

**DISEÑO DE UN MODELO DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL  
PROCESO PRODUCTIVO BASADO EN LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN  
LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA**



**JAVIER GERMAN MELO ARTEAGA  
OWEN ALVARES ZUÑIGA**

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
POPAYÁN-CAUCA

2019

**DISEÑO DE UN MODELO DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL  
PROCESO PRODUCTIVO BASADO EN LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN  
LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA**

**JAVIER GERMAN MELO ARTEAGA  
OWEN ALVARES ZUÑIGA**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Industrial

**Director  
Ing. Nora Fernanda Arciniegas Sánchez**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
POPAYÁN-CAUCA**

**2019.**

**Nota de aceptación:  
Aprobado por el Comité de Grado en  
Cumplimiento de los requisitos  
Exigidos por la Fundación  
Universitaria de Popayán para optar al  
Título de Ingeniero Industrial**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**DIRECTOR (ING. NORA FERNANDA ARCINIEGAS SÁNCHEZ)**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN CIUDAD, DÍA/MES/AÑO**

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>ESTADO DEL ARTE</b>	<b>12</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
<b>MARCO TEORICO</b>	<b>16</b>
1.1 ENFOQUE LEAN SEIS SIGMA	16
1.2 DEFINICIÓN DE SEIS SIGMA.	16
1.3 IMPORTANCIA DE LA METODOLOGIA SEIS SIGMA.	16
1.4 OBJETIVO DE SEIS SIGMA	17
1.5 CAPACIDAD DEL PROCESO	18
1.6 CAPACIDAD POR ATRIBUTOS	18
1.7 DISTRIBUCION BINOMIAL.	19
1.8 FASES Y HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGIA DMAIC.	19
<b>OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
1.9 OBJETIVO GENERAL	21
1.10 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
<b>Diagnostico actual del proceso productivo de la industria licorera del cauca</b>	<b>22</b>
1.11 DESCRIPCIÓN Y DIAGRAMA DE PROCESO	22
<b>ANÁLISIS DE PROCESOS</b>	<b>22</b>
1.12 PROCESO DE PREPARACIÓN	22
1.13 PROCESO DE ENVASADO	26
<b>DESARROLLO METODOLOGIA DMAIC</b>	<b>29</b>
1.14 FASE DEFINIR	29
1.14.1 IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE.	30
1.14.2 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA.	31
1.14.3 DETERMINACIÓN DE LOS CTQ'S (CRÍTICOS PARA LA CALIDAD) MEDIANTE LA VOZ DEL CLIENTE (VOC).	34

<b>1.15 FASE MEDIR</b>	<b>36</b>
1.15.1 IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DEL CLIENTE.	36
1.15.2 CAPACIDAD DE PROCESO.	43
1.15.3 ENVASE MEDIA BOTELLA (PRESENTACIÓN SIN AZÚCAR).	43
1.15.4 CAPACIDAD DE PROCESO: ENVASE BOTELLA (PRESENTACIÓN SIN AZÚCAR).	46
1.15.5 CAPACIDAD DE PROCESO: ENVASE GARRAFA (PRESENTACIÓN SIN AZÚCAR).	49
<b>1.16 FASE ANALIZAR</b>	<b>54</b>
1.16.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS X POTENCIALES.	55
1.16.2 PRIORIZACIÓN DE FALLAS POTENCIALES.	60
1.16.3 PROCEDIMIENTO AMEF.	61
<b>1.17 FASE MEJORAR</b>	<b>67</b>
1.17.1 PROCEDIMIENTO DEL PILAR MANTENIMIENTO DE CALIDAD.	68
1.17.2 IDENTIFICAR LA SITUACIÓN ACTUAL DEL EQUIPO.	69
1.17.3 LISTA DE DEFECTOS.	82
1.17.4 PRIORIZAR EL EFECTO DE LOS PROBLEMAS	83
<b>1.18 FASE: CONTROLAR</b>	<b>85</b>
<b>1.19 ESTABLECER LOS OBJETIVOS DEL CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO:</b>	<b>85</b>
<b>1.20 IDENTIFICAR LA CARACTERÍSTICA A CONTROLAR:</b>	<b>85</b>
<b>1.21 DETERMINAR EL TIPO DE GRÁFICO DE CONTROL:</b>	<b>86</b>
<b>1.22 ELABORAR EL PLAN DE MUESTREO (TAMAÑO DE MUESTRA, FRECUENCIA DE MUESTREO Y NÚMERO DE MUESTRAS):</b>	<b>86</b>
<b>1.23 RECOGER LOS DATOS SEGÚN EL PLAN ESTABLECIDO:</b>	<b>87</b>
<b>1.24 CALCULAR LA FRACCIÓN DE UNIDADES:</b>	<b>87</b>
<b>1.25 DETERMINAR LÍMITES DE CONTROL Y SU REVISIÓN FUTURA:</b>	<b>87</b>
<b>1.26 DEFINIR LAS ESCALAS DE LA GRÁFICA.</b>	<b>88</b>
<b>1.27 INCLUIR LOS DATOS PERTENECIENTES A LAS MUESTRAS DE LAS GRÁFICAS:</b>	<b>88</b>
<b>1.28 ENTRENAR A LOS USUARIOS:</b>	<b>89</b>
<b>1.29 ANALIZAR E INTERPRETAR LOS RESULTADOS:</b>	<b>89</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>90</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>91</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>96</b>

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de grado lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ellos hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

De manera más agradecidos queremos dedicarle este trabajo a nuestro compañero Andrés Agredo que en su momento fue amigo, compañero y hermano.

Paz en su tumba

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por bendecirnos, por guiarnos a lo largo de estos cinco años, él ha sido el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Esta meta no hubiera sido posible sin nuestros padres que nos brindaron su total compañía espiritual como materialmente. Por ello vencimos cualquier dificultad que se nos presentó en el recorrido de esta gran meta a cumplir.

Cabe destacar la ayuda de los docentes de la Fundación Universitaria de Popayán por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra formación como profesionales y de manera especial a la Ingeniera Fernanda Arciniegas, Directora del trabajo de grado, al Ingeniero Jaime Mendoza, Ingeniero Juan Manuel Ortega y demás personas que intervinieron en este proceso.

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> proyect charter.....	29
<b>Tabla 2.</b> Matriz voz del cliente (División Producción).....	35
<b>Tabla 3.</b> Especificaciones aguardiente caucano tradicional y sin azúcar 375cc. 750cc. 1750cc. Y PET 375cc.....	42
<b>Tabla 4.</b> Los índices Cp, Cpi y Cps en términos de la cantidad de piezas malas; bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación.) .....	54
<b>Tabla 5.</b> Escala de evaluación del coeficiente de severidad .....	62
<b>Tabla 6.</b> Escala de evaluación del coeficiente de ocurrencia .....	63
<b>Tabla 7.</b> Escala de evaluación del coeficiente de detección .....	64
<b>Tabla 8.</b> Pasos para el pilar de Mantenimiento de Calidad de TPM.....	68
<b>Tabla 9.</b> Matriz QA .....	79
<b>Tabla 10.</b> Estándares 4M .....	81
<b>Tabla 11.</b> Lista de defectos .....	82
<b>Tabla 12.</b> Formato análisis de modo y efecto de fallos .....	84



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de preparación de aguardiente .....	24
<b>Figura 2.</b> Diagrama de envasado de aguardiente .....	28
<b>Figura 3.</b> Variable dependiente, independiente y de ruido.....	32
<b>Figura 4.</b> Diagrama SIPOC del proceso productivo.....	33
<b>Figura 5.</b> Diagrama de Pareto de bajas por materia prima .....	37
<b>Figura 6.</b> Diagrama de Pareto bajas por materia prima por año .....	38
<b>Figura 7.</b> Diagrama de Pareto costo por materia prima .....	39
<b>Figura 8.</b> Diagrama de Pareto bajas por envase .....	40
<b>Figura 9.</b> Diagrama de Pareto bajas por materia prima por producción.....	41
<b>Figura 10.</b> Informe de capacidad del proceso binomial de bajas reales media botella.....	43
<b>Figura 11.</b> Informe de capacidad del proceso binomial de bajas media botella aplicando correlación lineal.....	45
<b>Figura 12.</b> Informe capacidad del proceso binomial de bajas reales botella .....	46
<b>Figura 13.</b> Informe de capacidad del proceso binomial de bajas botella aplicando correlación lineal.....	48
<b>Figura 14.</b> Informe de capacidad del proceso binomial de bajas reales garrafa ...	49
<b>Figura 15.</b> Informe de capacidad del proceso binomial de bajas garrafa.....	51
<b>Figura 16.</b> Análisis binomial de capacidad (informe diagnóstico) para bajas garrafa con gráfica p' de Laney .....	52
<b>Figura 17.</b> Análisis binomial de capacidad (informe de resumen) para bajas garrafa con gráfica p' de Laney .....	53
<b>Figura 18.</b> Trabajo de campo. ....	56
<b>Figura 19.</b> Diagrama casusa y efecto del envase opalizado.....	58
<b>Figura 20.</b> Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) envase opalizado.....	65
<b>Figura 21.</b> Triblock .....	70
<b>Figura 22.</b> Composición Triblock.....	71
<b>Figura 23.</b> Máquina enjuagadora. ....	72
<b>Figura 24.</b> Máquina llenadora. ....	73
<b>Figura 25.</b> Subida de botella .....	74
<b>Figura 26.</b> Rellenado.....	75
<b>Figura 27.</b> Final relleno .....	75
<b>Figura 28.</b> Descenso Botella .....	76
<b>Figura 29.</b> Máquina tapadora .....	77

## **RESUMEN**

Para este trabajo de grado se planteó un modelo de mejoramiento para el proceso de envasado de aguardiente, basado en la metodología Seis Sigma, específicamente en la herramienta DMAIC, en donde, se desarrollan cada una de sus etapas, teniendo como resultado los puntos críticos que afectan el proceso productivo de la Industria Licorera del Cauca, en donde luego de priorizarlos mediante la elaboración de un Análisis de modo y efecto de fallas, lo cual fue posible analizar y buscar herramientas para mejorar las fallas ocurrientes. Dentro de la investigación, así mismo se propone acciones correctivas donde hay intervención del Pilar de Mantenimiento de Calidad (TPM), actuando sobre la máquina que afecta más en el proceso de envasado, siendo este; el Triblock el más significativo, generando el mayor número de bajas de materia prima: envases, generando altos costos de no calidad. Considerando que para disminuir las bajas de calidad no solo se debe accionar sobre el producto, también se debe llevar a cabo un control y mejora a la maquina causante de las fallas y en general de todo el proceso.

## INTRODUCCIÓN

Las empresas en la actualidad se encuentran en la búsqueda de la optimización de sus procesos con el fin de disminuir y eliminar todo tipo de desperdicios que este pueda presentar, por tal motivo, se crean estrategias de mejoramiento continuo, utilizando metodologías innovadoras, en este caso, el Seis Sigma, metodología que mide y mejora la calidad de los procesos hasta alcanzar la calidad total, llegando al nivel de sigma ideal (3,4 errores o defectos por millón de oportunidades). Para la Industria Licorera del Cauca, es muy importante medir y optimizar su proceso productivo, enfocado directamente en la calidad, buscando herramientas que permitan disminuir los defectos de la producción, por lo tanto, en este trabajo de grado se desarrollara la metodología DMAIC para el proceso de envasado y preparación de aguardiente.

En este trabajo de grado se desarrollan cada una de las etapas de la metodología Seis Sigma, iniciando con el análisis de la situación actual del proceso productivo, los objetivos y las expectativas que se quieren lograr, enfocado hacia los requerimientos del cliente, para ello se utiliza herramientas como, diagramas de flujo del proceso, definición de los CTQ's (variables críticas para la calidad), mediante la recolección del VOC (Voz del cliente).

La tercera fase de la metodología hace referencia al análisis de la información, anteriormente recolectada, con el fin de encontrar y priorizar las causas reales del problema o defecto, en esta fase se utilizan algunas herramientas como histogramas, diagramas de causa y efecto, diagramas de Pareto, AMEF (Análisis de modo y efecto de fallas), entre otros.

En la cuarta y quinta fase, se realizan los planes de acción enfocados en la disminución de los defectos mediante herramientas Lean Manufacturing y así, incrementar los estándares de calidad del proceso, además de establecer los indicadores para el control y seguimiento para la medición continua del desempeño del proceso y perfeccionarlo.

## ESTADO DEL ARTE

En este artículo se habla sobre sobre la fuerte entrada que ha tenido Seis Sigma en Norteamérica y Europa como una nueva técnica de la gestión de la calidad, cuya finalidad es alcanzar cero defectos en los procesos de producción y servicio de las organizaciones empleando herramientas avanzadas de estadísticas y liderazgo de grupo. (Mendoza, 2005)

Por su parte Suarez Ordaz dice que el diseño y aplicación de la metodología Seis Sigma para la mejora de la Cadena de Suministros Inversa (CSI) para minimizar los residuos existentes en los procesos gestionándolos eficientemente. Todo esto reportó grandes beneficios económicos, aumentando la satisfacción de los clientes, así como la eficiencia y eficacia en la cadena. (Dubé-Santana, Hevia-Lanier, Michelena-Fernández, & SuárezOrdaz, 2017)

Además, La utilización de metodologías con un enfoque en la calidad en pequeñas y medianas empresas (pymes) es lo que trata este artículo. Relatando que Seis Sigma en estas organizaciones mencionadas anteriormente no ha representado un beneficio en la misma proporción que en las grandes organizaciones. Este trabajo presenta una revisión acerca de la contribución de varios autores con el tema, con la finalidad de desarrollar la mejor estrategia de implementación que conlleve a mejorar la competitividad y el desempeño de las operaciones de estas organizaciones. (Jiménez & Amaya, 2014)

Por consiguiente la propuesta de mejora de la eficiencia en la línea de envasado de pet en la Fábrica Nacional de Licores (Fanal), empleando la metodología DMAIC-Seis Sigma. El trabajo se realizó con el fin de solucionar el problema que presentaba la línea de envasado de licores en envase pet, la cual no estaba operando a su máxima capacidad por deficiencias en la línea. (Pérez-López & García-Cerdas, 2014)

Con lo anterior se quiere ilustrar un ejemplo de aplicación de la metodología Seis Sigma en los modelos de gestión energética para la RGEE (Reducción de Gasto Energético Eléctrico) realizado en el parque industrial Sumicol – Corona en Sabaneta, Antioquia. Afirmando que la aplicación de Seis Sigma a los modelos de gestión energética es de vital importancia, porque genera mejoramiento continuo, optimiza el consumo eficiente energético y fortalece la cultura de preservación. (Orozco, 2009). Además de favorecer a los empleados de una organización, la metodología Lean Seis Sigma Seis Sigma puede mejorar el ambiente y la ejecución del mismo. Dicha metodología es una filosofía enfocada en la calidad y el mejoramiento continuo basado en creer en los empleados con el fin de que ellos

se sientan útiles y generarles confianza para que la empresa pueda ser más competitiva en este mercado actual. (Petcu, Drăghici, & Anagnoste, 2013)

Teniendo en cuenta lo que dice (Domenico & Bona, 2014) Lean Seis Sigma como un paradigma en cuanto a la forma de entender la empresa industrial moderna, el cual rompe con tópicos del pasado, tales como pensar que producir de manera eficiente implica fabricar grandes series. Permite mejorar la posición competitiva vía reducción de costes y mejora en los servicios prestados a los clientes. Se apoya en los enfoques Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) de origen japonés y Seis Sigma estadounidense; el primero busca fabricar con poco stock y con pocos defectos, mientras que el segundo es un concepto que tiene que ver con la reducción de la variación de los procesos de fabricación.

Es pertinente aclarar que este proceso se desarrolló en una fábrica que elabora y envasa café, en la cual se identificó grandes costos de no calidad en su proceso de envasado y mediante la aplicación de la metodología Seis Sigma se identificó el peso específico del café y el vacío del equipo como los componentes significativos para la reducción de los costos por pérdida. (Buestán, 2013)

La intención de las actividades desarrolladas es generar discusión que permita el surgimiento de ideas, que conlleven hacia la mejora de la calidad y la productividad en una empresa de manufactura a través de un estudio de caso. Se aplica la metodología DMAIC de Seis Sigma, la cual proporciona un marco para identificar, cuantificar y eliminar fuentes de variación en un proceso operativo, con el fin de optimizar las variables de operación, así como mejorar y sostener el desempeño con planes de control bien ejecutados. Seis Sigma mejora el desempeño del proceso (rendimiento) en sus fases operativas críticas, llevando a un mejor uso de los recursos, una disminución de las variaciones y un sostenimiento de la calidad en sus productos. (Desa & Shrivastava, 2013)

Por otro lado se pretende brindar al lector una apreciación crítica de las herramientas Seis Sigma y Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) y su implementación en las organizaciones manufactureras y de servicios con el apoyo de hallazgos investigativos de un conjunto de especialistas académicos y profesionales, bien sea que hayan propuesto un modelo o marco conceptual de ambas metodologías o que hayan recogido de manera empírica un amplio intervalo de datos novedosos de organizaciones alrededor del mundo. (Antony & Kumar, 2011)

El documento fluye desde los principios y los antecedentes hasta consideraciones más detalladas de Seis Sigma, tanto como una iniciativa de nivel de negocios como una metodología de mejora basada en proyectos. Debido a la complejidad

de varias de las cuestiones tratadas, es posible escribir mucho más acerca de cada tópico individual. No obstante, el autor ha tratado de cubrir la mayoría de los puntos claves para brindar fundamentos; la literatura relacionada con el texto permite a los lectores interesados investigar cualquier aspecto en mayor profundidad. Al final de cada capítulo se encuentra un conjunto de preguntas para que el usuario desarrolle sus conocimientos en el área. (Knowles, 2011)

Todo está enfocado en el impacto de implementar Lean Seis Sigma en las compañías, buscando establecer los cambios y beneficios que trae consigo. Los elementos claves a los que apunta son el logro de la mejor calidad, el menor costo posible, el tiempo de producción (lead-time) más corto y el énfasis en la eliminación de desperdicios. Se investigaron las exigencias de una organización para su aplicación y estrategia para obtener el resultado práctico máximo. (Dumitrescu & Dumitrache, 2011)

También considera la aplicación de una metodología Seis Sigma en una empresa cuya actividad es la confección y distribución de material de intendencia para las Fuerzas Armadas de Colombia. La aplicación de este proyecto dio como resultado una reducción significativa en los costos de no calidad y un aumento en la capacidad de los procesos. (Solano N. C., 2011)

Para Seis Sigma dentro de este documento, es importante dar a conocer que en los mercados empresariales ha habido cambios, mejoras para la economía, esto con el fin de poder aumentar la eficiencia dentro de los procesos, productos y/o servicios. Y poder Brindar niveles altos de competitividad. Por lo dicho es que se han elaborado herramientas y estrategias de calidad con el fin de ser asociada e implementadas a los procesos, buscando optimizar la manufactura de las materias primas, teniendo como objetivo el conocimiento e información que se encuentra según el tiempo que ha pasado (Herrera, 2017)

Con lo expuesto se está dando a conocer la forma que con la metodología Seis Sigma y sus herramientas estadísticas se incrementó la eficiencia, en poder disminuir tiempos de inspección en la empresa maquiladora de cinturones de seguridad e incrementando la capacidad del departamento de inspección, detectando antes de entrar a producción el material no conforme. Revolviendo dentro de la empresa la problemática que se encontraban en el área de inspección. (orozco, 20041)

Además se muestra, como utilizó las metodologías Seis Sigma y Lean Manufacturing presentando como propuesta una mejora continua para procesos de fundición de una planta líder en la manufactura de productos eléctricos, desplegando dentro de la propuesta el objetivo de superar el nivel de servicio disminuyendo tiempos de entrega (lead time). (Ruiz, 2015)

Finalmente se puede decir que con el desarrollo de cada actividad se pretende la mejora continua aplicando la metodología Seis Sigma en los procesos administrativos de manufactura, realizando e incorporando filosofías en la cultura empresarial que permitan llevar a cabo proyectos, buscando respuestas a los problemas que afectan en las compañías, sus procesos, productos, ambiente organizacional, la forma de gerenciar y en general toda la empresa (Solano N. C., 2011)

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad las empresas buscan el mejoramiento continuo de sus procesos con la finalidad de entregar a los clientes productos con los más altos estándares de calidad, para lograr esto, deben desarrollar proyectos que cumplan con los estándares de calidad, además de impactar positivamente en la productividad y efectividad del proceso. Es por esto que la Industria Licorera del Cauca, desea disminuir la cantidad de defectos existentes en su proceso productivo, además de crear planes de acción que disminuyan la variación del proceso y los defectos, mediante el desarrollo de cada una de las etapas de la metodología DMAIC (Seis Sigma). Por lo anterior se plantea el siguiente interrogante:

¿La metodología DMAIC (Seis Sigma) puede mejorar el proceso productivo de la Industria Licorera del Cauca?

## MARCO TEORICO

### 1.1 Enfoque Lean Seis Sigma

El enfoque Lean Seis Sigma, según Molteni (2008), provee una metodología para abordar los procesos y eliminar lo que no agrega valor, eliminar la variación y centrar el proceso a las especificaciones del cliente.<sup>1</sup>

### 1.2 Definición de Seis Sigma.

Seis Sigma es una filosofía relativamente nueva apareciendo en los años 80 del siglo XX. Es una estrategia sistemática y bien estructurada que permite la generación de productos y servicios cada vez más eficientes. Desde su creación la metodología Seis Sigma ha sido ampliamente utilizada para reducir variabilidad de incrementar calidad y productividad de las empresas que la aplican. La misma se ha considerado por diferentes autores como filosofía, metodología, meta, herramientas, métrica, que utiliza datos y herramientas estadísticas para evaluar y mejorar los procesos con el objetivo de satisfacer al cliente y, por ende, elevar las utilidades de una organización. El éxito de Seis Sigma radica en la mejora del rendimiento de los procesos y en el aumento de la satisfacción de los clientes<sup>2</sup>.

### 1.3 Importancia de la metodología Seis Sigma.

Se deben dar los conocimientos necesarios para aprender en como la Empresa pueda ser más competitiva, mejorando tanto el desempeño hacia lo interno como hacia los clientes. Tanto la alta gerencia como el personal que se va a involucrar en los proyectos Seis Sigma deben ser adecuadamente capacitados para luego convertir el costo de la formación en crecimiento para la empresa. Como el fundamento esencial del Seis Sigma es la reducción de la variación de los procesos, es muy importante conocer el papel de las técnicas estadísticas principalmente el concepto sigma o desviación estándar, con el cual se mide la variación de los procesos, así como hacer valer la máxima que nos dejara el Dr. Deming “En Dios confío, el resto debe presentar datos”, de suma importancia a la hora de tomar decisiones. “Dato mata opinión”, dicen otros, lo cual lo convierte en

---

<sup>1</sup> MOLTENI, Raúl y Oscar CECCHI 107 2008 El liderazgo del Lean Seis Sigma. Buenos Aires: Ediciones Macchi.

<sup>2</sup> (Grima, P., Almagro, Ll. M., Santiago, S. y Tort-Martorell, X. (2014): Six Sigma: hints from practice to overcome difficulties. Total Quality Management & Business Excellence, Volume 25, Issue 3-4, pp 198-208. )



el principal fundamento de nuestra metodología del Seis Sigma Kaizen (Mejora continua de la variabilidad).

