



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO
DE ENVASADO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS NO
CARBONATADAS**

Sergio Fernando Gálvez Dávila

Asesorado por el Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes

Guatemala, julio de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO
DE ENVASADO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS NO
CARBONATADAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO FERNANDO GÁLVEZ DÁVILA

ASESORADO POR EL ING. EDWIN JOSUÉ IXPATA REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
EXAMINADORA	Inga. Priscila Yojana Sandoval Barrios
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE ENVASADO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS NO CARBONATADAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 27 de abril de 2017.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

Sergio Fernando Gálvez Dávila

Guatemala 17 de Octubre de 2017

Ingeniero

José Francisco Gómez Rivera

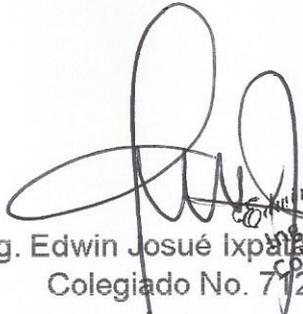
Director a. i. Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Universidad de San Carlos de Guatemala

Esperando se encuentre bien de salud y deseándole éxitos en sus actividades diarias.

Por este medio me dirijo a usted para informarle que he revisado y asesorado el trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE ENVASADO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS NO CARBONATADAS**, desarrollado por el estudiante Sergio Fernando Gálvez Dávila con número de carne 201020712, el cual habiendo cumplido los objetivos propuestos apruebo luego de la debida revisión.

Por su atención me suscribo muy atentamente,


Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
Colegiado No. 7128
Asesor

Edwin Ixpata Reyes
Mec-Industrial
Colegiado No. 7128



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE ENVASADO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS NO CARBONATADAS**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Fernando Gálvez Dávila**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Byron Chocooj Barrientos'.

Byron Chocooj Barrientos
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 4509

Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.080.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE ENVASADO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS NO CARBONATADAS**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Fernando Gálvez Dávila**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2018.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

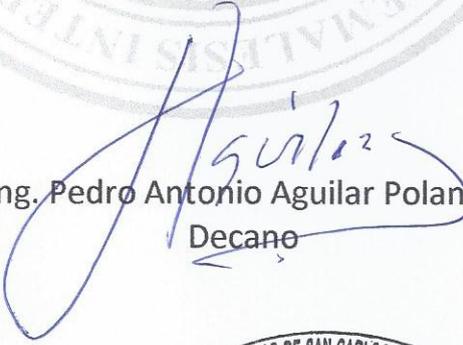


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 234.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE ENVASADO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS NO CARBONATADAS**, presentado por el estudiante universitario: **Sergio Fernando Gálvez Dávila**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, julio de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi luz y mi guía espiritual para culminar mis estudios universitarios.
- Mis padres** Miriam del Rosario Dávila de Gálvez y Luis Antonio Gálvez Sanchinelli, por darme la vida y ser mi mayor fuente de inspiración.
- Mis hermanos** Karina, Luisa y Luis Gálvez Dávila, por apoyarme y motivarme en cada momento para culminar esta meta.
- Mi familia** Mis abuelitos y mi familia en general por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.
- Mis amigos** Por compartir conmigo momentos inolvidables y únicos que me permitieron llegar a este momento de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas hacia la educación superior.
Facultad de Ingeniería	Por ser la plataforma que me permitió recibir las herramientas fundamentales para iniciar mi desarrollo profesional.
Mis amigos de la facultad	Por acompañarme en el recorrido de mi formación académica.
Al Ing. Edwin Ixpatá	Por su guía y dedicación en la elaboración de mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. La empresa.....	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Visión.....	2
1.2. Productos	3
1.2.1. Alimentos.....	3
1.2.2. Bebidas no carbonatadas	5
1.3. Control estadístico de procesos	6
1.3.1. Administración y aplicación.....	6
1.3.2. Causas de la variabilidad.....	8
1.3.2.1. Comunes	9
1.3.2.2. Especiales	9
1.3.3. Elementos básicos.....	10
1.3.4. Límites de control	10
1.3.5. Tipos de cartas de control	11
1.3.5.1. Cartas de control por variables	12

	1.3.5.1.1.	Carta de control X barra – R	14
1.3.6.		Interpretación de las cartas de control y las causas de inestabilidad	19
	1.3.6.1.	Patrones de comportamiento	19
	1.3.6.1.1.	Patrón 1. Desplazamientos o cambios en el nivel del proceso.....	19
	1.3.6.1.2.	Patrón 2. Tendencias en el nivel del proceso ..	19
	1.3.6.1.3.	Patrón 3. Ciclos recurrentes	20
	1.3.6.1.4.	Patrón 4. Alto índice de variabilidad	20
	1.3.6.1.5.	Patrón 5. Falta de variabilidad	21
1.3.7.		Índices de capacidad de procesos	21
	1.3.7.1.	Índice Cp	21
	1.3.7.1.1.	Interpretación índice Cp	23
	1.3.7.1.2.	Índices Cpk, Cpi, Cps....	24
1.3.8.		Índice de estabilidad.....	24
1.3.9.		Estado de un proceso	25
	1.3.9.1.	Pasos para realizar un estudio de capacidad y estabilidad	25
2.		SITUACIÓN ACTUAL	27
	2.1.	Análisis FODA.....	27

2.2.	Características del producto	30
2.3.	Descripción del proceso de producción de bebidas no carbonatadas.....	31
2.3.1.	Diagrama de flujo del proceso de envasado	34
2.4.	Descripción actual del proceso de control de calidad.....	35
2.4.1.	Ventajas y desventajas	35
2.5.	Test físicos realizados al producto	36
2.5.1.	Control de temperatura.....	37
2.5.2.	Control de presión	38
2.6.	Registro actual de información	38
2.6.1.	Registro utilizado	38
	Fuente: elaboración propia.....	38
2.6.2.	Entradas y salidas de información	39
3.	PROPUESTA DE DISEÑO.....	47
3.1.	Muestreo.....	47
3.1.1.	Determinación del plan de muestreo	47
3.1.2.	Obtención de los datos	49
3.2.	Gráficos de control de medias y rango	49
3.2.1.	Especificaciones de producto	49
3.2.2.	Cálculo de límites de control.....	50
3.3.	Capacitación.....	59
3.3.1.	Plan de capacitación.....	59
3.4.	Propuesta de control y verificación.....	61
3.4.1.	Definición de responsabilidades del personal encargado.....	61
3.4.2.	Validación de información.....	61
3.5.	Toma de decisiones	62

4.	DESARROLLO DEL CONTROL ESTADÍSTICO	63
4.1.	Muestreo	63
4.1.1.	Tamaño de la muestra	63
4.1.2.	Frecuencia de muestreo.....	63
4.1.3.	Obtención de los datos.....	63
4.2.	Procedimiento para recalculer los límites de control	64
4.3.	Programa de capacitación.....	73
4.3.1.	Identificación de la necesidad	74
4.3.2.	Diseño del programa de capacitación	74
4.3.3.	Evaluación.....	75
4.4.	Cartas de control.....	77
4.4.1.	Identificación de patrones.....	77
4.4.2.	Utilización del software estadístico.....	78
4.4.3.	Documentación y registros	80
4.4.4.	Enfoque PHVA	80
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUAL AL CEP	83
5.1.	Sistemas de vigilancia de los puntos fuera de control.....	83
5.1.1.	Personal encargado de vigilar el gráfico de control.....	83
5.2.	Evaluaciones continuas.....	84
5.2.1.	Estudio de capacidad y estabilidad del proceso	84
5.3.	Auditoría de calidad interna.....	86
5.3.1.	Definición.....	87
5.3.2.	Ventajas	88
5.4.	Retroalimentación	89
5.4.1.	Ampliación de mejoras a otras líneas de producción.....	89

CONCLUSIONES 91
RECOMENDACIONES 93
BIBLIOGRAFÍA 95
ANEXOS 97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Salsa kétchup.....	3
2.	Salsa de hongos	4
3.	Pastas de tomate	4
4.	Bebidas no carbonatadas.....	5
5.	Variaciones naturales y asignables	8
6.	Límites de control.....	11
7.	Matriz de estado de proceso	26
8.	Probador de filtración en latas.....	37
9.	Tipos de correlación	40
10.	Diagrama de dispersión	45
11.	Llenado a una temperatura de 88 °C	52
12.	Control de presión interna de envase en caliente 35 psi.....	54
13.	Control de presión interna envase en frío 18 psi.....	57
14.	Filtración en latas	58
15.	Llenado a una temperatura de 88 °C	66
16.	Control de presión interna de envase en caliente, 35 psi.....	69
17.	Control de presión interna envase en frío, 18 psi.....	71
18.	Nuevos datos para filtración en latas	73
19.	InfoStat.....	78
20.	Statistics Problem Solver	79
21.	Visual Stats	79
22.	Ciclo PHVA	81
23.	Auditoría interna.....	87

TABLAS

I.	Tabla de constantes.....	18
II.	Índices del estudio de la capacidad del proceso.....	23
III.	Análisis de factores internos y externos.....	27
IV.	Análisis de factores internos y externos.....	27
V.	Calificación amenazas vrs fortalezas.....	28
VI.	Calificación oportunidades vrs debilidades	28
VII.	Calificación amenazas vrs debilidades	29
VIII.	Matriz FODA	29
IX.	Síntesis de resultados.....	30
X.	Aprobación del proceso de bebidas no carbonatadas	32
XI.	Producción de bebida no carbonatada	34
XII.	Hoja de control de tiempo de carga	38
XIII.	El tiempo (en segundos) requerido para cargar y servir una máquina se relaciona con el número de latas entregadas del producto.....	44
XIV.	Llenado a una temperatura de 88 °C	50
XV.	Control de presión interna de envase en caliente 35 psi	53
XVI.	Control de presión interna, envase en frío, 18 psi	55
XVII.	Filtración en latas.....	58
XVIII.	Competencias laborales para operarios de la línea de envasado	60
XIX.	Hoja de control de datos de envasado.....	64
XX.	Llenado a una temperatura de 88 °C	65
XXI.	Control de presión interna de envase en caliente, 35 psi	67
XXII.	Control de presión interna envase en frío, 18 psi	69
XXIII.	Nuevos datos para filtración en latas	72
XXIV.	Programa de capacitación operador de envasado.....	75
XXV.	Formato de evaluación de capacitación.....	76

XXVI.	Identificación de los patrones de comportamiento	77
XXVII.	Ciclo de control de Deming	82
XXVIII.	Ciclo PHVA para el control estadístico de procesos	82
XXIX.	Estudio de capacidad y estabilidad	85
XXX.	Acciones de acuerdo al tipo de proceso.....	85

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CMM	Cantidad media de la muestra
CMS	Calidad media de salida
S	Desviación estándar
Cp	Índice de capacidad
ITM	Inspección total media
OAQL	Límite de calidad saliente media
LCI	Límite de control inferior
LCS	Límite de control superior
LCMS	Límite de la calidad media de salida
X	Media
m	Metro
mm	Milímetro
NCA	Nivel de calidad aceptable
NCL	Nivel de calidad límite
U	Número de no conformidades por unidad
pl.	Pulgada
R	Rango

GLOSARIO

Atributo	Es toda aquella característica que cumple con determinadas especificaciones.
Calidad	Es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que le confiere la aptitud para satisfacer necesidades. Las necesidades pueden incluir aspectos relacionados para el uso, seguridad, disponibilidad, confiabilidad, mantenimiento.
Causa asignable	Un factor que contribuye a la variación en la calidad y el cual es factible de identificar económicamente.
Costo de calidad	Son aquellos originados por la implantación y desarrollo de las actividades necesarias para alcanzar los objetivos de calidad fijados por la empresa.
Gráfica de control	Una gráfica con límites de control superior e inferior y valores para una serie de muestras o subgrupos, trazados a partir de alguna medida estadística.
Límites de control	Límites de una gráfica de control que se emplean como criterios de acción o para juzgar la importancia de las variaciones entre muestras.

Muestreo

Proceso de elegir a un cierto número de sujetos entre un grupo determinado o universo.

Muestreo de aceptación

Método estadístico en el que el número de elementos defectuosos que se encuentran en una muestra se usa para determinar si se acepta o se rechaza un lote.

RESUMEN

En las operaciones productivas de cualquier producto intervienen una serie de variables de carácter aleatorio que influyen de tal manera que no es posible fabricar un producto exactamente con los mismos parámetros. Es decir, las características de un producto a otro no son las mismas, esto genera lo que se conoce como variabilidad en el proceso.

Centrado en la premisa anteriormente expuesta, el objetivo de toda empresa es reducir la variabilidad en el proceso de producción a niveles inferiores donde se permita cumplir con las especificaciones requeridas por el cliente y además mantener los estándares de calidad alineados al largo plazo.

El resultado obtenido al reducir la variabilidad es un proceso bajo control estadístico; es decir, no se poseen causas especiales de variación; existen únicamente causas debidas al azar, no controlables por los garantes del cumplimiento de las especificaciones de un producto requeridas por el cliente.

Debido a los volúmenes de producción de bebidas no carbonatadas, el control estadístico de procesos se puede aplicar como una herramienta estadística que permite inferir a partir de las diferentes mediciones que se toman de los muestreos a lo largo del proceso de producción de un lote para obtener los gráficos de control. Además, el proceso productivo se encuentra bajo un frecuente estudio, que permite profundizar en el mismo.

También, se pueden conocer los factores que intervienen en el proceso de producción de las bebidas no carbonatadas y así focalizar las acciones

correctivas en las causas especiales de variación y de esta manera ajustar el proceso para mantenerlo bajo control. Con esta herramienta se asegura la calidad del producto y, al mismo tiempo, se disminuyen los costos asociados con la calidad.

Conociendo los cinco patrones que se presentan en las cartas de control, la persona encargada de verificar el comportamiento de los gráficos podrá basar su decisión en un dato objetivo y de esta manera informar para realizar las acciones correctivas necesarias para ajustar el proceso y así cumplir con las especificaciones del producto.

Al diseñar un modelo de control estadístico de procesos se mejora el sistema de aseguramiento de la calidad de los productos que impacta directamente en una reducción del costo por producto defectuoso, logrando así una mayor satisfacción en los requerimientos de los clientes.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de control estadístico en el proceso de envasado de una línea de producción de bebidas no carbonatadas para garantizar el cumplimiento de las especificaciones requeridas por el cliente.

Específicos

1. Analizar el sistema actual de control de calidad para identificar las fortalezas y debilidades como parte del análisis situacional.
2. Indicar el estado del proceso a través de la medición de los índices de capacidad y desempeño del proceso de envasado de bebidas no carbonatadas para determinar la aptitud que tiene el proceso para cumplir con las especificaciones técnicas deseadas.
3. Identificar las características físicas y críticas de calidad a evaluar en la producción de bebidas no carbonatadas a partir de un diagnóstico previo para evaluar si el sistema de control estadístico debe extenderse a otras especificaciones de acuerdo con al nivel de criticidad de dichas variables.
4. Determinar los límites de control para cada gráfico de acuerdo con la variable cuantitativa a evaluar.

5. Desarrollar un programa de capacitaciones para el personal que permita ampliar los conocimientos sobre gráficos de control y la interpretación de los datos de acuerdo a los patrones de comportamiento.
6. Elaborar una propuesta de mejora y un plan de seguimiento para crear un sistema robusto que incorpore la mejora continua a través del tiempo

INTRODUCCIÓN

La apertura de mercados y la competitividad de las empresas en la actualidad las conducen a querer alcanzar los más altos estándares de eficiencia y calidad. Una alternativa que permite cumplir dichos objetivos es la herramienta del control estadístico de procesos.

Walter A. Shewhart fue el primero en proponer en 1924, una gráfica de control con el fin de eliminar una variación anormal, distinguiendo las variaciones debidas a causas asignables como las producidas al azar.

Una gráfica de control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de ellos colocado por encima de la línea central y otro por debajo, y en unos valores característicos registrados en la gráfica que representa el estado del proceso.

A través de la verificación del comportamiento de los datos en el gráfico y con un estudio de capacidad se puede conocer el estado del proceso y se encuentra bajo control estadístico o es necesario realizar algunas modificaciones en este para obtener un proceso bajo control.

Los gráficos de control se utilizan de forma preventiva, sin embargo, a través del tiempo se puede conocer los diferentes patrones que aparecen en las cartas de control, brindando y ampliando la información acerca del proceso; de esta manera se toman las decisiones correspondientes considerando el medio ambiente, la maquinaria, el método de trabajo, la mano de obra, los materiales y la medición.

Esta herramienta estadística es aplicable a la industria de consumo masivo de bebidas no carbonatadas ya que por el volumen producido de unidades se puede obtener la cantidad de muestras necesarias para graficar una carta de control y observar si existe un cambio en el proceso.

En el diseño de un sistema de control se trazan los parámetros con mayor criticidad que inciden en la calidad de los productos envasados en una línea de fabricación de bebidas no carbonatadas. Además, se formula una propuesta de mejora que incluye los factores de mayor importancia para la aplicación de los gráficos de control y las acciones que deben tomarse para corregir y ajustar el proceso a las especificaciones requeridas por el cliente; siguiendo este procedimiento los involucrados se pueden asegurar de contar con un proceso productivo con la denominación bajo control estadístico.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

La empresa en donde se realizó el estudio es una organización que se dedica al procesamiento de alimentos y bebidas no carbonatadas. Sus productos se caracterizan por sus altos estándares de calidad y sabores naturales. Se especializa en la fabricación de jugos, néctares y refrescos, frijoles refritos, kétchup, pasta y salsas de tomate.

En el presente, la empresa cuenta con actividades comerciales a lo largo de toda Centroamérica y Estados Unidos; realiza su distribución de su portafolio a través de una red de distribuidores en todos los países en donde opera.

1.1.1. Historia

Nace en el año de 1959 como una empresa agroindustrial. Los socios fundadores eran provenientes de California, Estados Unidos, quienes aportaron los conocimientos y una parte del capital; el resto se consolidó con aportes de capital de empresarios guatemaltecos residentes en el país.

En el mes de agosto del año 2006, fue comprada por la compañía cervecera más grande de Costa Rica por medio de su subsidiaria de bebidas; consolidó su posición en el mercado de bebidas de Centroamérica y Caribe, potenció su exitoso portafolio de alimentos, con acceso a importantes fuentes de capital para implementar mejoras en su planta de producción.

Durante los próximos años, la empresa progresó significativamente; desarrolló marcas exitosas, innovó y creó nuevos productos que cumplieran los requerimientos de calidad y expectativas de los consumidores centroamericanos, siempre apegado a su compromiso de ofrecer productos naturales y saludables.

La empresa basó su portafolio inicial en el éxito obtenido con sus néctares en California, Estados Unidos, pero rápido se diversificó a nuevos productos, siempre enfocado en ofrecer a los consumidores centroamericanos bebidas y alimentos naturales a base de frutas y productos orgánicos.

