



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

## TESIS DE GRADO

Sistema de Gestión de la Calidad basado en Lean Six sigma, en el área de preindustria de AJ Fernández, Estelí, Nicaragua durante el año 2025

Alaníz, J; Benavides, E; López, O.

### Tutor(a)

Ing. Ramón Antonio Canales Zeas

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ

*¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!*



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

## **Centro Universitario Regional de Estelí CUR-ESTELÍ**

Recinto Universitario “Leonel Rugama Rugama”

Departamento de ciencias tecnológicas y salud

# **“Sistema de Gestión de la Calidad basado en Lean Six Sigma, en el área de preindustria de AJ Fernández, Estelí, Nicaragua durante el año 2025”**

Trabajo de investigación para optar al grado de  
Ingeniero Industrial

### **Autores**

Jonathan David Alaníz Molina

Engel José Benavides Lopez

Osman Uriel López Tinoco

### **Tutor**

Ing. Ramon Antonio Canales Zeas

Noviembre, 2025





## **Dedicatoria**

Esta investigación se la dedico a Abigail, por estar siempre independientemente de las circunstancias, por los consejos, por la paciencia, por los enojos, las alegrías compartidas, por la confianza y el acompañamiento durante toda la investigación, gracias Abigail por el impacto que has tenido en mi vida.

Dedicada a *Ma Meilleure Ennemie*.

## **Agradecimiento**

Agradecemos nuestros padres por ser nuestro mayor soporte, por el cariño en nuestros años de formación, por la paciencia y el apoyo en este viaje académico. Gracias por inculcarnos valores, formas de ser en el mundo y estar tanto en nuestros peores como mejores momentos; Este cierre a nuestros años de estudio se lo dedicamos a ellos que nos enseñaron la importancia de tomar un lápiz y entender el mundo.

Agradecemos también a todos los profesores que nos apoyaron y formaron en todos los años universitarios, por su calidad humana, por su calidad profesional y por siempre querer contribuir a nuestro crecimiento personal y profesional.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, ESTELÍ  
“2025: Eficiencia y Calidad para seguir en victorias”  
Departamento de Ciencias de la Educación y Humanidades

### CARTA AVAL DEL TUTOR

Estelí, 09 de diciembre de 2025

Por medio de la presente, en calidad de tutor(a) del trabajo de modalidad de graduación titulado: **“Sistema de Gestión de la Calidad basado en Lean Six sigma, en el área de preindustria de AJ Fernández, Estelí, Nicaragua durante el año 2025”** elaborado por el(la)/los(as) estudiante(s):

Jonathan David Alaníz Molina,	21501920
Engel José Benavides Lopez,	20507969
Osman Uriel López Tinoco	21500820

Estudiante(s) de la carrera de **Ingeniería Industrial**, hago constar que he brindado acompañamiento académico y metodológico durante el desarrollo de dicho trabajo, cumpliendo con lo establecido en el cronograma y en la normativa institucional vigente. Asimismo, avalo que el trabajo cumple con los requisitos formales, científicos y éticos exigidos por la Universidad, en cumplimiento de la modalidad de graduación correspondiente.

Atentamente,

Ing. Ramón Antonio Canales Zeas

Orcid: 0000-0001-7273-5565

UNAN-Managua/CUR-Estelí

CC/

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!  
Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENATREL, Tel 27137734, Ext 7424  
dceh.curesteli@unan.edu.ni

## Resumen

La investigación tiene como objetivo proponer un sistema de control de calidad en las áreas que conforman la preindustria (pilón capa, pilón tripa, despalille, escogida, horno y pacas) de la empresa AJ Fernández, basada en la metodología de mejora continua Lean Six Sigma. Se realizó un diagnóstico de la situación actual del sistema de control de calidad de las áreas mencionadas; Posteriormente, se analizaron los procesos de calidad a través de herramientas de Lean Six Sigma, que utilizan como marco de acción el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Con esta información se planteó una propuesta de mejora que permita optimizar el control sobre las variables de producción, reducir el número de defectos en el producto, estandarizar procesos y tomar decisiones basadas en un registro confiable de información. La metodología Lean Six Sigma es ideal para la empresa AJ Fernández, ya que utiliza herramientas de control estadístico de la calidad dentro de un sistema ordenado que genera información relevante a través de cartas de control estadístico, gráficos de control y criterios para el adecuado funcionamiento de sistema. Se espera que la propuesta de un sistema de gestión de calidad se convierta en el paso inicial para el desarrollo de un sistema de calidad que integre todas las áreas de la empresa, sus diferentes sucursales y productores de materia prima, con la finalidad de generar uniformidad en el control de los procesos y lograr la satisfacción del cliente.

**Palabras claves:** Lean Six Sigma, Control de calidad, Tabaco, Preindustria, Mejora continua

## **Abstract**

The research aims to propose a quality control system in the areas that make up the pre-industry (pile layer, pile gut, destemming, sorting, oven, and bales) of the AJ Fernández company, based on the Lean Six Sigma continuous improvement methodology. A diagnosis of the current situation of the quality control system in the aforementioned areas was carried out. Subsequently, the quality processes were analyzed using Lean Six Sigma tools, which use the DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) as a framework for action. With this information, an improvement proposal was put forward to optimize control over production variables, reduce the number of product defects, standardize processes, and make decisions based on reliable information records. The Lean Six Sigma methodology is ideal for AJ Fernández, as it uses statistical quality control tools within an orderly system that generates relevant information through statistical control charts, control graphs, and criteria for the proper functioning of the system. It is hoped that the proposal for a quality management system will be the first step in the development of a quality system that integrates all areas of the company, its various branches, and raw material producers, with the aim of generating uniformity in process control and achieving customer satisfaction.

**Keywords:** Lean Six Sigma, Quality control, Tobacco, Preindustria, Continuous improvement

## Índice

1.	Introducción.....	8
2.	Antecedentes.....	10
2.1.	Antecedentes internacionales .....	10
2.2.	Antecedentes Nacionales.....	12
2.3.	Antecedentes Regionales.....	15
3.	Planteamiento del problema .....	17
4.	Justificación.....	20
5.	Objetivos de investigación .....	22
5.1.	Objetivo General.....	22
5.2.	Objetivos específicos .....	22
6.	Preguntas de investigación / Hipótesis de investigación .....	23
7.	Limitaciones del estudio .....	24
8.	Contexto de la Investigación.....	25
9.	Marco Teórico .....	26
9.1.	Bucles de Calidad .....	26
9.2.	Calidad.....	28
9.2.1.	Calidad orientada al producto.....	30
9.2.2.	Calidad orientada al proceso.....	31
9.2.3.	Calidad orientada a la prevención .....	32
9.2.4.	Calidad orientada al sistema.....	32
9.2.5.	Calidad orientada al coste.....	34
9.2.6.	Calidad orientada a las personas.....	34
9.2.7.	Calidad orientada la cultura.....	35
9.3.	Lean Six Sigma .....	35
9.4.	Fases de Lean Six Sigma.....	36
9.4.1.	Definir.....	37
9.4.2.	Medir .....	38
9.4.3.	Analizar .....	42

9.4.4.	Mejorar .....	43
9.4.5.	Controlar .....	44
9.5.	Herramientas de Lean Six Sigma.....	45
9.5.1.	Diagrama de Flujo .....	45
9.5.2.	Diagrama de Ishikawa .....	47
9.5.3.	Análisis estructural Mic Mac.....	49
9.5.4.	Índice <b>Cp</b> .....	54
9.5.5.	índice <b>Cpk</b> .....	55
9.5.6.	Índice K .....	55
9.5.7.	Histogramas .....	56
9.5.8.	QVSM (Quality Value Stream Map) .....	57
9.5.9.	QFD (Quality Function Deployment) .....	60
10.	Diseño metodológico .....	63
10.1.	Tipo de diseño mixto .....	63
10.2.	Tipo de investigación.....	63
10.3.	Población y muestra .....	65
10.4.	Matriz de categoría .....	68
10.5.	Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos .....	70
10.6.	Confiabilidad y validez de los instrumentos .....	71
10.7.	Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de la información.....	72
10.8.	Criterios de calidad .....	73
11.	Análisis y discusión de resultados .....	73
11.1.	Triangulación de resultados .....	73
11.2.	Objetivo 1.....	79
11.2.1.	Descripción del proceso productivo en el área de preindustria .....	79
11.2.2.	Diagnóstico del sistema de calidad en el área de preindustria .....	87
11.2.3.	Análisis de las encuestas realizadas en el área de despalille .....	96
11.3.	Objetivo 2.....	101
11.3.1.	QVSM.....	102

11.3.2.	Análisis estadístico sobre el muestreo de humedad y temperatura .....	114
11.4.	Objetivo No. 3.....	127
11.4.1.	QFD.....	127
11.4.2.	Sistema de control de calidad .....	134
11.4.3.	Base digital del Sistema de Control de Calidad .....	158
12.	Conclusiones .....	163
13.	Recomendaciones .....	165
14.	Referencias .....	166
15.	Anexos .....	171
Anexo A	Guía de encuesta a personal de A.J Fernandez .....	171
Anexo B	Guía de observación al are de preindustria de AJ Fernández.....	176
Anexo C	Guía de entrevista a jefes de área de AJ Fernández .....	179

## Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de Categorías .....	68
Tabla 2. Triangulación de resultados .....	78
Tabla 3. Escala de likert sobre el nivel de influencia entre variables.....	90
Tabla 4. Objetivos de la propuesta de sistema de calidad .....	104
Tabla 5. Criterios de evaluación de las fallas .....	106
Tabla 6. Número de defectos por característica inspeccionada .....	108
Tabla 7. Costos de control de calidad .....	112
Tabla 8. Datos estadísticos de temperatura en pilón tripa.....	114
Tabla 9. Datos estadísticos de humedad en pilón tripa .....	117
Tabla 10. Datos estadísticos de temperatura pilón capa .....	120
Tabla 11. Datos estadísticos de humedad pilón capa .....	124

## Índice de figuras

Ilustración 1. Ciclo de mejora de la calidad.....	27
Ilustración 2. Causas de baja capacidad de un proceso .....	40
Ilustración 3. Plan de control de calidad .....	45
Ilustración 4. Simbología ISO para Flujogramas .....	47
Ilustración 5. Influencia y dependencia de variables .....	52
Ilustración 6. Sistema de variables estable .....	53
Ilustración 7. Sistema de variables inestable .....	53
Ilustración 8. Valores Cp y su interpretación .....	54
Ilustración 9. Simbología VSM para análisis del presente .....	59
Ilustración 10. Simbología VSM de propuesta futura.....	59
Ilustración 11. Pasos del QFD (Quality Function Deployment .....	61
Ilustración 12. Casa de la calidad .....	62
Ilustración 13. Flujograma de producción en el área de preindustria .....	86
Ilustración 14. Diagrama de Ishikawa sobre el área de preindustria.....	89
Ilustración 15. Matriz de relación entre variables .....	91
Ilustración 16. Gráfico de influencias directas .....	91
Ilustración 17. Gráfico de influencias indirectas .....	92
Ilustración 18. Gráfico de influencias potenciales .....	93
Ilustración 19. Plano de influencias y dependencias potenciales .....	94
Ilustración 20. Definición de variables prioritarias .....	95
Ilustración 21. Sintaxis lógica resultante .....	95
Ilustración 22. Porcentaje de materia prima de baja calidad .....	96

Ilustración 23. Defectos más comunes en materia prima .....	97
Ilustración 24. Variables de tabaco que menor calidad presentan .....	99
Ilustración 25. Capacitación del personal .....	100
Ilustración 26. Diseño flujo de valor actual .....	113
Ilustración 27. Gráfico de temperatura pilón 25-11.....	115
Ilustración 28. Gráfico de temperatura 25-13 .....	116
Ilustración 29. Comparación de temperatura variedad Criollo 2012 .....	117
Ilustración 30. Gráfico de temperatura pilón 25-11.....	118
Ilustración 31. Comparación de humedad en pilones criollo 2012.....	119
Ilustración 32. Gráfico de temperatura pilón 04-23-25.....	121
Ilustración 33. Gráfico de temperatura pilón D03-02-25 .....	121
Ilustración 34. Gráfico de temperatura pilón 02-38-25 .....	122
Ilustración 35. Gráfico de temperatura de los pilones Habano AJ-79.....	123
Ilustración 36. Gráfico de humedad de pilón. ....	125
<i>Ilustración 37. Gráfico de humedad pilón 02-38-25 .....</i>	<i>126</i>
Ilustración 38. Gráfico comparativo de humedad de la variedad Habano AJ-79 .....	127
Ilustración 39. QUÉs Atributos del cliente .....	128
Ilustración 40. Evaluación competitiva del cliente. ....	128
Ilustración 41. Dirección de mejora .....	129
Ilustración 42. Matriz de relaciones .....	131
Ilustración 43. Competitividad de requerimientos y benchmarking .....	132
Ilustración 44. QFD aplicado al diseño del control de calidad.....	133
Ilustración 45. Diagrama de procesos de control de calidad .....	139
Ilustración 46. Organigrama del sistema de control de calidad .....	152
Ilustración 47. Ventana de registro del sistema digital .....	158
Ilustración 48. Ventana de registro diario .....	159
Ilustración 49. Ventana de ficha pilón del sistema digital.....	160
Ilustración 50. Registro de ficha pilón del sistema digital.....	161
Ilustración 51. Ventana de muestreo de lotes del sistema digital .....	161
Ilustración 52. Ventana de inspección del sistema digital.....	162
Ilustración 53. Ventana de estadísticas del sistema de control de calidad .....	163
Ilustración 54. Ventana de productos de no conformidad del sistema digital .....	163

## **1. Introducción**

El presente trabajo investigativo trata del diseño de un sistema de gestión de la calidad en el área de preindustria, para las empresas manufactureras de puro, el cual no solo podría ser aplicado en las empresas de producción de puro, sino también en cualquier empresa que desee contar con un eficiente control de calidad en sus productos o servicios.

La investigación presenta información técnica, dirigida a proporcionar los conocimientos necesarios y el material adecuado para diseñar un sistema de gestión de la calidad, que facilite el control de calidad en una empresa, potenciando así sus los estándares de la empresa A.J Fernández de la ciudad de Estelí.

La presente investigación está estructurada en nueve capítulos, de donde se desarrolla el trabajo realizado. En el capítulo uno presenta una síntesis acerca del trabajo investigativo del sistema de gestión de la calidad; el capítulo dos presenta los antecedentes de estudios realizados por otros investigadores tanto internacionales, nacionales y regionales, los que se consideran importantes para la presente investigación.

En el capítulo tres se presenta la problemática de calidad dentro de la empresa, en el capítulo cuatro se presenta la justificación del porqué realizar la investigación, el capítulo cinco se describen el objetivo general y objetivos específicos de la investigación. En el capítulo seis se describen las preguntas de la investigación. En el capítulo siete se exponen las limitaciones encontradas durante el estudio.

En el capítulo ocho se presenta el contexto de investigación (lugar geográfico donde se encuentra la empresa y posición competitiva en el mercado). El capítulo nueve contempla el marco teórico en el que se desarrollan los conceptos básicos y teóricos, aspectos que son de importancia para una mejor comprensión del trabajo investigativo.

Continuando con el capítulo diez donde se desarrolla lo concerniente al diseño metodológico, el que describe el conjunto de técnicas utilizadas para la recolección de la información y su

respectivo análisis en los diferentes aspectos de la problemática en estudio y poder dar respuesta a las preguntas que surjan en la presente investigación.

Siguiendo con el capítulo once donde se aborda el análisis y discusión de resultados de la investigación realizada, interpretándose de acuerdo al cumplimiento de los objetivos específicos planteados en la investigación.

En el capítulo doce se desarrollan las conclusiones obtenidas del trabajo investigativo realizado, relacionado con los objetivos específicos presentados, al igual que sus dificultades y limitaciones que surgieron durante el proceso investigativo.

El capítulo trece corresponde a las recomendaciones, que tienen como fin aportar para una mejora en el sistema de gestión de calidad total y eficiente, tanto para la empresa en estudio, como para otras empresas y futuras investigaciones que busque la mejora el sistema de gestión de calidad.

El capítulo catorce corresponde a las referencias bibliográficas, que son las fuentes, recursos teóricos o sitios web que ofrecen la información para realizar el documento, y de esta forma respetar las fuentes de información y evitar el plagio de los trabajos realizado por otros investigadores o autores y por último el capítulo quince el cual hace referencia a los anexos el cual presenta la información extra y que complementa la investigación, como son: fotos, formatos y entrevistas realizadas, guías de observación, gráficos, entre otras.

## **2. Antecedentes**

Se realizó un análisis bibliográfico sobre tesis, investigaciones documentales y artículos científicos, con la finalidad de cribar las investigaciones que mayor sustento científico presentan sobre la metodología Lean Six Sigma, que su principal propósito es definir los errores, detectar las causas que originaban estos errores y generar propuestas de mejoras sobre los procesos productivos y procesos de control de calidad. Los estudios seleccionados se eligieron con el tiempo máximo de publicación de cinco años.

### **2.1. Antecedentes internacionales**

El investigador Fredy Maldonado (Maldonado, 2022) realizó una propuesta de mejora sobre el sistema de control de calidad en la empresa FABERTEK de Lima en Perú. Su investigación tuvo por objetivo realizar una propuesta de implementación de la metodología Six-Sigma, para mejorar el control de calidad en el proceso de recubrimiento del área de pintura en la empresa FABERTEK. La investigación aplicó un enfoque cuantitativo de tipo experimental, los autores barajaron tres alternativas de solución para el análisis de datos decantándose por el método de Poisson para datos discretos de tipo atributo, con el propósito de realizar el cálculo de piezas defectuosas que existen en un periodo de tiempo; se aplicaron distintas herramientas de Lean Six Sigma en diferentes etapas del ciclo DMAIC, durante la etapa de definir se realizó un Project Charter donde se asignaron los miembros de la aplicación de la metodología y sus responsabilidades, en la fase de medición se realizó un conteo de elementos defectuosos del proceso mediante un diagrama de Pareto, de manera posterior el investigador en la fase de analizar reunió la información recopilada de causas y efectos con un diagrama de Ishikawa; para la fase de mejorar se construyó una propuesta de mejora garantizando costos que compensen la inversión mediante un cálculo de TIR y VAN. Los instrumentos de recolección de datos fueron entrevistas, cuestionarios, encuestas, de observación y documental. El estudio concluyó que posterior a la aplicación de la metodología Lean Six sigma, el índice de calidad aumentó de un 87.69% a un 97.04%, reflejado en el nivel de sigma de un valor de  $1.29\sigma$ , con la propuesta de la mejora, se logró obtener un ZL de  $2.03\sigma$ . La investigación interesó por ser una investigación aplicada que de

manera sistemática aplicó los pasos de la metodología Lean Six sigma, con resultados positivos por el aumento del porcentaje en los índices de calidad, demostrando la efectividad en términos monetarios y operacionales los beneficios de procesos estandarizados.