Es necesario conocer los principios básicos en cada una de las diferentes etapas del proceso para realmente obtener resultados exitosos. Eso se logra si se le brinda al personal los fundamentos necesarios para una correcta implementación de la metodología, así como lograr su motivación e involucramiento como única forma de lograr cambios extraordinarios en los procesos, y sostener esa mejora. Aunque no siempre la compartimos, la metodología del Seis Sigma destaca la importancia de establecer la estructura necesaria para una correcta implementación, desde los “Campeones”, hasta los “Cinturones Negros” y desde los “Cinturones verdes” a los equipos de proyectos. Al igual que muchas otras iniciativas se requiere del apoyo de la alta gerencia y el involucramiento de personal clave, incluyendo a gente de finanzas para que haga una evaluación efectiva de los beneficios logrados. La propuesta del Seis Sigma Kaizen recomienda iniciar con un plan piloto exitoso que muestre los beneficios de su implementación. La experiencia nos ha mostrado que muchas veces los procesos de capacitación han hecho los procesos largos, tediosos y costosos, sin que la gerencia pueda ver con prontitud los resultados que está urgentemente necesitando.<sup>3</sup>

#### **1.4 Objetivo de Seis Sigma**

El Seis Sigma se basa en la reducción de variaciones y el mejoramiento del desempeño de los procesos y productos de una organización, y se fundamenta en la identificación, medición y minimización de errores, defectos y retrasos que afectan los costos y la satisfacción de los clientes. Adicionalmente, tiene como objetivos permitir la eliminación de las actividades que no generan valor, maximizar la calidad y aumentar la rentabilidad.<sup>4</sup>

Seis Sigma es una de las mejores maneras inteligentes y planificadas de dirigir un negocio o proceso buscando el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- ❖ Mejorar la satisfacción del cliente
- ❖ Reducir el tiempo de ciclo
- ❖ Reducir los costos

---

<sup>3</sup> BRUE, Greg. Seis Sigma para Directivos, Mc Graw Hill, 2003

<sup>4</sup> MAGNUSSON, Kjell. et al. Seis Sigma una estrategia pragmática. 1ª ed. Barcelona: Ediciones Gestión, 2000. p. 83-124.

## **1.5 Capacidad del proceso**

Se analiza el comportamiento natural del proceso. Para elegir el análisis de capacidad adecuado hay que tener en cuenta el tipo de datos que se tiene, los dos tipos principales para el análisis de capacidad son continuos y por atributos. Los datos continuos miden una característica de una parte o proceso, como por ejemplo la longitud, el peso o la temperatura y los datos por atributos cuentan la presencia de una característica o condición, como un rasgo físico, un tipo de defecto o una calificación, como por ejemplo pasa/no pasa. Existen dos tipos principales de datos de atributos: conteos de defectos, que son las no conformidades; un defecto se refiere a una característica de calidad específica de un elemento, cada elemento puede tener más de un defecto y un defecto no siempre hace que el elemento no se pueda utilizar. Y conteos de defectuosos, que son los elementos no conformes; un defectuoso se refiere a si el estado general de un elemento completo es aceptable o no. Por lo tanto, los datos suelen tener la forma sí/no, pasa/no pasa o defectuoso/no defectuoso. Cuando se monitorea los defectos, se recolecta datos de Poisson y cuando se monitorea defectuosos, recopila datos binomiales.

Minitab ofrece los análisis normal y no normal para los datos continuos y los análisis binomiales y de Poisson para los datos de atributos. La finalidad de este proyecto es disminuir el porcentaje de bajas que consiste en que si la materia prima o el producto cumple/no cumple lo que quiere decir que para este proyecto se va realizar un análisis de datos por atributos de defectuosos.

Como se determinó en la fase de medición, el envase presentación sin azúcar es la materia prima que más costo genera debido a las bajas significativas que ha venido presentando, es por esto que a continuación se va realizar un análisis de capacidad binomial mediante el programa Minitab de los diferentes tamaños (media botella, botella y garrafa).

El procedimiento para realizar el análisis fue mediante datos históricos de las bajas de materia prima del proceso de envasado del departamento de división producción.

## **1.6 Capacidad por atributos**

La medición de la capacidad de proceso es una técnica cuantitativa que usualmente ha sido aplicada usando los referentes de características de calidad cuantitativa o tipo variable. Para el caso de características de calidad tipo atributo se acude a una definición como la que se evidencia en el libro del Método Jurán Análisis y planeación de la calidad, en el capítulo de Operaciones: Sector servicios, en donde hace una aproximación de medir la capacidad de proceso en el sector de los servicios, cuando no se puede cuantificar (atributo) las

necesidades del cliente, estos establecen que “Según el enfoque Seis Sigma, la capacidad del proceso puede describirse en unidades de sigma; por ejemplo, un proceso puede ubicarse en un nivel 4,8 sigma de un ideal de 6 sigma.”<sup>5</sup>

### **1.7 Distribucion binomial.**

Capacidad binomial: este análisis se utiliza cuando un producto o servicio se caracteriza por ser defectuoso o no defectuoso. La capacidad binomial evalúa la probabilidad ( $p$ ) de que un elemento seleccionado de un proceso sea defectuoso. Los datos recolectados son el número de elementos defectuosos en los subgrupos individuales, y se supone que siguen una distribución binomial con parámetro  $p$ .

### **1.8 Fases y herramientas de la metodología DMAIC.**

La metodología DMAIC consiste en cinco pasos que son necesarios para definir y mejorar procesos. Para esto, también se utilizarán las herramientas y técnicas de Lean Manufacturing y Seis Sigma para reducir desperdicios y defectos. Los pasos son:

- **Definir.** Consiste en la definición el problema o la selección del proyecto con la finalidad de entender la situación actual y definir objetivos. Además, se selecciona el equipo, e instrumentando herramientas para esta fase como: diagrama SIPOC, CTQ's, diagrama de flujo, entre otra.
- **Medir.** Consiste en la definición y descripción del proceso mediante Paretos, voz del cliente. Además, se hace una evaluación de los sistemas de medición.
- **Analizar.** Consiste en la determinación de las variables significativas por medio de herramientas que permitan hacer una evaluación de las cualidades, estabilidad, y capacidad del proceso.
- **Mejorar.** Consiste en la optimización del proceso. Si el proceso no es capaz, se deberá optimizar para reducir su variación. Además, se debe realizar la validación de la mejora a través de una medición actual de la capacidad.
- **Controlar.** Consiste en controlar y dar seguimiento al proceso. Una vez que el proceso es capaz, se deberán buscar mejores condiciones de operación, materiales, procedimientos, etc., que conduzcan a un mejor desempeño del proceso.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> GRZYNA F; CHUA R. & DEFEO J. (2007). Método Juran. Análisis y planeación de la calidad. México: McGraw-Hill Interamericana

<sup>6</sup> *Ibíd.* P.1



## **OBJETIVOS**

### **1.9 Objetivo General**

- ❖ Diseñar un modelo de mejoramiento de la calidad en el proceso productivo basado en la metodología Seis Sigma en la Industria Licorera del Cauca

### **1.10 Objetivos Especificos**

- ❖ Realizar un análisis diagnóstico del proceso productivo de la Industria Licorera del Cauca enfocado en la calidad.
- ❖ Desarrollar cada una de las etapas de la metodología Seis Sigma para el mejoramiento de la calidad del proceso productivo de la Industria Licorera del Cauca.

## **DIAGNOSTICO ACTUAL DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA**

En este capítulo se muestra la situación actual del proceso productivo en cuanto a dar a conocer el funcionamiento del proceso productivo, abordando características importantes del mismo, así como sus componentes. Además se realiza el cálculo de DPMO (Defectos por millón de oportunidades) y NIVEL SIGMA actual del proceso, para saber el nivel de eficiencia del proceso productivo de la Industria Licorera de Popayán, midiendo y describiendo el desempeño para identificar los puntos críticos del proceso

### **1.11 Descripción y diagrama de proceso**

Para analizar la situación actual de la Industria Licorera del Cauca y dar conocer los puntos críticos del proceso productivo a fondo, se tomaron datos durante el año 2014, 2015, 2016 y 2017. Para obtener un amplio conocimiento de los procesos que se realizan en esta empresa y en los que interviene de forma operativa el área de calidad es necesario conocer el funcionamiento y esquema de los procesos de preparación y envasado, estos dos son los procesos más importantes y que cuentan con la intervención de equipos industriales en el proceso productivo para la elaboración del aguardiente caucano.

## **ANÁLISIS DE PROCESOS**

### **1.12 Proceso de preparación**

El proceso de preparación de aguardiente cuenta con tres etapas básicas las cuales son alcohol, agua y esencias.

- ❖ **ALCOHOL:** El proceso de preparación de aguardiente inicia con la llegada de 40.000 litros de alcohol que son transportados por carro tanques y que después de su arribo a la planta se realiza un control de calidad para verificar el grado alcohólico, grado alcohólico que debe estar entre un (96, 2%) para seguir con el proceso, para que el contenido sea extraído del vehículo se conectan a las motobombas B101 y B102 las cuales depositan el líquido en tanques de almacenamiento, posteriormente el alcohol pasa por el filtro F-104, para luego ser almacenado en las seis cubas disponibles (TK101-TK106) con las que cuenta la empresa que tienen una capacidad

de 40.000 litros y una séptima cuba (TK107) que posee una capacidad superior de 90.000 Litros.<sup>7</sup>

- ❖ AGUA: El agua que recibe la Industria Licorera del Cauca por parte del acueducto de Popayán es sometida a un proceso donde el primer paso que se tiene es el almacenamiento del líquido, teniendo el agua almacenada se le realiza una filtración para desprender todas las impurezas y demás contenidos que puedan alterar el producto, procedente de la filtración este líquido pasa a ser almacenado y disponible para combinarse con el alcohol ya previamente tratado en un mismo tanque donde se realiza la primera agitación del proceso de preparación.<sup>8</sup>
  
- ❖ ESENCIAS: La parte de esencias es un proceso secreto de la Industria Licorera del Cauca, consiste en mezclar una cantidad de sabores que caracterizan el buen sabor del aguardiente. Cuando el proceso de mezclado de esencias termina, es almacenado y deriva en los tanques de agitación para que junto con la primera agitación de alcohol y agua se pueda realizar un segundo proceso que da como resultado la obtención del aguardiente, depositándolo así en unas cubas de almacenamiento que permiten la disponibilidad del aguardiente para la línea de envasado.<sup>9</sup>

---

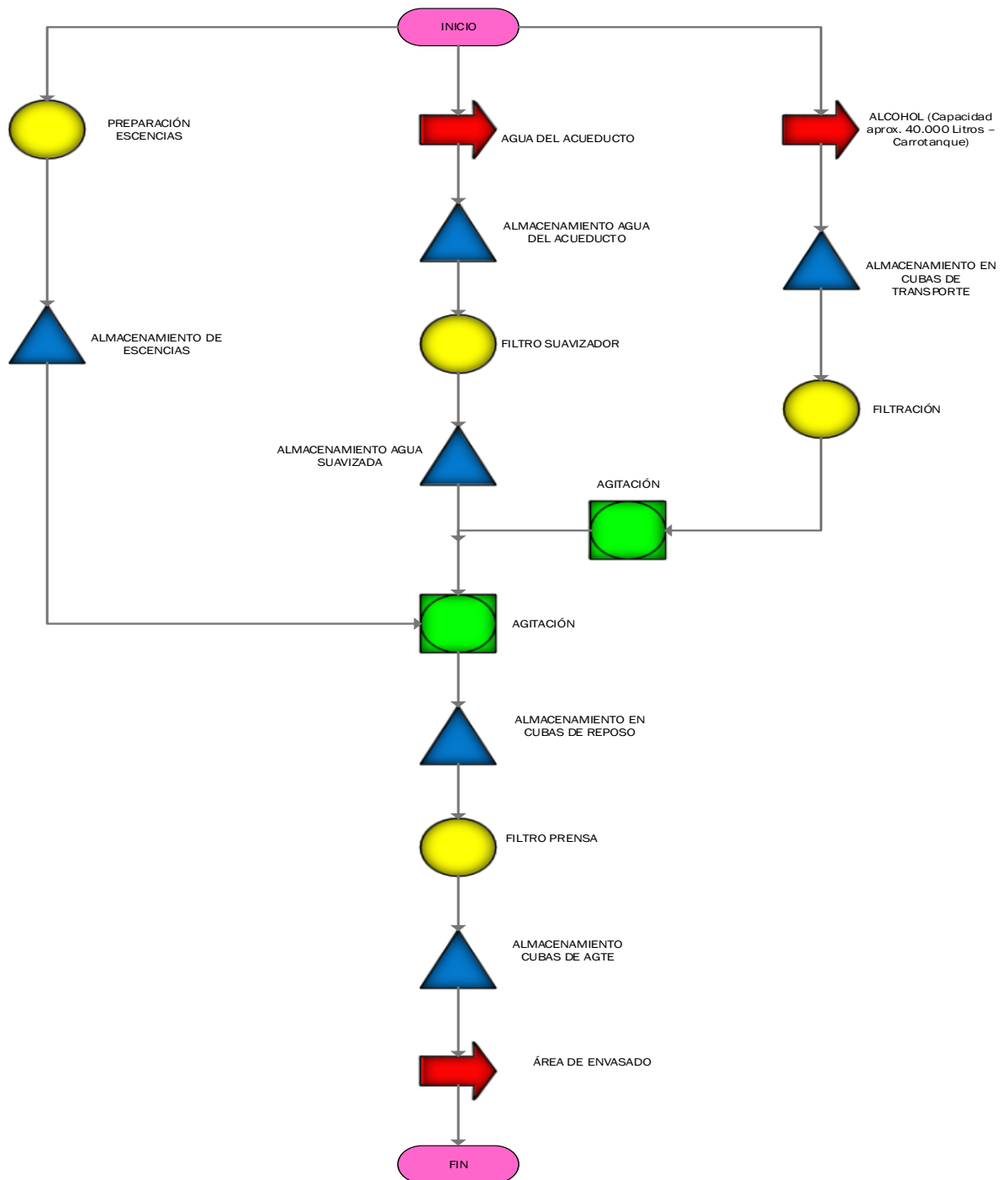
<sup>7</sup> SANCHEZ, Neider; PORTILLA, Andrés. “propuesta para mejorar el indicadores (eficiencia global de los equipos), mediante la aplicación del mantenimiento productivo total (tpm) en el proceso productivo de la industria licorera del cauca.”

<sup>8</sup> Ibit. P. 15

<sup>9</sup> Ibit. P. 15

**Figura 1.** Diagrama de preparación de aguardiente





**Fuente:** Nora Fernanda Arciniegas Sánchez.2017<sup>10</sup>

<sup>10</sup> ARCINIEGAS Fernanda. "Propuestas para mejorar la productividad mediante la aplicación de técnicas del Lean Manufacturing. s.f.

### **1.13 Proceso de envasado**

El proceso de envasado de aguardiente es la acción que se realiza después de que el proceso de preparación se realiza de forma correcta, este cuenta con una línea de ensamblaje Filling System que tiene a su disposición siete equipos principales (Depaletizadora, Triblock, Etiquetadora, Video Jet, Devider y Encartonadora) los cuales son los encargados de realizar las labores principales de esta área.

Para el envasado de las presentaciones de aguardiente (Tradicional y Sin Azúcar) se realiza un alistamiento de materia prima (envase, cartón, pegante, etiquetas y tapas), el cual es transportado desde la bodega de almacenamiento hasta el área de envasado, donde existen zonas de almacenamiento temporal.

El proceso de envasado de aguardiente inicia con el transporte de los pallet utilizando un montacargas el cual transporta los pallet que contienen siete tendidos de envase cada uno, de cada pallet pueden variar las cantidades dependiendo la presentación a trabajar en el día (Media Botella 483 Und, Botella 280 Und, Garrafa 110 Und) esto pasa hacia la Depaletizadora, esta máquina es la encargada de prensar cada tendido y ubicarlo sobre la mesa, antes de pasar al sistema de transporte o banda transportadora el operario de esta máquina debe retirar el plástico que sujeta a los envases para su flujo óptimo, otro operario realiza la primera inspección visual para descartar los envases que presentan no conformidades (rotura, manchas, desgaste, entre otros) e informar al área de control de calidad quien los registra en sus bitácoras.

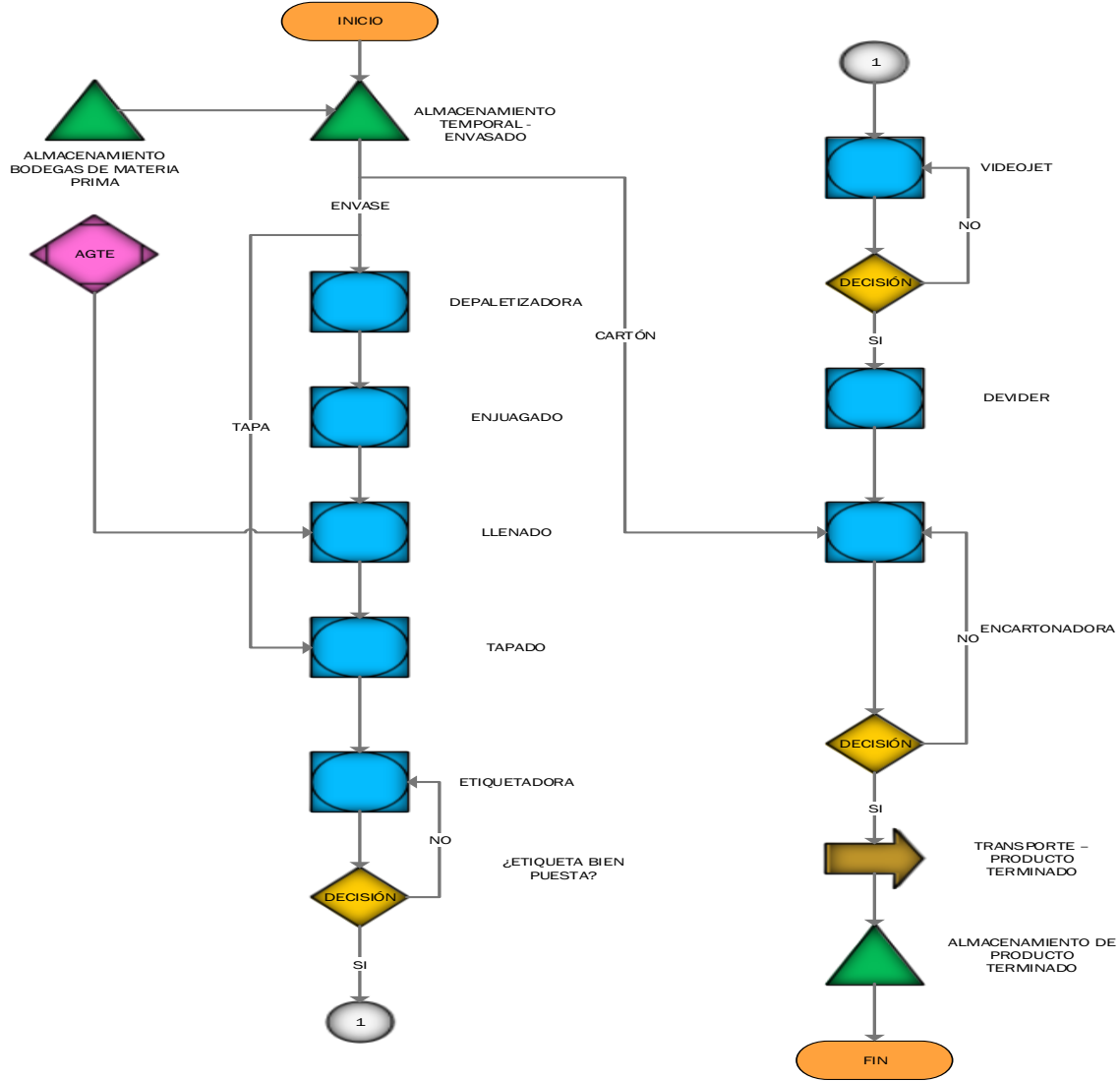
Los envases llegan al Triblock, esta máquina se encarga de realizar tres operaciones: lavado del envase, llenado del envase con su producto (aguardiente) y por último el tapado del envase para que continúe su camino hacia la etiquetadora.

La etiquetadora, se encarga de colocar en cada envase la etiqueta representativa de la empresa con sus respectivas especificaciones de fabricación e información necesaria para el cliente final. Esta máquina también cuenta con un injet de marcación, el cual coloca sobre la etiqueta la fecha, la hora y un símbolo característico. Antes de pasar a la siguiente máquina u operación, se realiza una inspección de verificación de la etiqueta. En caso de rechazo se informa al analista de calidad y se procede a realizar un reproceso o la actividad más idónea para el caso.

Seguidamente los envases se dirigen hacia el Devider, el cual se encarga de separar los envases, asignando la cantidad necesaria en los carriles de forma automática que evite el colapso de botellas o el ausentismo de ellas en cada carril antes de llegar a la encartonadora, en donde envases, es importante tener en cuenta que el número de envases por caja va de acuerdo a la referencia, por tanto para Media Botella, las cajas contienen 24 unidades, para Botella contienen 12 unidades y para Garrafa son 6 unidades. Por último, se marca la caja con la fecha

y el lote (A o B) y son apiladas por un operario, antes de pasar al área de producto terminado.

Figura 2. Diagrama de envasado de aguardiente



Fuente: Nora Fernanda Arciniegas Sánchez.2017<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Ibít. p. 34

## DESARROLLO METODOLOGIA DMAIC

Para el desarrollo de este proyecto se va a utilizar la metodología DMAIC de Lean Seis Sigma.

### 1.14 Fase definir

La primera fase de la metodología DMAIC consiste en la identificación del problema y establecer un objetivo para el proyecto, para este caso, el que se realizará en la Industria Licorera del Cauca en el área de envasado. Para ello fue necesario definir de manera adecuada los requisitos que debe cumplir el proceso, es decir, las expectativas del cliente; según Ruiz & Rojas “estos requisitos deben analizarse y jerarquizarse y en terminología Seis Sigma se denomina habitualmente CTQ (Critical To Quality). Resulta esencial que esos requisitos sean medibles”<sup>12</sup>. Para la recopilación y jerarquización de este se utilizó una matriz de VOC (Voz del cliente).

Como un punto de partida tanto del proyecto como de la etapa de definir se desarrolló el marco del proyecto (Project Charter). Ésta es una carta de presentación en el que se resume todo el proyecto, en él se identifica el título y/o propósito, problema y/o necesidad, el objetivo, los alcances, grupo de trabajo, métricas y cronograma.

**Tabla 1.** Project Charter

MARCO DEL PROYECTO	
Título/Propósito	DISEÑO DE UN MODELO DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN EL PROCESO PRODUCTIVO BASADO EN LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA.
Problema y/o	La Industria Licorera del Cauca, desea disminuir la cantidad de

---

<sup>12</sup> RUIZ Arturo; ROJAS Falcó. “Introducción a 6 Sigma “[En Línea]. [marzo 2019] Disponible en:

<http://web.cortland.edu/matresearch/SeisSigma.pdf>

necesidad	bajas y/o defectuosos existentes en su proceso productivo en el área de envasado, además de crear planes de acción que disminuyan la variación del proceso (proporción de defectuosos), mediante el desarrollo de cada una de las etapas de la metodología DMAIC (Seis Sigma).
Objetivo	Desarrollar cada una de las etapas de la metodología DMAIC - Seis Sigma incorporando la filosofía Lean Manufacturing para mejorar la calidad del proceso productivo en el área de envasado de la Industria Licorera del Cauca.
Alcance	El proyecto de grado se limitará al mejoramiento de la calidad del proceso productivo de aguardiente en el área de envasado.
Propietarios	División Producción.
Patrocinador	Jefe de la División Producción
Equipo de trabajo	J.M (Jefe de la División), F.A (Directora de Trabajo de Grado), J.M (Ejecutor del proyector), O.A (Ejecutor del proyecto).
Recursos	Línea de producción de aguardiente, registros de producción y calidad.
Métricas	Bajas y/defectuosos de proceso, PPM de defectuosos del proceso.
Fecha de inicio	Septiembre de 2017
Fecha planeada para finalizar el proyecto	Diciembre de 2018
Entregable del proyecto	Documento final (Trabajo de Grado), disminución de bajas y/o defectuosos de proceso, definición de métricas y KPI's del proceso, creación de propuestas basadas en Lean Manufacturing para mejoramiento del proceso productivo.