1.1.2. Misión

“Proveer productos saludables a nuestros consumidores con los más altos estándares de calidad, bajo procesos altamente tecnificados y controlados, utilizando materias primas orgánicas sin preservantes ni saborizantes en la región de Estados Unidos y Centroamérica”¹.

1.1.3. Visión

“Para el año 2020 ser el referente del consumo inteligente de bebidas y alimentos, siendo una empresa agua, residuos y carbono positivo impulsando el desarrollo social y ambiental en la región, liderando marcas que hagan del mundo un mejor lugar para vivir”².

¹ VACHETTE, Jean-Luc. *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso*. p. 42.

² *Ibíd.*

1.2. Productos

Actualmente, la organización tiene divididas sus operaciones en dos giros de negocio: alimentos y bebidas no carbonatadas.

1.2.1. Alimentos

El negocio de alimentos se divide en dos grandes ramas de productos: uno segmentado en frijoles molidos y enteros y otro de productos a base de tomate, dentro de los cuales se puede mencionar la salsa tipo ketchup, la pasta de tomate y las salsas de tomate con diferentes sabores. Se cuenta con una variedad de presentaciones que permiten satisfacer la demanda de todos los mercados.

- La ketchup, La pasta de tomate y las salsas de tomate son creadas a partir de ingredientes naturales, elaboradas con 100 % puro tomate; son libres de colesterol, de colores artificiales y de almidón; no contienen saborizantes y son endulzadas con azúcar de caña.

Figura 1. **Salsa ketchup**



Fuente: *Venta de ketchup*. <https://www.alibaba.com/showroom/wholesale-ketchup.html>.

Consulta: 20 de agosto de 2017.

Figura 2. **Salsa de hongos**



Fuente: *Spaguetti con salsa de tomate y hongos*. <http://www.numar.net/recetas/cenas-en-familia-almuerzos-saludables-numar/spaguettis-con-salsa-de-tomate-y-hongos>. Consulta: 21 de agosto de 2017.

Figura 3. **Pastas de tomate**



Fuente: *¿Cómo hacer pasta de tomate?* <http://comaorganico.com/como-hacer-pasta-de-tomate-en-casa/>. Consulta: 22 de agosto de 2017.

1.2.2. Bebidas no carbonatadas

Las bebidas no carbonatadas se llenan en envases tipo aluminio que permiten garantizar la inocuidad de los productos con un sellado hermético, que al mismo tiempo, cumpla las expectativas de diseño en sus impresiones.

La impresión de alta definición permite mostrar al consumidor diseños nítidos sin pérdida de calidad. En general, la calidad es la piedra angular del negocio de refrescos, es por ello que se cuenta con un equipo de investigación y desarrollo que asegura que el producto cumple con todos los requisitos de alta seguridad y calidad.

En la actualidad, se comercializan dos tipos de bebidas no carbonatadas: las que son a base de tomate y las que son a base de fruta procesada de diferentes sabores, como manzana, melocotón, pera y piña.

Figura 4. **Bebidas no carbonatadas**



Fuente: *Latas de aluminio en blanco*. https://es.123rf.com/photo_66001660_en-blanco-de-latas-de-aluminio-blanco-al-atardecer-las-c. Consulta: 22 de agosto de 2017.

1.3. Control estadístico de procesos

El control estadístico de procesos se origina a finales del año 1920 bajo su creador W. A. Shewhart quien fue el primero en marcar la pauta en su libro *Economic Control of Quality of Manufactured Products*; le seguirían sus discípulos Joseph Juran, W.E. Deming, entre otros.

“Un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen imposible fabricar dos productos exactamente iguales. Dicho de otra manera, las características del producto fabricado no son uniformes y presentan lo que se conoce como variabilidad en el proceso”³.

Esta variabilidad es claramente indeseable en cualquier proceso y el objetivo de la persona que gestiona dicho proceso ha de ser reducirla para mantenerla dentro de unos límites previamente determinados. El control estadístico de procesos es una herramienta útil para mantener esta variabilidad dentro lo que se conoce control estadístico de un proceso.

1.3.1. Administración y aplicación

En las organizaciones, continuamente, se observan cambios o variaciones en sus KPIS, por ejemplo, cambios en los volúmenes de ventas o en el desempeño de algún proceso en particular. En ese contexto, uno de los aspectos críticos en la administración de cualquier organización es decidir ante qué tipo de cambios se debe actuar oportunamente antes de que la dirección que tomen no sea la adecuada.

³ RUIZ-FALCO ROJAS, Arturo. *Control estadístico de procesos*. p. 58.

Partiendo de que en todo proceso existe variación y de que una de las principales fallas de los directivos en una organización es que administran por reacción, es decir, mucho del trabajo que se implementa es reactivo y se atiende con acciones como juntas de trabajo, llamadas de atención, regaños, nuevas reglas y nuevas indicaciones.

Las situaciones de administrar sin conocer la variabilidad son frecuentes en la gestión de las organizaciones, algunos ejemplos son:

- Ajustes al proceso cuando se sale de especificaciones.
- Ajustes al proceso según el resultado anterior.
- La reacción de enojo o reclamo a los trabajadores.
- Reacción según las cifras del período anterior
- Reuniones urgentes de los ejecutivos para implementar acciones correctivas.
- Reemplazo de un trabajador capacitado por otro en sucesión.
- Reacciones ante las cifras diarias.

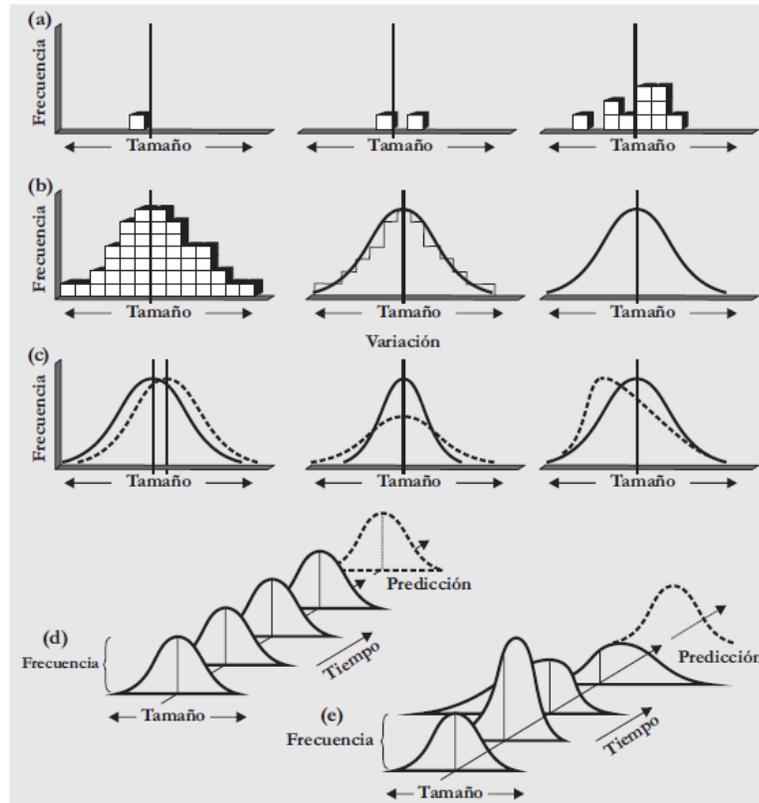
“Estas situaciones se deben atender atacando los problemas con proyectos y no con ocurrencias, ser metódicos, tomar en cuenta la variabilidad, distinguir entre cambios especiales y comunes y ante todo siendo objetivos para modificar el sistema como tal”⁴.

La herramienta de control estadístico de proceso es una herramienta que debe de aplicarse de forma preventiva y en ningún momento debe de tomarse en consideración para atacar un problema. Esta metodología permitirá identificar cualquier variación que afecte el desempeño de un proceso y así tomar las medidas necesarias según se indique en la determinación de causas.

⁴GUTIERREZ PULIDO, Hugo. *Control total y productividad*. p. 47.

Figura 5. **Variaciones naturales y asignables**

Variaciones naturales y asignables. (a) Las muestras varían de una a otra; (b) pero forman un patrón que, si es estable, es llamado distribución. (c) Las distribuciones pueden diferir en la medida de la tendencia central, variación, forma o cualquier combinación de éstas. (d) Si sólo se presentan causas de variación naturales, la salida del proceso forma una distribución que es estable a través del tiempo y es predecible. (e) Si se presentan causas de variación asignables, la salida de proceso no es estable a través del tiempo y no es predecible.



Fuente: MONTGOMERY, Dionisio. *Introducción al control estadístico de la calidad*. p. 87.

1.3.2. Causas de la variabilidad

Los procesos siempre tienen variabilidad inherente por naturaleza, ya que en estos intervienen diferentes factores sintetizados a través de las 6M: materiales, maquinaria, medición, mano de obra, métodos de trabajo y medio ambiente.

Bajo condiciones normales o comunes de trabajo, todas las M influyen o aportan variación de manera especial, ya que a través del tiempo las 6M son

susceptibles de cambios, desajustes, desgastes, errores, descuidos o fallas. Derivado de ello, se pueden identificar dos tipos de variabilidad que se pueden dar en un proceso: la atribuible a causas especiales y la de causas comunes.

1.3.2.1. Comunes

La variación de causas aleatorias o de causas comunes es aquella variación natural al sistema; este tipo de variación se origina por cantidades muy grandes de factores propios del sistema con un impacto imperceptible y mínimamente cuantificable.

La variación de causas comunes permanece estadísticamente estable día a día y mes a mes, a menos que se modifique alguna variable que afecte directamente el proceso y, por lo tanto, se considere como un proceso diferente; por ejemplo, la instalación de una nueva llenadora, rotación de personal, entre otras causas.

1.3.2.2. Especiales

La variación de causas asignables o especiales es una variación producida por algo especial que no forma parte del sistema. Una causa asignable podría ser la fuga de aire o de aceite de una manguera, lo cual produce un cambio en el proceso o bien el cambio de proveedor y que la materia prima que este abastece sea de menor calidad que ocasiona cambios directos en el desempeño del proceso.

1.3.3. Elementos básicos

“El objetivo básico de una carta de control es observar y analizar el comportamiento de forma gráfica y a través del tiempo el desempeño de un proceso, una variable, o bien de un producto, permitiendo distinguir las variaciones por causas comunes de las debidas a causas especiales o atribuibles, lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso, detectando tendencias y así decidir las mejores acciones de control y mejora”⁵.

El propósito principal de los gráficos de control es mostrar cuando algún punto o medición se encuentra por fuera de los límites de control establecidos para dicha variable; cuando esto sucede se dice que el proceso se encuentra fuera de control estadístico y se le debe de dar la trazabilidad para encontrar la causa de dicha variación.

Sin embargo, no siempre es indeseable que un punto caiga fuera de los límites de control. Por ejemplo, en una carta en donde se grafica la proporción de artículos defectuosos, el que un punto esté por debajo del límite inferior indicará la presencia de una causa especial y que está impactando positivamente en la calidad y desempeño del proceso, por lo que es necesario tratar de que tal causa influya de manera permanente.

1.3.4. Límites de control

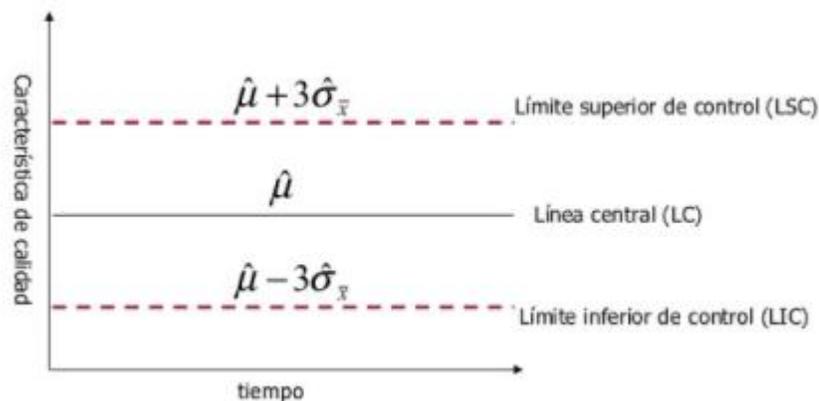
Según lo describe Eduardo Raya en su documento de *Calidad total* “La ubicación de los límites de control en una carta es un aspecto fundamental, ya que si éstos se ubican demasiado alejados de la línea central entonces será más difícil detectar los cambios en el proceso, mientras que si se ubican

⁵ GUTIERREZ PULIDO, Hugo. *Control total y productividad*. p. 89.

demasiado estrechos se incrementará el error tipo 1, declarar un cambio cuando no lo hay”⁶.

Para calcular los límites de control se debe proceder de tal forma que, bajo condiciones de control estadístico, el estadístico que se grafica en la carta tenga una alta probabilidad de caer dentro de tales límites. Por lo tanto, una forma de proceder es encontrar la distribución de probabilidades del estadístico, estimar sus parámetros y ubicar los límites de manera que un alto porcentaje de la distribución esté dentro de ellos.

Figura 6. Límites de control



Fuente: elaboración propia.

1.3.5. Tipos de cartas de control

Existen dos tipos generales de cartas de control: para variables y para atributos. Las cartas de control para variables se aplican a características de calidad de tipo continuo que intuitivamente son aquellas que requieren un

⁶ RAYA, Esteban. *Calidad total*. <https://es.slideshare.net/eduar2200000/cartas-de-control-38336732>. Consulta: 22 de agosto de 2017.

instrumento de medición (pesos, volúmenes, voltajes, longitudes, resistencias, temperaturas, humedad, etcétera).

Las cartas de control por atributos son aquellas que clasifican una característica de calidad de forma binaria: cumple o no cumple, funciona o no funciona, conforme o disconforme, o bien defectuoso o no defectuoso.

Las cartas de control para variables tipo Shewhart más usuales son:

- \bar{X} (de medias)
- R (de rangos)
- S (de desviaciones estándar)
- X (de medidas individuales)

1.3.5.1. Cartas de control por variables

Los gráficos de control por variables miden las características de calidad de un producto, son más económicas para efectuar el control de calidad que las gráficas de control por atributos, porque el tamaño de la muestra es menor para los gráficos por variables que para los gráficos por atributos y además un gráfico por variables ayuda a localizar donde se encuentra la falla del proceso.

Si la producción de un proceso forma una distribución de frecuencias normal, esta distribución será descrita completamente por su media y su desviación estándar. Aún si la distribución de frecuencias no es normal, la media y la desviación estándar constituyen importantes medidas de la misma. Si ocurren cambios significativos en la media o en la desviación estándar, esto indica cambios significativos en el proceso o, lo que es lo mismo, la presencia de causas asignables de variación en el proceso⁷.

⁷ RUIZ MEDINA, Mauricio. *Gráficos de control por variables*. p. 102.

Este tipo de gráficos se utiliza cuando la característica de calidad a medir se puede expresar numéricamente. Por ejemplo, puede ser la dimensión de una pieza, el peso de un material o el porcentaje de determinada sustancia en el producto. A esta característica de calidad medible se le denomina variable. Por lo general, este tipo de diagramas de control son más eficientes y brindan más información que los gráficos de control por atributos.

Por lo general, se prefiere utilizar el diagrama de control de rangos por su simplicidad, juntamente con el diagrama de control de medias.

Las gráficas para controlar variables proporcionan la siguiente información:

- El proceso se mantiene en constante observación. Al contar con la aplicación de gráficos de control se garantiza un seguimiento constante del desempeño del proceso, además es indicativo de que existe un programa de aseguramiento de calidad.
- Definir la capacidad del proceso. La verdadera capacidad de un proceso se logra sólo después de alcanzar una profunda mejora de la calidad. Durante el ciclo del mejoramiento de la calidad, la gráfica de control indicará que ya no es posible mejorar más sino se está dispuesto a realizar una inversión en el proceso. Es en este momento cuando se ha conseguido la verdadera capacidad de proceso.
- Tomar decisiones relativas a las especificaciones del producto. Una vez que se obtiene la verdadera capacidad del proceso ya se puede calcular las especificaciones efectivas para un producto.

- Tomar decisiones relacionadas con el proceso de la producción. Es decir, la gráfica de control sirve para saber si se trata de un patrón natural de variación, por lo tanto, no hay nada que hacerle al proceso, o si se trata de un patrón no natural en cuyo caso habrá que emprender acciones para detectar y eliminar las causas de variación.

1.3.5.1.1. Carta de control X barra – R

“Para controlar el promedio o valor medio de la variable se utiliza el diagrama de control de medias o gráfico de medias. Para controlar la variabilidad de la misma se pueden considerar dos diagramas, dependiendo de la exactitud que se desee del gráfico. Es posible utilizar un diagrama de control de la desviación estándar, llamado gráfico S, o un diagrama de control de rangos o gráfico R”⁸.

El proceso para la elaboración de los gráficos X y R es el siguiente:

- Establecer qué se desea conseguir del control estadístico del proceso.
- Identificar la característica a controlar. Es necesario determinar qué característica o atributo del producto o proceso se va a controlar para conseguir satisfacer las necesidades de información establecidas en el paso anterior.
- Determinar el tipo de gráfico de control que es conveniente utilizar.
- Elaborar el plan de muestreo (tamaño de la muestra, frecuencia de muestreo y número de corridas del muestreo).

⁸ CARRO, Rodolfo. *Administración de operaciones*. p. 92.

La frecuencia de muestreo será tal que recoja los cambios en el proceso entre las muestras debidas a causas internas y, al mismo tiempo, que permita detectar la aparición de causas externas o asignables. Las muestras deben recogerse con la frecuencia correcta y en los tiempos oportunos para que puedan reflejar dichas oportunidades de cambio (por ejemplo: frecuencias en horarios, diarias, por turno, por lote de material, entre otros).

El número de muestras 'n' debe satisfacer un criterio, se recogerán muestras suficientes para cerciorarse de que las causas internas de variación tienen oportunidad para manifestarse y proporcionar una prueba satisfactoria de la estabilidad del proceso. Por ejemplo, a partir de un mínimo de 100 mediciones individuales, se obtiene esta garantía (50 muestras con n = 4 o 40 muestras con n = 5).

