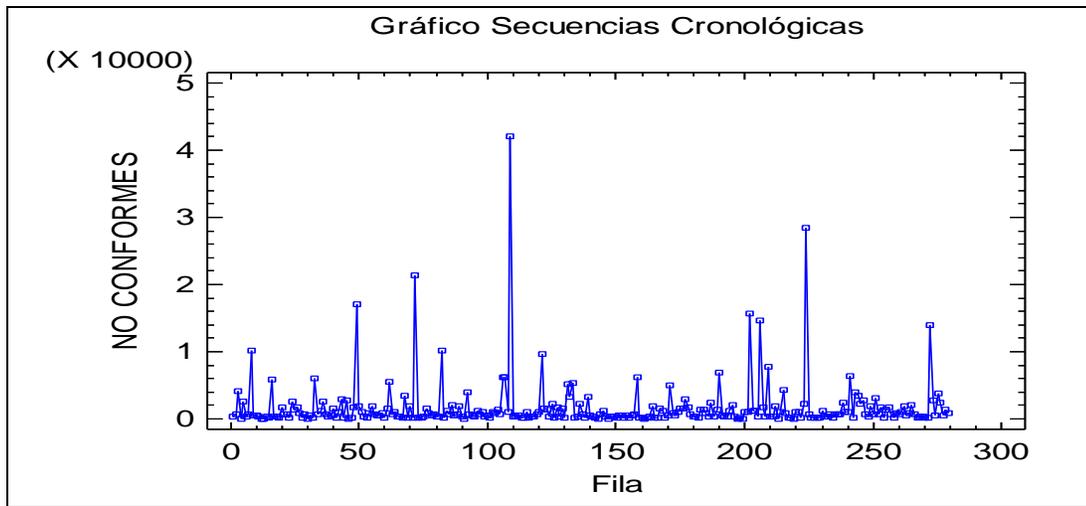
Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción del departamento de producción

**Gráfico N° 15: Resumen Métricas Estadísticas para Producto
No Conforme en Línea Krones - 90**



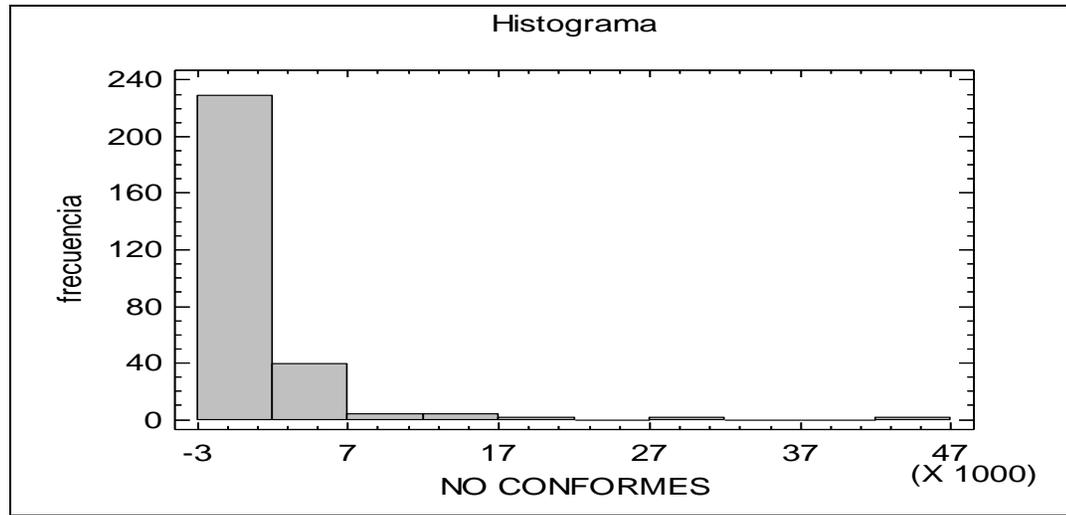
Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*.

**Gráfico N° 16: Resumen Métricas Estadísticas para Producto
No Conforme en Línea Krones - 90**



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*.

**Gráfico N° 17: Resumen Métricas Estadísticas para Producto
No Conforme en Línea Krones - 90**



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*.

Esta tabla de resumen (Tabla N° 12) y las graficas de Dispersión, Secuencia Cronológicas e Histograma (Gráfico N° 16; Gráfico N° 17), muestran las métricas estadísticas que resumen para la variable de Producto No Conforme de la línea KRONES - 90. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma.

De particular interés aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. En este caso, el valor de sesgo estandarizado no se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada no se encuentra

dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

- **Gráficos de Control Individuales - No Conformes**

Número de observaciones = 279

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

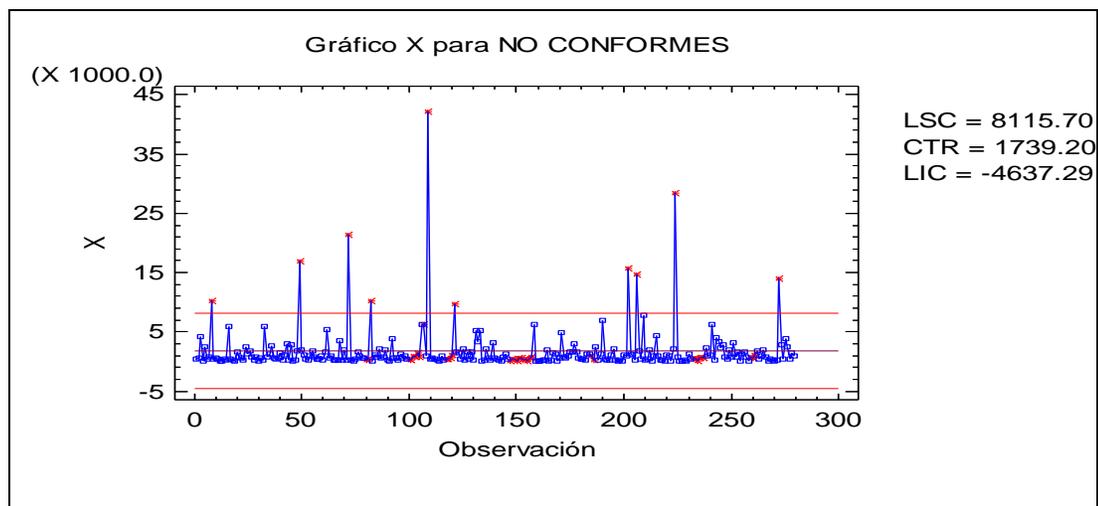
Tabla N° 13: Gráfico X de Control Individuales - No Conformes

Gráfico X

<i>Período</i>	#1-279
LSC: +3.0 sigma	8115.7
Línea Central	1739.2
LIC: -3.0 sigma	-4637.29

11 fuera de límites

Gráfico N° 18: Gráfico X para No Conformes



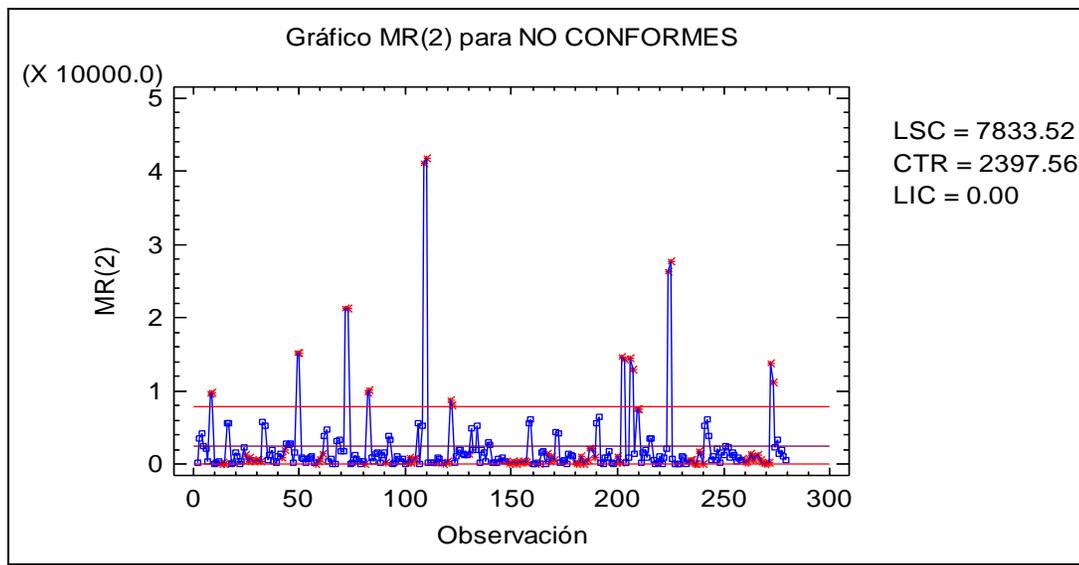
Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por Software Statgraphics Centurion XV

Tabla Nº 14: Gráfico MR(2)

Período	#1-279
LSC: +3.0 sigma	7833.52
Línea Central	2397.56
LIC: -3.0 sigma	0.0

20 fuera de límites

Gráfico Nº 19: Gráfico MR(2) para No Conformes



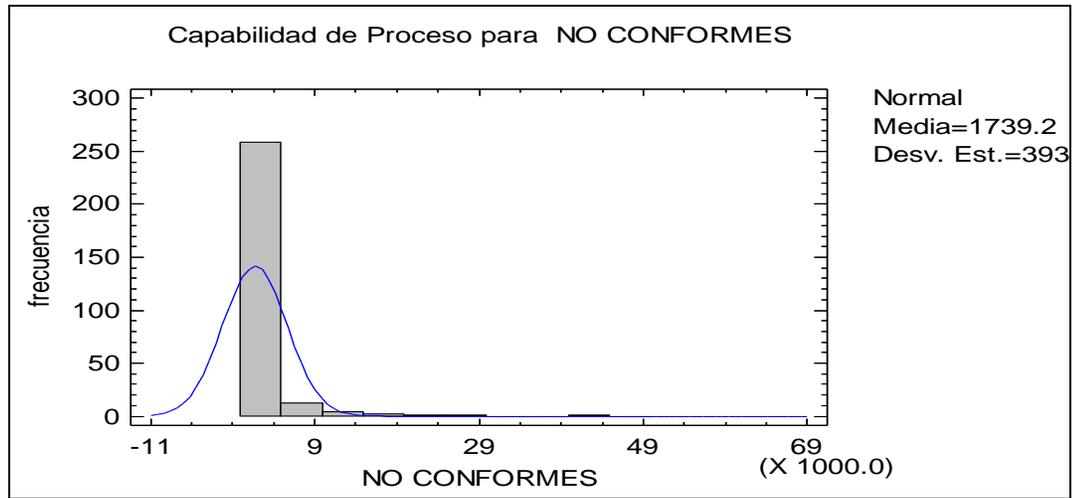
Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*.

Tabla Nº 15: Estimados

Período	#1-279
Media de proceso	1739.2
Sigma de proceso	2125.5
MR(2) promedio	2397.56

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

Gráfico N° 20: Capacidad de Proceso para No Conformes



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por Software Statgraphics Centurion XV

Este procedimiento estadístico, crea un *Gráfico de Control de valores individuales para los productos No Conformes de la línea KRONES 90*. Está diseñada para permitirle determinar si los datos provienen de un proceso en un estado de control estadístico.

Los gráficos de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 1739.2 y una desviación estándar igual a 2125.5. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos del número de observaciones. De los 279 puntos no excluidos mostrados en el primer Gráfico (X), 10 puntos se encuentran fuera de los límites de control, mientras que en el segundo Grafico MR(2) 20 puntos, están fuera de límites. Puesto que la probabilidad de que aparezcan 10 ó más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 0.0 si los datos provienen de la distribución supuesta, se puede declarar que el proceso está fuera de control con un nivel de confianza del 95%. Por lo que *el proceso se puede considerar inestable o variable, pero capaz*.

3.3.1.2 MEDICIÓN DE CAPABILIDAD DE PROCESOS Y ESTABILIDAD (PORCENTAJE DEFECTUOSO) - PRODUCTO NO CONFORME (LÍNEA KRONES-108)

Realizando la distribución Binomial tenemos:

Datos/Variable: PRODUCTO NO CONFORME (LINEA KRONES-108)

Meta: 5.0 (%)

Distribución: Binomial

Número de muestras = 426

Tamaño promedio de muestra = 4102.98

Porcentaje defectuosos medio = 2.93488

Tabla Nº 16: Resultado de Distribución Binomial para Línea Krones - 108

	<i>Estimado</i>	<i>Límite Inferior 95%</i>	<i>Límite Superior 95%</i>
Porcentaje defectuoso promedio	2.93488	2.90986	2.95996
Defectos por millón	29348.8	29098.6	29599.6
Z de proceso	1.89045	1.89421	1.88672
Límites de tolerancia (tamaño de muestra promedio)		100	142

Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción.

Gráfico Nº 21: Resultado de Distribución Binomial para Línea Krones – 108



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por Software Statgraphics Centurion XV

Para determinar la capacidad del proceso y estabilidad de la línea, mediante distribución Binomial (utilizando el Software Statgraphics Centurion XV, que se obtiene en la Tabla N° 16 y Gráfico N° 21, se tomaron un promedio de, 4102.98 muestras, de las cuales 426 Valores de Producto No Conforme tienen un promedio de 2.93488% ítems defectuosos.

Esto es igual a 29348.8 defectos por millón de ítems. Los límites de confianza del 95.0% indican que el porcentaje medio de ítems defectuosos en la población muestreada puede, en realidad, estar en algún lugar entre 2.90986 y 2.95996. El valor Z de proceso convierte el porcentaje promedio de defectuosos en un índice de capacidad similar a los calculados cuando se evalúa la capacidad de datos continuos. En la mayoría de los casos, es deseable un valor Z de, al menos, 4. Los límites de tolerancia muestran la variabilidad probable entre las muestras en la población. En este caso, 95.0% de todas las muestras de tamaño promedio puede esperarse que tengan, límites de tolerancia, entre 100.0 y 142.0 de ítems defectuosos.

- **Gráficos de Control Individuales de la Línea KRONES - 108 de Producto No Conforme**

Número de observaciones = 426

0 observaciones excluidas

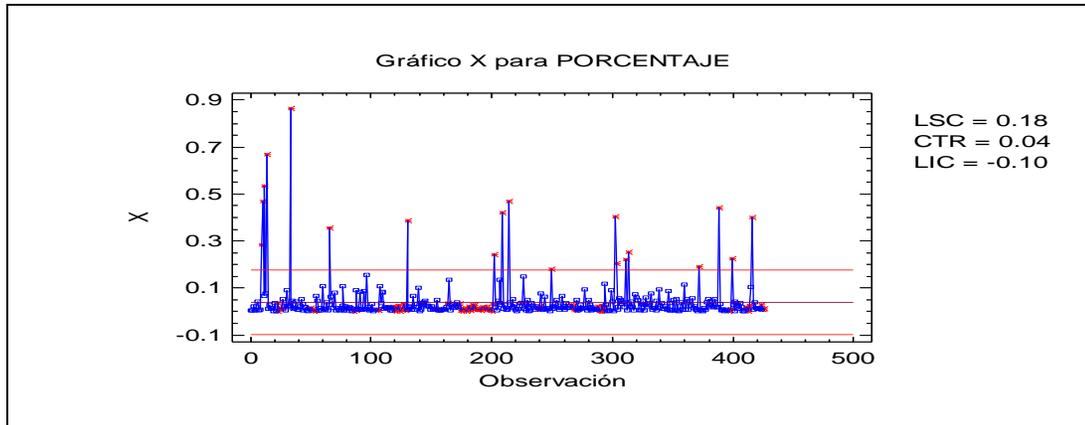
Distribución: Normal

Transformación: ninguna

Tabla N° 17: Gráfico X

<i>Período</i>	#1-426
LSC: +3.0 sigma	0.176055
Línea Central	0.0396051
LIC: -3.0 sigma	-0.0968449

19 fuera de límites

Gráfico N° 22: Gráfico X para Porcentaje

Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

Tabla N° 18: Estimados

<i>Período</i>	#1-426
Media de proceso	0.0396051
Sigma de proceso	0.0454834
MR.(2) promedio	0.0513052

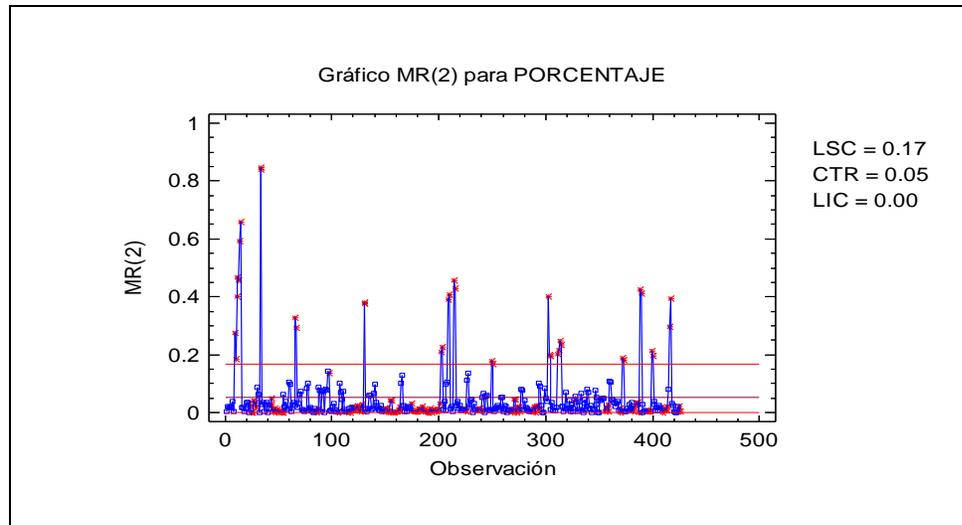
Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

Tabla N° 19: Gráfico MR(2)**Gráfico MR. (2)**

<i>Período</i>	#1-426
LSC: +3.0 sigma	0.167629
Línea Central	0.0513052
LIC: -3.0 sigma	0.0

35 fuera de límites

Gráfico N° 23: Gráfico MR(2) para Porcentaje



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

Este procedimiento estadístico, crea un *Gráfico de Control de valores individuales para el porcentaje de producto No Conforme de la línea KRONES 108*. Está diseñada para permitirle determinar si los datos provienen de un proceso en un estado de control estadístico. Los gráficos de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 0.0396051 y una desviación estándar igual a 0.0454834.

Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos de número de observaciones. De los 426 puntos no excluidos mostrados en el primer gráfico (x), 19 puntos se encuentran fuera de los límites de control, mientras que en el segundo gráfico MR(2), 35 puntos están fuera de límites.

Puesto que la probabilidad de que aparezcan 19 ó más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 0.0 si los datos provienen de la distribución

supuesta, se puede declarar que el proceso *está fuera de control con un nivel de confianza del 95%*.

Analizando en conjunto las dos líneas tenemos:

3.3.1.3 MEDICIÓN CAPABILIDAD DE PROCESOS (Porcentaje Defectuoso) - PRODUCTO NO CONFORME (LÍNEA KRONES-90 Y LÍNEA KRONES-108)

- **Realizando la distribución Binomial para las dos líneas tenemos:**

Datos/Variable: PRODUCTO NO CONFORME

Meta: 5.0 %

Distribución: Binomial

Número de muestras = 1168

Tamaño promedio de muestra = 4835.33

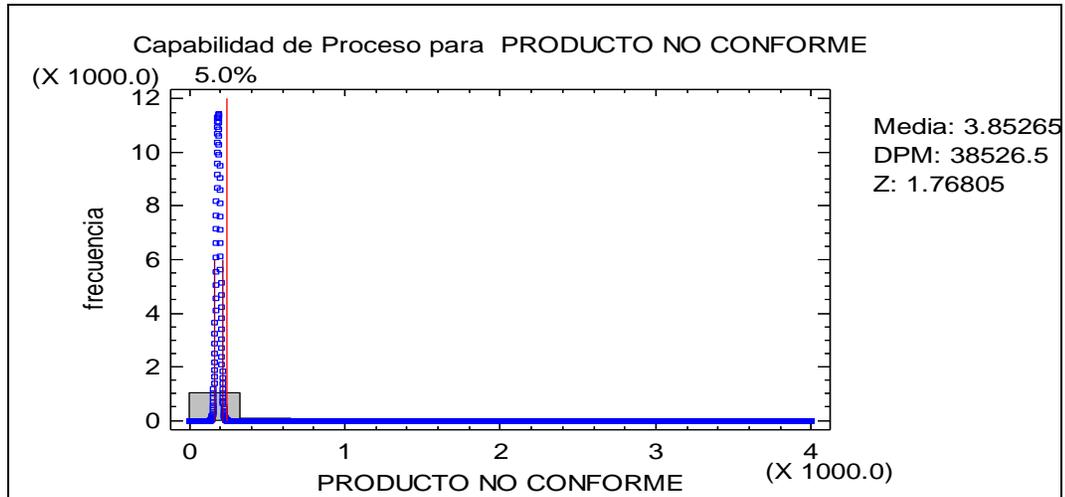
Porcentaje defectuosos medio = 3.85265

Tabla Nº 20: Índices de Capabilidad y Desempeño Distribución Binomial, para las Líneas Krones 90 Y 108

	Estimado	Límite Inferior 95%	Límite Superior 95%
Porcentaje defectuoso promedio	3.85265	3.83678	3.86854
Defectos por millón	38526.5	38367.8	38685.4
Z de proceso	1.76805	1.76995	1.76615
Límites de tolerancia (tamaño de muestra promedio)		161	213

Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción

Gráfico N° 24: Resultado de Distribución Binomial para las Líneas Krones 90 Y 108



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

Para determinar la capacidad del proceso y estabilidad de las líneas KRONES 90 Y 108 mediante distribución Binomial, se tomaron todos los datos de la cantidad de bebidas que proporcionan no conformidades en las dos líneas (utilizando el Software Statgraphics Centurion XV), se obtienen los resultados en la Tabla N° 20 y Gráfico N° 24, donde se tomaron un promedio de 4835.33 muestras, de 1168 muestras de *producto No Conforme*, obteniéndose un porcentaje medio de 3.85265 ítems defectuosos. Esto es igual a 38526.5 Defectos por Millón de ítems DPM. Los límites de confianza del 95.0% indican que el porcentaje medio de ítems defectuosos en la población muestreada puede, en realidad, estar en algún lugar entre 3.83678 y 3.86854. El valor Z de proceso convierte el porcentaje promedio de defectuosos en un índice de capacidad similar a los calculados cuando se evalúa la capacidad de datos continuos. En la mayoría de los casos, es deseable un valor Z de, al menos, 4. Los límites de tolerancia muestran la variabilidad probable entre las muestras en la población. En este caso, 95.0%

de todas las muestras de tamaño promedio puede esperarse que tengan entre 161.0 y 213.0 de ítems defectuosos.

- **Gráficos De Control Individual De La Línea KRONES 90 y 108 de Productos No Conformes**

Gráfico de Individuos - PORCENTAJE PRODUCTO NO CONFORME

Número de observaciones = 1168

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

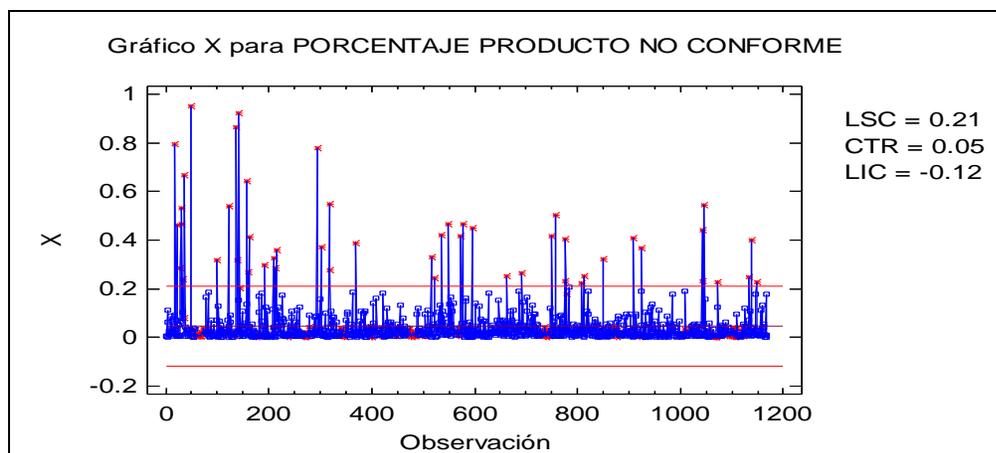
Transformación: ninguna

Tabla Nº 21: Gráfico X

Período	#1-1168
LSC: +3.0 sigma	0.211431
Línea Central	0.046724
LIC: -3.0 sigma	-0.117983

50 fuera de límites

Gráfico Nº 25: Gráfico X para Porcentaje Producto No Conforme



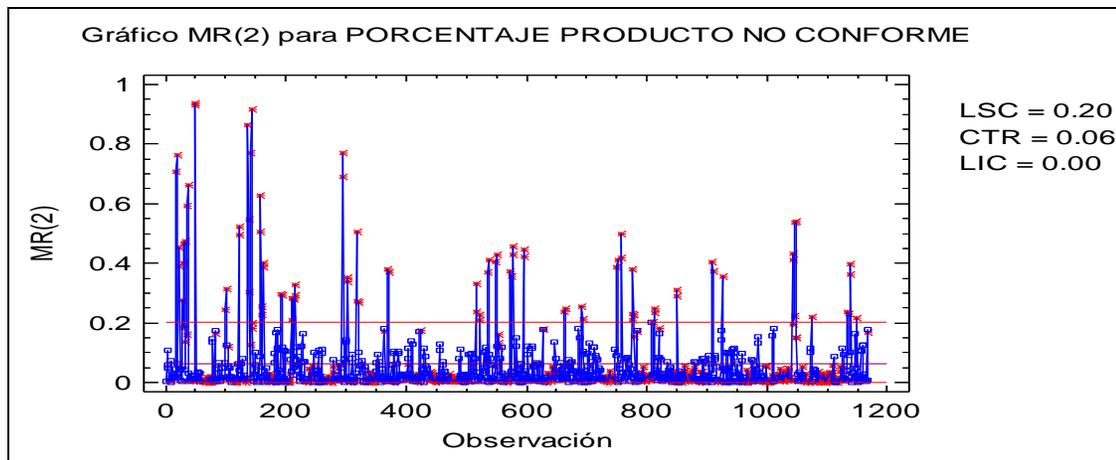
Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*.

Tabla N° 22: Gráfico MR(2)

Período	#1-1168
LSC: +3.0 sigma	0.202343
Línea Central	0.0619298
LIC: -3.0 sigma	0.0

89 fuera de límites

Gráfico N° 26: Gráfico MR(2) para Porcentaje producto No Conforme



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

Tabla N° 23: Estimados

Período	#1-1168
Media de proceso	0.046724
Sigma de proceso	0.0549023
MR.(2) promedio	0.0619298

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

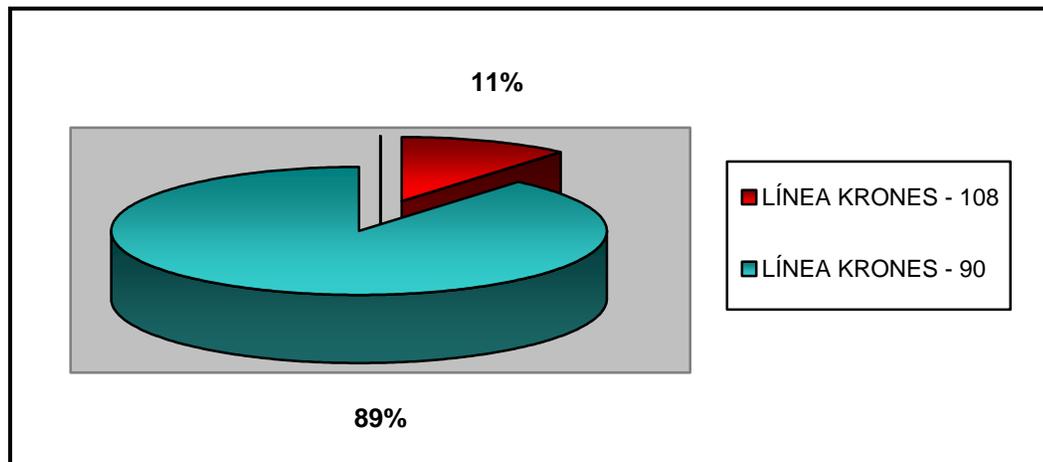
Los Gráficos de Control de valores individuales (X) y $MR(2)$ para los productos No Conformes de las líneas KRONES 90 y 108. Está diseñada para permitirle determinar si los datos provienen de un proceso en un estado de control estadístico. Los gráficos de control se construyeron bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una

media igual a 0.046724 y una desviación estándar igual a 0.0549023. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos de número de observaciones.

De los 1168 puntos observados, no excluidos, mostrados en el primer gráfico (X), *50 puntos, se encuentran fuera de los límites de control*, mientras que en el segundo gráfico MR(2), *89 puntos, están fuera de límites de control*. Puesto que la probabilidad de que aparezcan 50 ó más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 0.0, si los datos provienen de la distribución supuesta, se puede declarar que el proceso está fuera de control con un nivel de confianza del 95%.

En resumen podemos ver en la Gráfico N° 27, el porcentaje de productos no conforme de las líneas de producción KRONES 90 y 108

Gráfico N° 27: Porcentaje de Productos No Conformes Líneas de Producción Krones-90 y Krones-108 Embol S.A. Enero - Septiembre 2008



Fuente.- Elaboración propia en base a las mediciones anteriormente realizadas.

La Gráfico N° 27, muestra que en la Línea KRONES - 90 presenta el 89 [%] de producto No Conforme y la Línea KRONES -108 presenta el 11 [%] de la cantidad de litros de Bebida Terminada, pérdidas por Producto No Conforme.

Mediante la identificación de la variable crítica que causa mas falla en las Líneas KRONES 90 y 108 que procesan los productos, se concluye que la línea de producción que genera mayor cantidad de Productos No Conformes es la Línea Krones-90 con aproximadamente el 89[%] del total de Producto No Conforme, siendo la primera variable que se tomara en cuenta, para la determinación del problema objetivo.

3.3.2 MEDICIÓN DE VARIABLES DE PROCESO DESDE MATERIA PRIMA HASTA DISTRIBUCIÓN MEDIANTE MATRIZ CAUSA EFECTO

Para seguir explorando, las variables críticas del problema, se despliega una *Matriz de Causa y Efecto*, para enfatizar la importancia de entender los requerimientos de los clientes internos.

Relaciona las entradas del proceso de elaboración de bebidas a los CTQs (salidas), usando el mapa de procesos como primera fuente.

La puntuación CTQs (salidas), se determina según la importancia para el cliente. La puntuación de las entradas se determina según la relación con las salidas, resultando en un Pareto, que muestra cual proceso tiene más impacto.

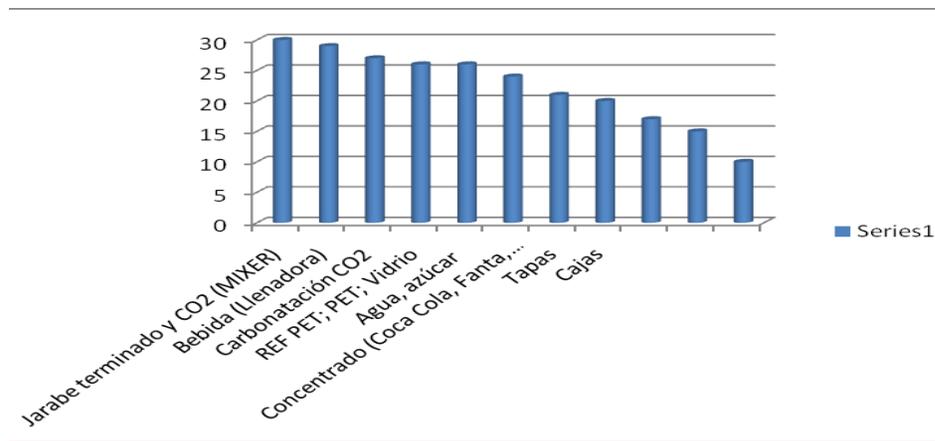
**Tabla Nº 24: Estimados Medición de Variables de Proceso desde
Materia Prima hasta Distribución Mediante Matriz Causa Efecto**

Reducción de Costo por la eliminación de X % de Producto No Conforme													
		1	3	10	11	9	7	8	6	5	2	4	
SALIDAS		Jarabe con Brix 10,22 a 10,52	Jarabe con Sabor Coca Cola BB(color, sabor, Apariencia) , Fanta BB(color, sabor, Apariencia) , y BX.	Jarabe terminado Coca Cola con CO2 de 3.6 a 4.1 , Fanta con CO2, etc.	Bebida con sabor °Brix, y CO2 según norma	Arranque de línea	Envases Preparados	Bebida Terminada, llenada según formato(19 0,375, 500, 1000, 1500, 2000)ml.	Tapas plásticas con torque 5 a 19	Inspección electrónica, y visual	Encajonad o Cajas plásticas, según Formato	Distribución	
	ENTRADAS												
	Agua, azúcar	8	5	3	3	3	2	2	2	1	2	1	36
	Concentrado (Coca Cola, Fanta, Sprite, etc.)	7	9	4	3	3	0	1	1	0	1	2	35
	Carbonatación CO2	3	3	9	7	6	0	4	0	0	1	2	41
	Jarabe terminado y CO2 (MIXER)	5	7	8	9	7	0	1	0	0	2	2	46
	Bebida (Llenadora)	1	2	5	8	8	2	5	1	1	2	4	44
	REF PET; PET; Vidrio	0	0	0	0	0	9	5	7	3	5	5	38
	Tapas	0	0	0	0	0	4	4	9	5	2	1	32
	Cajas	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	14
		24	26	29	30	27	17	26	20	10	15	21	

3.3.3 MEDICIÓN DE VARIABLES QUE DISTINGUEN EL ORDEN DE OCURRENCIA DEL PROBLEMA MEDIANTE - PARETO

La gráfica de Pareto permite distinguir y organizar los elementos en el orden descendente de frecuencias de ocurrencia, para escoger qué proceso atacar y en que orden (Regla del 80-20 "pocos vitales, muchos triviales").

Gráfico N° 28: Gráfica de Pareto



Fuente: Datos de registros de Producción, y Control de la Calidad, con Gráficos Estadísticos por MINITAB

- Esta es una herramienta simple para descubrir las causas más probables para análisis mayores.
- Relacióna las Entradas de un Proceso a los CTQs usando el mapa del proceso como primera fuente.
- La puntuación de las Entradas se determina según la relación con las Salidas.
 - A. **Resultado:** Pareto de Clave de Entradas para evaluar en el FMEA y los Planes de Control.
 - B. **Resultado:** Entrada en el paso Estudio de Capacidad en la Fase de Medición.