Fuente: Autores.

#### 1.14.1 Identificación del cliente.

Después de tener claro la identificación del problema y como se va llevar a cabo este proyecto, el siguiente paso es identificar al cliente, para ello se debe determinar a quién afecta directamente el problema, por lo que es de vital importancia saber a quién se es afectado principalmente. Toda empresa tiene tanto clientes internos como externos. Según Ameca Carreón “el cliente interno es el elemento dentro de una empresa, que toma el resultado o producto de un proceso como recurso para realizar su propio proceso (...) y el cliente externo es

la persona que no pertenece a la empresa y solicita satisfacer una necesidad (bien o servicio)”<sup>13</sup>.

Para este proyecto se enfocó en los clientes internos, puesto que el problema se presenta en el proceso productivo (envasado) de la Industria Licorera del Cauca. Estos pertenecen al departamento de la división producción, entre ellos se encuentran el Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento, Coordinadores y operarios. (Incorporado también en el diagrama SIPOC como se muestra en la figura 1.

#### **1.14.2 Determinación de las variables de entrada y salida.**

Para este proyecto cabe la necesidad de identificar las entradas y salidas del proceso productivo de la empresa que según Gryna.

Un enfoque clave es la relación entre las variables de entrada y los resultados de un proceso, expresada como:

$$Y = f(X1 \dots Xn)$$

Conceptualmente, los resultados de producto (Y) son una función (f) de muchas variables de procesos X1 . . . Xn. Así, Y es un resultado, un efecto, una variable dependiente; X son entradas, causas, variables dependientes. El enfoque Seis Sigma identifica las variables del proceso que causan variación en los resultados del producto. Algunas de estas variables del proceso son críticas para la calidad, se fijan en un valor determinado y se mantienen dentro de un rango específico (es decir, “variables controlables”). Otras variables no pueden mantenerse fácilmente en torno a un valor determinado y son consideradas incontrolables o “ruido”<sup>14</sup>.

---

<sup>13</sup> AMECA, José. “Cliente interno y externo en una organización” [En Línea]. [citado en 6 marzo de 2019] Disponible en:

<https://www.gestiopolis.com/cliente-interno-y-externo-en-una-organizacion/>

<sup>14</sup> GRZYNA Frank M.; CHUA Richard C. H.; DEFEO Joseph A. Método Juran análisis y planeación de la calidad. Bogotá: McGRAW-HILL, 2007. P.774

**Figura 3.** Variable dependiente, independiente y de ruido.

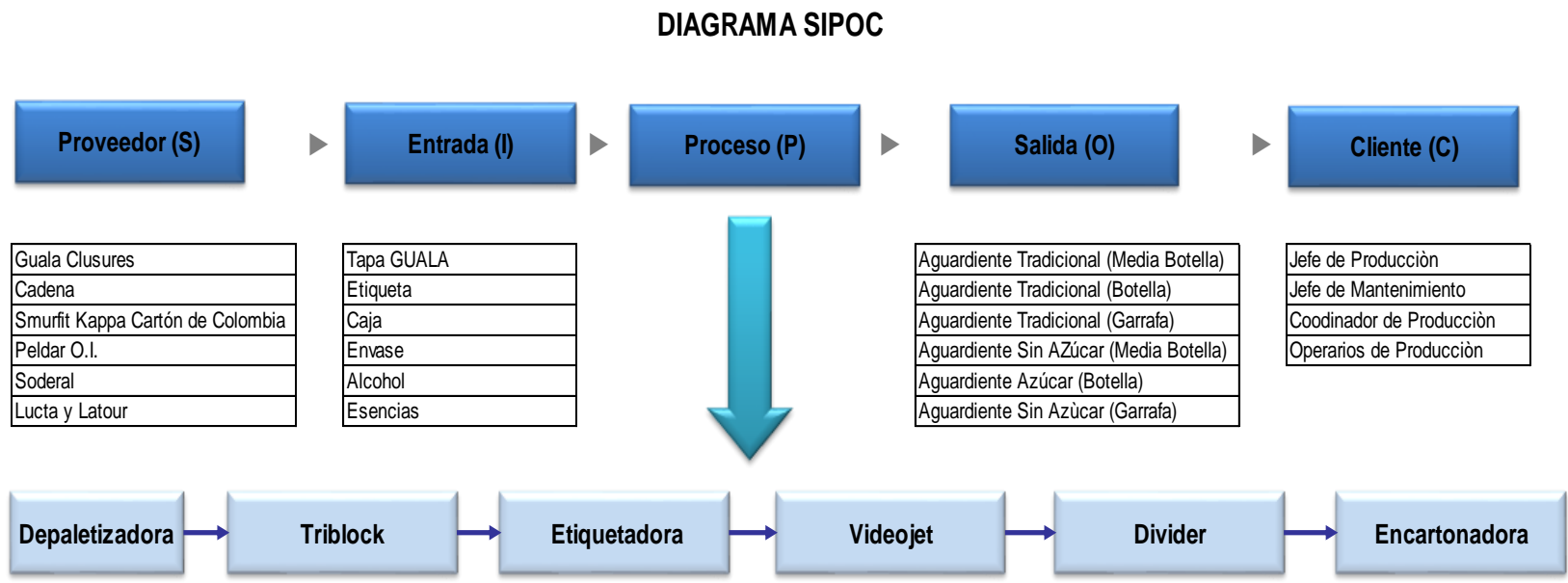
<b>Y = F(X)</b>		
<b>Y</b>	<b>X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>,.....X<sub>n</sub></b>	<b>Z's</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variable dependiente</li> <li>• Salida (respuesta)</li> <li>• Efecto</li> <li>• Síntoma</li> <li>• Monitoreable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variable independiente</li> <li>• Entrada-Proceso</li> <li>• Causa</li> <li>• Problema</li> <li>• Controlable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variables de ruido</li> <li>• Incontrolables</li> </ul>

**Fuente:** “Aplicación de la metodología Seis Sigma, en mejora del desempeño en el consumo de combustible de un vehículo en las condiciones de uso del mismo”. Morales Jorge.

A continuación, se presenta un diagrama SIPOC para la Industria Licorera del Cauca en el cual se visualiza principalmente las entradas y salidas del proceso productivo, además de ello los proveedores y los clientes que fueron identificados anteriormente



**Figura 4.** Diagrama SIPOC del proceso productivo



**Fuente:** Propia

### 1.14.3 Determinación de los CTQ's (críticos para la calidad) mediante la voz del cliente (VOC).

Para este paso se necesita conocer cuál es la necesidad del cliente y tener la forma de cómo medir los puntos más críticos de la voz del cliente, misma que según Sosa “para conocer bien a nuestros clientes vamos a contar con una serie de atributos que denominaremos CTQ's (Critical to Quality, o Parámetros de Calidad Críticos, por sus siglas en inglés), que son los elementos más importantes para evaluar la relación calidad/expectativa del cliente”<sup>15</sup>. Los CTQ's vienen relacionados con la metodología Seis Sigma del cual trata este proyecto, Sosa<sup>16</sup> Afirma que:

Los CTQ's son muy importantes a la hora de conseguir la máxima eficiencia en los procesos productivos de cualquier empresa. Además, cumplen un rol esencial en la aplicación de la metodología Seis Sigma, que es un procedimiento estructurado y disciplinado de gestión orientado a ofrecer productos y servicios de calidad sobre una base constante y sistemática, reduciendo la variabilidad de los defectos al minimizar la desviación estándar. Su lema se puede resumir en: *lo crucial no es hacer más, sino hacerlo mejor*. Es priorizar la calidad sobre la cantidad. En definitiva, vender más pero también vender mejor.

Para determinar los CTQ's se elaboró una matriz de la voz del cliente para tener una forma ordenada y entendible de las necesidades de división producción que este caso es el cliente interno.

En ella se toma la queja del cliente para lograr convertirla en una característica de calidad del problema clave y luego convertirlo en un CTQ (Crítico para la Calidad). Cabe destacar que para tener un CTQ se necesita establecer la forma en cómo medir o tener un indicador la cual permite saber si se está cumpliendo con la satisfacción del cliente y también cuáles son los límites de especificación.

---

<sup>15</sup> SOSA, Walter. “Lo que ellos quieren ¿qué son los CTQs?. [En línea]. [13 marzo de 2019] disponible en:

(<https://www.santanderrio.com.ar/banco/online/pymes-advance/formacion-empresarial/pildoras-de-conocimiento/estrategia-de-negocios/lo-que-ellos-quieren-que-son-los-ctqs>)

<sup>16</sup> Ibit.. p. 1

**Tabla 2.** Matriz voz del cliente (División Producción)

<b>MATRIZ VOZ DEL CLIENTE (VOC)</b>				
<b>VOC QUEJAS / (Voz del Cliente)</b>	<b>Característica de calidad / problema clave</b>	<b>CTQ's - Necesidades (crítico para la calidad)</b>	<b>Medición/Indicador</b>	<b>Límite de especificación</b>
Gran cantidad o Bajas desperdicios en las tapas	Se presenta bajas por tapas superiores a las permitidas por ILC	Disminuir la cantidad de bajas en las tapas	Bajas/Defectuosos (En PPM)	0%-2%
Gran cantidad o Bajas desperdicios en las etiquetas	Se presenta bajas por etiquetas superiores a las permitidas por ILC	Disminuir la cantidad de bajas en las etiquetas	Bajas/Defectuosos (En PPM)	0%-2%
Gran cantidad o Bajas desperdicios en las cajas	Se presenta bajas por cajas superiores a las permitidas por ILC	Disminuir la cantidad de bajas en las cajas	Bajas/Defectuosos (En PPM)	0%-2%
Gran cantidad o Bajas desperdicios en los envases	Se presenta bajas por envases superiores a las permitidas por ILC	Disminuir la cantidad de bajas en los envases	Bajas/Defectuosos (En PPM)	0%-2%

**Fuente:** Matriz de la voz del cliente (VOC).

De forma general las quejas por parte del departamento de la división producción fueron la cantidad de bajas significativos en las materias primas necesarias para el área de envasado, luego al convertirla en una característica de la calidad o problema clave, se determinó que se presentaban bajas y/o defectuosos superiores a las permitidas por la Industria Licorera del Cauca (ILC) y que la necesidad o crítico para la calidad (CTQ) es disminuir la cantidad de defectuosos. Su forma de medición será la cantidad de “bajas y/o defectuosos” en PPM y los límites de especificación establecidos por la empresa es el 0% al 2% del total de la producción por cada materia prima. Es decir, del total de cada una de las materias

primas requeridas para el área de envasado se permite el 2% de bajas y/o defectuosos.

### **1.15 Fase medir**

Según **RUIZ Arturo y ROJAS Falcó** “El objetivo de esta fase es identificar la fuente del problema de la manera más precisa posible. Este objetivo no se podría alcanzar si no se dispusiera de datos, por lo que es preciso medir. En esta fase se recopilan los datos que describen el comportamiento del proceso”<sup>17</sup>.

Para este caso se tomaron los datos históricos de las bajas del proceso de envasado de los años 2014, 2015, 2016 y 2017, (en el anexo A se muestra un ejemplo de las bajas de materia prima por cada mes del año del 2017, año del cual se realiza el análisis de este proyecto) para lograr analizar la capacidad del proceso actual, también se analizaron los costos de calidad COPQ (“costo de la baja calidad” en términos de Seis Sigma), que se estaba presentando en el área de envasado por cada una de las materias primas de la Industria Licorera del Cauca. Esto se hace con el fin de posteriormente lograr cuantificar las mejoras financieras y definir los CTQ’s. A continuación, se presentan diferentes diagramas de Pareto con el fin de identificar y llegar de manera precisa a la necesidad del cliente.

#### **1.15.1 Identificación de la necesidad del cliente.**

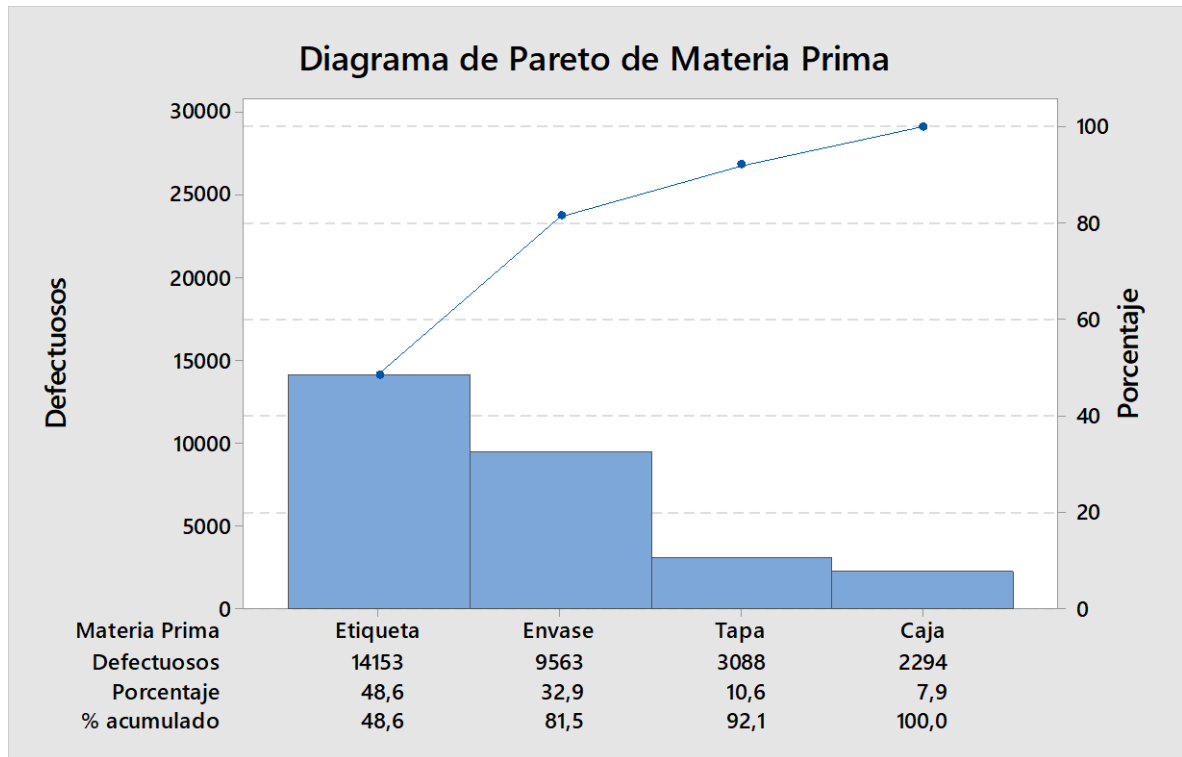
Los datos obtenidos de la Tabla 2. Matriz de la voz del cliente se priorizaron mediante diagramas de Pareto para identificar los problemas o causas más relevantes.

Mediante los diagramas se identificaron cuáles son las materias primas con mayores bajas y/o defectuosas de acuerdo a su producción y también cuales generan mayores costos para la Industria Licorera del Cauca en su proceso productivo del área de envasado. En el siguiente diagrama de Pareto se presenta la cantidad de defectuosos por materia prima obtenida en el año 2017.

---

<sup>17</sup> RUIZ; ROJAS, Op. Cit., p. 67

**Figura 5.** Diagrama de Pareto de bajas por materia prima

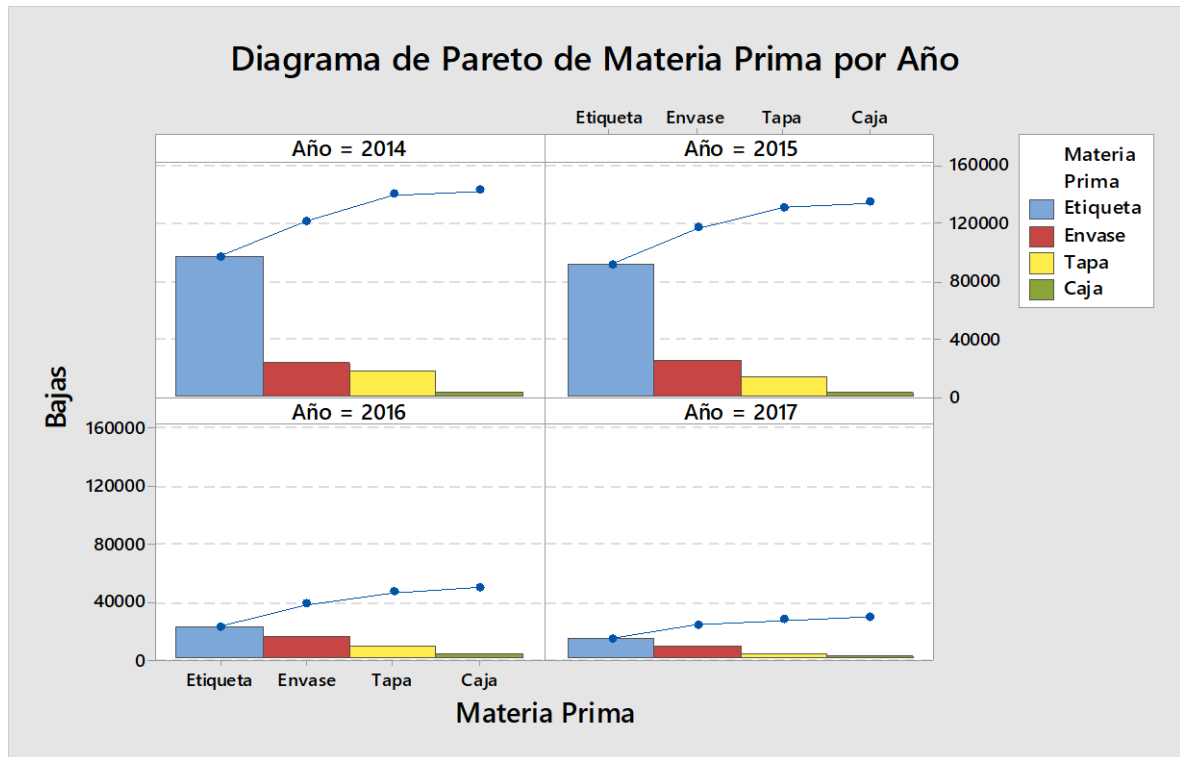


**Fuente:** Autores

En la Figura 2 se puede observar que las etiquetas representan aproximadamente la mitad del total de defectuosos (48.6%), seguidamente del envase (32,9%) que complementa el 80% de defectuosos del total de materia prima requerida para el proceso productivo del área de envasado y la tapa y la caja se presenta es muy baja proporción.

Para corroborar si esta situación se presentaba solamente de esta forma en el último año, se realizó el análisis de los últimos cuatro años (que son los años de los cuales se va a utilizar para el análisis de este proyecto) y tuvo el siguiente comportamiento.

**Figura 6.** Diagrama de Pareto bajas por materia prima por año

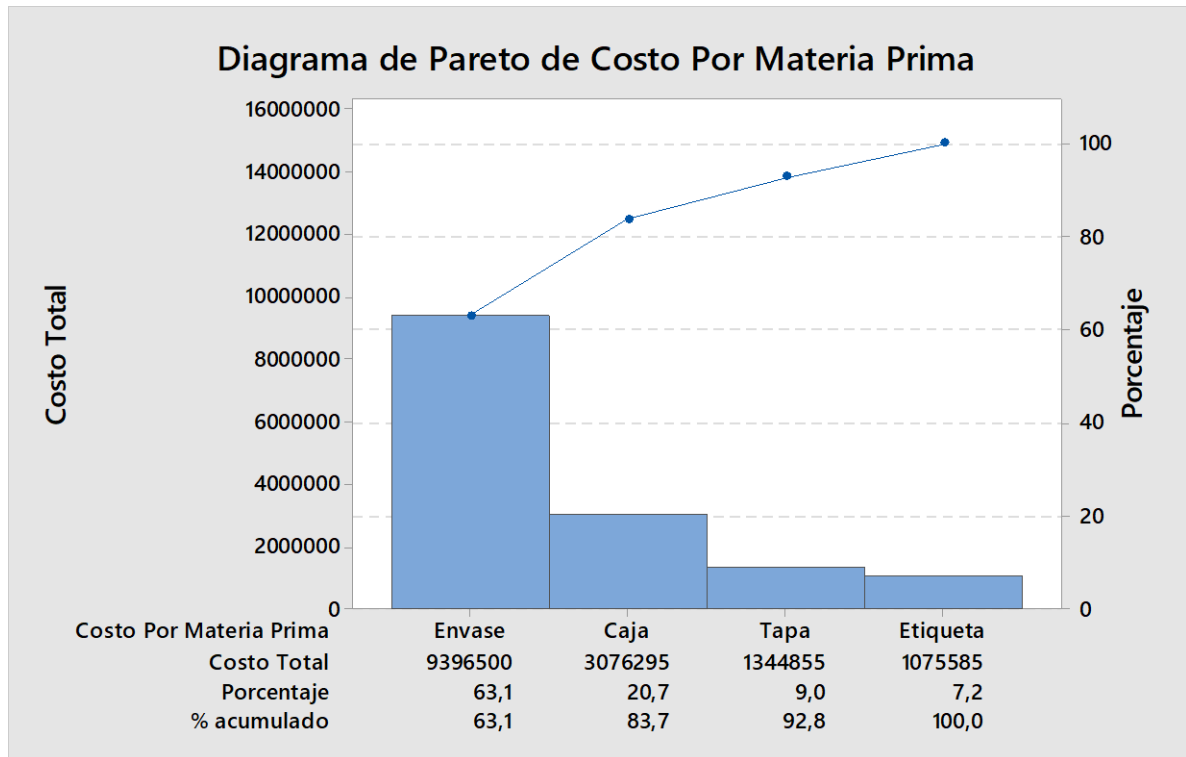


**Fuente:** Autores

En la Figura 3 se presentan 4 diagramas de Pareto de bajas y/o defectuosos por materia prima de los años 2014, 2015, 2016 y 2017 de la cual se puede analizar que el proceso productivo en el área de envasado de la Industria Licorera del Cauca siempre ha mantenido esa tendencia y no únicamente en el año 2017 (año en que se extrajeron los datos para el desarrollo de este proyecto). Aunque se logre observar que en los dos últimos años se han reducido gran cantidad de bajas y/o defectuosos su problemática por desperdicios en materia prima se sigue presentando de la misma forma.

Como se dijo anteriormente los proyectos Seis Sigma se enfocan en los costos por calidad COPQ, es por esto que se realizó un diagrama de Pareto para identificar cuales generaban mayores costos por baja y/o defectuoso de materia prima en el proceso productivo en el área de envasado en el año 2017.