- Los datos deberán recopilarse según se dicta en el plan de muestreo ya establecido. Las unidades de cada muestra serán recogidas de forma aleatoria y consecutiva para que esta sea homogénea y representativa al momento de la toma de datos. Es necesario anotar en las hojas de verificación y control todos los datos trascendentales y relevantes en la toma de información.
- Cálculos efectuados:
 - Promedio de la muestra

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

- n: tamaño de la muestra
- Xi: dato individual

- Intervalo de la muestra

$$R = X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}}$$

Donde

:

- X_{máx}: dato de mayor magnitud en la muestra
- X_{mín}: dato de menor magnitud en la muestra

- Promedio de promedios

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\overline{X}_1 + \overline{X}_2 + \overline{X}_3 + \dots + \overline{X}_m}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m \overline{X}_i}{m}$$

Donde:

- m: número de muestras
- \overline{X}_i : promedio de muestra i

- Intervalo de rangos

$$\overline{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_m}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m}$$

Donde:

- m: número de muestras
 - \bar{R} : intervalo de muestras i
-
- Cálculo de límite de control

Existen dos tipos de límites de control: los límites de control de proceso, que sirven para analizar la situación del proceso con respecto a sus capacidades naturales, o sea aquellas sin la intervención de causas asignables, y los límites de control según las especificaciones del producto, aquellos basados en una característica de calidad y que sirven para analizar si el proceso cumple o no con ella.

Todos los límites deben tener una cifra significativa más que lo exigido por la especificación y el criterio de redondeo es redondear límites superiores hacia arriba a la cifra siguiente y límites inferiores hacia abajo a la cifra precedente. Las fórmulas para el cálculo de ambos límites son las siguientes:

Para promedios	Para intervalos
$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 * \bar{R}$	$LSCr = D_4 * \bar{R}$
$LCC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}}$	$LCEr = \bar{R}$
$LSC_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 * \bar{R}$	$LICr = D_3 * \bar{R}$

Donde:

- LSC: límite superior de control
- LCC: línea central de control
- LIC: límite inferior de control

Los valores de las constantes A_2 , D_1 , D_3 , D_4 y d_2 , las cuales dependen del tamaño de la muestra.

Tabla I. **Tabla de constantes**

Constantes para Gráficos de Control																
n	A	A ₂	A ₃	c ₄	1/c ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	d ₃	1/d ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	1.880	2.659	0.798	1.253	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.853	0.886	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.886	1.128	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.888	0.591	0.000	4.358	0.000	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.921	1.085	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.880	0.486	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.940	1.064	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.864	0.430	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.952	1.051	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0.395	0.000	5.079	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.959	1.042	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.370	0.205	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.965	1.036	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.351	0.388	5.307	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.969	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.337	0.547	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.973	1.028	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.325	0.686	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.975	1.025	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.315	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.978	1.023	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.307	0.923	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.979	1.021	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	0.300	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.981	1.019	0.406	1.594	0.398	1.563	3.407	0.763	0.294	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.982	1.018	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	0.288	1.203	5.740	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.983	1.017	0.448	1.552	0.440	1.527	3.532	0.750	0.283	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.985	1.016	0.466	1.534	0.459	1.510	3.588	0.744	0.279	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.985	1.015	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	0.275	1.424	5.856	0.391	1.609
19	0.688	0.187	0.698	0.986	1.014	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	0.271	1.489	5.889	0.404	1.596
20	0.671	0.180	0.680	0.987	1.013	0.510	1.490	0.503	1.470	3.735	0.729	0.268	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.988	1.013	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	0.265	1.606	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.988	1.012	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	0.262	1.660	5.979	0.435	1.565
23	0.626	0.162	0.633	0.989	1.011	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	0.259	1.711	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.989	1.011	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	0.257	1.759	6.032	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.990	1.010	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	0.254	1.805	6.056	0.459	1.541

Fuente: FEIGENBAUM, Armand Vallin. *Control total de la calidad; ingeniería y administración*. p.

1.3.6. Interpretación de las cartas de control y las causas de inestabilidad

“Una causa especial de variación (o señal de un cambio especial en el proceso) se manifiesta cuando un punto cae fuera de los límites de control o cuando los puntos graficados en la carta siguen un comportamiento no aleatorio de variación”⁹.

1.3.6.1. Patrones de comportamiento

Describen el comportamiento que tiene la variación de puntos fuera de control en una gráfica X-R.

1.3.6.1.1. Patrón 1. Desplazamientos o cambios en el nivel del proceso

La variación de uno o más puntos que están fuera de los límites de control determina una variación en el nivel del proceso; estos puntos se pueden dar por el cambio de operarios en una máquina, falta de capacitación o cambios en los parámetros de calidad.

1.3.6.1.2. Patrón 2. Tendencias en el nivel del proceso

Esta variación se identifica por el aumento de los puntos fuera de control, lo que establece que la variación del proceso se ve afectada por fallas mecánicas en los equipos, desgaste de herramientas, generación de

⁹ GUTIERREZ PULIDO, Hugo. *Control total y productividad*. p. 97.

desperdicio, cambio de temperatura en procesos químicos, falta de control de calidad de la materia prima, entre otros.

1.3.6.1.3. Patrón 3. Ciclos recurrentes

Otro movimiento no aleatorio que pueden presentar los puntos en las cartas es un comportamiento cíclico de los puntos. Por ejemplo, se da un flujo puntos consecutivos que tienden a crecer y luego se presenta un flujo similar, pero de manera descendente y esto se repite en ciclos.

Cuando un comportamiento cíclico se presenta en la carta X-R, entonces, las posibles causas son:

- Cambios periódicos en el ambiente.
- Diferencias en los dispositivos de medición o de prueba que se utilizan en cierto orden.
- Rotación regular de máquinas u operarios.
- Efecto sistemático producido por dos máquinas, operarios o materiales que se usan alternadamente.

1.3.6.1.4. Patrón 4. Alto índice de variabilidad

Esta alta variación se da por un sobre control o ajustes innecesarios en el proceso de producción de un producto, así como la alta variación de calidad en el producto terminado generando un incremento de desperdicio y/o merma.

Este patrón representa un alto costo de operación por el incremento de merma en el proceso, por lo que es importante tomar acciones correctivas que impacten lo antes posible en el desempeño del proceso.

1.3.6.1.5. Patrón 5. Falta de variabilidad

El proceso es inestable ya que la mayoría de los puntos están concentrados en la parte central de la carta, es decir, los datos reflejan poca variabilidad. Esta falta de variación se da por el mal cálculo de los límites de control, agrupamiento en una misma muestra de datos provenientes de universos con medias bastante diferentes, que al combinarse se compensan unos con otros.

1.3.7. Índices de capacidad de procesos

La capacidad real de un proceso no se puede calcular sino hasta que las gráficas X y R han logrado obtener la mejora óptima de la calidad sin necesidad de hacer una considerable inversión en equipo nuevo o en adaptaciones de este.

1.3.7.1. Índice Cp

La capacidad del proceso es igual a 6σ cuando el proceso está bajo control estadístico. Con frecuencia es necesario obtener la capacidad del proceso mediante un procedimiento rápido, en vez de usar las gráficas X y R, emplear este tipo de método se da por sentado que el proceso está bajo control estadístico, lo que puede o no ser el caso en realidad. El procedimiento es el siguiente:

- Tome 20 subgrupos, cada uno de tamaño 4, con un total de 80 mediciones.
- Calcule la desviación estándar de la muestra, S , de cada uno de los subgrupos.
- Calcule la desviación estándar promedio de las muestras, $s = \sum s / 20$.
- Calcule la desviación estándar de la población $\sigma = S/C_4$.
Donde C_4 se localiza en la tabla de constantes.
- La capacidad del proceso será igual a 6σ .

Mediante esta técnica no se obtiene la capacidad real del proceso, por lo que habrá que recurrir a ella solo si las circunstancias justifican su empleo. Por otra parte, es posible que más de 20 subgrupos para lograr mayor exactitud.

La capacidad del proceso también se puede obtener mediante el rango, bajo la premisa de que el proceso se encuentra bajo control estadístico, el procedimiento es el siguiente:

- Tomar 20 subgrupos, cada uno de tamaño 4, y un total de 80 mediciones.
- Calcular el campo de valores, R , de cada subgrupo.
- Calcular el rango promedio, $R = \sum R / 20$.
- Calcular el valor de la desviación estándar de la población, $\sigma = R/D_2$.
- Donde d_2 se obtiene de la tabla de constantes.
- La capacidad del proceso será igual a 6σ .

La capacidad del proceso y la tolerancia se combina para formar un índice de capacidad, el cual se define de la manera siguiente:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6 \sigma}$$

Donde:

- Cp = índice de capacidad
- USL-LSL = especificación superior-especificación inferior
- 6σ = capacidad del proceso

1.3.7.1.1. Interpretación índice Cp

El índice Cp tiene varias interpretaciones con base en el resultado obtenido como se describen en la tabla a continuación.

Tabla II. Índices del estudio de la capacidad del proceso

ICP	Decisión
1,33 < ICP < 2,22	Más que adecuado, incluso puede exigirse más en términos de su capacidad. Posee capacidad de diseño.
1 < ICP < 1,33	Adecuado para lo que fue diseñado. Requiere control estrecho si se acerca al valor de 1.
0,67 < ICP < 1	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial. Requiere monitoreo constante.
ICP < 0,67	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial.

Fuente: FEIGENBAUM, Armand Vallin. *Control total de la calidad; ingeniería y administración*. p.

1.3.7.1.2. Índices Cpk, Cpi, Cps

El índice C_p estima la capacidad potencial del proceso para cumplir con especificaciones, pero una de sus desventajas es que no toma en cuenta el centrado del proceso, ya que en su fórmula para calcularlo no incluye la media del proceso m . Una forma de corregir esto es evaluar por separado el cumplimiento de las especificaciones inferior y superior, a través del índice de capacidad para la especificación inferior (C_{pi}) y el índice de capacidad para la superior (C_{ps}).

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}$$

$$C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

Por su parte, el índice de capacidad real del proceso (C_{pk}) se puede ver como una versión corregida del C_p , que sí toma en cuenta el centrado del proceso. Para calcularlo hay varias formas equivalentes, una de las más comunes es la siguiente:

$$C_{pk} = \frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

1.3.8. Índice de estabilidad

Para analizar la estabilidad del proceso se deben evaluar las cartas de control obtenidas en el lapso que comprende los datos históricos. Es decir,

estudiar las cartas como se obtuvieron en el pasado y los cambios detectados con ellas.

Con base en el análisis anterior, se debe calcular el índice de inestabilidad St , el cual proporciona una medición de qué tan inestable es un proceso, y con ello se podrán diferenciar los procesos que esporádicamente tengan puntos o señales especiales de variación. El índice St se calcula de la siguiente manera:

$$St = \frac{\text{Número de puntos especiales}}{\text{Número total de puntos}} * 100$$

1.3.9. Estado de un proceso

“Un proceso es capaz, con independencia de su estabilidad, si el nivel de disconformidades es lo suficientemente bajo para garantizar que no habrá esfuerzos inmediatos para tratar de bajarlas y mejorar así su capacidad”¹⁰.

1.3.9.1. Pasos para realizar un estudio de capacidad y estabilidad

Para realizar un estudio de capacidad y estabilidad se deben tomar los siguientes factores.

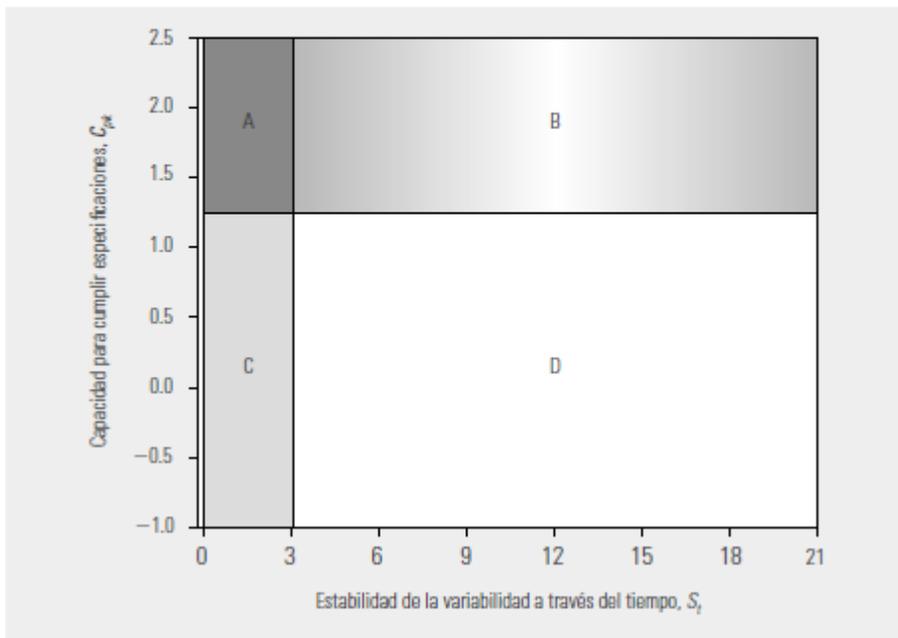
- Delimitar datos históricos determinar los periodos a estudiar y las variables en el tiempo de los factores que intervienen en la calidad de un producto o servicio.

¹⁰ NAYA FERNÁNDEZ, Sergio. *Índices robustos de calidad. Cómo medir la capacidad de un proceso.* p. 120.

- Analizar estabilidad: si la fabricación o prestación de un servicio es estable y creciente durante el tiempo tiene un avance significativo en mantener la calidad de lo contrario se deben establecer las causas asignables para identificar las demoras.
- Estudiar la capacidad: se establece si el proceso cumple con las especificaciones técnicas.

Figura 7. **Matriz de estado de proceso**

		¿El proceso es estable? Herramientas: cartas de control e índice de inestabilidad	
		Si	No
¿El proceso es capaz? Herramientas: estudios de capacidad e índices C_p y C_{pk}	Si	A (estable y capaz)	B (capaz pero inestable)
	No	C (estable pero incapaz)	D (inestable e incapaz)



Fuente: GUTIERREZ PULIDO, Hugo. *Control total y productividad*. p. 97.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Análisis FODA

El análisis FODA tiene como objetivo identificar y analizar las fortalezas y debilidades de la organización, también, las oportunidades y amenazas que presenta la información que se ha recolectado.

Se utilizará para desarrollar un plan que tome en consideración muchos y diferentes factores internos y externos para maximizar el potencial de las fuerzas y oportunidades, y minimizar el impacto de las debilidades y amenazas.

Tabla III. **Análisis de factores internos y externos**

Las fortalezas se usan para tomar ventaja de cada una de las oportunidades. Se utilizó la siguiente ponderación: 0 = en total desacuerdo, 1 = no está de acuerdo, 2 = está de acuerdo, 3 = bastante de acuerdo y 4 = en total acuerdo.

Tabla IV. **Análisis de factores internos y externos**

		Oportunidades			
		O1	O2	O3	O4
Fortalezas	F1	3	3	4	3
	F2	3	3	3	4
	F3	4	3	4	3
	F4	4	4	4	4
Total	56	14	13	15	14

Fuente: elaboración propia.

Las fortalezas evaden el efecto negativo de las amenazas.

0 = en total desacuerdo, 1 = no está de acuerdo, 2 = está de acuerdo, 3 = bastante de acuerdo y 4 = en total acuerdo.

Tabla V. **Calificación amenazas vrs fortalezas**

		Amenazas			
		A1	A2	A3	A4
Fortalezas	F1	3	4	4	3
	F2	3	3	4	3
	F3	3	4	4	4
	F4	3	3	3	4
Total	55	12	14	15	14

Fuente: elaboración propia.

Se superan las debilidades tomando ventaja de las oportunidades.

0 = en total desacuerdo, 1 = no está de acuerdo, 2 = está de acuerdo, 3 = bastante de acuerdo y 4 = en total acuerdo.

Tabla VI. **Calificación oportunidades vrs debilidades**

		Oportunidades			
		O1	O2	O3	O4
Debilidades	D1	3	3	3	3
	D2	3	3	3	4
	D3	4	3	3	3
	D4	3	3	3	3
Total	50	13	12	12	13

Fuente: elaboración propia.

0 = en total desacuerdo, 1 = no está de acuerdo, 2 = está de acuerdo, 3 = bastante de acuerdo y 4 = en total acuerdo.

Tabla VII. **Calificación amenazas vrs debilidades**

		Amenazas			
		A1	A2	A3	A4
Debilidades	D1	3	4	3	3
	D2	3	4	3	4
	D3	3	3	3	4
	D4	3	3	3	3
Total		12	14	12	14

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Matriz FODA**

	Oportunidades				Amenazas			
	Oportunidad de incursionar en nuevos mercados	Precios más bajos	Ofrecer productos nuevos para el consumo	Interés en consumidores en bebidas no alcohólicas	Precios y promociones de la competencia	Escasez de materias primas	Marcas extranjeras	Impuestos nuevos por parte del Gobierno
Fortalezas	Estrategia (FO) Maxi-Maxi				Estrategia (FA) Maxi-Mini			
Materia prima de calidad	Estrategia de mercadeo y ventas de bebidas. Dicha estrategia se realiza a través de campañas publicitarias dirigidas a niños y niñas, jóvenes; se realiza a través del uso de redes sociales, mupis, páginas web, volantes, entre otros.				Se cambiará la estrategia de mercado, enfocado en fortalecer ventas en los puntos de distribución a través de dar un seguimiento posventa a los clientes para conocer la satisfacción del servicio. De igual forma, se contará con un <i>call center</i> para la atención al cliente.			
Instalaciones adecuadas para el almacenaje y la comercialización								
Cuenta con flotilla propia para el reparto								
Buena ubicación para el desarrollo logístico								
Debilidades	Estrategia (DO) Mini-Maxi				Estrategia (DA) Mini-Mini			
Procesos de capacitación basados en competencias laborales	Manejar una buena estrategia de precios para el sector industrial, así como tener acceso a mercados de escalas.				Implementar un sistema de logística inversa para la reducción de costos, así como ofrecer descuentos en temporadas de alto consumo del año.			
Mejorar tecnología								
Poca atención al cliente								
Publicidad								

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Síntesis de resultados**

Relaciones	Tipología de estrategia	Puntuación	Descripción
FO	Estrategia ofensiva	56	Deberá adoptar estrategias de crecimiento.
AF	Estrategia defensiva	55	La empresa está preparada para enfrentarse a las amenazas.
AD	Estrategia de supervivencia	52	Se enfrenta a amenazas externas sin las fortalezas necesarias para luchar con la competencia.
OD	Estrategia de reorientación	50	La empresa no puede aprovechar las oportunidades porque carece de preparación adecuada.

Fuente: elaboración propia.

Como resultado, la empresa se encuentra preparada para enfrentar las amenazas y deberá tomar una estrategia de crecimiento para afrontar las oportunidades que surjan con cada proyecto.

2.2. Características del producto

Los néctares son producidos a partir de materias primas de primera calidad, las cuales son inspeccionadas a su ingreso y están respaldadas por sus respectivos certificados de calidad emitidos por proveedores altamente reconocidos. Centroamérica, México y Estados Unidos reconocen los néctares, como bebidas que contienen 25 % de concentrado o jugo de frutas.