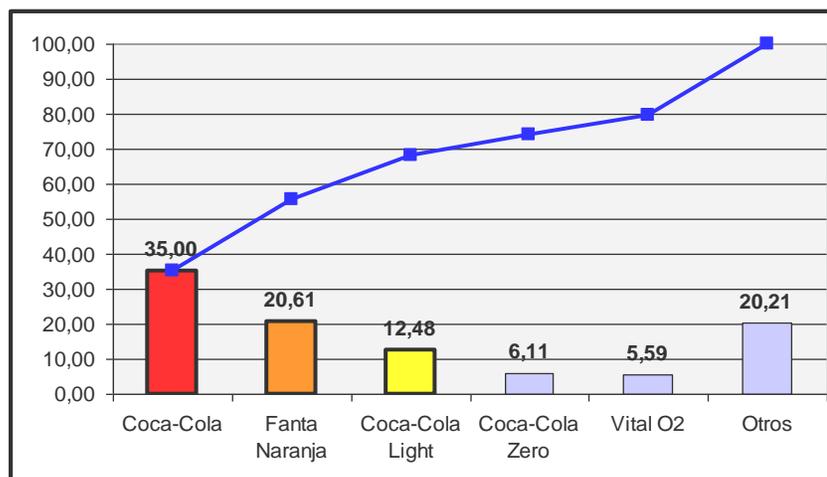
C. Resultado: Entrada en la evaluación inicial del Plan de Control del proceso.

Con las mediciones de las técnicas estadísticas de Matriz de Causa - Efecto y Pareto, encontramos que hay varias variables críticas, relacionadas a la elaboración, donde la Puntuación de las entradas, según la relación de las salidas, es similar, lo que se aprecia también en un efecto Pareto no claro, que no se demuestra las causas “pocas vitales”.¹⁴ Por esta razón se realizan las mediciones de las diferentes variables para ver el impacto, tomando en cuenta datos del último año, en análisis y luego el histórico.

3.3.4 MEDICIÓN DE VARIABLE POR SABOR DE BEBIDA (GESTIÓN 2008)

¿Cuál sabor de Bebida es el que genera mayor cantidad de Producto No Conforme?

**Gráfico N° 29: Diagrama de Pareto de Producto No Conforme
Línea Krones-90 Embol S.A., Enero - Septiembre 2008 [Litros Bebida]**



Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad EMBOL S.A.

¹⁴ Escalante, E., (2005). Seis Sigma Metodologías y Técnicas. México: Limusa.

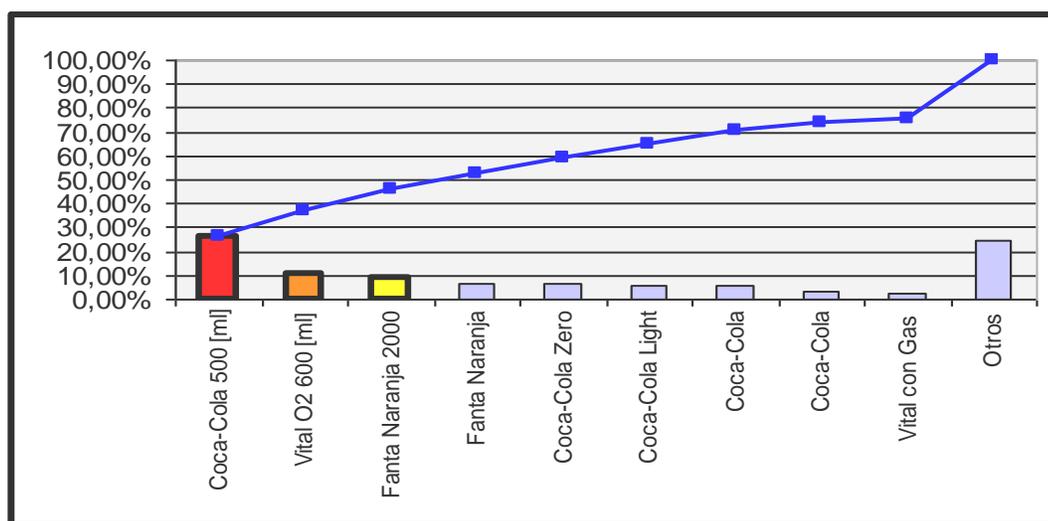
La Gráfico N° 29 de PARETO, muestra la medición de cantidad de botellas de producto terminado No Conforme, en cuanto a Sabores de las bebidas producidas en la gestión 2008.

Según la frecuencia tenemos principalmente los siguientes sabores de productos que causan según proporción numérica no conformidad: *Coca-Cola*, con aproximadamente el 35 %, *Fanta Naranja* con el 20,61% y *Coca-Cola Light* con 12,48%.

3.3.5 MEDICIÓN DE VARIABLES POR SABOR, FORMATO Y TIPO DE ENVASE DE PRODUCTO NO CONFORME

¿Cuál es el formato, tipo de envase y que sabor genera mayor cantidad de Producto No Conforme?

Gráfico N° 30: Diagrama de Pareto Producto No Conforme
Línea Kronen - 90 Embol S.A. Enero - Septiembre 2008
[Envases De Producto Terminado]



Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad EMBOL S.A.

El Gráfico N° 30, muestra la medición de botellas de producto terminado en cuanto a sabores, tipo de envase y formatos, que se rechazó por No Conformidad en la gestión 2008.

Por el diagrama se puede determinar que los productos que tienen mayor efecto a los problemas, dando mayor número de No Conformidades son: *Coca-Cola de 500 ml en envase PET con aproximadamente el 27% del Total de Producto No Conforme, seguido de Agua Vital de 600 ml en envase PET con un 12%, Fanta Naranja 2000 ml en envase PET con 10%, Coca-Cola de 500 ml en envase PET, Agua Vital O2 de 600 ml en envase PET y Fanta Naranja de 2000 ml en envase PET.*

La determinación de estas variables críticas de control (sabor, formato, tipo de envase) que causan los productos que tienen mayor no conformidad, (Coca Cola 500 ml PET y Fanta Naranja 2000 ml PET) llevan a realizar, mayores mediciones, mediante herramientas estadísticas, para asegurar el problema y llevar al análisis para la mejora y reducción de la no conformidad.

3.3.6 MEDICIÓN DE CAUSAS DE NO CONFORMIDAD, MEDIANTE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA COCA-COLA 500 ml ENVASE PET (GESTIÓN 2008)

Según los resultados obtenidos COCA-COLA 500 ml en envase PET de la Línea KRONES-90, es el producto con más no conformidades en Sabor, Formato y Envase, y se puede ver en la Tabla N° 25 que existen 89160 envases que se pierden por producto no conforme de Coca Cola de 500 ml en la gestión 2008.

Tabla Nº 25: Cantidad de Producto No Conforme Coca - Cola 500 MI
Linea Krones - 90 Embol S.A. Gestión 2008

Lote	Fecha	Producto No Conforme [Cajas]	Producto No Conforme [Envases]	Producción [Cajas]	Producción [Envases]	% Producto No Conforme [Cajas]	% Producto No Conforme [Envases]
11	08-ene-08	851	10212	6951	83412	0.122428428	12.24%
19	21-ene-08	489	5868	4289	51468	0.11401259	11.40%
25	24-ene-08	57	684	4739	56868	0.012027854	1.20%
34	31-ene-08	58	696	4366	52392	0.013284471	1.33%
42	09-feb.-08	57	684	4257	51084	0.013389711	1.34%
79	11-mar-08	453	5436	3476	41712	0.130322209	13.03%
102	27-mar-08	12	144	4096	49152	0.002929688	0.29%
144	22-abr.-08	65	780	3938	47256	0.016505841	1.65%
181	12-may-08	31	372	5009	60108	0.00618886	0.62%
183	12-may-08	130	1560	4113	49356	0.031607099	3.16%
184	12-may-08	18	216	3148	37776	0.005717916	0.57%
287	25-jul.-08	1304	15648	2997	35964	0.435101768	43.51%
293	30-jul.-08	1227	14724	2693	32316	0.455625696	45.56%
312	11-ago.-08	20	240	2361	28332	0.008470987	0.85%
321	18-ago.-08	2375	28500	3737	44844	0.635536527	63.55%
347	03-sep.-08	283	3396	4080	48960	0.069362745	6.94%
Total		7430	89160				

Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad EMBOL S.A.

Las herramientas estadísticas utilizadas son: Diagrama de PARETO y Graficas de Control para ver que defecto es el problema, y como está la capacidad del proceso, considerando la pregunta siguiente:

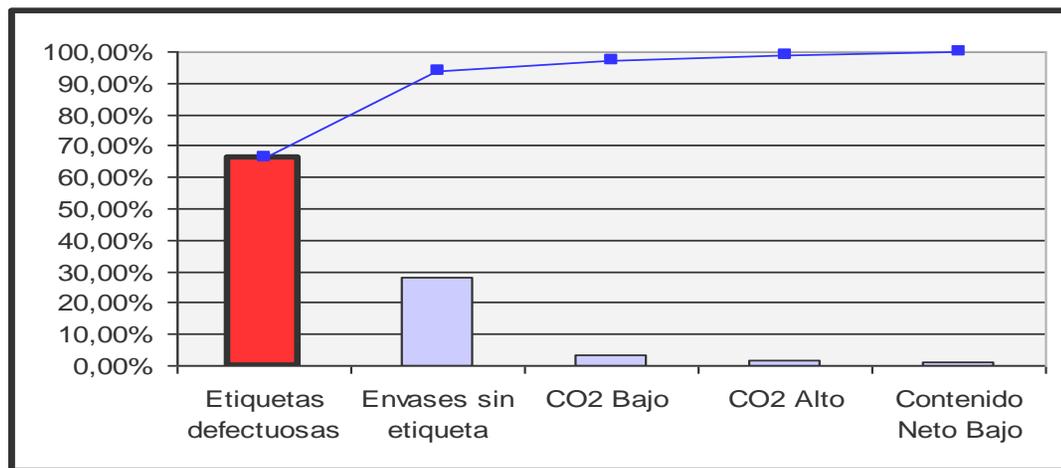
¿Cuál es el defecto ó no conformidad principal para que se genere Producto No Conforme?

3.3.6.1 MEDICIÓN MEDIANTE DIAGRAMA DE PARETO DE LAS CAUSAS DE PNC

En el Gráfico Nº 31 Diagrama de PARETO, se muestra la medición de datos de

producción de Coca-Cola de 500 ml y envase PET, conforme a las no conformidades de Producto Terminado, encontrado en la gestión 2008.

**Gráfico N° 31: Diagrama de Pareto de Causas de Producto No Conforme
Coca - Cola 500 MI Pet, Línea Krones - 90 Embol S.A.
Enero - Septiembre 2008**



Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Producción EMBOL S.A.

Mediante el análisis de los datos, se pudo determinar las mayores frecuencias de ocurrencia de los problemas vitales que causa la No Conformidad, dados por la presencia de *Etiquetas Defectuosas con aproximadamente el 63 %* y seguido de *producto sin etiquetas con 29% del Total de Producto No Conforme*.

3.3.6.2 MEDICIÓN MEDIANTE GRÁFICAS DE CONTROL DE LA CAPACIDAD DE PROCESO SEGÚN PRODUCCIÓN ESTIMADA DE COCA-COLA 500 ml envase PET (GESTIÓN 2008)

¿Cuánto es el grado con que el proceso satisface las especificaciones, según el estudio de la capacidad del proceso?

Para determinar la capacidad de proceso, se realiza gráficos de control, con los datos de la Tabla N° 25 dando el resultado siguiente:

- **Gráfico de Control o Individuos – Porcentaje Producto No Conforme Coca-Cola 500 ml**

Número de observaciones = 16

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

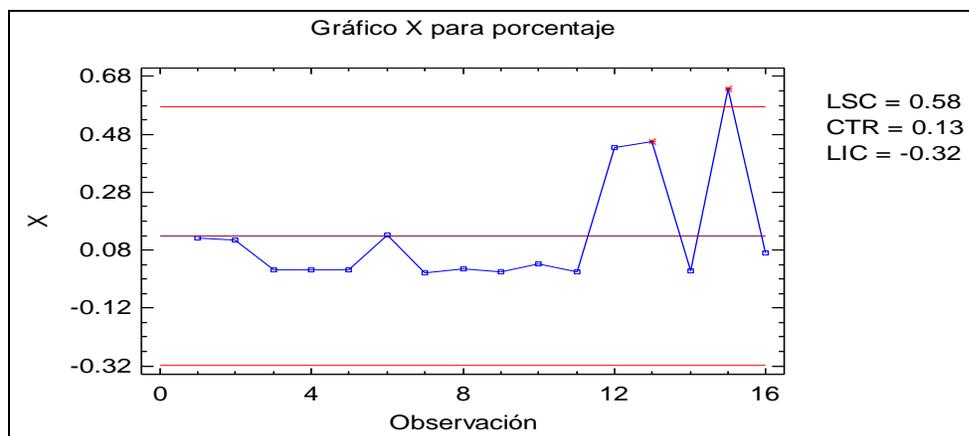
Transformación: ninguna

Tabla N° 26: Gráfico X

Período	#1-16
LSC: +3.0 sigma	0.576622
Línea Central	0.129532
LIC: -3.0 sigma	-0.317558

1 fuera de límites

Gráfico N° 32: Gráfico X para Porcentaje



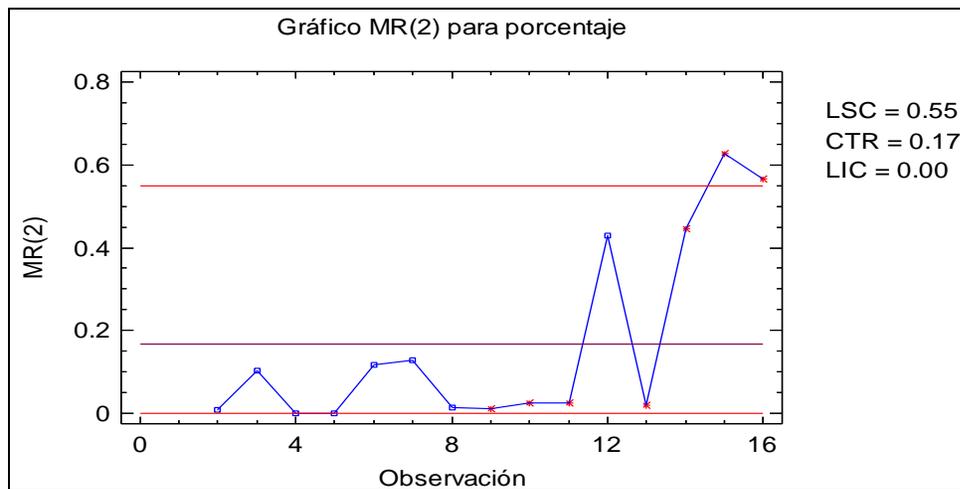
Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por Software Statgraphics Centurion XV

Tabla N° 27: Gráfico MR. (2)

Período	#1-16
LSC: +3.0 sigma	0.549251
Línea Central	0.168106
LIC: -3.0 sigma	0.0

2 fuera de límites

Gráfico N° 33: Gráfico MR (2) para Porcentaje



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

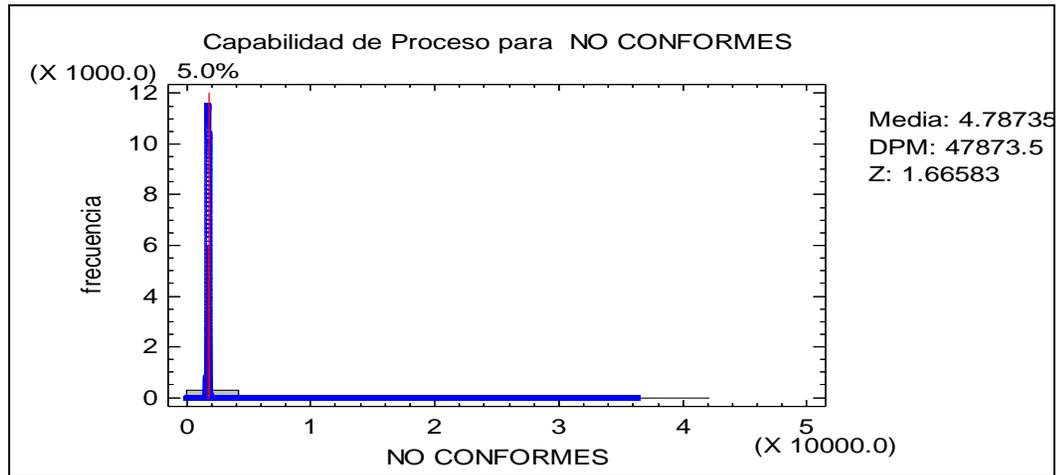
Tabla N° 28: Estimados

Período	#1-16
Media de proceso	0.129532
Sigma de proceso(desviación estándar)	0.14903
MR.(2) promedio	0.168106

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

- **Medición Capabilidad De Procesos**

Gráfico N° 34: Capabilidad de Proceso para No Conformes



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

Las gráficas de control se determinaron, para ver si el proceso está controlado. Se construyó bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 0.129532 y una desviación estándar igual a 0.14903.

Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos, de laboratorio. De los 16 números de observaciones, no excluidos mostrados en los gráficos, en el primer gráfico (X), 1 punto, se encuentra fuera de los límites de control, mientras que en el segundo gráfico MR (2), 2 puntos están fuera de límites.

Puesto que la probabilidad de que aparezcan 1 ó más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 0.000431901 si los datos provienen de la distribución supuesta, se puede declarar que el proceso está fuera de control con un nivel de confianza del 95%, por la variabilidad.

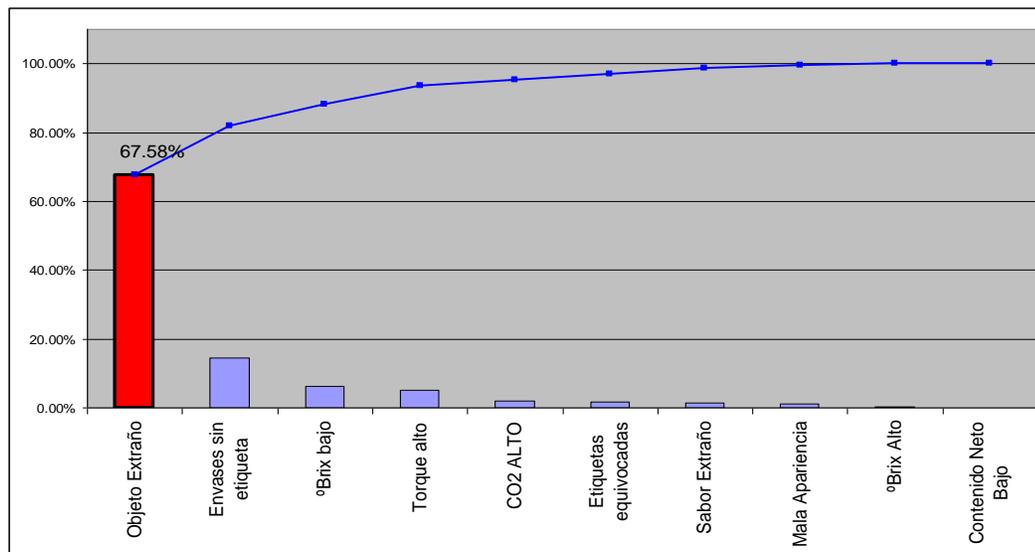
Dado que estos datos, no llevan a una conclusión clara, se determinarán, más análisis y mediciones de todos los productos no conformes.

3.3.7 MEDICION DE CAUSAS DE NO CONFORMIDAD MEDIANTE DIAGRAMA DE PARETO PARA FANTA NARANJA 2000 ml ENVASE PET

Según los resultados de productos no conformes en Sabor, Formato y Envase de la gestión 2008, el segundo producto que trae no conformidades es Fanta Naranja 2000 ml en envase PET de la Línea KRONES-90, las herramientas utilizadas para identificar la causa que genera el problema, será el Diagrama de PARETO, considerando la pregunta siguiente:

¿Cuáles son las causas que generan la presencia de Producto No Conforme?

Gráfico N° 35: Diagrama de Pareto de Causas de Producto No Conforme Fanta Naranja 2000 ml Pet, Línea Kronos - 90 Embol S.A. Enero - Septiembre 2008



Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad EMBOL S.A.

En la Gráfico N° 35 Diagrama de PARETO, se muestra la medición de datos de producción de Fanta Naranja 200 ml PET, tiene la no conformidad mayor, en un porcentaje de 67.58 por Objeto Extraño. Para esto se realizó un análisis de la causa de esta no conformidad, resultando que fue por la caída de una válvula de venteo, causa que lleva una identificación y separación del producto producido, como no conforme, separando toda la producción, para revisión del 100%, para ser identificado el producto con el objeto. Esta cantidad de producto separado, es verificado (peso y visor) uno por uno, hasta encontrar el problema, identificado el envase, los demás productos controlados entran como producto conforme, para ser reprocesado, significando *esta no conformidad es puntual, sin pérdida tan grande como muestran los datos registrados y no considerada general ni frecuente.*

3.3.8 MEDICIÓN DE PÉRDIDA ECONÓMICA POR PRODUCTO NO CONFORME GESTIÓN 2008

¿Cuál es el Producto que mayores pérdidas monetarias provoca?

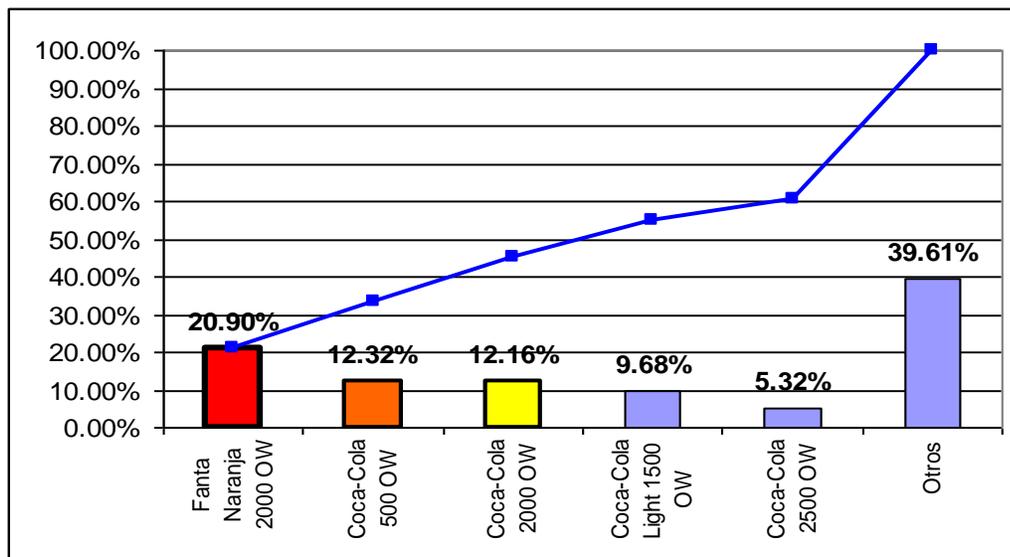
Tabla N° 29: Perdida Económica por Producto No Conforme (Gestión 2008)

PRODUCTO	FORMATO	ENVASE	CAJAS	COSTO [BOB/CAJA]	PERDIDA [BOB]	%	% acum
Fanta Naranja 2000 OW	2000	PET	10388	15,41	160079	20,90%	20,90%
Coca-Cola 500 OW	500	PET	7430	12,7	94361	12,32%	33,23%
Coca-Cola 2000 OW	2000	PET	6197	15,02	93079	12,16%	45,38%
Coca-Cola Light 1500 OW	1500	PET	7005	10,58	74113	9,68%	55,06%
Coca-Cola 2500 OW	2500	PET	2216	18,4	40774	5,32%	60,39%
Otros					303340	39,61%	100,00%
Total					765746		

Fuente:Elaboración Propia con base en datos proporcionados por Jefatura de Producción EMBOL S.A.

Se puede ver en la Tabla N° 29 que existe una pérdida económica de 765746 Bolivianos, y mostrados gráficamente en el diagrama de Pareto en porcentaje que bebida trajo más pérdida.

Gráfico N° 36: Diagrama de Pareto Pérdidas por Producto No Conforme
Línea Krones-90 Embol S.A. Enero-Septiembre 2008



Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad EMBOL S.A.

Según las mediciones realizadas a los datos generales de producción de productos no conformes, conforme a la pérdida económica, de las diferentes bebidas producidas en la gestión 2008, se puede ver en la Grafica N° 36 y Tablas N° 29 y 30, que se cambiaron los productos problema anteriormente identificados, por factores y variables diferentes como: tipos de envases, OW, PET; formatos diferentes, ó cantidades de volumen de bebida, que nos dan resultados diferentes.

Tabla N° 30: Datos de Producto y Costos de Pérdida

PRODUCTO	FORMATO	ENVASE	CAJAS	COSTO [Bob/CAJA]	PERDIDA BOB/CAJA	PERDIDA USD/CAJA
Fanta Naranja	2000	PET	10388	15,41	160079	22,642
Coca-Cola	500	PET	7430	12,7	94361	13,347
Coca-Cola	2000	PET	6197	15,02	93079	13,165
Coca-Cola Light	1500	PET	7005	10,58	74113	10,483
Coca-Cola	2500	PET	2216	18,4	40774	5,767
Coca-Cola	2000	REF PET	3534	8,33	29438	4,164
Vital O2	600	PET	3159	8,61	27199	3,847
Fanta Naranja	500	PET	1910	12,32	23531	3,328
Coca-Cola Zero	500	PET	1849	10,95	20247	2,864
Coca-Cola Zero	2000	PET	1686	11,78	19861	2,809
Coca-Cola	1500	PET	1525	12,9	19673	2,783
Fanta Naranja	2000	REF PET	1922	8,81	16933	2,395
Simba Guaraná	2000	PET	1052	15,6	16411	2,321
Tai Piña	2000	PET	1416	10,73	15194	2,149
Tai Naranja	2000	PET	896	10,65	9542	1,349
Sprite	2000	REF PET	1179	8,01	9444	1,336
Mineragua	2000	PET	644	11,86	7638	1,080
Simba Papaya	2000	PET	488	15,05	7344	1,039
Simba Manzana	2000	PET	443	15,44	6840	967
Simba Pomelo	2000	PET	373	17,4	6490	918
Simba Piña	2000	PET	390	15,4	6006	849
Mineragua	600	PET	529	10,87	5750	813
Sprite Zero	1500	PET	485	10,69	5185	733
Vital con Gas	600	PET	591	8,75	5171	731
Coca-Cola Light	500	PET	448	10,95	4906	694
Ginger Ale	1000	PET	582	7,91	4604	651
Fanta Mandarina	500	PET	407	11,17	4546	643
Vital Natural	600	PET	508	8,09	4110	581
Sprite Zero	500	PET	363	10,92	3964	561
Simba Durazno	2000	PET	252	15,29	3853	545
Fanta Mandarina	2000	REF PET	535	6,48	3467	490
Tai Frambuesa	2000	PET	280	10,75	3010	426
Vital con Gas	2000	PET	381	7,56	2880	407
Fanta Mandarina	2000	PET	157	13,19	2071	293
Sprite	500	PET	144	12,37	1781	252
Vital Natural	2000	PET	181	7,24	1310	185
Vital O2	2000	PET	177	7,24	1281	181
Coca-Cola Zero	1500	PET	112	10,56	1183	167
Sprite	2000	PET	71	14,71	1044	148
Fanta Zero	2000	PET	83	11,58	961	136
Fanta Zero	500	PET	46	10,25	472	67

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad EMBOL S.A

3.3.9 CONCLUSIÓN DE MEDICION DE VARIABLES CRÍTICAS GESTIÓN 2008

Los resultados de los datos de las mediciones realizadas a variables críticas consideradas para la gestión 2008, fueron muy puntuales y no frecuentes. La medición económica nos proporciono otra información de los productos identificados como problema.

La conclusión, nos llevan a que las mediciones debemos ampliar para un mejor análisis del problema e identificar las variables criticas, para reducir las no conformidades, que causan el daño económico.

Para este proceso, entraremos a aun análisis más exhaustivo, conforme a datos históricos de una fusión de diferentes gestiones (2005 al 2008), y realizar las mediciones con más variables críticas que entran al proceso de los productos.

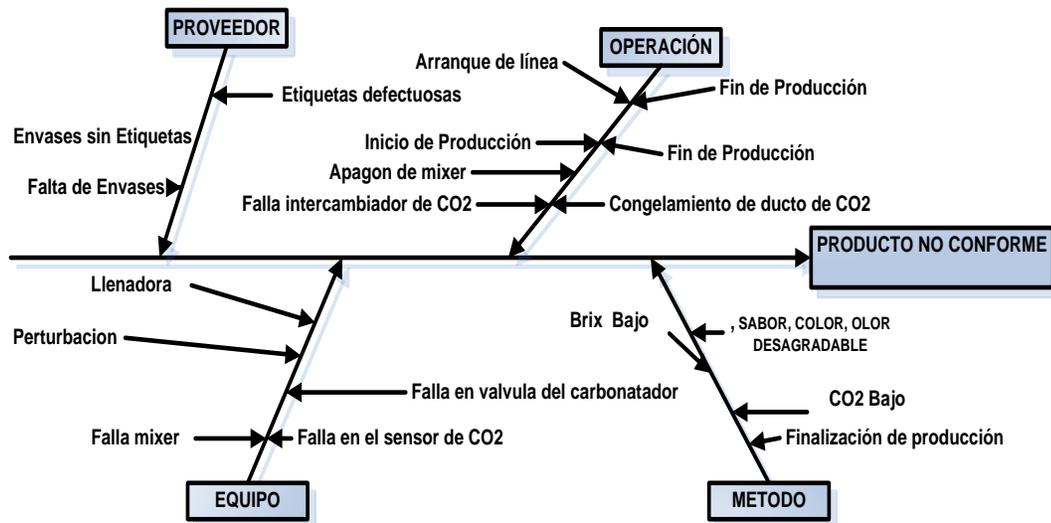
3.4 MEDICIÓN DE VARIABLES CRÍTICAS DE PRODUCTO NO CONFORME DE DATOS HISTÓRICOS (2005 A 2008)

Mediante la variabilidad de factores que pueden intervenir a través del tiempo (con datos históricos del 2005 al 2008), las mediciones, de las variables críticas para la calidad de los productos, se medirán mediante datos en forma consistente y la recopilación de los datos serán profundos y parametrizables acerca del proceso a intervenir y la magnitud de la variabilidad (errores, desviaciones ó no conformidades), con mayor precisión del problema que genera el resultado base y el impacto del proyecto de mejora.

Estas mediciones se apoyan con técnicas y herramientas estadísticas y el *Software Statgraphics Centurion XV*, donde Incluye medidas de Dispersión y

Secuencia Cronológica, Tendencia Central, con gráficos de control, Capacidad de Proceso, Medidas de Variabilidad del Producto (especificaciones técnicas) de Equipo, Operación y Medidas de Forma, que de alguna manera se esquematizan en la espina de pescado de causa efecto.

Gráfico N° 37: Espina de Pescado Causa Efecto



Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad EMBOL S.A

3.4.1 MEDICIÓN, DE DISPERSIÓN Y SECUENCIA CRONOLÓGICA, MEDIANTE GRÁFICOS DE CONTROL Y HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS DE DATOS DE PRODUCTO NO CONFORME (GESTIONES 2005-2008)

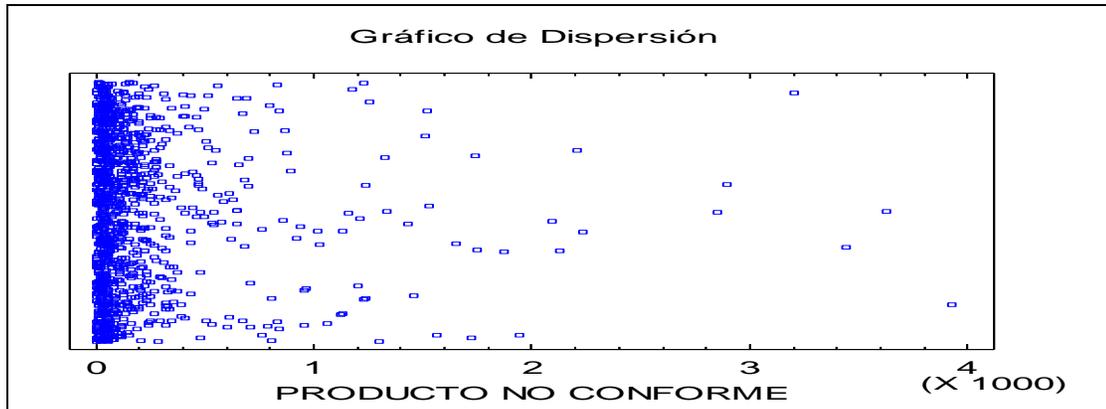
A continuación se presenta la medición de dispersión y secuencia cronológica mediante gráficos:

Gráfico N° 38: Diagrama de Dispersión

¹⁵Gráfico X - PRODUCTO NO CONFORME HISTÓRICO

Datos/Variable: PRODUCTO NO CONFORME

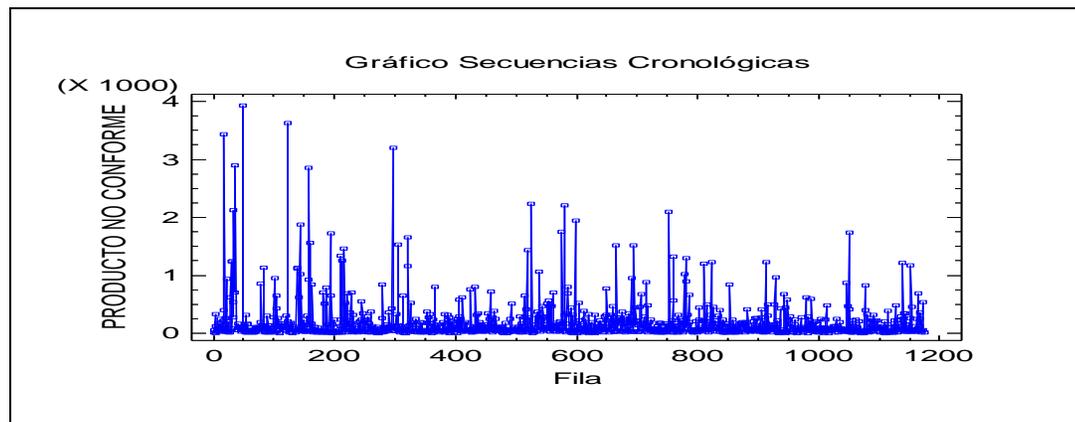
1167 valores con rango desde 1.0 a 3928.0



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

El gráfico de Dispersión ó de Correlación, permite estudiar las variables X y Y, donde confirma la estratificación de datos en función de las no conformidades por año.