**Figura 7.** Diagrama de Pareto costo por materia prima

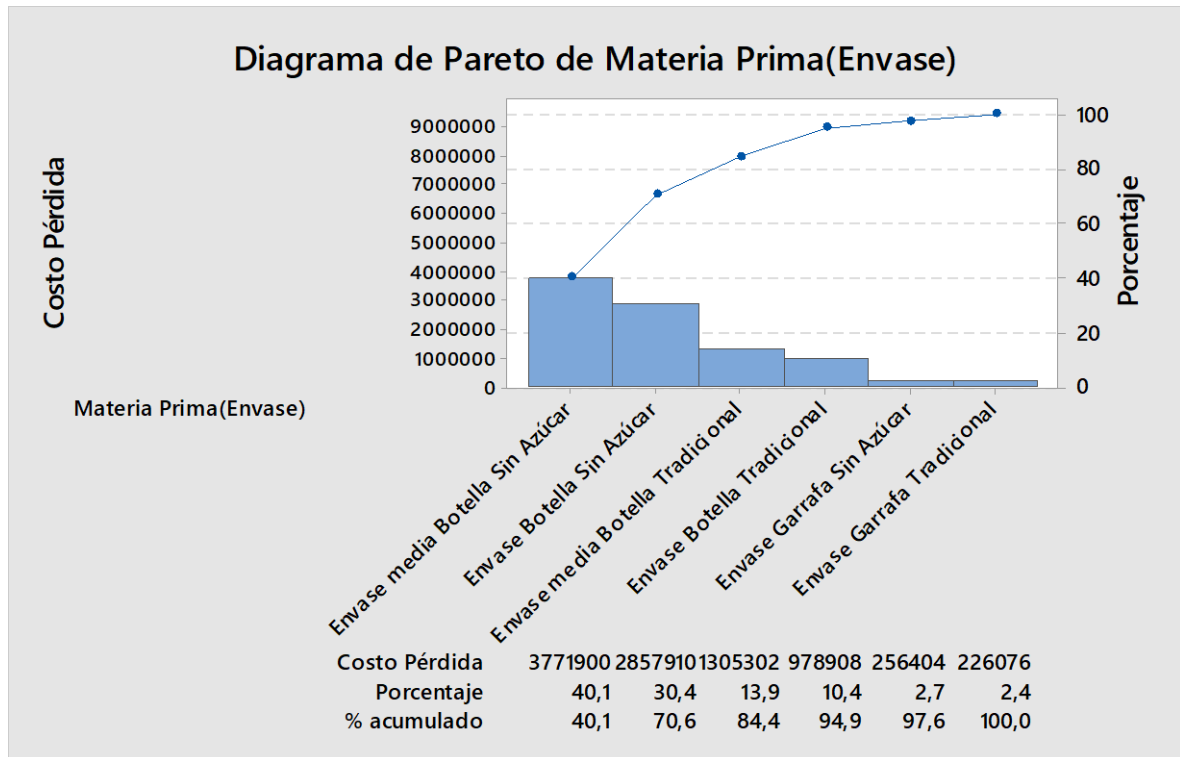


**Fuente:** Autores

En la Figura 4 se logra observar un dato curioso en la etiqueta, ya que en la Figura 2 las etiquetas representaban aproximadamente la mitad del total defectuosos por materia prima, es decir era el problema más relevante, pero en cuanto a costo representa tan solo el 7.2% y se ubica en la última barra del diagrama de Pareto. El envase que era seguido de la etiqueta ahora se ubica en primer lugar, y supera la mitad del costo total por materia prima (63.1%). Lo cual se concluye que el proceso productivo en el área de envasado de la Industria licorera del Cauca se está presentando costos muy elevados por bajas y/o defectuosos por tan solo una materia prima (envase) y es aquí donde se centrará este proyecto de mejora.

Se hace necesario aclarar, que la Industria Licorera del Cauca produce y comercializa dos tipos de aguardiente, tradicional y sin azúcar; en diferentes presentaciones, media botella, botella y garrafa. Por tal motivo se realizó el siguiente diagrama de Pareto para identificar qué tipo y presentación genera mayor costo por calidad.

**Figura 8.** Diagrama de Pareto bajas por envase

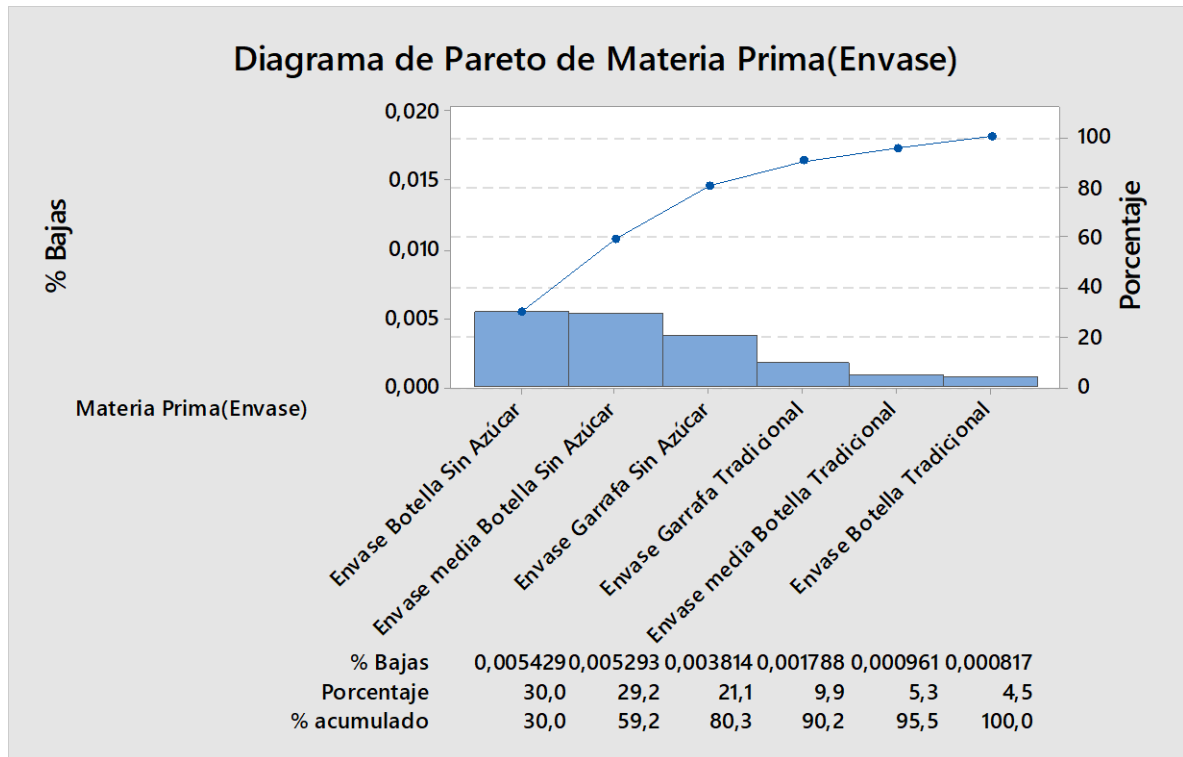


**Fuente:** Autores

En la Figura 5 observa que el envase media botella sin azúcar, el envase botella sin azúcar y envase botella tradicional representan el 80% del costo de pérdidas por calidad total de baja y/o defectuoso por materia prima. Pero en este diagrama de Pareto no se tuvo en cuenta la producción de cada una de estas presentaciones al año, es decir, hay presentaciones que son mayor demandadas y por obvia razón se producen más que otras; en ese orden de ideas se procedió a realizar un diagrama de Pareto que tuviera en cuenta esa situación con la intención de llegar a la forma más precisa de la necesidad del cliente CTQ.



**Figura 9.** Diagrama de Pareto bajas por materia prima por producción



**Fuente:** Autores

En la Figura 6 se presenta un diagrama de Pareto del porcentaje de defectuosos con respecto a la producción del año 2017. Lo que quiere decir que por su mayor producción (presentaciones mayores demandadas) en la Figura 5, el envase media botella sin azúcar, el envase botella sin azúcar y el envase media botella tradicional proporcionaban el 80% de los costos por bajas y/o defectuosos. Pero con el presente diagrama de Pareto se confirma que solo una presentación de envase (aguardiente sin azúcar) es el causante de los mayores costos por calidad por bajas y/o defectuosos en materia prima.

Mediante todo este análisis que se realizaron con los diagramas de Pareto presentados anteriormente se logra determinar que la necesidad del cliente CTQ's (Critico para la Calidad) es:

- *CTQ(Y1): Disminuir la cantidad de defectuosos del envase presentación sin azúcar.*

Nota: Mediante las especificaciones de la ficha técnica del envase presentación sin azúcar y tradicional se logró identificar que son de tipo de envase diferente, y centrándose en el CTQ el envase presentación sin azúcar corresponde a un envase opalizado.

**Tabla 3.** Especificaciones aguardiente caucano tradicional y sin azúcar 375cc. 750cc. 1750cc. Y PET 375cc.

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES	
	TRADICIONAL	SIN AZUCAR
Clase de licor	Anisado sin adición de azúcar	Anisado sin adición de azúcar
Concentración alcohólica (a 20° C)	Mín. 29 %Vol.	Mín. 29 %Vol.
Olor	Característico	Característico
Color	Incoloro	Incoloro
Sabor	Característico	Característico

CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES	
	TRADICIONAL 375cc.	SIN AZUCAR 375cc.
Caja de Cartón	108357	116568
Envase	Ref. L 4076 Flint	Ref. L 4076 Opalizado
Etiqueta	Largo 89 mm, Alto 72 mm	Largo 89 mm, Alto 72 mm
Tapa	Ref. 1331/47 – Verde	Ref. 1331/47- Azul
Capacidad punto llenado	375cc.	375cc.
CARACTERÍSTICAS	TRADICIONAL 750cc.	SIN AZUCAR 750cc.
Caja de Cartón	108358	116044
Envase	Ref. L 4077	Ref. L 4077
Etiqueta	110 mm. de largo x 87 mm. de alto Troquelado	110 mm. de largo x 87 mm. de alto Troquelado
Tapa	Ref. 1331/47 – Verde	Ref. 1331/47- Azul
Capacidad punto llenado	750cc.	750cc.
CARACTERÍSTICAS	TRADICIONAL 1750cc.	SIN AZUCAR 1750cc.
Caja de Cartón	AGTE TRAD. 6 X 1750 ML	AGTE S/A. 6 X 1750 ML
Envase	Ref. L 4433	Ref. L 4433
Etiqueta	94 mm. de largo x 94 mm. de alto Troquelado	94 mm. de largo x 94 mm. de alto Troquelado
Tapa	Ref. 8190 – Verde	Ref. 8190 - Azul
Capacidad punto	1750cc.	1750cc.

CARACTERÍSTICAS	PET TRADICIONAL 375cc.	PET SIN AZUCAR 375cc.
	Caja de Cartón	24 UNIDADES x 375cc PET VERDE
Envase	E 375cc. OV PET34G NAT TQUALA ½ AGT	E 375cc. OV PET34G NAT TQUALA ½ AGT
Etiqueta	Largo 60 mm, Alto 60 mm	Largo 60 mm, Alto 60 mm
Tapa	Ref. 1331/47 - Verde	Ref. 1331/47- Azul
Capacidad punto llenado	375cc.	375cc.

**Fuente:** Industria Licorera del Cauca

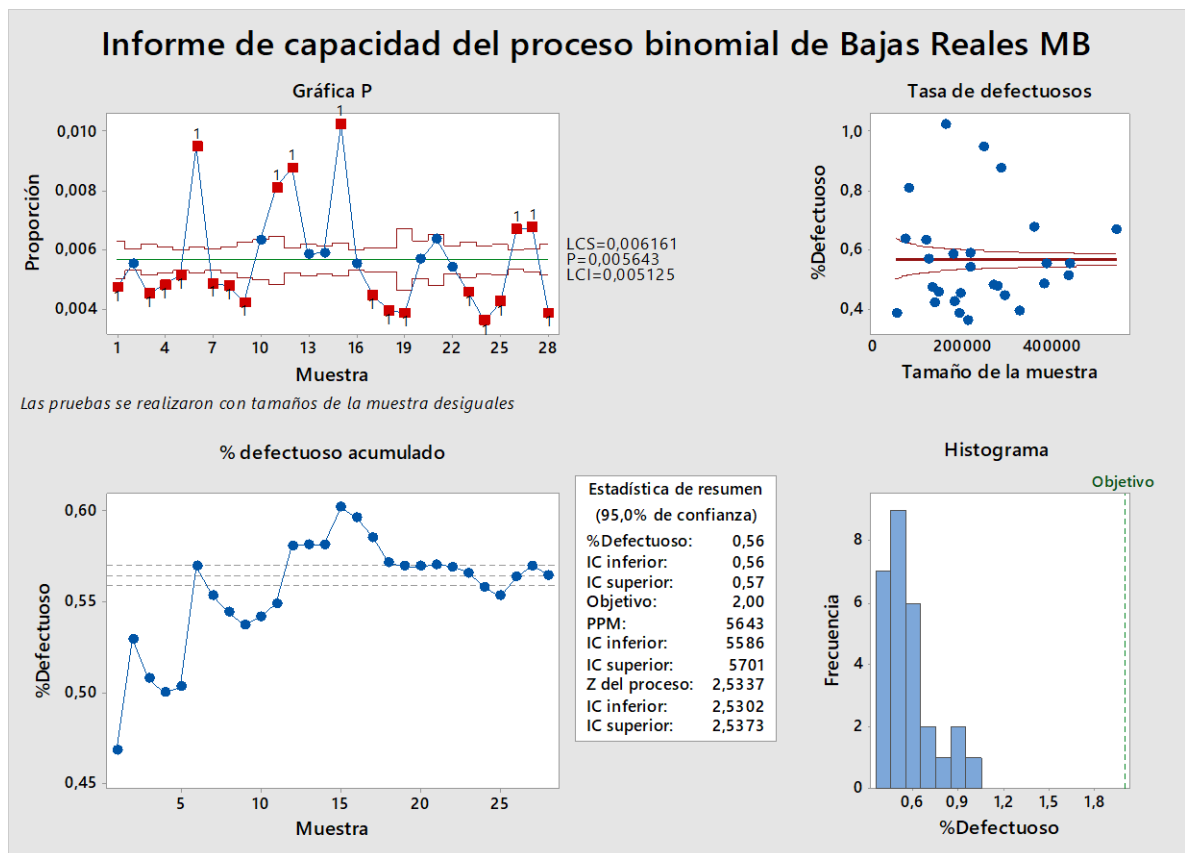
### 1.15.2 Capacidad de Proceso.

En la fase de medición se necesita conocer la capacidad del proceso actual de la empresa. Éste se va a realizar mediante un análisis de capacidad binomial en el programa Minitab para las presentaciones media botella, botella y garrafa (de aguardiente sin azúcar).

### 1.15.3 Envase Media Botella (Presentación Sin Azúcar).

Para el análisis de capacidad del proceso binomial del envase media botella (presentación sin azúcar), se tomaron los datos históricos de las bajas y/o defectuosos de los años 2014, 2015, 2016 y 2017.

**Figura 10.** Informe de capacidad del proceso binomial de bajas reales media botella



Fuente: Propia

En la figura 7 se observa, que en la gráfica tasa de defectuosos, los puntos no parecen estar distribuidos aleatoriamente entre los diversos tamaños de la muestra, así que División Producción (cliente interno), puede presuponer que el tamaño de la muestra afecta la tasa de defectuosos. En la gráfica P se aprecia que el proceso de envasado es bastante inestable porque la mayoría de las proporciones de los subgrupos rebasan los límites de control tanto superior LCS como inferior LCI. Lo que quiere decir que este proceso está trabajando sobre causas especiales que por lo general no deben estar presentes en un proceso y que causaron que la proporción de defectuosos fuera anormalmente grande; y la gráfica % defectuoso acumulado indican que el %defectuoso es bastante inestable para este proceso. Por lo tanto, los supuestos del análisis de capacidad parecen no cumplirse.

Como el proceso de envasado del envase opalizado media botella presentación sin azúcar no es estable y no sigue una distribución binomial las estimaciones de capacidad de proceso podrían no ser fiables.

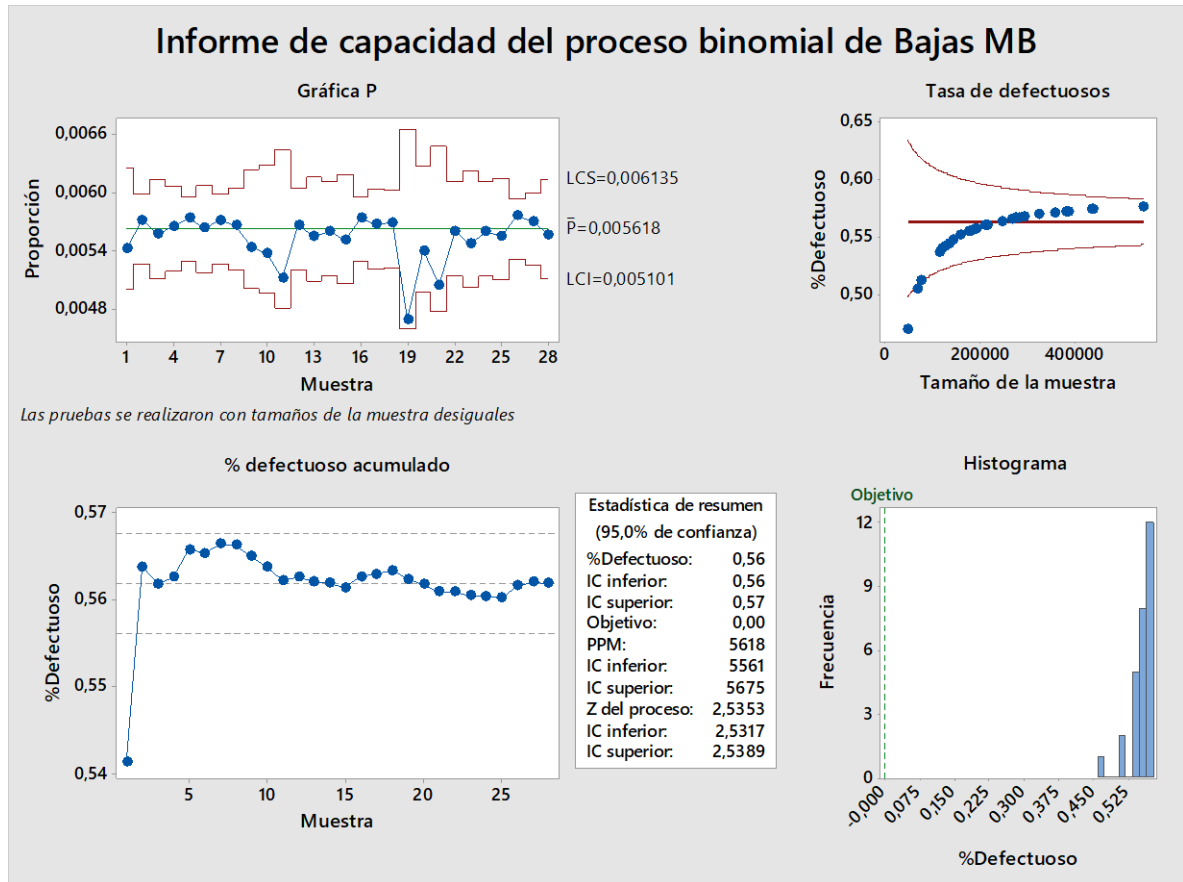
Por ese contexto hubo la necesidad de realizar una *correlación lineal*<sup>18</sup> (Anexo B) de los datos en este caso de producción y las bajas y/o defectuosos de cada mes de los respectivos años anteriormente mencionados para que los datos se comportaran de tal forma que sigan una distribución binomial y que principalmente tuviera un comportamiento ideal o razonable, es decir que de acuerdo a su producción haya una cantidad de materia prima defectuosa coherente. Y lograr realizar el análisis de capacidad binomial teniendo en cuenta los pasos anteriormente mencionados.

A continuación, se muestra el análisis de capacidad binomial con los mismos datos aplicado el proceso de correlación lineal.

---

<sup>18</sup> Ajusta los puntos a la pendiente (con los mismos datos) para evitar variaciones excesivas y así simular un proceso estable (con la

**Figura 11.** Informe de capacidad del proceso binomial de bajas media botella aplicando correlación lineal



**Fuente:** Autores

En este nuevo análisis de capacidad binomial se logra observar en la Figura 8 que en la gráfica Tasa de defectuosos, los puntos parecen estar distribuidos aleatoriamente entre los diversos tamaños de muestra, así que División Producción (Cliente Interno), puede presuponer que el tamaño de la muestra no afecta la tasa de defectuosos. La gráfica P y la gráfica % defectuoso acumulado indican que el %defectuoso es bastante estable para este proceso. Por lo tanto, los supuestos del análisis de capacidad parecen cumplirse.

En la tabla “Estadístico de resumen”, las partes por millón defectuosas (PPM Def) indican que se espera que 5.618 de 1.000.000 de envases (presentación media botella sin azúcar) sean rechazados (defectuosos). Este valor de PPM corresponde a un % de defectuosos de aproximadamente 0.56%. Los límites de confianza superior e inferior (IC) indican que División Producción (Cliente Interno) puede estar 95% seguro de que el %defectuoso del proceso se encuentra dentro del intervalo de 0.56% y 0.57%. El valor Z del proceso de 2.53 es mayor que 2,

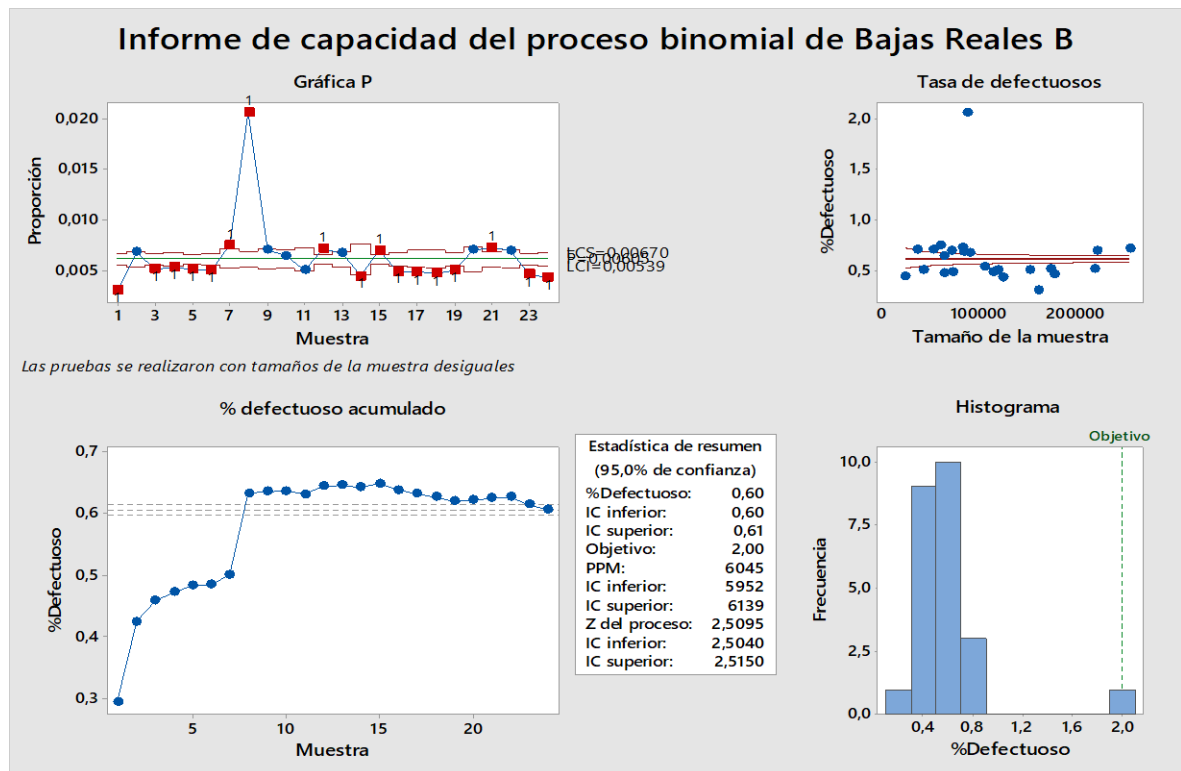
que suele considerarse el valor mínimo necesario para un proceso con capacidad. En conclusión, estos estadísticos de resumen indican que el envase media botella sin azúcar puede ser capaz de cumplir con las especificaciones.

A pesar de que el envase media botella presentación sin azúcar logre cumplir con las especificaciones (teniendo en cuenta que se hizo un proceso de correlación lineal), esa cantidad de PPM de defectuosos (5.618) está generando costos elevados a largo plazo como se logró observar en la fase definir en la Figura 4

#### 1.15.4 Capacidad de Proceso: Envase Botella (Presentación Sin Azúcar).

Para el análisis de capacidad del proceso binomial del envase botella (presentación sin azúcar), realizado en el programa Minitab se tomaron los datos históricos de las bajas y/o defectuosos de los años 2014, 2015, 2016 y 2017.