En la misma línea de investigación, la analista Garrido (Garrido, 2024) realizó la propuesta de un modelo de gestión de calidad, la investigación tuvo por objetivo general diseñar un proceso de mejora continua basada en metodología Lean Six Sigma para optimizar las variables críticas y reducir los rechazos operacionales. La investigación fue de tipo cualitativa, utilizando como instrumento principal la entrevista, teniendo como muestra catorce entrevistados elegidos por conveniencia entre los jefes de área, supervisores y técnicos de área de calidad, el estudio se efectuó en la planta de fabricación de tableros contrachapados, Plywood, para recopilar la información la entrevista se dividió en cuatro segmentos en los cuales se evalúa diferentes criterios del control de calidad como el cumplimiento de especificaciones técnicas, identificación tardía de defectos y la aplicación de herramientas del control estadístico de procesos, posterior a la recopilación de datos la investigadora triangulo la información obtenida sistematizándola en estadística descriptiva, para confirmar la coincidencia entre los problemas a trabajar, con lo cual las variables que más afectan los defectos en los tableros contrachapados son humedad en trozos, temperatura, control del tiempo de macerado, dimensión de las láminas, distribución de resina y apilado de chapas. Para el diseño de la propuesta se definieron ñas medidas de rendimiento clave (KPIs), que establece controles de proceso y desarrolla planes de control para garantizar. El estudio concluye que un modelo de trabajo establece que las variables pertinentes para un modelo de gestión de calidad que deben ser controladas en una planta de tableros contrachapados. La investigación resultó útil para la presente investigación por los procedimientos para separar las variables de que más influyen y mayor influencia tienen en la aparición de defectos durante el proceso productivo.

Miranda (Vilela, 2021) la investigadora realizó otro estudio aplicado utilizando herramientas del control de calidad en la industria de procesos, en el rubro del tabaco. En su investigación tuvo por objetivo general presentar un estudio de caso relacionado con el análisis de capacidad proceso para detectar el número de artículos no conformes en el proceso de

producción de filtros de cigarrillos. La investigación aplicó un enfoque cuantitativo analizando seis variedades de filtros en el cual se tomaron una muestra de 600 unidades producidas diarias en el periodo de 33 días; los datos recolectados sobre los defectos en los procesos de producción de filtro fueron presentados en un diagrama de Pareto, luego utilizando las cartas de control estadístico se analizó el comportamiento de los datos mediante los criterios de Quality Control Handbook, en el cual según el número de datos fuera de los límites inferiores y superiores si dos de tres puntos consecutivos se encuentran fuera de los límites de advertencia de dos sigmas de que el sistema se encuentra fuera de control, para asegurar que los datos se pueden analizar se realizaron pruebas de normalidad de tipo Kolmogórov-Smirnov, posterior a la normalización de los datos se realizaron gráficos de dispersión que mostraban las muestras que alteraban el sistema y con ello se calcularon los índices de capacidad para cada una de los tipos de filtro de tabaco, con lo cual se compararon la medida real que arrojaba el sistema con las medidas ideales con las que debería comportarse el sistema. El estudio concluye que los métodos estadísticos de control de calidad como Kolmogórov-Smirnov muestran que a pesar de algunas muestras están bajo control estadístico, ninguno de ellos obtuvo un resultado de  $Cpk > 1$ , indicando que el proceso no es lo suficientemente capaz. Por ello, la investigadora recomendó al equipo de control de calidad que: se utilizara un nuevo tipo de filtro en el proceso, con el objetivo de reducir la variabilidad de los datos de caída de presión y, por lo tanto, la amplitud de muestreo; los límites de especificación, si es posible, se revisan (para que cubrir los límites de control). El estudio tuvo alta relevancia sobre la presente investigación por la metodología utilizada, las herramientas de control estadístico y el tratamiento de los datos fue muy relevante para desarrollar una línea de interpretación y representación de datos.

## **2.2. Antecedentes Nacionales**

Con respecto a las investigaciones nacionales Celio Arauz (Arauz, 2020) realizó un informe de pasantía sobre el manejo agronómico del cultivo de tabaco, en la finca La Joya, el informe presentó como principal objetivo generar información del manejo agronómico del cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L), variedad Connecticut en la empresa TABANICSA finca la Joya Estelí. El investigador realizó una descripción de las actividades como pasante en la empresa, para luego sistematizar las acciones en una descripción del proceso de siembra de

la variedad estudiada, realizó un muestreo para detectar las principales enfermedades que afectan en el tabaco, empezando por el moho azul o moho sistémico un término utilizado para referirse al moho azul que afecta principalmente los sistemas vasculares de la planta, acortando la distancia entre nervaduras de las hojas, ocasionando corrugaciones excesivas en la hoja y torceduras en todo el ápice; los datos fueron agrupados sobre un histograma que revela que el porcentaje de la enfermedad fitosanitaria de moho azul inicia posterior a los primeros veinte y cinco días de siembra; otra de las enfermedades que presentó la variedad fue la Paratrypa (*Bactericera cockerelli*, que produce un conjunto de huevos ovoides en la superficie de la hoja; otra de las enfermedades esta vez no ocasionadas por plagas es la ojo de rana (*Cercospora nicotianae*) que son manchas circulares de entre un milímetro y seis milímetros, de un color marrón rojizo y amarillo, que se origina cuando la fertilización es excesivamente nitrogenada. El informe concluye que toda actividad de manejo agronómico comprende una base importante de garantizar las condiciones necesarias para un buen desarrollo del cultivo y garantizar un buen rendimiento del cultivo, a su vez que las enfermedades que mayor afectación fueron el moho azul (*Peronospora tabacina*) y *Cercospora*, y las plagas que mayor recurrencia fueron la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y gusano cachón (*Erinnyis ello*). La investigación fue relevante debido a que proceso de preindustria se genera a partir del último proceso de fermentación realizado, por lo cual para entender los defectos del sistema de producción conocer las enfermedades que podrían provenir desde las fincas era relevante para evaluar los criterios de control de calidad.

En la investigación realizada Arteta y compañía (Centeno Arteta y otros, 2021) se planteó que el grado de aporte de las tecnologías de la información en el control de inventario en una empresa del rubro tabacalero; la investigación tuvo por objetivo determinar el aporte de las TIC en la mejora continua en el proceso de control de inventario de la empresa TABOLISA en el primer semestre del año 2020. La investigación eligió una filosofía de tipo mixta por el enfoque de elementos cualitativos y descriptivos, mientras que el enfoque se dio fue de tipo descriptivo por la caracterización de la situación, la población seleccionada fue el conjunto de colaboradores de la empresa TABOLISA en el área de planificación y control, de la ciudad de Estelí, la población al reducirse a treinta individuos se eligió toda la población como muestra. Durante la investigación se aplicaron instrumentos de corte cualitativo como entrevistas, cuestionarios y guías de observación, en la cual se recopiló información sobre

los conocimientos que el personal posee sobre las tecnologías de la información y su consideración sobre la aplicación de modelos de software para mejorar el proceso de registro de elementos en el inventario. La investigación concluyó que la implementación de estrategias TIC contribuyen a la mejora continua en el control de inventario, ya que todos los cambios y mejoras han aportado a un mejor desarrollo en las operaciones realizadas por los colaboradores en la empresa y a una mejor gestión por el gerente de planificación y control. La investigación fue relevante debido a que las herramientas de análisis de Lean Six Sigma necesitan de plataformas digitales para el procesamiento y representación de datos obtenidos del sistema.

Amador y compañía (Amador Sánchez y otros, 2022) presentan una investigación sobre la gestión de calidad en los procesos productivos, con el objetivo general de analizar la gestión de la calidad en el área de producción para la mejora de los procesos en la empresa. En Plasencia Cigars S.A. La investigación presentó un enfoque mixto de tipo descriptiva, aclarando que el procesamiento de datos se realizaría de manera cualitativa, la población del estudio fue de quinientos treinta y nueve trabajadores de la empresa Plasencia Cigars S.A n° 2, que se redujo a una muestra de sesenta trabajadores, la investigación inicia definiendo el proceso de producción en recepción de materia prima, bonchado, rolado y control de calidad, posterior a la recopilación de información, se representó las respuestas de los colaboradores en gráficos de barras, para luego hacer una evaluación de los procesos en materia de gestión de la calidad según los principios de la calidad según el enfoque del cliente, según el liderazgo, participación del personal, enfoque basado en proceso, mejora continua y planeación de calidad. El estudio concluyó que la valoración de la calidad según los trabajadores de la empresa está definida como buena según el gráfico n° 7, consideran hay inconvenientes en el manejo de la materia prima lo que provoca puros fallos, duros, gordos, pelotosos entre otros, esto afecta en ocasiones a tener una menor producción, un desperdicio de materia prima y pérdidas económicas. El estudio fue interesante por los criterios con lo que evalúa los procesos de producción bajo el enfoque de control de calidad, para construir criterios cualitativos y cuantitativos para evaluar la calidad del proceso.

### **2.3. Antecedentes Regionales**

Siguiendo con investigaciones que permitan la construcción adecuada del perfil tabacalero y su relación con los modos de producción, Zeledón y compañía de (Zeledón López y otros) realizaron un análisis sobre el proceso administrativo para la producción y exportación de tabaco; la investigación presentó como objetivo general analizar el funcionamiento del proceso administrativo dirigido a la producción y exportación, para el diseño de estrategias que contribuyan a la mejora de la eficiencia en la Empresa PROCENICSA, con sede en la ciudad de Estelí en el periodo 2021-2022. La investigación fue de filosofía cualitativa y de tipo aplicada, la muestra seleccionada se realizó de manera no probabilística o por conveniencia, durante la investigación realizó una descripción de los procesos que conforman el proceso productivo mediante un diseño del flujo del proceso de producción que conformaban recepción de materia prima, humectación, secado, escogida uno, escogida dos, proceso de medición, despallido y control de calidad. El estudio concluyó que las estrategias primordiales para el buen funcionamiento de los procesos administrativos del área de producción, deben de implementar políticas de capacitación a los trabajadores para brindarles motivación e incrementar la eficiencia en el desempeño de las actividades, asegurar la calidad y cantidad del producto, mejoramiento en la distribución de las tareas, mayor interacción con los clientes de beneficios mutuos y dar a conocer los requerimientos del producto. La investigación fue relevante para entender los procesos administrativos que componen una empresa del sector tabacalero, a su vez en entender la disección de las áreas y continuidad de procesos en empresas similares a la estudiada en esta investigación.

Dentro de las investigaciones realizadas en la empresa de estudio se encuentra la investigación de Talavera y compañía (Talavera Flores y otros, 2021) que estudió el nivel de productividad en el área de producción, la investigación tuvo por objetivo general Determinar el nivel de productividad del área de producción de la empresa AJ Fernández en el segundo semestre del año 2020. La investigación fue de filosofía mixta, de tipo explicativa y descriptiva, la población fueron los mil trabajadores que conforman las distintas áreas de la empresa, en el cual utilizando la fórmula de selección de muestra se redujo a ciento cincuenta y cuatro encuestas. Para el análisis de las respuestas obtenidas en las encuestas se organizó la información en diagramas de barras, que permitió a los autores realizar un diagrama de

Ishikawa para separar los problemas detectados en las seis “M” de producción, de manera posterior se realizó un estudio de métodos sobre el área de producción escogiendo la marca de New World para analizar a través de un cursograma de las actividades midiendo el tiempo de cada actividad, posterior a ello se realizó un diagrama de recorrido en el cual se describieron la ruta que siguen los operarios para completar las tareas que componen el proceso de producción, otro de los análisis realizados fue una evaluación de los aspectos ergonómicos con medición sobre la luminosidad, ruido y conformidad en el área de trabajo, con los datos recopilados de estas evaluaciones se realizó un check list con los criterios de evaluación de la filosofía 5S, siendo la limpieza y la estandarización los puntos más débiles de la empresa; luego se realizó un análisis de productividad de cuatro meses entre agosto y noviembre registrando un aumento del cuarenta y tres por ciento en términos de productividad. La conclusión del estudio fue que empresa cumple con un noventa y dos por ciento de manera general la metodología de las 5S y en un setenta y dos por ciento es la disciplina esto afecta la productividad y por ende la producción esto debido a que hay ausentismo por parte de algunos colaboradores, por lo tanto, esto afecta al tiempo estándar, también el nivel de estandarización de los procesos siendo este de un ochenta por ciento, mientras que sobre la propuesta realizada sobre el balanceo de línea de producción para el incremento de la productividad en la empresa AJ Fernández Cigars S.A. Se propone un índice de producción equivale 1.5 unidades por minutos. Por lo tanto, al implementar esta propuesta de balanceo de línea se obtendría un setenta y nueve porcientos de eficiencia de la línea balanceada y el tiempo de ciclo requerido 71.54 segundos por unidad. El estudio resultó muy provechoso porque es un estudio integral sobre la empresa analizada, realizando una criba sobre los problemas a analizar la empresa, recopilando información de distintas áreas de la empresa, entendiendo la integración de los procesos en el sistema de producción, generando datos con los cuales examinar los criterios de calidad.

Dentro de las investigaciones regionales que mayor relevancia tiene para la investigación fue el plan de mejora desarrollado por Quintero y compañía (Quintero Martínez y otros, 2023), que tuvo por objetivo general elaborar un plan de mejora continua implementando la metodología LEAN SIX SIGMA para reducir el número de puros defectuosos en la fábrica A.J FERNANDEZ Cigar, durante el año 2023. La investigación fue de tipo aplicada y de tipo transversal porque se estudiaron las variables en un determinado periodo de estudio, la tesis

tuvo un enfoque de tipo descriptivo, la muestra de la investigación fue elegida de manera no probabilística, los instrumentos aplicados fueron de tipo cualitativos con entrevistas, encuestas y guía de observación. La información recopilada de las entrevistas funcionó como elemento de diagnóstico agrupado en diagrama de Pareto, siendo el problema más repetido la ausencia de procedimientos estandarizados, de manera posterior se aplicaron las fases del ciclo DMAIC, para la fase definir se desarrolló un mapa de procesos con el cual entender el proceso productivo y para la fase de medir se realizó un diagrama de análisis de procesos donde se calculó los tiempos estándares; para analizar los datos recopilados se utilizó las seis “6M” del diagrama de Ishikawa y se desarrolló una serie de directrices basada en el cumplimiento de Lean Six Sigma. La tesis concluye con que el proceso de adaptación de la metodología de Lean Six Sigma fue desafiante, pero la implementación generó resultados positivos sobre la eficacia y eficiencia operacional. El estudio fue beneficioso porque en la misma empresa del estudio se aplicó la misma metodología, aunque no se implementó en el área de preindustria, por lo cual funciona como una oportunidad de mejora a implementar.

### **3. Planteamiento del problema**

En la actualidad la industria del tabaco ha sufrido un incremento exponencial, durante la última década, los puros premium han experimentado un crecimiento constante, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 5%. En 2021, los puros Premium alcanzaron record de

venta históricos de 14.380 millones en volumen total (The Cigar Association of America, 2025), bajo este contexto la alta competitividad de las empresas que conforman el sector tabacalero nacional demandan procesos de producción ágiles para el cumplimiento de pedidos del mercado, pero que a su vez que no bajen los estándares de calidad impuestos por los clientes internacionales.

Ante esta situación las empresas emplean diferentes sistemas de control de calidad que permiten optimizar su productividad, mientras se mantiene o mejora la calidad del producto resultante, con la cual se puede generar una ventaja competitiva ante un mercado tan exigente en criterios de calidad y tan demandantes en el volumen de compras.

Una de las organizaciones que mayor equilibrio debe mantener entre el volumen de producción y el cumplimiento de los estándares de calidad es la empresa A.J. Fernández que cuenta con una producción que alcanza las 100,000 unidades de puros diarios, lo que la posiciona como una de las principales empresas productoras de Nicaragua. La compañía emplea a más de 4,000 colaboradores, distribuidos entre su fábrica principal y sus seis fincas de producción propia. Además, dispone de un mercado internacional sólido, con presencia en 32 países de América, Europa, Medio Oriente y Asia (A.J Fernández Cigars, 2025).

Actualmente, la empresa opera con un sistema de control de calidad de tipo clásico, centrado principalmente en las etapas finales del proceso. Sin embargo, este tipo de sistema de control de calidad no permite una adecuada gestión variables de producción en las fases iniciales de la preindustria, como pilones, despalillo y escogida. La constante pérdida de información debido a los registros físicos, los procesos no estandarizados y la toma de decisiones basadas en la intuición generan un sistema que no arroja datos confiables con los cuales tomar decisiones estratégicas. Esta situación afecta principalmente las dos áreas de fermentado de pilones, donde es necesario medir y registrar diariamente variables como temperatura y humedad, con el fin de analizar la evolución de ambas variables a largo del tiempo.

La ausencia de un sistema de gestión de la calidad integrado, apoyado en tecnologías de la información genera ineficiencias en el tratamiento de los datos recopilados durante el proceso. Dichos datos son esenciales para garantizar la correcta ejecución de la etapa preindustrial del producto, en la cual se definen gran parte de las características de calidad más reconocidas. Estas dependen en gran medida del adecuado tratamiento de la materia prima durante el

proceso de fermentación. Asimismo, la falta de un sistema estructurado limita la posibilidad de implementar mejoras basadas en la información acumulada por la empresa a lo largo del tiempo.

Ante esta problemática, se propuso el diseño de un sistema de gestión de la calidad que permita gestionar, registrar y analizar datos obtenidos del proceso, bajo los lineamientos de la metodología Lean Six Sigma, generando un sistema de control de calidad de tipo moderno que consiste en “hacer bien las cosas” desde el principio, integrando los filtros de control de calidad del final del proceso con los del inicio.