Gráfico N° 39: Secuencia Cronológica



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

¹⁵ Gutiérrez, R. (2007). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. México: Mc. Graw Hill.

Tabla N° 31: Resumen Estadístico para Producto No Conforme

Recuento	1167
Promedio	186.32
Desviación Estándar	362.31
Coefficiente de Variación	194.455%
Mínimo	1.0
Máximo	3928.0
Rango	3927.0
Sesgo Estandarizado	72.7812
Curtosis Estandarizada	250.937

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad EMBOL S.A

La Tabla N° 31 muestra los resultados, estadísticos resumen, de las medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma, para Producto No Conforme de los registros históricos. Se muestra en el Gráfico N° 38 de Dispersión y Gráfico N° 39 de Secuencia Cronológica que en los primeros años (2005, 2006), existía mayor producto no conforme y que fue bajando, pasando el tiempo.

De particular interés de los mismos datos de registro histórico, usando el *Software Statgraphics Centurion XV*, se ve el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra, proviene de una distribución normal.

Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar.

En este caso, el valor de sesgo estandarizado no se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada no se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

3.4.2 GRÁFICOS DE CONTROL, PARA VER LA DISTRIBUCIÓN NORMAL O ESTADO DE CONTROL DEL PROCESO ESTADÍSTICO, DE PRODUCTO NO CONFORME HISTÓRICO

Para determinar las variaciones normales y anormales de los procesos de fabricación, se realizaron los gráficos de control.

El gráfico de control tiene una *Línea Central* que representa el promedio histórico de la característica que se está controlando y *Límites Superior e Inferior* que también se calculan con datos históricos.¹⁶

Número de observaciones = 1167

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

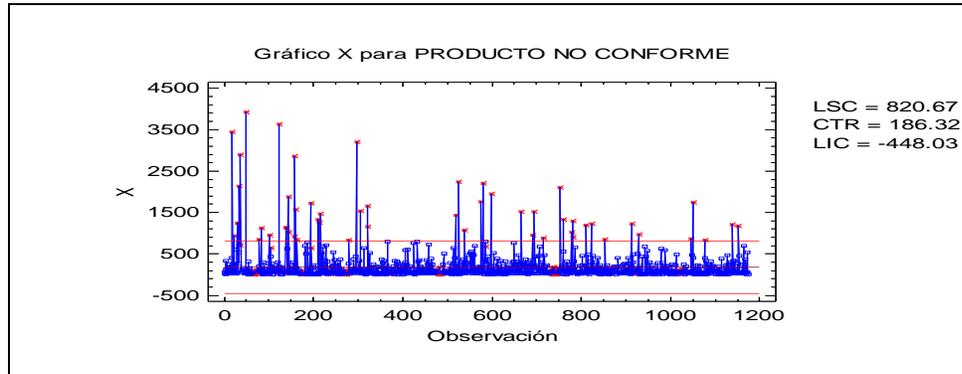
Tabla N° 32: Gráfico X (Promedio de Subgrupo)

<i>Período</i>	#1-1174
LSC: +3.0 sigma	820.67
Línea Central	186.32
LIC: -3.0 sigma	-448.029

53 fuera de límites

¹⁶ Douglas Montgomery, *Probabilidad y Estadística Aplicadas a Ingeniería*, Editorial Mc. Graw Hill, 1998

Gráfico N° 40: Gráfico X para Producto No Conforme



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

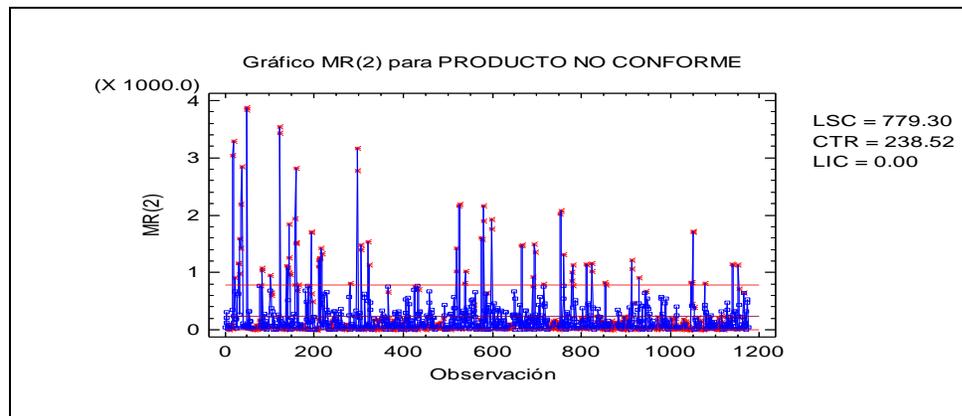
Tabla N° 33: Gráfico MR (2)

Gráfico MR (2), (Rango del subgrupo, que diferencia entre el máximo y el mínimo)

Período	#1-1174
LSC: +3.0 sigma	779.298
Línea Central	238.515
LIC: -3.0 sigma	0.0

84 fuera de límites

Gráfico N° 41: Gráfico MR (2) para Producto No Conforme



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*.

Este procedimiento de diagramar mediante Graficas de control, está diseñada para permitirle determinar si los datos provienen de un proceso en un estado de control estadístico, mediante valores sucesivos de las características de calidad que se está controlando y crea un gráfico de valores individuales para Producto No Conforme de datos históricos. *Las gráficos de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 186.32 y una desviación estándar igual a 211.45.* Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos históricos. De los 1167 puntos de observaciones, no excluidos mostrados en el gráfico, 53 puntos se encuentran fuera de los límites de control en el primer gráfico (X), mientras que 84 puntos están fuera de límites en la segunda grafica MR(2). Puesto que la probabilidad de que aparezcan 53 ó más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 0.0, si los datos provienen de la distribución supuesta, se puede declarar que *el proceso está fuera de control con un nivel de confianza del 95% o que el proceso se considera como inestable por la variabilidad, pero capaz.*

3.4.3 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS PROCESOS

Para medir la capacidad del proceso, en estas situaciones de descentramiento ó proceso fuera de control, anteriormente medido, se utiliza el índice de Capacidad Efectiva Cpk, y transformada en un valor de PPM (partes defectuosas por millón de oportunidades) el sigma del proceso, esto se desarrolla con el apoyo de técnicas y herramientas estadísticas.

3.4.3.1 MEDICIÓN DE CAPACIDAD DE PROCESOS PARA PRODUCTO NO CONFORME

Datos

Número de observaciones = 1167

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

Tabla N° 34: Estimados de Capabilidad de los Procesos

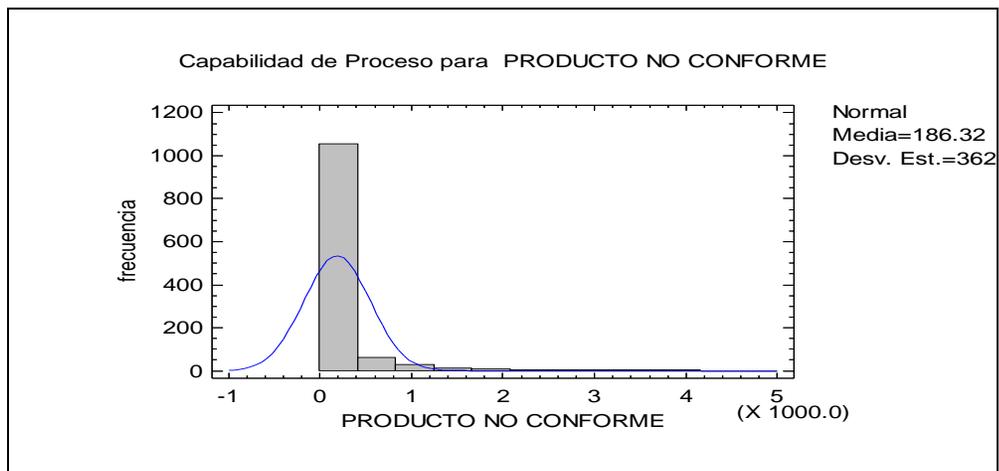
<i>Período</i>	#1-1174
Media de proceso	186.32
Sigma de proceso	211.45
MR(2) promedio	238.515

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

Tabla N° 35: Especificaciones

	Capabilidad	Desempeño
	<i>Corto Plazo</i>	<i>Largo Plazo</i>
Sigma	211.45	362.31
DPM	0.0	0.0

Gráfico N° 42: Capacidad de Proceso para Producto No conforme



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*.

Con base en límites 6.0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

**Tabla N° 36: Habilidad del Proceso según su Capacidad Efectiva del Proceso
Coca-Cola 2000 Ref Pet, (2005 - Octubre 2008)
Resultados de Intervalos de Confianza del 95.0% de Capacidad del Proceso**

Índice	Límite Inferior	Límite Superior
Cpk (Índice de capacidad efectiva ó coeficiente potencial del proceso)	-34097.9	-31438.1
Ppk (Capacidad a largo plazo)	-34097.9	-31438.1

¹⁷Las mediciones realizadas para ver la Capabilidad de los procesos, comenzaron con la determinación la media del proceso 186.32 y Sigma 362.31, de un número de 1167 observaciones medidas de *Producto No Conforme*. Se determinaron mediante cálculos los diversos índices de capacidad, para resumir la comparación entre la distribución ajustada y las especificaciones, mostrada en el Gráfico N° 42 de capacidad de procesos.

Puesto que los índices de capacidad son estadísticos, variarán de una muestra de datos a otra. Los intervalos de confianza del 95.0% de capacidad de proceso Cpk, y Ppk Tabla N° 36, muestran que tanto pueden variar estos estadísticos de los valores verdaderos dado el hecho de que solamente se tomaron 1167 observaciones y nos dan el resultado de que el proceso no atiende a las especificaciones o necesita de mejoras para control de los productos no conformes, por tener valores atípicos o aberrantes en el proceso se realiza la prueba de Grrubbs.

¹⁷ Montgomery, D., (1998). Probabilidad y Estadística Aplicadas a Ingeniería. Mc. Graw Hill.

3.4.3.2 IDENTIFICACIÓN DE VALORES ATÍPICOS - PRODUCTO NO CONFORME MEDIANTE PRUEBA DE GRUBBS' (ASUME NORMALIDAD)

Estadístico de prueba = 10.3273

Valor-P = 0.0

Tabla N° 37: Estimados

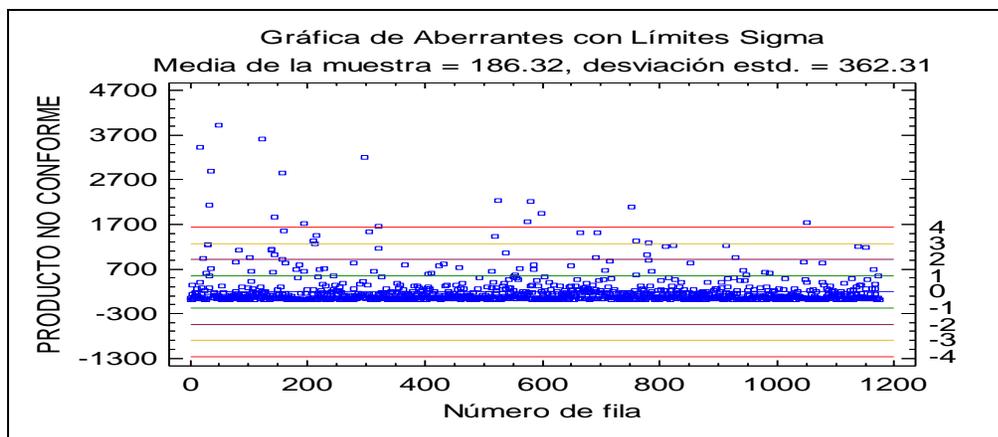
<i>Período</i>	#1-1174
Media de proceso	186.32
Sigma de proceso	211.45
MR(2) promedio	238.515

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

Tabla N° 38: Especificaciones

	Capabilidad	Desempeño
	<i>Corto Plazo</i>	<i>Largo Plazo</i>
Sigma	211.45	362.31
DPM	0.0	0.0

Gráfica N° 43: Prueba de Grubbs, de Valores Atípicos de Capacidad de Proceso



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por Software Statgraphics Centurion XV

¹⁸La prueba de Grubbs consideran valores atípicos, valores aberrantes o inconsistentes utiliza una estadística de prueba, T, que es la diferencia absoluta entre el valor atípico, X_o , y el promedio de la muestra \bar{X} dividida por la desviación estándar de la muestra, s . mostrada en la (Grafica N° 43 de aberrantes).

Esta prueba consiste en la evaluación de los valores extremos del conjunto de mediciones, ya que si los valores extremos mayores o menores son consistentes se asegura que los demás datos son consistentes.

- **Identificación de Valores Atípicos**

Datos/Variable: PRODUCTO NO CONFORME

1167 valores con rango desde 1.0 a 3928.0

Número de valores actualmente excluidos: 0

Estadístico de prueba = 10.3273

Valor-P = 0.0

Tabla N° 39: Estimados de Localización

Media muestral	186.32
Mediana muestral	72.0
Media recortada	96.0327
Media Winsorizada	111.923

Recorte: 15.0% de valores mas grandes

Tabla N° 40: Estimados de Escala

Desviación estd. muestral	362.31
DAM/0.6745	75.6116
Sbi	84.9942
Sigma Winsorizada	132.261

¹⁸ Murray. S., (2005). Probabilidad y Estadística. México: McGraw-Hill.

Tabla N° 41: Intervalos de confianza del 95.0% para la media

	Límite Inferior	Límite Superior
Estándar	165.533	207.108
Winsorizada	102.854	120.992

Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

En los datos de la tablas de “Estimados de localización”, “Estimados de Escala” e “Intervalos de confianza del 95% para la media”, se muestra los estimados comunes de la media y la desviación estándar, junto con estimados diseñados para ser resistentes a observaciones aberrantes. Los correspondientes estimados Winsorizados, en los cuales se ha remplazado el 15.0% de los valores más grandes y más pequeños con valores del interior de la muestra, son 111.923 y 132.261. Note el impacto de los estimados Winsorizados sobre el intervalo de confianza para la media.

Tabla N° 42: Valores Ordenados

		Valores Estudentizados	Valores Estudentizados	Modificados
Fila	Valor	Sin Supresión	Con Supresión	Valor-Z DAM
527	1.0	-0.511497	-0.511773	-0.93901
1111	1.0	-0.511497	-0.511773	-0.93901
389	2.0	-0.508737	-0.509011	-0.925784
1072	2.0	-0.508737	-0.509011	-0.925784
315	2.0	-0.508737	-0.509011	-0.925784
36	2894.0	7.47337	7.66251	37.3223
296	3200.0	8.31795	8.5802	41.3693
18	3440.0	8.98037	9.31232	44.5435
123	3625.0	9.49098	9.88489	46.9902
49	3928.0	10.3273	10.8398	50.9975

Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

La tabla de “Valores Ordenados”, muestra los valores más pequeños y los más grandes de *Producto No Conforme*. Los valores Estudentizados miden

a cuántas desviaciones estándar se encuentra cada valor de la media muestral de 186.32. El valor más extremo se encuentra en la fila 49 de la tabla de valores ordenados, el cual es el estadístico de prueba 10.3273 de desviaciones estándar de la media. *Puesto que el valor-P (numero de mediciones) para la prueba de Grubb es mayor que al valor critico del 5% pero menor que el valor critico del 1% siendo el 0.05, se considera que es un valor adecuado para la medición, como valor aberrante o atípico, significativo con un nivel de significancia del 5.0%, asumiendo que todos los demás valores siguen una distribución normal.* Se muestran calificaciones similares al calcular las estadísticas muestrales después de eliminar cada punto, uno a la vez, al igual que cuando la media y la desviación estándar están basadas en la desviación absoluta de la mediana (DAM). Valores de las calificaciones modificadas mayores que 3.5 en valor absoluto, de las cuales hay 5, bien podrían ser observaciones aberrantes.

3.4.4 MEDICIONES Y ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS, DE PRODUCTO NO CONFORME DE VARIABLES CRÍTICAS SEGÚN ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO

Los productos no conformes, identificados que son detectados para disposición desecho, y consumo Interno, tienen la pérdida de 100%. Según los criterios, y especificaciones normativas, que tiene cada producto, un producto No Conforme, es el que esta fuera de los límites operativos y límites críticos establecidos, las variables criticas consideradas de producto no conforme son: ***(CO2 Bajo, Brix bajo, sabor extraño, olor extraño, fallas en envase y apariencia desagradable).***

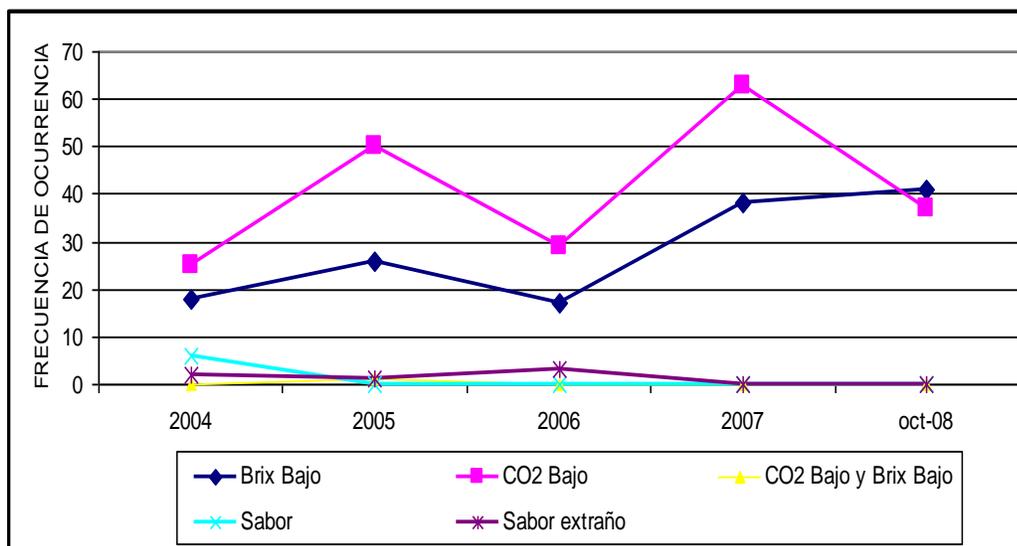
Con los datos del registro histórico (2005- 2008), se realizo las mediciones de frecuencia de ocurrencia para llegar a ver que problema de especificaciones da la no conformidad al producto.

**Tabla N° 43: Frecuencia de Ocurrencia de No Conformidades
Número de Producciones en la que se Presentó la No Conformidad
en el Periodo Histórico (2005-Oct. 2008)**

No Conformidad	Frecuencia de Ocurrencia (# Producciones)				
	2005	2006	2007	Oct.-08	TOTAL
Brix Bajo	26	17	38	41	140
CO2 Bajo	50	29	63	37	204
CO2 Bajo y Brix Bajo	1	0	0	0	1
Sabor	0	0	0	0	6
Sabor extraño	1	3	0	0	7

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad EMBOL S.A.

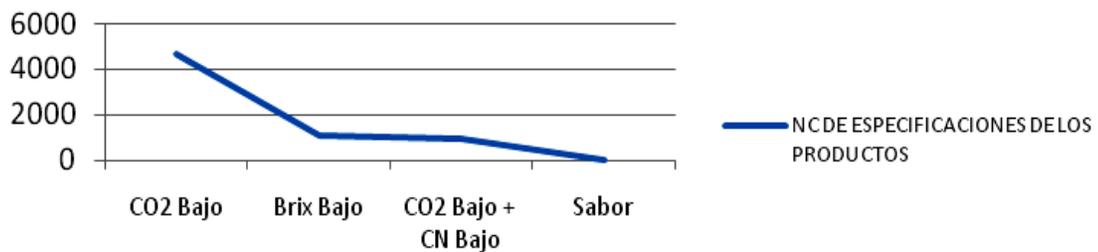
**Gráfico N° 44: Frecuencia de Ocurrencia de No Conformidades según
Especificaciones de Producto**



Fuente: Elaboración con base en datos de la Tabla N° 43.

**Gráfico N° 45: Frecuencia de Ocurrencia de No Conformidad
Según Cantidad Producida**

NC DE ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

Realizadas las mediciones de frecuencia de ocurrencia de la no conformidad según especificaciones en los productos terminados, que son identificados y dispuestos para desecho, si es muy grave el problema, ó va a consumo interno, que es aceptable para consumir dentro de la planta productiva sin riesgo.

Los resultados indicados en la Tabla N° 43 y mostrados en los Gráficos N° 44 y 45 identificándose que la no conformidad que tiene una mayor frecuencia es el **CO2 Bajo**

3.4.4.1 MEDICIÓN DE TIPO DE PRODUCTO POR NÚMERO DE CAJAS QUE SE PIERDEN, POR PRODUCTO NO CONFORME CON CO2 BAJO

Medición de datos históricos (2005- 2008) de Productos (diferentes bebidas elaboradas) no conformes con CO2 bajo, registrados por Cajas Unitarias.

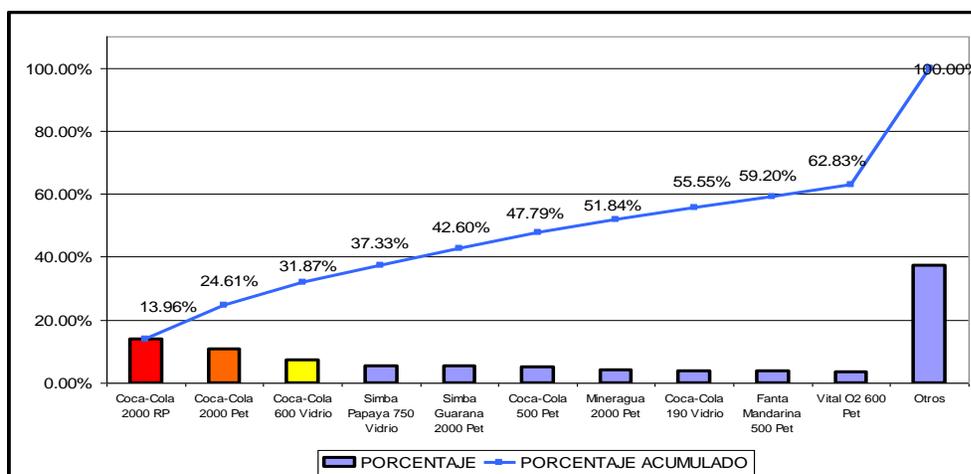
**Tabla N° 44: Porcentaje Producto que Aporta mas No Conformidad
(2005-Oct.-2008)**

Producto	Tamaño	Envase	PNC TOTAL	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Coca-Cola 2000 ml RP	2000	REF PET	6747	13.96%	13.96%*
Coca-Cola 2000 PET	2000	PET	5143	10.64%	24.61%
Coca-Cola 600 Vidrio	600	Vidrio	3508	7.26%	31.87%
Simba Papaya 750 Vidrio	750	Vidrio	2638	5.46%	37.33%
Simba Guarana 2000 PET	2000	PET	2548	5.27%	42.60%
Coca-Cola 500 PET	500	PET	2506	5.19%	47.79%
Mineragua 2000 PET	2000	PET	1956	4.05%	51.84%
Coca-Cola 190 Vidrio	190	Vidrio	1792	3.71%	55.55%
Fanta Mandarina 500 PET	500	PET	1765	3.65%	59.20%
Vital O2 600 PET	600	PET	1753	3.63%	62.83%
Otros			17959	37.17%	100.00%
TOTAL			48315		

Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad EMBOL S.A.

Se puede ver en la Tabla N° 39 que existe una pérdida de 48315 de producto no conforme total, y mostrados gráficamente en el diagrama de Pareto en porcentaje que bebida trajo más perdida.

**Gráfico N° 46: Diagrama de Pareto de Porcentaje de
Producto No Conforme (2005-Oct. 2008)**



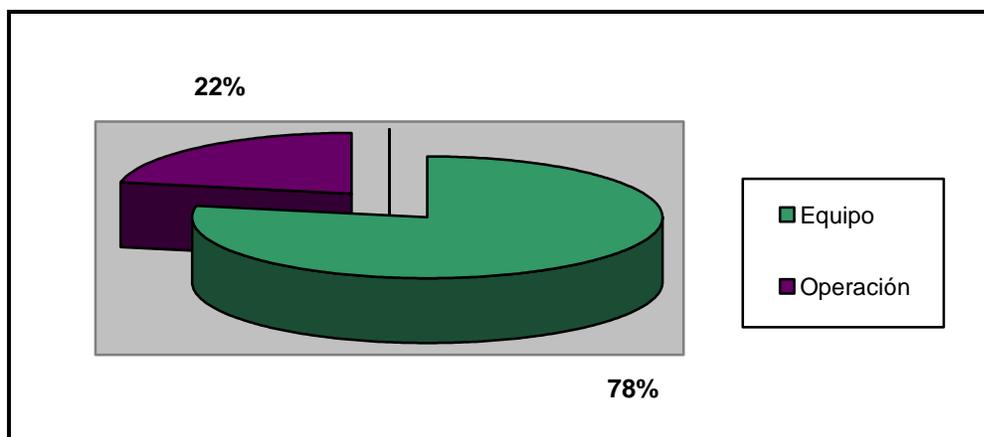
Fuente: Elaboración con base en datos de la Tabla N° 44.

En la Tabla N° 44 y Grafico N° 46, se puede ver la *medición de Porcentaje y Porcentaje Acumulado de productos elaborados*, considerando el total de producto no conforme con CO2 bajo, por Sabor, Tamaño, Formato y Envase, con el objeto de determinar el producto que aporta en mayor medida a la no conformidad, obteniéndose como resultado que, **Coca-Cola 2000 ml RP y Coca-Cola 2000 ml PET, son los productos que traen mas no conformidades.**

3.4.5 VARIABLES CRÍTICAS DE CONTROL RESPECTO A PROBLEMAS EN OPERACIÓN Y EQUIPO (GESTION 2005- 2008)

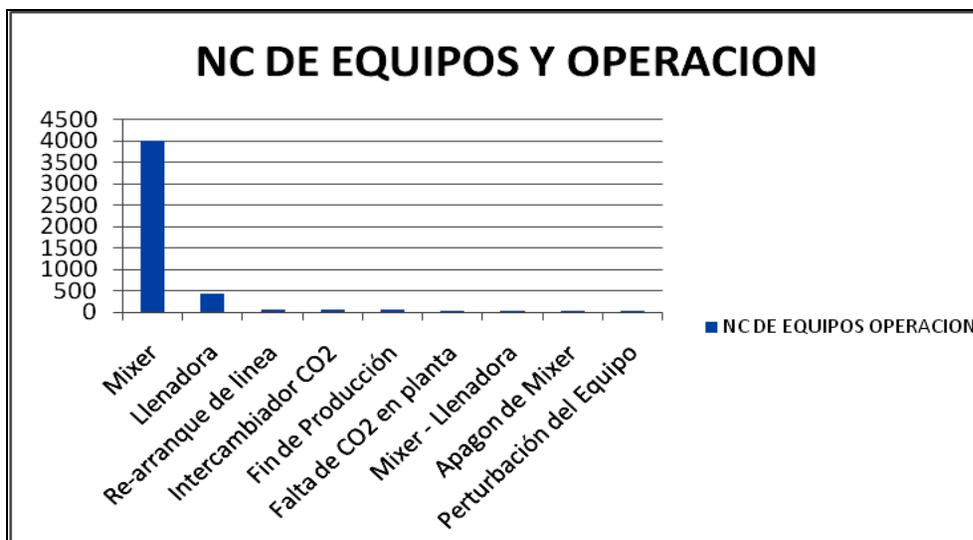
Las mediciones que se realizaron para identificar de que proceso de la producción (equipo u operación) viene el producto no conforme, estratificando las variables criticas ya identificadas como causas que llevan al problema: *Línea Krones 90, y los Productos Coca-Cola 2000 ml REF PET y Coca-Cola 2000 ml PET con CO2 bajo.*

Gráfico N° 47: Diagrama Pareto y Gráficos que Representan el Porcentaje de Producto No Conforme del Proceso, Equipo u Operación (2005-Oct. 2008)



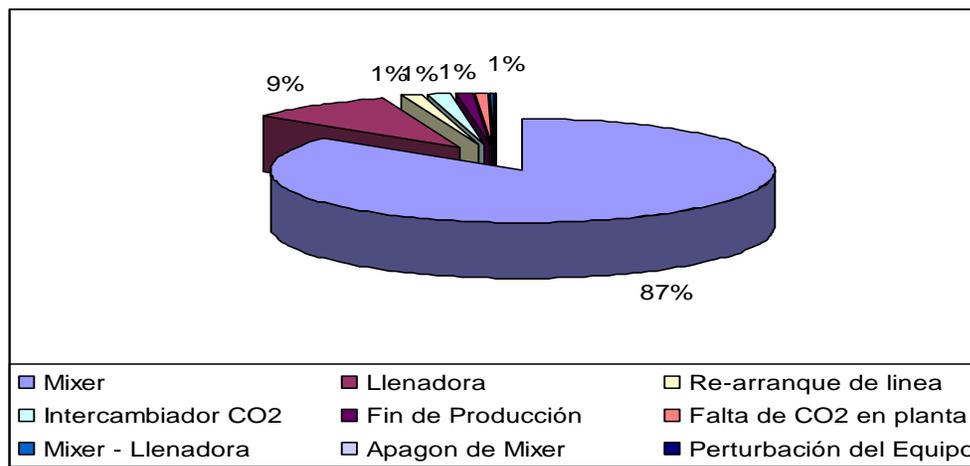
Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por Software Statgraphics Centurion XV.

Gráfico N° 48: NC de Equipos y Operación



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

Gráfico N° 49: Representación del Porcentaje de Producto No Conforme del Proceso, Equipo u Operación (2005 - OCT. 2008)



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

En los Gráficos N° 47, 48 y 49, se puede ver la *medición de Porcentaje de falla que se tiene en equipos del proceso productivo u operaciones no adecuadas, que llevan a que exista Productos no conformes con CO2 Bajo*. Resultando que en el *proceso de MIXIER* y sus equipos que la componen, se tiene identificado un 87% de no conformidad, seguido por la Llenadora.

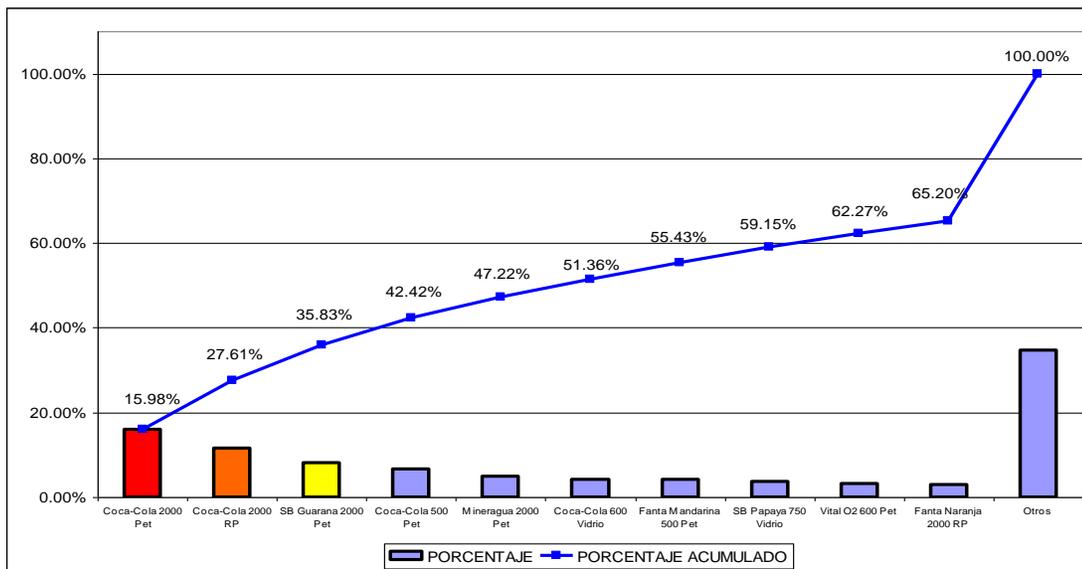
3.4.6 MEDICIÓN DE PERDIDAS ECONÓMICAS HISTÓRICOS (BOB) Y (USD) POR CAJAS DE BEBIDA

Tabla N° 45: Perdidas Producto No Conforme
(Bob, %) (Usd, %) (2005-Oct. 2008)

PRODUCTO	TAMAÑO ml	ENVASE	TOTAL (BOB)	TOTAL (USD)	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Coca-Cola 2000 PET	2000	PET	77247.86	10926	15.98%	15.98%
Coca-Cola 2000 ml RP	2000	REF PET	56202.51	7949	11.63%	27.61%
SB Guaraná 2000 PET	2000	PET	39748.8	5622	8.22%	35.83%
Coca-Cola 500 PET	500	PET	31826.2	4502	6.58%	42.42%
Mineragua 2000 PET	2000	PET	23198.16	3281	4.80%	47.22%
Coca-Cola 600 Vidrio	600	Vidrio	19995.6	2828	4.14%	51.36%
Fanta Mandarina 500 PET	500	PET	19715.05	2789	4.08%	55.43%
SB Papaya 750 Vidrio	750	Vidrio	17938.4	2537	3.71%	59.15%
Vital O2 600 PET	600	PET	15093.33	2135	3.12%	62.27%
Fanta Naranja 2000 ml RP	2000	REF PET	14184.1	2006	2.93%	65.20%
Otros			168182.31	23788	34.80%	100.00%

Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad EMBOL S.A. Considerando que dichos registros son convertidos a Cajas Unitarias

Gráfico N° 50: Diagrama de Pareto de Porcentaje Acumulado de Perdida Económica de Producto No Conforme (2005-Oct. 2008)



Fuente: Elaboración con base en datos de la Tabla N° 45.