**Figura 12.** Informe capacidad del proceso binomial de bajas reales botella



**Fuente:** Autores

En la gráfica Tasa de defectuosos, los puntos no parecen estar distribuidos aleatoriamente entre los diversos tamaños de la muestra, así que División

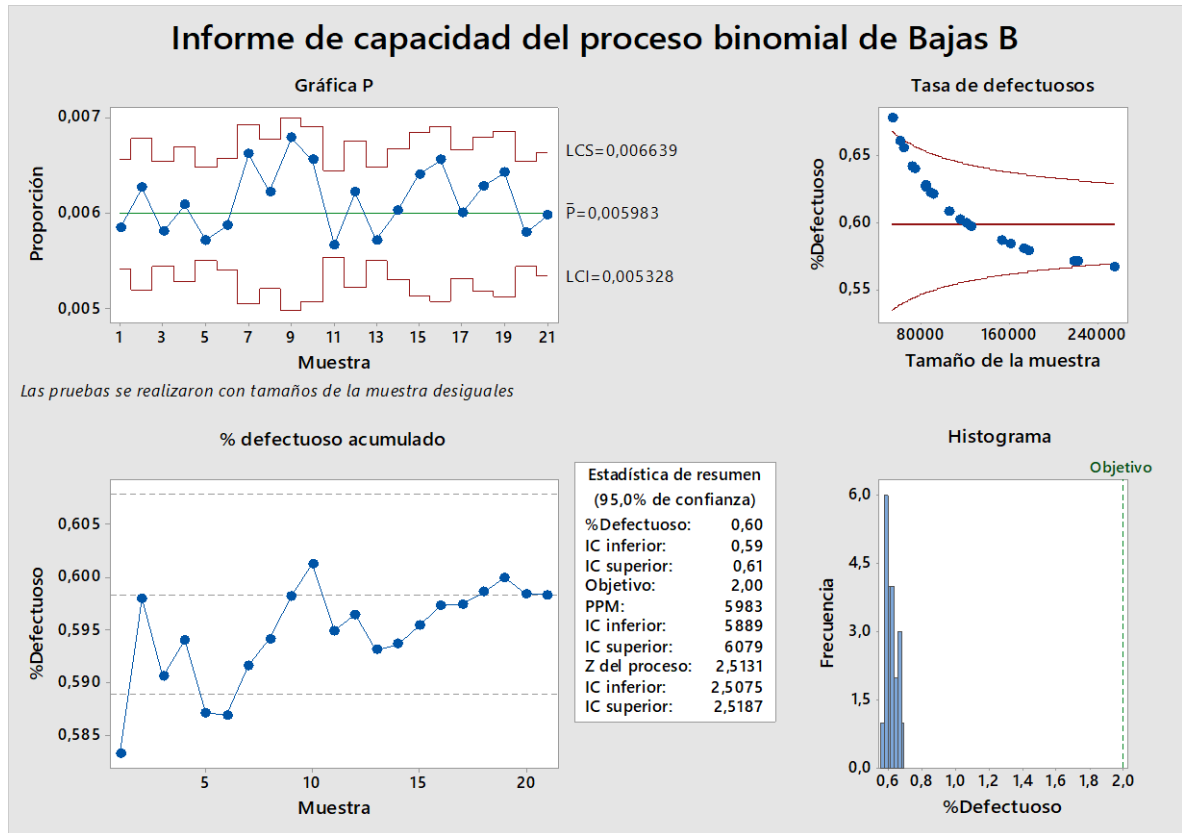
Producción (cliente interno), puede presuponer que el tamaño de la muestra afecta la tasa de defectuosos. La gráfica P y la gráfica % defectuoso acumulado indican que el %defectuoso es bastante inestable para este proceso. Por lo tanto, los supuestos del análisis de capacidad parecen no cumplirse.

Como el proceso del envase botella (presentación sin azúcar) no es estable y no sigue una distribución normal, las estimaciones de capacidad de proceso podrían no ser fiables.

Por ese contexto hubo la necesidad de realizar una correlación lineal (Anexo C) de los datos históricos de la producción y las bajas y/o defectuosos de cada mes de los respectivos años anteriormente mencionados para que los datos se comportaran de tal forma que sigan una distribución binomial y que principalmente tuviera un comportamiento ideal o razonable, es decir que de acuerdo a su producción haya una cantidad de materia prima defectuosa coherente. Y lograr realizar el análisis de capacidad binomial teniendo en cuenta los pasos anteriormente mencionados.

A continuación, se muestra el análisis de capacidad binomial con los mismos datos aplicado el proceso de correlación lineal.

**Figura 13.** Informe de capacidad del proceso binomial de bajas botella aplicando correlación lineal



**Fuente:** Autores

En la gráfica, “Tasa de defectuosos”, los puntos parecen estar distribuidos aleatoriamente entre los diversos tamaños de muestra, así que División Producción (Cliente Interno), puede presuponer que el tamaño de la muestra no afecta la tasa de defectuosos. La gráfica P y la gráfica % defectuoso acumulado indican que el %defectuoso es estable para este proceso; a medida que los puntos se nivelan, la estimación del % de defectuosos se hace más confiable. Por lo tanto, los supuestos del análisis de capacidad parecen cumplirse.

En la tabla, “Estadísticos de resumen”, las partes por millón defectuosas (PPM Def) indican que se espera que 5.983 de 1.000.000 de envases (presentación botella sin azúcar) sean rechazados (defectuosos). Este valor de PPM corresponde a un % de defectuosos de aproximadamente 0.60%. Los límites de confianza superior e inferior (IC) indican que División Producción (Cliente Interno) puede estar 95% seguro de que el %defectuoso del proceso se encuentra dentro del intervalo de 0.59% y 0.61%. El valor Z del proceso de 2.51 es mayor que 2,



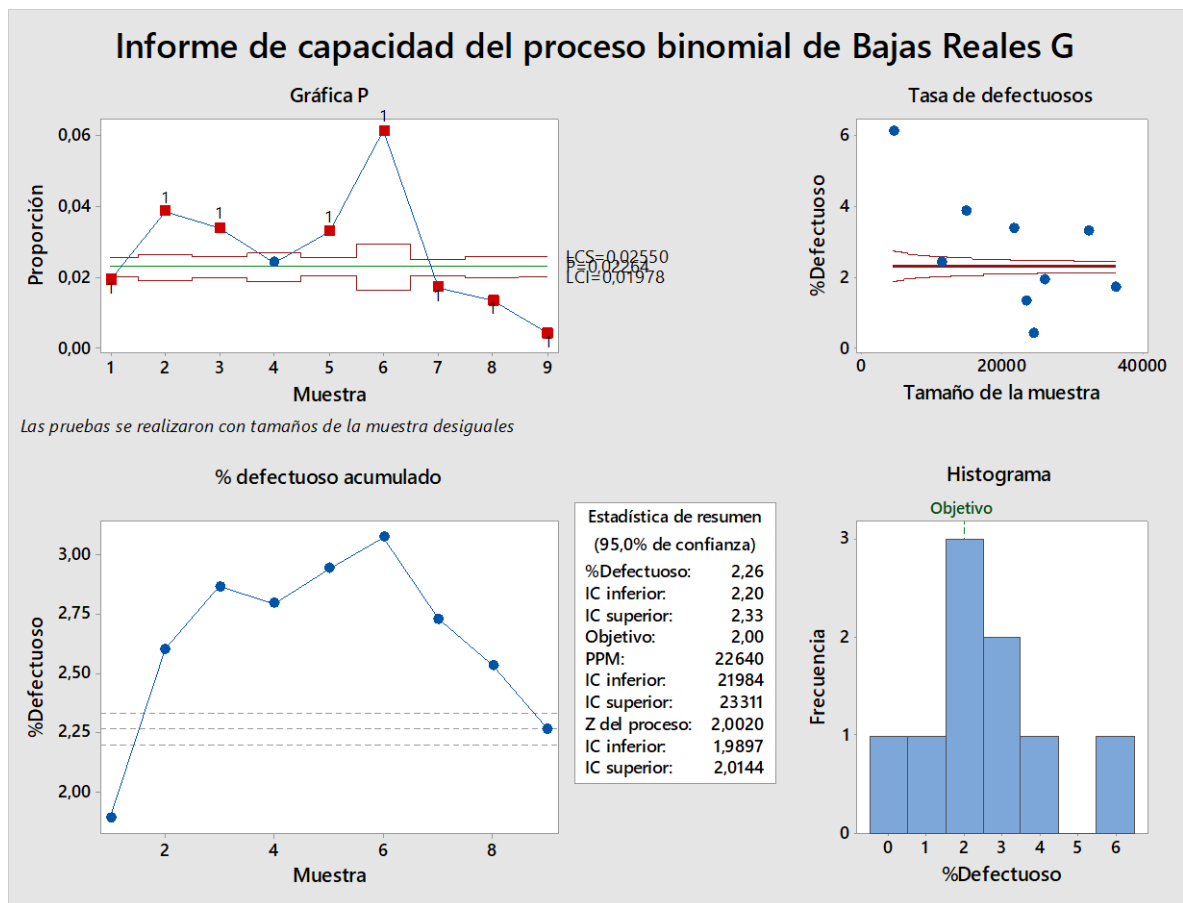
que suele considerarse el valor mínimo necesario para un proceso con capacidad. En conclusión, estos estadísticos de resumen indican que el envase (presentación botella sin azúcar) puede ser capaz de cumplir con las especificaciones.

A pesar de que el envase media botella presentación sin azúcar logre cumplir con las especificaciones (teniendo en cuenta que se hizo un proceso de correlación lineal), esa cantidad de PPM de defectuosos (5.618) está generando costos elevados a largo plazo como se logró observar en la fase definir en el diagrama de Pareto de Costo por Materia Prima.

### 1.15.5 Capacidad de Proceso: Envase Garrafa (Presentación Sin Azúcar).

Para el análisis de capacidad del proceso binomial del envase garrafa (presentación sin azúcar), realizado en el programa Minitab se tomaron los datos históricos de las bajas y/o defectuosos de los años 2014, 2015, 2016 y 2017.

**Figura 14.** Informe de capacidad del proceso binomial de bajas reales garrafa



Fuente: Propia

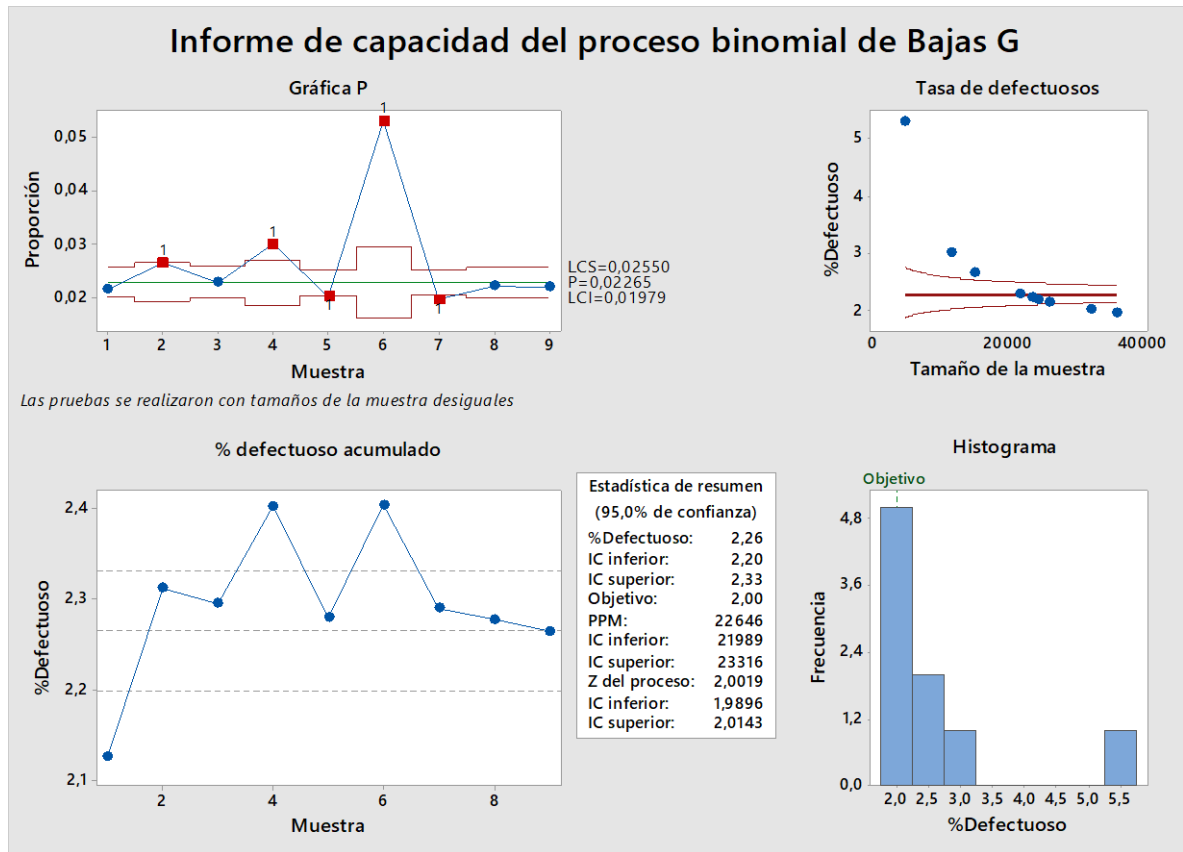
En la gráfica, "Tasa de defectuosos", los puntos no parecen estar distribuidos aleatoriamente entre los diversos tamaños de muestra, así que División Producción (cliente interno), puede presuponer que el tamaño de la muestra afecta la tasa de defectuosos. La gráfica P y la gráfica % defectuoso acumulado indican que el %defectuoso es bastante inestable para este proceso. Por lo tanto, los supuestos del análisis de capacidad parecen no cumplirse.

Como el proceso del envase garrafa (presentación sin azúcar) no es estable y no sigue una distribución binomial las estimaciones de capacidad de proceso podrían no ser fiables.

Por ese contexto hubo la necesidad de realizar una correlación lineal (Anexo D) de los datos históricos de la producción y las bajas y/o defectuosos de cada mes de los respectivos años anteriormente mencionados para que los datos se comportaran de tal forma que sigan una distribución binomial y que principalmente tuviera un comportamiento ideal o razonable, es decir que de acuerdo a su producción haya una cantidad de materia prima defectuosa coherente. Y lograr realizar el análisis de capacidad binomial teniendo en cuenta los pasos anteriormente mencionados.

A continuación, se muestra el análisis de capacidad binomial con los mismos datos aplicado el proceso de correlación lineal.

**Figura 15.** Informe de capacidad del proceso binomial de bajas garrafa

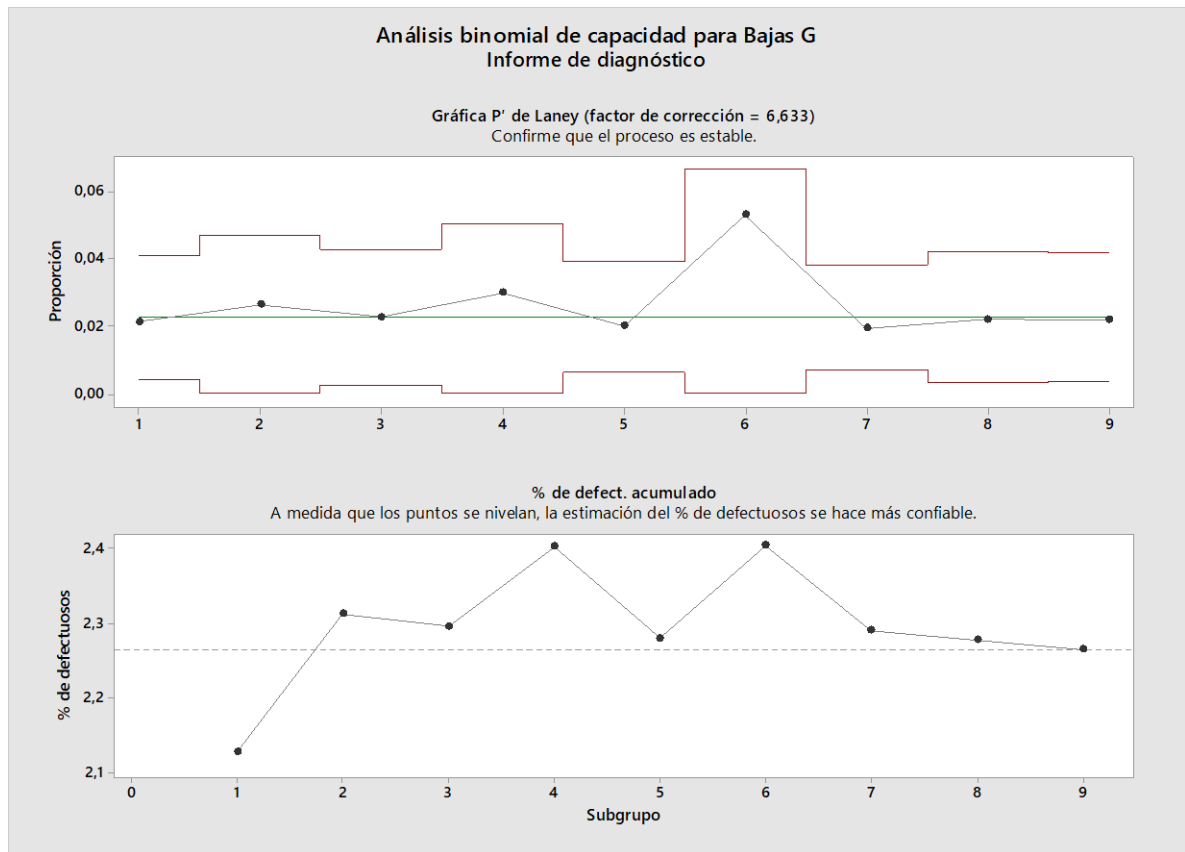


**Fuente:** Propia

En la gráfica anterior se logra observar que aun haciendo el proceso de correlación lineal los datos siguen estando fuera de control, lo que no permite realizar un análisis de capacidad del proceso fiable. Según el análisis del programa Minitab esto se debe a que los datos tienen más variación de la esperada, una condición conocida como dispersión excesiva. Esto causa que los límites de control en una gráfica P sean demasiado estrechos para sus datos, lo que ocasiona un mayor número de falsas alarmas (puntos fuera de control).

Minitab brinda la opción de utilizar la gráfica P de Laney en lugar de la gráfica P. La gráfica P de Laney ajusta los límites de control para corregir la dispersión excesiva.

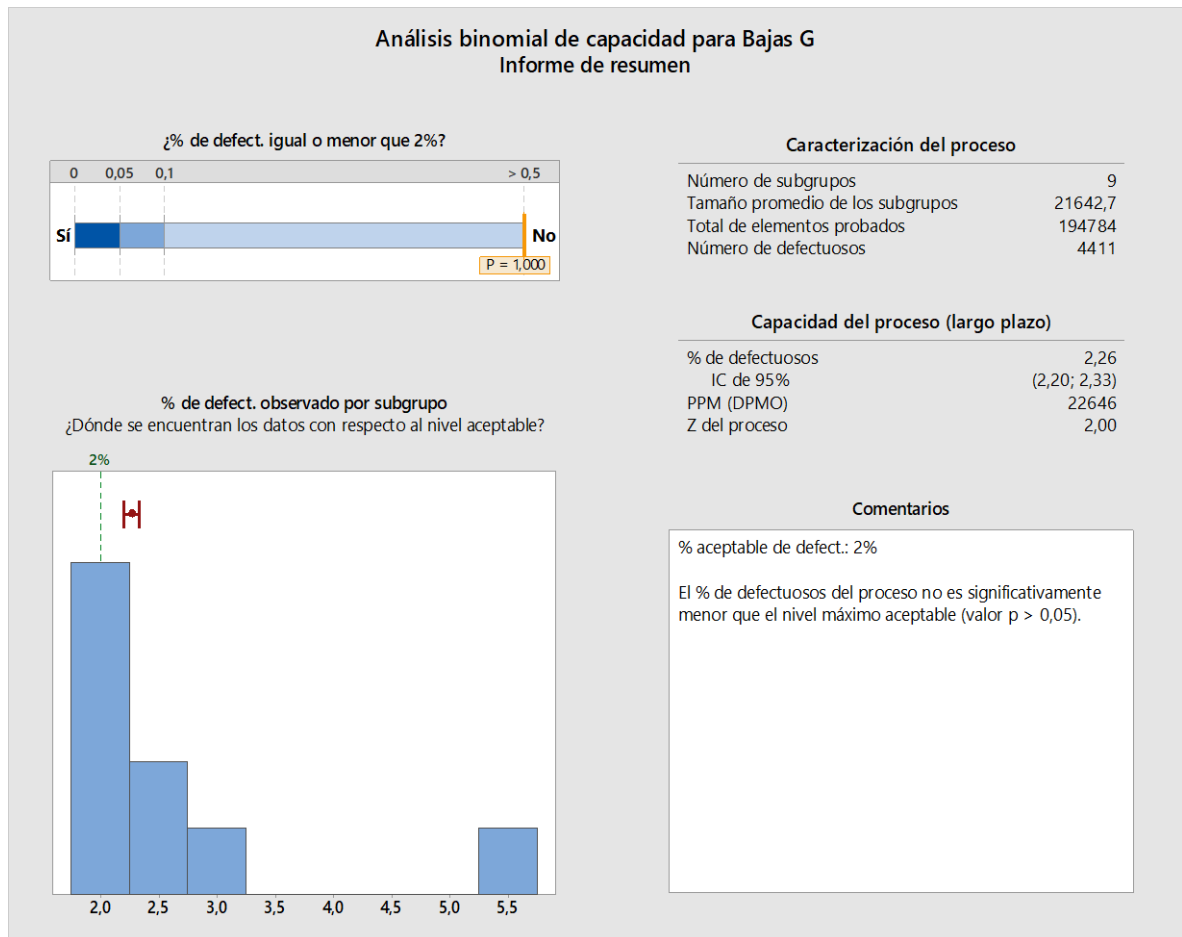
**Figura 16.** Análisis binomial de capacidad (informe diagnóstico) para bajas garrafa con gráfica p' de Laney



**Fuente:** Autores

En la gráfica anterior se observa que con la gráfica P de Laney y la gráfica % defectuoso acumulado indican que el %defectuoso es estable para este proceso; que a medida que los puntos se nivelan, la estimación del % de defectuosos se hace más confiable, así que División Producción (Cliente Interno) puede presuponer que los supuestos del análisis de capacidad parecen cumplirse.

**Figura 17.** Análisis binomial de capacidad (informe de resumen) para bajas garrafa con gráfica p' de Laney



**Fuente:** Propia

En la Figura 14 se observa en el Informe del resumen que las partes por millón defectuosas (PPM Def) indican que se espera que 22.646 de 1.000.000 de envases sean rechazados (defectuosos). Este valor de PPM corresponde a un % de defectuosos de aproximadamente 2.26%. Los límites de confianza superior e inferior (IC) indican que División Producción (Cliente Interno) puede estar 95% seguro de que el %defectuoso del proceso se encuentra dentro del intervalo de 2.20% y 2.33%. El valor Z del proceso de **2 es igual a 2**, que suele considerarse el valor mínimo necesario para un proceso con capacidad. En conclusión, este informe de resumen indica que a pesar de que el envase garrafa presentación sin azúcar pueda ser capaz de cumplir con las especificaciones un alto porcentaje de envases son rechazados y superan el % mínimo de defectuosos permitido (2%). Por lo que se necesita determinar por qué hay tantos envases defectuosos y cómo se puede mejorar el proceso.

**Tabla 4.** Los índices Cp, Cpi y Cps en términos de la cantidad de piezas malas; bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación.)