Todos los procesos de producción cumplen con las normas de buenas prácticas de manufactura, las cuales son verificadas por las auditorías del Ministerio de Salud de manera periódica.

Las bebidas no carbonatas se envasan en recipientes de aluminio; son tres veces más ligero de media que los metales corrientes; fácil de transformar; cuya estructura posee excelentes propiedades para su formación. El aluminio es un material-barrera por excelencia, incluso con un grosor de unas pocas micras, protege todos los productos frente a la luz, la humedad, el oxígeno y los microorganismos.

2.3. Descripción del proceso de producción de bebidas no carbonatadas

A continuación, se describe el procedimiento para el envasado de bebidas no carbonatadas:

- Alcance: el procedimiento es aplicable para todo el personal, de acuerdo a su competencia: desde girar instrucciones en la elaboración del procedimiento hasta la aprobación, su autorización y archivo.

- Glosario
 - Procedimiento: consiste en una serie de pasos realizados cronológicamente para efectuar un trámite administrativo. Describe en forma clara y precisa quién, qué, cómo, cuándo, dónde y con qué se realiza cada uno de los pasos.

 - Norma: son las disposiciones administrativas que regulan lo establecido en un procedimiento, a fin de evitar o reducir la aplicación de diversos criterios que provoquen confusión en las personas que intervienen.

Los procedimientos deben ser accesibles para todo el personal y deben tenerse control de los lugares de localización de los mismos y el control de las copias de dicho procedimiento. El incumplimiento, por parte de cualquier persona involucrada, será sancionado con las medidas disciplinarias que rigen al personal de la organización.

Tabla X. **Aprobación del proceso de bebidas no carbonatadas**

Empresa			
Título del Procedimiento: proceso elaboración de bebidas no carbonatadas	Departamento: producción	Procedimiento P.1.0	No.

Aprobaciones		Autorizaciones	
Función y/o cargo	Firma	Función y/o cargo	Firma
Gerente de producción		Gerente general	
Jefe de producción			

Copia núm.	Asignada a:
1	Gerente general
2	Gerente de producción
3	Jefe de producción

Fuente: elaboración propia.

Se describe el proceso a continuación

- Se inicia con la recepción de sólidos y materias primas.
- Se procede a realizar una formulación a una temperatura de 20° C a 25° C para lo cual se utiliza agua, jarabe, concentrado, ingredientes sólidos.

- Se procede a realizar una filtración Mesh a 0,0033-0,035.
- Se traslada al tanque de balance.
- Se procede a la pasteurización del producto a una temperatura de 90,5 °C.
- Se procede al llenado en el cual consiste en tener la alimentación de envase de aluminio, codificación de envase, inversión y limpieza con aire comprimido.
- Se hace el llenado a una temperatura de 88° C.
- Se hace una inyección nitrógeno líquido.
- Se procede a sellar las latas.
- Se hace un control de presión interna de envase en caliente debe ser mayor o igual a 35 psi.
- Se hace un sostenimiento de temperatura mayor o igual a 83,5° C.
- Enfriamiento a través de agua recirculada.
- Se hace un control de presión interna envase en frío la presión debe ser mayor o igual a 18 psi.
- Se procede a realizar el empaque, embalaje, estibado, etiquetado y colocado en tarimas de madera.

- Se genera etiqueta en donde se detalla fecha de producción, fecha de vencimiento, lote y número de orden de producción.
- Se coloca etiqueta en tarima.
- Se traslada al almacén de producto terminado.

2.3.1. Diagrama de flujo del proceso de envasado

Tabla XI. Producción de bebida no carbonatada

FIG.	Resumen	Cant.	Tiempo
○	Operaciones	10	485
⇨	Transporte	3	80
□	Controles	2	30
⏸	Esperas	1	20
▽	Almacenamiento	1	30
	Total		645

Núm.	Descripción actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo (min)
1	Traslado de materias primas	○	⇨	□	⏸	▽	60
2	Formulación	○	⇨	□	⏸	▽	45
3	Filtración	○	⇨	□	⏸	▽	20
4	Pasteurización de producto	○	⇨	□	⏸	▽	60
5	Alimentación de envase para llenadora	○	⇨	□	⏸	▽	10
6	Codificación envase	○	⇨	□	⏸	▽	10
7	Llenado	○	⇨	□	⏸	▽	90
8	Sellado de latas	○	⇨	□	⏸	▽	45
9	Control de presión interna envase en caliente	○	⇨	□	⏸	▽	15
10	Enfriamiento	○	⇨	□	⏸	▽	20
11	Control de presión interna envase en frío	○	⇨	□	⏸	▽	15
12	Enbandedado	○	⇨	□	⏸	▽	90
13	Paletizado	○	⇨	□	⏸	▽	120
14	Etiqueta SAP	○	⇨	□	⏸	▽	5
15	Traslato de PT	○	⇨	□	⏸	▽	10
	Almacenamiento de PT	○	⇨	□	⏸	▽	30
	TOTAL						645

Fuente: elaboración propia.

2.4. Descripción actual del proceso de control de calidad

Actualmente se tienen identificados puntos críticos de control en el proceso de envasado de bebidas no carbonatadas para garantizar el cumplimiento de las características de calidad de estos productos.

Algunas de las pruebas que se realizan son las siguientes:

- Control de temperatura
- Control de presión en frío
- Control de presión en caliente
- Filtración en envases

2.4.1. Ventajas y desventajas

- Ventajas
 - El proceso se encuentra en constante observación.
 - Se profundiza en el desempeño del proceso.
 - Se genera una base de información que puede ser utilizada para realizar inferencias estadísticas.
 - Se genera una sensibilización en la organización para mantener los estándares de calidad dentro de las especificaciones.
 - Es uno de los primeros requisitos para obtener la certificación de una norma de calidad.

- Desventajas
 - Se genera un costo operativo en mantener un control de calidad
 - Se puede volver una operación de rutina

2.5. Test físicos realizados al producto

El manómetro para presión se utiliza para realizar la medición interna de presión en una lata o envase. La muestra se perfora con el cabezal perforador del instrumento, en donde el accesorio para sellado forma un sellado momentáneo del envase.

Una vez perforada la muestra, la pantalla indica la presión medida. El medidor de presión de envases consiste de un sujetador para perforación, un manómetro, un cabezal de perforación y el accesorio para sellado.

El probador de filtración en latas se emplea para verificar si hay filtración en latas de 3 piezas dentro de un depósito de agua. En cada prueba se ensaya una lata. El ensayo se realiza de manera semiautomática y el probador de filtraciones en latas tiene capacidad para hacer ensayos en latas de 3 piezas de diferentes tamaños.

La lata se coloca sobre una placa y se fija a un plato de disco magnético. La lata se sujeta para sellar la parte superior y luego se sumerge en agua para luego aplicar presión en la lata.

Si después de aplicar presión se observan burbujas que salen de la lata significa que hay filtración en esta. Durante el ensayo, el operador puede dar

vuelta a la lata para observar su parte superior, el fondo, el cuerpo de la lata y la línea de soldadura.

El propósito principal de este test es probar que no existe ninguna filtración interna de aire que pueda contaminar el producto y alterar sus propiedades físicoquímicas, es por ello que se considera como un punto crítico de control en el proceso de envasado.

Figura 8. **Probador de filtración en latas**



Fuente: *Probador de filtración*. <http://www.adendorf.net/probador-de-filtracion-en-latas-p-361.html>

2.5.1. Control de temperatura

El control de temperatura asegura que se haya alcanzado la temperatura correcta para la desinfección térmica total del producto.

2.5.2. Control de presión

El control de presión se realiza a través de un manómetro, se anotan los datos en una lista de chequeo que el supervisor de calidad inspecciona.

2.6. Registro actual de información

Actualmente, se anotan los datos en una hoja de control en la cual se anotan las mediciones y se detallan si se encuentra dentro de las especificaciones.

2.6.1. Registro utilizado

Para el registro de información, el área de producción tiene una hoja de registro de datos en la cual se colocan las observaciones realizadas, el número de latas, el tiempo de carga y algunas observaciones.

Tabla XII. Hoja de control de tiempo de carga

Logo de la empresa		Nombre de la empresa	Supervisor
Departamento de producción	Fecha	Responsable	Turno
Observación	Número de latas	Tiempo (s)	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Entradas y salidas de información

Para realizar el análisis, se toman los datos del mes de mayo para identificar la variación del proceso para lo cual se hace un diagrama de dispersión.

El diagrama de dispersión es una herramienta estadística que permite analizar la relación entre dos variables. Por ejemplo, entre una característica de calidad y la variable que influye en ella. Este tipo de gráficos permite un conocimiento profundo de la variable bajo análisis.

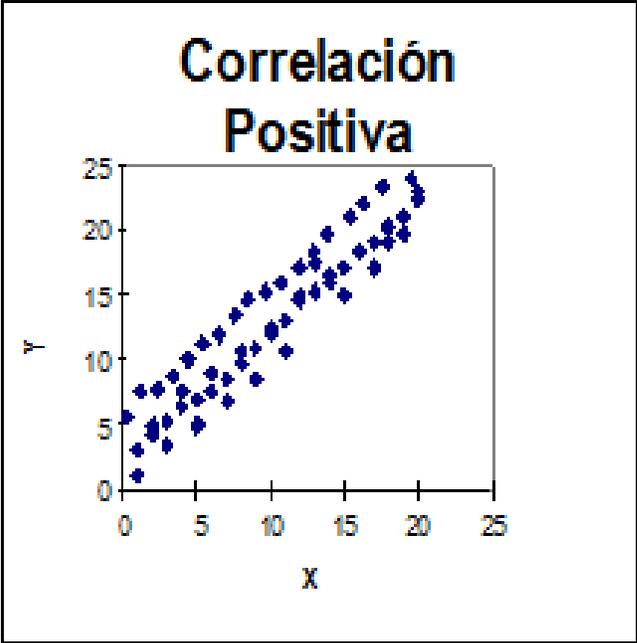
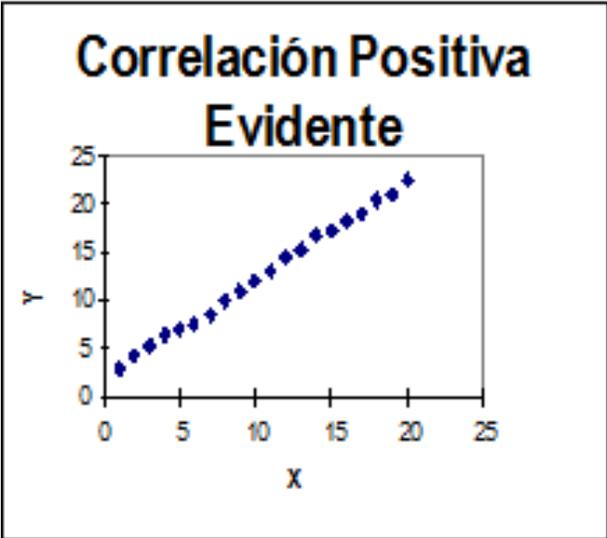
La relación entre dos variables se representa mediante una gráfica de dos dimensiones en la que cada relación está dada por un par de puntos (uno para cada variable). La variable del eje horizontal x , normalmente es la variable causa; y la variable del eje vertical y , es la variable efecto.

“La relación entre dos variables puede ser positiva o negativa. Si es positiva, significa que existe un aumento en la variable causa x , provocará un aumento en la variable efecto y ; si es negativa, significa que una disminución en la variable x provocará una disminución en la variable y ”¹¹.

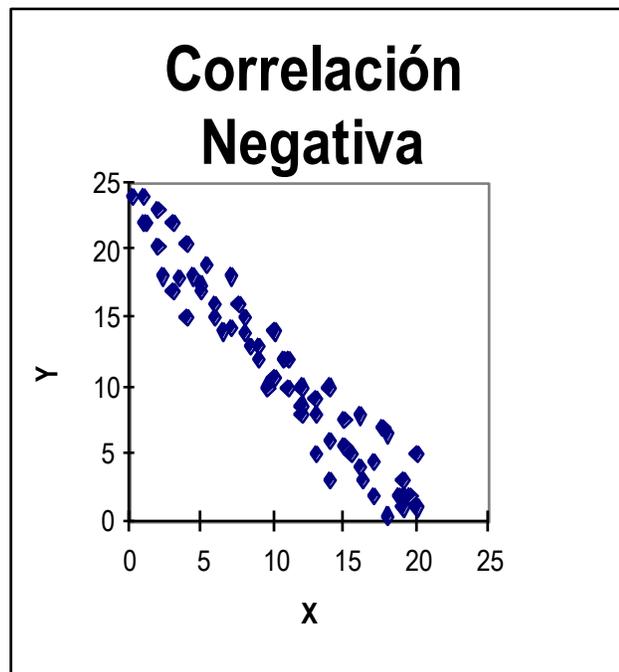
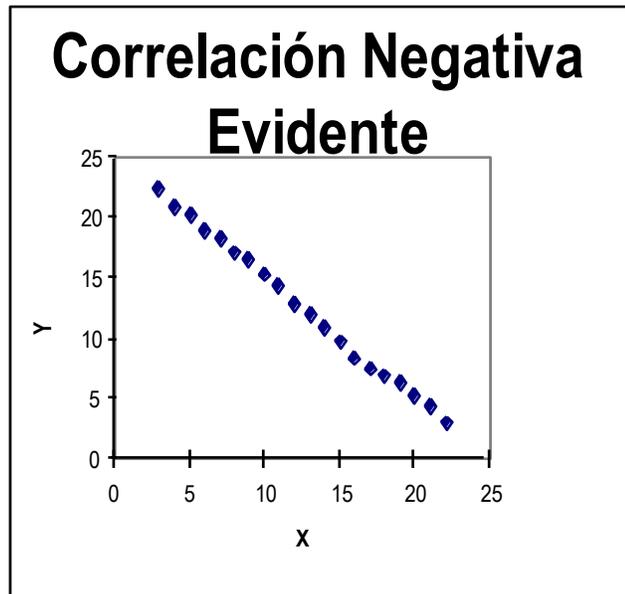
Por otro lado, se puede observar que los puntos en un diagrama de dispersión pueden estar muy cerca de la línea recta que los atraviesa o muy dispersos o alejados con respecto a la misma. El índice que se utiliza para medir ese grado de cercanía de los puntos con respecto a la línea recta es la correlación. En total existen cinco grados de correlación: positiva evidente, positiva, negativa evidente, negativa y nula.

¹¹ COBO, Esteban; MUÑOZ, Pedro; GONZÁLEZ, Juan A. *Bioestadística para no estadísticos*. p. 56.

Figura 9. Tipos de correlación



Continuación de la figura 9.



Fuente: elaboración propia.

Si todos los puntos estuvieran completamente sobre la recta, la ecuación lineal sería:

$$y = a + bx$$

Como la correlación no siempre es perfecta, se calculan a y b de tal forma que se minimice la distancia total entre puntos y la recta. Los cálculos son:

$$a = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

El índice de correlación (r) se puede calcular estadísticamente mediante las ecuaciones que a continuación se presentan:

$$r = \frac{SC_{xy}}{\sqrt{SC_x \times SC_y}}$$

$$SC_{xy} = \sum xy - \frac{\sum x \times \sum y}{n}$$

$$SC_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$SC_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

Donde:

- r = coeficiente de correlación lineal
- SC_{xy} = suma de cuadrados de xy
- SC_x = suma de cuadrados de x
- SC_y = suma de cuadrados de y
- $\sum x^2$ = sumatoria de los valores de la variable x al cuadrado
- $\sum y^2$ = sumatoria de los valores de la variable y al cuadrado
- $\sum xy$ = sumatoria del producto de xy
- $(\sum x)^2$ = cuadrado de la sumatoria de la variable x
- $(\sum y)^2$ = cuadrado de la sumatoria de la variable y
- n = número de pares ordenados (pares de datos x, y)

El factor de correlación es un número entre -1 (correlación negativa evidente) y $+1$ (correlación positiva evidente), y $r = 0$ indicaría correlación nula.

La correlación se utiliza para cuantificar el grado en que una variable provoca el comportamiento de otra. Por ejemplo, si se encuentra que la variable temperatura tiene una correlación positiva con el porcentaje de artículos defectuosos, se deben buscar soluciones al problema de los artículos defectuosos mediante acciones asociadas con la variable temperatura; de lo contrario, sería necesario buscar la solución por otro lado.

Para ejemplificar el concepto de correlación entre dos variables se detalla el tiempo en segundos y la relación con el número de latas entregadas en la llenadora. Para definir el grado de correlación entre dos variables se procede a calcular el índice de correlación ' r ', cabe resaltar que la correlación es mayor

cuando este índice se encuentra cerca de 1. A continuación, se procede con los cálculos:

Tabla XIII. **El tiempo (en segundos) requerido para cargar y servir una máquina se relaciona con el número de latas entregadas del producto**

Observación	No. Latas, x	tiempo, y	x ²	y ²	xy
1	2.00	9.95	4.00	99.00	19.90
2	8.00	24.45	64.00	597.80	195.60
3	11.00	31.75	121.00	1,008.06	349.25
4	10.00	35.00	100.00	1,225.00	350.00
5	8.00	25.02	64.00	626.00	200.16
6	4.00	16.86	16.00	284.26	67.44
7	2.00	14.38	4.00	206.78	28.76
8	2.00	9.60	4.00	92.16	19.20
9	9.00	24.35	81.00	592.92	219.15
10	8.00	27.50	64.00	756.25	220.00
11	4.00	17.08	16.00	291.73	68.32
12	11.00	37.00	121.00	1,369.00	407.00
13	12.00	41.95	144.00	1,759.80	503.40
14	2.00	11.66	4.00	135.96	23.32
15	4.00	21.65	16.00	468.72	86.60
16	4.00	17.89	16.00	320.05	71.56
17	20.00	69.00	400.00	4,761.00	1,380.00
18	1.00	10.30	1.00	106.09	10.30
19	10.00	34.93	100.00	1,220.10	349.30
20	15.00	46.59	225.00	2,170.63	698.85
21	15.00	44.88	225.00	2,014.21	673.20
22	16.00	54.12	256.00	2,928.97	865.92
23	17.00	56.63	289.00	3,206.96	962.71
24	6.00	22.13	36.00	489.74	132.78
25	5.00	21.15	25.00	447.32	105.75
TOTALES	206.00	725.82	2,396.00	27,178.53	8,008.47

Fuente: COBO, Esteban; MUÑOZ, Pedro; GONZÁLEZ, Juan A. *Bioestadística para no estadísticos*. p. 56.