Gráfico N° 51: Porcentaje de Pérdida Económica de Producto No Conforme (2005-Oct. 2008)

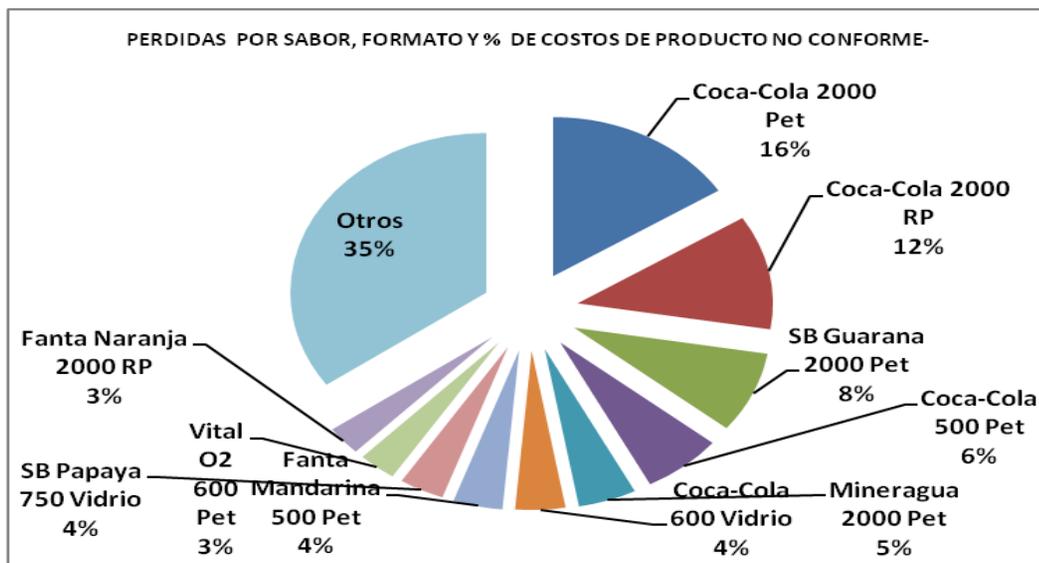
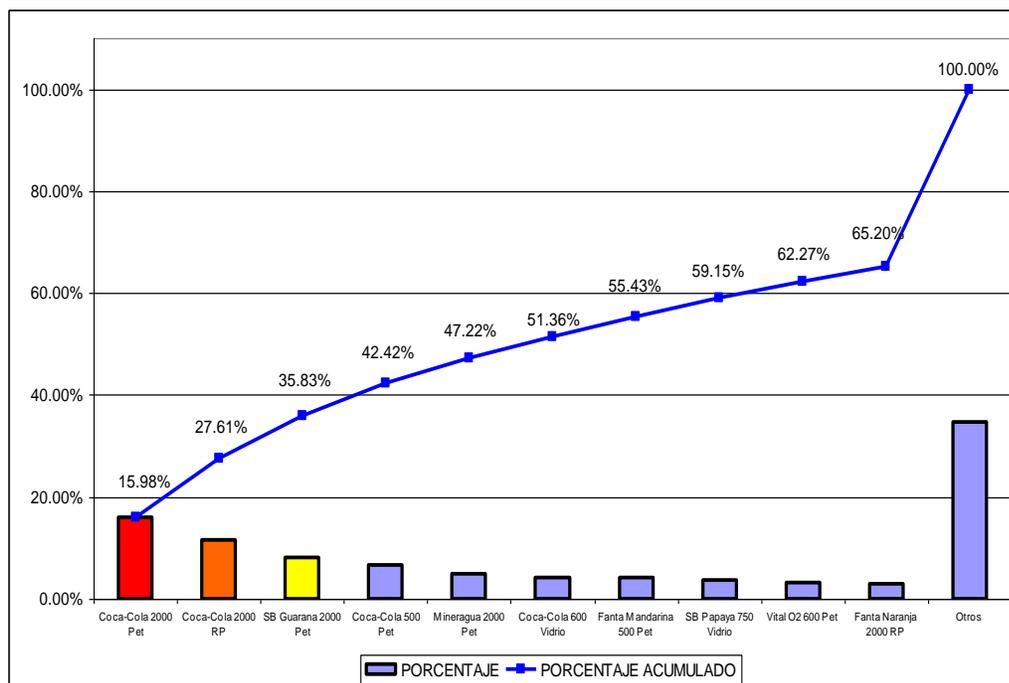


Gráfico N° 52: Diagrama de Pareto de Porcentaje Acumulado de Pérdida Económica de Producto No Conforme (2005-Oct. 2008)



Fuente: Elaboración con base en datos de la Tabla

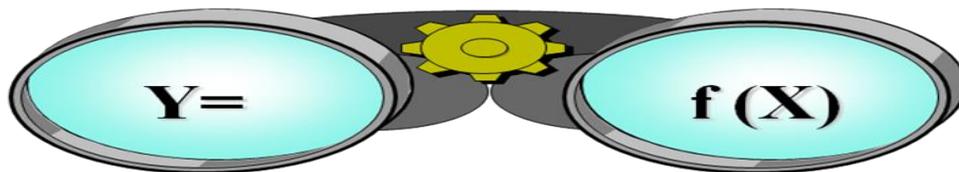
La medición de pérdidas económicas se calculó considerando el total de producto no conforme (gestiones 2005-2008), estratificando con las variables críticas ya identificadas como causas que llevan al problema: *Línea Kronos 90*, y *Productos con CO2 bajo*.

Como se puede ver en la Tabla N° 45 y el Gráfico N° 50, las pérdidas en Bolivianos como en Dólares, son representadas por los productos COCA COLA 2000 REF PET y COCA COLA 2000 PET, que aportan en mayor medida las pérdidas económicas producidas, por producto no conforme.

3.4.7 CONCLUSIÓN DE MEDICIÓN DE VARIABLES CRÍTICAS DE DATOS HISTÓRICOS 2005- 2008

Podemos llegar a la conclusión, que, con las mediciones realizadas, a los datos Históricos (2005 a 2008), y manejando diferentes variables críticas de control entre estas tenemos: especificaciones de producto, formato, sabor, capacidad de producción, proceso, equipo, u operación, cajas perdidas e impacto económico. Los resultados, fueron coherentes y replicados con todas las variables críticas analizadas, enfocándonos a dos productos

Gráfico N° 53: Coca Cola 2000 Ref Pet y Coca Cola 2000 Pet, con Bajo CO2.



Para obtener resultados, ¿debemos enfocar nuestro comportamiento en la Y o en la X ?

- **Y**
- **CTQ**
- **Output**

- **$X_1 \dots X_n$**
- **Inputs**
- **Controles**
- **Mecanismos**

Fuente: Braulio Bernard Maltés, *Black Belt Six Sigma*, Apuntes, 2009

Las variables detalladas, utilizadas para medir la generación de Producto No conforme ó mayor número de fallas fue:

1. Medición de PNC, según línea de envasado: Linea Kronen 90, Linea Kronen 180.
2. Medición de Capacidad de Procesos.

3. Medición de producto NC por especificaciones Organolépticas “Sabor” de las bebidas, Olor extraño, apariencia desagradable.
4. Medición de Especificaciones Físico Químicas de producto ° BRIX bajo, CO2 bajo.
5. Medición Formato: 2000 ml, 500 ml, 350 ml, 260 ml, 190 ml.
6. Medición Tipo de envase PET, REF PET, Vidrio.
7. Medición de Variables de Proceso en Equipo: Problemas en Llenadora, y Mixer.
8. Medición de Variables de Proceso por Operación.
9. Medición de Impacto económico.

3.5 ETAPA ANALIZAR

La meta de esta fase es identificar las causas raíz del problema, entender como éstas generan el problema y confirmar las causas de los datos.

Entramos a Analizar los datos: Una vez que los productos, identificados son: **Coca Cola (sabor) 2000 ml (formato ó tamaño) REF PET (envase) Y Coca Cola 2000 ml (tamaño) PET (envase) con CO2 bajo, que dan No Conformidad**, esta medición se han documentado, y la calidad de los datos de apoyo duros se han verificado, se comenzara analizar, identificando las causas del por qué el proceso no pueden actuar o ejercer control eficaz según lo requerido. Todo análisis finalmente será parametrizable y evaluable, para hacer posible la factibilidad técnica de llevar a cabo la metodología

(basada en modelos estadísticos y el *Software Statgraphics Centurion XV*).

- **Para esta etapa nos podemos hacer las siguientes preguntas:**

¿Cómo se desempeña el proceso actual con respecto a esos parámetros ya medidos? Muestre los datos (frecuencia de la no conformidad y si esta con distribución normal).

¿Cuáles son los objetivos de mejora del proceso?

¿Cuáles son las posibles fuentes de variación del proceso? Muestre cuáles y qué son las variables.

¿Cuáles de esas fuentes de variación controla y cuáles no?

De las fuentes de variación que controla ¿Cómo las controla y cuál es el método para documentarlas?

¿Monitorea las fuentes de variación que no controla?

Se ha identificado que el producto que se dispone para Desecho y Consumo Interno, son los que generan el producto que se pierde el 100%.

3.6 ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS AMFE O FMEA

El Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) es un método de prevención dirigido hacia la consecución del aseguramiento de la Calidad, que mediante un análisis sistemático permite evaluar, desde la fase de diseño de un producto, servicio o proceso, la probabilidad de ocurrencia de un fallo, la gravedad del mismo y la posibilidad de su detección.

El análisis de modo y efecto de fallas, (AMFE/FMEA) se utilizó, cumpliendo sistemáticamente las actividades, que tuvo el propósito de:

1. Reconocer y evaluar las fallas potenciales de los productos, procesos, y los efectos de dichas fallas que fueron medidas e identificadas.
2. Identificar acciones que podrían eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran fallas potenciales
3. Documentar todo el proceso.

Las características son el minimizar la probabilidad de una falla o minimizar el efecto de las fallas, está enfocado en las razones de fallas potenciales de los productos y el proceso de elaboración de las bebidas identificadas como problema, como resultado del incumplimiento de las especificaciones. Esta herramienta que relaciona las fallas o defectos de las características del proceso que afectan las salidas del proceso.¹⁹

- **Los pasos para entrar al AMFE fueron:**

1. Realizar una lluvia de ideas, con los dueños del proceso.
2. Elaborar diagrama de flujo.
3. Obtener datos de fallas y llenado de la forma (modos de falla).
4. Análisis de la información, por Ishikawa.
5. Recomendar acciones de mejoramiento.

¹⁹ AMFE en Quality Associates International <http://quality-one.com/main.cfm?cmd=fmea>

6. Evaluar las acciones (confirmar efectividad de las acciones y recomendar mejoras- llenar las columnas apropiadas: recalcular RPN.
 7. Continuar con las mejoras
- **Se formo el AMFE, para las bebidas mediante:**
 1. Revisión del producto y proceso de las bebidas.
 2. Listar los efectos potenciales para cada modo de falla.
 3. Asigne un valor de severidad para cada efecto.
 4. Asigne un valor de ocurrencia para cada causa de la falla.
 5. Asignar un valor de detección para cada modo de falla.
 6. Calcule número de prioridad de riesgo (RPN) para cada efecto.
 7. Use el RPNs para seleccionar modos de falla prioritarios.
 8. Planear la reducción de la eliminación de riesgo asociado con el modo de falla prioritario.

El número de Prioridad de Riesgo es un producto de tres factores. Cada factor tiene una escala de 1 al 10 donde el 10 representa lo malo.

Severidad. ¿Qué tan negativo es el impacto si la falla ocurre?

Ocurrencia. ¿Qué tan a menudo se espera que la falla ocurra?

Detección. ¿Que tan difícil es notificar que la falla ha ocurrido?

El RPN es el producto de las tres valuaciones.

Numero de Prioridad de Riesgo= severidad x ocurrencia x detección.

La planificación completa exige llevar a cabo una mejora del proceso eficazmente a través de:

- Procedimientos, normas o estándares
- Sistemas de control de proceso
- Plan de comunicación
- Presupuesto
- Plan de trabajo
- **Los beneficios que se derivan de este método, son:**
 - ✓ Potencia la atención al cliente.
 - ✓ Potencia la comunicación entre los departamentos.
 - ✓ Facilita el análisis de los productos y los procesos.
 - ✓ Mejora la calidad de los productos y los procesos.
 - ✓ Reduce los costes operativos.

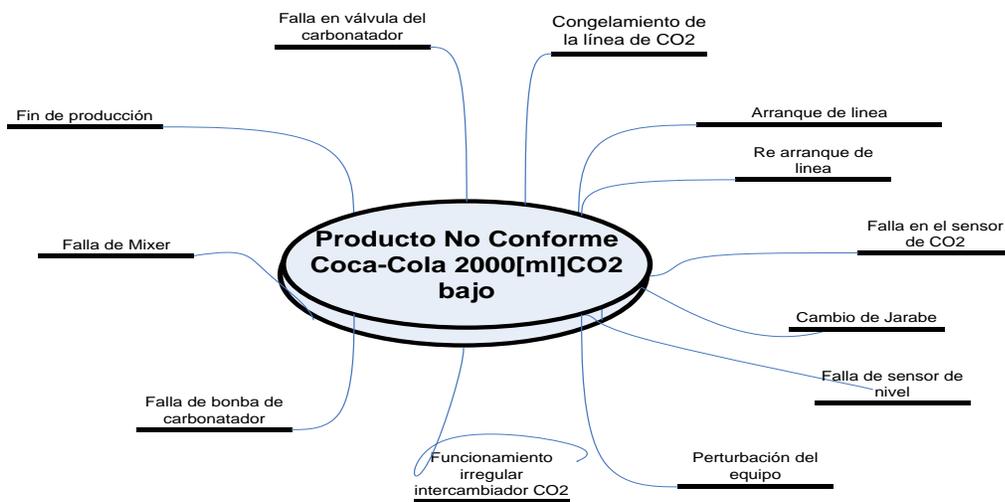
Para el trabajo, se realizó el AMFE de proceso que analizan las fallas del producto derivadas de las posibles fallas del proceso hasta su Producto terminado. Se analizan, por tanto, los posibles fallos que pueden ocurrir en los diferentes elementos del proceso (materiales, equipo, mano de obra, métodos, especificaciones y entorno) y cómo éstos influyen en el producto resultante.

Con el objetivo de identificar formas específicas, en las que un producto, proceso puede fallar y para desarrollar medidas que apunten a aquellas fallas específicas, que mejoraran el desempeño, la calidad, confiabilidad y seguridad del producto se procedió a elaborar un Análisis de Modos de Falla y Efectos AMFE

En cada etapa del proceso se vio el cumplimiento de especificaciones y otras variables y el aporte que nos da AMFE en esta etapa, al trabajo, fue considerando las variables críticas de control y previas realizadas en la lluvia de Ideas:²⁰

3.6.1 LLUVIA DE IDEAS DE MODOS POSIBLES DE FALLA PARA REDUCCIÓN DE PRODUCTO COCA COLA 2000 ml REF PET Y PET CON BAJO CO2

Gráfico N° 54: Modos Posibles de Falla



Fuente: Elaboración propia con base en reunión con personal operativo de EMBOL LP S.A.

²⁰ Gutiérrez, R., (2007). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. México: Mc. Graw Hill.

Esta herramienta condujo de forma participativa con los dueños del proceso el aporte de sus ideas sobre las causas de las existencias de fallas y proporciono las entradas para armar el la Espina de Pescado y el AMFE.

Las Fallas del producto No Conforme determinadas fueron:

- 1.- Para el Producto No Conforme con Disposición para Desecho las NC de especificaciones físico químicas, organolépticas son:

(CO2 bajo o Brix críticos bajo, sabor extraño, olor extraño).

- 2.- Para el producto que sale de especificaciones pero sin riesgo para el consumidor, es el dispuesto para Consumo Interno como:

(CO2 bajo, Brix bajo, Brix alto, contenido neto bajo, pH bajo, mala apariencia, y botellas chatas).

- **Especificaciones y Operación**

Según las especificaciones el parámetro fisicoquímico que da la falla Baja de CO2 las causas de operación pueden ser:

1. ¿Por descuido en mal arranque de equipo como re arranque?
2. ¿Por precipitada autorización del supervisor o presión para el arranque?
3. ¿Por qué el re arrancar para otro formato no se realizo desde cero?

4. ¿Por qué la llenadora no soplo mucho y existe restos de agua?
5. Por mal control de proveedor de CO₂ y la falta de Mayor Control de Calidad, según especificación de norma.

- **Especificaciones y Equipo**

La Baja en CO₂ representada por causa en los equipos puedes ser:

1. ¿Falla de Válvula del carbonatador?
2. ¿Congelamiento de línea de CO₂, falla del Sensor de CO₂ ,
3. Intercambiador de CO₂
4. ¿Mala codificación por mal tapado? perturbación en Mixer?
5. ¿Las válvulas de venteo cerradas o con mala apertura?
6. ¿Objeto extraño por válvulas de venteo dentro?
7. Por falta de Control preventivo de MTTO,
8. Falta de mayor control del supervisor y operador de producción.

Tabla N° 46 Diagrama de Espina de Pescado para Identificar las Causas y efectos de las Variables Críticas de Control para Coca Cola 2000 MI Ref Pet y Pet con Defecto CO2 Bajo

1.

Mano de Obra	Máquina	Método	
Dosificación	Balanza des calibrada	Mezcla no adecuada	ELABORACIÓN DE JARABES
° Brix	Mezclador apagado	Cantidades según especificaciones	
Concentrado Sabor)	Falla de Mezclador	Cambio de jarabe	
° Brix	Corte de energía eléctrica	Azúcar	
Cantidad de concentrado		Agua tratada	
Control de agua tratada		Concentrado	
Medición	Medio Ambiente	Materia Prima	

2.

Mano de Obra	Máquina	Método	
Dosificación	Deficiente regulación		CARBONATADOR
	Tanque de CO2	Re arranque de línea	
	Falta de Presión de aire (LLN)	Perturbación	
	Intercambiador de CO2		
Falla en el sensor de CO2			
CO2 fuera de especificaciones	Corte de energía eléctrica	CO2	
Medición	Medio Ambiente	Materia Prima	

3.

Mano de Obra	Máquina	Método	
Dosificación	Balanza des calibrada	Mezcla no adecuada	MIXER
Contenido de CO2	Mixer apagado	Perturbación de dosificadores	
° Brix	Falla de Mixer	Cambio de jarabe	
Concentrado Sabor)	Deficiente regulación	Arranque de línea	
	Falla en el sensor de CO2	Fin de producción	
	Congelamiento de ducto de CO2		
	Falla de válvula del carbonatador		
	Falla de bomba del carbonatador		
Contenido de CO2	Corte de energía eléctrica	Azúcar	
° Brix		CO2	
Sabor		Agua tratada	
Calibración de balanza		Concentrado	
Medición	Medio Ambiente	Materia Prima	

4.

Mano de Obra	Máquina	Método	
Dosificación	Balanza des calibrada	Torque Alto	
Falta envases	Falta de presión de aire en la llenadc	Re arranque de línea	
Falta etiquetas	Codificación Borrosa	Inicio de Producción	
	Deficiente regulación de llenadora	Fin de Producción	
	Sin Codificación	Cambio de jarabe	
	Falla de Válvula	Envases sin etiquetas	
	Parada con bebida	Arranque de línea	
	Falla de llenadora	Perturbación del Equipo, se vació llenadora	
		Rellenado de Botellas	
		Falla en coordinación Mixer	
			LLENADORA
° Brix	Corte de energía eléctrica	Etiquetas defectuosas	
CO2		Envases	
Sabor, color, olor		Tapas	
Torque			
Contenido Neto bajo			
Medición	Medio Ambiente	Materia Prima	

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Tabla A-1 del ANEXO A

Con ésta herramienta visual se identifica con mayor probabilidad las causas originales de los problemas ó efectos identificados. Esquemáticamente despliega, todas las causas posibles y una combinación de variables relacionadas al problema, de Coca Cola 200 ml REF y PET y los factores que pueden condicionar el proceso productivo.

La variabilidad de las características de calidad, es un efecto observado que tiene múltiples causas, que puedan generar la fluctuación de las características de calidad, para esto, se determina en forma sistemática líneas de causas secundarias hacia la principal, como: Mano de Obra, Maquinaria, Método, Medición, Medio ambiente y Materias Primas, incorporando en cada rama factores más detallados que se puedan considerar las causas de fluctuación, aportando las causas de las existencias de fallas y proporciono las entradas para armar el AMFE.

3.6.2 ANÁLISIS DE MODO Y FALLA PARA COCA COLA 2000 ml REF PET Y PET

Tabla Nº 47: Análisis de Modo y Falla para Coca Cola 2000 MI Ref Pet y Pet

Proveedor EMBOL – LA PAZ	Nº de la Pieza (procesos):	Nombre de las Piezas:	:		Cliente: EMBOL	Fecha Inicio: mayo 2010
		Coca Cola REF PET Coca Cola PET	Cliente: EMBOL			
Coordinador Técnico	Responsable del Proceso: Gabriela Torrico		Identificación del Producto NC: Coca Cola 2000 ml REF PET Y PET			Fecha Rev.: octubre 2010
Función / Requisitos del Cliente	Modo de Falla Potencial	Efecto Potencial de la Falla	SEV. Car c. as	OCUR.	Controles Actuales del Proceso	DET. NPR
Mezcla de azúcar y agua tratada, para jarabe simple	Cantidades no adecuadas de azúcar	Sabor no adecuado	6	2	Control directo del operador en cuanto a pesado	3 36
	Cantidades no adecuadas de agua	Sabor no adecuado	6	2	Control de Calidad Jarabe con Brix menor o mayor a 10,22 a 10,52	4 48
Mezcla de jarabe simple y concentrado, para jarabe terminado	Cantidades de concentrado no adecuado	Sabor no adecuado	3	3	inadecuada concentración de jarabe	10 90
	Mezcla no adecuada	Retraso en producción	5	3	Falta de control en dosificación,	a veces 3 72
Dosificación de CO2 y agua mediante el tanque de Carbonatación	Falla del carbonatador	Equipo en mal funcionamiento	4	3	CO2 Bajo o alto	Ninguna 10 120
	Dosificación no adecuada de CO2 y jarabe	Falta de control en dosificación	5	3	CO2 Bajo	Control de Calidad , según especificación de norma Control de Calidad Bebida con B sabor °Brix, 10,22 a 10,52 y CO2 3.6 a 4.1 según norma 5 75

Mezcla de jarabe terminado y CO2 para MIXER y obtención de bebida terminada	Dosificación no adecuada de CO2 y jarabe	Jarabe con especificaciones fuera de rango	6	Operación por Mal re arranque	5	Re Arrancar de cero	5	200
	Falla de Válvula del carbonatador	CO2 Bajo en bebida	9	Operación por Precipitada autorización del supervisor o presión para el arranque	5	Autorización en el momento adecuado	4	120
	Falla en el sensor de CO2	CO2 Bajo en bebida	8	Arrancar para otro formato no se realizo desde cero	5	Arranque de cero para cambio de formato	5	200
	Congelamiento de ducto de CO2	CO2 Bajo en bebida	9	Falla del proveedor de CO2	5	control de proveedor	6	240
	Falla en intercambiador de CO2	CO2 Bajo en bebida	7	Falta de Mayor Control de Calidad , según especificación de norma Bebida con sabor °Brix, y CO2 según norma	3	Muestreo y control de muestra por Control de calidad	5	90
	Mixer apagado	CO2 Bajo en bebida	6	Equipo en mal funcionamiento	6	Control de MTTO	5	210
	Falla de Mixer	Mala mezcla	6	Operador no verifico el estado de las válvulas	8	Control del operador de producción	9	548
	Perturbación de Mixer	CO2 Bajo en bebida	8	Operación no adecuada	7	Control del operador de producción	7	399
	Falla de bomba del carbonatador	CO2 Bajo en bebida	8	Equipo en mal funcionamiento	7	Control de operador de producción	8	504
				Operador no verifico el estado del ducto de CO2	8	Control de MTTO y operador de producción	8	576
Envío de bebida terminada , para LLENADO Y CAPSULADO	Mal Arranque de línea	CO2 Bajo en bebida	8	Operador no verifico el estado del intercambiador de CO2	7	Control de MTTO y operador de producción	7	343
	Re arranque de linea	CO2 Bajo en bebida	7	Falta de control operando	6	Control de operador de producción	6	180
	Mal fin de producción	CO2 Bajo en bebida	8	Equipo de Mixer en mal funcionamiento	5	Control de MTTO y operador de producción	6	210
	Cambio de especificaciones en Bebida	bebida con bajo CO2 por restos de agua	7	Equipo en mal funcionamiento	7	Control de MTTO y operador de producción	8	448
				Equipo en mal funcionamiento	7	Control de MTTO y operador de producción	7	392
				la operación no se realizo desde cero	8	Control del operador de producción e inspector de producción	8	512
				re arrancar para otro formato no se realizo desde cero	7	Control del operador de producción e inspector de producción	6	294
				Falta de Control de Calidad Bebida con sabor °Brix, y CO2 según norma	6	Control de Calidad , según especificación de norma Control de Calidad Bebida con B sabor °Brix, 10,22 a 10,52 y CO2 de 3.6 a 4.1 según norma	5	240
			Operación no adecuada	7	Control del operador en recepción y proceso	7	392	
			La llenadora no soplo mucho y existe restos de agua	5	control de llenadora vacía, por operador	6	210	

			Llenadora en mal funcionamiento	5	Control de MTTO y operador de producción	5	175
Perturbación del equipo	Operación no adecuada	6	objeto extraño	6	Control del operador de producción	6	216
Falla de sensor de nivel	Equipo en mal funcionamiento	7	Operación no adecuado,	5	Control del operador de producción	6	210
Falla de válvulas de venteo	Equipo en mal funcionamiento	8	Válvulas de venteo cerradas o con mala apertura	4	Control del operador de producción	5	160
Objeto extraño	Operación no adecuada	5	Válvulas de venteo dentro	4	Control del operador de producción	5	160
	Operación no adecuada		otros objetos extraños				
Deficiente regulación en llenado	Volumen de llenado en bebida no adecuado	6	Volumen de llenado no adecuado	4	Control de Volumen de llenado según formato (190,375, 500, 1000, 1500, 2000)ml.	4	96
	Contenido neto bajo	6	Equipo en mal funcionamiento	4	Control de Volumen de llenado según formato (190,375, 500, 1000, 1500, 2000)ml.	4	96
Parada con bebida	Equipo con falla	5	Falta de control por MTTO	3	sin control preventivo	10	150
Falta de presión de aire en la llenadora	bebida mal envasada	5	Falta de control de presión, por el operador antes del llenado.	3	Control por el operador antes del llenado, según formato (190,375, 500, 1000, 1500, 2000)ml.	4	60
Codificación Borrosa de llenadora	codificación no distinguible claramente	5	Mala codificación por mal tapado	4	control del operador en la posición de tapas	5	100
	no se aprecia la codificación,	5	Codificador sin tinta	4	Control de cantidad de tinta, por el operador	5	100
Sin etiqueta	bebida sin identificación	5	Falta de control de operación en recepción de botellas y en proceso	4	control en recepción y proceso	5	100
Etiqueta defectuosa	Bebida con etiqueta no adecuada	5	Falta de control en recepción de botellas etiquetadas	4	control en recepción y proceso	5	100
Falla en dosificación de tapas	Bebidas sin tapar	4	Equipo en mal funcionamiento y se traban las tapas	3	control en la dosificadora de Tapas plásticas	5	60
Cambio de Jarabe	bebida mezclada	5	Operación no adecuada en el control de los pasos de cambio de bebida	5	Control del operador de producción e inspector de producción, en el cambio de cada sabor	5	125
Mal torque	Bebida mal cerrada	4	Falta de control de calidad según especificaciones de torque 5 a 19,	2	control de torque 5 a 19, en bebida Terminada,	4	32
			Equipo torquimetro en mal funcionamiento	3	Calibración de torquimetro	5	60

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Tabla A-1 del ANEXO A y reunión con personal de EMBOL S.A.

Mediante los resultados de este análisis, se demuestra el AMFE, modo de falla por subproceso, el efecto potencial de la falla identificando, la causa potencial, que nos llevo a la falla y los controles actuales realizados, determinando paso a paso las diferentes fuentes de variación y cuales tienen el mayor porcentaje de incidencia de las cuales se estratifica para entrar a las acciones, recomendadas y que son validadas por los dueños del proceso, para determinar las acciones para realizar o mejorar.

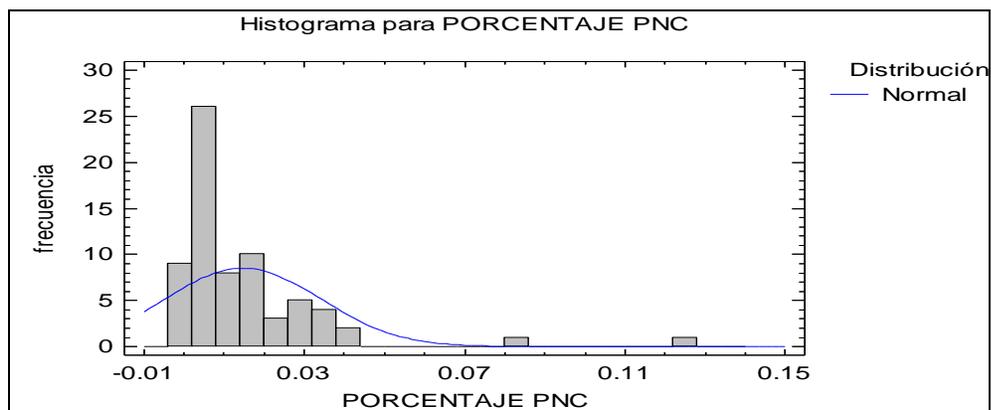
3.7 ANÁLISIS DE FRECUENCIA, CAPACIDAD, ESPECIFICACIONES, EQUIPOS Y OPERACIÓN DE COCA-COLA 2000 REF PET y COCA-COLA 2000 PET

Análisis, identificando las causas del por qué el proceso no pueden actuar o ejercer control eficaz según lo requerido.

3.7.1 ANÁLISIS DE FRECUENCIA, CAPACIDAD, ESPECIFICACIONES, EQUIPOS Y OPERACIÓN DE COCA-COLA 2000 ml REF PET

3.7.1.1 ANÁLISIS DE FRECUENCIA

Gráfica N° 55 Histograma de Porcentaje de Frecuencia de No Conformidad de Coca-Cola 2000 MI Rp



Fuente: Datos de un muestreo del proceso de producción con Gráficos Estadísticos por *Software Statgraphics Centurion XV*

En el Gráfico N° 55 el histograma muestra el grado de variación de un conjunto de datos de producto no conforme de Coca Cola 2000 ml REF PET , mostrando que se encuentra sesgado a la izquierda, y no cuenta con una distribución normal, mostrando valores atípicos que dan indicios de que no existe aleatoriedad en la distribución de los datos.

3.7.1.2 ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONTROL DE CAPACIDAD DEL PROCESO DE COCA COLA 2000 ml RP

Para determinar las variaciones anormales de los procesos de fabricación, de Coca Cola 2000 ml RP se realizaron los gráficos de control. El gráfico de control tiene una Línea Central que representa el promedio histórico de la característica que se está controlando y Límites Superior e Inferior del promedio histórico.

Datos:

Número de observaciones = 69

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

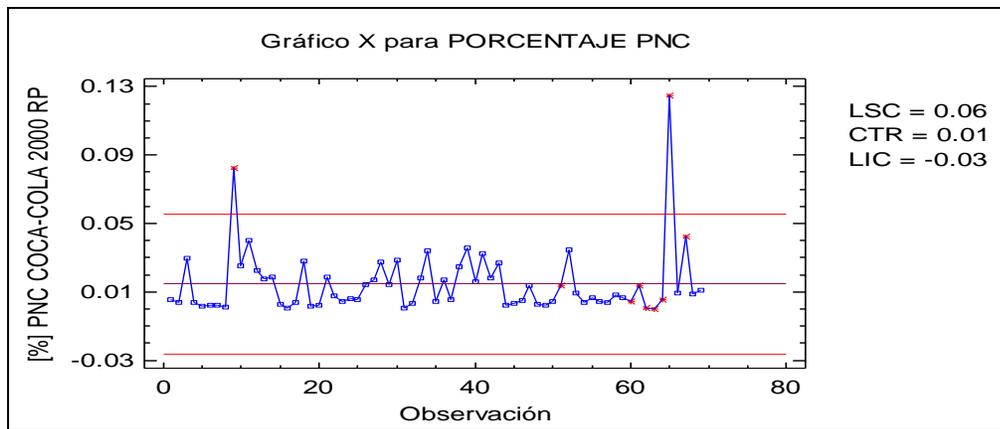
Transformación: ninguna

Tabla N° 48: Límites de Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Ref Pet (2005 - Octubre 2008)

Período	#1-69
LSC: +3.0 sigma	0.0557178
Línea Central	0.0147797
LIC: -3.0 sigma	-0.0261584
Puntos fuera de los límites	2 puntos fuera de límites

Fuente: Elaboración con base en los datos de la Tabla A-1 del ANEXO A

**Gráfico N° 56: Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Ref Pet
(2005 - Octubre 2008)**



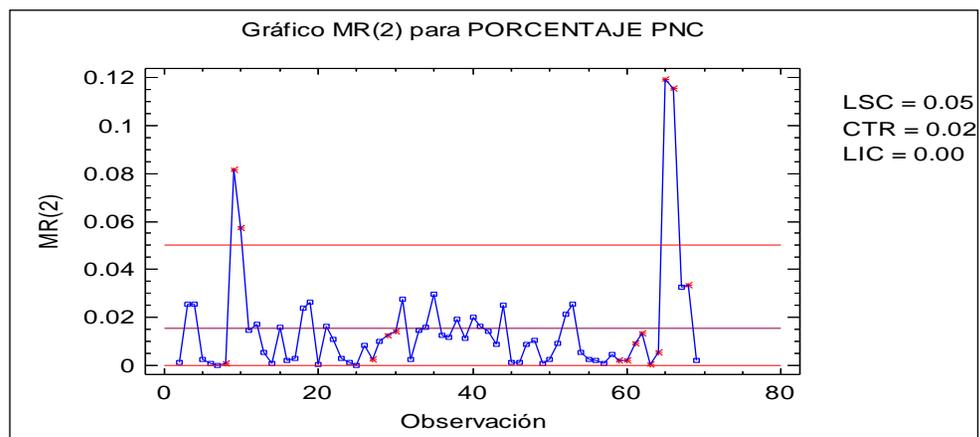
Fuente: Elaboración con base en los datos de la Tabla A-1 del Anexo A y la Tabla N° 48

**Tabla N° 49: Límites Gráfico de Control Rangos Coca - Cola 2000 Ref Pet
(2004 – Octubre 2008)**

Período	#1-69
LSC: +3.0 sigma	0.0502924
Línea Central	0.0153927
LIC: -3.0 sigma	0.0
Puntos fuera de los límites	4 puntos fuera de límites

Fuente: Elaboración con base en los datos de la Tabla A-1 del ANEXO A. y Gráfico N° 57

**Gráfico N° 57: Porcentaje (2004-Octubre 2008) Gráfico De Control Rangos
Coca-Cola 2000 Ref Pet**



Fuente: Elaboración con base en los datos de la Tabla A-1 del Anexo A y la Tabla N° 49

Las Tablas N° 48 y 49 Gráficos N° 56 de control del proceso de PNC, nos han permitido determinar si los datos provienen de un proceso en un estado de control estadístico, mediante valores sucesivos de las características de calidad que se está controlando y crea un gráfico de valores individuales para Producto No Conforme para Coca Cola 2000 ml RP. Se construyeron bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 0.0147797 y una desviación estándar igual a 0.013646.