#### 4. Justificación

La presente investigación surge de la necesidad de fortalecer el control de calidad en las áreas de preindustria de la empresa A.J. Fernández, hasta la fecha, los esfuerzos de control de calidad de la empresa se han enfocado principalmente en las etapas finales del proceso productivo, como producción, empaque y pacas. Sin embargo, no se ha desarrollado un estudio sistemático en las áreas de pilones, despallido y escogida, donde se realiza el mayor tratamiento de la materia prima y donde se definen gran parte de las características de calidad que son más valoradas por los clientes directos.

El realizar un sistema de control de calidad basado en la metodología Lean Six Sigma, es beneficioso para la empresa ya que en palabras de Gary Morales en su análisis bibliográfico de distintas investigaciones aplicadas de la metodología lean six sigma en calidad (Morales, 2024) esta filosofía de mejora continua permite una detección proactiva de defectos e implementación de soluciones inmediatas que a pesar de costos iniciales, en el largo plazo representan una mejora en la eficiencia operativa y mejora en los índices de sostenibilidad.

La investigación pretende alinearse con el plan nacional de lucha contra la pobreza y para el desarrollo humano 2022 - 2026 de Nicaragua, bajo el lineamiento de “Más y Mejor Producción”, en la actualidad muy pocas empresas nacionales cuentan con certificaciones de carácter internacional en materia de calidad, hasta 2016 solo 57 empresas contaban con certificación de la normativa ISO (Olivares, 2016), por lo cual investigaciones orientadas a estandarizar procesos de producción y reducir el número de defectos son ideales para lograr procesos de acreditación que generen confianza de los clientes internacionales.

Según el científico William Whewell “una teoría contribuye al progreso científico si reúne, aunque sea por razones equivocadas, hechos que están realmente relacionados” (Losee, 1991), basado en este razonamiento la investigación recopiló y sistematizó los datos obtenidos del sistema de producción a través de las herramientas de análisis de la metodología Lean Six Sigma, que permitió diagnosticar integralmente los procesos para identificar las variables de producción, que mayor influencia reciben y ejercen sobre la calidad en el área de preindustria.

En relación a la justificación metodológica el enfoque mixto con predominancia cualitativa descriptiva, permite desarrollar una representación genuina del proceso productivo con el

cual se pueda analizar los procesos de control de calidad y desarrollar una propuesta de mejora adaptado a las necesidades definidas.

En síntesis, la investigación se justifica porque responde a una problemática real de la empresa, aporta una serie de datos recopilados con los cuales tomar decisiones estratégicas y genera una propuesta de mejora sobre el sistema de control de calidad que se alinea con los objetivos de excelencia de A.J. Fernández como marca referencial en la producción de puros Premium.

## **5. Objetivos de investigación**

### **5.1. Objetivo General**

Proponer un sistema de gestión de calidad basado en Lean Six Sigma, en el área de preindustria en A. J Fernández.

### **5.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual del sistema de control de calidad en las áreas de preindustria.
- Analizar las operaciones de preindustria utilizando la metodología Lean Six Sigma.
- Elaborar un plan de mejora en el sistema de calidad a partir de la metodología Lean Six Sigma.

### **Línea de Investigación**

Área de conocimiento: Según CINE (2013), el estudio se ubica en el campo amplio 07 Ingeniería Industria y construcción, 072 Industria y Producción y en el campo detallado 0723- Productos Textiles (ropa, calzado y artículos de cuero).

Área: Ingeniería, Industria y Construcción

Línea IIC-I: Innovación, Tecnología y Medio Ambiente

Sub-línea ICC-1.3, Tecnología Aplicadas a los procesos productivos

## 6. Preguntas de investigación / Hipótesis de investigación

### Pregunta General

- ¿Puede el diseñarse un sistema de gestión de calidad basado en la metodología Lean Six Sigma, en las áreas de preindustria de la empresa A.J. Fernández, en la ciudad de Estelí, durante el primer semestre del año 2025?

### Preguntas Específicas

- ¿Cuáles son los principales problemas de gestión de calidad que presenta actualmente la empresa en el área de preindustria?
- ¿De qué manera un modelo de gestión de la calidad total basado en Lean Six Sigma puede mejorar el control de calidad en el área de preindustria?
- ¿Qué elementos se deben de considerar para desarrollar una propuesta de mejora para el sistema de gestión de la calidad total en el área de preindustria de la empresa?

## **7. Limitaciones del estudio**

Dentro de las dificultades encontradas durante la investigación se encuentra el enfoque cualitativo descriptivo, el no ser una investigación cuantitativa en el que se pueda definir la evolución de una variable mediante un control específico no se puede demostrar el impacto real de la variable sobre el sistema productivo.

El muestreo realizado sobre los pilones del área de pilón tripa se realizaron en el periodo de dos meses, teniendo en cuenta que el tiempo de fermentado mínimo de los pilones tripa es de seis meses, los datos no pueden representar la suficiente información para deducir conclusiones válidas; de manera similar debido a que el área de pilones capa no utiliza termómetros, se limitó la muestra por conveniencia para poder controlar los pilones analizados, por lo cual la muestra recolectada no es representativa estadísticamente.

Los sistemas de control de calidad deben de ser integrales en las actividades que se realizan desde la entrada de la materia prima hasta el producto final, reducir el estudio a un área en específico genera el riesgo de que los datos recolectados no midan el impacto real de las variables estudiadas sobre la calidad del producto.

El estudio evalúa el sistema a partir de los criterios propuestos por la metodología Lean Six Sigma, por lo cual puede haber criterios y herramientas de análisis de otras metodologías que aporten distinta información con la cual juzgar el sistema.

## **8. Contexto de la Investigación**

La investigación se realizó en la empresa A. J. Fernández Cigars, ubicada en la ciudad de Estelí, Nicaragua, durante el primer semestre del año 2025, una de las empresas que mayor cuota de mercado representa dentro del sector tabacalero nacional, produciendo más de nueve millones de puros en un año, aparte de proveer de materia prima a otras empresas de la región

El contexto empresarial en que se encuentra en la empresa es en uno altamente competitivo, en los últimos quince años solo en la ciudad de Estelí se encuentran más de cincuenta fabricas (Gordon Mott, 2020) entre pequeñas y grandes, el crecimiento del sector al mismo tiempo que el crecimiento de la demanda internacional obliga a las empresas a llevar al límite la capacidad de producción y los sistemas de control de calidad para mantener los estándares de un mercado de lujo.

En relación al contexto interno de producción la empresa realiza el proceso completo de manufactura desde la siembra hasta la producción de puros de distintas marcas y vitolas, por lo cual las variables de producción que generan valor agregado se encuentran bajo la responsabilidad de la empresa para asegurar uniformidad y rendimiento.

## 9. Marco Teórico

### 9.1. Bucles de Calidad

Los bucles de calidad según el autor que se consulte corresponden a dos tipos de definiciones según Sangüesa los bucles de calidad son la serie de acciones necesarias para la adecuada producción de un producto, en el cual cada aspecto del producto anterior y posterior a la producción son tomados en cuenta, de manera que el bucle se conforma de las siguientes fases (Sangüesa y otros, 2019):

1. Estudio e investigación del mercado.
2. Diseño y desarrollo del producto.
3. Aprovisionamiento.
4. Planificación y desarrollo del proceso.
5. Producción o prestación del servicio.
6. Inspección, ensayo y examen.
7. Embalaje y almacenamiento.
8. Venta y distribución,
9. Instalación y funcionamiento.
10. Asistencia técnica y mantenimiento.
11. Destino tras la vida útil.

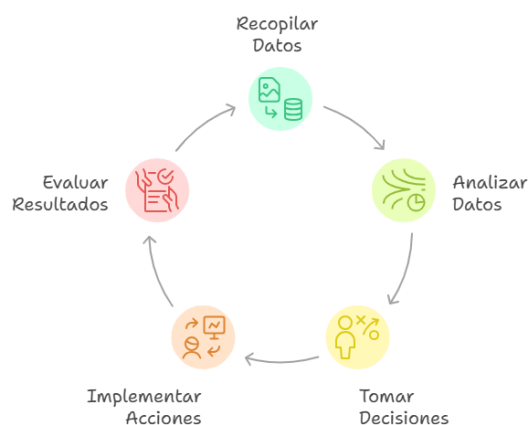
En este caso el bucle nace en el momento que el producto cumple con su ciclo de vida, donde empieza el siguiente estudio de mercado, en tal caso el desarrollo de los bucles puede ser sincrónicos o diacrónicos según las demandas de los clientes. Autores como Van Dyk y Pretorius sobre los bucles de calidad reducen el ciclo de Deming (planificar, hacer, verificar y actuar) a solo tres elementos donde las acciones generan información de utilidad sobre el sistema, con la cual tomar decisiones estratégicas concretadas en acciones y así se repite el ciclo hasta lograr la mejora continua (Van Dyk & Pretorius, 2014).

Estos ciclos de calidad son aplicables en todos los niveles de calidad que pueden ser definidos como los estratos en los que se puede medir las características de la calidad, los niveles de la calidad son:

- **Sistemas:** según son definidos como (Arnold Cathalifaud & Osorio, 1998) como conjuntos de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que mantienen al sistema directo o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo (teleología).
- **Procesos:** los procesos según (Pérez S, 2013) son el conjunto de actividades que manipulan las entradas y salidas. Los ingresos son los insumos o materias primas relevantes para la elaboración de las actividades que conforman el proceso; mientras que las salidas están conformadas por el producto y las mermas que se producen.
- **Productos/Servicios:** (Barría, 2024) El producto se refiere a cualquier bien, servicio o idea que una empresa ofrece y pone a disposición del mercado con el objetivo de satisfacer las necesidades y deseos de los consumidores

Los bucles de calidad dependen enteramente de la calidad de información que genere el sistema, si la información que se reprocessa no aporta datos que genuinamente representen el estado de la empresa, los procesos organizacionales de producción y administración pueden generar pérdidas en forma de costos no esperados, reprocesos, logística inversa etc. Ante este contexto la medición de los procesos es uno de los elementos clave para la correcta alimentación de los bucles de calidad en el cual se genera una retroalimentación en el sistema: desde los datos recopilados y los resultados de las acciones tomadas durante el programa de mejora de la calidad, pasando por el proceso de toma de decisiones, hasta **llegar finalmente a cambiar el estado del sistema (Chiara Magnanini y otros, 2025).**

*Ilustración 1. Ciclo de mejora de la calidad*  
**Ciclo de Mejora de la Calidad**



(Fuente: elaboración propia)

## 9.2. Calidad

Según la normativa ISO 9000 enfocada a los sistemas de gestión de calidad, los fundamentos y el vocabulario correspondiente, la calidad de un producto o servicio se puede definir como la “Capacidad para satisfacer a los clientes, y por el impacto previsto y el no previsto sobre las partes interesadas pertinentes” (International Organization for Standardization , 2015), por lo cual la calidad es la consideración objetiva de cumplimiento sobre las especificaciones que el propio producto o servicio estipula y la consideración subjetiva que el cliente tiene con respecto al producto o servicio.

Debido a esta variación de percepciones para llegar a cierta congruencia en los criterios de evaluación sobre la percepción del cliente autores como Yang y El-Haik (Yang & El-Haik, 2003) han llegado a definir matemáticamente como:

$$Q = \frac{P}{E}$$

Donde:

- Q: calidad
- P: Desempeño
- E: Expectativas

Por lo cual la calidad del producto está estrechamente relacionado a la percepción antes del uso y posterior al uso, ese balance de percepciones sobre el producto es la definición de calidad, que es diferente para todos los que hacen una evaluación, pero a su vez es común a todos los que perciben el producto.

Otros autores como David Garvin en busca de poder crear índices o criterios con los cuales juzgar universalmente la calidad de un producto han propuesto categorías de evaluación como las ocho dimensiones de la calidad (Garvin, 1987) que son:

1. Rendimiento
2. Características
3. Confiabilidad
4. Conformidad
5. Durabilidad
6. Servicio

## 7. Estética

## 8. Calidad percibida

Con estas dimensiones Garvin pretende englobar todos los aspectos evaluables de un servicio o producto, por lo cual sirven de referencia con el cual generar criterios que se puedan englobar indistintamente del contexto específico del producto, que con el paso del tiempo se han convertido en organizaciones como las normativa ISO, ANSI y las normativas de la Unión Europea.

Aún con estos puntos de referencia, según el autor y el enfoque que se quiera dar al término de calidad varían; Deming en su libro *Fuera de la crisis*, en el capítulo seis sobre la calidad y el consumidor remarca que “La calidad sólo puede definirse en función del sujeto” y en concordancia con Shewhart explica que “La dificultad para definir la calidad reside en la traducción de las necesidades futuras del usuario a características conmensurables, de forma que el producto se pueda diseñar y fabricar proporcionando satisfacción por el precio que tenga que pagar el usuario” (Deming, 1989).

Con ello Deming otorga a la calidad una dimensión completamente empresarial donde la uniformidad de la producción, el bajo costo de producción, el bajo costo adquisitivo y que se una respuesta adecuada a las necesidades del mercado convierte a un producto apropiado para ser de alta calidad.

Por otra parte, Juran es más pragmático y en su libro *Quality Handbook* explica como la definición de calidad depende de las necesidades del cliente y la conformidad con las especificaciones y aunque agrega que hay ciertos criterios de calidad que están fuera de la conformidad del producto con su propia descripción, no evalúa elementos que no estén en el producto (Juran, 1998).

Dentro de los autores que empiezan a tratar la calidad como un elemento con mayor prevalencia cuantitativa es Taguchi, que en su célebre frase “La pérdida que un producto provoca a la sociedad esta desde el momento en que es enviado”; en esa idea Taguchi declara que todos los recursos que salgan de sus especificaciones son una pérdida, todo producto que después de su etapa de producción no pueda ser adecuado para salir al mercado es un elemento de pérdida para la sociedad en recursos de todo tipo, por ello Taguchi desarrolla una función para definir la pérdida entendida como toda característica que no se adecuada al producto (Taguchi, 2005).

$$L(x) = k(x - N)^2$$

- $L(x)$ : función de pérdida de la calidad.
- $X$ : valor de la característica de calidad.
- $N$ : valor nominal de la característica de calidad.
- $K$ : constante de proporcionalidad.

En la función de pérdida Taguchi emplea una manera de identificar los costos por pérdida en la calidad del producto, es una función rígida que ha sido adaptada en el tiempo, pero que fundamenta el uso del control estadístico de la calidad como una obligación para evaluar los sistemas de producción de las organizaciones.

Para sistematizar estas definiciones el autor del libro “Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas”, dividió los enfoques de la calidad en siete:

- Calidad orientada al producto
- Calidad orientada al proceso
- Calidad orientada a la prevención
- Calidad orientada al sistema
- Calidad orientada al coste
- Calidad orientada a las personas
- Calidad orientada la cultura

### ***9.2.1. Calidad orientada al producto***

La orientación de la Gestión de la Calidad hacia el producto partió de un concepto de calidad como la adecuación de las especificaciones al producto, en el cual la inspección se realiza posterior a su fabricación, en el cual el proceso auditor se limita a la inspección para comprobar si las piezas y productos son conformes con respecto a los criterios establecidos y en caso negativo desecharlos o reprocesarlos. Este enfoque de la calidad no contiene, elementos de prevención ni planes de mejora. Además, comporta elevados costes de no calidad.

En este enfoque es que el muestreo estadístico empieza a ser la herramienta con la cual adecuar las especificaciones al producto real, con lo cual se reduce significativamente el número de defectos a lo largo del mundo, donde el papel de inspector de calidad empieza a

tomar relevancia, pues es palabras de Cesar Camisón y compañía “un número reducido de personas que inspeccionan grandes volúmenes de producción seleccionando muestras aleatorias reducidas, que permitían conocer la probabilidad estadística de defectos en un lote. Colateralmente, la introducción de la inspección con base estadística obra un gran cambio en el puesto de especialista en calidad, que empieza a convertirse en un trabajador de conocimiento de estadística aplicada” (Camisón y otros, 2006)

### ***9.2.2. Calidad orientada al proceso***

Esta orientación centra los esfuerzos de inspección en el control del proceso y no del producto, se detectan los problemas que generan las técnicas y medios de producción, la idea principal es evitar la producción de productos defectuosos generando filtros de control a lo largo del proceso para que los productos terminados no cuenten con defectos.

Shewhart fue uno de los teóricos que mayor contribución genero para este enfoque con principios hoy básicos para la industria mundial, como el que a partir de la recopilación de pocos datos (pero que sean sobre las variables que mayor influencia tienen en la calidad) y la representación gráfica se pueden detectar con mayor facilidad las anomalías; a su vez aplicó la idea de variabilidad como elemento a controlar, entender que el mismo operario con la misma técnica y los mismos instrumentos o maquinaria no pueden producir exactamente el mismo producto, por lo cual introduce el concepto de tolerancia, que no es otra cosa que el rango mínimo y máximo de unas características con las que debe de contar un producto para ser aceptado como apto de conformidad.

Por lo cual para la evolución histórica de la calidad es de los elementos con mayor significancia debido a que como explican los autores “El concepto de calidad subyacente sigue siendo el cumplimiento de especificaciones por los productos de la empresa. Pero la labor del control de calidad no se limita ya a comprobar si las piezas y productos son conformes con los estándares preestablecidos al final de la línea de producción, inspección final que se mantiene como salvaguardia final para el cliente. Además, se preocupa por estudiar los problemas de la línea equipado con métodos estadísticos para identificar las causas de variabilidad excesiva cognoscibles y desarrollar acciones para corregirlas”.

### ***9.2.3. Calidad orientada a la prevención***

El enfoque de la calidad orientado a la prevención se desarrolla con la idea de que el mero control estadístico no es suficiente, pues el control estadístico no es lo mismo que el control de calidad, por lo cual nace el concepto de aseguramiento de la calidad; bajo esta idea se pretende que las inspecciones sean reducidas a las mínimas necesarias, pues se priorizan los recursos en la adecuada planificación, organización y control de las actividades que se desarrollan para desde un principio lograr una correcta producción y “hacerlo bien a la primera” (Camisón y otros, 2006).