Utilizando las ecuaciones para obtener el coeficiente de correlación se tiene:

$$SC_{xy} = 2027,71$$

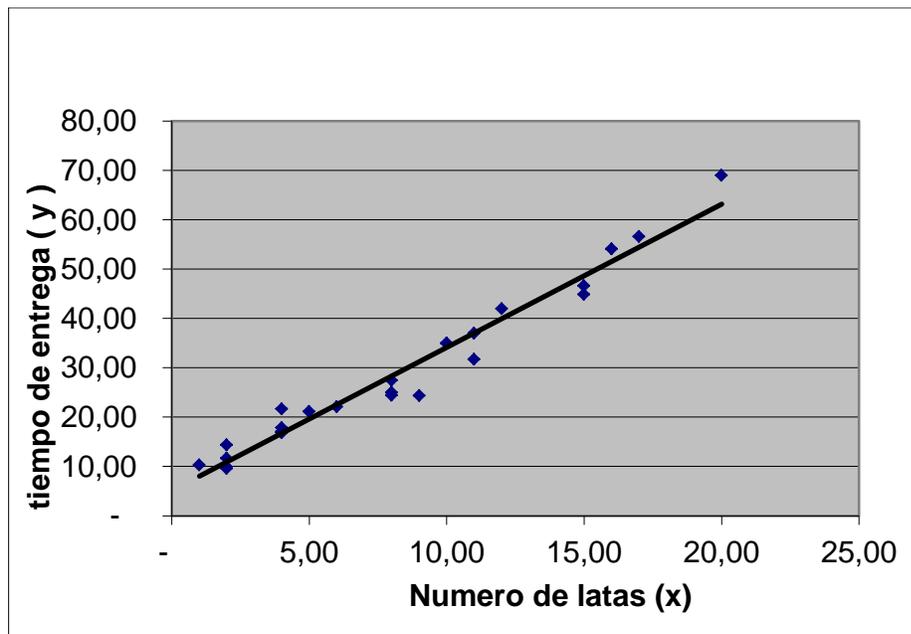
$$SC_x = 698,56$$

$$SCy = 6105,94$$

$$r = 0,98$$

El coeficiente de correlación $r = 0,98$ por lo cual se tiene suficiente evidencia estadística para afirmar que el tiempo de entrega está relacionado con el número de latas.

Figura 10. **Diagrama de dispersión**



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica se observa que al aumentar el número de latas el tiempo de entrega aumenta.

3. PROPUESTA DE DISEÑO

3.1. Muestreo

En las actividades de control de calidad es frecuente inspeccionar lotes de materia prima, partes o productos terminados para asegurar que se cumplan ciertos niveles de calidad con un buen grado de seguridad.

“En el muestreo se trata de estimar la calidad de un lote de producto a partir de una muestra, lo que servirá para decidir la aceptación o el rechazo de dicho lote”¹².

Para la propuesta de diseño se realizó un estudio en base a los puntos de control establecidos en la línea de envasado; el jefe aseguramiento de calidad proporcionó el espacio físico para realizar dicho muestreo.

3.1.1. Determinación del plan de muestreo

El método más completo para una inspección consiste en revisar la calidad de todos los productos o servicios en cada una de las etapas. Este procedimiento, llamado inspección completa, se usa cuando los costos de pasar los defectos a la siguiente estación de trabajo o al cliente son mayores que los costos de inspección.

¹² BARRETO, Marcelo A.; RAMÍREZ, Jorge S. *Inspección y muestreo de las materias primas y los materiales de envase y empaque*. p. 97.

El plan de muestreo debe proporcionar el mismo grado de protección que se obtiene con una inspección completa. El plan de muestreo especifica:

- El tamaño de la muestra: cantidad determinada de observaciones de los productos del proceso seleccionadas al azar.
- Intervalo de tiempo: tiempo transcurrido entre dos muestras sucesivas.
- Regla de decisión: determina cuando es necesario entrar en acción y modificar el proceso.
- El muestreo es apropiado cuando los costos de inspección son altos porque para realizarla se requieren conocimientos, habilidades o procedimientos especiales, o bien, equipo costoso.

El tamaño de muestra 'n' será pequeño y constante; 5 es el tamaño más usual. La frecuencia de muestreo será tal que recoja los cambios en el proceso entre las muestras debidos a causas internas y, al mismo tiempo, permita detectar la aparición de causas externas.

Las muestras deben recogerse con la frecuencia y en los tiempos oportunos para que puedan reflejar dichas oportunidades de cambio, por ejemplo: frecuencias de horarios, diarias, por turno, por lote de material, entre otros.

El número de muestras 'n' debe satisfacer el criterio: se recogerán muestras suficientes para cerciorarse de que las causas internas de variación tienen oportunidad para manifestarse y proporcionar una prueba satisfactoria de la estabilidad del proceso. Por ejemplo, a partir de un mínimo de 100

mediciones individuales, se obtiene esta garantía (25 muestras con $n = 4$ o 20 muestras con $n = 5$).

3.1.2. Obtención de los datos

La obtención de datos se realiza por medio de las hojas de control del departamento de aseguramiento de calidad; dicha información es tomada y registrada por los auxiliares de calidad de la línea de bebidas no carbonatadas.

En las hojas de control se indica la identificación de la muestra:

- Tamaño
- Frecuencia
- Fecha
- Turno
- Hora

3.2. Gráficos de control de medias y rango

Los gráficos de control sirven para analizar el comportamiento de los diferentes procesos y prever posibles fallos de producción mediante método estadísticos. Se utilizan en la mayoría de los procesos industriales.

3.2.1. Especificaciones de producto

Las variables a analizar son las siguientes:

- Llenado a una temperatura de 88° C, de esta manera se asegura la eliminación de actividad microbiana por medio del manejo adecuado de temperaturas y tiempos.
- Control de presión interna de envase en caliente debe ser mayor o igual a 35 psi, de esta manera se produce condensación la cual genera vacío en el envase.
- Control de presión interna envase en frío la presión debe ser mayor o igual a 18 psi para asegurar estabilidad de la lata.
- Filtración en latas para garantizar que no exista filtración posterior de producto.

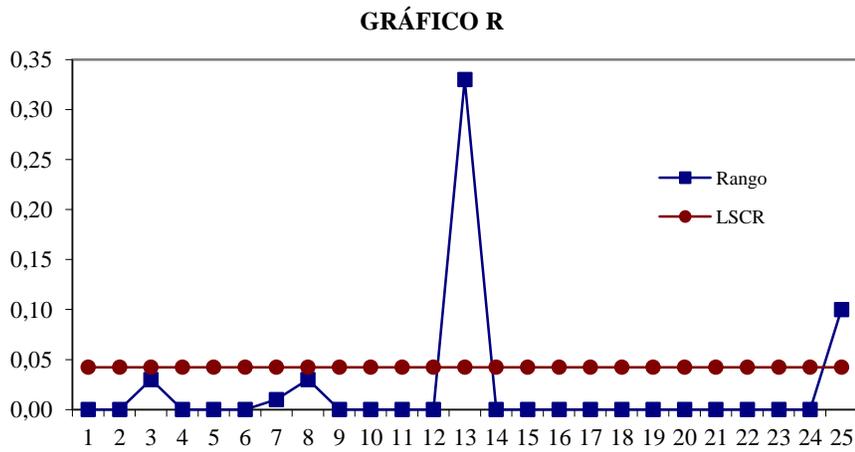
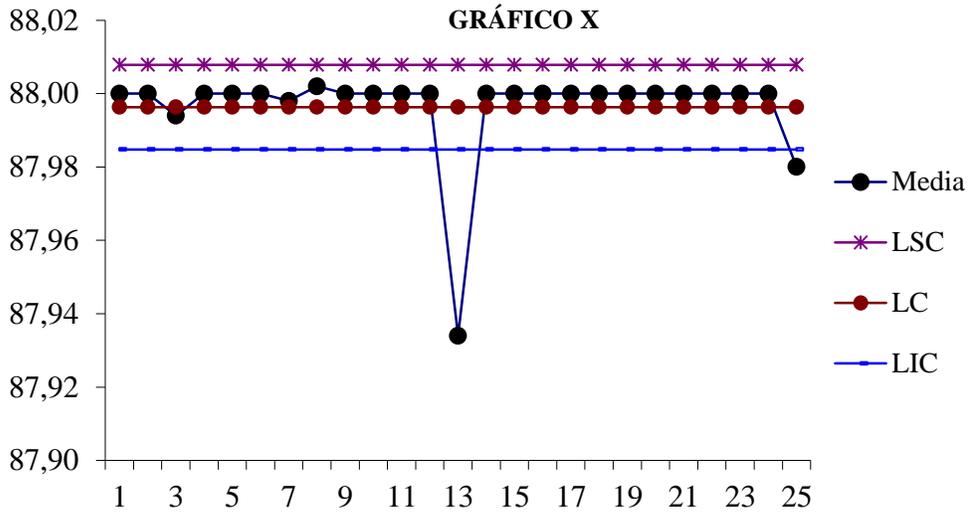
3.2.2. Cálculo de límites de control

Se hace una memoria de cálculos para determinar la situación del proceso de envasado en la línea de producción de bebidas no carbonatadas.

Tabla XIV. **Llenado a una temperatura de 88 °C**

Muestra	Observaciones				
	1	2	3	4	5
1	88,00	90,00	88,00	88,00	88,00
2	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
3	88,00	87,97	88,00	88,00	88,00
4	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
5	90,00	88,00	88,00	88,00	88,00
6	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
7	88,00	88,00	87,99	88,00	88,00
8	88,00	88,00	87,99	88,02	88,00
9	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
10	88,00	88,00	88,00	88,00	88,00
11	88,00	90,00	88,00	90,00	88,00

Figura 11. Llenado a una temperatura de 88 °C



Fuente: elaboración propia.

Existe una variación en la temperatura de llenado debido a que la máquina no está bien calibrada.

Tabla XV. **Control de presión interna de envase en caliente 35 psi**

Muestra	Observaciones				
	1	2	3	4	5
1	35,00	36,00	35,00	35,00	35,00
2	34,90	35,00	35,00	35,00	35,00
3	34,98	35,00	35,00	35,00	35,00
4	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
5	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
6	35,00	35,00	35,00	34,90	35,00
7	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
8	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
9	35,00	36,00	35,00	35,00	35,00
10	35,00	35,00	35,00	35,00	35,70
11	35,00	35,00	35,00	36,00	35,00
12	35,00	35,00	34,90	35,00	35,00
13	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
14	35,00	35,00	36,00	35,00	35,00
15	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
16	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
17	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
18	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
19	35,00	35,00	36,00	35,00	35,00
20	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
21	34,90	34,90	35,00	35,00	35,00
22	35,00	35,00	35,00	35,00	36,00
23	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
24	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
25	35,00	35,00	35,00	34,90	34,90

Media	Máximo	Mínimo	Rango
35,20	36,00	35,00	1,00
34,98	35,00	34,90	0,10
35,00	35,00	34,98	0,02
35,00	35,00	35,00	0,00
35,00	35,00	35,00	0,00
34,98	35,00	34,90	0,10
35,00	35,00	35,00	0,00
35,00	35,00	35,00	0,00
35,20	36,00	35,00	1,00
35,14	35,70	35,00	0,70
35,20	36,00	35,00	1,00
34,98	35,00	34,90	0,10
35,00	35,00	35,00	0,00
35,20	36,00	35,00	1,00
35,00	35,00	35,00	0,00
35,00	35,00	35,00	0,00

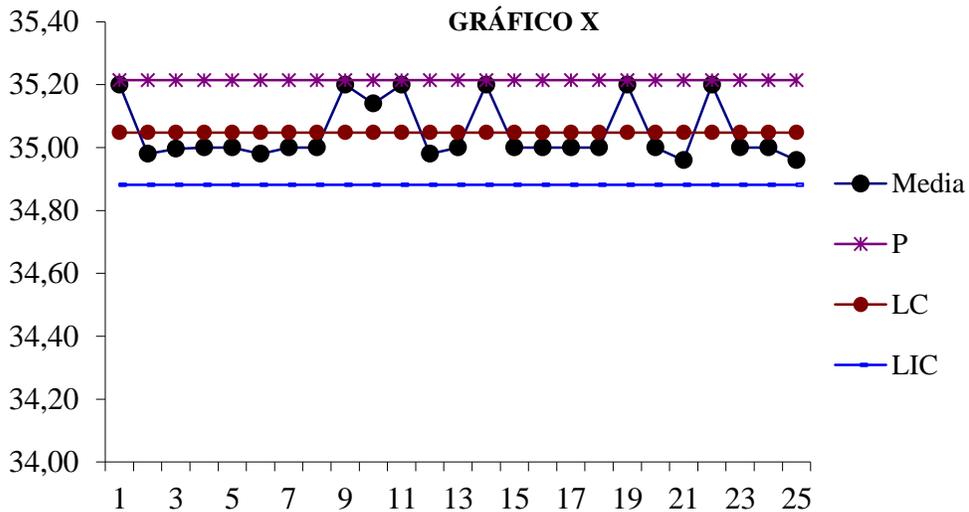
Continuación de la tabla XV.

35,00	35,00	35,00	0,00
35,00	35,00	35,00	0,00
35,20	36,00	35,00	1,00
35,00	35,00	35,00	0,00
34,96	35,00	34,90	0,10
35,20	36,00	35,00	1,00
35,00	35,00	35,00	0,00
35,00	35,00	35,00	0,00
34,96	35,00	34,90	0,10

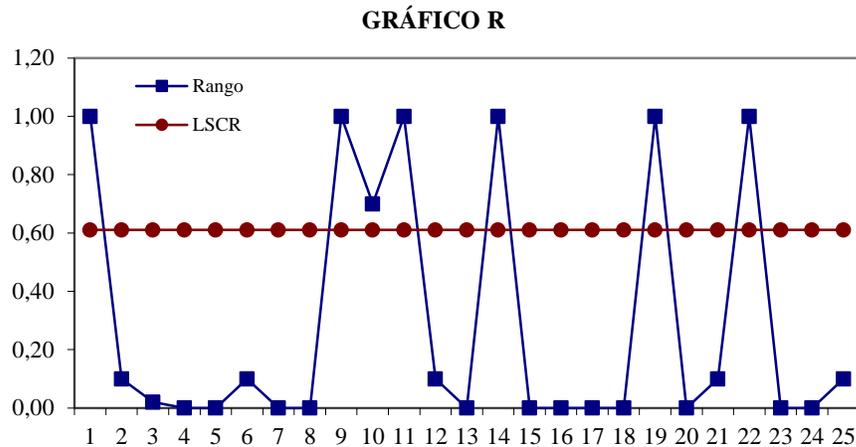
LSC Medias	LIC Medias	LSC Rango	LIC Rango
35,048	34,881	0,6105	0,000000

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Control de presión interna de envase en caliente 35 psi



Continuación de la figura 12.



Fuente: elaboración propia.

Existe variación en el proceso dado que la presión debe ser 35 psi, el manómetro indica presiones debajo del rango establecido, esta variación es efecto del cambio de temperatura en el proceso de llenado.

Tabla XVI. **Control de presión interna, envase en frío, 18 psi**

Muestra	Observaciones				
	1	2	3	4	5
1	18,00	17,98	18,00	18,00	18,00
2	18,00	17,98	18,00	18,00	18,00
3	18,00	17,98	18,00	18,00	18,00
4	18,00	17,98	18,00	18,78	18,00
5	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
6	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
7	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
8	18,00	18,00	17,96	18,00	18,01
9	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
10	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
11	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
12	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
13	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
14	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
15	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00

Continuación de la tabla XVI.

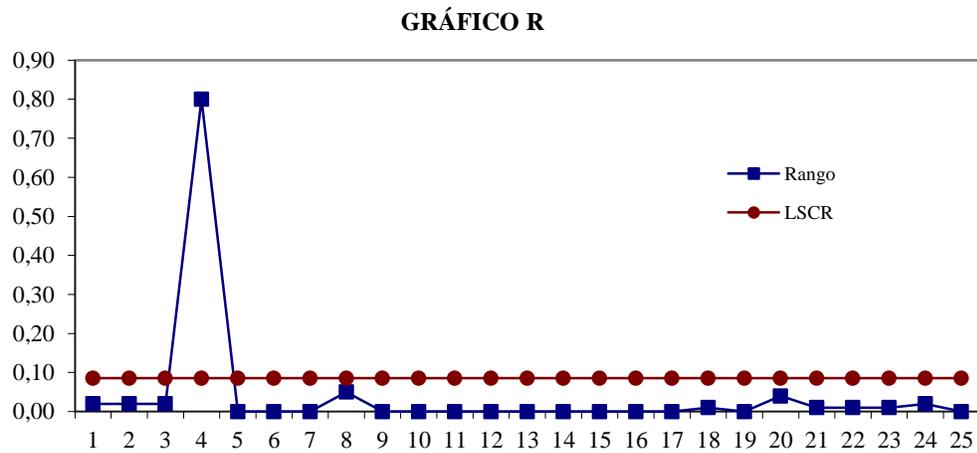
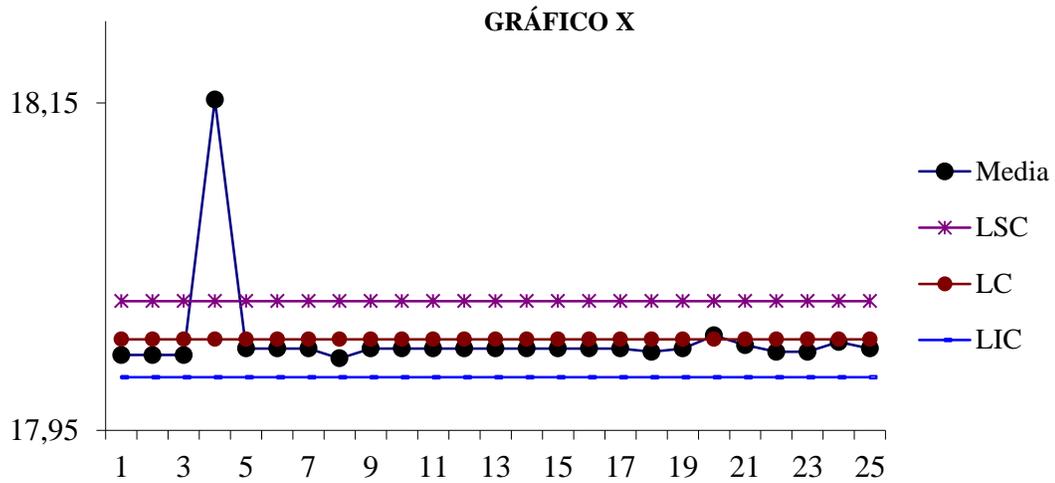
16	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
17	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
18	18,00	17,99	18,00	18,00	18,00
19	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
20	18,04	18,00	18,00	18,00	18,00
21	18,00	18,00	18,00	18,00	18,01
22	18,00	18,00	18,00	18,00	17,99
23	18,00	18,00	17,99	18,00	18,00
24	18,02	18,00	18,00	18,00	18,00
25	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00