Estos parámetros fueron estimados a partir de los 69 números de observaciones, no excluidos mostrados en el Gráfico N° 56, 2 puntos se encuentran fuera de los límites de control en el primer gráfico (X), mientras que 4 puntos están fuera de límites en la segunda grafica de rangos MR(2). Puesto que la probabilidad de que aparezcan 2 ó más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 0.00000170808, si los datos provienen de la distribución supuesta, *se puede afirmar que el proceso está fuera de control con un nivel de confianza del 95%*.

3.7.1.3 ANÁLISIS DE CAPABILIDAD DE PROCESO (Individuales) - PORCENTAJE PNC COCA-COLA 2000 ml REF PET

El objetivo del análisis es estimar la confianza que poseemos respecto a la proporción de la población, de la cual provienen los datos, que queda fuera de los límites de especificación.

En este caso, se ha ajustado una distribución Normal a un conjunto de 69 observaciones en la variable Porcentaje PNC. 22.2982% de la distribución ajustada queda fuera de los límites de especificación.

Si la distribución Normal es apropiada para los datos, éste estima el porcentaje de la población que queda fuera de la especificación.

Tabla N° 50: Distribución Normal

Tamaño de muestra =	69
Media	0.014779
Desviación Estándar	0.0193919
6.0 Límites Sigma	238.515
+3.0 sigma	0.0729555
Media	0.0147797
-3.0 sigma	- 0.0433961

**Tabla N° 51: Porcentaje de Puntos Fuera de Especificación
Coca - Cola 2000 Ref Pet, (2004-Octubre 2008)**

	Observados		Estimados	Defectos
<i>Especificaciones</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Valor-Z</i>	<i>Fuera Especs.</i>	<i>Por Millón</i>
Nominal = 0.01		-0.25		
LIE = 0.0	0.000000%	-0.76	22.298165%	222981.65
Total	0.000000%		22.298165%	222981.65

Fuente: Elaboración con base en datos de la tabla A1 del Anexo A.

**Tabla N° 52: Índices de Capabilidad y Desempeño
Coca - Cola 2000 Ref Pet, (2005-Octubre 2008)**

Índices	Capabilidad	Desempeño
	Corto Plazo	Largo Plazo
Sigma	0.013646	0.0193919
Cpk/Ppk	0.361026	0.254053
Cpk/Ppk (inferior)	0.361026	0.254053
K		0.477972
DPM	139386.	222982.

Fuente: Elaboración con base en datos de la tabla A1 del Anexo A.

Tabla N° 53: Habilidad del Proceso según su Capacidad Efectiva del Proceso Coca - Cola 2000 Ref Pet, (2005-Octubre 2008)

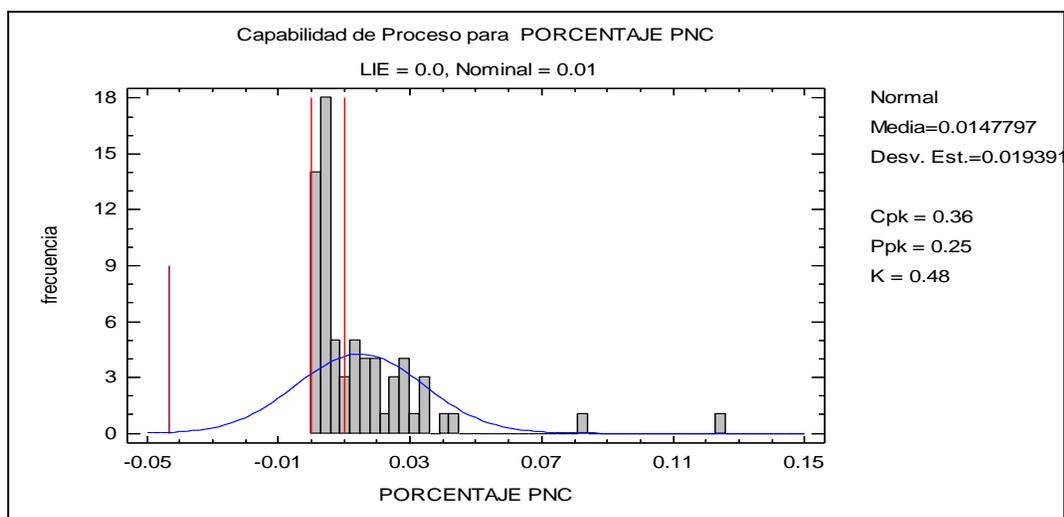
Resultados de Intervalos de Confianza del 95 %

Índice	Límite Inferior	Límite Superior
Cpk (capacidad de corto plazo)	0.261691	0.460362
Ppk (capacidad de largo plazo)	0.16456	0.343546

Fuente: Elaboración con base en datos de la tabla A1 del Anexo A.

NOTA.- Con base en límites 6.0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

Gráfico N° 58: Grafico de Capacidad Producto No Conforme Coca - Cola 2000 Ref Pet (2005 - Octubre 2008)



Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas N° 51, 52 y 53

Los Índices de Capabilidad (individual) para porcentaje de Producto No Conforme de Coca-Cola 2000 RP, como se ven en las Tablas N° 51 y 52 y Gráfico N° 58 se han calculado mediante varios índices de capacidad para resumir la comparación entre la distribución ajustada y las especificaciones.

Ppk (capacidad de largo plazo) es un índice de capacidad unilateral, el cual, en el caso de una distribución normal, divide la distancia de la media al límite de especificación más cercano, entre 3 veces la desviación estándar. En este caso, el Ppk (capacidad de largo plazo) es igual a 0.254053. K es igual a la media menos el nominal, dividido entre la distancia al límite de especificación. Puesto que K es igual a 0.477972, la media está localizada 47.7972% de la distancia a la especificación arriba del valor nominal.

Puesto que los índices de capacidad son estadísticos, variarán de una muestra de datos a otra. Los intervalos de confianza del 95.0% muestran que tanto pueden variar estos estadísticos de los valores verdaderos, dado el hecho de que solamente se tomaron 69 observaciones, para comparar el desempeño del proceso con las especificaciones.

Considerando que el Departamento de Control de Calidad no cuenta con límites de calidad establecidos se establecieron las siguientes Especificaciones: Valor Nominal = 0.01 y Límite Inferior de Especificación (LIE) = 0.0.

3.7.1.4 ANÁLISIS CAPABILIDAD DE PROCESOS MEDIANTE DISTRIBUCIÓN BINOMIAL - PRODUCTO NO CONFORME COCA-COLA 2000 ml RP

- **Datos/Variable: PRODUCTO NO CONFORME (COCA-COLA 2000 ml RP)**

Meta: 1.0 %

Distribución: Binomial

Número de muestras = 69

Tamaño promedio de muestra = 6616.0

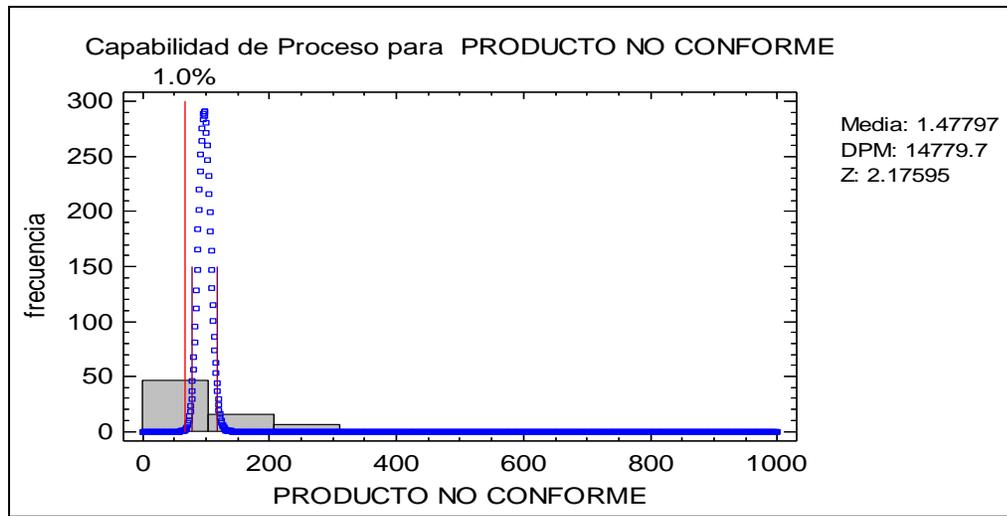
Porcentaje defectuosos medio = 1.47797

**Tabla N° 54: Índices de Capabilidad y Desempeño Distribución Binomial
Coca - Cola 2000 Ref Pet, (2005-Octubre 2008)**

	Estimado	Límite Inferior 95%	Límite Superior 95%
Porcentaje defectuoso promedio	1.47797	1.44295	1.51319
Defectos por millón	14779.7	14429.5	15131.9
Z de proceso	2.17595	2.18541	2.16663
Límites de tolerancia (tamaño de muestra promedio)		79	117

Fuente: Elaboración con base en los datos de la Tabla A1 del ANEXO A.

Gráfico N° 59: Grafico de Distribución Binomial de Capacidad Producto No Conforme Coca - Cola 2000 Ref Pet (2005 -Octubre 2008)



Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A1 del anexo A y Tabla N° 54.

Para determinar la capacidad del proceso y estabilidad de Producto No Conforme Coca Cola 2000 Ref Pet mediante distribución Binomial, se tomaron 69 número de muestras de Producto No Conforme que tienen un promedio de 1.47797% productos defectuosos.

Esto es igual a 14779.7 Defectos por Millón de Items. Los límites de confianza del 95.0% indican que el porcentaje medio de ítems defectuosos en la población muestreada puede, en realidad, estar en algún lugar entre 1.44295 y 1.51319.

Los límites de tolerancia muestran la variabilidad probable entre las muestras en la población. En este caso, 95.0% de todas las muestras de tamaño promedio puede esperarse que tengan límites de tolerancia entre, 79.0 y 117.0 de ítems defectuosos.

3.7.1.5 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE NO CONFORMIDAD COCA COLA 2000 ml RP SEGÚN ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO GESTIÓN 2005-2008

Tabla Nº 55: Representa Cantidad de Producto No Conforme según Especificaciones de Coca Cola 2000 MI Rp (2005-Oct. 2008)

Especificación	Cantidad
CO2 Bajo	4685
Brix Bajo	1109
CO2 Bajo + CN Bajo	918
Sabor	35

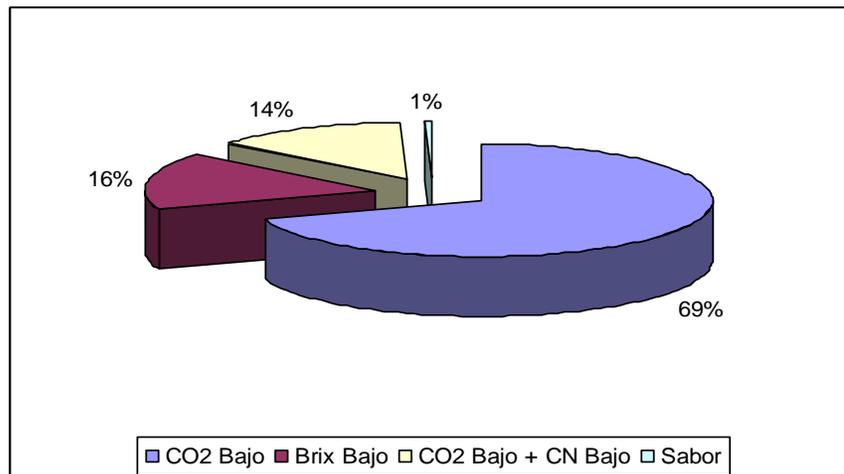
Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A1 del anexo A

Gráfico N° 60: Diagrama Pareto que Representan el Porcentaje de Producto No Conforme según Especificaciones de Coca Cola 2000 MI Rp (2005-Oct. 2008)



Fuente.- Elaboración con base en los datos de las Tablas A1 del anexo A, y Tabla N° 55.

Gráfico N° 61: Gráfico que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Especificaciones de Coca Cola 2000 MI Rp (2005-Oct. 2008)



Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A1 del anexo A , y Tabla N° 55.

Realizado el análisis de las mediciones de cantidad de no conformidades según especificaciones indicados en la Tabla N° 55 y demostrada esquemáticamente por los Gráficos N° 60 y 61 que demuestra un porcentaje de un 69% de Coca Cola 2000 ml Ref Pet con CO2 Bajo, comparados con los otras especificaciones de los productos terminados, que son identificados y dispuestos para desecho, si es muy grave el problema, ó va a consumo interno, que es aceptable para consumir dentro de la planta productiva sin riesgo.

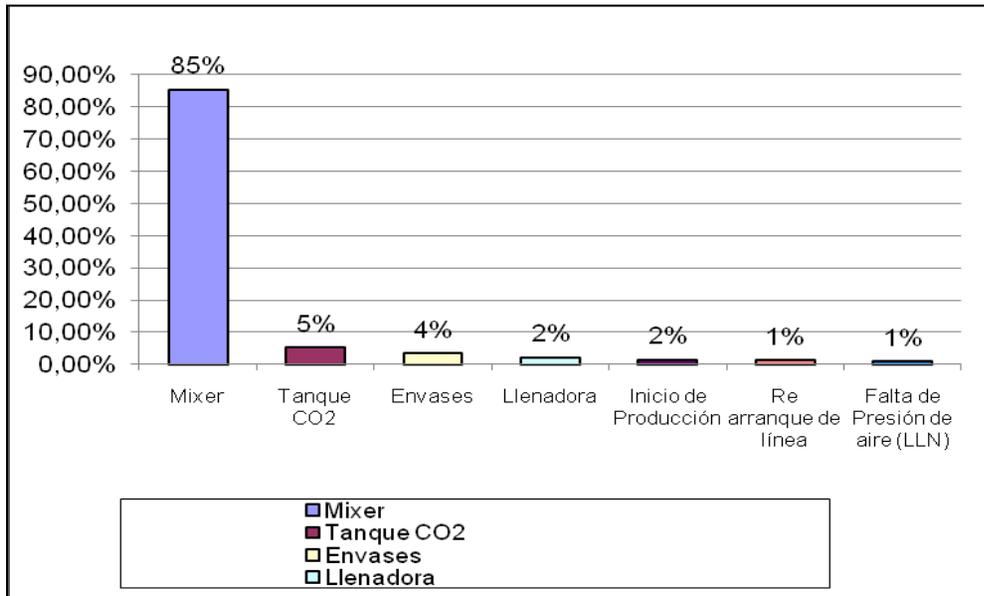
3.7.1.6 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE NO CONFORMIDADES POR FALLAS DE PROCESO, EN COCA COLA RP 2000 ml

Tabla N° 56: Cantidad de Producto No Conforme según Fallas de Proceso de Coca Cola 2000 MI Rp (2005 - Oct. 2008)

Cantidad de Fallas en Coca Cola RP 2000 ml	
Causas de Fallas Equipo, Operación	Cantidad
Mixer	4015
Llenadora	439
Re-arranque de línea	63
Intercambiador CO2	62
Fin de Producción	59
Falta de CO2 en planta	29
Mixer – Llenadora	14
Apagón de Mixer	3
Perturbación del Equipo	1

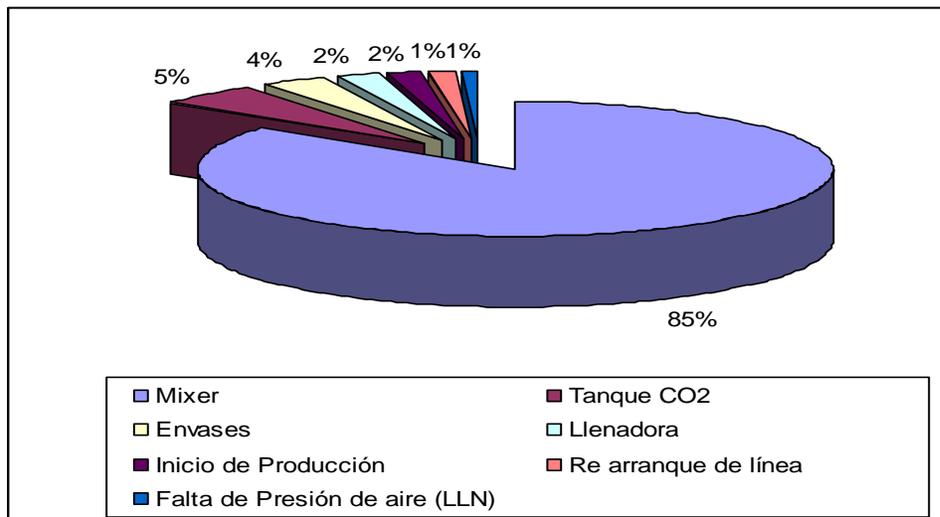
Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A1 del anexo A , y Tabla N° 56.

Gráfico N° 62: Diagrama Pareto que representan el Porcentaje de Producto No Conforme según Proceso, para Coca Cola 2000 MI Rp



Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A1 del anexo A , y Tabla N° 56.

Gráfico N° 63: Gráfico que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Proceso, para Coca Cola 2000 MI Rp



Fuente.- Elaboración con base en los datos de las Tablas A1 del anexo A , y Tabla N° 56.

En la Tabla N° 56 y y los Gráficos N° 62 y 63, se puede ver la *medición de Porcentaje de falla que se tiene el proceso productivo no adecuado*, que llevan a que exista Productos no conformes en Coca Cola 2000 ml RP con CO2 Bajo. Resultando que en el *proceso de MIXIER y Llenadora* por sus equipos que la componen, se tiene identificado un 85% de no conformidad.

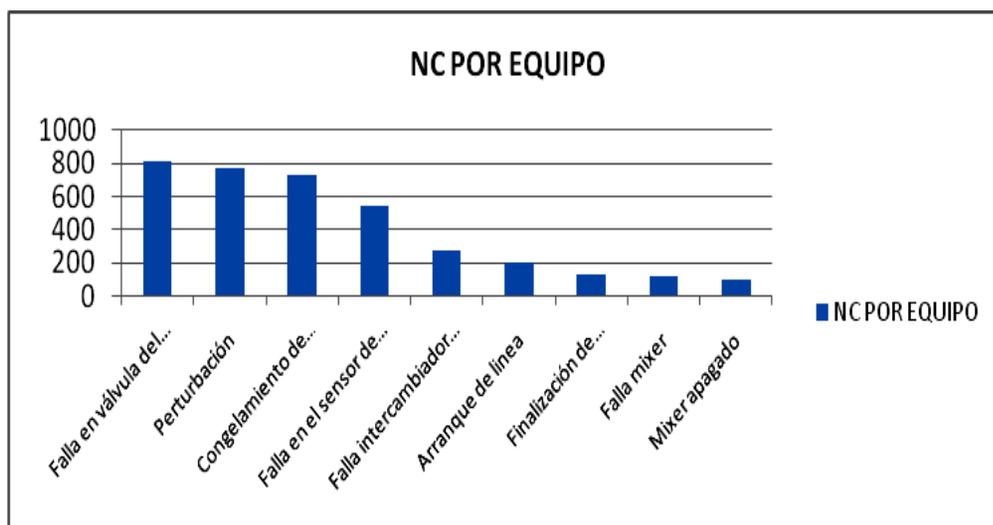
3.7.1.7 ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE NO CONFORMIDAD DE LOS EQUIPOS Y OPERACIÓN DEL PROCESO MIXER PARA COCA COLA 2000 ml RP CON BAJO CO2

Tabla N° 57: Cantidad de Producto No Conforme según Fallas de Equipo y Operación de Coca Cola 2000 MI Rp

FALLAS POR EQUIPO Y OPERACION	
FALLA	CANTIDAD
Falla en válvula del carbonatador	811
Perturbación del equipo	771
Congelamiento de ducto de CO2	732
Falla en el sensor de CO2	546
Falla intercambiador CO2	276
Arranque de línea	202
Finalización de producción	132
Falla mixer	120
Mixer apagado	98

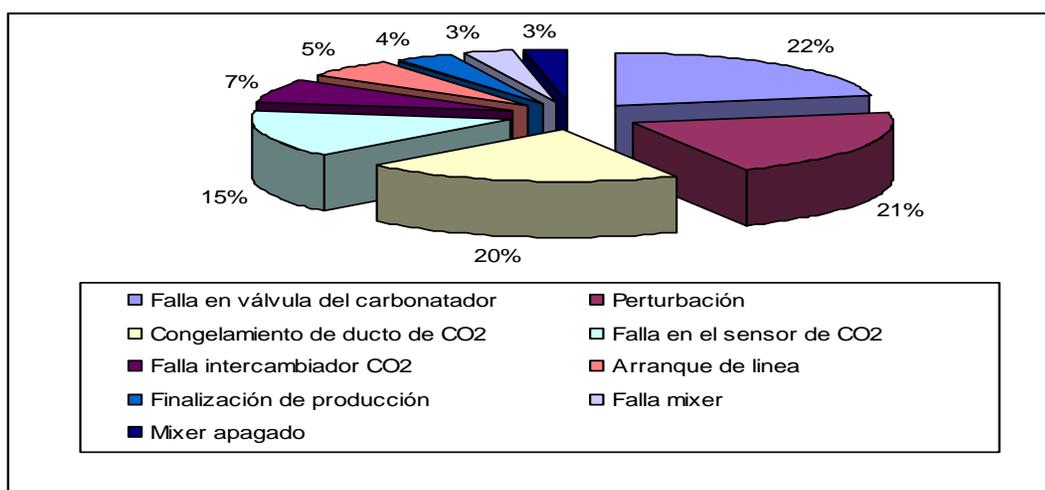
Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A1 del anexo A

Gráfico N° 64: Diagrama Pareto que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Equipo y Operación para Coca Cola 2000 MI Rp



Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A1 del anexo A , y Tabla N° 57

Gráfico N° 65: Gráfico que Representan el Porcentaje de Producto No Conforme según Equipo y Operación para Coca Cola 2000 MI Rp



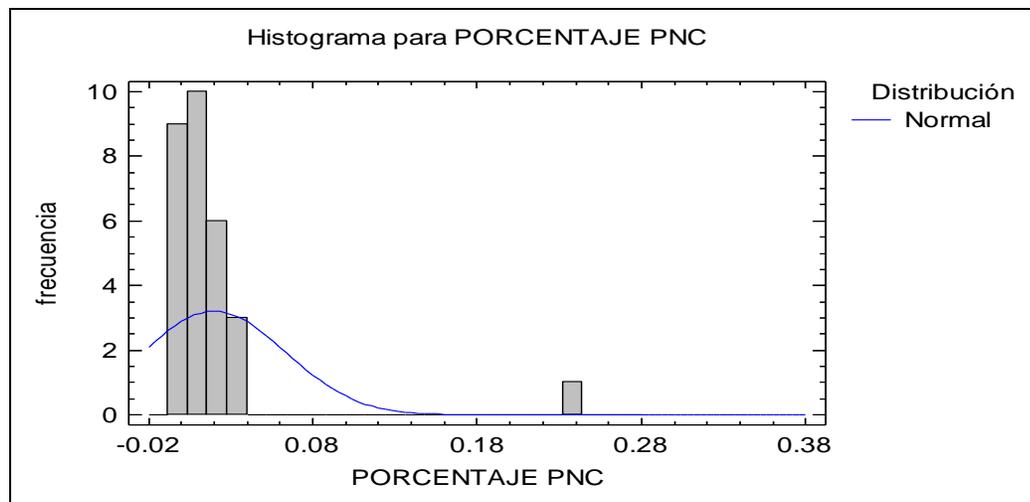
Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A1 del anexo A , y Tabla N° 57.

Se puede concluir en el análisis de fallas, medidas en las tablas y Gráficos N° 64 y 65 dadas por los Procesos, Equipos y Operación, según la variable crítica de especificación de producto el CO2 Bajo, que este es acompañado de falla en el proceso de MIXER por el de equipo, y operación mediante: Falla de válvula del carbonatador, Perturbación, Congelamiento del ducto de CO2, y Falla en el sensor de CO2, como de operación por cambio de jarabe.

3.7.2 ANÁLISIS DE FRECUENCIA, CAPACIDAD, ESPECIFICACIONES, EQUIPOS Y OPERACIÓN DE COCA-COLA 2000 ml PET 2005 AL 2008

3.7.2.1 HISTOGRAMA DE PORCENTAJE DE FRECUENCIA DE COCA COLA 2000 ml PET

Gráfico N° 66: Histograma de Porcentaje de Frecuencia de No Conformidad de Coca - Cola 2000 MI Pet



Fuente: Elaboración con base en los datos de la Tabla A-2 del ANEXO A.

En el Gráfico N° 66 el histograma muestra el grado de variación de un conjunto de datos de producto no conforme de Coca Cola 2000 ml PET, mostrando que se encuentra sesgado a la izquierda, y no cuenta con una distribución normal, mostrando valores atípicos que dan indicios de que no existe aleatoriedad en la distribución de los datos.

3.7.2.2 ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONTROL DE CAPACIDAD DEL PROCESO DE COCA COLA 2000 ml PET

Para determinar las variaciones anormales de los procesos de fabricación, de Coca Cola 2000 ml Pet se realizaron los gráficos de control.

- **Datos:**

Número de observaciones = 28

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

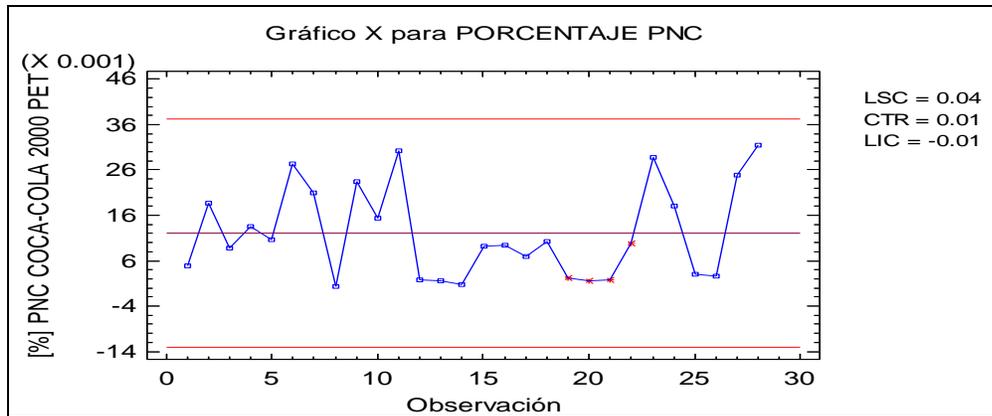
Transformación: ninguna

**Tabla N° 58: Límites Gráfico de Control (X) COCA-COLA 2000 PET
Porcentaje, (2005-Octubre 2008)**

Período	#1-28
LSC: +3.0 sigma	0.0372195
Línea Central	0.0120609
LIC: -3.0 sigma	-0.0130976
Puntos fuera de límites	0 fuera de límites

Fuente.: Elaboración con base en los datos de la Tabla A-2 del ANEXO A.

**Gráfico N° 67: Grafico de Control (X) Coca - Cola 2000 Pet
Porcentaje (2005-Octubre 2008)**



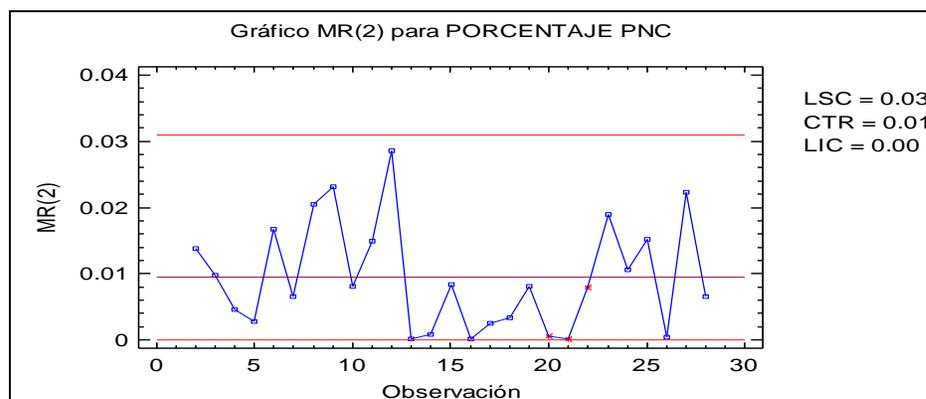
Fuente.: Elaboración con base en los datos de la Tabla A-2 del Anexo A y la Tabla N° 58.

**Tabla N° 59: Límites Gráfico de Control Rangos COCA-COLA 2000 PET
Porcentaje, (2005-Octubre 2008)**

Período	#1-28
LSC: +3.0 sigma	0.0309073
Línea Central	0.00945962
LIC: -3.0 sigma	0.0
Puntos fuera de los límites	0 puntos fuera de límites

Fuente: Elaboración con base en los datos de la Tabla A-2 del ANEXO A.

**Gráfico N° 68: Grafico de Control Rangos Coca - Cola 2000 Pet
Porcentaje (2005-Octubre 2008)**



Fuente: Elaboración con base en los datos de la Tabla A-2 del Anexo A y la Tabla N° 59.

Para determinar las variaciones anormales de los procesos de fabricación, de Coca Cola 2000 ml PET se realizaron mediante los gráficos de control, donde tiene una Línea Central que representa el promedio histórico de la característica que se está controlando y Límites Superior e Inferior del promedio histórico.

Las Tablas N° 58 y 59 Gráficos N° 67 y 68 de control del proceso de PNC, nos han permitido determinar si los datos provienen de un proceso en un estado de control estadístico, tiene una Línea Central que representa el promedio histórico de la característica que se está controlando y Límites Superior e Inferior del promedio histórico, mediante valores sucesivos de las características de calidad que se está controlando y crea un gráfico de valores individuales para Producto No Conforme para Coca Cola 2000 ml Pet.

Se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 0.0198839 y una desviación estándar igual a 0.0154989. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos.

De los 29 números de observaciones, no excluidos mostrados en el Gráfico N° 67, 1 punto se encuentra fuera de los límites de control en el primer gráfico (X), mientras que 1 punto está fuera de límites en la segunda grafica de rangos MR(2). Puesto que la probabilidad de que aparezcan 1 ó más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 0.000782683 si los datos provienen de la distribución supuesta, *se puede declarar que el proceso está fuera de control con un nivel de confianza del 95%*.

3.7.2.3 ANÁLISIS DE CAPABILIDAD DE PROCESO (Individuales) - PORCENTAJE PNC COCA-COLA 2000 PET

²¹El objetivo del análisis es estimar la confianza que poseemos respecto a proporción de la población, de la cual provienen los datos, que queda fuera de los límites de especificación. En este caso, se ha ajustado una distribución Normal a un conjunto de 28 observaciones en la variable de *Porcentaje PNC*. 11.6852% de la distribución ajustada queda fuera de los límites de especificación. Si la distribución Normal es apropiada para los datos, esto estima el porcentaje de la población que queda fuera de la especificación.

Tabla Nº 60: Distribución: Normal

Tamaño de muestra =	28
Media	0.0120609
Desviación Estándar	0.0101278
6.0 Límites Sigma	238.515
+3.0 sigma	0.0424444
Media	0.0120609
-3.0 sigma	- 0.018322

**Tabla Nº 61: Porcentaje de Puntos Fuera de Especificación
Coca - Cola 2000 Pet, (2005-Octubre 2008)**

	Observados		Estimados	Defectos
<i>Especificaciones</i>	<i>Fuera Specs.</i>	<i>Valor-Z</i>	<i>Fuera Specs.</i>	<i>Por Millón</i>
Nominal = 0.01		-0.20		
LIE = 0.0	0.000000%	-1.19	11.685165%	116851.65
Total	0.000000%		11.685165%	116851.65

Fuente: Elaboración con base en datos de la tabla A2 del Anexo A.

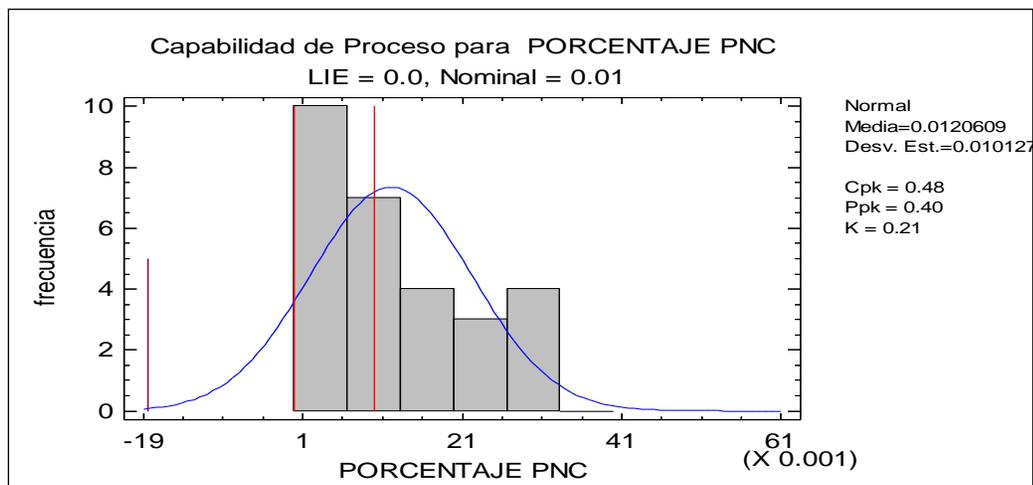
²¹ Webster, A., (2000). Estadística Aplicada a los Negocios y la Economía. México: McGraw-Hill.