En este modelo los conceptos de costos de calidad evitables y no evitables de Duran, en el cual la curva de incremento sobre la conformidad en la producción va en sentido contrario a los costos de calidad, generando así una perspectiva global que abarca el ciclo completo del producto desde el diseño hasta el consumo del cliente. Bajo este contexto se desarrollan dos herramientas fundamentales sobre el control de calidad que son fundamentales en la producción contemporánea como lo son el MRP (material requirements planning) y el ERP (enterprise resource planning), la primera herramienta se diseñó con el propósito de delimitar los materiales y la cantidad exacta para la producción de una unidad y a su vez generar una planificación de producción masificada, con lo cual los sistemas de control de calidad generan el balance entre la producción teórica y la producción real, mientras que el ERP es la técnica de planificación de los recursos de la empresa en función de este enfoque global de asegurar la calidad de manera transversal en la organización.

### ***9.2.4. Calidad orientada al sistema***

Para este enfoque ya no basta con solo adoptar una serie de técnicas de prevención para reducir los defectuosos desde el principio, sino que se debe de incorporar el concepto del sistema de control de calidad en todos los departamentos que conforman la empresa u organización, incluidos los no productivos como márketing, administración y finanzas, de manera que la idea de calidad sea sistémica.

Quien desarrolló esta idea en profundidad fue Armand Vallin Feigenbaum que en su artículo Total quality control “es la calidad la que mantiene el producto vendido y la que hace que el cliente regrese una segunda y una tercera vez. El costo de la calidad es uno de los principales

elementos del costo del producto que debe establecerse correctamente para permitir fijar el precio adecuado al cliente. Asegurar esta calidad correcta con este costo de calidad adecuado es la manera en que el nuevo control total de la calidad puede servir a su empresa en los años venideros” (Feigenbaum, 1956), esta idea de que la calidad es el elemento de fidelización y por tanto las operaciones en todos los niveles de estratificación deben de orientarse para lograr la calidad, es la idea revolucionaria de entender las organizaciones como un todo y no un conjunto de partes.

Feigenbaum para desglosar lo que implica el control total de la calidad, desarrolla la siguiente formulación:

$$\frac{\text{Control (diseño + materiales + producto + procesos)}}{\text{Costos (inspección + rechazados)}} \times \text{satisfacción del cliente} = \text{Control Total de la Calidad}$$

En la cual todos los elementos que componen el sistema de producción en el cual se encuentran el diseño, los materiales, el producto y el proceso, son divididos entre los costos de inspección que se realizan sobre las operaciones y el número de defectuosos resultantes del proceso, el resultado es multiplicado por la satisfacción del cliente da como el resultado un sistema de control de calidad total, en el cual todos los actores son tomados en cuenta.

Para este tipo de enfoque Deming desarrolla los catorce puntos de la gestión de calidad, agrupados en el célebre ciclo de Deming o ciclo PDCA (planificar, hacer, verificar y Actuar), en el cual se regula los procesos de control de calidad en función de la mejora continua. Todas estas contribuciones al enfoque sistémico se ven concretadas en los sistemas de aseguramiento de calidad inaugurado por el BSI (British Standard Institute) en 1979, en el que se empiezan a estandarizar los productos, las medidas y los procesos, que derivaron en normativas como ANSI, PECAL y la familia de las normativa ISO 9000, con la cual guiar los procesos y entender los sistemas de cada empresa regidos bajo criterios globales (Camisón y otros, 2006).

### ***9.2.5. Calidad orientada al coste***

En este enfoque se cambia el paradigma de la calidad orientada a los objetos, procesos u organizaciones y se centra en la función de pérdidas y ganancias, de manera que la reducción de costo por desperdicios y reprocesos, se traduce en ganancias para las empresas, bajo esa idea Crosby desarrolla la idea del plan cero defectos, en el cual la idea es concebir el defecto como parte del fracaso del sistema de control de calidad, con ello empieza la revolución japonesa sobre el enfoque de control de calidad en el cual se desarrollan herramientas que actúan en distintos estratos del control de calidad, pero fundamentalmente no se pierde vista el costo, con herramientas como el despliegue de la función de calidad (QFD) que toma de referencias las necesidades del cliente y las convierte en atributos del producto que se oferta, el Poka yoke por su parte es la metodología de prueba de errores humanos que plantea las bases con las cuales encaminar la idea de los cero defectos y así nacen otras herramientas como el SMED y el JIT, centrados en la eficiencia operativa de las organizaciones donde los recursos son calculados exhaustivamente de manera que ningún recurso material o temporal sea desaprovechado o genere desperdicios.

En palabras del investigador Santos Villar ( Gracia Villar & Dzul López, 2007) los costos de calidad “son los costes incurridos en el diseño, implementación, operación y mantenimiento de un sistema de gestión de calidad, el coste de los recursos comprometidos para la mejora continua, los costes de fallos del sistema, producto y servicio, así como todos los costes necesarios, y no valorados agregados a actividades requeridas para conseguir un producto o servicio de calidad”, ese concepto de costos de calidad es el que es mundialmente aceptado en la actualidad y es la idea de que independientemente del enfoque se debe de dar prioridad al entendimiento de los costos.

### ***9.2.6. Calidad orientada a las personas***

Como se ha referenciado con anterioridad las personas que conforman la organización o empresa componen la idea original del control de calidad, antes de la producción en masa el artesano era el encargado de la primera y última revisión de calidad sobre el producto que ofrecía, aunque existían los gremios que impartían sanciones y multas si los productos eran de muy baja calidad, si los precios excedían los del mercado o si eran muy bajos y afectaban a los artesanos (Torres Saumeth y otros, 2012), de manera posterior a la revolución industrial

y los procesos de producción masificada, la calidad recayó en los supervisores de área o personas encargadas de las inspecciones del producto final; en este proceso la responsabilidad sobre el cumplimiento de calidad es delegado a este número reducido de personas, por lo cual se minimizan los participantes del control de calidad donde antes el operario era el mismo artesano, posterior a la industrialización se pierde el criterio de la mano productiva y se delega a ciertos departamentos.

Con el tiempo las personas empiezan a retomar esa responsabilidad en el aseguramiento de la calidad donde nace la idea de la importancia del liderazgo de la dirección al instaurar una cultura y una estructura organizativas que propiciasen la participación y la motivación, con autores como Abraham Maslow que en su artículo “Una teoría sobre la motivación humana”, en la cual la idea de autorrealización de los operarios y la motivación de los mismo garantizan un aumento en la calidad del producto, pues se sienten parte de la organización lo cual le da importancia y responsabilidad sobre las actividades que realizan (Maslow, 1943).

#### ***9.2.7. Calidad orientada la cultura***

Este enfoque nació de la extrapolación en la que incurrieron las empresas occidentales sobre las herramientas y metodologías de control de calidad originadas en Japón, cuando estas empresas quisieron aplicar estas técnicas de gestión en sus respectivos procesos de producción, donde hubo discrepancia entre los resultados obtenidos entre la aplicación en un sitio y la otra, la explicación es que la implementación de estas metodologías sin un contexto cultural adecuado no permite el adecuado desarrollo de los resultados.

Con este tipo de necesidad de que la cultura permee en todos los miembros de la empresa que lo componen el aprendizaje del personal se vuelve una obligación para asegurar el camino hacia una filosofía de mejora continua. A medida que herramientas de control de calidad más complejas aparecen se necesita de una cultura de fácil adaptación de nuevas ideas y maneras trabajar, en especial herramientas como tecnologías de la información o la producción basada en Lean Six Sigma.

### **9.3. Lean Six Sigma**

El Six Sigma es una metodología de mejora continua desarrollada en 1980 durante la revolución japonesa del control total de la calidad, su autor Mikel Harry desarrolló los principios del Six Sigma en la empresa Motorola bajo la idea una filosofía de cero defectos ( Navarro Albert y otros, 2017); con el paso del tiempo dicha metodología se volvió mundialmente famosa por sus resultados positivos en las empresas que la desarrollaban, aunque el concepto ha sufrido modificaciones a lo largo del tiempo autores como (Yang & El-Haik, 2003) la definen como una metodología “que proporciona a las empresas las herramientas para mejorar la capacidad de sus procesos de negocio. Para Six Sigma, un proceso es la unidad básica de mejora. Un proceso puede ser un producto o servicio que una empresa proporciona a clientes externos, o puede ser un proceso interno de la empresa, como un proceso de facturación o producción. En Six Sigma, el objetivo de la mejora de procesos es aumentar el rendimiento y reducir la variación del mismo. Este aumento del rendimiento y la disminución de la variación del proceso se traducirán en una reducción de defectos y una mejora en las ganancias, la moral de los empleados, la calidad del producto y, finalmente, la excelencia empresarial”.

El término Lean Six Sigma, nace de la fusión de dos metodologías diferentes, Six Sigma que es una metodología sobre la reducción de defectos y la filosofía de producción Lean enfocada en la reducción de tiempo y material para optimizar los procesos, por ello según el enfoque que se le dé a la metodología se orienta con mayor influencia hacia el control de calidad o producción esbelta.

Sigma,  $\sigma$ , es una letra del alfabeto griego utilizada en estadística para representar la desviación estándar, en la cual se mide la probabilidad de caer dentro de un rango de  $\pm 6$  sigma alrededor de la media es de 0,9999966, con ello los analistas de procesos miden la variabilidad de cualquier proceso con respecto al ideal a producir, donde seis sigmas es el mayor grado de excelencia porque los defectos tienen una probabilidad muy baja de ocurrencia y entre menor sean los sigmas respecto del proceso mayor probabilidad de ocurrencia de los defectos (Pyzdek, 2003).

#### **9.4. Fases de Lean Six Sigma**

La metodología se divide en cinco fases, definir, medir, analizar, mejorar y controlar, por lo que se conoce como el ciclo DMAIC (Por las iniciales en inglés de estas cinco fases: Define, Measure, Analyze, Improve y Control). Las fases del ciclo funcionan como una guía con la cual la empresa pueda priorizar y diagnosticar los problemas que mayor atención requieren de manera que la información que se extraiga de lugar a generar propuestas de mejora sobre el sistema.

#### ***9.4.1. Definir***

La etapa de Definir consiste en plantear los elementos y variables que intervienen en el proceso con el propósito de clarificar los recursos necesarios para la ejecución del mismo, de manera que se puedan definir los objetivos generales y específicos del plan de mejora. Durante esta etapa se plantea tres acciones necesarias para una correcta recopilación de datos.

1. Comprender el proceso: para definir el proceso primero se debe de comprender el proceso, de manera que se realiza un mapeo de operaciones, donde se identifican los procesos necesarios, procesos contingentes, los recursos y actores que intervienen en la producción; para ello se utilizan herramientas como los diagramas de flujo y de recorrido para entender el orden de producción, el movimiento de materiales y el flujo de trabajo. Para comprender el proceso se recomienda recopilar información de toda la cadena de valor, desde el proveedor, los operarios, el personal administrativo, personal no administrativo, clientes mayoritarios y consumidores finales; esto se realiza con propósito de entender la percepción de las partes involucradas para encontrar el “como pensamos que es” que es el proceso, para después de recopilar la información y entandamos “como es realmente” y a partir de tal análisis plantear “como debería de ser” (Martínez Mayoral & Morales Socuéllamos, 2022).
2. Definir los CTQ: Los críticos para la calidad o CTQ por sus siglas en inglés (Critical to Quality) son las características o requisitos esenciales de un producto o servicio que son vitales para satisfacer o superar las necesidades del cliente, de manera que el desarrollo del producto o servicio se alinee con las expectativas del cliente. Para definir los CTQ inicialmente se recopila la información de la “voz del cliente”, que son el conjunto de necesidades, deseos y requerimientos que el cliente solicita sobre un determinado producto o servicio. Este proceso de reconocimiento es una etapa

delicada de proceso de definición, debido a que la voz del cliente tiene que traducirse en elementos medibles y reconocibles durante el proceso productivo, esto sumado a que no todas las solicitudes del cliente impliquen necesariamente una mejora significativa en la calidad del producto o la sostenibilidad de la producción en el largo plazo, en palabras de Henry Ford “Si le hubiera preguntado a la gente qué quería, me habrían dicho que caballos más rápidos” (Ford, 1923), Ford se refería a que el consumidor solo puede imaginar mejoras incrementales sobre los productos que ya se producen en el mercado, con lo cual reconocer los CTQ requiere el balance entre la voz del cliente y los procesos creativos de la directiva de la empresa.

3. Plan de trabajo: posterior al reconocimiento de los CTQ se procede a elaborar un plan de acción con las actividades y recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto de mejora, se consolida la información en cuadro de proyecto donde se detallan los elementos de mayor relevancia y es aprobado por los jefes de área por el cual transcurre el proceso y el gerente de producción o calidad encargado.

#### **9.4.2. Medir**

El proceso de medición consiste en la selección de variables cuantitativas y cualitativas que conforman el proceso a analizar, separando las que mayor influencia reciben y generan sobre la calidad del producto final, con ello se pretende obtener datos precisos sobre la realidad del sistema.

Con los CTQ ya definidos, se otorga un sentido cuantificable a cada elemento crítico de control, estas variables son nombradas como variables “Y”, ya que están vinculadas a las salidas de los procesos con las cuales se mide el grado de cumplimiento del producto con respecto a sus especificaciones; por otra parte, las variables controlables vinculadas a las entradas, los procedimientos de producción y los recursos con los que cuenta la empresa son nombradas variables “X” a las cual también se le asigna un valor cuantificable, de manera que se pueda entender la relación en influencia entre las variables “X” sobre las variables “Y”, según (Martínez Mayoral & Morales Socuéllamos, 2022), esta relación entre variables se puede expresar a través de la siguiente expresión.

$$Y = \mathcal{F}(X).$$

Uno de los aspectos que mayor análisis necesitan es determinar cuando los CTQ coinciden con las variables Y, es decir que los puntos críticos que pide el cliente coincidan con las salidas del sistema, por ejemplo, el punto crítico de calidad de un automóvil puede ser “Conducción suave”, las variables “Y” resultantes pueden ser vibración del volante, ruido interno, desviación de la dirección y la distancia de frenado, con lo cual de un CTQ se derivan múltiples “Y”, ante estos casos se realiza una serie de criterios para priorizar las “Y” que mayor relevancia tienen, como si es una variable medible, que nivel de vinculación tiene con el CTQ, si se asocia a un defecto o si responde a un indicador del sistema.

Posterior a la definición de las variables se realiza el proceso de muestreo, debido al volumen de producción de la actualidad, no se puede observar indefinidamente un sistema, así que se realiza un proceso de muestreo que según el enfoque puede ser:

- Representativa: los datos reflejan con precisión la población seleccionada, con lo cual es el método de selección para elegir la muestra a medir más fiable, pero a su vez es el que mayores recursos demanda del equipo de medición.
- Aleatoria: la muestra se selecciona de manera que todos los elementos del conjunto estudiado tengan la misma probabilidad
- Sin sesgos: un sesgo es la influencia de un elemento externo al sistema que no permita una correcta selección de muestras, con lo cual la muestra debe de prescindir de un sesgo que pueda comprometer el estudio.

Con respecto a la muestra seleccionada se debe de estratificar si es necesario, verificar que los datos están correctamente discriminados e identificar los tipos de errores que pueden surgir mientras se realiza el muestro. Es recomendable que se realice un muestreo pequeño a lo largo de un periodo extenso de tiempo, a una muestra grande con pocos momentos de muestreo.

### ***Capacidad de un proceso***

En palabras de (Martínez Mayoral & Morales Socuéllamos, 2022) la capacidad de un proceso es “una medida del grado de rendimiento real de un proceso (sus resultados) está dentro de las especificaciones. Un proceso será capaz si todos los posibles resultados caen dentro de los límites de especificación”.

Un proceso puede fallar por dos razones o la combinación de ambos, la precisión y la concentración de los datos; un proceso puede estar centrado de forma que los valores se agrupen en el rango de datos que conforman el criterio de aceptación, pero ser impreciso de manera que los datos se encuentren demasiado dispersos con respecto a la media, en el caso inverso un proceso puede ser preciso en la cual la dispersión de los datos sea mínima, pero puede estar desconcentrado, se manera que sean precisos en un punto lejano de la media entre los dos límites que establece el rango de conformidad.

Ilustración 2. Causas de baja capacidad de un proceso

### ¿Cuál es la causa de la baja capacidad del proceso?



(Fuente: elaboración propia)

La variabilidad es el elemento principal con el cual se mide la capacidad de un proceso, cuando se mide la variabilidad en un corto periodo de tiempo se conoce como variabilidad de corto plazo mientras que si los datos se toman a lo largo del tiempo es conocida como variabilidad en el largo plazo, pero la variabilidad tiene contextos de análisis con lo cual se utilizan los índices de capacidad como referencia.

### Índices de capacidad

Los índices de capacidad comparan las especificaciones del producto con la dispersión de los datos del proceso cuando estos siguen una distribución normal, para medir esta dispersión se utilizan los límites inferiores y superiores de un sistema, si los datos recopilados superan los límites de tolerancia se dice que el sistema está fuera de control, pues sobrepasa la capacidad, formulado matemáticamente el defecto entonces es.

Defecto  $\rightarrow Y \notin (LSL, USL)$

Dentro de los índices con los que se puede evaluar un sistema se encuentra:

Z-score: es el índice que mide que tan lejos están límites respecto a la media y para calcularlo se utilizan las formulas

$$Z_L = \frac{y - LSL}{\sigma} \quad Z_U = \frac{USL - y}{\sigma}$$

Donde:

- $y$ : media del proceso.
- LSL: límite inferior del sistema
- USL: límite superior del sistema.
- $\sigma$ : desviación estándar del proceso.