Tamaño Envase Presentación Sin Azúcar	%Objetivo	% Defectuosos	Nivel Sigma			
			PPM	ZL del Proceso	ZC del Proceso	CP
Media Botella	2	0,56	5618	2,54	4,04	1,5 - 1,6
Botella	2	0,6	6045	2,51	4,01	1,5 - 1,6
Garrafa	2	2,26	22646	2,00	3,5	1,4

**Fuente:** Autores

La tabla anterior muestra un resumen de los resultados del análisis de la capacidad del proceso arrojados del programa Minitab del envase media botella, botella y garrafa (presentación sin azúcar). En ella se logra observar el % objetivo que es el % mínimo permitido por División Producción de la Industria Licorera del Cauca. El % de defectuosos arrojados de los diferentes tamaños del envase, las PPM (Partes Por Millón) a la cual corresponden ese porcentaje de defectuosos. La Z del proceso a largo plazo (ZL) con un desplazamiento de  $1.5 \sigma$  y la Z del proceso a corto plazo (ZC). Y por último el CP del proceso aproximado de 1.4. <sup>19</sup>

Nota: **En la Tabla 4** se observa que la garrafa supera ese 2% (porcentaje no justificado) de defectuoso mínimo permitido por División Producción.

### 1.16 Fase analizar

El objetivo principal de esta fase consiste en identificar las *X potenciales* que según Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar “son las variables o causas posibles de un problema en un proceso”<sup>20</sup>. Estas influyen en los problemas de Y1 o el CTQ identificado en la etapa Definir. Para la identificación de las X potenciales, se utilizó la herramienta de causa y efecto o también conocida como diagrama Ishikawa.

---

<sup>19</sup> Humberto Gutiérrez Pulido, Román de la Vara Salazar (control-estadístico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da)

<sup>20</sup> GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto; DE LA VARA SALAZAR; Román. Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Bogotá: McGRAW-HILL, 2009. P.482

Luego, ya identificadas las X potenciales se procedió a identificar las pocas X vitales mediante un **AMEF** de diseño el cual permitiera la priorización de las verdaderas variables que afectan el producto.

#### **1.16.1 Identificación de las x potenciales.**

Mediante los resultados de la fase anterior se procedió a realizar una lluvia de ideas No Estructurada (Flujo Libre) con la finalidad de involucrar a todo el personal del proceso del área de envasado y aprovechar la experiencia y conocimiento de los operarios, coordinadores y de los jefes de División Producción, con el fin de identificar tanto oportunidades de mejora como las X potenciales.

Se determinó una frase que representara la problemática del proyecto, en este caso las bajas y/o defectuosos del envase opalizado e ir tomando apuntes de cada una de las personas anteriormente mencionadas, tratando de escribirlas en el menor número de palabras posibles, pero sin cambiar o interpretar las ideas. Finalmente, con el grupo del proyecto se trató de eliminar duplicaciones para llegar a una aceptación sobre los problemas más reiterados y más importantes.

A continuación, se muestra en la Ilustración 2 donde muestra la lluvia de ideas que se realizó

**Figura 18.** Trabajo de campo.



**Fuente:** Autores

Posteriormente cada una de estas ideas se organizó en el diagrama de causa y efecto, representando las X potenciales que están afectando o influyendo en las bajas y/o defectuosos del envase opalizado.

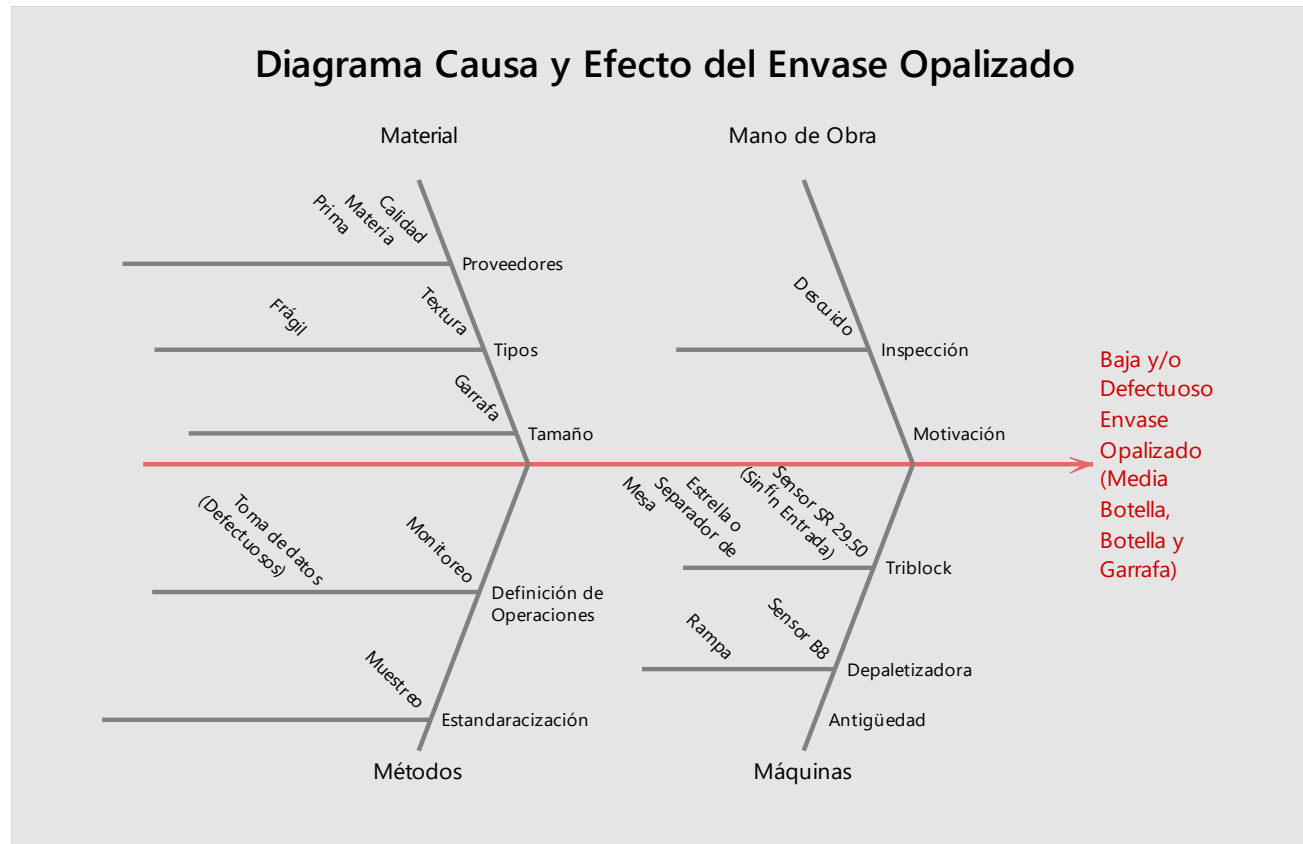
Mediante la disputa con el grupo del proyecto y los altos problemas de control detectados de la gráfica P del análisis binomial (de los 3 tamaños), el grupo toma la decisión de inclinarse y atribuir que el problema se centra solamente en material, mano de obra, maquinaria y método. Excluyendo la causa de medición ya que es una línea prácticamente automatizada y el proyecto se centra en una característica cualitativa y excluyendo medio ambiente ya que el área de envasado es un lugar amplio, fresco e iluminado, es por esto por lo que se confirma que esas son las principales causas que podrían afectar el producto en el área de envasado de la línea **Filling System**.

Una de las hipótesis planteadas del grupo de envasado, es que la característica física del envase opalizado por ser riguroso y frágil ocasiona que para los operarios de inspección sea muy difícil de controlar este producto ya que además de ello también deben estar pendientes del control de las máquinas.



A continuación, se presenta un diagrama de causa y efecto de envase opalizado de tamaño, media botella, botella y garrafa. Donde se realiza en un solo ya que estos se envasan en la misma línea y se realizan los mismos métodos para los tres.

**Figura 19.** Diagrama casusa y efecto del envase opalizado



**Fuente:** Autores



Luego de haber realizado y analizado el diagrama de causa y efecto se procedió a seleccionar los efectos y los problemas que mayor impacto ocasionan en el proceso, esto se hizo mediante la metodología de análisis de modo y efecto de falla (AMEF).

### **1.16.2 Priorización de fallas potenciales.**

Según García Cánovas<sup>21</sup> el AMFE o Análisis Modal de Fallos y Efectos es un método dirigido a lograr el aseguramiento de la calidad, que, mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Índice de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.

Esta herramienta permitió entonces identificar cuáles eran esas variables significativas que estaban interviniendo en el envase opalizado (media botella, botella y garrafa), para lograr comprobar e implantar acciones correctivas necesarias que prevengan el fallo, o la detección de este en caso de que se produzca, con la finalidad de evitar que productos defectuosos lleguen al cliente final.

Para este proyecto se va a realizar un AMEF de diseño, según Llorente éste “pretende detectar, en las fases iniciales del proceso de diseño, cualquier problema que pueda afectar al resultado final del producto, sus repercusiones en el cliente, así como los problemas que pueden surgir en la fase de fabricación o aplicación”<sup>22</sup>.

Es por esto que para análisis del envase opalizado se realizó desde el abastecimiento de la materia prima hasta el modo de falla potencial y causas que puedan ocurrir en el proceso del área de envasado ya que estos son el resultado

---

<sup>21</sup> GARCÍA CÁNOVAS, Jesús. Mejora del Diseño de un Servicio Mediante la Metodología AMFE. Una aplicación en una Empresa Hotelera. Cartagena, 2015, páginas. Trabajo de grado (Ingeniería Industrial). Universidad Politécnica de Cartagena. Facultad de Ingeniería.

<sup>22</sup> LLORENTE, José Luis. “Análisis de Modos de Fallo y Efectos”. [En Línea]. [Citado en 6 marzo de 2019] Disponible en:

<http://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/AMFE.pdf>

del diseño del producto final. Determinando los componentes que fueron más sensibles al fallo.

### **1.16.3 Procedimiento AMEF.**

A continuación, como se presentan las actividades que se realizaron para llevar a cabo el AMEF de diseño.

- Se identificaron y se examinaron las formas posibles en que pueda ocurrir la falla del producto es decir identificar los modos potenciales de falla (identificados en el diagrama de causa y efecto).
- Para cada falla se identificó el efecto y se estimó la *severidad* del mismo. Según García Casanova “este coeficiente está íntimamente relacionado con los efectos del modo de fallo. El coeficiente de gravedad valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente. Esta clasificación está basada únicamente en los efectos del fallo”<sup>23</sup>.

En la siguiente tabla se muestra la evaluación de este coeficiente, se utiliza una escala de rango de 1 a 10, donde “1” indica una consecuencia sin efecto y “10” indica una consecuencia muy grave.

---

<sup>23</sup> GARCIA CASANOVA, Op. Cit., p. 55

**Tabla 5.** Escala de evaluación del coeficiente de severidad

CRITERIO	CLASSIFICACIÓN
<b>Nula.</b> No hay efecto	1
<b>Casi imperceptible.</b> Un porcentaje muy bajo del producto deberá ser retocado en la misma cadena de producción y en el mismo puesto de trabajo. Algún cliente astuto percibiría el defecto. El defecto no afecta al desempeño del producto.	2
<b>Muy baja, pero perceptible.</b> Un porcentaje menor del producto deberá ser retocado en la misma cadena de producción pero en un lugar de trabajo diferente. Algunos clientes percibirían el defecto. Error de naturaleza poco importante que puede causar una ligera inconveniencia al cliente, aunque él no se dé cuenta.	3
<b>Bastante baja:</b> un porcentaje menor del producto está afectado. Todos los clientes percibirán el defecto aunque podrán continuar utilizando el producto con normalidad, aunque ligeramente insatisfechos.	4
<b>Baja.</b> Un porcentaje significativo del producto está afectado. El problema se puede solucionar reoperando el producto. El producto puede ser utilizado por el cliente, pero los más exigentes llamarían por teléfono para quejarse.	5
<b>Moderada.</b> Incidencia de gravedad baja pero que, o bien afecta casi a la totalidad de los productos o no puede ser reoperado. La mayoría de los clientes se irritan por el defecto, y muchos se quejan, aunque pueden utilizarlo.	6
<b>Alta.</b> Un porcentaje menor del producto está afectado, y es inservible para su uso. Para retirarlo hay que realizar una inspección al 100%. El cliente llama para quejarse en cuanto detecta el problema. El defecto no involucra funciones de seguridad ni el incumplimiento de la reglamentación.	7
<b>Muy alta.</b> Gran parte de la producción está afectada y es inservible para su uso, aunque no comporta peligro para la seguridad. El cliente se da cuenta con facilidad y llama alarmado para quejarse porque trastoca sus planes.	8
<b>Extrema.</b> Toda o parte de la producción está afectada. El defecto es difícil de detectar por el cliente aunque no comporta peligro para la seguridad, o bien afecta a la seguridad pero será detectado con facilidad. El cliente sufrirá sin remedio las consecuencias del defecto y le perjudicará gravemente.	9
<b>Muy extrema.</b> El defecto afecta a la seguridad y puede ser utilizado sin ser advertido por el cliente.	10

**Fuente:** José Luis Llorente – Análisis de modos de fallo y efectos.

<http://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/AMFE.pdf>

Para cada falla potencial:

- Se encontró la causa potencial de la falla y se estimó la frecuencia de *ocurrencia* de falla debido a cada causa. Según García Casanova la “ocurrencia se define como la probabilidad de que una causa específica se produzca y de lugar al modo de fallo. El índice de ocurrencia representa más bien un valor intuitivo más que un dato estadístico matemático, a no ser que se dispongan de datos históricos de fiabilidad o se hayan modelizado y previsto éstos”<sup>24</sup>.

En la siguiente tabla se muestra la evaluación de este coeficiente, donde “1” indica la remota probabilidad de ocurrencia y “10” muy alta la probabilidad de ocurrencia.

---

<sup>24</sup> Ibid, p. 54

**Tabla 6.** Escala de evaluación del coeficiente de ocurrencia

CRITERIO	CLASSIFICACIÓN	PROBABILIDAD
Remota. Es muy improbable que suceda este fallo. Nunca ha ocurrido con anterioridad en procesos idénticos. Los resultados se sitúan en un entorno $\pm 5\sigma$ dentro de la especificación (la tolerancia especificada). $Cpk > 1.67$	1	$< 1/1.500.000$
Muy baja. Sólo algunos fallos puntuales han sido verificados en procesos idénticos. La capacidad es: $Cpk > 1.5$	2	$< 1/150.000$
Baja. Fallos puntuales asociados a procesos idénticos, $\pm 4 \sigma$ dentro de la especificación. $Cpk > 1.33$	3	$1/ 15.000$
Moderada. Algunos procesos similares han experimentado fallos esporádicos pero no en grandes proporciones. Capacidades $Cpk > 1.17$ , $Cpk > 1.00$ , y $Cpk > 0.83$ respectivamente.	4	$1/2.000$
	5	$1/400$
	6	$1/80$
Alta. Procesos similares han tenido este fallo con bastante regularidad. Capacidades $Cpk > 0.67$ , $Cpk > 0.51$ , respectivamente.	7	$1/20$
	8	$1/4$
Muy alta. Con toda certeza aparecerá el error y de forma reiterada: $Cpk > 0.33$ i $Cpk > 0.17$ , respectivamente.	9	$1/3$
	10	$1/2$

Fuente: Fuente: “Análisis de modos de fallo y efectos”. LLORENTE, José Luis <http://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/AMFE.pdf>

- Se identificó los controles y mecanismos existentes para detectar la ocurrencia de la falla, antes de que el producto salga del área de envasado. Además, se estimó la probabilidad de que los controles hagan la *detección* de la falla. Según García Casanova este coeficiente indica “la probabilidad de que una causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue al cliente, sin ser detectado previamente”<sup>25</sup>.

En la siguiente tabla se muestra la evaluación para la detección donde “1” alta la probabilidad de que el fallo se pueda detectar y “10” certidumbre total de que el fallo sea detectado.

---

<sup>25</sup> Ibid, p. 57

**Tabla 7.** Escala de evaluación del coeficiente de detección

CRITERIO	CLASSIFICACIÓN
<b>Muy alta.</b> Probabilidad remota de que el producto sea liberado con el defecto. El defecto es una característica funcionalmente obvia y detectada inmediatamente por el operador. La fiabilidad de la detección es, como mínimo, del 99.99%.	1,2
<b>Alta.</b> Los controles actuales tienen una gran probabilidad de detectar este fallo antes de que llegue al cliente. El defecto es una característica fácilmente detectable porque se observa sin manipular demasiado el producto. La fiabilidad en la detección es como mínimo de 99.8%.	3,4
<b>Moderada.</b> El programa de controles puede detectar el defecto, aunque no es detectable a simple vista. Fiabilidad mínima del 98%	5,6
<b>Baja.</b> es posible que algunos defectos de este tipo no sean detectados. La fiabilidad en la detección es del 90%.	7,8
<b>Muy baja.</b> Los controles actuales son claramente ineficaces para detectar una parte significativa de los defectos. Se detectarían bastantes, pero muchos otros acabarían siendo enviados al cliente.	9
<b>Certidumbre total.</b> Si el defecto se produce no será detectado y acabará en manos del cliente con toda certeza.	10

**Fuente:** Fuente: "Análisis de modos de fallo y efectos". LLORENTE, José Luis <http://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/AMFE.pdf>

- Se calculó el número prioritario de riesgo (NPR) que resulta de multiplicar la severidad por la ocurrencia por la detección.
- Se estableció prioridades de acuerdo al NPR, y para los NPR más altos se decidió acciones para disminuir la severidad u ocurrencia.

A continuación, se da a conocer el análisis de modo y efecto de falla del envase opalizado.



**Figura 20.** Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) envase opalizado

Función del proceso	Actividad	Modo de falla potencial	Efecto (s) de la falla potencial	Severidad	Causa/mecanismo de la falla potencial	Ocurrencia	Controles actuales del proceso para detección	Detección	NPR	Acción recomendada
Envasado	Operaciones realizadas propiamente por operarios	Descuido en la inspección de la línea de envasado	Envase roto o fisurado	7	Tarea rutinaria	3	Ninguno	2	42	
		Motivación para su labor	Envase roto o fisurado	7	No se incentiva al operario por su trabajo (por evitar bajas)	3	Ninguno	2	42	
		Falta de habilidad con el mando de control de las máquina y la inspección del producto	Envase roto o fisurado	7	Falta de comunicación con operarios del área envasado	3	Ninguno	2	42	
		Falta de capacitación	Envase roto o fisurado	7	Falta de comunicación con operarios del área envasado	3	Ninguno	2	42	
	Operación en la cual interviene el material en el envasado	Calidad de la materia prima por parte del proveedor	Envase roto o fisurado	7	Llega a recepción defectuosos	5	Inspección o muestreo de calidad de materia prima en etapa de recepción y almacenamiento	3	105	
		Características físicas del envase opalizado	Envase roto o fisurado	7	Tratamiento químico al cual es sometido el envase (lo hace frágil y ligeramente carraspos)	6	Inspección visual operarios área de envasado	4	168	Control estadístico del proceso mediante gráficas de control
	Metodología para el control del proceso	No están estandarizadas las actividades de los operarios	Envase roto o fisurado	7	Falta de documentación en procedimientos u operaciones de trabajos	4	Inspección visual operarios área de envasado	4	112	Control estadístico del proceso mediante gráficas de control
		Falta de definición	Envase roto o fisurado	7	No se define si la	4	Inspección visual	4	112	Instructivos para

	de operaciones	fisurado		operación fue realizada de manera correcta		operarios área de envasado			el control de proceso mediante gráficas de control
Operación de la maquinaria en la línea de envasado	Actualización de los mantenimientos de la línea de envasado	Envase roto o fisurado	7	Desgaste de las máquinas	3	Mantenimiento preventivo y correctivo	4	84	
	Componentes de la máquina Triblock	Envase roto o fisurado	7	Desincronización en los tiempos de los componentes de la máquina	6	Ajuste correctivo por el operador de la máquina	6	252	Diseño del pilar de mantenimiento de calidad de la metodología TPM (Mantenimiento Productivo Total)
	Averías en la Depaletizadora	Envase roto o fisurado	7	Desajuste de la baranda	3	Ajuste correctivo por el operador de la máquina	4	84	
	Sensor B8	Envase roto o fisurado	7	Orden de un nuevo tendido de envase no planeado	3	Control manual del sensor	4	84	
	Antigüedad de la línea de envasado	Envase roto o fisurado	7	Paradas programadas no	3	Ajuste correctivo por el operador de la máquina	3	63	

**Fuente:** Autores

### 1.17 Fase mejorar

Según Ruiz y Rojas “en esta fase se trata de la puesta en práctica de la “solución” obtenida en la fase anterior. En algunos casos esta puesta en práctica puede ser inmediata (por ejemplo, cambio de la temperatura de trabajo de un horno), pero en otros puede ser más lenta (por ejemplo, por requerir la preparación de utillaje especial)”<sup>26</sup>.

Es por eso que para esta fase se propone acciones correctivas que intervengan en las X vitales que se identificaron mediante el análisis estadístico de la fase anterior, con el fin de reducir o corregir el problema para el caso del proyecto del envase opalizado.

Para este proyecto se va proponer la acción correctiva que mayor impacto o con el NPR más alto que se identificó en el análisis de modo y efecto de falla. Es decir, el diseño del pilar de Mantenimiento de Calidad de la metodología TPM (Mantenimiento Total Productivo) de Lean Manufacturing. Según Álvarez Laverde “es un pilar TPM que contribuye a definir y mantener las condiciones del equipo para que no se produzcan defectos de calidad, como base a las rutinas de inspección de equipos, ya sean autónomas o de mantenimiento especializado”<sup>27</sup>. Lo cual va directamente relacionado con la problemática de este proyecto ya que debido a la avería que se está presentando en la máquina Triblock ésta está ocasionando productos defectuosos.

Para la implantación de este pilar de TPM, Álvarez afirma que éste “exige contar con buena información del equipo, proceso, resultados de calidad, métodos de trabajo y estándares”<sup>28</sup>, ya que esta información se necesitará para desarrollar las 10 etapas del pilar de Mantenimiento de calidad como se muestra a continuación.

---

<sup>26</sup> RUIZ; ROJAS, Op. Cit., p. 69

<sup>27</sup> ALVAREZ LAVERDE, Humberto “Pilar Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen)”. {En línea}. {Citado en 7 marzo de 2019} disponible en: (<https://docplayer.es/25260220-Pilar-mantenimiento-de-calidad-hinshitsu-hozen.html>).

<sup>28</sup> Ibid, p. 4

### 1.17.1 Procedimiento del pilar Mantenimiento de Calidad.

Como según Astudillo Córdova lo que se quiere “no es solo mantener la funcionalidad de la máquina, sino también mantener los más altos estándares de calidad del producto final al que se debe la empresa”<sup>29</sup>, para eso se propone el desarrollo de los 10 pasos del pilar de Mantenimiento de Calidad.