**Tabla N° 62: Índices de Capabilidad y Desempeño
Coca - Cola 2000 Pet, (2005-Octubre 2008)**

Índices	Capabilidad	Desempeño
	Corto Plazo	Largo Plazo
Sigma	0.00838619	0.0101278
Cpk/Ppk	0.479396	0.396957
Cpk/Ppk (inferior)	0.479396	0.396957
K		0.206093
DPM	75189.9	116852.
Intervalos de Confianza del 95 %		
Índice	Límite Inferior	Límite Superior
Cpk	0.301652	0.657141
Ppk	0.234312	0.559603

Fuente: Elaboración con base en datos de la tabla A2 del Anexo A.

**Gráfico N° 69: Grafico de Capacidad Producto No Conforme
Coca - Cola 2000 Pet (2005-Octubre 2008)**



Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas (1- 7.3.2.2.3) y (2- 7.3.2.2.3)

- **Índices de Capabilidad para Porcentaje PNC de Coca-Cola 2000 PET**

Como se ven en las Tablas N° 61 y 62 y Grafico N° 69, se han calculado diversos índices de capacidad para resumir la comparación entre la

distribución ajustada y las especificaciones. Ppk (capacidad de largo plazo) es un índice de capacidad unilateral, el cual, en el caso de una distribución normal, divide la distancia de la media al límite de especificación más cercano, entre 3 veces la desviación estándar. En este caso, el Ppk (capacidad de largo plazo) es igual a 0.396957. K es igual a la media menos el nominal, dividido entre la distancia al límite de especificación. Puesto que K es igual a 0.206093, la media está localizada 20.6093% de la distancia a la especificación arriba del valor nominal.

Puesto que los índices de capacidad son estadísticos, variarán de una muestra de datos a otra. Los intervalos de confianza del 95.0% muestran que tanto pueden variar estos estadísticos de los valores verdaderos dado el hecho de que solamente se tomaron 28 observaciones, para comparar el desempeño del proceso con las especificaciones.

Considerando que el Departamento de Control de Calidad no cuenta con límites de calidad establecidos se establecieron las siguientes Especificaciones: Valor Nominal = 0.01 y Límite Inferior de Especificación (LIE) = 0.0

NOTA.-Con base en límites 6.0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

3.7.2.4 ANÁLISIS CAPABILIDAD DE PROCESOS MEDIANTE DISTRIBUCIÓN BINOMIAL - PRODUCTO NO CONFORME COCA-COLA 2000 ML PET

Datos/Variable: PRODUCTO NO CONFORME (COCA-COLA 2000 PET)

Meta: 1.0

Distribución: Binomial

Número de muestras = 28

Tamaño promedio de muestra = 8919.0

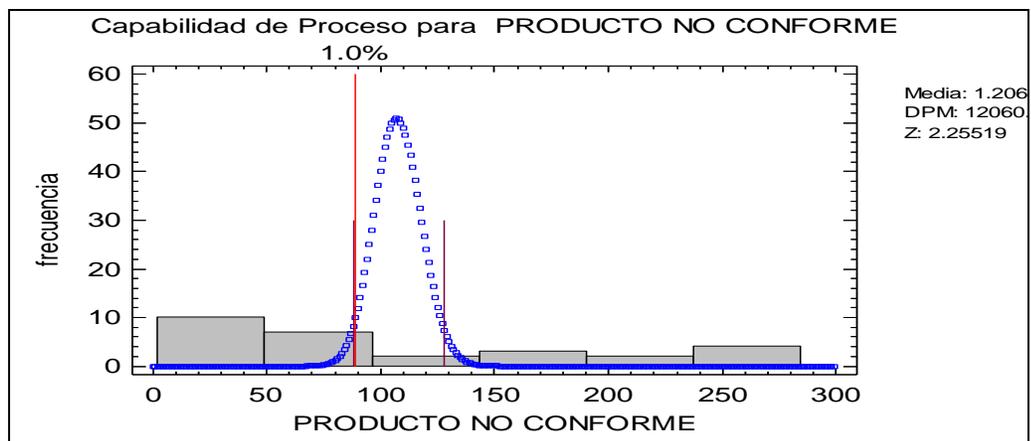
Porcentaje defectuosos medio = 1.20609

**Tabla N° 63: Índices de Capabilidad y Desempeño Distribución Binomial
Coca - Cola 2000 Pet, (2005-Octubre 2008)**

	Estimado	Límite Inferior 95%	Límite Superior 95%
Porcentaje defectuoso promedio	1.20609	1.16326	1.24929
Defectos por millón	12060.9	11632.6	12492.9
Z de proceso	2.25519	2.26905	2.24163
Límites de tolerancia (tamaño de muestra promedio)		88	128

Fuente: Elaboración con base en los datos de la Tabla A2 del ANEXO A.

Gráfico N° 70: Grafico de Distribución Binomial de Capacidad Producto No Conforme Coca - Cola 2000 Pet (2005-Octubre 2008)



Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A2 y Tabla N° 63.

Como se ven en la Tabla N° 63 y Grafico N° 70. *Para determinar la capacidad del proceso y estabilidad de Producto No Conforme Coca Cola 2000 PET mediante distribución Binomial, se tomaron 28 números de*

muestras de producto no conforme que tienen un promedio de 1.20609% de productos defectuosos.

Esto es igual a 12060.9 DPM, Defectos por Millón de ítems. Los límites de confianza del 95.0% indican que el porcentaje medio de ítems defectuosos en la población muestreada puede, en realidad, estar en algún lugar entre 1.16326 y 1.24929.

Los límites de tolerancia muestran la variabilidad probable entre las muestras en la población. En este caso, 95.0% de todas las muestras de tamaño promedio puede esperarse que tengan entre 88.0 y 128.0 de ítems defectuosos.

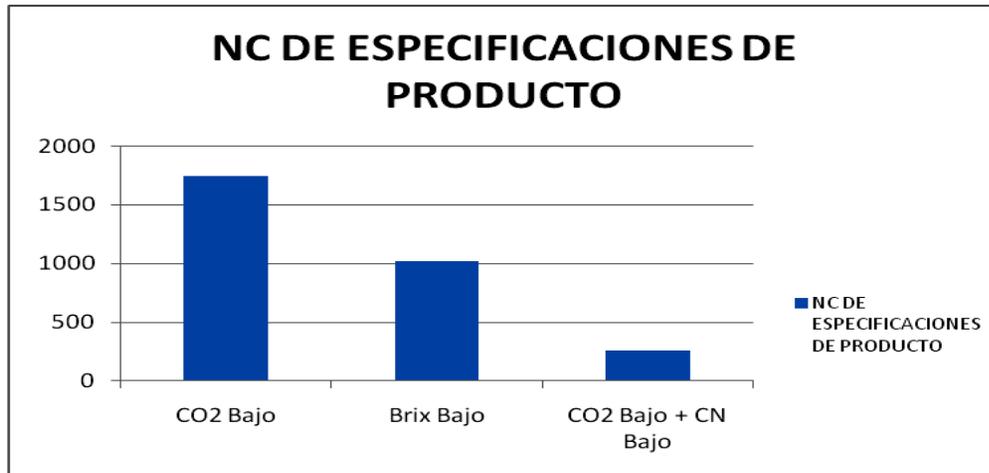
3.7.2.5 ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE NC SEGÚN ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO COCA COLA 2000 ML PET

Tabla N° 64: Representa Cantidad de Producto No Conforme según Especificaciones De Coca Cola 2000 MI Pet

Especificación	Cantidad	porcentaje	Porcentaje acumulable
CO2 Bajo	1741	57,80%	57,80%
Brix Bajo	1015	33,70%	91,50%
CO2 Bajo + CN Bajo	256	8,50%	100,00%
	3012		

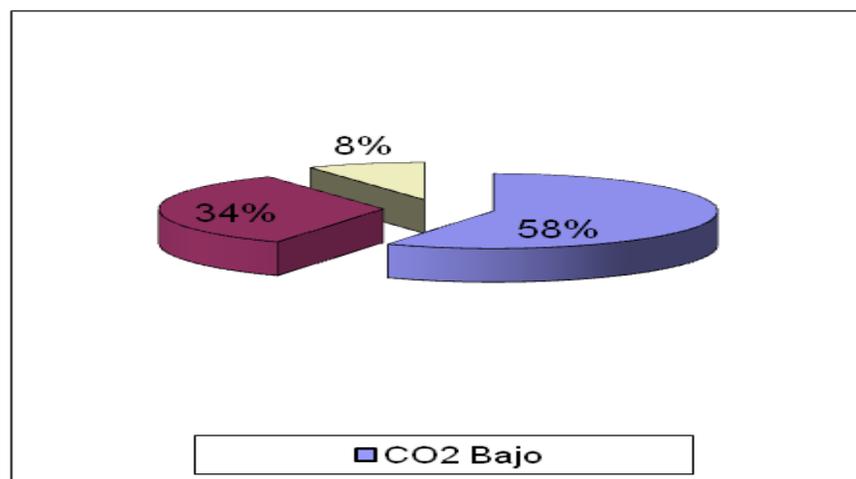
Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A2 del anexo A

Gráfico N° 71: Diagrama Pareto que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Especificaciones de Coca Cola 2000 MI Pet



Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A2 del anexo A , y Tabla N° 64

Gráfico N° 72: Gráfico que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Especificaciones de Coca Cola 2000 MI Pet



Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A2 del anexo A , y Tabla N° 64.

Realizado el análisis de las mediciones de cantidad de no conformidades según especificaciones indicados en la Tabla N° 64 y demostrada esquemáticamente por Gráfico N° 71 y 72 de torta y Pareto que demuestra

un porcentaje de un 58% de Coca Cola 2000 ml PET con CO2 Bajo, comparados con los otras especificaciones de los productos terminados, que son identificados y dispuestos para desecho, si es muy grave el problema, ó va a consumo interno, que es aceptable para consumir dentro de la planta productiva sin riesgo.

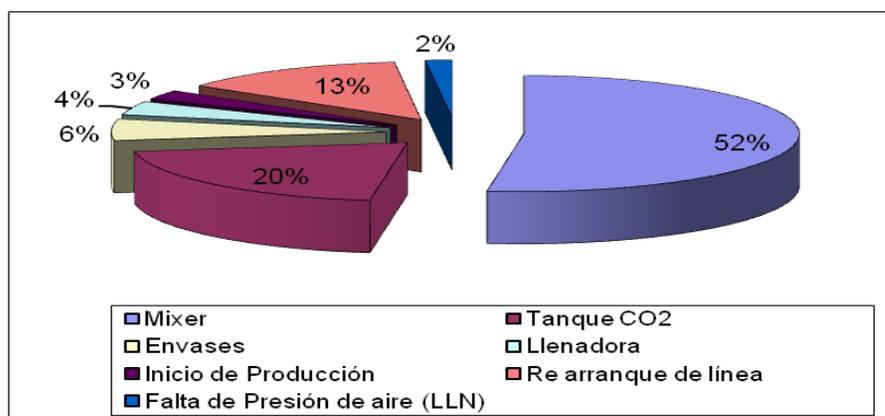
3.7.2.6 ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE NC POR FALLAS EN PROCESO DE COCA COLA 2000 ML PET CON BAJO CO2

Tabla N° 65: Cantidad de Producto No Conforme según Fallas de Proceso de Coca Cola 2000 MI Pet

Cantidad de Fallas en Coca Cola PET 2000 ml		
Equipo, Operación	Cantidad	Porcentaje
Mixer	533	52,15%
Tanque CO2	209	20,45%
Envases	61	5,97%
Llenadora	39	3,82%
Inicio de Producción	27	2,64%
Re arranque de línea	137	13,41%
Falta de Presión de aire (LLN)	16	1,57%

Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A2 del anexo A ,

Gráfico N° 73: Representación el Porcentaje de Producto No Conforme según Proceso, para Coca Cola 2000 MI Pet



Fuente.- Elaboración con base en los datos de las Tablas A2 del anexo A , y Tabla N° 65

En la Tabla N° 65 y el Gráfico N° 73, se puede ver la *medición de Porcentaje de falla que se tiene el proceso productivo no adecuado*, que llevan a que exista Productos no conformes en Coca Cola 2000 ml PET con CO2 Bajo. Resultando que en el *proceso de MIXIER* y sus equipos que la componen, se tiene identificado un 52% de no conformidad.

3.7.2.7 ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE NO CONFORMIDAD DE LOS EQUIPOS Y OPERACIÓN DEL PROCESO MIXER PARA COCA COLA 2000 ML PET

Según las especificaciones, el parámetro fisicoquímico que da la falla es la *Baja de CO2* se analizan las variables críticas que causan por algún Proceso, los Equipos u Operación, por mal control de proveedor de CO2 ó falta de Mayor Control de Calidad, según especificación de norma, por eso se analizara mediante las siguientes preguntas las fallas raíz.

1. ¿Falla de Válvula del carbonatador?
2. ¿Congelamiento de línea de CO2, falla del Sensor de CO2 ,
3. ¿Falla del Intercambiador de CO2
4. ¿Mala codificación por mal tapado? perturbación en Mixer?
5. ¿Las válvulas de venteo cerradas o con mala apertura?
6. ¿Objeto extraño por válvulas de venteo dentro?
7. Por falta de Control preventivo de MTTO,
8. Falta de mayor control del supervisor y operador de producción.
9. ¿Por descuido en mal arranque de equipo como re arranque?
10. ¿Por precipitada autorización del supervisor o presión para el arranque?
11. ¿Por qué el re arrancar para otro formato no se realizo desde cero?

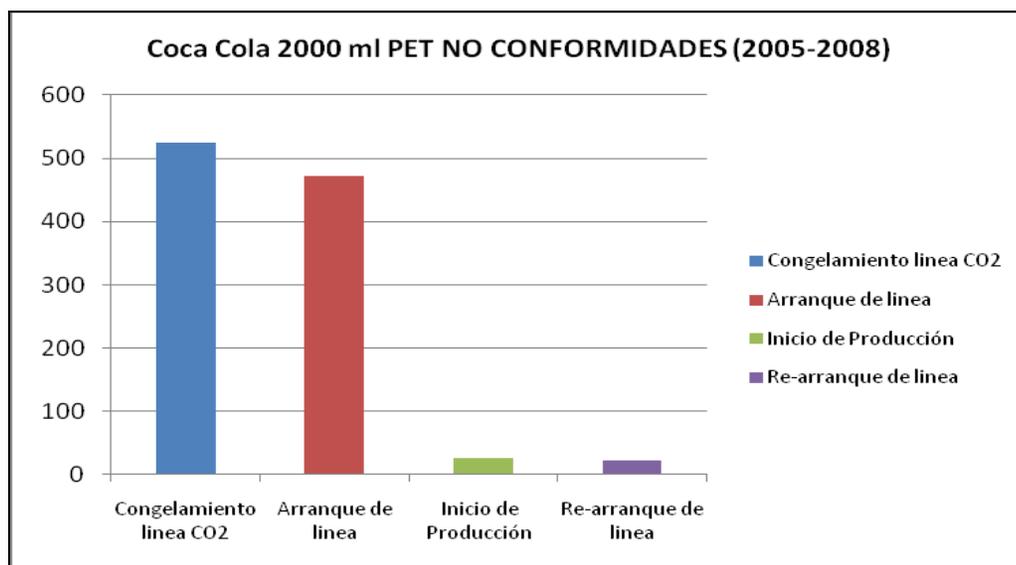
12. ¿Por qué la llenadora no soplo mucho y existe restos de agua?
13. Por mal control de proveedor de CO2 y la falta de Mayor Control de Calidad, según especificación de norma.

Tabla N° 66: Cantidad de Producto No Conforme según Fallas de Equipo y Operación de Coca Cola 2000 MI

FALLAS POR EQUIPO Y OPERACION	
FALLA	CANTIDAD
Congelamiento línea de CO2	604
Falla de bomba de carbonatador	209
Falla válvula 169	137
Falla de sensor de nivel	83

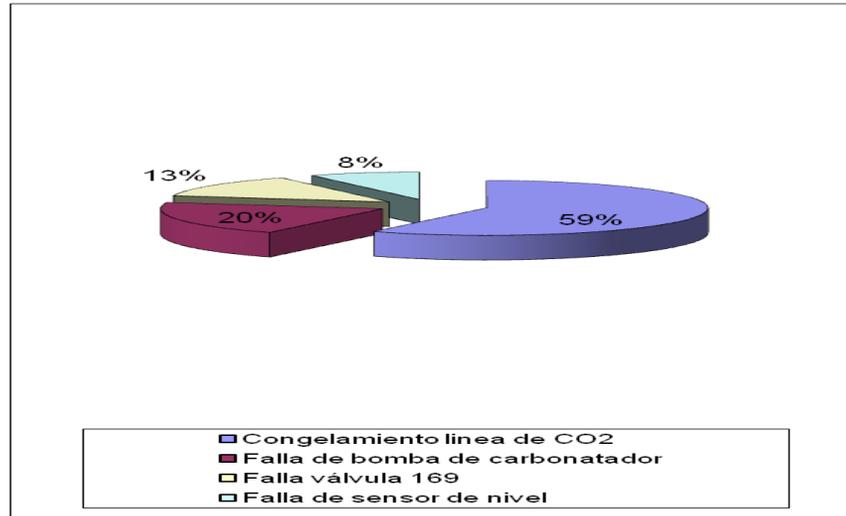
Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A2 del anexo A

Gráfico N° 74: Diagrama Pareto que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Equipo y Operación para Coca Cola 2000 MI Pet



Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A2 del Anexo A y Tabla N° 66

Gráfico N° 75: Gráfico que representa el Porcentaje de Producto No Conforme según Equipo y Operación para Coca Cola 2000 MI Pet



Fuente: Elaboración con base en los datos de las Tablas A2 del anexo A y Tabla N° 66.

Se puede concluir en el análisis de fallas, medidas en la Tabla N° 66 y Gráficos N° 74 y 75 dadas por los procesos, equipos y operación, según la variable crítica de especificación de producto el CO2 Bajo, que este es acompañado de falla en el proceso de MIXER por el de equipo, y operación mediante: Congelamiento de línea de CO2, falla de bomba del carbonatador, falla de válvula y falla en el sensor de nivel de CO2, como de operación por cambio de jarabe.

3.7.3 CONCLUSIONES DE ANÁLISIS DE VARIABLES CRÍTICAS DE CONTROL SEGÚN CAPACIDAD DE PROCESO, ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO, EQUIPO Y OPERACIÓN DE LOS PRODUCTOS NO CONFORME.

Se Analizaron las mediciones de las variables críticas identificadas de Productos, que causan las No conformidades: Todo análisis fue finalmente

parametrizable y evaluable, por varias técnicas estadísticas para hacer posible la factibilidad técnica de llevar a cabo la metodología de la mejora.

La estratificación de estas variables críticas, se fue dando por medio de análisis de cada medición de variable, donde nos llevo a determinar las siguientes variables Críticas de Control y Productos que llegaron hacer el problema:

Producto 1 = Sabor “Coca Cola”+ formato y contenido de “2000 ml”+ especificación “CO2 bajo”+ envase “REF PET”, Equipo “Mixer por **Falla del Carbonatador ó Falla en el Sensor de CO2** “+ Operación “**Cambio de Jarabe**”

Producto 2 = Sabor “Coca Cola”+ formato y contenido de “2000 ml”+ especificación “CO2 bajo”+ envase “PET”, **Equipo “Mixer” por Congelamiento línea CO2 + Operación en “Arranque de línea”**

Tabla Nº 67: Cuantificación Económica, que Causa el Daño Económico

Producto	Tamaño	Envase	TOTAL (BOB)	TOTAL (USD)	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Coca-Cola 2000 ml PET	2000	PET	77247.86	10,926	15.98%	15.98%
Coca-Cola 2000 ml RP	2000	REF PET	56202.51	7,949	11.63%	27.61%

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de costos

3.8 ETAPA MEJORAR

En esta etapa se procede a identificar y probar distintas opciones de mejoramiento.

Los objetivos de esta fase son:

- Identificar cuál será el proceso mejorado.
- Determinar según el AMFE la recomendación de mejor solución para optimizar el proceso.
- Determinar el ahorro, si existe la reducción del producto no conforme.

La generación de acciones recomendadas para la mejora, viene del AMFE, que por medio de lluvia de ideas con el personal, se analizó la causa de la falla, los controles que realizan para la falla y ahora para mejorarlo que tendrían que realizar.

Con la realización puntual de las causas, de no conformidad de CO2 bajo por equipos y operación, ahora se verá las actividades que se deberán realizar para minimizar la variabilidad del proceso

3.8.1 AMFE ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS HASTA ACCIONES RECOMENDADAS

Tabla Nº 68

Función / Requisitos del Cliente	Modo de Falla Potencial	Efecto Potencial de la Falla	SEV.	Carac. Clases	Causa Potencial de la Falla	OCUR.	Controles Actuales del Proceso	DET.	NPR	Estado Mejorado		
										Acciones Recomendadas	Responsable / Plazo	
Dosificación de CO2 y agua mediante el tanque de Carbonatación	Falla del carbonatador	Equipo en mal funcionamiento	4	5	CO2 Bajo o alto	3	Ninguna	10	120	Control preventivo de MTTO y operador de producción	JMT, SP, OP	mar 2011
	Dosificación no adecuada de CO2 y jarabe	Falta de control en dosificación	5		CO2 Bajo	3	Control de Calidad , según especificación de norma Control de Calidad Bebida con B sabor °Brix, 10,22 a 10,52 y CO2 3.6 a 4.1 según norma	5	75	Control de Calidad de Jarabe terminado Coca Cola con CO2 menor de 3.6, Mayor control al proveedor	RCC, PRV	jun. 2011
Mezcla de jarabe terminado y CO2 para MIXER y obtención de bebida terminada	Dosificación no adecuada de CO2 y jarabe	Jarabe con especificaciones fuera de rango	6	9	Operación por Mal arranque	5	Re Arrancar de cero	5	150	Operación controlada en arranque de equipo	RCC, PRV,	jun. 2011
					Operación por Precipitada autorización del supervisor o presión para el arranque	5	Autorización en el momento adecuado	4	120	No precipitar autorización del supervisor, arrancar desde cero	OP, JMT, SP	jun. 2011
					Arrancar para otro formato no se realizo desde cero	5	Arranque de cero para cambio de formato	5	150	Verificar el soplado, para que no exista restos de agua,	OP, JMT,	jun. 2011
					Falla del proveedor de CO2	5	control de proveedor	6	180	verificar mayor control al proveedor de CO2	SP	jun. 2011
					Falta de Mayor Control de Calidad , según especificación de norma Bebida con sabor °Brix, y CO2 según norma	3	Control de calidad sacar muestras en el proceso de Mixer	5	90	Agregar mayor Control de Calidad , según especificación de norma Control de Calidad Bebida con B sabor °Brix, 10,22 a 10,52 y CO2 de 3.6 a 4.1, según norma	OP, JMT,	jun. 2011
	Falla de Válvula del carbonatador	CO2 Bajo en bebida	9	9	Equipo en mal funcionamiento	6	Control de MTTO	5	210	Control preventivo de MTTO de válvula, Asegurarse que el proveedor deja todo controlado	JMT, PRV, SP, OP	FIN 2011

				Operador no verifico el estado de las válvulas	9	Control del operador de producción	9	648	Realizar , 2da verificación y control del supervisor y operador de producción	JMT, PRV,	FIN 2011
Falla en el sensor de CO2	CO2 Bajo en bebida	8		Operación no adecuada	7	Control del operador de producción	7	399	Control preventivo de MTTO de SENSOR DE CO2, Registrar Asegurarse que el proveedor deja todo controlado	SP,	FIN 2011
Congelamiento de ducto de CO2	CO2 Bajo en bebida	9		Equipo en mal funcionamiento	7	Control de operador de producción	8	504	Control preventivo de MTTO del ducto de CO2, Asegurarse que el proveedor deja todo controlado	JMT, PRV, SP, OP	FIN 2011
Falla en intercambiador de CO2	CO2 Bajo en bebida	7		Operador no verifico el estado del ducto de CO2	8	Control de MTTO y operador de producción	8	576	Realizar , 2da verificación y control del supervisor y operador de producción	JMT, PRV, SP, OP	FIN 2011
Mixer apagado	CO2 Bajo en bebida	6		Operador no verifico el estado del intercambiador de CO2	7	Control de MTTO y operador de producción	7	343	Control preventivo de MTTO del intercambiador de CO2, Registrar Asegurarse que el proveedor deja todo controlado	MT, PRV, SP, OP	FIN 2011
Falla de Mixer	Mala mezcla	6		Falta de control operando	6	Control de operador de producción	6	180	Control de MTTO con registro y operador de producción	JMT, OP	FIN 2011
Perturbación de Mixer	CO2 Bajo en bebida	8		Equipo de Mixer en mal funcionamiento	5	Control de MTTO y operador de producción	6	210	Mayor Control del operador de producción, registrar	OP	FIN 2011
Falla de bomba del carbonatador	CO2 Bajo en bebida	8		Equipo en mal funcionamiento	7	Control de MTTO y operador de producción	8	448	Mayor Control del operador de producción	OP	FIN 2011
Envío de bebida terminada , para LLENADO Y	Mal Arranque de línea	8	8	Equipo en mal funcionamiento	7	Control de MTTO y operador de producción	7	392	Control preventivo de MTTO, mayor control del supervisor y operador de producción	JMT, SP OP	FIN 2011
	Re arranque de línea	7		La operación no se realizo desde cero	8	Control del operador de producción	8	512	Control del operador de producción e inspector de producción	SP OP	FIN 2011
	Fin de	8		Re arrancar para otro formato no se realizo desde cero	7	Control del operador de producción e inspector de producción	6	294	Control del operador de producción e inspector de producción	SP OP	FIN 2011
				Falta de Control de	6	Control de Calidad ,	5	240	Mayor cantidad de	CC	FIN

CAPSULA
DO

producción	en bebida	
Cambio de especificaciones en Bebida	bebida con bajo CO2 por restos de agua	7
Perturbación del equipo	Operación no adecuada	6
Falla de sensor de nivel	Equipo en mal funcionamiento	7
Falla de válvulas de venteo	Equipo en mal funcionamiento	8
	Operación no adecuada	5
Objeto extraño	Operación no adecuada	5
	Volumen de llenado no adecuado	6
Deficiente regulación en llenado	Contenido neto bajo	6

Calidad Bebida con sabor °Brix, y CO2 según norma		según especificación de norma Control de Calidad Bebida con B sabor °Brix, 10,22 a 10,52 y CO2 de 3.6 a 4.1 según norma			bebidas controladas según especificaciones de norma		2011
Operación no adecuada	7	Control del operador en recepción y proceso	7	392	Mayor Control del operador de producción	SP OP	FIN 2011
La llenadora no soplo mucho y existe restos de agua	5	Control de llenadora vacía, por operador	6	210	Control de llenadora vacía por el operador y Agregar mayor verificación de Control de Calidad , según especificación de norma Control de Calidad, Bebida con B sabor °Brix, 10,22 a 10,52 y CO2 de 3.6 a 4.1 según norma	CC	JUN. 2011
Equipo en mal funcionamiento	5	Control de MTTO y operador de producción	5	175	Control de MTTO con registro y operador de producción	JMT, SP OP	FIN 2011
Objeto extraño	6	Control del operador de producción	6	216	Control preventivo de MTTO, mayor control del supervisor y operador de producción	JMT, SP OP	FIN 2011
Volumen de llenado no adecuado,	5	Control del operador de producción	6	210	Control preventivo de MTTO, mayor control del supervisor y operador de producción	JMT, SP OP	FIN 2011
Falta de control de válvulas de venteo cerradas o con mala apertura	4	Control del operador de producción	5	160	Mayor, control del operador de producción en la verificación de válvulas de venteo antes del llenado	OP	FIN 2011
válvulas de venteo dentro	4	Control del operador de producción	5	160	Mayor, control del operador de producción en el estado en que se encuentran las válvulas de venteo	OP	FIN 2011
Otros objetos extraños	4	Control del operador de producción			Mayor, control del operador de producción, usando las 5 S de orden.	OP	FIN 2011
Operación no adecuada ,	4	Control de Volumen de llenado según formato (190,375, 500, 1000, 1500, 2000) ml.	4	96	Realizar con mas muestras el control de Volumen de llenado según formato (190,375, 500, 1000, 1500, 2000)ml	CC	FIN 2011
Equipo en mal funcionamiento	4	Control de Volumen de llenado según formato (190,375, 500, 1000, 1500, 2000) ml.	4	96	Control de MTTO del equipo para la regulación correcta, con registro y operador de producción , tener mayor control	JMT, SP OP	FIN 2011

Parada con bebida	Equipo con falla	5	Falta de control por MTTO	3	sin control preventivo	10	150	Realizar MTTO preventivo del equipo y correctivo inmediato	JMT, SP OP	FIN 2011
Falta de presión de aire en la llenadora	Bebida mal envasada	5	Falta de control de presión, por el operador, antes del llenado	3	Control por el operador antes del llenado, según formato (190,375, 500, 1000, 1500, 2000) ml.	4	60	Control preventivo por MTTO respecto a la presión de aire, del equipo llenadora y control más precisión en el control de presión por el operador al empezar el llenado.	JMT, SP OP	FIN 2011
Codificación Borrosa en el envase	codificación no distinguible claramente	5	Mala codificación por mal tapado	4	control del operador en la posición de tapas	5	100	Mayor control del operador y supervisor en la posición de las tapas	SP OP	FIN 2011
	no se aprecia la codificación,	5	codificador sin tinta	4	Control de cantidad de tinta, por el operador	5	100	Realizar control de cantidad de tinta al empezar el envasado	OP	FIN 2011
Sin etiqueta	bebida sin identificación		Falta de control de operación en recepción de botellas y en proceso	4	control en recepción y proceso	5	100	Mayor control en la planta de envasado y verificación con mayor muestreo en recepción	OP	FIN 2011
Etiqueta defectuosa	Bebida con etiqueta no adecuada	5	Falta de control en recepción de botellas etiquetadas	4	control en recepción y proceso	5	100	Mayor control en la planta de envasado y verificación con mayor muestreo en recepción	OP	FIN 2011
Falla en dosificación de tapas	Bebidas sin tapar	4	Equipo en mal funcionamiento y se traban las tapas	3	control en la dosificadora de Tapas plásticas	5	60	Control de posición de tapas y realizar MTTO preventivo antes del llenado	OP	FIN 2011
Cambio de Jarabe	bebida mezclada	5	Operación no adecuada en el control de los pasos de cambio de bebida	5	Control del operador de producción e inspector de producción, en el cambio de cada sabor	5	125	Comunicar a Control de calidad, para control de mayor cantidad de producto luego del cambio de sabor, Control del operador de producción e inspector de producción, en el cambio de cada sabor	OP	FIN 2011
Mal torque	bebidas mal cerradas	4	Falta de control de calidad según especificaciones de torque 5 a 19,	2	control de torque en Bebida Terminada,	4	32	Realizar mayor control en torque, con mayor cantidad de muestras	JMT, SP OP	FIN 2011
			Equipo torquimetro en mal funcionamiento	3	Calibración de torquimetro	5	60	Realizar verificaciones de la calibración en el equipo	CC	FIN 2011

Fuente: Elaboración propia en base al análisis y mediciones realizadas

3.8.2 ACCIONES RECOMENDATORIAS PARA LAS MEJORAS

Las recomendaciones de mejora que genera el AMFE, resalta los esfuerzos realizados en la generación de las innovaciones para reducir las causas del problema y el porcentaje de pérdida, identificado el tipo de producto, mediante el análisis de la información que muestra la criticidad en el que se encuentra, el proceso de MIXER, por falta de control del equipo y operación; donde los responsables son, el proveedor de CO₂, laboratorio de control de la calidad, supervisor de planta y operador del equipo, dando resultados críticos en la Válvula del Carbonatador y el Congelamiento del ducto de CO₂, esto se puede mejorar, controlando y documentando los controles. Para esto se realizó la simulación de capacidad de procesos y gráficos de control para llegar al 6 sigma:

3.9 SIMULACIÓN ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PROCESOS Y GRÁFICOS DE CONTROL PARA LLEGAR AL SEIS SIGMA

3.9.1 COCA-COLA 2000 ml REF PET

Para determinar las variaciones de los procesos de fabricación, de coca cola 2000 ml REF PET se realizaron los gráficos de control simulando datos de reducción de producto no conforme para ver el desempeño con un 6 sigma.

3.9.1.1 GRÁFICO DE CONTROL Y CAPABILIDAD DE PORCENTAJE PNC COCA-COLA 2000 ml REF PET

- **Gráfico de Individuos - Porcentaje PNC**

Número de observaciones = 69

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

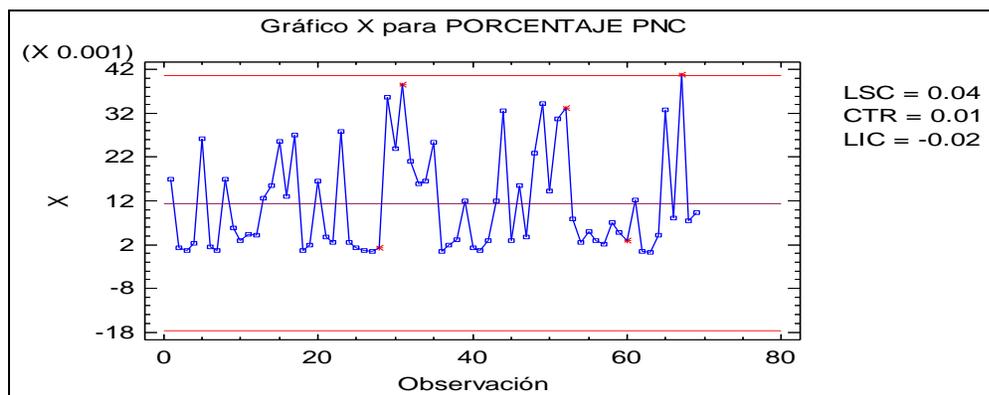
Transformación: ninguna

Tabla Nº 69: Límites de Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Ref Pet

Período	#1-69
LSC: +3.0 sigma	0.0406181
Línea Central	0.0114501
LIC: -3.0 sigma	-0.017718
fuera de límites	1

Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A

Gráfico Nº 76: Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Ref Pet



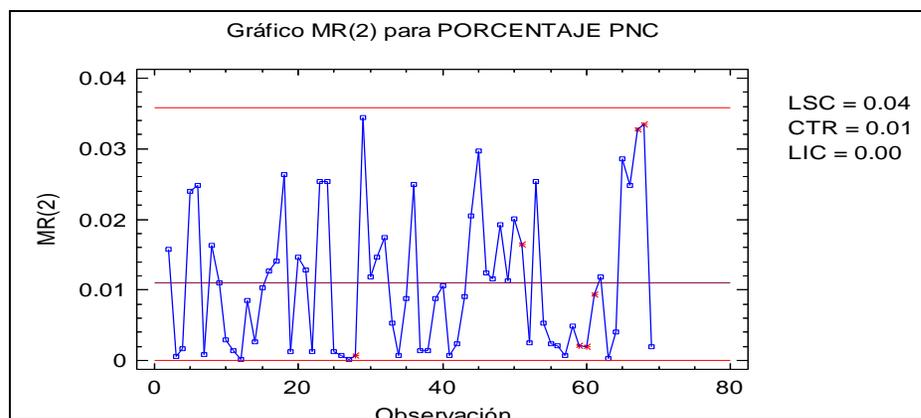
Fuente.- Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A y la Tabla Nº 69.