Z del proceso: es índice que mide el punto dentro de una distribución normal, con el cual se detecta la proporción de unidades defectuosas del proceso, en el cual cuanto mayor sea el valor de Z significa que menor número de defectuosos se producen, que presenta la siguiente formula

$$Z_\sigma = F_{N(0,1)}^{-1}(1 - PDFE)$$

- $Z_\sigma$  : nivel de sigma
- $F_{N(0,1)}^{-1}$  : probabilidad acumulada en su valor Z correspondiente
- $(1 - PDFE)$ : proporción de unidades que cumplen con las especificaciones

Z-Shift: es el índice que mide la diferencia entre el nivel se sigma de corto plazo  $Z_{ST}$  y el nivel de sigma de largo plazo llamado  $Z_{LT}$ , con el cual se pueden detectar las oportunidades de mejora.

$$Z_{Shift} = Z_{ST} - Z_{LT}$$

Donde:

- $Z_{ST}$ : nivel de sigma en el corto plazo
- $Z_{LT}$ : nivel de sigma en el largo plazo

### 9.4.3. *Analizar*

La fase de analizar consiste fundamentalmente en tomar la información recopilada durante las mediciones realizadas al proceso con el propósito de entender los datos cuantitativos y cualitativos que arrojan el sistema, otorgarles una adecuada interpretación dentro del contexto de la empresa y estudiarlos en diferentes marcos teóricos o conceptuales.

Entre mayor información se recopile del sistema y mayor calidad esta tenga, se podrá separar las variables “X” y “Y”, sobre el nivel de influencia y recepción poseen dentro del sistema, con el fin de rastrear el origen de los defectos que se estén generando. La etapa de analizar consta de los siguientes tres pasos:

- Identificar causas de los defectos: una de las herramientas más comunes para la identificación de causas es el diagrama de Ishikawa bajo las 6M de la producción (Mano de obra, Máquina, Materiales, Método, Medición y Medio ambiente), que lo que otorga son seis dimensiones de la producción con la cual categorizar y evaluar los problemas encontrados en los procesos. Otra herramienta complementaria a Ishikawa es el diagrama de Pareto basado en la regla del 80/20 en el cual el 80% de los defectos se originan de tan solo el 20% de las causas; a esta etapa del análisis se llama también análisis gráfico, porque en adición de los diagramas de Ishikawa y Pareto, se utilizan diagramas de dispersión para medir correlaciones entre variables, diagramas de líneas para medir la evolución de una variable o histogramas para medir el comportamiento de una variable continua. Los gráficos funcionan como una manera intuitiva de reconocer la información del sistema de manera visual.
- Seleccionar los datos representables en gráficos: no todos los datos que arroje el sistema son representables en gráficos ni tienen la misma relevancia, así que en un proceso de filtros cualitativos y cuantitativos se reducen el número de variables a representar, teniendo en cuenta los CTQ anteriormente definidos.
- Inferir estadísticamente las conclusiones: si el análisis gráfico genera un panorama general de cuáles pueden ser las causas de los defectos, el análisis inferencial consiste en extrapolar la información obtenida de la muestra como información representativa sobre la cual generar hipótesis de mayor validez sobre el comportamiento de las variables en el sistema, midiendo como las variables “Y” se ven realmente afectadas

por las variables “X”. El análisis inferencial se realizará teniendo en cuenta los objetivos definidos con anterioridad en la fase de definición, contextualizando los datos para lograr identificar correctamente los factores de variabilidad y con ello entender cuáles son los verdaderos problemas del sistema, con lo cual en palabras de Charles Kettering “un problema bien planteado este medio resuelto”.

#### ***9.4.4. Mejorar***

El proceso de mejora consiste en realizar una propuesta de mejora, un plan de acción o un proyecto sobre los problemas detectados en el proceso de producción, en el que se enfocan los cambios que se deben hacer sobre las variables “X” para llegar a los CTQ establecidos. Las soluciones de los problemas tienden a ser multifactoriales, si un proceso no cuenta con procedimientos estandarizados, realizar la documentación pertinente no resolverá necesariamente el problema, por ello los planes de mejora deben de integrar todas las acciones que permitan la resolución o disminución del problema.

Los planes de mejora deben de contener múltiples alternativas de solución de manera que las hipótesis puedan ser complementarias, pero no contradictorias entre sí, posterior a presentar las alternativas de solución se debe de evaluar la relación coste de beneficio entre ellas, con el propósito de determinar la que mejor se adapta al contexto de la empresa y sus objetivos de gestión.

Los problemas de cada empresa son específicos con lo cual generar soluciones no adaptadas al contexto no generaría ningún tipo de mejora causal en el sistema, pero de manera genérica se recomienda ante cualquier proceso productivo intentar acoplar las siguientes actividades al plan de mejora.

- Mejorar el flujo de producción: reducir o eliminar actividades que no generen valor, agrupar las actividades y áreas que mayor relación tienen en el proceso de producción.
- Estandarizar actividades: los procedimientos y las técnicas de producción se plasman en un documento de forma sistemática en el cual se colocan los criterios de evaluación sobre la conformidad o no conformidad de la actividad o producto realizado y formatos de recopilación de datos del proceso.

- Benchmarking: se identifican las organizaciones o empresas que mayor relación tengan con la que se pretende realizar el plan de mejora y se extrapolan las medidas que mayores beneficios puedan generar.
- AMFE: el análisis de modo de fallo y efecto, es un método de diagnóstico sobre las causas del mal funcionamiento de un sistema y evaluar el riesgo para las salidas del sistema.

#### **9.4.5. Controlar**

La fase de controlar corresponde a la etapa de la metodología en la que se miden las actividades que se cambiaron durante la propuesta de mejora, con el propósito de evaluar los resultados y en base a ello tomar decisiones estratégicas.

Para asegurar una correcta supervisión del sistema un plan de control de procesos, se realizan actividades de inspección y pruebas con el objetivo de evaluar la calidad de la materia prima adquirida y los productos producidos e informar los departamentos pertinentes sobre los resultados. Los procesos de inspección no pueden consistir en la mera aceptación o rechazo de unidades, el control estadístico mediante la inferencia matemática debe de detectar el fallo en los procesos y no en los productos, de manera que se puedan anticipar las posibles fallas ya que en palabras de (H.Besterfield, 2009) “Inspección y pruebas debe concentrar la mayor parte de sus esfuerzos en el control estadístico de la calidad, que conducirá al mejoramiento de la calidad. Pasar los artículos conformes y desechar los no conformes no es control de calidad. La calidad no puede inspeccionarse en un producto o servicio. Depender de la inspección en masa para controlar la calidad, en la mayoría de los casos, es desperdiciar tiempo, dinero y esfuerzo”.

Para el adecuado culmen de la propuesta de mejora, se debe de diseñar un plan de control que detalle todas las características del proceso modificado, los requerimientos cuantificables, los criterios de muestreo (frecuencia y método), los procesos de detección de elementos fuera del sistema y por último se plantean las medidas consecuentes sobre las desviaciones o errores encontrados en el sistema.

Ilustración 3. Plan de control de calidad



(Fuente: elaboración propia)

Para que el plan de control funcione adecuadamente, es necesario la ejecución de un control estadístico de procesos, donde para medir la variabilidad del sistema se asignan las causas comunes que son fuentes de variación estables y se pueden predecir en el tiempo; mientras que las causas especiales son aquellas que no siempre están en el proceso y lo desestabilizan. El control estadístico de procesos permite detectar el comportamiento de las variables mientras que se definen las causas comunes y especiales de variación; el CEP (Control Estadístico de Procesos) permite una constante visualización sobre la producción a través de gráficos de control que miden las variables a través del tiempo y a partir del cumulo de datos, realizar predicciones.

## 9.5. Herramientas de Lean Six Sigma

La metodología Lean Six Sigma se apoya en múltiples herramientas para recopilar, generar y representar toda la información necesaria para un análisis integral del sistema productivo a continuación se presentan las utilizadas en este estudio.

### 9.5.1. Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo según (Guzmán, 2024) es “Los diagramas de proceso son herramientas visuales que representan gráficamente la secuencia de actividades y decisiones dentro de un

proceso empresarial. Estos diagramas permiten comprender de manera clara y concisa cómo se lleva a cabo un proceso específico, identificando sus entradas, salidas, actividades y relaciones entre ellas. Un diagrama de proceso es una representación visual que facilita la comprensión y la comunicación de los procesos empresariales”.




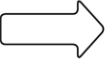
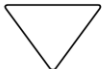





Los diagramas de flujo permiten resumir el proceso productivo de un sistema, de manera que se pueda simplificar acciones, criterios y flujo de producción a través de una simbología estandarizada y mundialmente reconocida.

### ***Simbología de diagrama de proceso***

Para poder representar los procesos, los símbolos representan un tipo de actividad genérica dentro del proceso productivo y para ello se integra de los siguientes elementos:

- **Actividades:** son las operaciones que se llevan a cabo que impliquen una actividad necesaria o contingente para el producto final.
- **Flujo:** secuencia de actividades ordenadas de manera cronológica.
- **Decisiones:** situaciones condicionales sobre proceder con una actividad u otra.
- **Conexiones:** implican la convergencia de dos o más flujos de materiales o información en una sola actividad.

Ilustración 4. Simbología ISO para Flujogramas

Simbolo	Significado	Uso
	Operaciones	Procesos o procedimientos de una etapa
	Operación e inspección	Verificación o supervisión de las operaciones
	Inspección y medición	Verificación de los insumos y productos producidos
	Transporte	Transporte de información
	Entrada de bienes	Peoductos o materiales que ingresan al proceso
	Almacenamiento	Deposito permanente de un producto o documento
	Descisión	Punto de dos o más bifurcaciones
	Líneas de flujo	Conectan los simbolos y el orden en que se ejecutan las actividades
	Demora	Tiempo no productivo debido a que otro proceso debe realizarse primero
	Conector	Representa continuidad del grafico en la misma pagina

Fuente: elaborado a partir de la página <https://www.iso.org/home.html>

Los flujogramas son una técnica para visualizar rápidamente los procesos a su vez que permite una adecuada documentación con fines de estandarizar procesos, las organizaciones con ellos pueden generar propuestas de mejora y rediseños al proceso productivo o flujo de trabajo, con el fin de optimizar la ejecución de las operaciones, disminuir errores y generar información con la cual tomar decisiones.

### 9.5.2. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa es un diagrama de tipo causa efecto, que en el cual el analista se apoya para formular teorías acerca del comportamiento de un sistema; en particular el

diagrama de Ishikawa es según (Pulido, 2010) “un método gráfico mediante el cual se representa y analiza la relación entre un efecto (problema) y sus posibles causas”.

El objetivo del diagrama es ordenar las teorías respecto a las causas del problema, se anota en las líneas horizontales las causas posibles y se añaden más líneas si una causa tiene ramificaciones y se agregan líneas a la línea principal si las causas son independientes.

La manera más común de desarrollar el diagrama de Ishikawa es a través del método de las 6M, que consiste en agrupar las causas de un problema en:

- Método: los problemas causados por el método, procedimiento o técnica de trabajo refiere al grado de estandarización de los mismos, si se encuentran definidos, si son adecuados al proceso
- Mano de obra: dentro de las causas que se atribuyen en mano de obra se encuentra el grado de conocimiento de los operarios sobre el proceso, el entrenamiento recibido, la eficacia y eficiencia de los mismos
- Materia prima: se evalúa si existe algún tipo de variabilidad en el proceso, si se cambiaron los proveedores, si los materiales son adecuados para el proceso y el grado de repercusión que tiene el cambio de un material por otro.
- Maquinaria: las causas asignadas a la maquinaria tienden a ser referentes sobre la capacidad de producción, el nivel de homogeneidad en el trabajo entre diferentes maquinas, los criterios de ajuste son los mismos para todas las máquinas y si el plan de mantenimiento es adecuado a las necesidades del proceso.
- Medición: sobre las causas de medición se evalúa si existen índices cuantitativos con los cuales valorar el sistema, si las herramientas utilizadas están correctamente calibradas, si las medidas se realizan periódicamente.
- Medio ambiente: para evaluar estas causas se valora si las condiciones ambientales afectan el proceso, si existen patrones de comportamiento del sistema que dependa del nivel de sonido, el grado de exposición a la luz artificial o natural.

Durante el proceso de elaboración del diagrama se debe de cribar cuidadosamente los síntomas que presenta un sistema, de los problemas del sistema, debido a que tratar los síntomas de un problema no lo soluciona, con ello en mente el analista debe de tratar las

causas en un sistema en un marco de variables generando hipótesis sobre el grado de correlación entre las variables distinguiendo las que mayor influencia reciben y generan, con el propósito de aclarar los problemas reales que presenta la empresa.

### ***9.5.3. Análisis estructural Mic Mac***

El análisis estructural es según (Ballesteros Riveros & Ballesteros Silva, 2008) es “Una herramienta diseñada para el enlace de ideas. Permite describir el sistema gracias a una matriz que integra a todos sus elementos constitutivos. El método estudió estas relaciones, para encontrar las variables influyentes, dependientes y esenciales para entender la evolución del sistema y predecir su comportamiento futuro. El principal mérito de este método radica en la ayuda que presta a un grupo para plantearse las buenas preguntas y construir reflexión colectiva”.

Los análisis estructurales representan una técnica muy importante para determinar las variables que mayor influencia tienen en un sistema, de manera que se asumen como variables “X”, con las cuales ver el grado de influencia entre mismas variables “X” y como el conjunto de sus relaciones generan variables “Y”, de tal manera que la complejidad de un sistema es reducida a sus elementos más esenciales.

En análisis estructural se desarrolla a través de un método MICMAC (matriz de impactos cruzados), en el cual el impacto de cada variable se mide por sus relaciones indirectas debido a que están implican influencias a largo plazo o potenciales, mientras que la relación directa entre las variables genera una influencia a corto plazo entre las variables, por lo cual para tomar decisiones estratégicas el marco de influencia indirecto es de mayor relevancia.

Antes de desarrollar la selección de variables, se recomienda que no superen las 70 debido a que dificulta que presenta para un correcto análisis de los resultados, en adición a ello se recomienda entender el sistema a analizar, si es un sistema interno o cerrado como una empresa se miden las variables de producción, de productos, de tecnología y las variables financieras, mientras que en un sistema externo mide la influencia de los proveedores, la micro y la macro economía, los cambios de tendencia en el mercado.

El análisis estructural parte de la premisa que una variable existe únicamente por su relación con otras variables, con lo cual se entiende que en menor o mayor medida una variable dentro del sistema afecta al resto, aunque sea de manera nominal.

### ***Pasos del análisis estructural***

Identificación de variables: inicialmente se reconocen las variables que conforman el sistema en función de los objetivos de la investigación, los métodos de reconocimiento de variables pueden cambiar, pero deben ajustarse al criterio de que el sistema sea un externo o interno y al contexto propio del sistema.

Describir las relaciones existentes entre las variables: para determinar la relación entre las variables se construye una matriz de relación en el cual se mide el grado de influencia que recibe y da una variable sobre otra a través de una escala de Likert, con ello se explica la relación directa entre las variables.

Posterior a la matriz de relación se sustituyen los valores por ceros y unos, en el cual el uno representa relaciones fuertes y muy fuertes, mientras que los ceros representan las relaciones débiles o nulas con ceros, convirtiéndola en una matriz booleana con la cual trabajar con mayor facilidad los datos.

Con la matriz booleana se presenta como asume la premisa de que cada elemento  $i$  impacta directamente a un elemento  $j$  lo que a su vez influencia a un elemento  $m$ , con lo cual cualquier cambio en  $i$  afectará indirectamente a  $m$ . En la resolución de la matriz se considera que, devolviendo el cuadrado de variables de una matriz de tipo de directo (Hernández, 2011), se puede conocer las relaciones indirectas de un sistema, con lo cual la representación algebraica de esta relación es:

$$A^2 = A \times A = a^2_{ij}; \text{ donde } a^2_{ij} = \sum_m a^1_{im} a^1_{mj}$$

Si  $a^2_{ij}$  no es cero, hay un elemento  $m$  a través del cual la variable  $i$  actúa sobre  $j$ ; con este tipo de relación se eleva la matriz a la quinta potencia donde la jerarquía de variables no se

modifica con lo cual se estabiliza el sistema y se logra una clasificación MICMAC. Para efectuar los cálculos de motricidad (el grado de impacto de una variable sobre el resto dentro del sistema) se suman las filas y así se determina el grado de impacto de cada variable sobre otra, mientras que la dependencia se obtiene sumando las columnas de la matriz, es decir el número de veces que es impactada por el resto.

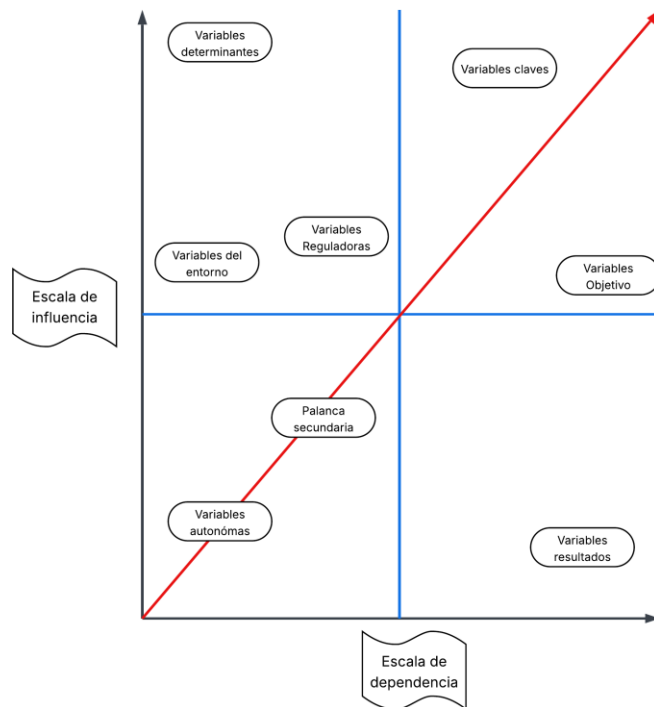
Identificar las variables estratégicas: posterior al cálculo de la matriz de variables se identifican las variables estratégicas a través de la posición que estas adquieren en el plano cartesiano, en el cual según el cuadrante adquieren un tipo de característica diferente dentro del sistema.

- Alta motricidad y baja dependencia: ubicada en el sector superior izquierdo, este tipo de variables son las más influyentes del sistema, son elementos que dictan el comportamiento del resto de variables, el cambio sobre una de ellas puede modificar el resto del sistema.
- Baja motricidad y baja dependencia: ubicada en el sector inferior izquierdo, son elementos autónomos que muy pocas influencias reciben y generan sobre el resto de elementos en el sistema.
- Baja motricidad y alta dependencia: ubicada en el sector inferior derecho, son las variables de salida, o las que resultan del proceso, debido a su alto grado de dependencia y su muy poca influencia en el resto de variables.
- Alta motricidad y alta dependencia: ubicada en el sector superior derecho, se encuentran las variables reto o clave del sistema ya que perturban el funcionamiento normal del sistema, son poco estables y guardan estrecha relación con los problemas que puede presentar el sistema.