Media	Máximo	Mínimo	Rango
18,00	18,00	17,98	0,02
18,00	18,00	17,98	0,02
18,00	18,00	17,98	0,02
18,15	18,78	17,98	0,80
18,00	18,00	18,00	0,00
18,00	18,00	18,00	0,00
18,00	18,00	18,00	0,00
17,99	18,01	17,96	0,05
18,00	18,00	18,00	0,00
18,00	18,00	18,00	0,00
18,00	18,00	18,00	0,00
18,00	18,00	18,00	0,00
18,00	18,00	18,00	0,00
18,00	18,00	18,00	0,00
18,00	18,00	18,00	0,00
18,00	18,00	18,00	0,00
18,00	18,00	18,00	0,00
18,00	18,00	17,99	0,01
18,00	18,00	18,00	0,00
18,01	18,04	18,00	0,04
18,00	18,01	18,00	0,01
18,00	18,00	17,99	0,01
18,00	18,00	17,99	0,01
18,00	18,02	18,00	0,02
18,00	18,00	18,00	0,00

LSC	LC	LIC	LSC Rango	LIC Rango
18,029	18,006	17,982	0,085	0,000

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Control de presión interna envase en frío 18 psi



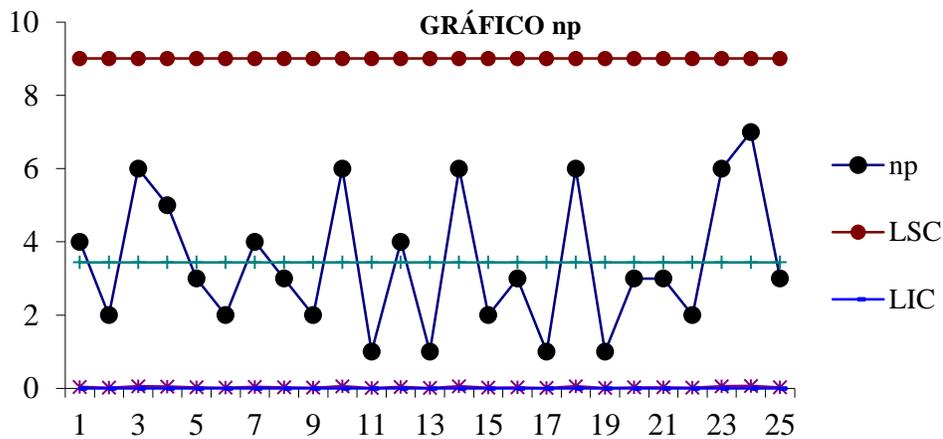
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Filtración en latas

Muestra	n	np	p	LSC	LC	LIC
1	100	4	0,04	9,004	3,440	0,000
2	100	2	0,02	9,004	3,440	0,000
3	100	6	0,06	9,004	3,440	0,000
4	100	5	0,05	9,004	3,440	0,000
5	100	3	0,03	9,004	3,440	0,000
6	100	2	0,02	9,004	3,440	0,000
7	100	4	0,04	9,004	3,440	0,000
8	100	3	0,03	9,004	3,440	0,000
9	100	2	0,02	9,004	3,440	0,000
10	100	6	0,06	9,004	3,440	0,000
11	100	1	0,01	9,004	3,440	0,000
12	100	4	0,04	9,004	3,440	0,000
13	100	1	0,01	9,004	3,440	0,000
14	100	6	0,06	9,004	3,440	0,000
15	100	2	0,02	9,004	3,440	0,000
16	100	3	0,03	9,004	3,440	0,000
17	100	1	0,01	9,004	3,440	0,000
18	100	6	0,06	9,004	3,440	0,000
19	100	1	0,01	9,004	3,440	0,000
20	100	3	0,03	9,004	3,440	0,000
21	100	3	0,03	9,004	3,440	0,000
22	100	2	0,02	9,004	3,440	0,000
23	100	6	0,06	9,004	3,440	0,000
24	100	7	0,07	9,004	3,440	0,000
25	100	3	0,03	9,004	3,440	0,000

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Filtración en latas



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la gráfica, existe demasiada variación en el proceso de envasado debido a la calibración de equipos y falta de control en el proceso en la línea.

3.3. Capacitación

“Es el proceso educativo de corto plazo, aplicado de manera sistemática y organizada, por medio del cual las personas adquieren conocimientos, desarrollan habilidades y competencias en función de objetivos definidos”¹³.

Es importante recalcar el objetivo principal del control estadístico de procesos como un programa preventivo a lo largo de la organización, esto permite que los colaboradores aporten al éxito de los resultados obtenidos.

3.3.1. Plan de capacitación

En el departamento de aseguramiento de calidad se cuenta con trabajadores con tiempo de servicio en la empresa, los cuales han permanecido de uno a varios puestos de trabajo, así como el personal nuevo que se incorpora cada año el cual es seleccionado por el departamento de recursos humanos previo a una evaluación, selección y capacitación del puesto de trabajo.

El plan de capacitación no solo se define como una acción para ampliar los conocimientos, lo que se busca es tener un plan de competencias laborales para tener sucesión en los puestos y tener una rotación de personal que permita mejorar el desempeño y la satisfacción personal de cada colaborador.

¹³ CHIAVENATO, Ignacio. *Gestión del talento humano*. p. 136.

Tabla XVIII. **Competencias laborales para operarios de la línea de envasado**

Compromiso con la rentabilidad y el crecimiento sostenido: capacidad para sentir como propios los objetivos de rentabilidad y crecimiento sostenido de la empresa.	Tiene claro cuáles son sus tareas y las expectativas con respecto a su puesto de trabajo y en función de dicho conocimiento mantienen un comportamiento orientado a la eficiencia.
Mejora continua: capacidad para introducir por primera vez una forma distinta de realizar las cosas, en relación con su quehacer cotidiano y/o su puesto de trabajo.	Busca oportunidades adecuadas para optar nuevas ideas. Aplica experiencias o soluciones ya probadas con anterioridad en situaciones nuevas y diferentes.
Orientación a la acción y a la ejecución: se relaciona con la capacidad de actuar con velocidad y sentido de urgencia cuando son necesarias las decisiones.	Reacciona con el sentido de urgencia oportuno ante situaciones o eventos que requieren de una respuesta rápida y efectiva. Chequea regularmente los informes de gestión para evaluar el grado de consecución de los objetivos a alcanzar.
Colaboración: capacidad para obrar brindando apoyo a los otros, demostrando sensibilidad ante sus necesidades y requerimientos.	Coopera activamente con los integrantes de la propia área en el cumplimiento de los objetivos comunes. Demuestra disposición para apoyar a otros.
Gestión de sistemas y procesos: es la capacidad de administrar efectivamente los sistemas y procesos para medir, monitorear y gestionar el propio desempeño y el de su equipo.	Conoce y utiliza efectivamente los procesos y políticas de la organización. Se conduce estrictamente dentro de los procedimientos y políticas de la organización.

Fuente: elaboración propia.

Con el objetivo de identificar las necesidades de entrenamiento, educación, desarrollo de habilidad y conocimientos, el departamento de desarrollo organizacional realiza una medición de estos aspectos en la trayectoria laboral; compara el perfil de puesto vigente versus la competencia real del colaborador; adicionalmente, aplica una detección de necesidades de capacitación al personal que ingresa de la empresa. La formación que se le otorga al colaborador se divide en 3 vertientes:

- Formación para cubrir las necesidades del puesto (básica)
- Formación para cubrir las necesidades de la empresa
- Desarrollo del colaborador

3.4. Propuesta de control y verificación

La propuesta de control y verificación del envasado se basa en supervisar el desempeño del proceso a través de la revisión constante y periódica de los gráficos de control de cada una de las especificaciones y puntos críticos establecidos.

Cuando uno o varios puntos caen fuera de los límites de control es importante encontrar la causa raíz, erradicarla con un plan de acción y recalcular los límites de control sin considerar los puntos que se encuentran fuera; de esta manera, se asegura que estos puntos no causen desviaciones en la base de cálculo de los límites de control.

3.4.1. Definición de responsabilidades del personal encargado

El responsable de las operaciones de producción recae en el gerente de producción quien tiene a su cargo a los jefes de línea, supervisores de control de calidad, operarios de línea y auxiliares de calidad.

3.4.2. Validación de información

La validación de la información obtenida a través de las hojas de control será realizada por el gerente de producción, quien será el encargado de

analizar las causas asignables para establecer las medidas correctivas del plan de acción.

3.5. Toma de decisiones

La toma de decisiones para realizar las mejoras en el proceso de envasado de la empresa las efectúa a través de reuniones entre el departamento de producción y la gerencia general para determinar las acciones a tomar en cada evento en donde el proceso se encuentre fuera de control estadístico.

4. DESARROLLO DEL CONTROL ESTADÍSTICO

4.1. Muestreo

El muestro para el desarrollo del control estadístico se realizó en el área de envasado de bebidas no carbonatadas del departamento de producción para lo cual se analizó una nueva muestra para comparar los datos obtenidos en el estudio previo en el capítulo 3.

4.1.1. Tamaño de la muestra

Para el control de la temperatura y presión de las latas se efectuaron 25 muestras, cada muestra tiene 5 observaciones para la toma de datos y la realización de la memoria de cálculos.

4.1.2. Frecuencia de muestreo

El muestreo será efectuado una vez en cada uno de los tres turnos efectivos en los que opera la línea de producción de bebidas no carbonatadas: diurno, mixto y nocturno; es decir, que se obtendrán tres baterías de datos al día para realizar los gráficos de control.

4.1.3. Obtención de los datos

La obtención de datos se efectuó con base en la hoja de control de producción.

Tabla XIX. **Hoja de control de datos de envasado**

Nombre de la empresa				Logo de la empresa		
Departamento de producción			Orden de producción núm.		Operario	Supervisor
Fecha		Hora	Turno	Materiales	Insumos	
Núm. de muestra	Observación					Especificaciones del envase y envasado
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4						
N						

Fuente: elaboración propia.

4.2. Procedimiento para recalcular los límites de control

De acuerdo con los datos que se obtuvieron en los datos graficados en el capítulo 3 y la validación de los puntos que se encontraron por fuera de los límites de control, fue necesario solicitar a mantenimiento realizar los ajustes y las correcciones en la llenadora, partiendo para realizar una nueva toma de información.

El procedimiento para la nueva toma de datos se efectuó en el área de envasado a través de las hojas de registro de las mediciones que fueron efectuadas por los auxiliares de calidad en cada test realizado al producto.

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la nueva memoria de datos:

Tabla XX. Llenado a una temperatura de 88 °C

Muestra	Observaciones				
	1	2	3	4	5
1	88	88,1	88,05	88,2	88
2	88	88,05	88,05	88	88
3	88	88,2	88,1	88	88
4	88	88	88	88,2	88,05
5	88,2	88,1	88	88	88
6	88,1	88	88	88,05	88
7	88	88	88,1	88	88,2
8	88,05	88,1	88	88	88
9	88	88,2	88	88,1	88
10	88	88,05	88,2	88	88
11	88	88,1	88	88,2	88
12	88	88	88	88,05	88
13	88	88	88,2	88,1	88
14	88,05	88,1	88	88	88,2
15	88	88	88,2	88	88
16	88,2	88	88,05	88,1	88
17	88	88	88	88,2	88
18	88	88,1	88	88,05	88
19	88	88	88,17	88	88
20	88	88,1	88	88,1	88
21	88	88,2	88	88	88,05
22	88	88	88	88,2	88,05
23	88,05	88,1	88	88	88
24	88,2	88,05	88	88,05	88
25	88	88,2	88	88,1	88

Media	Máximo	Mínimo	Rango
88,07	88,2	88	0,2
88,02	88,05	88	0,05
88,06	88,2	88	0,2
88,05	88,2	88	0,2
88,06	88,2	88	0,2
88,03	88,1	88	0,1
88,06	88,2	88	0,2
88,03	88,1	88	0,1
88,06	88,2	88	0,2
88,05	88,2	88	0,2
88,06	88,2	88	0,2
88,01	88,05	88	0,05
88,06	88,2	88	0,2
88,07	88,2	88	0,2
88,04	88,2	88	0,2

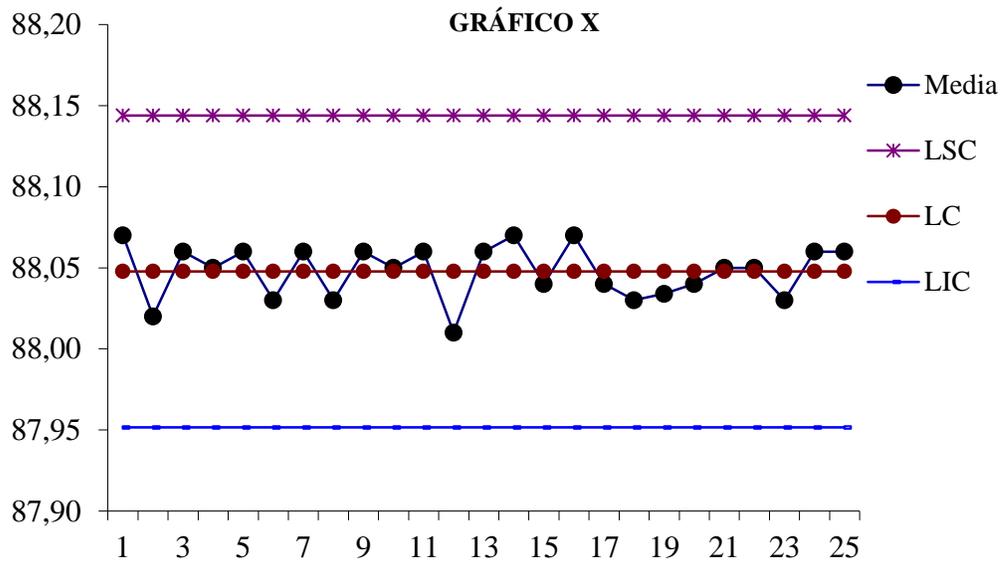
Continuación de la tabla XX.

88,07	88,2	88	0,2
88,04	88,2	88	0,2
88,03	88,1	88	0,1
88,034	88,17	88	0,17
88,04	88,1	88	0,1
88,05	88,2	88	0,2
88,05	88,2	88	0,2
88,03	88,1	88	0,1
88,06	88,2	88	0,2
88,06	88,2	88	0,2

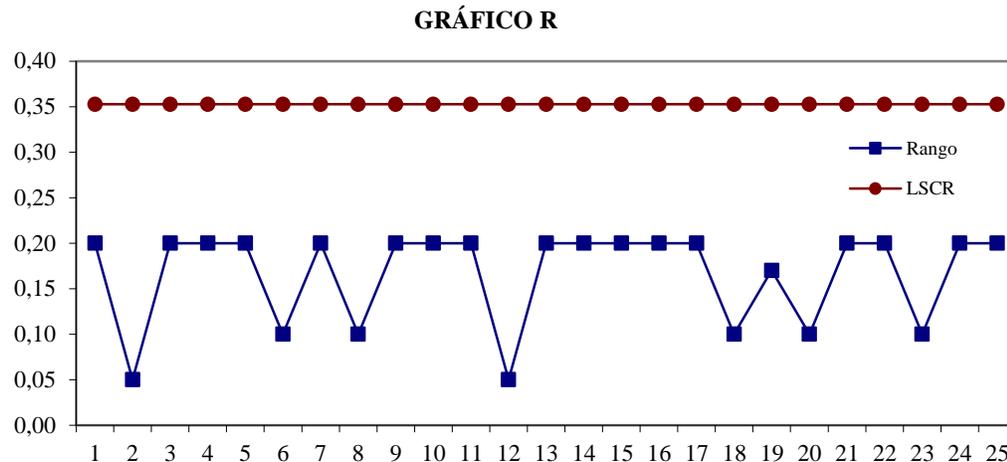
LSC	LC	LIC	LSCR	LICR
88,048	88,048	87,952	0,353	0,000

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Llenado a una temperatura de 88 °C



Continuación de la figura 15.



Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia, los puntos del gráfico X barra para el llenado a una temperatura de 88 °C se encuentran por dentro, es decir, que la variable se encuentra bajo control estadístico.

Tabla XXI. **Control de presión interna de envase en caliente, 35 psi**

Muestra	1	2	3	4	5
1	35,70	35,30	34,90	34,90	35,00
2	35,00	35,00	35,30	34,90	35,00
3	35,00	35,30	35,00	34,90	35,00
4	35,70	35,00	35,30	35,00	35,00
5	35,00	35,00	34,90	35,00	35,30
6	35,70	35,30	35,00	35,00	35,00
7	35,00	35,00	34,90	35,00	35,00
8	34,90	35,30	35,00	35,30	35,00
9	35,00	35,00	35,30	35,00	35,00
10	35,00	35,30	35,70	34,90	35,00
11	35,00	34,90	36,00	35,00	35,70
12	35,00	35,30	34,90	35,30	35,00
13	35,70	35,00	35,00	34,90	35,00
14	35,00	35,30	34,90	35,30	35,00

Continuación de la tabla XXI.