Tabla Nº 70: Límites de Control Rangos Coca - Cola 2000 Ref Pet

Gráfico MR. (2)

Período	#1-69
LSC: +3.0 sigma	0.0358329
Línea Central	0.0109672
LIC: -3.0 sigma	0.0
fuera de límites	0

Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A

Gráfico N° 77: Gráfico de Control Rangos Coca - Cola 2000 Ref Pet

Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A y la Tabla N° 70.

Tabla N° 71: Estimados

Período	#1-69
Media de proceso	0.0114501
Sigma de proceso	0.00972267
MR(2) promedio	0.0109672

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

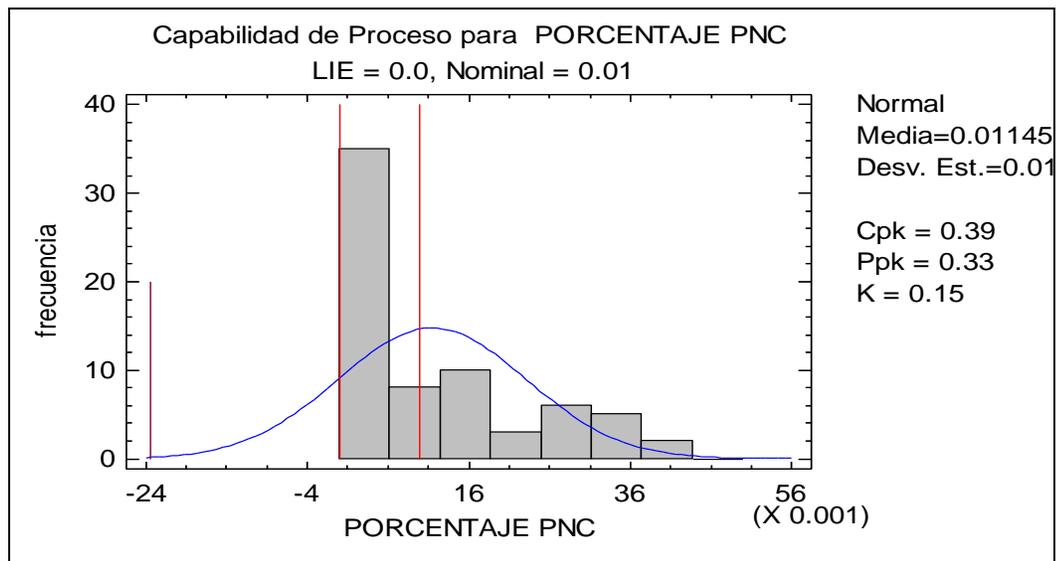
**Tabla N° 72: Índices de Capacidad y Desempeño
Coca - Cola 2000 Ref Pet**

	Capacidad	Desempeño
	Corto Plazo	Largo Plazo
Sigma	0.00972267	0.0116377
Cpk/Ppk	0.392555	0.327958
Cpk/Ppk (inferior)	0.392555	0.327958
K		0.145006
DPM	119464	162588
Intervalos de confianza del 95.0%		
Índice	Límite Inferior	Límite Superior
Cpk (capacidad de corto plazo)	0.289897	0.495213
Ppk (capacidad de largo plazo)	0.231916	0.423999

Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A

NOTA.- Con base en límites 6.0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

**Gráfico N° 78: Grafico de Capacidad Producto No Conforme
Coca - Cola 2000 MI Ref Pet**



Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A y la Tabla N° 72.

3.9.1.2 ANÁLISIS CAPABILIDAD DE PROCESOS MEDIANTE DISTRIBUCIÓN BINOMIAL - PRODUCTO NO CONFORME COCA-COLA 2000 ml REF PET

Datos/Variable: PRODUCTO NO CONFORME (COCA-COLA 2000 RP)

Meta: 1.0

Distribución: Binomial

Número de muestras = 69

Tamaño promedio de muestra = 6616.0

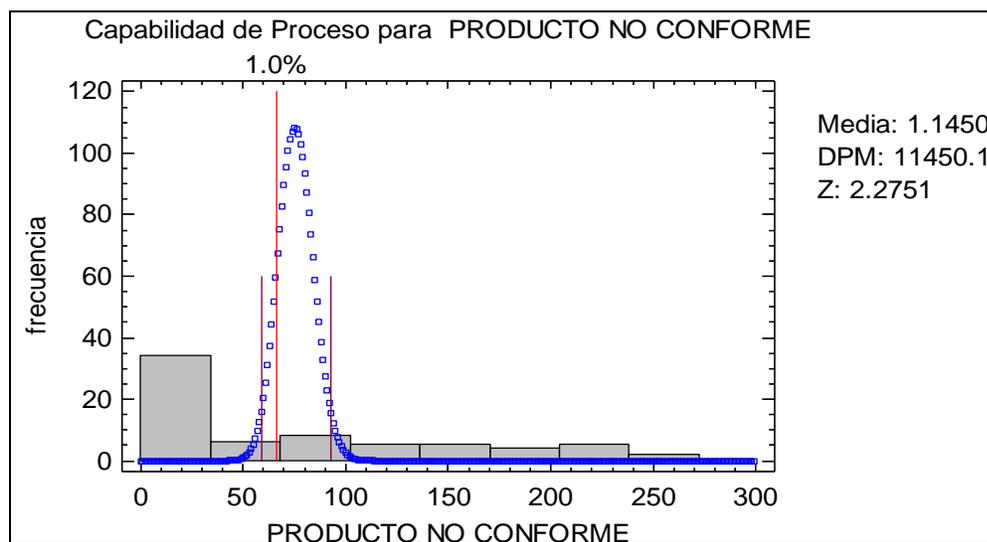
Porcentaje defectuosos medio = 1.14501

**Tabla N° 73: Índices de Capabilidad y Desempeño Distribución Binomial
Coca - Cola 2000 MI Ref Pet**

	Estimado	Límite Inferior 95%	Límite Superior 95%
Porcentaje defectuoso promedio	1.14501	1.11413	1.17608
Defectos por millón	11450.1	11141.3	11760.8
Z de proceso	2.2751	2.28552	2.26486
Límites de tolerancia (tamaño de muestra promedio)		59	93

Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A

**Gráfico N° 79: Grafico de Distribución Binomial de Capacidad Producto
No Conforme Coca - Cola 2000 MI Ref Pet**



Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A y la Tabla N° 73.

Para determinar la simulación de capacidad del proceso y estabilidad de Producto No Conforme Coca Cola 2000 Ref Pet mediante distribución Binomial, Los 69 numero de muestras de Producto No Conforme, que tienen un promedio de 1.14501% de productos defectuosos. Esto es igual a 11450.1 Defectos por Millón de ítems. Los límites de confianza del 95.0%

indican que el porcentaje medio de ítems defectuosos en la población muestreada puede, en realidad, estar en algún lugar entre 1.11413 y 1.17608.

El valor Z (tolerancia) de proceso convierte el porcentaje promedio de defectuosos en un índice de capacidad similar a los calculados cuando se evalúa la capacidad de datos continuos. En la mayoría de los casos, es deseable un valor Z (tolerancia) de, al menos, 4. Los límites de tolerancia muestran la variabilidad probable entre las muestras en la población. En este caso, 95.0% de todas las muestras de tamaño promedio puede esperarse que tengan entre 59.0 y 93.0 de ítems defectuosos.

3.9.2 COCA-COLA 2000 ml PET

Para determinar las variaciones de los procesos de fabricación, de coca cola 2000 ml PET se realizaron los gráficos de control simulando datos de reducción de producto no conforme para ver el desempeño con un 6 sigma.

- **Gráfico de Individuos - Porcentaje PNC**

Número de observaciones = 29

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

3.9.2.1 GRÁFICOS DE CONTROL Y CAPABILIDAD DE COCA COLA 2000 ml PET

Las gráficos de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 0.0114247 y una

desviación estándar igual a 0.00855882. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos.

De los 29 puntos no excluidos mostrados en el gráfico, 0 se encuentran fuera de los límites de control en el primer gráfico X, mientras que 0 están fuera de límites en la segunda grafica R. Puesto que la probabilidad de que aparezcan 0 ó más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 1.0 si los datos provienen de la distribución supuesta, no se puede rechazar la hipótesis de que el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95%.

- **Gráfico de Individuos - Porcentaje PNC**

Número de observaciones = 29

0 observaciones excluidas

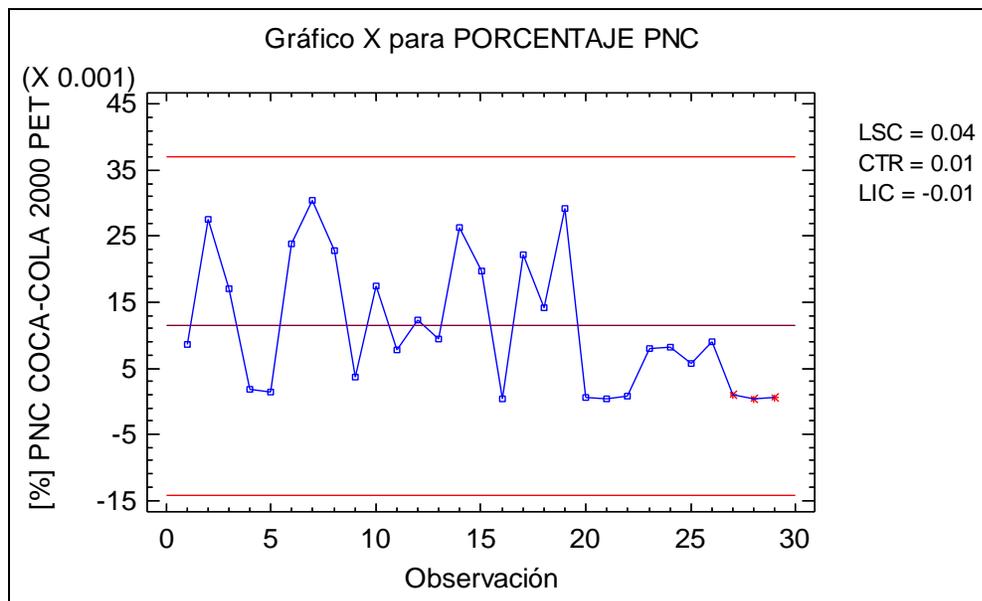
Distribución: Normal

Transformación: ninguna

Tabla N° 74: Límites de Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Pet

<i>Período</i>	<i>#1-29</i>
LSC: +3.0 sigma	0.0371011
Línea Central	0.0114247
LIC: -3.0 sigma	-0.0142518
fuera de límites	0

Fuente.- Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A

Gráfico N° 80: Gráfico de Control (X) Coca - Cola 2000 Pet

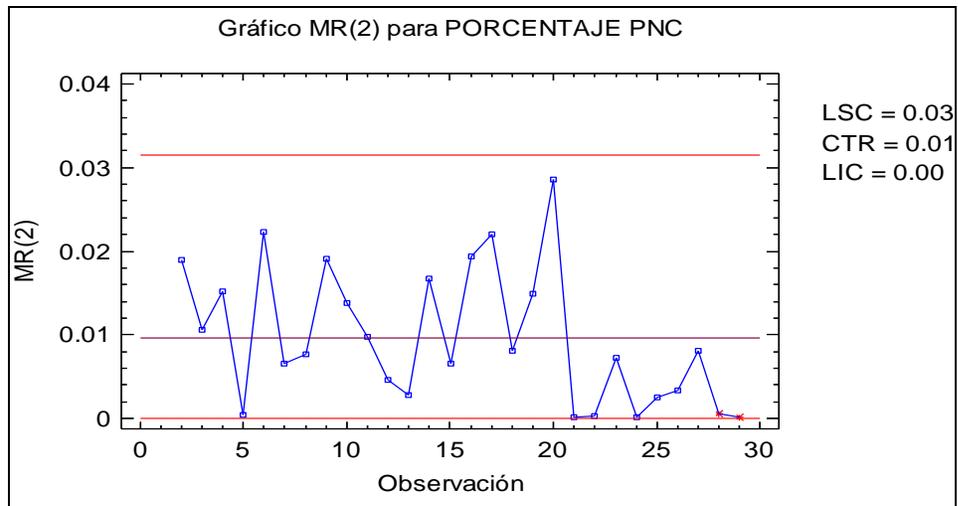
Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A y la Tabla N° 74.

Tabla N° 75: Límites de Control Rangos Coca - Cola 2000 Pet**Gráfico MR. (2)**

<i>Período</i>	#1-29
LSC: +3.0 sigma	0.0315435
Línea Central	0.00965435
LIC: -3.0 sigma	0.0
fuera de límites	0

Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A

Gráfico N° 81: Gráfico de Control Rangos Coca - Cola 2000 Pet



Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A y la Tabla N° 75.

Tabla N° 76: Estimados

Estimados

<i>Período</i>	<i>#1-29</i>
Media de proceso	0.0114247
Sigma de proceso	0.00855882
MR(2) promedio	0.00965435

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

- Índices de Capabilidad y Desempeño para Porcentaje PNC**

Especificaciones

Nom = 0.01

LIE = 0.0

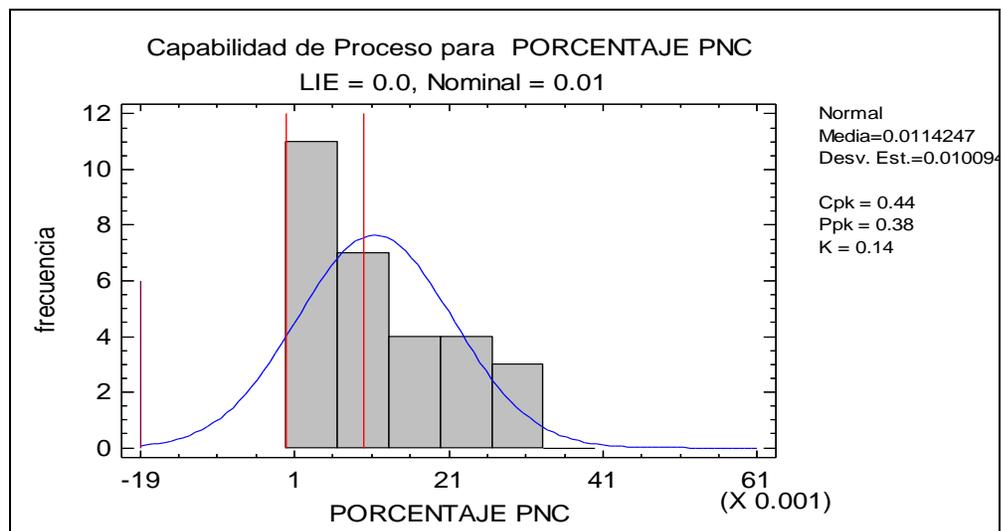
**Tabla N° 77: Índices de Capabilidad y Desempeño
Coca - Cola 2000 Pet**

	Capabilidad	Desempeño
	Corto Plazo	Largo Plazo
Sigma	0.00855882	0.0100947
Cpk/Ppk	0.444947	0.377248
Cpk/Ppk (inferior)	0.444947	0.377248
K		0.142466
DPM	90964.0	128871.
Intervalos de confianza del 95.0%		
Índice	Límite Inferior	Límite Superior
Cpk	0.276723	0.61317
Ppk	0.220784	0.533711

Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A

NOTA.- Con base en límites 6.0 sigma. La sigma de corto plazo se estimó a partir del rango móvil promedio.

**Gráfico N° 82: Gráfico de Capacidad Producto No Conforme
Coca - Cola 2000 Pet**



Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A y Tabla N° 77.

Se han calculado diversos índices de capacidad para resumir la comparación entre la distribución ajustada y las especificaciones. Ppk es un índice de capacidad unilateral, el cual, en el caso de una distribución normal, divide la distancia de la media al límite de especificación más cercano, entre 3 veces la desviación estándar. En este caso, Cpk es menor a 1,33, significa que el proceso no atiende a las especificaciones de mejoras, con el Ppk igual a 0.377248, denota la dispersión y también la centralización de los valores analizados del proceso en relación a las especificaciones-. K es igual a la media menos el nominal, dividido entre la distancia al límite de especificación. Puesto que K es igual a 0.142466, la media está localizada 14.2466% de la distancia a la especificación arriba del valor nominal.

Puesto que los índices de capacidad son estadísticos, variarán de una muestra de datos a otra. Los intervalos de confianza del 95.0% muestran que tanto pueden variar estos estadísticos de los valores verdaderos dado el hecho de que solamente se tomaron 29 observaciones.

3.9.2.2 ANÁLISIS CAPABILIDAD DE PROCESOS MEDIANTE DISTRIBUCIÓN BINOMIAL - PRODUCTO NO CONFORME COCA-COLA 2000 ml PET

- **Datos/Variable: PRODUCTO NO CONFORME (COCA-COLA 2000 PET)**

Meta: 1.0

Distribución: Binomial

Número de muestras = 29

Tamaño promedio de muestra = 8919.0

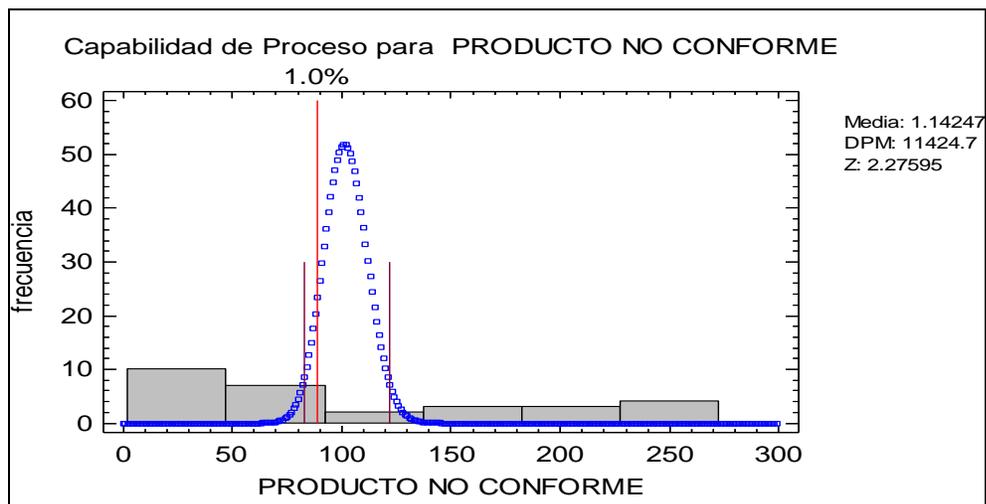
Porcentaje defectuosos medio = 1.14247

Tabla N° 78: Índices de Capacidad y Desempeño
Distribución Binomial Coca - Cola 2000 Pet

	Estimado	Límite Inferior 95%	Límite Superior 95%
Porcentaje defectuoso promedio	1.14247	1.10149	1.1838
Defectos por millón	11424.7	11014.9	11838.0
Z de proceso	2.27595	2.28986	2.26235
Límites de tolerancia (tamaño de muestra promedio)		83	122

Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A

Gráfico N° 83: Gráfico de Distribución Binomial de Capacidad Producto No Conforme Coca - Cola 2000 MI Ref Pet



Fuente: Elaboración con base en los datos simulados de la Tabla A-6 y A-7 del Anexo A y la Tabla N° 78.

Para determinar la simulación de capacidad del proceso y estabilidad de Producto No Conforme Coca Cola 2000 Ref Pet mediante distribución Binomial, los 29 numero de muestras de Producto No Conforme, que tienen un promedio de 1.14247% de ítems defectuosos. Esto es igual a 11424.7 DPM defectos por millón de ítems. Los límites de confianza del 95.0%

indican que el porcentaje medio de ítems defectuosos en la población muestreada puede, en realidad, estar en algún lugar entre 1.10149 y 1.1838.

El valor Z de proceso convierte el porcentaje promedio de defectuosos en un índice de capacidad similar a los calculados cuando se evalúa la capacidad de datos continuos. En la mayoría de los casos, es deseable un valor Z de, al menos, 4.

Los límites de tolerancia muestran la variabilidad probable entre las muestras en la población. En este caso, 95.0% de todas las muestras de tamaño promedio puede esperarse que tengan entre 83.0 y 122.0 de ítems defectuosos.

3.10 COSTOS

Dentro de los beneficios que se obtienen del Six Sigma están: mejoramiento de la rentabilidad y la productividad, Reduciendo Consistentemente la Variabilidad y mejorar continuamente el desempeño. En el proceso de producción existen ciertos defectos en los que el cliente se ve afectado por el proceso de producción. El defecto más importante consiste en que existe un porcentaje de productos no conformes que en ocasiones provocan la pérdida de producto que fueron identificadas, medidas, analizadas establecidas para su mejora, llevan a ganancias económicas.

El ahorro que se estaría generando podríamos calcularlo de la siguiente manera:

- a) $(DPM \text{ Inicial} - DPM \text{ Final}) = \text{Cantidad de PNC que evitamos que se genere por millón de cajas producidas}$

- b) $(DPM \text{ Inicial} - DPM \text{ Final}) * \text{Total Producido en el Año} * \text{Costo Unitario} = \text{Ahorro anual en costos}$

3.10.1 INFORMACIÓN DE ENTRADA

La cuantificación económica, anual de producto no conforme identificado problema “Coca-Cola 2000 ml PET y Coca-Cola 2000 ml REF PET “ fue en principio la siguiente:

Tabla N° 79: Perdida de los Productos No Conformes, Por Defecto, Causa, y Proceso que Afecta, Cantidad de Cajas y Costos de Pérdida

Sin Mejora			Total
Producto	COCA COLA 2000 ml REF PET	COCA COLA 2000 ml PET	
Defecto	CO2 Bajo	CO2 Bajo	
Causa	Proceso y Especificaciones del producto	Proceso y Especificaciones del producto	
Proceso Operación Y Equipo	Proceso: MIXER y Llenadora	Proceso: MIXER y Llenadora	
Cantidad (cajas)	546	525	16087
Costo De Cajas /BOB	8201	7886	
Costo De Cajas /USD	1160	1115	2275
Porcentaje de pérdida por CO2 bajo	1,7 %	1,68%	3,38%

Fuente: Datos de registros de resultado de análisis de No Conformidades, antes de la mejora

3.10.2 COSTO Y CÁLCULOS DE AHORRO CON SIMULACIÓN

El ahorro que se estaría generando podríamos calcularlo de la siguiente manera:

3.10.2.1 COCA-COLA 2000 ML REF PET

$(14.779 - 11.450) = 3329$ ahorro por millón de cajas unitarias producidas

Total Producido 2010 = 1880997 cajas aproximadamente

$(3329 * 1880997) / 1000000 = 6262$ cajas

Ahorro REF PET = 6262 caja * 39 BOB/caja = 244212 BOB = 34887 USD

3.10.2.2 COCA-COLA 2000 ML PET

$(12.060 - 11.424) = 636$ ahorro por millón de cajas producidas

Total Producido 2010 = 805652 cajas aproximadamente

$(636 * 805652) / 1000000 = 512$ cajas

Ahorro PET = 512 * 45 BOB/caja = 23040 BOB = 3291 USD

3.10.2.3 EL AHORRO APROXIMADO TOTAL

Sería la suma del ahorro de Coca-Cola 2000 ml REF PET y Coca-Cola 2000 ml PET:

Ahorro Total = $(244212 + 23040)$ [Bs/año]

Ahorro Total = 267252 [BOB/año]

Ahorro Total = 38179 [USD/año]

Los datos que utilicé de DPM corresponden al Análisis de Capacidad de la etapa Análisis y el de la Simulación.

Tabla N° 80: Ahorro de los Productos No Conformes, Por Defecto, Causa, y Proceso que Afecta, Cantidad de Cajas y Costos de Pérdida, con las Mejoras son los Siguietes

Producto	COCA COLA 2000 ml REF PET	COCA COLA 2000 ml PET	TOTAL
Producción	456504	258651	
Defecto	CO2 Bajo	CO2 Bajo	
Causa	Falla en el sensor de CO2	Congelamiento línea CO2	
Proceso Operación Y Equipo	Proceso MIXER; Equipo; Falla del Carbonatador ó Falla en el Sensor de CO2 y Operación Cambio de Jarabe	Proceso MIXER; Equipo; por Congelamiento línea CO2 y Operación en Arranque de línea	
Cantidad (cajas)	5227	2955	8182
Costo De Cajas /BOB	244212	23040	267252
Costo De Cajas /USD	34887	3291	38179
Porcentaje de perdida por CO2 bajo	0,01145	0,022087	0,033537

Fuente: Datos de registros de resultado de análisis de No Conformidades, luego de la mejora

Los valores de producción total se calculo dividiendo el total producido en botellas físicas entre 6 para obtener la cantidad de cajas, (tomando en cuenta que cada caja cuenta con 6 unidades).

Los valores de costo unitario por caja los consideré de la siguiente manera: Para Coca-Cola 2000 ml REF PET cada botella cuesta en el mercado 6.5 BOB y para Coca-Cola 2000 ml PET cada botella cuesta 7.5 BOB. Ambos

valores los multipliqué por 6 considerando que cada caja cuenta con 6 botellas.

Reducir la cantidad de Producto No Conforme con respecto a la calidad del mismo, ha permitido reducir el porcentaje de pérdida de **3,38%** de pérdidas de producto por productos con CO2 bajo, se reduce a un **0,033537%**, identificado, el tipo de producto y formato, con el consecuente impacto de reducción de costes, con ganancia de **38179 (USD/año)**, aumentando así, la rentabilidad y productividad, esta reducción de Producto No Conforme es de alto impacto, porque son productos que se producen en volúmenes altos, las pequeñas mejoras generan resultados financieros grandes.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

4.1 CONCLUSIONES

Con el desarrollo de la metodología Seis Sigma, herramienta de mejoramiento continuo, y gestión de control de procesos, se consiguió determinar como disminuir las variaciones críticas, asociadas al proceso que nos llevan a Reducir, no conformidades identificadas inicialmente con un (5%) que estratificamos a un (3,38%) de PNC con bajo CO₂.

Se realizó sistemáticamente el Ciclo **IDMAM** identificar, definir, medir, analizar y mejorar, para cuantificar el desempeño de los procesos, con el objetivo de lograr disminuir el número de defectos en la entrega de un producto.

En la fase de **Definición, y** Identificación se pudo definir el problema en macro, producto no conforme que va ha deshecho y consumo interno; alcance según macroproceso, identificación de entradas, proceso (carbonatación, mixer, llenado, envasado) y salidas CTQs, (cumplimiento de especificaciones por producto), identificación de las variables críticas (línea de envasado, sabor, formato, envase del producto).

La fase de Medición nos llevó a determinar, con la primera medición, solo del 2008, resultados que fueron muy puntuales y con frecuencias no representativas, por esta razón se amplió, para un mejor análisis del problema e identificar las variables críticas, para reducir las no conformidades, que causan el daño económico, entramos a un análisis más exhaustivo, conforme a datos históricos de una fusión de diferentes gestiones

(2005 al 2008), y realizamos las mediciones con más variables críticas que entran al proceso de los productos. Se manejaron herramientas estadísticas y Software Statgraphics Centurion XV, y MINITAB, de donde se determinaron mediciones de Dispersión, Secuencia Cronológica, Tendencia Central, Gráficos de Control, Capacidad de Proceso, Medidas de Variabilidad del Producto (especificaciones técnicas), Equipo, Operación y Medidas de Forma, que dando un resultado de Porcentaje del 69% de producto no conforme, con especificaciones de CO₂ bajo, por los Sabores de, Coca-Cola, volumen 2000 ml y envase REF PET y Coca-Cola 2000 ml PET, que traen más no conformidades.

La fase de **Medición** nos llevó a determinar, mediante medición de datos históricos de gestiones (2005 al 2008) y manejando herramientas estadísticas, donde se obtuvieron mediciones de línea de envasado, Dispersión, Secuencia Cronológica, Tendencia Central, Gráficos de Control, Capacidad de Proceso, Medidas de Variabilidad del Producto (especificaciones norma técnicas), Proceso, Equipo, y Operación.

Dando un resultado que los productos que traen no conformidad son con CO₂ bajo, Sabor Coca-Cola, 2000 ml en envase REF PET y PET de la línea de envasado Kronen 90, debido al proceso MIXER.

La medición de pérdidas económicas se calculó considerando el total de producto no conforme, estratificando con las variables críticas ya identificadas como causas que llevan al problema: *Proceso MIXER, Línea Kronen 90, y Productos con CO₂ bajo*, obteniendo un 3,38% de pérdida; donde las pérdidas económicas, que aportan en mayor proporción, fueron de: 77 247.85 BOB y 10 926 USD en Coca Cola 2000 ml REF PET y 56 202.51 BOB y 7 949 USD en Coca Cola 2000 ml PET.

El Porcentaje de falla que se tiene por el proceso productivo no adecuado, que llevan a que exista Productos no conformes en Coca Cola 2000 ml RP con CO₂ Bajo, fue por el proceso de MIXIER con un 85% de no conformidad.

En la fase de **Análisis** se logró reafirmar las causas y el efecto, mediante el AMFE de lo que producen la No Conformidad logrando determinar que las variable críticas son: bajo contenido de Dióxido de Carbono CO₂ en los productos Coca Cola 2000 ml REF PET y PET, de la línea KRONES 90, va acompañado de falla en el Proceso MIXIER con 73% de producto No Conforme que sale de este proceso.

El análisis de Equipo y Operación, llevó a que existe un 78 % de No Conformidades por Equipo y 22% por operación, estas son: *Falla por Congelamiento del Línea de CO₂, Falla en el Sensor de CO₂, Fallas de Bomba del Carbonatador, Falla de Válvula del Carbonatador, y de Operación por Cambio de Jarabe, Arranque de Línea, Finalización de Producción y Perturbación.*

La estratificación de estas variables críticas, se fue dando por medio de análisis de cada medición de variable, lo que determina las siguientes variables Críticas de Control y Productos que llegaron hacer el problema:

Producto 1 = Sabor “Coca Cola”+ formato y contenido de “2000 ml con 14% de producto NC”+ especificación “CO₂ bajo con 69% de NC” + envase “REF PET” + Proceso, “Mixer con 85,7 % de NC” por Equipo “Falla Congelamiento Línea CO₂ con 25 % de NC ó Falla en el Sensor de CO₂ con 19% de NC ó Perturbación con 15% de NC”+ Operación “Cambio de Jarabe con 39 % de NC ó Arranque de Línea con 37 % de NC ó Finalización de Producción con 24 % de NC”.

Producto 2 = Sabor “Coca Cola”+ formato y contenido de “2000 ml con 10,64 % de producto NC”+ especificación “CO₂ bajo con 58 % NC”+ envase “PET” + Proceso “Mixer con 52% de NC” por Equipo “Congelamiento Línea CO₂ con 58% de NC ó Falla de Bomba del Carbonatador con 20% de NC” + Operación en “Arranque de Línea con 72% de NC ó Perturbación con 25 % de NC”.

Mediante, la fase de **Mejora** se recomendó varias soluciones para cada una de las causas raíz, se uso la 2da parte de AMFE (análisis modal de falla y efecto).

Las recomendaciones de mejora que genera el AMFE (análisis modal de falla y efecto), resalta la criticidad en el que se encuentra, el producto que sale de la línea Kronen 90,(Ref PET y PET), productos con CO₂, bajo obtenidos del proceso de MIXER, por falta de control del equipo y operación; donde los responsables para la mejora son: el proveedor de CO₂, mantenimiento, laboratorio de control de la calidad, supervisor de planta y operador del equipo. Esto se puede mejorar, estableciendo responsables, controlando y documentando los controles mediante registros.

Dado que no se podía implementar, se realizó una simulación de datos con mejora, para esta simulación se contempló llegar a 6 Sigma mediante los gráficos de control y capacidad del proceso.

La reducción de un 3,38% de pérdidas de producto por productos con CO₂ bajo, se reduce a un 0,033537% equivaliendo el 6 σ objeto, que llevará a mayor eficiencia operativa, con la consecuente reducción de costes, una mejora de la calidad del producto y mayor rentabilidad.

Los resultados de la **Evaluación Económica** por los beneficios obtenidos de las mejoras realizadas en el proceso de producción MIXER, equipos, operación y especificaciones del producto, dieron resultados de **Ahorro Total = 267 252 [BOB/año] ó Ahorro Total = 38 179 [USD/año]**. Donde se demuestra mayor rentabilidad y mejora de procesos, cumpliendo el objetivo del proyecto.

La cuantificación económica, *que causa el daño económico es:*

Tabla N° 81: De Comparación sin Mejora y con Mejora de los Productos No Conformes, por Defecto, Causa, y Proceso que Afecta, Cantidad de Cajas y Costos de Pérdida

SIN MEJORA			TOTAL
Producto	COCA COLA 2000 ml REF PET	COCA COLA 2000 ml PET	
Defecto	CO2 Bajo	CO2 Bajo	
Causa	Proceso y Especificaciones del producto	Proceso y Especificaciones del producto	
Proceso Operación y Equipo	Proceso: MIXER y Llenadora	Proceso: MIXER y Llenadora	
Cantidad (cajas)	546	525	16087
Costo De Cajas /BOB	8201	7886	
Costo De Cajas /USD	1160	1115	2275
Porcentaje de pérdida por CO2 bajo	1,7 %	1,68%	3,38%

CON MEJORA			TOTAL
Producto	COCA COLA 2000 ml REF PET	COCA COLA 2000 ml PET	TOTAL
Producción	456504	258651	
Defecto	CO ₂ Bajo	CO ₂ Bajo	
Causa	Falla en el sensor de CO ₂	Congelamiento línea CO ₂	
Proceso Operación Y Equipo	Proceso MIXER; Equipo; Falla del Carbonatador ó Falla en el Sensor de CO ₂ y Operación Cambio de Jarabe	Proceso MIXER; Equipo; por Congelamiento línea CO ₂ y Operación en Arranque de línea	

Recomendación para eliminar la causa	Control del equipo y operación; donde los responsables son, el proveedor de CO ₂ , laboratorio de control de la calidad, supervisor de planta y operador del equipo	Control del equipo y operación; donde los responsables son, el proveedor de CO ₂ , laboratorio de control de la calidad, supervisor de planta y operador del equipo	
Cantidad (cajas)	5227	2955	8182
Costo De Cajas /BOB	244212	23040	267252
Costo De Cajas /USD	34887	3291	38179
Porcentaje de perdida por CO ₂ bajo	0,01145	0,022087	0,033537

Fuente: Datos de registros de resultado de análisis de No Conformidades, antes y luego de la mejora

Demostrando la hipótesis

Mediante la metodología seis sigma, se ha permitido reducir el porcentaje de producto no conforme de **3,38%** de pérdidas de producto, se reduce a un **0,033537%**, (seis sigma), identificado, el tipo de producto, formato, falla de procesos, con el consecuente impacto de reducción de costes, con ganancia de **38179 (USD/año)**, aumentando así, la rentabilidad y productividad.