Con esta categorización de las variables, se identifican las más importantes, que son las que en el sector superior derecho se alejan de forma perpendicular del origen del plano cartesiano, con ello se delimitan las variables con las que se puede focalizar el problema y presentar una propuesta de mejora.

El comportamiento de las variables según en cómo se distribuyen dentro del plano cartesiano adquiere un grado de estabilidad o desestabilidad, cuando las distribuciones de datos adquieren forma de “L” a través del cuadrante superior izquierdo siguiendo hasta el cuadrante inferior derecho se dice que un sistema es estable, en cambio si los datos adquieren una distribución diagonal desde el cuadrante inferior izquierdo hasta el cuadrante superior derecho en el cual se dice que el sistema es estable.

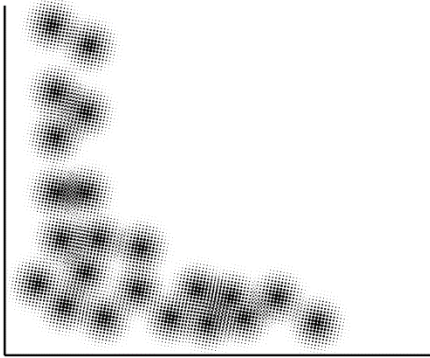
*Ilustración 5. Influencia y dependencia de variables*



(Fuente: elaboración propia)

El gráfico de influencia y dependencia permite ubicar en el plano las variables para generar un marco interpretativo con el cual entender el comportamiento del sistema.

*Ilustración 6. Sistema de variables estable*



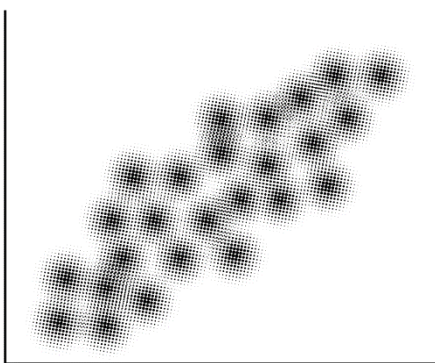
(Fuente: Elaboración propia)

Para que un sistema este estable las variables determinantes no se deben de agrupar cerca del cuadrante superior derecho, con lo cual en un modelo ideal las variables determinantes no

*Ilustración 7. Sistema de variables inestable*

reciben apenas influencia y generan un valor positivo sobre las variables de salida del sistema, con lo cual, utilizando la nomenclatura anterior, las variables “X” cumplen con las salidas de las variables “Y”.

(Fuente: elaboración propia)



Cuando las variables se agrupan en variables claves y variables independientes a través de una diagonal el sistema no se encuentra estable debido a que el grado de influencia que se ejerce una sobre otra no es positiva.

### 9.5.4. Índice $C_p$

Los índices de capacidad miden el grado de variabilidad de un proceso en relación a las especificaciones que definen la conformidad o no conformidad de un producto, evaluar la capacidad de un proceso, permite comparar procesos y detectar la necesidad de mejoras.

Para definir los índices se recomienda utilizar los procesos de doble especificación que consisten en definir las especificaciones del proceso en un límite inferior y superior con el cual, si los productos se colocan en el rango establecido, se considera de conformidad y en caso contrario de no conformidad.

El índice  $C_p$  o índice de capacidad potencial del proceso es definido de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{ES - EL}{6\sigma}$$

En el cual ES y EL son los límites superiores e inferiores del sistema, que divide a la desviación estándar con respecto las seis sigmas, con lo cual lo que se divide son las variaciones toleradas por el sistema entre la variación real medida.

Con respecto a la interpretación del índice, lo ideal es que la desviación real siempre sea menor a la desviación ideal, por ello se espera el  $C_p$  sea mayor que 1, y en caso de que el  $C_p$  sea menor a 1, se considera que el sistema no está cumpliendo con las especificaciones.

*Ilustración 8. Valores  $C_p$  y su interpretación*

Valor del índice $C_p$	Clase o categoría de proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p \leq 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p \leq 1$	3	No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p \leq 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere modificaciones muy serias.

Nota: Si el  $C_{pk} < C_p$ , entonces una vez que se centre el proceso se tendrá la clase de proceso que se indica.

Fuente: (Pulido, 2010)

### 9.5.5. *índice $C_{pk}$*

El índice  $C_{pk}$  es el índice de capacidad real de proceso, para ello se mide que tan centrado ( $\mu$ ) se encuentran los datos, con respecto al rango especificado de aceptación o rechazo, debido a que el índice  $C_p$  no contempla esa variante, para corregir el cómputo se calcula la capacidad por cada límite inferior y superior de la siguiente manera:

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \text{ y } C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

Estos índices calculan la distancia de la media del proceso a uno de los límites del sistema, que representa la variación tolerada para el proceso de un solo lado de la media, por ello solo se divide entre 3 partes del sigma porque sólo se está tomando en cuenta la mitad de la variación del proceso.

Los criterios de interpretación del índice  $C_{pk}$  según Humberto Pulido son:

- El índice  $C_{pk}$  siempre será menor o igual que el índice  $C_p$ . Cuando sean muy próximos, eso indicará que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.
- Si el valor del índice  $C_{pk}$  es mucho más pequeño que el  $C_p$ , esto indicará que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones.
- Cuando el valor del  $C_{pk}$  sea mayor que 1.25 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide un  $C_{pk}$  mayor a 1.45.
- Es posible tener valores del  $C_{pk}$  iguales a cero o negativos, e indicarán que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

### 9.5.6. *Índice K*

El índice K calcula que tan centrado se encuentra el proceso con respecto a un valor de calidad específico, representado de la siguiente manera:

$$k = \frac{\mu - N}{\frac{1}{2}(ES - EI)} \times 100$$

El numerador mide la diferencia entre la media del proceso  $\mu$  y el valor objetivo nominal  $N$ , sobre una característica específica que se esté evaluando de la calidad del producto, luego el numerador divide a la mitad entre el límite inferior y superior del sistema, se multiplica por 100 para obtener un valor porcentual.

Los criterios de interpretación según Humberto Pulido son:

- Si el signo del valor de  $K$  es positivo, significa que la media del proceso es mayor que el valor nominal.
- Cuando  $K$  es menor a un 20% en términos absolutos se pueden considerar aceptables, pero a medida que el valor absoluto de  $K$  sea más grande que 20%, indica un proceso muy descentrado, lo que puede contribuir de manera significativa a que la capacidad del proceso para cumplir especificaciones sea baja.
- El valor nominal,  $N$ , es la calidad objetivo y óptima; cualquier desviación respecto a este valor lleva un detrimento en la calidad.

### ***9.5.7. Histogramas***

Un histograma según (Luzuriaga Jaramillo y otros, 2023) es definido como “Una representación gráfica de la distribución de un conjunto de datos, en la que los datos se dividen en intervalos y la frecuencia de cada intervalo se representa en el eje Y. Una distribución normal, también conocida como distribución de Gauss, es una distribución de probabilidad simétrica y en forma de campana, con la mayoría de los datos agrupados en torno a la media”.

Para la construcción de un histograma se realizan las siguientes acciones:

1. Determinar el rango de datos: el rango es igual a la diferencia entre el dato máximo y el dato mínimo.
2. Obtener el número de clases: se calcula el número de intervalos para agrupar los valores continuos para simplificar los datos y visualizar una gran cantidad de datos.

3. Establecer la longitud de la clase: se calcula el valor de cada intervalo.
4. Obtener la frecuencia de cada clase: se hace un conteo de los datos que contiene cada intervalo.
5. Graficar el histograma: los datos se colocan en los ejes “X” y “Y”, donde se define las variables dependientes e independientes, el grafico puede adquirir distintos formatos tales como gráficos de barra, gráficos de líneas o gráficos de dispersión.

Criterios para interpretar un histograma:

- Distribución sesgada: es cuando los datos se encuentran sesgados o agrupados hacia la derecha o izquierda del gráfico, lo que significa que el proceso no se encuentra centrado.
- Distribución multimodal: significa que los datos presentan dos modas diferentes, con lo cual el proceso no es homogéneo.
- Distribución muy plana: múltiples puntos del grafico tienen elementos muy cerca de ambos extremos, generando una gran variabilidad en los datos.
- Distribución con acantilados: existen relieves muy pronunciados entre cada intervalo, con lo cual puede haber una ausencia de datos o problemas de medición.

#### **9.5.8. QVSM (Quality Value Stream Map)**

El método de Mapeo del Flujo de Valor de la calidad es según ( Haefner y otros, 2014) “Es un modelo de procedimiento que complementa el Mapeo del Flujo de Valor clásico con elementos específicos relacionados con la calidad para visualizar, analizar y mejorar sistemáticamente los problemas de calidad dentro de una cadena de proceso. Además de los procesos de producción y el flujo de materiales, se consideran los defectos de calidad presentes, las inspecciones de calidad y los ciclos de control de calidad. Con base en esto, se evalúa el estado del control de calidad a lo largo de la cadena de proceso en términos de indicadores clave relacionados con la calidad y los costos relacionados con la calidad”.

La diferencia fundamental entre el VSM y el QVSM, es que la percepción de valor a mapear es la calidad en sí, tomando en cuenta que cualquier tipo de desperdicio es una pérdida de

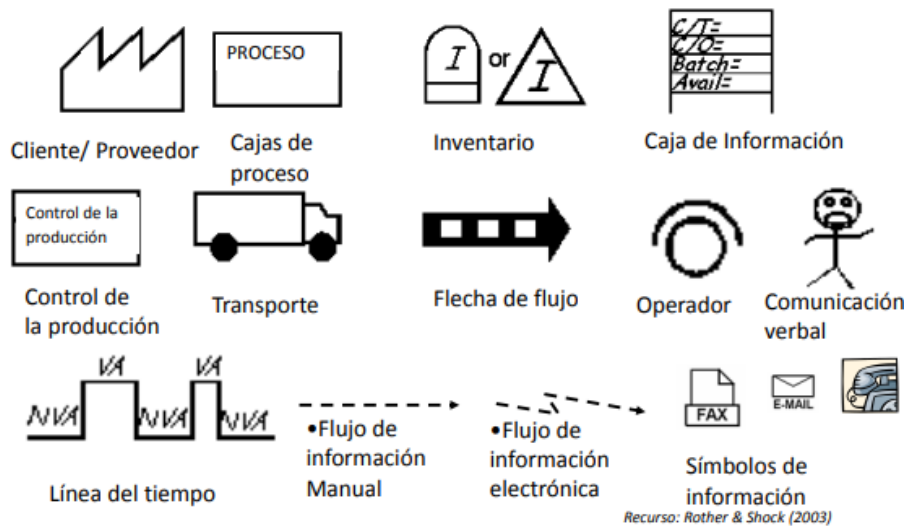
valor, por lo cual el QVSM centra sus esfuerzos en la reducción de defectos y la identificación de planes de mejora con respecto a ellas.

El QVSM consta de cuatro etapas.

1. Preparación: consiste en tres etapas, primero se delimita el alcance del estudio, en el producto o familia de producto a analizar, segundo se identifican los procesos que intervienen en la producción de la familia o producto delimitada y por tercero y último se definen los objetivos en función en términos de calidad.
2. Análisis del flujo de valor de calidad: se seleccionan los procesos más importantes que den valor al producto o servicio que se brinde, posteriormente se realiza una representación gráfica de los procesos en el cual se registra el flujo de materiales e información desde su inicio con los proveedores hasta el final del proceso con el consumidor, para rellenar el recuadro de información sobre los procesos representados, se calculan los indicadores del sistema de control de calidad más relevantes para su posterior visualización del flujo de valor.
3. Diseño de flujo de valor de calidad actual: se utiliza la simbología clásica del VSM para representar los datos del sistema de calidad con respecto a un producto, orientando el análisis de izquierda a derecha, colocando un cuadro de información que recopila los procesos que intervienen en la calidad del producto final QTC, los RPN o número de prioridad de riesgo, al igual que los costos asociados a asegurar la calidad del producto.

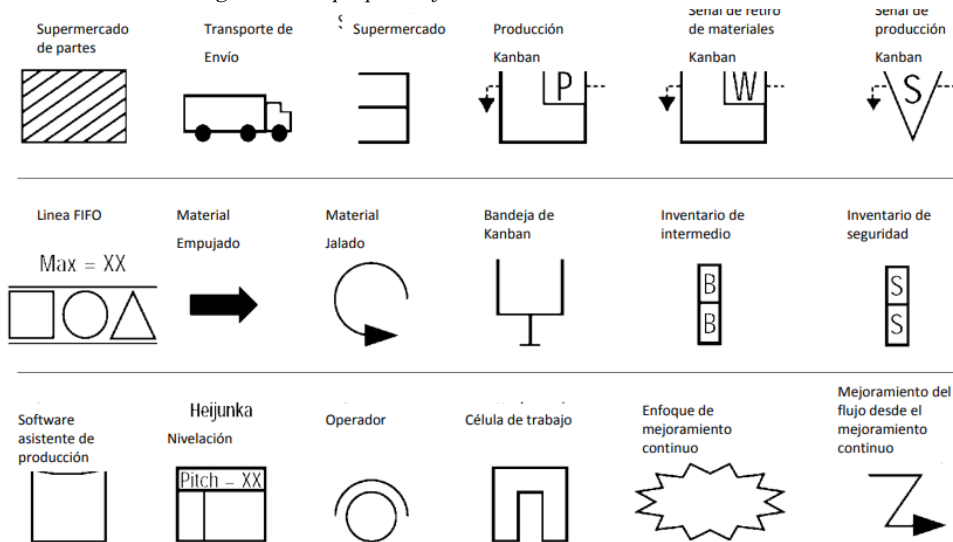
- Implementación: según los datos obtenidos del análisis se construyen propuestas de mejora enfocadas a los RPN que mayores problemas presentan, con lo cual según el periodo estipulado por el analista se vuelve a realizar un QVSM para medir el grado de efectividad de las propuestas de mejora implementadas.

Ilustración 9. Simbología VSM para análisis del presente



Fuente: (López, 2019)

Ilustración 10. Simbología VSM de propuesta futura



Fuente: (López, 2019)

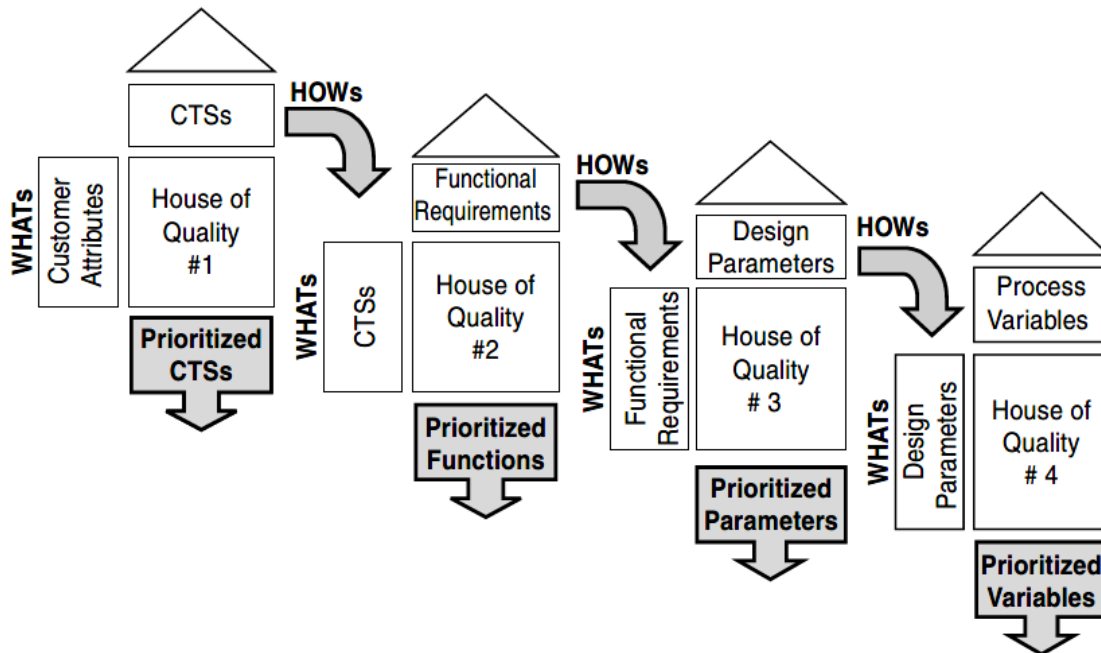
### **9.5.9. QFD (Quality Function Deployment)**

Según (Pyzdek, 2003) el QFD es “un proceso orientado al cliente para la planificación de productos y servicios. Comienza con la voz del cliente, que se convierte en la base para establecer los requisitos. Las matrices QFD, a veces denominadas «la casa de la calidad», son representaciones gráficas del resultado del proceso de planificación. Las matrices QFD varían considerablemente y pueden mostrar aspectos como los objetivos competitivos y las prioridades del proceso”.

El QFD es una herramienta dedicada para el diseño de un producto o servicio siguiendo las demandas del cliente, convierte los CTQ en especificaciones del producto o servicio, por ello se puede convertir en una herramienta posterior al árbol CTQ, y consta de las siguientes etapas.

1. Planificación de CTQ: se definen los requerimientos del cliente sobre el producto a través de un árbol CTQ, con el cual se pueda delimitar las necesidades que la empresa puede suplir sobre las necesidades del cliente.
2. Requerimientos funcionales: los requerimientos definidos son amoldados en un producto que necesita unas bases necesarias para funcionamiento, por lo cual se hace un balance entre los costos de suplir la necesidad, la tecnología disponible y los elementos necesarios para el funcionamiento del producto.
3. Planificación de parámetros de diseño: el diseño es el culmen de los requerimientos del cliente y los requerimientos necesarios, convertidos en un producto que supla una necesidad y a su vez genere un rédito económico.
4. Planificación de variables de proceso: posterior a la definición del derecho se identifican que variables del proceso son críticas para cumplir con las demandas del cliente.