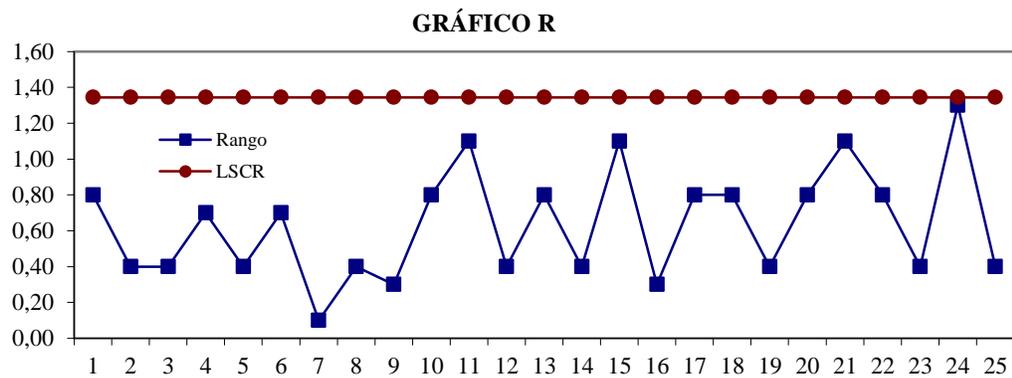
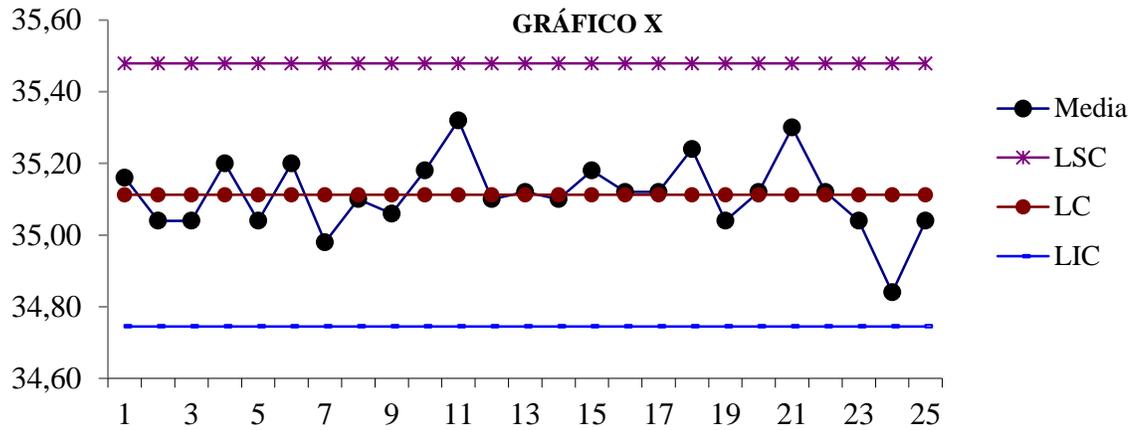
15	35,00	35,00	36,00	35,00	34,90
16	35,00	35,30	35,00	35,30	35,00
17	35,00	34,90	35,00	35,00	35,70
18	35,70	35,30	34,90	35,30	35,00
19	35,00	34,90	35,30	35,00	35,00
20	35,00	35,00	34,90	35,00	35,70
21	34,90	35,30	36,00	35,30	35,00
22	35,70	35,00	34,90	35,00	35,00
23	35,00	35,30	35,00	34,90	35,00
24	35,00	34,90	34,00	35,30	35,00
25	35,00	34,90	35,30	35,00	35,00

Media	Máximo	Mínimo	Rango
35,16	35,70	34,90	0,80
35,04	35,30	34,90	0,40
35,04	35,30	34,90	0,40
35,20	35,70	35,00	0,70
35,04	35,30	34,90	0,40
35,20	35,70	35,00	0,70
34,98	35,00	34,90	0,10
35,10	35,30	34,90	0,40
35,06	35,30	35,00	0,30
35,18	35,70	34,90	0,80
35,32	36,00	34,90	1,10
35,10	35,30	34,90	0,40
35,12	35,70	34,90	0,80
35,10	35,30	34,90	0,40
35,18	36,00	34,90	1,10
35,12	35,30	35,00	0,30
35,12	35,70	34,90	0,80
35,24	35,70	34,90	0,80
35,04	35,30	34,90	0,40
35,12	35,70	34,90	0,80
35,30	36,00	34,90	1,10
35,12	35,70	34,90	0,80
35,04	35,30	34,90	0,40
34,84	35,30	34,00	1,30
35,04	35,30	34,90	0,40

LSC	LC	LIC	LSCR	LICR
35,48	35,11	34,75	1,35	0,000

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Control de presión interna de envase en caliente, 35 psi



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Control de presión interna envase en frío, 18 psi

Muestra	Observaciones				
	1	2	3	4	5
1	18,00	18,20	18,50	18,80	18,00
2	18,00	18,50	18,00	18,90	18,00
3	18,00	18,00	18,50	18,00	18,00
4	18,00	18,90	18,50	18,00	18,00
5	18,00	18,50	18,00	18,00	18,00
6	18,00	18,90	19,00	18,00	18,00

Continuación de la tabla XXII.

7	19,00	18,50	18,00	18,00	18,50
8	18,90	18,00	18,50	18,00	18,00
9	18,00	18,50	18,00	18,00	18,00
10	18,50	18,00	18,50	18,00	18,00
11	18,00	18,90	18,50	18,00	18,00
12	18,00	18,50	19,00	18,00	18,00
13	18,00	18,90	18,00	18,50	18,00
14	18,00	18,00	18,90	18,00	18,00
15	18,00	18,50	18,00	18,00	18,00
16	18,00	18,90	18,10	18,00	18,00
17	18,00	18,00	18,00	18,50	18,00
18	18,00	18,50	18,00	18,00	18,00
19	18,00	18,00	18,70	18,00	18,00
20	18,00	18,00	18,20	18,00	18,00
21	18,00	18,00	18,50	18,00	18,00
22	18,00	18,50	18,00	18,00	18,00
23	18,00	18,00	18,00	18,00	18,80
24	18,00	18,00	18,50	18,70	19,00
25	18,00	18,00	18,00	18,50	18,00

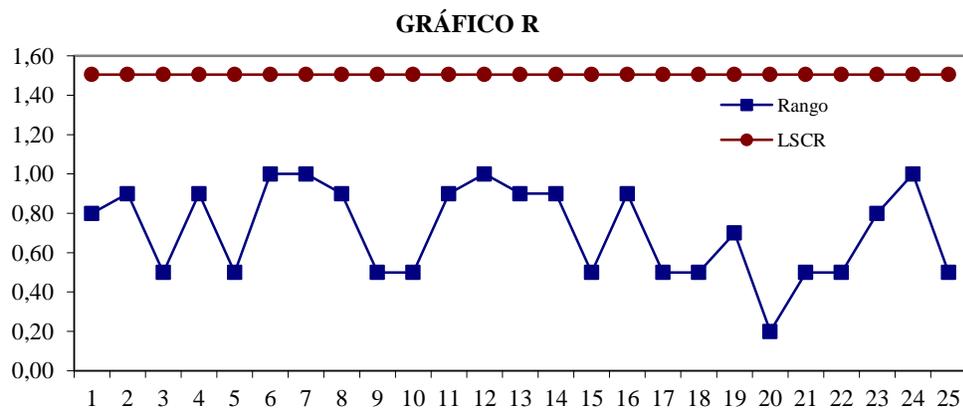
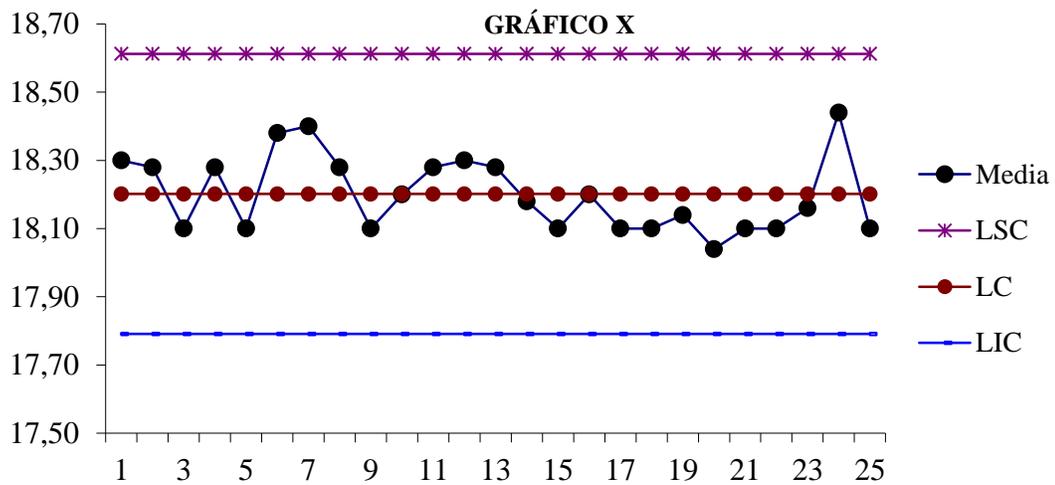
Media	Máximo	Mínimo	Rango
18,30	18,80	18,00	0,80
18,28	18,90	18,00	0,90
18,10	18,50	18,00	0,50
18,28	18,90	18,00	0,90
18,10	18,50	18,00	0,50
18,38	19,00	18,00	1,00
18,40	19,00	18,00	1,00
18,28	18,90	18,00	0,90
18,10	18,50	18,00	0,50
18,20	18,50	18,00	0,50
18,28	18,90	18,00	0,90
18,30	19,00	18,00	1,00
18,28	18,90	18,00	0,90
18,18	18,90	18,00	0,90
18,10	18,50	18,00	0,50
18,20	18,90	18,00	0,90
18,10	18,50	18,00	0,50
18,10	18,50	18,00	0,50
18,14	18,70	18,00	0,70
18,04	18,20	18,00	0,20
18,10	18,50	18,00	0,50
18,10	18,50	18,00	0,50
18,16	18,80	18,00	0,80
18,44	19,00	18,00	1,00
18,10	18,50	18,00	0,50

Continuación de la tabla XII.

LSC	LC	LIC	LSCR	LICR
18,612	18,202	17,791	1,505	0,000

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Control de presión interna envase en frío, 18 psi



Fuente: elaboración propia.

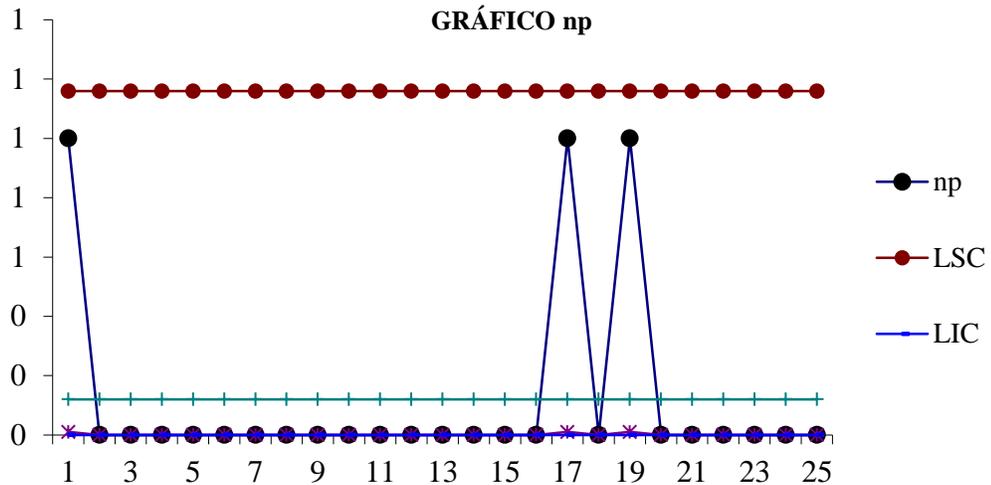
El proceso está bajo control estadístico.

Tabla XXIII. **Nuevos datos para filtración en latas**

Muestra	n	np	p	LSC	LC	LIC
1	100	1	0,01	1,159	0,120	0,000
2	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
3	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
4	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
5	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
6	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
7	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
8	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
9	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
10	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
11	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
12	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
13	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
14	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
15	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
16	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
17	100	1	0,01	1,159	0,120	0,000
18	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
19	100	1	0,01	1,159	0,120	0,000
20	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
21	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
22	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
23	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
24	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000
25	100	0	0,00	1,159	0,120	0,000

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Nuevos datos para filtración en latas



Fuente: elaboración propia.

4.3. Programa de capacitación

Se desarrolla un programa de capacitación para el personal de la línea de bebidas no carbonatadas, el objetivo principal es brindar las herramientas y los conocimientos necesarios acerca del programa de control estadístico de procesos.

Las principales ventajas de la capacitación consisten en medios que permiten aumentar la eficacia tanto para la empresa como para sus trabajadores y proporciona resultados como:

- Aumento de la eficacia organizacional
- Mejoramiento del clima organizacional
- Mejores relaciones entre empresa y empleado

- Facilidad en los cambios y en la innovación
- Aumento de la eficiencia
- Reducción de la rotación del personal
- Reducción del ausentismo
- Aumento de la eficiencia individual de los empleados
- Aumento de las habilidades de las personas
- Elevación del conocimiento de las personas

4.3.1. Identificación de la necesidad

Se identifica una necesidad de capacitación latente ya que el personal que interviene en la línea de bebidas no carbonatadas no tiene ningún conocimiento sobre el procedimiento para la aplicación de los gráficos de control.

Además, es necesario diseñar un programa de capacitación que permita a los colaboradores conocer las ventajas y la utilidad para la organización ofrecer productos que se elaboran bajo un proceso bajo control estadístico.

4.3.2. Diseño del programa de capacitación

A continuación, se presenta el programa de capacitación para los operadores de envasado y auxiliares de calidad:

Tabla XXIV. **Programa de capacitación operador de envasado**

Objetivo	Este curso está diseñado para cubrir todos los aspectos claves para la elaboración de los gráficos de control y resaltar la importancia del programa de control estadístico de procesos.
Dirigido a	Supervisores, jefe de turnos, operadores de envasado y auxiliares de calidad.
Alcance	Una completa introducción y conceptos básicos del modelo de control estadístico de procesos.
Duración	40 horas
Contenido del programa	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos de control <ul style="list-style-type: none"> ○ Elementos cartas control ○ Especificaciones: bebidas no carbonatadas ○ Puntos críticos de control ○ Gráfico de medias ○ Gráfico de rangos ○ Patrones de comportamiento ○ Muestreo ○ Frecuencia de muestreo ○ Registro de información ○ Procedimiento cuando un punto cae por fuera de los límites de control.

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Evaluación

La etapa final de un plan de capacitación es la evaluación de los resultados obtenidos mediante el proceso se puede responder varias interrogantes como: ¿qué se está obteniendo del programa de control estadístico de procesos?, ¿se utiliza productivamente el tiempo e inversión monetaria para los cursos, seminarios o talleres?

La capacitación debe evaluarse para determinar su efectividad, la cual considera dos aspectos importantes:

- Determinar hasta qué punto el programa de capacitación modifico el comportamiento de los empleados.
- Demostrar si los resultados de capacitación presentan relación con la consecución de las metas de la empresa.

Se describe el formato para la evaluación del impacto de la capacitación en la eficacia de los procesos.

Tabla XXV. **Formato de evaluación de capacitación**

Capacitación: _____		Fecha: _____	
Nombre: _____	Cargo: _____	Área: _____	
<p>Las preguntas adjuntas le permiten expresar su opinión con relación a la aplicación de los conocimientos adquiridos en esta capacitación. Lea cada punto cuidadosamente y responda con toda sinceridad ya que esto permite obtener la información adecuada para mejorar futuras capacitaciones o cursos de formación. Marque con una X la opción que crea conveniente.</p>			
Cuestionario			
1. Antes de esta capacitación, mi nivel de conocimientos o competencias para el objetivo de este curso era.			
Malo	Regular	Bueno	Excelente
2. Después de esta capacitación mi nivel de conocimientos o competencias para el objetivo de este curso es.			
Malo	Regular	Bueno	Excelente
3. Estime que porcentaje de lo aprendido en esta capacitación que podrá aplicar en su trabajo.			
25 %	50 %	75 %	100 %
Si su respuesta es menor del 50 %, explique si las razones para ello están relacionadas con factores de la capacitación o con el ambiente de trabajo.			
4. Seleccione el nivel de importancia del contenido de la capacitación en relación con su trabajo actual.			
Bajo	Medio	Medio alto	Alto
5. Que tan satisfecho se encuentra con las herramientas brindadas por la capacitación para el desarrollo de su trabajo.			
Insatisfecho	Poco satisfecho	Satisfecho	Muy satisfecho
6. Para mejorar futuras capacitaciones indique los temas a los cuales se les podría.			
Adicionar	Dar más énfasis	Dar menos énfasis	Suprimir

Fuente: elaboración propia.

4.4. Cartas de control

Las cartas de control son una herramienta estadística para establecer patrones de comportamiento de una o más variables en el proceso de envasado de bebidas no carbonatadas.

El propósito de los gráficos de control es fundamental en el diseño del sistema de control estadístico ya que dicho comportamiento dará un indicio de que existe una variabilidad no aleatoria que debe investigarse, para ello es necesario valerse de un software estadístico que permita modelar dicha toma de información.

4.4.1. Identificación de patrones

A continuación, se presenta la identificación de los patrones de comportamiento para cada variable bajo análisis del gráfico de rangos:

Tabla XXVI. **Identificación de los patrones de comportamiento**

Variable	Patrón	Justificación
Llenado a una temperatura de 88 °C	Desplazamiento en el proceso	Todos los puntos se encuentran por arriba de la media derivado del ajuste continuo realizado en el llenado de producto por los operarios.
Control de presión interna del envase en caliente debe ser mayor o igual a 35 psi	Alta variabilidad	Diferencias sistemáticas en la calidad del material ya que la lata es abastecida por dos proveedores diferentes.
Control de presión interna del envase en frío debe ser mayor o igual a 18 psi	Cambios en el nivel del proceso	Se cambia el método de inspección para la presión interna de envases
Filtración en latas	Periodicidad	Rotación regular de auxiliares de calidad que realizan el muestro.

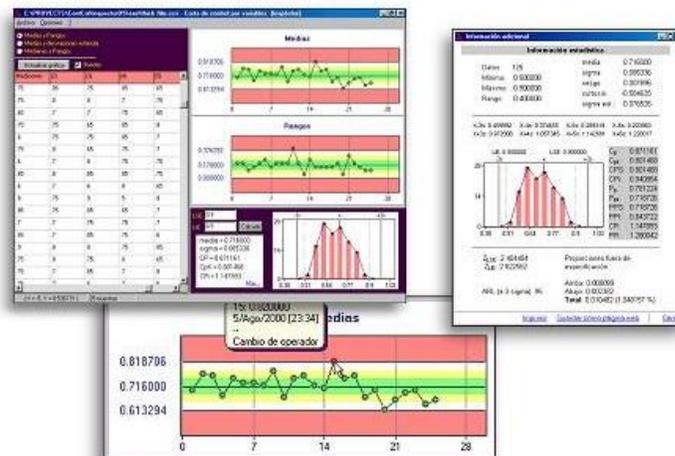
Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Utilización del software estadístico

La utilización de un software permitirá al área de producción tener una herramienta para procesar la información y realizar el control estadístico del proceso; en el mercado existen diferentes programas como los que se describen a continuación.

- InfoStat: es un software para el análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Cubre las necesidades elementales para control estadístico del proceso, probabilidades, muestreos de aceptación.

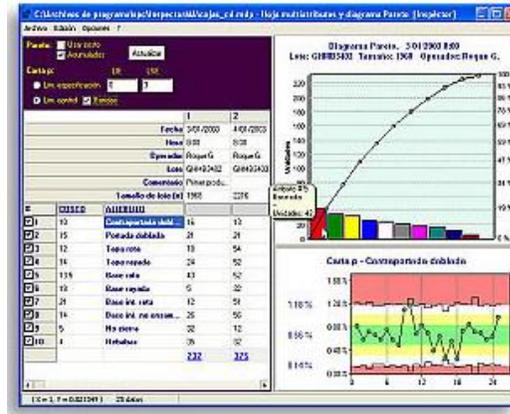
Figura 19. InfoStat



Fuente: elaboración propia.

- Statistics Problem Solver: puede resolver problemas estadísticos y generar soluciones paso a paso.