Por lo que la Hipótesis planteada en la investigación ha sido demostrada, mediante el desarrollo de la investigación y los resultados de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

- BERNARD Maltés Braulio. (2009). Black Belt Six Sigma. Apuntes.
- CINTAS Grima. (2004). Estadística Práctica con MINITAB, versión 15. México: Prentice Hall.
- Datos Proporcionados por El Departamento de Producción y Control de Calidad EMBOL S.A, 2008
- EMBONOR. (2007). Anuario.
- ESCALANTE Edgardo. (2005). Seis Sigma, Metodologías y Técnicas. México: Limusa.
- GUTIÉRREZ, De la Vara Román. (2007). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. México: Mc. Graw Hill.
- MOLTENI, Oscar Cecchi. (2005). El liderazgo del Lean Six Sigma, Buenos Aires: Macchi.
- MONTGOMERY Douglas. (1998). Probabilidad y Estadística Aplicadas a Ingeniería. Editorial Mc. Graw Hill.
- MURRAY Spiegel. (2005). Probabilidad y Estadística. México: McGraw-Hill.
- Plan Estratégico de EMBOL La Paz 2007.

- PÉREZ Cesar. (2002). Estadística Aplicada a Través de Excel. España: Prentice Hall.
- PANDE Peter, Robert Neuman y Rolando Cavanagh. (2002). Las Claves Prácticas de Seis Sigma. México: Mc Graw Hill.
- PANDE Peter, Robert Neuman y Rolando Cavanagh. (2002). Las Claves de Seis Sigma. México: Mc Graw Hill.
- SCHONBERGER Richard Lean. (2003). Six Sigma For Service. New York: McGraw-Hill.
- WEBSTER Allen L.. (2000). Estadística Aplicada a los Negocios y la Economía. México: McGraw-Hill.

WEBGRAFIA

- FMECA (Análisis Modal de Fallos, Efectos y Criticidades) <http://www.fmeca.com/>
- AMFE en Quality Associates International <http://quality-one.com/main.cfm?cmd=fmea>

ANEXOS

ANEXOS A-1
DATOS DE PRODUCTO NO CONFORME QUE VA A DESECHO
COCA COLA 2000 REF PET

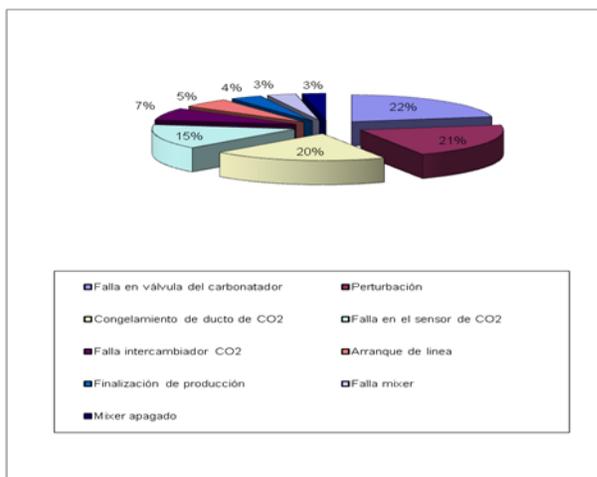
Fecha	Cantidad (cajas)	Cantidad de PNC	Defecto	Causa	Causa General	Aclaración
13-dic-04	203	13	Brix Bajo	Mixer	Operación	Arranque de Línea
20-ene-05	17	8	Brix bajo	Llenadora	Operación	Arranque de Línea
18-mar-05	71	115	Brix bajo	Mixer - Llenadora	Operación	Inundado de tanque submarino
17-may-05	123	184	Brix bajo	Mixer	Equipo	Perturbación de dosificadores
26-ene-07	10	104	Brix bajo	Mixer	Equipo	Perturbación de dosificadores
22-mar-07	73	120	Brix bajo	Mixer	Equipo	Perturbación Mixer
2-abr-07	84	13	Brix bajo	Llenadora	Operación	Arranque de Línea
11-abr-07	92	22	Brix Bajo	Llenadora	Operación	Arranque de Línea
22-may-07	129	89	Brix Bajo	Mixer	Operación	Cambio de Jarabe
15-sep-07	267	27	Brix bajo	Llenadora	Operación	Arranque de Línea
22-dic-07	366	24	Brix Bajo	Mixer	Operación	Fin de producción
16-jun-08	220	38	Brix bajo	Cambio de Jarabe	Operación	
7-jul-08	256	280	Brix Bajo	Perturbación en Mixer	Equipo	1 Pallet por escoger
7-oct-08	394	72	Brix Bajo	Perturbación del Equipo	Equipo	
22-may-04	60	27	CO2 Bajo	Llenadora	Equipo	Arranque de Línea
21-jun-04	75	195	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Perturbación
25-jun-04	83	27	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Final Producción
28-jun-04	84	9	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Final Producción
27-nov-04	190	14	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	Final Producción
26-ene-05	24	546	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Falla en el sensor de CO2
31-ene-05	38	168	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Arranque de línea
18-feb-05	59	265	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Congelamiento línea CO2
10-mar-05	67	150	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Perturbación del equipo
1-abr-05	81	122	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Arranque de línea
20-abr-05	92	18	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Finalización de producción
26-abr-05	96	4	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	Rellenado de Botellas
3-may-05	109	25	CO2 Bajo	Llenadora	Equipo	Falla llenadora
23-may-05	128	10	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	
14-jun-05	152	14	CO2 Bajo	Mixer - Llenadora	Operación	Finalización de producción
18-jun-05	163	122	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Perturbación del equipo
27-jun-05	169	49	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	Finalización de producción
27-jul-05	188	30	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	Finalización de producción
10-ago-05	198	39	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	Finalización de producción
1-oct-05	245	38	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Finalización de producción
3-oct-05	246	94	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Finalización de producción
5-oct-05	250	112	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Arranque de línea
13-dic-05	322	180	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Funcionamiento irregular intercambiador CO2
15-dic-05	323	96	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Funcionamiento irregular intercambiador CO2
13-mar-06	40	189	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Falla válvula 167
4-abr-06	60	5	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	Botellas rellenadas
11-abr-06	64	23	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Fin de producción
29-abr-06	79	120	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Falla mixer
29-may-06	100	226	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Cambio de tanque de Jarabe
29-may-06	102	30	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	Fin de producción
9-nov-06	205	112	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	Falla llenadora
21-nov-06	211	35	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Fin de producción
29-nov-06	219	162	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Falla en válvula del carbonatador
22-ene-07	7	237	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Congelamiento de ducto de CO2

**ANEXO A-1
RESUMEN DE CAUSAS DE NO CONFORMIDADES
DE COCA COLA 2000 ml REF PET**

Causas de NC por Equipo u Operación	
Numero de NC	Equipo u Operación
237	Congelamiento de ducto de CO2
230	Congelamiento de la Línea de CO2
265	Congelamiento Línea CO2
732	
546	Falla en el sensor de CO2
546	
91	Perturbación de equipo
150	Perturbación del equipo
122	Perturbación del equipo
120	Perturbación Mixer
195	Perturbación
483	
189	Falla válvula 167
178	Falla válvula 169
367	
104	Perturbación de dosificadores
184	Perturbación de dosificadores
288	
180	Funcionamiento irregular intercambiador CO2
96	Funcionamiento irregular intercambiador CO2
276	
	Cambio de jarabe
213	
112	Arranque de Línea
90	Arranque de Línea
202	
162	Falla en válvula del carbonatador
162	
38	Finalización de producción
94	Finalización de producción
132	
120	Falla mixer
120	
42	Mixer apagado
56	Mixer apagado, se vació a la tasa de llenado
98	

Resumen de No conformidades por Equipo	
732	Congelamiento de ducto de CO2
546	Falla en el sensor de CO2
443	Perturbación de equipo
367	Falla válvula 167
288	Perturbación de dosificadores
162	Funcionamiento irregular intercambiador CO2
132	Falla en válvula del carbonatador
120	Falla mixer
98	Mixer apagado

Resumen de No Conformidades por Operación	
213	Cambio de jarabe
202	Arranque de Línea
132	Finalización de producción



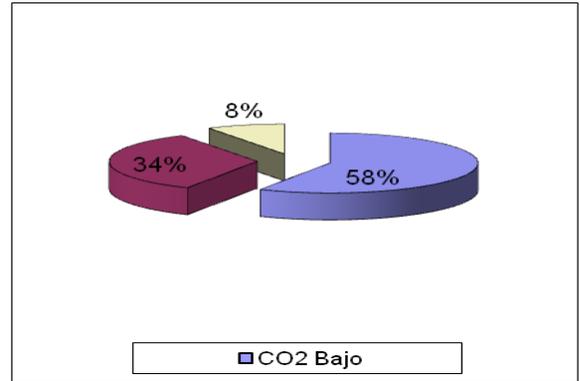
ANEXO A-2
ANÁLISIS DE DATOS DE PRODUCTO NO CONFORME QUE VA A DESECHO
COCA COLA 2000 PET

Lote PNC	Fecha	Cantidad (cajas)	Defecto	Causa	Causa General	Aclaración
240	1-jul-08	256	CO2 Bajo + CN Bajo	Presencia de grasa en llenadora	Operación	Se separo toda la producción
93	9-jul-04	43	CO2 Bajo	Mixer	Operación	
115	6-ago-04	79	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Congelamiento Línea de CO2
42	2-feb-05	120	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Arranque de Línea
64	25-feb-05	95	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Congelamiento Línea CO2
234	19-sep-05	244	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Congelamiento Línea CO2
9	12-ene-06	186	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Línea CO2 congelada
35	7-mar-06	3	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	Botellas rellenas
4	12-ene-07	209	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Falla de bomba de carbonatador
79	26-mar-07	137	CO2 Bajo	Mixer	Equipo	Falla válvula 169
111	29-abr-07	270	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Arranque de Línea
117	8-may-07	15	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	Fin de producción
163	13-jun-07	7	CO2 Bajo	Llenadora	Operación	Fin de producción
170	23-jun-07	82	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Arranque de Línea
273	24-sep-07	61	CO2 Bajo	Envases	Proveedor	Botellas rellenas por contenido neto bajo por botella sucia
291	13-oct-07	91	CO2 Bajo	Tanque CO2	Proveedor	Falta de CO2
326	17-nov-07	19	CO2 Bajo	Mixer	Operación	Fin de producción
35	1-feb-08	14	CO2 bajo	Llenadora	Equipo	Botellas sub llenadas y rellenas por falta de presión
159	30-abr-08	16	CO2 Bajo	Falta de presión de aire en la llenadora	Equipo	
330	23-ago-08	27	CO2 Bajo	Inicio de Producción	Operación	
336	26-ago-08	23	CO2 Bajo	Re-arranque de línea	Operación	
109	2-ago-04	166	Brix Bajo	Mixer	Operación	Perturbación del equipo
131	22-may-07	14	Brix Bajo	Mixer	Operación	Arranque de Línea
242	22-ago-07	83	Brix bajo	Mixer	Equipo	Falla de sensor de nivel
219	16-jun-08	87	Brix bajo	Cambio de Jarabe	Operación	
250	4-jul-08	162	Brix Bajo	Cambio de Jarabe	Operación	Escoger todo lo que no este entre(15:02-15:07)
367	17-sep-08	222	Brix bajo	Cambio de jarabe	Operación	
368	17-sep-08	281	Brix bajo	Cambio de jarabe	Operación	

ANÁLISIS RESUMEN DE PNC

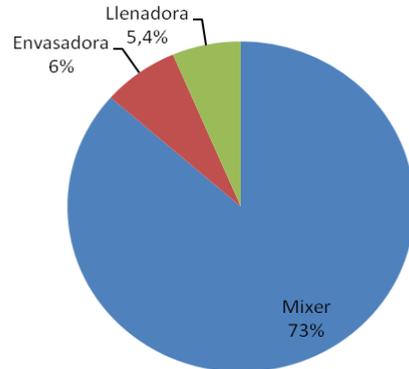
ANÁLISIS DE NO CONFORMIDAD POR ESPECIFICACIONES

Especificación	Cantidad de NC	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
CO2 Bajo	1741	57,80%	57,80%
Brix Bajo	1015	33,70%	91,50%
CO2 Bajo + CN Bajo	256	8,50%	100,00%
	3012		



CAUSAS POR PROCESO

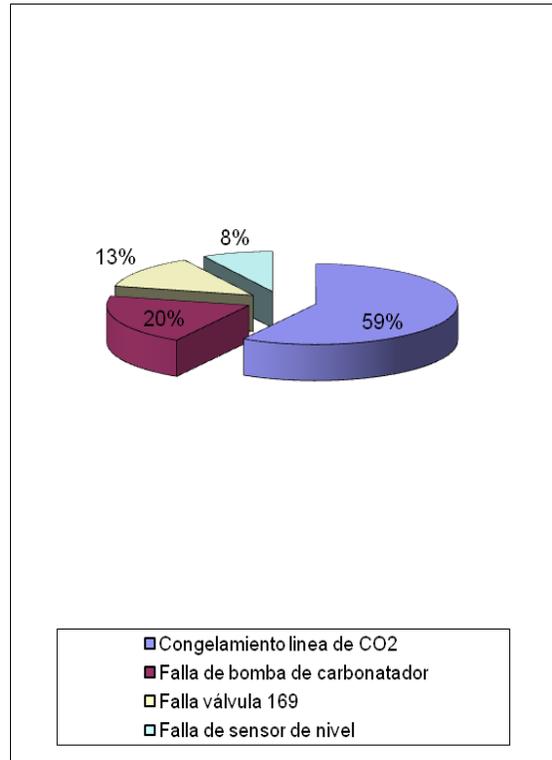
43	Mixer
79	Mixer
120	Mixer
95	Mixer
244	Mixer
3	Llenadora
15	Llenadora
7	Llenadora
14	Llenadora
16	Falta de presión de aire en la llenadora
61	Envasadora



ANÁLISIS CAUSA RAÍZ POR PROCESO

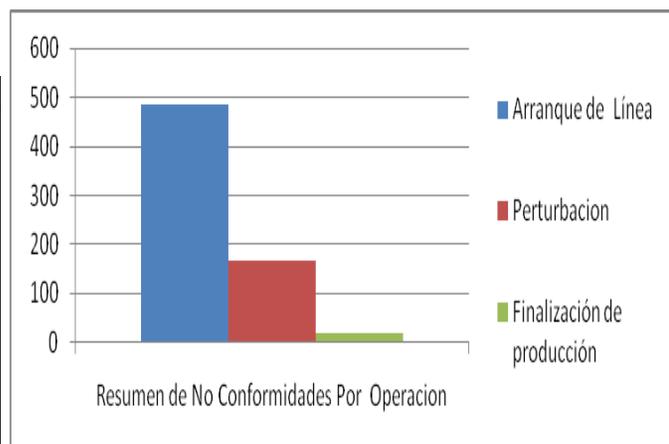
Mixer	742	72,68%
Envasadora	61	5,97%
Llenadora	55	5,39%

ANÁLISIS MIXER		
79	Equipo	Congelamiento línea de CO2
95	Equipo	Congelamiento línea de CO2
244	Equipo	Congelamiento línea de CO2
186	Equipo	Congelamiento línea de CO2
209	Equipo	Falla de bomba de carbonatador
137	Equipo	Falla válvula 169
83	Equipo	Falla de sensor de nivel
43	Operación	
120	Operación	Arranque de línea
270	Operación	Arranque de Línea
82	Operación	Arranque de Línea
19	Operación	Fin de producción
166	Operación	Perturbación del equipo
14	Operación	Arranque de Línea
Equipo	1033	60,62%
Operación	671	39,38%
	1704	



Resumen de No Conformidades Por Operación	
486	Arranque de Línea
166	Perturbacion
19	Finalización de producción

ANÁLISIS CAUSA – EQUIPO		
Congelamiento línea de CO2	604	58,47%
Falla de bomba de carbonatador	209	20,23%
Falla válvula 169	137	13,26%
Falla de sensor de nivel	83	8,03%
	1033	



ANEXO A-1
REGISTROS DE PRODUCTO NO CONFORME (DESECHO) COCA-COLA 2000 REF-PET

Lote PNC	Fecha	Cantidad (cajas)	Producción (cajas)	% No Conforme	Fecha de Vencimiento	Defecto	Causa	Causa General
42	2-feb-05	120	8919	0.01345442	11-may-05	CO2 Bajo	Mixer	Operación
64	25-feb-05	95	8919	0.01065142	3-jun-05	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
234	19-sep-05	244	8919	0.02735733	26-dic-05	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
9	12-ene-06	186	8919	0.02085436	20-abr-06	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
35	7-mar-06	3	8919	0.00033636	13-jun-06	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
4	12-ene-07	209	8919	0.02343312	20-abr-07	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
79	26-mar-07	137	8919	0.01536047	2-jul-07	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
111	29-abr-07	270	8919	0.03027245	5-ago-07	CO2 Bajo	Mixer	Operación
117	8-may-07	15	8919	0.0016818	14-ago-07	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
131	22-may-07	14	8919	0.00156968	28-ago-07	Brix Bajo	Mixer	Operación
163	13-jun-07	7	8919	0.00078484	19-sep-07	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
170	23-jun-07	82	8919	0.00919386	29-sep-07	CO2 Bajo	Mixer	Operación
242	22-ago-07	83	8919	0.00930598	20-nov-07	Brix bajo	Mixer	Equipo
273	24-sep-07	61	8919	0.00683933	23-dic-07	CO2 Bajo	Envases	Proveedor
291	13-oct-07	91	8919	0.01020294	11-ene-08	CO2 Bajo	Tanque CO2	Proveedor
326	17-nov-07	19	8919	0.00213028	15-feb-08	CO2 Bajo	Mixer	Operación
35	1-feb-08	14	8919	0.00156968	1-may-08	CO2 bajo	Llenadora	Equipo
159	30-abr-08	16	8919	0.00179392	29-jul-08	CO2 Bajo	Falta de presión de aire en la llenadora	Equipo
219	16-jun-08	87	8919	0.00975446	14-sep-08	°Brix bajo	Cambio de Jarabe	Operación
240	1-jul-08	256	8919	0.02870277	29-sep-08	CO2 Bajo + CN Bajo	Presencia de grasa en llenadora	Operación
250	4-jul-08	162	8919	0.01816347	2-oct-08	°Brix Bajo	Cambio de Jarabe	Operación
330	23-ago-08	27	8919	0.00302725	21-nov-08	CO2 Bajo	Inicio de Producción	Operación
336	26-ago-08	23	8919	0.00257876	24-nov-08	CO2 Bajo	Re-arranque de línea	Operación
367	17-sep-08	222	8919	0.02489068	16-dic-08	°Brix bajo	Cambio de jarabe	Operación
368	17-sep-08	281	8919	0.03150577	16-dic-08	°Brix bajo	Cambio de jarabe	Operación

Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad.

ANEXO A-2
REGISTROS DE PRODUCTO NO CONFORME (DESECHO) COCA-COLA 2000 PET

Lote PNC	Fecha	Cantidad (cajas)	Producción (cajas)	% No Conforme	Fecha de Vencimiento	Defecto	Causa	Causa General
17	20-ene-05	8	6616	0.00120919	19-jul-05	Brix bajo	Llenadora	Operación
24	26-ene-05	546	6616	0.08252721	25-jul-05	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
38	31-ene-05	168	6616	0.02539299	30-jul-05	CO2 Bajo	Mixer	Operación
59	18-feb-05	265	6616	0.04005441	17-ago-05	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
67	10-mar-05	150	6616	0.02267231	6-sep-05	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
71	18-mar-05	115	6616	0.0173821	14-sep-05	Brix bajo	Mixer - Llenadora	Operación
81	1-abr-05	122	6616	0.01844015	28-sep-05	CO2 Bajo	Mixer	Operación
92	20-abr-05	18	6616	0.00272068	17-oct-05	CO2 Bajo	Mixer	Operación
96	26-abr-05	4	6616	0.00060459	23-oct-05	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
109	3-may-05	25	6616	0.00377872	30-oct-05	CO2 Bajo	Llenadora	Equipo
123	17-may-05	184	6616	0.02781137	13-nov-05	Brix bajo	Mixer	Equipo
128	23-may-05	10	6616	0.00151149	19-nov-05	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
152	14-jun-05	14	6616	0.00211608	11-dic-05	CO2 Bajo	Mixer - Llenadora	Operación
163	18-jun-05	122	6616	0.01844015	15-dic-05	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
169	27-jun-05	49	6616	0.00740629	24-dic-05	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
188	27-jul-05	30	6616	0.00453446	23-ene-06	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
198	10-ago-05	39	6616	0.0058948	6-feb-06	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
245	1-oct-05	38	6616	0.00574365	30-mar-06	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
246	3-oct-05	94	6616	0.01420798	1-abr-06	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
250	5-oct-05	112	6616	0.01692866	3-abr-06	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
322	13-dic-05	180	6616	0.02720677	11-jun-06	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
323	15-dic-05	96	6616	0.01451028	13-jun-06	CO2 Bajo	Mixer	Equipo

Fuente: Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad.

ANEXO A-2
REGISTROS DE PRODUCTO NO CONFORME (DESECHO) COCA-COLA 2000 PET

Lote PNC	Fecha	Cantidad (cajas)	Producción (cajas)	% No Conforme	Fecha de Vencimiento	Defecto	Causa	Causa General
40	13-mar-06	189	6616	0.02856711	9-sep-06	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
60	4-abr-06	5	6616	0.00075574	1-oct-06	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
64	11-abr-06	23	6616	0.00347642	8-oct-06	CO2 Bajo	Mixer	Operación
79	29-abr-06	120	6616	0.01813785	26-oct-06	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
100	29-may-06	226	6616	0.03415961	25-nov-06	CO2 Bajo	Mixer	Operación
102	29-may-06	30	6616	0.00453446	25-nov-06	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
205	9-nov-06	112	6616	0.01692866	8-may-07	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
211	21-nov-06	35	6616	0.00529021	19-may-07	CO2 Bajo	Mixer	Operación
219	29-nov-06	162	6616	0.02448609	28-may-07	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
7	22-ene-07	237	6616	0.03582225	21-jul-07	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
10	26-ene-07	104	6616	0.01571947	25-jul-07	Brix bajo	Mixer	Equipo
14	29-ene-07	213	6616	0.03219468	28-jul-07	CO2 Bajo	Mixer	Operación
73	22-mar-07	120	6616	0.01813785	18-sep-07	Brix bajo	Mixer	Equipo
78	26-mar-07	178	6616	0.02690447	22-sep-07	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
84	2-abr-07	13	6616	0.00196493	29-sep-07	Brix bajo	Llenadora	Operación
92	11-abr-07	22	6616	0.00332527	8-oct-07	Brix Bajo	Llenadora	Operación
120	9-may-07	31	6616	0.00468561	5-nov-07	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
129	22-may-07	89	6616	0.01345224	18-nov-07	Brix Bajo	Mixer	Operación
171	23-jun-07	19	6616	0.00287183	20-dic-07	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
178	3-jul-07	14	6616	0.00211608	30-dic-07	CO2 Bajo	Llenadora	Equipo
196	12-jul-07	30	6616	0.00453446	8-ene-08	CO2 Bajo	Llenadora	Operación
212	25-jul-07	90	6616	0.01360339	21-ene-08	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
217	30-jul-07	230	6616	0.03476421	26-ene-08	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
240	22-ago-07	62	6616	0.00937122	18-feb-08	CO2 Bajo	Intercambiador CO2	Equipo
267	15-sep-07	27	6616	0.00408102	13-mar-08	Brix bajo	Llenadora	Operación
305	27-oct-07	43	6616	0.0064994	24-abr-08	CO2 Bajo	Mixer	Operación
323	16-nov-07	29	6616	0.00438331	14-may-08	CO2 Bajo	Mixer	Operación
366	22-dic-07	24	6616	0.00362757	19-jun-08	Brix Bajo	Mixer	Operación

Fuente:Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad.

ANEXO A-2
REGISTROS DE PRODUCTO NO CONFORME (DESECHO) COCA-COLA 2000 PET

Lote PNC	Fecha	Cantidad (cajas)	Producción (cajas)	% No Conforme	Fecha de Vencimiento	Defecto	Causa	Causa General
17	18-ene-08	56	6616	0.00846433	16-jul-08	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
27	25-ene-08	42	6616	0.00634825	23-jul-08	CO2 Bajo	Mixer	Equipo
56	22-feb-08	29	6616	0.00438331	20-ago-08	CO2 Bajo	Falta de CO2 en planta	Proveedor
110	1-abr-08	91	6616	0.01375453	28-sep-08	CO2 Bajo + CN Bajo	Mixer	Equipo
206	3-jun-08	3	6616	0.00045345	30-nov-08	CO2 BAJO	Apagón de Mixer	Equipo
211	5-jun-08	1	6616	0.00015115	2-dic-08	CO2 BAJO	Perturbación del Equipo	Operación
220	16-jun-08	38	6616	0.00574365	13-dic-08	°Brix bajo	Cambio de Jarabe	Operación
244	1-jul-08	827	6616	0.125	28-dic-08	CO2 Bajo + CN Bajo	Presencia de grasa en llenadora	Operación
258	7-jul-08	63	6616	0.00952237	3-ene-09	CO2 Bajo	Re-arranque de línea	Operación
256	7-jul-08	280	6616	0.04232164	3-ene-09	°Brix Bajo	Perturbación en Mixer	Equipo
296	1-ago-08	59	6616	0.00891778	28-ene-09	CO2 Bajo	Fin de Producción	Operación
394	7-oct-08	72	6616	0.01088271	5-abr-09	°Brix Bajo	Perturbación del Equipo	Equipo

Fuente:Elaboración con base en datos proporcionados por el Departamento de Control de Calidad

ANEXO -3
RESUMEN GENERAL PRODUCCIONES GESTIÓN 2007 (Botellas físicas)

Sabor	Envase	Producto	ENE	FEB.	MAR	ABR.	MUY	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Total 2007	
CC	PET	500	127104	231612	162228	141684	261012	155748	160440	244812	189576	254412	310464	264684	2503776	
		1500	18318	33498	51588	38004	36636	34314	38172	36834	72708	49470	38130	82308	529980	
		2000	316638	297060	283476	284772	367044	261216	404472	325626	518100	587622	460860	727026	4833912	
		2500	0	0	77442	24702	63162	45348	81534	80448	155598	63750	127866	102048	821898	
	REF PET	2000	866946	762384	881328	842670	897612	916470	925914	961830	863508	1031214	1099842	1236264	11285982	
	Vidrio	1000-TR	190	1447824	1399224	1668312	1662168	1735848	1567728	1516056	2050632	1900848	1980432	2035896	1974696	20939664
			350	120888	95736	154080	72648	101520	147648	82656	82968	125736	134328	84096	145032	1347336
			600	515148	511476	551988	495636	595104	526188	505176	689496	534300	681444	665064	683820	6954840
			750	62700	36924	50016	16392	58056	23664	47376	75924	0	63564	0	48984	483600
			1500	120840	116748	151260	126684	152544	146664	130224	156012	119808	131532	187476	146496	1686288
			235	529416	489186	476652	556206	465054	549894	506100	613290	537168	605730	602556	625080	6556332
			250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49440	62880	95616	207936
			255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11310	98784	101760	211854
			255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96192	51744	147936
			285	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103104	51696	154800
	Total CC			4125822	3973848	4508370	4261566	4733592	4374882	4398120	5317872	5017350	5644248	5973210	6337254	58666134

ANEXO A-4
RESUMEN GENERAL PRODUCCIONES GESTIÓN 2008 (Botellas físicas)

Sabor	Envase	Producto	ENE	FEB.	MAR	ABR.	MAY	JUN	JUL	AGO.	SEP	OCT	Total 2008
CC	PET	500	286056	339480	146928	224700	310620	240372	258264	296748	227472	355728	2686368
		1500	45792	94764	158700	83904	110988	91200	200832	149508	153036	355980	1444704
		2000	941184	1013484	890784	992604	911304	902172	968760	1105332	1070136	1211832	10007592
		2500	368976	152748	270120	215436	318456	138468	380460	386544	310428	342924	2884560
	REF PET	2000	2159556	2054964	1865172	2131824	2428308	1959612	2206656	2539776	2349276	2494296	22189440
	Vidrio	190	775740	777732	923064	1032696	1044672	908136	874056	967476	1047996	1149540	9501108
		350	62592	44568	42324	78072	58068	28788	53976	75576	66132	33828	543924
		600	575400	565008	548700	681444	656736	560016	592224	685260	665556	782124	6312468
		750	40224	36204	48540	24588	33888	0	93072	0	60648	0	337164
		1000-TR	176892	131880	127608	141600	139512	123732	139032	127068	121632	163836	1392792
		1500	1460808	1204572	928320	1243656	1139928	1236996	1081644	1383528	1093596	1458348	12231396

ANEXO A-5
RESUMEN GENERAL PRODUCCIONES GESTIÓN 2010 (Botellas físicas)

Sabor	Envase	Producto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total 2007
CC	PET	500	127104	231612	162228	141684	261012	155748	160440	244812	189576	254412	310464	264684	2503776
		1500	18318	33498	51588	38004	36636	34314	38172	36834	72708	49470	38130	82308	529980
		2000	316638	297060	283476	284772	367044	261216	404472	325626	518100	587622	460860	727026	4833912
		2500	0	0	77442	24702	63162	45348	81534	80448	155598	63750	127866	102048	821898
	REF PET	2000	866946	762384	881328	842670	897612	916470	925914	961830	863508	1031214	1099842	1236264	11285982
Sabor	Envase	Producto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total 2008
CC	PET	500	286056	339480	146928	224700	310620	240372	258264	296748	227472	355728	368832	394327	3449527
		1500	45792	94764	158700	83904	110988	91200	200832	149508	153036	355980	367779	389976	2202459
		2000	941184	1013484	890784	992604	911304	902172	968760	1105332	1070136	1211832	1289765	1389657	12687014
		2500	368976	152748	270120	215436	318456	138468	380460	386544	310428	342924	347856	367894	3600310
	REF PET	2000	2159556	2054964	1865172	2131824	2428308	1959612	2206656	2539776	2349276	2494296	262389	278973	22730802
Sabor	Envase	Producto	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total 2010
CC	PET	500	295832	347560	167742	276548	397456	493256	544986	568943	587521	636790	658697	674532	5649863
		1500	44697	96787	173470	179866	189837	259320	298578	299786	365486	395676	402435	423325	3129263
		2000	998798	1223594	1025639	1445379	1569437	1983678	2278630	2687502	2974495	3289564	3498764	3676595	26652075
		2500	387979	383487	3974560	4038754	419857	459967	526748	583249	690483	724985	823560	894678	13908307
	REF PET	2000	2456789	2479964	2643579	2887465	3436578	3979743	4654207	5539876	6264892	6500487	6689593	6834645	54367818

ANEXO A-6

BASE DE DATOS – SIMULACIÓN COCA-COLA 2000 ml RP

CANTIDAD DE NO CONFORMES	CANTIDAD PRODUCIDA	% NO CONFORMES
112	6616	0.01692866
8	6616	0.00120919
4	6616	0.00060459
15	6616	0.00226723
174	6616	0.02629988
10	6616	0.00151149
4	6616	0.00060459
112	6616	0.01692866
39	6616	0.0058948
20	6616	0.00302297
29	6616	0.00438331
28	6616	0.00423216
84	6616	0.01269649
102	6616	0.01541717
170	6616	0.02569528
86	6616	0.01299879
179	6616	0.02705562
5	6616	0.00075574
13	6616	0.00196493
110	6616	0.01662636
25	6616	0.00377872
17	6616	0.00256953
185	6616	0.02796252
17	6616	0.00256953
9	6616	0.00136034
4	6616	0.00060459
3	6616	0.00045345
8	6616	0.00120919
236	6616	0.0356711
158	6616	0.0238815
255	6616	0.03854293
140	6616	0.02116082
105	6616	0.01587062
110	6616	0.01662636
168	6616	0.02539299
3	6616	0.00045345
12	6616	0.00181378
21	6616	0.00317412
79	6616	0.01194075
9	6616	0.00136034
4	6616	0.00060459
20	6616	0.00302297
80	6616	0.0120919

CANTIDAD DE NO CONFORMES	CANTIDAD PRODUCIDA	% NO CONFORMES
216	6616	0.03264813
20	6616	0.00302297
102	6616	0.01541717
25	6616	0.00377872
152	6616	0.02297461
227	6616	0.03431076

ANEXO A-7
BASE DE DATOS – SIMULACIÓN
COCA-COLA 2000 ml PET

CANTIDAD DE NO CONFORMES	CANTIDAD PRODUCIDA	% NO CONFORMES
77	8919	0.00863325
246	8919	0.02758157
152	8919	0.01704227
17	8919	0.00190604
13	8919	0.00145756
271	8919	0.03038457
203	8919	0.0227604
33	8919	0.00369997
156	8919	0.01749075
69	8919	0.00773629
110	8919	0.01233322
85	8919	0.00953022
234	8919	0.02623613
176	8919	0.01973315
199	8919	0.02231192
127	8919	0.01423926
260	8919	0.02915125
5	8919	0.0005606
4	8919	0.00044848
7	8919	0.00078484
72	8919	0.00807265
73	8919	0.00818477
51	8919	0.00571813
81	8919	0.00908174
9	8919	0.00100908
4	8919	0.00044848
6	8919	0.00067272
94	6616	0.01420798
203	6616	0.03068319
220	6616	0.03325272
52	6616	0.00785973
17	6616	0.00256953
33	6616	0.00498791
19	6616	0.00287183
14	6616	0.00211608
46	6616	0.00695284
32	6616	0.00483676
19	6616	0.00287183
81	6616	0.01224305
3	6616	0.00045345

1	6616	0.00015115
28	6616	0.00423216
217	6616	0.03279927
53	6616	0.00801088
270	6616	0.04081016
49	6616	0.00740629
62	6616	0.00937122