Ilustración 11. Pasos del QFD (Quality Function Deployment)



Fuente: (Yang & El-Haik, 2003)

#### Atributos del cliente (WHATs)

Se recopilan a través de la voz del cliente (VOC), con herramientas como encuestas, reclamos, respuestas a campañas de promoción etc. Los clientes por lo general tienen ideas poco definidas en realidad de lo que necesitan, por lo general sus ideas tienden a querer solucionar problemas de distinta naturaleza en un solo producto, por lo cual utilizar árboles de CTQ permiten ordenar estas ideas y darles una jerarquía de prioridad.

#### Como (HOWs)

Posterior a la definición de los “qué” o necesidades del cliente, los “cómo”, tienen por objetivo el objetivo es determinar un conjunto de requisitos críticos para la satisfacción (QTC), con los que se puedan cumplir estas necesidades. En esta etapa, solo se determinan los requisitos generales que se pueden medir y controlar.

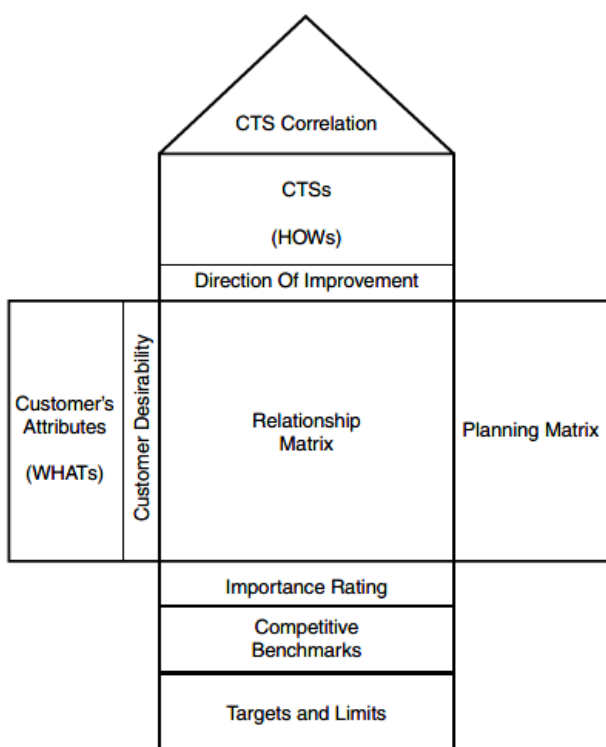
#### Matriz de planificación

Se construye un diagrama que refleje el contexto de la capacidad para satisfacer las necesidades específicas del cliente, a través de objetivos de mejora medibles en índices de rendimiento, que siguen la siguiente clasificación:

## Interpretación del QFD según (Yang & El-Haik, 2003)

- Columnas en blanco o débiles: “cómo” que no se relacionan estrechamente con ningún atributo del cliente.
- Filas en blanco o débiles: atributos del cliente que no se abordan adecuadamente en un “cómo”.
- Conflictos: valuación técnica competitiva que entra en conflicto con la evaluación competitiva del cliente.
- Importancia: “cómo” que se relacionan con numerosos atributos del cliente, requisitos de seguridad/regulatorios y requisitos internos de la empresa.
- Oportunidades reveladoras: La empresa del equipo y sus competidores no están obteniendo buenos resultados.
- Evaluación comparativa: oportunidades para incorporar los “cómo” de la competencia, altamente valorados.

*Ilustración 12. Casa de la calidad*



Fuente: (Yang & El-Haik, 2003)

## 10. Diseño metodológico

### 10.1. Tipo de diseño mixto

La presente investigación es de enfoque mixto, con predominancia cualitativa; que según (Medina Romero y otros, 2023) “es una metodología que combina la rigurosidad de los métodos cuantitativos con la profundidad de los métodos cualitativos, con el objetivo de obtener una comprensión más completa y enriquecedora de los fenómenos estudiados”.

Se decidió por una investigación mixta debido a que los primeros objetivos de la investigación consisten en describir y analizar el comportamiento del sistema de producción en un periodo determinado de tiempo, por lo cual utilizar herramientas cuantitativas para recopilar información y herramientas cualitativas para entender esta información, permite una adecuada interpretación de la realidad del sistema.

### 10.2. Tipo de investigación

Definición del tipo de investigación:

Según el nivel de profundidad: en la profundidad de la investigación se optó por un modelo descriptivo explicativo, en el cual los hechos son recopilados, ordenados y sistematizados, de manera que se puedan interpretar las relaciones entre las variables, con lo cual el enfoque explicativo según (Medina Romero y otros, 2023) “se define como una estrategia metodológica que combina datos cuantitativos y cualitativos para buscar una comprensión más completa de las relaciones causales entre variables. A diferencia de otros enfoques mixtos que se centran en la exploración o la descripción de fenómenos, el enfoque explicativo busca proporcionar explicaciones detalladas y basadas en evidencia sobre cómo y por qué ocurren ciertos fenómenos”.

Según el área de estudio y modalidad de la investigación (educativa, científica, humanística, industrial, científico-sociales; investigación acción participativa, investigación acción educativa)

Según su área de estudio

Según su área de estudio la Investigación industrial es definida por Gayubas (Gayubas, 2025), como aquella que aspira a desarrollar nuevas herramientas y aplicaciones técnicas y tecnológicas para la producción, y el consumo o la resolución de problemas específicos.

Por lo antes expuesto se considera que según el área de estudio la presente investigación es índole industrial, ya que busca dar repuesta a la problemática que se presenta en el área de preindustria.

#### Según su modalidad

Bernal (Bernal Torres, 2016), en su libro Metodología de la investigación, plantea, la Investigación de Acción Participativa (IAP), definiendo la acción no como un simple actuar, sino como una acción resultado de una reflexión e investigación continua sobre la realidad, pero no solo para conocerla, sino también para transformarla. En tanto la participación se considera un proceso de comunicación y retroalimentación entre los integrantes del proceso de investigación, en el que la planificación, la toma de decisiones y la ejecución constituyen un compromiso compartido por todo el equipo (comunidad y expertos investigadores).

Tomando en cuenta el concepto anterior, se considera que este estudio según su modalidad se basa en la Investigación de Acción Participativa (IAP), ya que se identifica la problemática o necesidad y se da una repuesta tomando en cuenta los conocimientos y opiniones de todos los involucrados en el proceso.

Según la manipulación de las variables: se decidió optar por no manipular las variables del sistema, con lo cual es una investigación no experimental, debido a que la investigación pretende describir y entender los fenómenos y comportamientos de las variables dentro de un sistema, no su modificación o reacción ante elementos externos propuestos, esto confirmado por autores como ( Cortés Cortés & Iglesias León, 2004) que definen la investigación no experimental como “La que no manipula deliberadamente las variables a estudiar. Lo que hace este tipo de investigación es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto actual, para después analizarlo”.

Según el alcance temporal: el tiempo en el que se llevó a cabo la investigación fue de dos meses, por lo cual es longitudinal, debido a que el tiempo de muestreo es continuo en un periodo determinado ( Cortés Cortés & Iglesias León, 2004) “Investigación longitudinal. A

diferencia de la investigación transversal en este tipo de estudios se obtienen datos de la misma población en diferentes momentos. Aquí se comparan los datos obtenidos en las diferentes oportunidades a la misma población o muestra y se pueden analizar los cambios a través del tiempo de determinadas variables o en las relaciones entre ellas”.

Según el enfoque filosófico: el enfoque de la investigación es post-positivista debido a que se entiende que los seres humanos se pueden aproximar al conocimiento sobre la realidad, pero por la naturaleza de ciertos conocimientos siempre se ignora algún idea principal o secundaria sobre la teoría desarrollada, el post-positivismo según (Ramos, 2015)“el post-positivismo es una versión modificada del paradigma positivista. La diferencia con el positivismo radica en que en el post-positivismo la realidad existe, pero no puede ser completamente aprehendida. Lo real se lo entiende desde las leyes exactas, sin embargo, ésta únicamente puede ser entendida de forma incompleta. Una de las razones para no poder lograr una comprensión total y absoluta de la realidad se basa en la imperfección de los mecanismos intelectuales y perceptivos del ser humano, lo que lo limita para poder dominar todas las variables que pueden estar presentes en un fenómeno”.

Siguiendo la idea de Losse sobre la teoría científica, la ontología sobre este paradigma, la concepción de la realidad no puede ser ingenua, creer que se puede entender en la totalidad la realidad del universo desde una perspectiva es soberbia intelectual, asumir la ignorancia sobre ciertos fenómenos que son incontrolables y el observador humano es imperfecto.

### **10.3. Población y muestra**

#### **Población**

La población es aquel conjunto de individuos que tienen las características (variables de estudio) que se desean estudiar, en las investigaciones mixtas, el tipo de población varía según la predominancia de investigación, si es cualitativa el enfoque se basa en determinación de la población se basa en el concepto de saturación teórica es decir, cuando los nuevos datos recopilados no aportan información esencialmente nueva o diferente a la ya obtenida; mientras que la investigación cuantitativa la población se basa en la aplicación de

criterios de inclusión y exclusión específicos. Se busca seleccionar una muestra representativa de la población objetivo para generalizar los resultados a un grupo más amplio ( Cueva Luza y otros, 2023). La población objeto de estudio corresponde a la empresa Tabacalera AJ Fernández, particularmente en el área de preindustria que cuenta con un total de 532 colaboradores.

## Muestra

Una muestra estadística es un subconjunto de datos perteneciente a una población de datos. Estadísticamente hablando, debe estar constituido por un cierto número de observaciones que representen adecuadamente el total de los datos; el muestreo mixto emplea una combinación de estrategias de muestreo para abordar las necesidades tanto del enfoque cuantitativo como del cualitativo. Esto implica seleccionar una muestra representativa a través del muestreo aleatorio y, posteriormente, seleccionar casos específicos a través del muestreo intencional ( Cueva Luza y otros, 2023).

Por ello para ciertas herramientas de recolección de datos se aplicó un muestreo intencional o selectivo debido a que son participantes que poseen características relevantes para el sistema estudiado, mientras que para otros instrumentos se empleó un muestreo mixto, en el cual se tomó intencionalmente un sector del proceso y se delimitó mediante la fórmula del muestreo.

$$n = \frac{N Z^2 pq}{d^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

- Tamaño de la población (N) = 270
- Nivel de confianza (z) = 1.645
- Error muestral aceptado (e) = 0.10
- Probabilidad de éxito (p) = 0.5
- Probabilidad de fracaso (q) = 0.5

$$n = \frac{270 * (1.645)^2 * 0.5 * 0.5}{(0.10)^2 (270 - 1) + (1.645)^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 54.27$$

$$n \approx 54$$

En este caso se seleccionó el área de despalille para aplicar 54 encuestas debido a que es el área de preindustria que mayor número de colaboradores posee y por su opinión relevante en términos de control de calidad

## 10.4. Matriz de categoría

Tabla 1. Matriz de Categorías

Objetivos específicos	Categorías	Definición conceptual	Subcategorías	Técnicas e instrumentos	Indicadores
Diagnosticar la situación actual del sistema de control de calidad en las áreas de preindustria.	Situación actual del control de calidad.	Según la norma internacional (ISO 90001) El control de calidad es el conjunto de procedimientos y herramientas utilizadas para garantizar que el producto cumpla con los estándares de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procesos de producción</li> <li>- Factores de influencia en la materia prima</li> <li>- Indicadores de desempeño</li> <li>-Gestión del personal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación directa</li> <li>- Entrevistas</li> <li>- Cuestionarios estructurados</li> <li>- Revisión documental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Registro de datos ambientales (temperatura, humedad, lípidos)</li> <li>- Frecuencia de defectos</li> <li>- Métodos de inspección utilizados</li> </ul>
Analizar las operaciones de preindustria utilizando la metodología Lean Six Sigma	Metodología Lean Six Sigma	De acuerdo a por Luis et al (Luis y otros, 2014) haciendo referencia a lo expuesto por Breyfogle – 2003, él lo define como una metodología para la búsqueda de la mejora continua en el ámbito de la Gestión de Calidad, que va más	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir</li> <li>- Medir</li> <li>- Analizar</li> <li>- Mejorar</li> <li>- Controlar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantillas DMAIC</li> <li>- Diagramas causa-efecto</li> <li>- Gráficos de control</li> <li>- Encuestas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuadros y gráficos estadísticos elaborados</li> <li>- Frecuencia de problemas identificados en</li> </ul>

		allá de la reducción de defectos y hace hincapié en la mejora de procesos.			diagrama de Pareto - Documentación de fases DMAIC
Elaborar un plan de mejora en el sistema de calidad a partir de la metodología Lean Six Sigma.	Plan de mejora	Conjunto de acciones planificadas para optimizar los procesos de calidad de forma estructurada y sostenible.	- Propuestas - Recursos requeridos	- Revisión documental - Validación con expertos - Retroalimentación del personal	- Existencia de un plan documentado - Alineación con Lean Six Sigma

Fuente: elaboración propia

### **10.5. Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos**

El diseño de instrumentos se realizó bajo el enfoque concurrente que es un tipo de metodología de tipo mixto que integra datos cualitativos y cuantitativos, permitiendo una integración simultánea de ambos enfoques hasta su fase de análisis e interpretación.

Una de las ventajas principales de este enfoque es la capacidad de triangular los datos en un proceso de validación cruzada, reforzando la validez de los hallazgos, a su vez que permite una exploración causal entre las variables, donde los datos cuantitativos revelan un patrón mientras que los datos cualitativos generan información que explique el porqué de estos patrones.

Para la presente investigación se optó por el siguiente diseño concurrente:

- a) Entrevistas complementadas con encuestas.
- b) Análisis de datos en paralelo.
- c) Integración de resultados.

Para poder recopilar datos del proceso y el sistema de control de calidad se procedió inicialmente a registrar la información del proceso de producción mediante la observación directa que según (Helio, 1991) es “cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar”, con el propósito de entender y describir correctamente el proceso, valiéndose del instrumento diario de campo, que permite recolectar información variada y no estructurada en un periodo de tiempo relativamente extenso.

Con el propósito de complementar esta recopilación de datos no estructurados, se realizó una guía de observación que se puede definir como “el instrumento que permite al observador situarse de manera sistemática en aquello que realmente es objeto de estudio para la investigación; también es el medio que conduce la recolección y obtención de datos e información de un hecho o fenómeno” (Campos y Covarrubias & Lule Martínez, 2012), la guía sirvió como elemento para sistematizar las actividades, con el cual definir las variables a tomar en cuenta para el análisis, se realizó sobre el área de pilones donde los CTQ se encuentran acumulados, con el propósito de entender estos mismos en el sistema productivo.

Posterior a la información recopilada en la observación directa y sistematizada en la guía de observación se procedió a diseñar las entrevistas a los jefes de área, instrumento clave debido a que se define “como una conversación que se propone un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Es un instrumento técnico que adopta la forma de un diálogo coloquial sobre el problema propuesto” (Díaz-Bravo y otros, 2013), las preguntas se plantearon de manera estructurada con el fin de entender los criterios de calidad, las variables de mayor relevancia, los procedimientos e información necesaria y contingente para la ejecución del proceso y sus parámetros de aceptación y rechazo.

Teniendo en cuenta la información brindada por los jefes de área se procedió a diseñar una encuesta que “es una técnica de investigación que se utiliza para recopilar información de un gran número de personas. Se trata de una herramienta versátil y accesible que permite a los investigadores obtener información sobre comportamientos, actitudes, opiniones y demografía de una población objetivo” (Medina Romero y otros, 2023), la encuesta se realizó sobre los colaboradores del área de despallile con el propósito de entender el efecto de las variables de producción en el producto casi en la finalización del proceso, con ello detectar los efectos más comunes sobre los defectos encontrados en la materia prima.

Durante los dos meses de investigación se realizó un muestreo sobre las variables de temperatura y humedad en once pilones, cinco del área de pilón tripa y seis de pilón capa, el muestreo se realizó de manera no probabilística por conveniencia (Otzen & Manterola, 2017), debido a que se prefirió una muestra reducida pero que se pueda analizar en un rango relativamente extendido de tiempo que a la inversa y aunque la muestra no sea representativa, permite evaluar ciertos aspectos del sistema, los datos se recopilaron mediante un humectómetro y un termómetro.

## **10.6. Confiabilidad y validez de los instrumentos**

Los instrumentos aplicados poseen un grado medio de confiabilidad y validez, debido a que el estudio se vio limitado en recursos para aplicar más ampliamente los instrumentos propuestos, aún con ello se tomaron en cuenta los criterios de validez:

- Errores sistemáticos: la presente investigación seleccionó congruentemente la población a estudiar en relación a los objetivos presentados.
- Errores aleatorios: debido a que las variables son de tipo ambientales como temperatura y humedad existe un cierto grado de variabilidad sobre las mediciones que no pueden ser controladas.
- Confiabilidad: la confiabilidad del estudio es de nivel medio, debido a que las muestras seleccionadas en el proceso de medición de variables ambientales no son representativas.
- Consistente: los instrumentos se consideran consistentes, debido a que los datos bajo las mismas condiciones se puede extraer la misma información.
- Reproductibilidad: la investigación permite reproductividad
- Precisión y exactitud: los datos son precisos con respecto a que las herramientas de recolección se encontraban correctamente calibrados, pero con cierto grado de poca exactitud debido a que el promedio de mediciones puede generar cierta inexactitud.

#### **10.7. Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de la información**

Datos cualitativos:

Serán analizados desde una perspectiva histórica, local e internacional, apoyados en bibliografía contrastada, con el fin de identificar patrones en las variables de calidad. El análisis permitirá establecer relaciones de causalidad entre los factores que inciden en la producción y no solo correlaciones casuales.

Datos cuantitativos:

Se procesarán con pruebas estadísticas propias del control de calidad. Se utilizarán, gráficas de control para el seguimiento de la variabilidad, y cálculos de DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades) y nivel Sigma para determinar la capacidad del proceso. El software Excel servirá como herramienta de tabulación y análisis de datos, al igual que el software de SPSS para el tratamiento de los datos obtenidos en las encuestas.