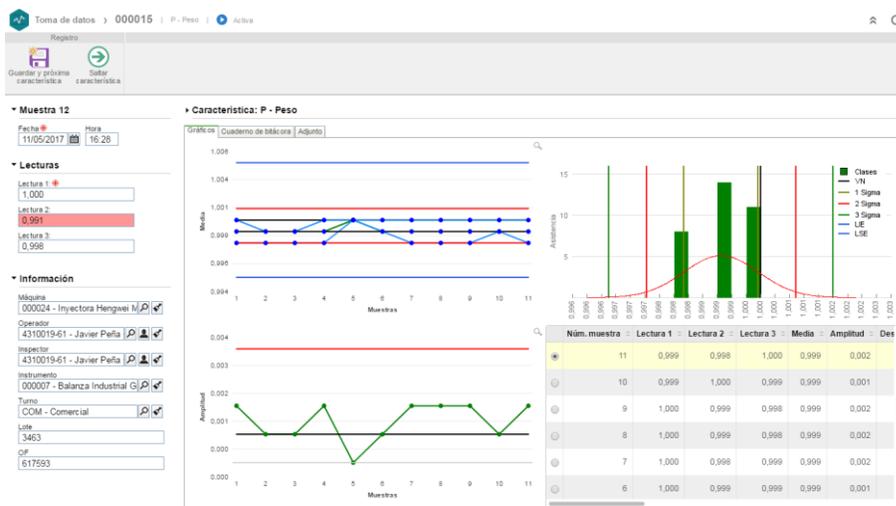
Figura 20. Statistics Problem Solver



Fuente: elaboración propia.

- Visual Stats: es un software de estadísticas para implementar el análisis de datos y el análisis estadístico multivariado.

Figura 21. Visual Stats



Fuente: elaboración propia.

4.4.3. Documentación y registros

La documentación de soporte de cada proceso de producción se lleva una copia en papel y en digital para su archivo para tener registro de las actividades realizadas en cada turno de producción; de igual forma, esta documentación es clasificada, no puede ser extraída de la empresa por medidas de seguridad.

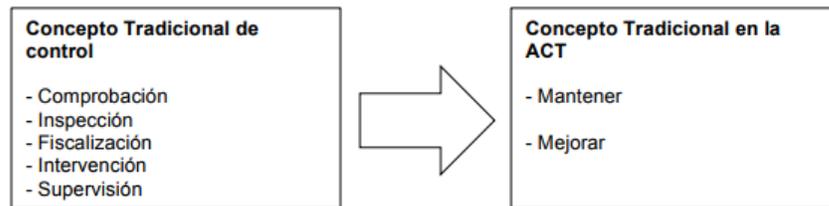
Los registros se almacenan de acuerdo a las necesidades por: códigos, nombres, fechas, modelos y/o responsables; los archivos físicos se archivan en carpetas o archivadores y en sitios adecuados que evitan su deterioro, daño, pérdida y garanticen su fácil acceso.

4.4.4. Enfoque PHVA

El ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) o círculo de Deming es un concepto gerencial que potencializa la relación entre el ser humano y los procesos. En la actualidad es una metodología que se puede aplicar a cualquier proceso, ya que busca englobar no únicamente la aplicación de una mejora sino más bien el sostenimiento de la misma en el tiempo.

En el contexto de la administración por calidad total (ACT), al término control se le asocia actualmente con las acciones para el buen dominio de los sistemas y así se pueda cumplir con sus grandes objetivos.

Figura 22. **Ciclo PHVA**



Fuente: elaboración propia.

Como bien se ha mencionado, los gráficos de control son herramientas estadísticas que permiten identificar cuando existe un incumplimiento de especificaciones, tendencias en el comportamiento de los datos y concluir que el proceso se encuentra fuera de control estadístico por una causa asignable de variación; es necesario tomar acciones pertinentes que eliminen definitivamente la variabilidad que aporta dicha causa al proceso.

Para eliminar por completo una causa asignable en el proceso de envasado de bebidas no carbonatadas es necesario ampliar sobre cada uno de los pasos para la correcta aplicación del ciclo de mejora continua PHVA.

Tomando como base las aportaciones Dr. Kaoru Ishikawa, el ciclo de control de Deming debe incluir los siguientes seis pasos:

Tabla XXVII. **Ciclo de control de Deming**

Planear	1	- Establecer Políticas, determinar Objetivos y Metas.
	2	- Establecer Métodos para alcanzar los Objetivos y Las Metas / Estandarización.
Hacer	3	- Comunicación, toma de conciencia y formación.
	4	- Ejecución de las actividades / Registro de datos
Verificar	5	- Verificar los procesos y resultados obtenidos.
Actuar	6	- Tomar las acciones

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se detalla un modelo aplicativo del ciclo PHVA para el control estadístico de procesos en la línea de bebidas no carbonatadas:

Tabla XXVIII. **Ciclo PHVA para el control estadístico de procesos**

Planear	<ul style="list-style-type: none"> • Definir puntos críticos de control. • Establecer especificaciones de productos. • Desarrollar plan de muestro. • Determinar test físicos realizados al producto.
Hacer	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar información • Desarrollar plan de capacitación para colaboradores. • Construir gráficos de control.
Verificar	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar patrones de comportamiento. • Verificar si existen puntos por fuera de los límites de control. • Evaluar efectividad del programa de capacitaciones.
Actuar	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar procedimiento para el recálculo de los límites de control. • Ampliar programa de capacitación con enfoque hacia la administración por calidad total (ACT). • Gestionar actividades que promuevan el desarrollo transversal del programa de control estadístico de procesos.

Fuente: elaboración propia.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUAL AL CEP

5.1. Sistemas de vigilancia de los puntos fuera de control

Para establecer un sistema de vigilancia del cumplimiento de los datos dentro de los límites de control para cada variable deben seguirse los enunciados establecidos en el método de análisis de riesgos y control de puntos críticos (HACCP).

Los siete enunciados que declara dicho método son los siguientes:

- Realizar un análisis de riesgos
- Determinar los puntos críticos de control (PCC)
- Establecer los límites críticos
- Establecer un sistema de vigilancia del control de los PCC
- Establecer las medidas correctoras
- Establecer procedimientos de comprobación
- Establecer un sistema de documentación sobre los procedimientos

5.1.1. Personal encargado de vigilar el gráfico de control

Para la toma de muestras y realización de ensayos los encargados son los auxiliares de calidad asignados a la línea de bebidas no carbonatadas, el cual asigna un auditor en cada línea de producción; esta persona registra todos los acontecimientos sucedidos durante el envasado; anota toda anomalía presentada y, posteriormente, realiza la memoria de cálculos para establecer si el proceso está o no bajo control estadístico; se traslada el informe al gerente

de producción quien verifica la información; si hay causas asignables a la demoras, desechos de materia prima, se toman las medidas correctivas correspondientes.

5.2. Evaluaciones continuas

La evaluación se realiza periódicamente para establecer la capacidad del proceso de producción.

5.2.1. Estudio de capacidad y estabilidad del proceso

Se puede decir que un proceso es capaz con independencia de su estabilidad, si el nivel de disconformidades es lo suficientemente bajo para garantizar que no habrá esfuerzos inmediatos para tratar de bajarlas y mejorar así su capacidad.

La salida de un proceso se considera estable cuando existe solo variación generada por las causas comunes de variación. Un proceso inestable no tiene un comportamiento predecible; a diferencia de un proceso estable y predecible, se puede esperar que estos resultados reflejen el funcionamiento del proceso en el futuro.

Los pasos para realizar un estudio de capacidad y estabilidad son los siguientes:

- Delimitar datos históricos
- Analizar estabilidad
- Estudiar capacidad

Tabla XXIX. **Estudio de capacidad y estabilidad**

		El proceso es estable? Herramientas: Cartas de control e índice de inestabilidad	
		SI	NO
El proceso es capaz? Herramientas: estudios de capacidad e índices Cp y Cpk	SI	A estable y capaz	B capaz pero inestable
	NO	C estable y incapaz	D incapaz e inestable

Fuente: elaboración propia.

Como punto de seguimiento y mejora, se detallan algunas de las acciones de acuerdo al tipo de proceso:

Tabla XXX. **Acciones de acuerdo al tipo de proceso**

Tipo de proceso	Estrategias de mejora
Proceso tipo D (inestable e incapaz)	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la aplicación y uso de los gráficos de control. Buscar y eliminar las causas de la inestabilidad.
Proceso tipo C (estable pero incapaz)	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la aplicación y uso de los gráficos de control. Investigar las causas de la baja capacidad mediante un proyecto de mejora.
Proceso tipo B (capaz pero inestable)	<ul style="list-style-type: none"> Monitorear y eliminar las causas de la inestabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Auditoría de calidad interna

La auditoría interna se realiza por parte de la empresa donde se analizan los procesos de envasado en la línea de bebidas no carbonatadas:

- Objetivo de la auditoría: aplicar una auditoría operacional enfocada en la mejora continua de la calidad para llevar a cabo un análisis en el departamento de producción para detectar causas asignables y así presentar aportes para lograr mayor eficiencia y eficacia.

- Objetivos específicos
 - Conocer la gestión administrativa para desarrollar un examen adecuado en el flujo de las operaciones del área.

 - Evaluar los procesos de fabricación mediante indicadores de producción.

 - Realizar cuadros comparativos de indicadores de gestión para la evaluación de desempeño.

- Metodología del área continua de la calidad
 - Identificar las causas que originan el desperdicio y desechos mediante el análisis de datos reales y de un modelo estándar de mejora de calidad para establecer las soluciones aplicables como mejora continua.

- Analizar el comportamiento de la producción mediante gráficas de control, para evaluar el cambio de los procesos.
- Relacionar las causas principales de los problemas identificados con los efectos que tiene en un proceso.

5.3.1. Definición

“La auditoría interna es una actividad independiente y objetiva de supervisión y consultoría diseñada para agregar valor y mejorar las operaciones de una organización. Ayuda a una organización a cumplir sus objetivos aportando un enfoque sistemático y disciplinado para evaluar y mejorar la eficacia de los procesos de gestión”¹⁴.

Figura 23. Auditoría interna



Fuente: elaboración propia.

¹⁴ GÓMEZ LÓPEZ, Ricardo. *Generalidades en la auditoría*. <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/rgl-genaud/indice.htm>. Consulta: 11 de octubre de 2017.

La auditoría interna se realiza por parte del personal de aseguramiento de calidad para establecer que el proceso se encuentre bajo control y que se cumplan con los procedimientos establecidos en cada área de trabajo.

5.3.2. Ventajas

Las ventajas de la auditoría se describen a continuación:

- Permite a la gerencia general y gerencias de los departamentos evaluar de forma relativamente independiente los sistemas de organización y de administración.
- Facilita una evaluación global y objetiva de los problemas de la empresa, que generalmente suelen ser interpretados de una manera parcial por los departamentos afectados.
- Pone a disposición de la dirección un profundo conocimiento de las operaciones de la empresa, proporcionado por el trabajo de verificación de los datos contables y financieros.
- Contribuye eficazmente a evitar las actividades rutinarias y la inercia burocrática que generalmente se desarrollan en las grandes empresas.
- Favorece la protección de los intereses y bienes de la empresa frente a un tercero.

5.4. Retroalimentación

La retroalimentación de la propuesta de mejora se debe efectuar cada mes para estudiar si no existen variables asignables que aporten a la variabilidad del proceso.

5.4.1. Ampliación de mejoras a otras líneas de producción

Como parte del programa de mejora continua se debe ampliar el programa de control estadístico de procesos para las líneas de alimentos y así poder establecer si dicho proceso se encuentra bajo control estadístico.

Para ello será necesario un análisis previo para determinar el estado actual del proceso de las líneas de alimentos, el cual debe iniciar con lo siguiente:

- Medir el rendimiento de las líneas y conocer sus tiempos improductivos
- Eliminar operaciones que no añaden valor
- Identificar cuellos de botella
- Medir el involucramiento del personal
- Determinar estándares y métodos
- Conocer de forma adecuada la rentabilidad de los productos

CONCLUSIONES

1. La empresa cuenta con un departamento de aseguramiento de calidad que garantiza el cumplimiento de especificaciones de los productos elaborados en la línea de bebidas no carbonatadas; sin embargo, no utilizan ningún método estadístico para inferir acerca de la capacidad y estabilidad del proceso a través de gráficos de control.
2. Los resultados de los test realizados a los productos fabricados en la línea de bebidas no carbonatadas denotan que el proceso es capaz y estable para predecir su desempeño en el futuro a través del uso de herramientas estadísticas.
3. Las características físicas y críticas de calidad a evaluar en los productos de la línea de envasado de bebidas no carbonatadas son el control de llenado a una temperatura de 88 °C, control de presión interna del envase en caliente que esta debe ser mayor a 35 psi; el control de presión interna del envase en frío que debe ser mayor a 18 psi y la filtración en latas.
4. Se establecieron los límites de control con base en las medidas de temperatura y presión para los gráficos de medias y rangos que deben evaluarse en la producción de bebidas no carbonatadas para optimizar el proceso y reducir los paros por reprocesos de producto.
5. El programa de capacitaciones para el personal está basado en competencias laborales, con la finalidad que el colaborador amplíe sus

conocimientos, impacte positivamente en la rotación de personal y sucesión de puestos.

6. La mejora continua del sistema se basa en la auditoría interna que debe realizarse continuamente al proceso de envasado de bebidas no carbonatadas para contar con un juicio objetivo del programa de control estadístico de proceso, registro de información y cumplimiento de procedimientos.

RECOMENDACIONES

1. Que se tomen en cuenta los mantenimientos preventivos y las rutinas que se deben llevar a cabo para la programación del mantenimiento de cada parte de la maquinaria y el equipo.
2. Que el personal posea amplios conocimientos en los sistemas de mantenimiento; una forma de capacitar al personal en este tema es apoyándose en instituciones donde el personal pueda tomar cursos de mantenimiento, por ejemplo, Intecap, que proporciona todos esos servicios.
3. Realizar evaluaciones al personal para determinar el rendimiento de cada trabajador en su área asignada.
4. Tener un control del ingreso de materia prima, insumos, material de empaque para establecer parámetros de aceptación de los lotes antes de ser almacenados y trasladados al área de producción.

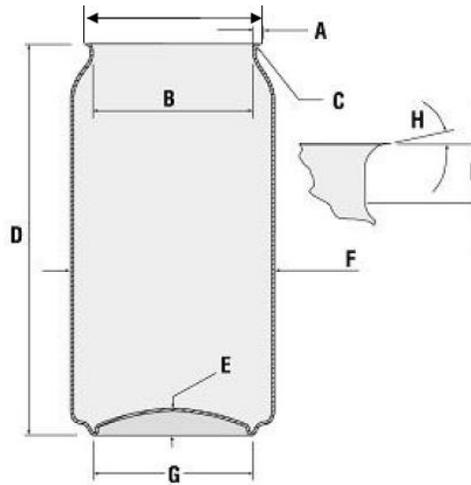
BIBLIOGRAFÍA

1. BURGOS VIVAS, Fernando. *Ingeniería de métodos, calidad y productividad*. 2a ed. Puerto Rico: Biblioteca Pública Central Manuel Feo La Cruz, 1999. 528 p.
2. DEMING, Williams Edwards. *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, 1989. 412 p.
3. DUNCAN, Acheson J. *Control de calidad y estadística industrial*. México: Alfaomega, 2012. 181 p.
4. FEIGENBAUM, Armand Vallin. *Control total de la calidad; ingeniería y administración*. México: Continental, 2010. 730 p.
5. GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, 2003. 320 p.
6. GONZÁLEZ GÓMEZ, Daniel; CARRO PAZ, Roberto. *Administración de las operaciones. Control estadístico de proceso*. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata, 2006. 191 p.
7. GRANT, Eugene L. *Control estadístico de calidad*. 2a ed. México: Continental, 2010. 713 p.

8. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 3a ed. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2010. 383 p.
9. HERNÁNDEZ CAÑA, Edgar Rolando. *Programa de control estadístico de la calidad, en una empresa productora de velas aromáticas enfocadas en los costos de producción y su rentabilidad*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 137 p.
10. LÓPEZ MENDOZA, Manuel Estuardo. *Manual de las prácticas del curso profesional de controles industriales de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 215 p.
11. MONTGOMERY. D. *Introducción al control estadístico de la calidad*. México: Iberoamérica, 2008. 134 p.
12. STONER, James A.; FREEMAN, Edward; GILBERT Jr. Daniel R. *Administración*. 6a ed. México: Pearson Prentice Hall, 1996. 794 p.
13. VACHETTE, Jean-Luc. *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso (SPC)*. España: CEAC, 1992. 307 p.

ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones de la lata de aluminio



REF.	DESCRIPCIÓN	PULGADAS	MILÍMETRO
A	ANCHO DE PESTAÑA	0.082 ± 0.010	2.08 ± 0.25
B	DIÁMETRO INTERIOR DEL CUELLO	2.064 ± 0.005	52.43 ± 0.13
C	RADIO DE PESTAÑA (T)	0.059 ± 0.010	1.50 ± 0.25
D	ALTURA TERMINADA	4.812 ± 0.012	122.22 ± 0.30
E	PROFUNDIDAD DE DOMO	0.415 ± 0.015	10.54 ± 0.38
F	DIÁMETRO EXTERNO (T)	2.610 MÁXIMO	66.29 MÁXIMO
G	DIÁMETRO DEL FONDO (T)	1.900	48.26
H	ÁNGULO DE PESTAÑA (T)	0° - 8 (GRADOS)	
I	CLARO ENTRE CUELLO Y PESTAÑA (T)	0.120 MÍNIMO	3.05 MÍNIMO
J	DIÁMETRO EXTERNO DE PESTAÑA	2.258 MÁXIMO	57.35 MÁXIMO
	ESPACIO AEREO (HEAD SPACE)	0.460 ± 0.020	11.68 ± 0.51
	CAPACIDAD TOTAL DE LLENADO (FL OZ/ML)	13.0 ± 0.20	384.5 ± 5.9

DESCRIPCIÓN		ESPECIFICACIÓN	
EXPOSICIÓN DE METAL *	CERVEZA	PROMEDIO	75 mA Máximo
		LECT. INDIVIDUAL	125 mA Máximo
	REFRESCO	PROMEDIO	5.0 mA Máximo
		LECT. INDIVIDUAL	25 mA Máximo
	JUGOS, ALCOHOLICAS Y AGUAS MINERALES	PROMEDIO	2.0 mA Máximo
		LECT. INDIVIDUAL	10 mA Máximo
RESISTENCIA DE DOMO		90 lb/pulg ² Mínimo	
CARGA AXIAL		180 lbf Mínimo	

Fuente: VACHETTE, Jean-Luc. *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso.*