**Tabla 8.** Pasos para el pilar de Mantenimiento de Calidad de TPM

<b>ESTRUCTURACIÓN DE PLATAFORMA PARA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO DE CALIDAD</b>			
<b>Pasos</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Herramientas</b>
1. Identificar la situación actual del equipo	Investigar los defectos en el proceso y subprocesos que producen mala calidad en el producto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinar el proceso de producción.</li> <li>2. Dividirlo en subproceso.</li> <li>3. Dividirlos en máquinas.</li> <li>4. Dividirlos en componentes.</li> <li>5. Determinar la frecuencia y criticidad de los problemas.</li> <li>6. Plasmar toda esta información en una matriz QA.</li> </ol>	Layout de la planta Material de oficina (de división producción) Matriz QA
2. Analizar las condiciones 4M	Relacionar los subprocesos con los defectos 4M y si existen estándares	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Extraer la información de la Matriz QA, sobre subprocesos y defectos</li> <li>2. Comparar estos defectos en una matriz 4M</li> </ol>	Material de Oficina (de división producción) Matriz QA Matriz 4m
3. Preparar lista de defectos	Enumerar los problemas y darles el trato respectivo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Extraer los problemas de la matriz QA.</li> <li>2. Analizar la forma de solucionarlos.</li> <li>3. En el caso de que la solución sea simple, se realiza inmediatamente.</li> <li>4. En el caso de que la solución sea más laboriosa, continuar con los siguientes pasos.</li> </ol>	Material de Oficina (de división producción) Matriz QA Matriz 4m
4. Priorizar el efecto de los	Obtener una criticidad de los	1. Realizar un análisis de modo y efecto de falla.	Formato AMEF Material de oficina

<sup>29</sup> ASTUDILLO CÓRDOVA, Freddy. Crear una plataforma para la implementación de mantenimiento productivo total basada en la filosofía lean, aplicable a la mediana empresas de manufactura, caso etapa EP. Cuenca, 2017, 138p. Trabajo de Graduación (magíster en gestión de mantenimiento). Universidad del Azuay. Departamento de Posgrados.

problemas	problemas	2. Ordenar los problemas desde el de mayor prioridad.	(división producción)
5. Desarrollar acciones de mejora	Desarrollar acciones de mejora para los problemas con mayor criticidad	1. Describir el problema de mayor prioridad. 2. Realizar un proyecto de mantenimiento. 3. Solucionar el problema con la ejecución del proyecto	Material de Oficina (división producción) Matriz AMFE Herramientas de Mantenimiento
6. Evaluar el efecto de las acciones implantadas	Obtener un nuevo análisis de modo y efecto de falla	1. Realizar un nuevo análisis de modo y efecto de falla 2. Compararlo con el análisis de modo y efecto de falla anterior	Formato AMEF Material de oficina (división producción)
7. Revisar y actualizar la matriz 4M	Desarrollar un nuevo análisis de las condiciones 4M	1. Analizar el problema tratado en la matriz 4M 2. Analizar la mejora obtenida con la solución del problema	Material de oficina Matriz Q-A Matriz actualizada 4M
8. Crear un plan de monitoreo	Establecer un plan de inspección a realizar para mantener las condiciones del equipo, para lograr una buena calidad del producto	1. Establecer un plan de inspección autónomo. 2. Establecer un plan de mantenimiento periódico. 3. De ser necesario establecer un plan de mantenimiento predictivo.	Material de oficina Manuales
9. Acciones de mantenimiento para posibles desvíos	Reaccionar a tiempo sobre posibles anomalías en el funcionamiento del equipo	1. Analizar continuamente el funcionamiento del equipo. 2. En el caso de encontrar algún parámetro fuera de lo común, abordarlo inmediatamente. 3. Tomar la decisión adecuada frente a los problemas.	Material de Oficina. Herramientas de Mantenimiento.
10. Crear procedimientos de control y verificación	Asegurar que la instrumentación y equipos de medición se encuentran en buen estado	1. Estudio R y R para atributos.	Layout de la planta. Material de oficina (de división producción). Capacitación.

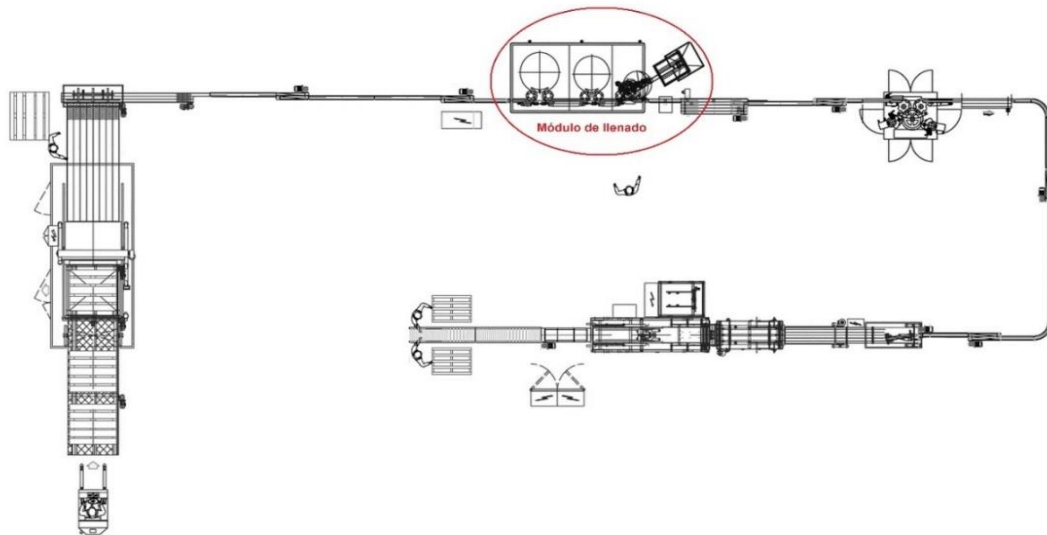
**Fuente:** Crear una plataforma para la implementación de mantenimiento productivo total basado en la filosofía Lean, aplicable a la mediana empresa de manufactura. Caso etapa EP. ASTUDILLO, Freddy

### 1.17.2 Identificar la situación actual del equipo.

El producto final y que se lleva a cabo para el análisis de este proyecto en la línea de envasado Filling System es Aguardiente Caucaño Sin Azúcar (la ficha técnica muestra las especificaciones de las características de la materia prima para la elaboración del producto final (Anexo H)). Mediante el análisis de modo y efecto

de falla AMEF realizado en la fase anterior se identificó que la máquina Triblock debido las fallas en sus componentes estaban afectando, la calidad del producto.

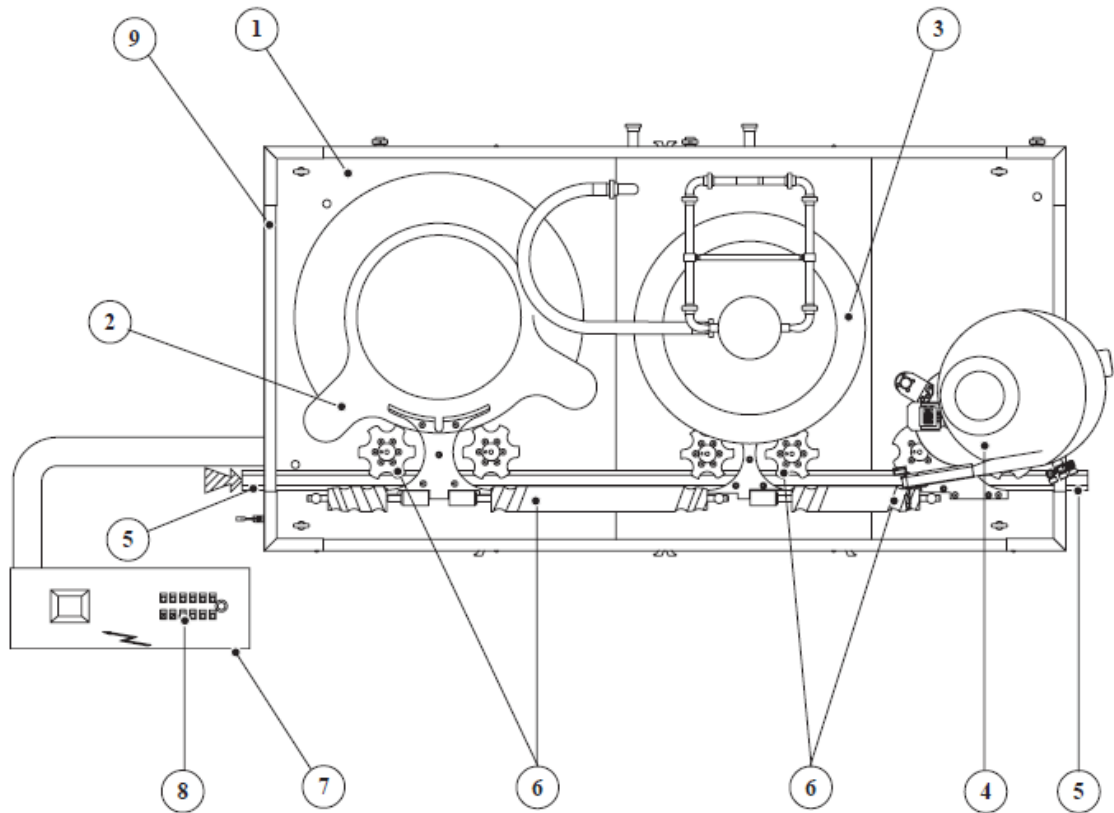
**Figura 21.** Triblock



**Fuente:** Industria Licorera del Cauca

- **Descripción de la máquina triblock (grvm-gp 24-24-4).** Es una máquina específica que proporciona el lavado, llenado y tapado de las botellas. La instalación de ésta se compone de los siguientes grupos principales:
  1. Bancada en acero
  2. Enjuagadora
  3. Mesa giratoria de 24 grifos
  4. Torreta tapadora de 4 cabezas
  5. Cinta transportadora para botellas
  6. Utillaje (cóclea o cócleas, estrellas y trasportadores)
  7. Panel eléctrico
  8. Panel de mandos
  9. Protecciones contra los accidentes

**Figura 22.** Composición Triblock



**Fuente:** Industria Licorera del Cauca

- ❖ **Máquina enjuagadora.** Esta sección de máquina sirve para lavar las botellas antes de la fase de llenado; el lavado ocurre por medio de un chorro de agua; después la botella es volcada hasta que el agua del lavado salga. Está completamente realizada en acero AISI 304.

**Figura 23.** Máquina enjuagadora.



**Fuente:** Industria Licorera del Cauca

Las botellas llegan a la máquina sobre una cinta de listones inox, con velocidad de avance superior a aquélla de producción de la máquina misma. A la entrada las botellas son separadas y puestas al paso de un sinfín seleccionador, el que frena la carga de las botellas y las sincroniza perfectamente con la estrella de entrada. “Pero es aquí donde sucede el problema ya que el envase opalizado no opera de la mejor manera con el utillaje de la máquina debido a su textura frágil y rigurosa, lo cual provoca que atasque ligeramente el sinfín con la estrella de entrada y se alteren los tiempos, y al recibir una botella el utillaje de la máquina hace que la rompa o la fisure y da como resultado una baja y/o producto defectuoso”. Luego la estrella de entrada lleva las botellas al interior de la pinza, que se cierra sobre el cuello de las mismas; la apertura y el cierre de la pinza son efectuadas por una leva situada en la parte frontal de la máquina.



La botella, unida a la pinza, efectúa una rotación de 180°, siguiendo el perfil del twist. Esta operación permite disponer correctamente el cuello de la botella respecto de la boquilla de inyección que efectúa el lavado. El inyector penetra en la botella por algunos milímetros, garantizando la correcta dirección del chorro. Al lavado sigue un lapso de goteo, durante el cual el fluido desinfectante sale de la botella hacia la cuba colectora o liberándose como gas en el aire.

Una vez concluida la fase de goteo, la botella gira nuevamente en 180° (mediante twist) volviendo así a su posición de partida; es dejada caer por los elementos de toma de la pinza sobre la chapa de traslado y alejada por la estrella de salida.

- ❖ **Máquina llenadora.** Esta zona de la máquina con bancada completamente realizada en acero es la parte donde las botellas son llenadas.

**Figura 24.** Máquina llenadora.

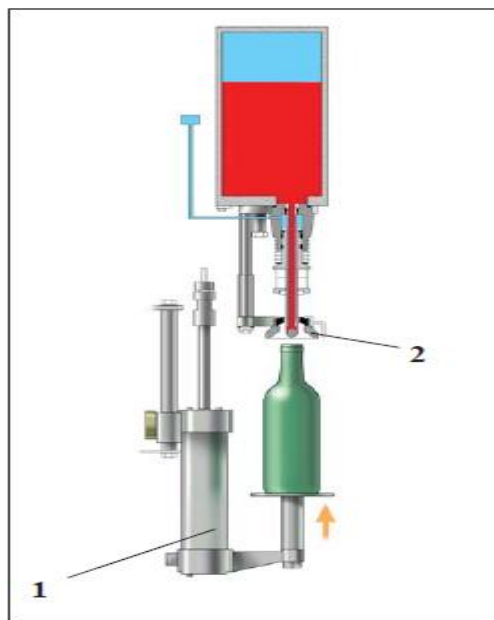


**Fuente:** Industria Licorera del Cauca

A la entrada las botellas son separadas y puestas al paso de un sinfín seleccionador, el que frena la carga de las botellas y las sincroniza perfectamente con la estrella de entrada (es un proceso similar a la máquina enjuagadora por lo tanto se presenta el mismo problema anteriormente mencionado). El sistema de llenado de la máquina funciona de la siguiente manera:

#### ❖ SISTEMA DE LLENADO

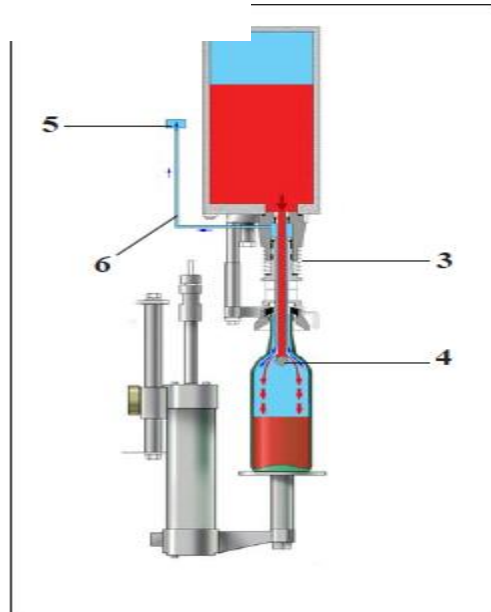
**Figura 25.** Subida de botella



**Fuente:** Industria Licorera del Cauca

Subida de botella, la botella vacía levantada por el gato mecánico (1) es centrada por la campanilla (2) y es llevada a la posición de trabajo.

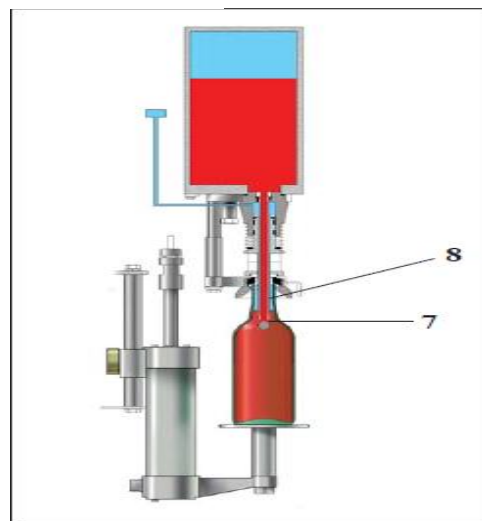
**Figura 26.** Rellenado



**Fuente:** Industria Licorera del Cauca

Rellenado, Comprimiendo el muelle (3) la botella llega a la posición de trabajo y se abre la válvula (4); el producto desciende en la botella y contemporáneamente el gas vuelve al interior del tanque de recuperación (5) a través del tubo (6).

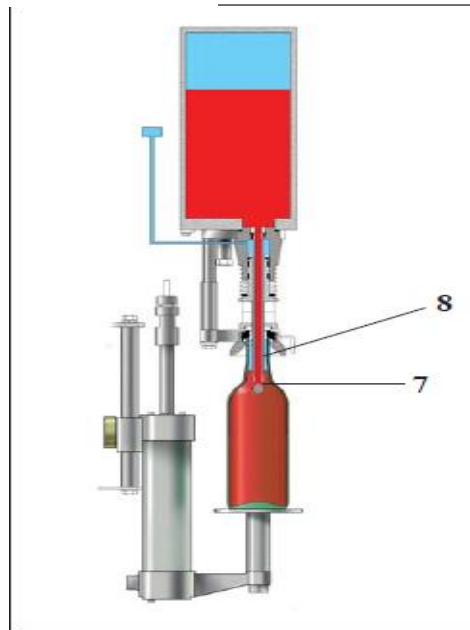
**Figura 27.** Final relleno



**Fuente:** Industria Licorera del Cauca.

Final relleno, el producto, alcanzada la extremidad de la cánula (7), termina la fase de relleno comprimiendo el gas en el cuello (8) de la botella.

**Figura 28.** Descenso Botella



**Fuente:** Industria Licorera del Cauca

Descenso botella, finalmente el gato mecánico (1) lleva hacia abajo la botella llena en la posición de transferencia.

- ❖ **Máquina tapadora.** Esta sección de máquina sirve para tapar las botellas; ésta parte también ha sido completamente realizada en acero, con un único canal de bajada.

**Figura 29.** Máquina tapadora



**Fuente:** Industria Licorera del Cauca

A la entrada las botellas son separadas y puestas al paso de un sinfín seleccionador, el que frena la carga de las botellas y las sincroniza perfectamente con la estrella de entrada (es un proceso similar a la máquina enjuagadora por lo tanto se presenta el mismo problema anteriormente mencionado). La alimentación de los tapones se efectúa automáticamente por medio de una tolva giratoria por medio de un movimiento ondulatorio, que introduce los tapones en un tubo en descenso o en varios, dependiendo del número de estaciones. En cada cabezal de taponado, el tubo de descenso conduce los tapones hacia el grupo de cerrado, constituido por un carro con cuatro mordazas de acero al cobalto que comprimen el tapón para su introducción en el cuello de la botella mediante un pistón de empuje.

Por medio de la matriz QA que se muestra en la siguiente tabla se realizó una inspección al proceso del Triblock.

**Tabla 9. Matriz QA**

MATRIZ QA							
Proceso	Subproceso	Equipo	Componente	Característica de Calidad		TOTAL	
				DEFECTUOSO	Envase Aceptable Baja (Roto/Fisurado)		
			Inspección de Proceso	⊙	Frecuencia	•	
			Inspección del Producto	∅	Criticidad	①	
						x	
Envasado	Lavado	Triblock	Bancada en acero				
			Enjuaagadora	⊙			
			Mesa giratoria de 24 grifos	⊙			
			Torreta tapadora de 4 cabezas				
			Cinta transportadora para botellas	⊙		¥	1
			Utillaje (cóclea o cócleas, estrellas y trasportadores(baranda giratoria de botella)	⊙		€	1
			Panel eléctrico				
			Panel de mandos				
			Protecciones contra los accidentes				
	Llenado	Triblock	Bancada en acero				
			Enjuaagadora	⊙			
			Mesa giratoria de 24 grifos	⊙			
			Torreta tapadora de 4 cabezas				
			Cinta transportadora para botellas	⊙		¥	1
			Utillaje (cóclea o cócleas, estrellas y trasportadores(baranda giratoria de botella)	⊙		€	1
			Panel eléctrico				
			Panel de mandos				
			Protecciones contra los accidentes				
	Tapado	Triblock	Bancada en acero				
			Enjuaagadora	⊙			
			Mesa giratoria de 24 grifos	⊙			
			Torreta tapadora de 4 cabezas				
			Cinta transportadora para botellas	⊙		¥	1
			Utillaje (cóclea o cócleas, estrellas y trasportadores(baranda giratoria de botella)	⊙		€	1
			Panel eléctrico				
			Panel de mandos				
			Protecciones contra los accidentes				
Total de puntos donde hay relación directa con el defecto de calidad					x	6	

Correlación		Priorización	
Proceso en el que ocurre el problema (Donde se ha descubierto)	(€)	Frecuencia Alta (Mayor repetición del defecto de calidad)	(•)
Proceso en el que se pronostica el problema	(¥)	Frecuencia Baja (Menor repetición del defecto de calidad)	(⊙)
		Grave (Se produce un gran defecto)	(①)
		Solucionable (Mediante acciones correctivas)	(⊖)

**Fuente:** Autores

Análisis de las condiciones 4M.

En la siguiente tabla se representa el análisis de 4M para los componentes que tienen mayor coincidencia en la Matriz QA.



**Tabla 10. Estándares 4M**

ESTÁNDARES 4M											
Proceso	Subproceso	Equipo	Componente	Condiciones 4M							
				Materiales	St	Máquina	St	Método	St	Mano de obra	St
Envasado	Lavado	Triblock	Utillaje (cóclea o cócleas, estrellas y trasportadores(baranda separadora de botella)	Debe permitir la operación normal del producto a envasar.	2	Debe haber uno para cada tipo de producto y/o presentación a envasar.	2	Debe ser cambiado para cada tipo de producto y/o presentación	1	La persona que realice la instalación debe ser capacitada para hacerlo	4
	Llenado	Triblock	Utillaje (cóclea o cócleas, estrellas y trasportadores(baranda separadora de botella)	Debe permitir la operación normal del producto a envasar.	2	Debe haber uno para cada tipo de producto y/o presentación a envasar.	2	Debe ser cambiado para cada presentación	1	La persona que realice la instalación debe ser capacitada para hacerlo	4
	Tapado	Triblock	Utillaje (cóclea o cócleas, estrellas y trasportadores(baranda separadora de botella)	Debe permitir la operación normal del producto a envasar.	2	Debe haber uno para cada tipo de producto y/o presentación a envasar.	2	Debe ser cambiado para cada presentación	1	La persona que realice la instalación debe ser capacitada para hacerlo	4

Existe estándar y se cumple	1
Estándares no se siguen apropiadamente	2
Estándares imposibles de seguir	3
Es necesario un estándar	4

**Fuente:** Propia

### 1.17.3 Lista de defectos.

A continuación se presenta una matriz de problemas que ocasiona que la materia prima esté fuera de lo aceptable, en este caso envase opalizado roto y/o fisurado.

**Tabla 11.** Lista de defectos

LISTADO DE PROBLEMAS POR DEFECTO					
Condición 4M	Componente	Problema	Causa	Acción de mejora	Responsable
Materiales	Utillaje (cóclea o cócleas, estrellas y trasportadores(baranda separadora de botella)	Características físicas del envase	El envase opalizado tiene una textura rigurosa y es frágil	Instalación de un nuevo utillaje especial para la operación de envase opalizado	Personal de mantenimiento
Máquinas	Utillaje (cóclea o cócleas, estrellas y trasportadores(baranda separadora de botella)	Componente no permite la correcta operación del envasado del producto	El diseño del componente de la máquina no permite la correcta operación del envasado del producto	Instalación de un nuevo utillaje especial para la operación de envase opalizado	Personal de mantenimiento
Método	Utillaje (cóclea o cócleas, estrellas y trasportadores(baranda separadora de botella)	Componente no adecuado para envase opalizado (Según manuales de la línea Filling Sistem)	No se realiza el cambio de componente para envase opalizado	Instalación de un nuevo utillaje especial para la operación de envase opalizado	Personal de mantenimiento
		Falta de toma de datos por tipo bajas y/o defectuosos de materia prima y por máquina	No se evalúa el desempeño de la máquina ni la variabilidad del proceso para detectar causas especiales	Control del proceso mediante gráficas de control	Control de Calidad-División Producción
Mano de obra	Utillaje (cóclea o cócleas, estrellas y trasportadores(baranda separadora de botella)	No está capacitada para la detección de causas especiales en el proceso	No tiene conocimiento de la detección de causas especiales en el proceso	Control del proceso mediante gráficas de control	Control de Calidad-División Producción

**Fuente:** Propia

En la **tabla 11** se observa que la mayoría de las soluciones es la instalación de un nuevo componente ó utillaje para la presentación de envase opalizado (independientemente de la presentación), ya que al consultar los manuales de la

máquina (Triblock) se descubrió que ésta operaba solo para envase de vidrio y PET.

Otra solución es la creación de cartas de control que permita identificar causas especiales en el caso que suceda con el nuevo componente de la máquina y controlar el proceso con la instalación del mismo.

Lo curioso de esta situación fue que tanto los operadores y coordinadores como jefes de división producción o cliente interno tenían conocimiento del problema, es decir, que cuando se cambiaba a presentación “aguardiente sin azúcar” (envase opalizado) ya esperaban que ocurrieran cierta cantidad de bajas y/o defectuosos significativos y que debían estar más pendiente del proceso en cuanto a la inspección visual del producto; Es por eso que solo mediante el registro del análisis del proceso que se demostro en la fase de medir y mediante las gráficas de control con la variación de proporción de defectuosos anormales deja la evidencia objetiva del proceso para el cliente y éste tome acciones para controlar esta situación.

Ahora, con los análisis mostrados a la división de producción, se encuentra en el proceso de establecer unos nuevos límites de especificación en conjunto con el grupo de control de calidad debido a que tampoco existe una comunicación adecuada entre estos. Para el caso de éste proyeco en la fase de control se darán a conocer los pasos para realizar cartas de control por atributos y un formato para estandarizar la toma de datos, ya que la empresa no toma los mismos de una forma ordenada.

#### **1.17.4 Priorizar el efecto de los problemas**

La priorización del efecto de los problemas es el siguiente paso del pilar de Mantenimiento de Calidad, pero como se logra observar en la tabla anterior la acción correctiva para practicamente todos los efectos viene siendo la “instalación de un nuevo tipo de utillaje (componente)”. Y la estandarización del control del proceso mediante gráficas de control, (pero este ultimo será realizado en la siguiente fase de la metodología DMAIC). De igual forma se dejará creado un formato para el análisis de modo y efecto de falla AMEF para aplicarlo en caso de ser necesario.



### **1.18 Fase: CONTROLAR**

La fase controlar es la última fase de la metodología DMAIC para este proyecto, consiste en crear una forma de cómo controlar el proceso al momento de que el área de envasado de la Industria Licorera del Cauca logre obtener el utillaje especial de la maquina triblock para el proceso de envasado de envase opalizado. Según Gutiérrez y De La Vara “en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierra el proyecto<sup>30</sup>. Es por eso que para el control y monitoreo de este proceso se va realizar mediante gráficas de seguimiento y se dejará un formato para la toma de datos, para gráficas de control por atributos (anexo E).

Según Vargas Guevara<sup>31</sup> Para la implantación de las gráficas de control por atributos se realizaron los siguientes pasos:

#### **1.19 Establecer los objetivos del control estadístico del proceso:**

El principal objetivo con el que se desea implantar las gráficas de control es de monitorear el proceso para envase opalizado despues de instalado el componente ó utillaje especial para la máquina triblock, con la finalidad de comprobar si se está consiguiendo los resultados deseados. O en el caso de que suceda alguna causa especial se logre identificar y tomar acciones sobre ello.

#### **1.20 Identificar la característica a controlar:**

Para el caso de este proyecto la característica o atributo que se desea controlar es el envase opalizado roto o fisurado que se presente en la máquina Triblock, es decir, en el proceso de lavado, llenado y tapado.

---

<sup>30</sup> GUTIÉRREZ PULIDO; DE LA VARA SALAZAR, Op. Cit., p.464

<sup>31</sup> VARGAS GUEVARA, Miguel. Gráficos de control para atributos. [En Línea]. [Citado en 1 marzo de 2019] Disponible en:

[https://controlestadisticocarloscastillo.weebly.com/uploads/3/9/2/0/39203091/capitulo\\_3.pdf](https://controlestadisticocarloscastillo.weebly.com/uploads/3/9/2/0/39203091/capitulo_3.pdf)

### **1.21 Determinar el tipo de gráfico de control:**

Existen varias cartas de control por atributos pero según Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar una carta de proporción de defectuosos o carta de control P es utilizada para reportar resultados en puntos de inspección, donde una o más características de calidad son evaluadas, y en función de esto el artículo es aceptado o rechazado<sup>32</sup>. Lo cual va al caso de este proyecto, ya que las características o a atributos que se están tomando ocasionan el rechazo del producto en este caso del envase opalizado, por tal motivo la carta de control a tomar en dicho proceso es la carta de control P.

### **1.22 Elaborar el plan de muestreo (tamaño de muestra, frecuencia de muestreo y número de muestras):**

- ❖ Para elaborar el plan de muestreo se tendrá en cuenta lo que afirma Vargas Guevara “los gráficos de control por atributos requieren generalmente tamaño de muestras grandes para poder detectar cambios en los resultados”<sup>33</sup>. Debido a esto el tamaño de la muestra se va tomar de acuerdo a su empaque y embalaje como lo muestra la ficha técnica de cada uno estos. Con el fin de identificar la variación que existe entre cada uno de los pallets ya que cada uno de estos vienen en gran cantidad de unidades.

Media botella: El tamaño de la muestra para esta presentación va estar en un promedio de 3381 unidades que es como vienen en los pallets en 7 tendidos de 483 unidades.

Botella: El tamaño de la muestra para esta presentación va estar en un promedio de 1960 unidades que es como vienen en los pallets en 7 tendidos de 280 unidades.

Garrafa: El tamaño de la muestra para esta presentación va estar en un promedio de 770 unidades que es como vienen en los pallets en 7 tendidos de 110 unidades.

---

<sup>32</sup> GUTIÉRREZ PULIDO; DE LA VARA SALAZAR, Op. Cit., p.464

<sup>33</sup> VARGAS GUEVARA, Op. Cit., p. 201

- ❖ La frecuencia, con la que se va realizar el muestreo será igual para todos ya que se realizará por cada turno. La Industria Licorera del Cauca realiza dos turnos al día, se tomarán entonces dos muestras por día para que se logre permitir detectar rápidamente los cambios.
- ❖ El número de muestras, será las que se recolecten durante el mes, que es así como División Producción ha venido tomando los datos de las bajar por materia prima. Y esto permita obtener una prueba fiable de la estabilidad del proceso.

### **1.23 Recoger los datos según el plan establecido:**

Para este paso se tendrá en cuenta lo que afirma Gutiérrez Pulido y de la Vara Salazar<sup>34</sup> en un subgrupamiento que se refiere a que en la implementación de una carta de control se debe buscar que los subgrupos (muestras) sean lo más homogéneos posible. Por tal motivo para este proyecto la carta de control que se pretende crear, los subgrupos se tomaran de una sola máquina ya que es un proceso en el que se utilizan varias de ellas, y una de las mismas podría ser una causa especial de variación; y de la misma forma que provengan del mismo lote.

### **1.24 Calcular la fracción de unidades:**

Para cada muestra se registraran los siguientes datos:

- ❖ Número de unidades inspeccionadas
- ❖ Número de unidades no conformes
- ❖ Fracción de unidades no conformes

### **1.25 Determinar límites de control y su revisión futura:**

Para el caso de este proyecto los límites de control para el proceso de envasado de envase opalizado se dieron a conocer en la fase medir, para las presentaciones media botella, botella y garrafa, que puede ser un punto de partida para establecer

---

<sup>34</sup> GUTIÉRREZ PULIDO & DE LA VARA SALAZAR, Op., Cit. Pág. 241

estos puntos de control. Cuando la empresa obtenga el nuevo utillaje especial para la máquina triblock, división producción puede recolectar información de las muestras realizadas durante el mes (como se dejó especificado en el paso 4), y calcular unos límites de control preliminares para la carta de control con el fin monitorear el proceso de envasado, llenado y tapado de la máquina triblock con su nuevo componente. Gutierrez Pulido y de la Vara Salazar<sup>35</sup> afirma que

Si los datos llegasen a reflejar un proceso estable, es decir, en control estadístico estos datos se seguirán utilizando en el presente y en el futuro. Esto también favorecería al responsable de este proceso no tener que tomar puntos durante todo el mes en la carta, sino que en el momento de obtener un subgrupo este ya tendrá conocimiento de que si el punto cae fuera o dentro de los límites de control o si ha ocurrido alguna causa especial.

En caso de que en el estudio inicial aparezcan pocos puntos fuera de los límites de control, se procede a investigar la situación especial que causó que los puntos se salieran de los límites. Una vez que se identifica la causa y se toman las contramedidas adecuadas, esos puntos se excluyen y se recalculan los límites de control a usar en el futuro, que necesariamente serán más estrechos.

#### **1.26 Definir las escalas de la gráfica.**

- ❖ El eje horizontal representará el número de la muestra en el orden en que ha sido tomada.
- ❖ El eje vertical representará los valores de la fracción de unidades.
- ❖ La escala de este eje irá desde cero hasta dos veces la fracción de unidades defectuosas máxima.
- ❖ Representar en el gráfico la línea central y los límites de control.

#### **1.27 Incluir los datos pertenecientes a las muestras de las gráficas:**

- ❖ Representar cada muestra con un punto, buscando la intersección entre el número de la muestra (eje horizontal) y el valor de su fracción de unidades defectuosas (eje vertical).
- ❖ Unir los puntos representados por medio de trazos rectos.

---

<sup>35</sup> Ibid, p. 243



### **1.28 Entrenar a los usuarios:**

Al momento de obtener el utillaje especial para la máquina triblock, y empezar a realizar el proceso tanto de control como de monitoreo, es necesario entrenar o capacitar a quienes van a ser responsable y le van a dar uso a la carta de control. En ultimas darles a conocer y entender los anteriores pasos.

### **1.29 Analizar e interpretar los resultados:**

Será necesario para este paso definir quien analizará e interpretará los resultados, ya que será necesario que éste sepa que hacer al y los pasos a seguir en el momento que se llegase a detectar una causa especial ya con el nuevo utillaje.

## CONCLUSIONES

- ❖ Mediante los análisis realizados con los diagramas de Pareto se priorizó que la necesidad del cliente, o crítico para la calidad (CTQ), fue la disminución de la cantidad de defectuosos del envase presentación sin azúcar (envase opalizado).
- ❖ A partir del informe arrojado del informe de capacidad de proceso binomial del programa Minitab de la presentación aguardiente sin azúcar de los tamaños media botella, botella y garrafa se obtuvo un “sigma” a largo plazo (ZL) de 2.54, 2.51, y 2.00 respectivamente; y una capacidad del proceso (CP) de 1.5, 1.5, y 1.4 respectivamente.
- ❖ Con la herramienta Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF), se priorizó que el modo de falla potencial que causaba mayor problema son los componente de la máquina triblock debido a la desincronización en los tiempos de los componentes de la máquina.
- ❖ Para el mejoramiento del proceso, se estableció el Diseño del Pilar de Mantenimiento de Calidad de la Metodología TPM (Mantenimiento Productivo Total).
- ❖ Se propuso graficas de control P para el seguimiento y monitoreo del proceso al momento de adquirir el nuevo componente de la máquina (utillaje), con el fin de identificar más fácilmente las fortalezas y las oportunidades de mejoramiento (debilidades).

## **RECOMENDACIONES**

Después de haber desarrollado concienzudamente cada una de las actividades y los procesos inmersos en cada una de ellas, se recomienda a la empresa la adquisición de un nuevo utillaje para envase opalizado, ya que debido a la información de los manuales de la máquina estas operan para envase de vidrio y PET.

También, controlar el proceso mediante gráficas de control P con los formatos anexos que se propusieron para la estandarización de la recolección de los datos, que permita identificar causas especiales y así realizar el monitoreo del mismo.

Además, tener en cuenta las sugerencias que se hicieron de acuerdo a los resultados obtenidos en cada actividad que se desarrolló, las cuales buscaron siempre identificar las oportunidades de mejoramiento, con el firme propósito de mejorar la calidad del producto.

## BIBLIOGRAFÍA

(s.f.). Obtenido de <https://studylib.es/doc/4507811/la-importancia-del-seis-sigma>

Alvarado, A. M. (15 de enero de 2010). *bdigital*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3860/1/822000.2010.pdf>

Ángeles Rodrigo Oltra, V. G. (01 de marzo de 2016). *3ciencias*. Obtenido de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2016/03/QU%C3%89-ES-SEIS-SIGMA-BARRERAS-Y-CLAVES-DE-FUNCIONAMIENTO-EN-LAS-PYMES.pdf>

Antony, J., & Kumar, M. .. (2011). *Lean seis sigma: investigación y práctica*. Obtenido de <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/lean-seis-sigma-investigacion-y-practica>

Buestán, M. (16 de Agosto de 2013). *Aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida*. Obtenido de <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP135.pdf>

Davila, S. A. (23 de febrero de 2016). *Doc Player*. Obtenido de <https://docplayer.es/4735946-Origenes-de-seis-sigma.html>

davila, S. a. (23 de FEBRERO de 2016). *DOCPLAYER*. Obtenido de <https://docplayer.es/4735946-Origenes-de-seis-sigma.html>

davila, S. A. (23 de FEBRERO de 2016). *DOCPLAYER*. Obtenido de <https://docplayer.es/4735946-Origenes-de-seis-sigma.html>

DAVILA, S. A. (23 de FEBRERO de 2016). *DOCPLAYER*. Obtenido de <https://docplayer.es/4735946-Origenes-de-seis-sigma.html>

DÁVILA, S. A. (23 de FEBRERO de 2016). *DOCPLAYER*. Obtenido de <https://docplayer.es/4735946-Origenes-de-seis-sigma.html>

Desa, T. N., & Shrivastava, R. (1 de Enero de 2013). *Seis sigma - Una nueva dirección en la gestión de la calidad y de la productividad*. Obtenido de <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/seis-sigma---una-nueva-direccion-en-la-gestion-de-la-calidad-y-de-la-productividad>

Domenico, A. D., & Bona, G. D. (Diciembre de 2014). *Seis Sigma como filosofía del gerenciamiento*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/161/16152004.pdf>

Dubé-Santana, M., Hevia-Lanier, F., Michelena-Fernández, E., & SuárezOrdaz. (24 de Mayo de 2017). *Procedimiento de mejora de la cadena inversa utilizando*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/3604/360453131002.pdf>

Dumitrescu, C., & Dumitrache, M. .. (2011). *El impacto de lean seis sigma sobre los resultados globales de las compañías*. Obtenido de <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/el-impacto-de-lean-seis-sigma-sobre-los-resultados-globales-de-las-companias>

FLORES, J. P. (22 de MARZO de 2014). *ccichonduras*. Obtenido de [http://www.ccichonduras.org/website/Descargas/presentaciones/2014/SIX\\_SIGMA\\_ACSIO\\_CONSULTORES.pdf](http://www.ccichonduras.org/website/Descargas/presentaciones/2014/SIX_SIGMA_ACSIO_CONSULTORES.pdf)

Gonzalitos. (16 de FEBRERO de 2018). *SPC*. Obtenido de <https://spcgroup.com.mx/diagrama-de-ishikawa/>

Grima, P., Almagro, Ll. M., Santiago, S. y Tort-Martorell, X. (2014): *Six Sigma: hints from practice to overcome difficulties*. *Total Quality Management & Business Excellence*, Volume 25, Issue 3-4, pp 198-208. . (s.f.).

Herrera. (12 de febrero de 2017). *Biblioteca digital*. Obtenido de [http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/5254/1/Estado%20del%20Oarte%20implementacion\\_%20Hans%20Herrera\\_2017.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/5254/1/Estado%20del%20Oarte%20implementacion_%20Hans%20Herrera_2017.pdf)

<https://studylib.es/doc/4507811/la-importancia-del-seis-sigma>. (s.f.).

<https://studylib.es/doc/4507811/la-importancia-del-seis-sigma>. (s.f.).

<https://studylib.es/doc/4507811/la-importancia-del-seis-sigma>. (s.f.).

Jiménez, H. F., & Amaya, C. L. (17 de Enero de 2014). *Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/772/77231016012.pdf>

Knowles, G. .. (2011). *Seis sigma*. Obtenido de <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/seis-sigma>

López., B. (1 de enero de 2016). *ingenieria industrial*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

Macedo, J. a. (17 de abril de 2007). *bib.uia*. Obtenido de <http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/014873/014873.pdf>

Mendoza, J. J. (octubre de 2005). *Seis Sigma: Hacia la cumbre de la calidad*. Obtenido de [http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/pensamiento\\_gestion/19/4\\_Seis%20sigmas.pdf](http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/pensamiento_gestion/19/4_Seis%20sigmas.pdf)

orozco, E. g. (7 de enero de 2004). *eprints.uanl*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/1603/1/1020146705.PDF>

Orozco, J. S. (6 de Noviembre de 2009). *Reducción de gasto energetico*. Obtenido de

<http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/RevistaLimpia/Vol4n2/90-102.pdf>

Pérez-López, E., & García-Cerdas, M. (29 de enero de 2014). *Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/368695935/Dialnet-ImplementacionDeLaMetodologiaDMAICSeisSigmaEnEIEnv-4896365-pdf>

Petcu, A. J., Drăghici, M., & Anagnoste, S. (1 de Enero de 2013). *Utilizando lean seis sigma como herramienta motivacional para el mejoramiento de procesos*. Obtenido de <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/utilizando-lean-seis-sigma-como-herramienta-motivacional-para-el-mejoramiento-de-procesos>

Portillo Echegoyen, r. a. (2 de Noviembre de 2004). *rd.udb.edu.sv*. Obtenido de [http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/265/1/035046\\_tesis.pdf](http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/265/1/035046_tesis.pdf)

Rodrigo Andrés Gómez Montoya, S. B. (02 de marzo de 2011). *Revistavirtualpro*. Obtenido de <http://www.revistavirtualpro.com/download/seis-sigma-un-enfoque-teorico-y-aplicado-en-el-ambito-empresarial-basandose-en-informacion-cientifica.pdf>

Rojas, A. r. (20 de marzo de 2009). *Cortland*. Obtenido de <http://web.cortland.edu/matresearch/SeisSigma.pdf>

Ruiz, H. F. (20 de marzo de 2015). *instituto politecnico nacional*. Obtenido de <http://148.204.210.201/tesis/1427828616778TESISHiramFlo.pdf>

Sigma", L. S. (7 de septiembre de 2012). *innovando.net*. Obtenido de <http://innovando.net/las-etapas-que-debemos-seguir-para-determinar-los-ctq/>

Solano, N. C. (1 de Noviembre de 2011). *Aplicación de un programa seis sigma para la mejora de calidad en una empresa de confecciones*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4208330>

Solano, N. C. (11 de enero de 2011). *Dialnet*. Obtenido de <file:///C:/Users/OWEN/Downloads/Dialnet-AplicacionDeUnProgramaSeisSigmaParaLaMejoraDeCalid-4208330.pdf>

Steve, J. (20 de enero de 2019). *lean6sigma*. Obtenido de <http://www.lean6sigma.webs.upv.es/>.

Tesisuson. (23 de marzo de 2018). *tesis.uson.mx*. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20189/capitulo2.pdf>

Zapata-Gómez, A. (17 de enero de 2013). *Efecto de las técnicas de ingeniería*. Obtenido de [file:///C:/Users/OWEN/Downloads/2754-25054-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/OWEN/Downloads/2754-25054-1-PB%20(1).pdf)



## ANEXOS

### Anexo A: bajas por materia prima para el proceso de envasado de aguardiente tradicional y sin azúcar de presentación media botella, botella y garrafa del año 2017

Materia prima	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total bajas materia Prima
Tapa GUALA Aguardiente Tradicional	0	49	0	10	0	340	126	243	203	215	213	506	1905
Tapa GUALA Aguardiente Sin Azúcar	0	23	330	15	86	93	287	133	89	0	0	0	1056
Tapa GUALA Garrafa Tradicional	0	8	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	88
Tapa GUALA Garrafa Sin Azúcar	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	39
Etiqueta media Botella Tradicional	0	0	0	0	869	648	90	793	685	0	13	1416	4514
Etiqueta media Botella Sin Azúcar	0	224	947	0	0	0	279	298	607	0	0	100	2455
Etiqueta Botella Tradicional	0	794	0	206	595	791	329	0	0	994	586	300	4595
Etiqueta Botella Sin Azúcar	0	0	0	31	225	198	282	340	0	0	0	150	1226
Etiqueta Garrafa Tradicional	0	46	0	0	0	0	0	942	0	0	0	23	1011
Etiqueta Garrafa Sin Azúcar	0	0	0	0	0	0	0	332	0	0	0	20	352
Caja media Botella Tradicional	0	0	0	0	75	271	12	298	121	0	20	143	940
Caja media Botella Sin Azúcar	0	28	94	0	0	0	68	36	128	0	0	0	354
Caja Botella Tradicional	0	41	0	12	42	133	137	0	0	151	91	0	607
Caja Botella Sin Azúcar	0	0	0	1	27	41	108	85	0	0	0	0	262
Caja Garrafa Tradicional	0	8	0	0	0	0	0	65	0	0	0	15	88
Caja Garrafa Sin Azúcar	0	0	0	0	0	0	0	43	0	0	0	0	43
Envase media Botella Tradicional	0	0	0	0	301	417	46	192	186	0	9	399	1550
Envase media Botella Sin Azúcar	0	157	2402	0	0	0	723	199	998	0	0	0	4479
Envase Botella Tradicional	0	56	0	10	234	152	133	0	0	129	143	0	857
Envase Botella Sin Azúcar	0	0	0	88	591	489	808	526	0	0	0	0	2502
Envase Garrafa Tradicional	0	17	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	82
Envase Garrafa Sin Azúcar	0	0	0	0	0	0	0	93	0	0	0	0	93



<b>Total bajas materia prima por mes</b>	0	1451	3773	373	3045	3573	3428	4802	3017	1489	1075	3072	29098
--	---	------	------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

**Anexo B** Análisis de correlación lineal envase opalizado media botella presentación sin azúcar

	X	Y	Y1		
	Produccion	Bajas	Correlación lineal	COEFI. CORR	0,86665499
1	126.744	594	632	<b>B</b>	-124,288698
2	383.304	2107	2163	<b>M</b>	0,00596815
3	191.232	861	1017		
4	266.232	1276	1465		
5	433.320	2215	2462		
6	244.320	2315	1334		
7	379.632	1836	2141		
8	273.192	1300	1506		
9	133.248	560	671		
10	113.088	713	551		
11	74.592	602	321		
12	281.088	2460	1553		
13	174.600	1020	918		
14	214.608	1262	1157		
15	157.728	1614	817		
16	435.816	2399	2477		
17	291.744	1294	1617		
18	322.680	1266	1802		
19	47.400	182	159		
20	120.000	680	592		
21	67.920	431	281		
22	214.536	1156	1156		
23	140.808	638	716		
24	208.440	747	1120		
25	178.800	754	943		
26	208.848	14	1122		
27	541.872	3621	3110		
28	356.568	2402	2004		
29	188184	723	999		
30	73944	199	317		
31	208.272	998	1119		


**Anexo C** Análisis de correlación lineal envase opalizado botella presentación sin azúcar

	X	Y	Y1		
Muestra	Producción	Bajas	Correlación lineal		
1	160.632	474	938	<b>COEFI. CORR</b>	0,78237736
2	83.520	562	511	<b>B</b>	48,1237538
3	172.896	874	1006	<b>M</b>	0,00553891
4	104.652	551	628		
5	218.148	1105	1256		
6	151.908	753	890		
7	60.060	446	381		
8	87.480	1796	533		
9	52.656	367	340		
10	62.892	401	396		
11	41.532	206	278		
12	255.300	1802	1462		
13	89.388	594	543		
14	23.376	102	178		
15	221.592	1526	1276		
16	11.556	98	112		
17	113.952	544	679		
18	72.828	347	452		
19	63.036	293	397		
20	119.592	593	711		
21	24.480	4	184		
22	36.000	250	248		
23	5.532	88	79		
24	82500	591	505		
25	71.028	489	442		
26	177.156	808	1029		
27	124.680	526	739		

**Anexo D** Análisis de correlación lineal garrafa presentación sin azúcar

	X	Y	Y1		
	Produccion C	Defectos G	Correlación lineal		
1	26.040	493	509	<b>COEFI. CORR</b>	0,44710832
2	14.832	570	341	<b>B</b>	118,958331
3	21.690	729	444	<b>M</b>	0,01496377
4	11.448	275	290		
5	32.286	1058	602		
6	4.548	279	187		
7	36.114	606	659		
8	23.442	307	470		
9	20.898	7	432		
10	24.384	93	484		
11	14466	99	335		
12	35358	599	648		

**Anexo E** Toma de datos para graficas de control por Atributos (GRÁFICA P)

		<p>TOMA DE DATOS PARA GRÁFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS (GRÁFICA P)</p>	
Área:		Turno:	
Máquina:		Nombre del operario:	
Nombre de operación:		Materia prima:	
Muestra	Producción	Defectuoso	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			

20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		