### **10.8. Criterios de calidad**

Los criterios de calidad refieren a la solidez de las inferencias y conclusiones dentro de un estudio. En la investigación mixta, algunos criterios de validez interna incluyen según (Cueva Luza y otros, 2023):

- a) Documentación clara y transparente: Es fundamental documentar de manera clara y transparente todas las decisiones metodológicas, los procesos de recopilación y análisis de datos, y las interpretaciones realizadas. Esto permite a otros investigadores y lectores evaluar la validez de los hallazgos y replicar el estudio si es necesario.
- b) Validación por pares: La validación por pares implica someter los resultados a la revisión crítica de otros expertos en el campo. Al recibir comentarios y sugerencias de investigadores con experiencia, se busca mejorar la validez y calidad de los resultados.
- c) Reflexión y autoevaluación: Los investigadores deben ser reflexivos y autoevaluarse constantemente para identificar posibles sesgos, limitaciones o deficiencias en su estudio. La reflexión crítica y la autoevaluación ayudan a mejorar la validez de los hallazgos y a abordar posibles amenazas a la calidad de la investigación.

## **11. Análisis y discusión de resultados**

### **11.1. Triangulación de resultados**

Objetivos específicos	Categorías	Subcategorías	Entrevista (Jefes de área Pílon tripa, pílón capa, despalille, pacas)	Encuesta a Colaboradores	Guía de observación	Conclusión (Final de los tres instrumentos)
Diagnosticar la situación actual del sistema de control de calidad en las áreas de preindustria.	Proceso de producción en preindustria	1-VARIABLES en proceso productivo	<p>“La variable que puede ser es que la capa en las bodegas donde se ha dado tratamiento no se le haya dado suficiente humedad y constante temperatura. Yo te dije algo. En la capa, mayor humedad, pierde el sabor.</p> <p>Mayor calor, pierde su textura y pierde cuerpo. Eso es en la capa. Por eso, en humedad y en temperatura, tenemos que mantenernos constantes”</p>	En la encuesta realizada a la cincuenta colaboradores del área de despalille, el 46% considera que el defecto más común de su materia prima es la sequedad de las hojas	Las tres variables principales sobre la producción son temperatura, humedad y grasa, en el área de pílón tripa se utiliza un termómetro dentro del pílón, a veces se utiliza un humectómetro, en el área de pílón capa no se utilizan ninguna de las dos herramientas y la variable que no se controla mediante una herramienta o es la es la grasa.	En el proceso productivo de las tres variables de control que generan las características organolépticas, para dos se cuenta con instrumentos para regularlas (termómetro y humectómetro), pero no se utilizan regularmente, por otra parte, para la grasa no se cuenta con una técnica o instrumento para garantizar su control, lo que obliga a utilizar consideraciones subjetivas como el tacto. Teniendo en cuenta el poco control cuantitativo de las variables de producción puede aumentar la

						variabilidad en el proceso.
		2- Defectos	<p>“los problemas son múltiples y dependiendo de la variedad del tabaco, Por ejemplo, el tabaco más delicado que nosotros trabajamos es el conérico, por ser una capa mucho más delgada y más fina.</p> <p>el conérico tiene que mantener un solo color y no puede variar esos colores.</p> <p>El Pensilvania. Es un poquito más complicado porque es un tabaco mucho más grueso. El Pensilvania te trae un 200% de brea. Por eso que el proceso de</p>	<p>En la encuesta realizada a los cincuenta colaboradores del área de despalille, el 48% considera que el porcentaje de hojas de baja calidad está entre el 1% y el 5%, mientras que el 32% de los encuestados consideran que de su materia prima diaria hay un 11% a 15% de materia prima de baja calidad.</p>	<p>Las diferentes variedades y el número de corte requieren tratamientos diferentes, pero se pueden agrupar en tabaco de peciolo grueso y peciolo delgado, y en tabaco de corte bajo y corte alto (los cortes bajos se utilizan generalmente para banda, tripa, capote. Los cortes altos son de mayor calidad y se utilizan para la capa o las hojas del exterior del puro), los defectos se generan a partir a que un exceso de humedad en tabaco de peciolo delgado puede pudrir la hoja de tabaco y en</p>	<p>Las áreas son conscientes de los defectos que se pueden generar durante proceso de fermentación (moho azul, deshidratación, exceso de picadura) del tabaco, cuentan con los instrumentos necesarios para llevar a cabo el control de lo defectos, pero prefieren trabajar mediante una intuición construida por años de experiencia (que ha sido efectiva por un largo tiempo), pero la demanda actual del mercado, en el cual se están procesando hasta 8000 quintales produce índices de</p>

			experimentación de Pensilvania dura dos años a tres años”.		el caso inverso una hoja de peciolo grueso con poca humedad puede generar una deshidratación, generando que pierda todas sus propiedades organolépticas.	materia prima defectuosa en el que se pueden implementar planes de mejora.
		3- Capacitación del personal	<p>“No en general no recibimos capacitaciones; tal vez nosotros los que trabajamos en lo que es ya en el nivel administrativo en el nivel superior sí.</p> <p>Pero personal así, obrero, no.</p> <p>Tengo un reglamento. O sea, tengo que basarme en ciertos parámetros, ciertas normas que me imponen Sí, por escrito tengo unas estipulaciones y</p>	En la encuesta realizada a los cincuenta colaboradores del área de despalille, el 68% de los operarios consideran que nunca han recibido una capacitación sobre calidad	El personal recibe instrucciones operativas sobre el control de la materia prima, sin entender correctamente el proceso de fermentación, la importancia de una correcta aplicación de la técnica (empilonado, mojado, despalillado, bandeado).	La ausencia de capacitaciones sobre calidad o control de calidad en el área de preindustria obliga a los jefes de área a llevar una vigilancia constante sobre el personal para cumplir con los estándares de calidad, el cumplimiento con los procedimientos sobre las técnicas y la manipulación de la materia prima.

			también incluso audiovisuales”.			
Analizar las operaciones de preindustria utilizando la metodología Lean Six Sigma.	Aplicar herramientas de Lean Six Sigma	1-Calidad	<p>“No, un área de control de calidad no lo hay. El control de calidad lo hacemos en cada área.</p> <p>Pero, específicamente hablando, no lo hay”</p>	En la encuesta realizada a los cincuenta colaboradores del área de despalille, a pesar de que el 66% de los encuestados consideran de que existe un sistema de control de calidad	Existe una serie de criterios, especificaciones organolépticas (color, olor, sabor), ideas referenciales sobre la idea de calidad en las hojas de tabaco, pero no existe herramientas o técnicas de control de calidad basado en estadística descriptiva.	La calidad entendida como la administración científica de los procesos no se encuentra aplicada en todas la áreas de preindustria, debido a la ausencia de la estandarización de los procesos y los conocimientos técnicos en los colaboradores no administrativos.
		2-Herramientas de Lean Six Sigma	“No, aquí no lo aplicamos esas metodologías de mejora continua. Eso lo aplican ya lo que es el rechazo de capa y lo aplican también en lo que es el control de calidad. Allí sí se le aplica.”	En la encuesta realizada a los cincuenta colaboradores del área de despalille, el 48% de los encuestados considera que la calidad de la materia prima en el último año se ha mantenido igual.	En toda el área de preindustria no se conoce ni se aplica ninguna metodología o filosofía de mejora continua .	No existen conocimientos sobre las metodologías de mejora continua, concretamente sobre Lean Six Sigma; no se utilizan Instrumentos o técnicas para sistematizar los procesos sobre las áreas de preindustria.
Elaborar un plan de mejora en el sistema de	Propuesta de mejora del sistema	1-Plan de mejora en el sistema de	“La implementación de una metodología de mejora continua	En la encuesta realizada a los cincuenta colaboradores del	Las herramientas que proporciona la metodología Lean Six Sigma,	Generar una propuesta que contenga una serie de herramientas

calidad a partir de la metodología Lean Six Sigma	de control de calidad	control de calidad	no es que considero que sea bueno, es necesario. Es necesario, no es que considero”	área de despalille, el 64% de los encuestados considera que puede haber una mejora en el sistema de control de calidad.	permitirían estandarizar los procesos y controlar las variables de producción que tienden a ser difíciles de controlar debido a la ausencia de un sistema de control de calidad aplicado uniformemente en el área de preindustria y la ausencia de plataformas digitales para el registro y la digitalización de datos	ordenadas y basadas en tecnología digital que permita analizar el comportamiento de las variables de producción.
---	-----------------------	--------------------	---	---	--	--

Tabla 2. Triangulación de resultados

Fuente: Elaboración propia.

En este apartado se analizó y se interpretó los resultados obtenidos de los tres instrumentos aplicados (Encuesta, entrevista y guía de observación), la información se presentó en el orden de los objetivos específicos propuestos en la investigación, basándose en las respuestas de los sujetos, las respuestas obtenidas durante las entrevistas a los jefes de área y la guía de observación aplicada en el área de preindustria.

Los resultados de las encuestas se encuentran presentadas en histogramas que contienen como acápite las variables y su correspondiente frecuencia relativa; los resultados del muestreo sobre las variables ambientales (temperatura, humedad) se encuentran presentados en gráficos de líneas. La información se trianguló tomando en cuenta los datos cualitativos recopilados en el estudio, utilizando la teoría presentada en el marco teórico, los antecedentes de la investigación y la opinión de los autores. A continuación, se describen los resultados de la información obtenida sobre los colaboradores del área de despallido y la recopilación de datos ambientales sobre los pilones del área de “pilón capa” y “pilón tripa.

## **11.2. Objetivo 1**

- A continuación, se realizó una descripción y diagnóstico del proceso productivo tomando en cuenta la información recopilada mediante la entrevista, las encuestas y la guía de observación; con el fin de cumplir el primer objetivo de la investigación de diagnosticar la situación actual del sistema de control de calidad en las áreas de preindustria.

### ***11.2.1. Descripción del proceso productivo en el área de preindustria***

#### **1. Recepción de la materia prima**

Las áreas de pilones (tripa y capa) son las primeras áreas de contacto de la empresa con el tabaco que puede provenir de las fincas propias de la empresa o que se puede comprar, aunque la recepción cambia según el área, en pilón tripa el camión se estaciona en el área de descargue donde el tabaco se encuentra empaquetado dentro una serie de sacos unidos por costura que sirven de “tela” para de manera dúctil manipular su traslado hasta formar esferas llamados “arpías”.

De manera posterior son trasladados al área de descarga dentro de la bodega, si el tabaco ha sido procesado anteriormente pasa directamente al área de despallido, si no está listo y el

tabaco ha sido mojado con anterioridad se procede a construirse (acción de formar una “camada”), si el tabaco se encuentra seco se almacena dentro de las arpías y se construye hasta que la necesidad de producción se requiera.

En el área de pilón capa la recepción de la materia prima es ligeramente diferente, debido a que al menos el 80% de las capas procesadas son compradas de proveedores extranjeros, así que la materia prima se descarga de cajas donde reside empacado el tabaco y según su porcentaje de humedad se empilona directamente o se almacena hasta que la necesidad de producción lo requiera.

## 2. Mojado

El proceso de mojado consiste en trasladar los moños de tabaco que conforman el pilón al área que cuenta con una serie de regaderas en la cual se moja el tabaco, existen dos áreas de mojado una para pilón tripa y otro para pilón capa; en pilón tripa se moja el tabaco haciendo una estimación del nivel de sequedad, por lo cual el mojado puede variar entre cuatro y ocho segundos, el moño que se coloca a la inversa aumentando la superficie de mojado para lograr una uniformidad.

El mojado pilón capa es ligeramente diferente en el cual dependiendo si las hojas son de peciolo grueso o delgado, lo que determina si el peciolo es grueso o delgado es el número de corte en la hoja, los cortes bajo o corte alto (los cortes bajos son los que van desde el C/1 hasta C/5 y los cortes altos son los que van de C/6 hasta C/10), teniendo en cuenta el corte se realiza el “embuchado” que consiste mojar no solo las hojas, sino tomar el moño desde los peciolos y colocarlo en una cubeta de agua por unos cuatro segundos, esto con el propósito de que los peciolos trasladen el agua de manera uniforme por medio de las nervaduras de la hoja, de manera que el limbo de la hoja no sufra manchas de agua y el color se mantenga uniforme en el proceso de fermentado.

Posterior al mojado es trasladada a las áreas pilón en las que se colocan en una zona del suelo, con los moños de tabaco con los peciolos apuntando hacia arriba de manera que el exceso de agua en las hojas gotee por efecto de gravedad, los moños de tabaco después de mojado se construyen en un pilón hasta el día posterior para asegurar la humedad recomendada para empezar el fermentado.

### 3. Empilonado

El proceso de empilonado, consiste en apilar los moños de tabaco previamente mojados en dos plataformas individuales de tres metros de largo por dos de ancho, el almacén divide los pilones en dos áreas distintas dentro de la misma bodega, donde los pilones en las filas siguen un orden alfabético y las columnas un orden numérico, el peso total del pilón varía en función del número de corte, la clase del tabaco, la variedad del tabaco. El tabaco independientemente de su origen se clasifica en:

- Seco: corresponde a las hojas más finas de la planta.
- Viso: corresponde a las hojas de un grosor intermedio.
- Ligerito: corresponde a las hojas de mayor grosor de la planta.

Para construir un pilón se necesitan en promedio 3500 libras, donde si es viso y ligero se necesitan entre 450 y 500 libras de tabaco para formar una “camada”, para una hoja de tipo seco se necesitan entre 350 y 400 libras que es el proceso de apilar uniformemente moños de tabaco que constan de entre 40 y 60 hojas hasta formar una estructura rectangular con bordes redondeados, un pilón consta por lo general de cuatro camadas que tienden a ser entre dos y tres camadas más si el tabaco se encuentra seco y de ser de cuatro camadas posterior a la moja; en el proceso de construcción debe asegurarse de que la estructura es sólida de manera que no se desarme el pilón, pero también debe de dejar el suficiente espacio para la oxigenación del pilón durante el proceso de fermentación.

Luego de formar el pilón se cubre con una carpa de “yute” y con una serie de carpas de plásticos negro se vuelve a cubrir con el fin de aumentar la temperatura interna del pilón y que los microorganismos de las hojas reaccionen a la humedad y ausencia de luz para comenzar el proceso de fermentación.

### 4. Fermentación

La fermentación del Tabaco empieza con el curado del tabaco, en el momento posterior de su cosecha, donde las hojas se secan y empieza el cambio en la composición química del tabaco, mientras la estructura de la hoja se conserva. La empresa utiliza un proceso de secado al aire, en el cual las hojas se exponen al sol y al viento, en un lapso de tiempo entre 4 y 12 semanas, de manera que se degrade la clorofila, descompongan los azúcares, las proteínas,

el almidón y la nicotina presentes en el tabaco. En contacto con el aire, las hojas se oxidan y pierden gradualmente su tono verde, tornándose primero amarillas y luego marrones.

La fermentación continua en el proceso de empilonado, las hojas húmedas apiladas en camadas, tapadas con una capa fina que permite la circulación del aire y luego cubierta con un plástico que no permite el contacto con la luz permite la degradación de los microorganismos presentes en las hojas, debido a la humedad y el aumento la temperatura del pilón sube hasta mantenerse estable en un promedio de 80 a 90 grados Fahrenheit, dependiendo del nivel de grasa y el tipo de hoja (Viso, ligero, seco) se necesita que la temperatura suba hasta 105 o 115 grados, para disminuir los lípidos, las impurezas como el amoníaco y generar las características organolépticas como aroma, sabor y color sean agradables.

Cuando el pilón alcanza una temperatura optima empiezan los movimientos de “virado” que consta en trasladar el pilón de donde fue construido hacia otra plataforma vacía donde reconstruye siguiendo un patrón en concreto, las hojas del centro se mueven hacia arriba, las de arriba hacia abajo y las de abajo hacia el centro. Este proceso se repite hasta que todas las hojas se hayan procesado uniformemente.

El tiempo de fermentado varía en los pilones tripa y en los pilones capa, los pilones tripa que tienden a ser de producción nacional cuentan con todo el proceso de fermentación desde las fincas por lo que dependiendo del tipo de tabaco y su variedad la fermentación puede tardar:

Tiempos de fermentación según el tipo de planta:

- Seco: 6 meses.
- Viso: 15 meses.
- Ligero: 18 meses.

En pilón capa al en su mayoría con tabaco de importación parte de este proceso de fermentado se realizó en su respectivo país de origen por lo cual el proceso se encuentra avanzado, por lo cual el tiempo máximo que un pilón capa puede tardar en fermentarse es de 6 meses; las capas producidas en territorio nacional y las capas que aún no están listas para la última etapa del proceso de fermentación son llevadas a recibir un pretratamiento en una cámara especial ubicada en una localidad alejada de la planta de producción llamada “Moile”, que es una

habitación condicionada para elevar la temperatura y aumentar la humedad, llegando a tener una temperatura de 120 grados y con una humedad del 75%, este tratamiento lo que hace es acelerar el proceso de curación de las capas que luego de tres a cuatro meses son trasladadas al área de Pílon capa donde se empilonan y se le da un tratamiento de como mínimo un mes y como máximo de tres meses.

Durante las semanas que dura la fermentación en pilones tripa se lleva un registro de la temperatura mediante un termómetro de mercurio que se coloca en una cavidad de madera hueca que se pone en el medio del pilón durante su construcción para controlar su temperatura. En pilón capa no se realiza un control de temperatura y humedad mediante instrumentos de medición, se realiza un aproximado mediante el tacto hacia las hojas.

#### 5. Escogida

En esta parte del proceso los pilones cuando están en una etapa avanzada de su fermentación son trasladadas a un área donde el pilón es separado en los moños que lo comprenden para ser clasificado en distintos tipos de hoja según su color, para garantizar que la inspección visual es correcta existe un personal de treinta personas divididas en tres filtros, “abertura”, “rezago” y un grupo de tres colaboradores que realizan la última revisión; abertura es el proceso en el cual los moños del pilón sin escoger son abiertos y se empieza a separar por colores y tamaños, el rezago es el segundo filtro de la materia prima que trabaja abertura, el ultimo filtro lo realizan tres colaboradores con una lámpara de alta intensidad para determinar que los colores y los tamaños coinciden con las revisiones anteriores, cuando se hace la última inspección estas hojas son agrupadas según clasificación y se agrupan en moños.

Las hojas de tabaco según su color se clasifican en:

- Rosado alto.
- Rosado oscuro.
- Rosado claro.
- Manchado viso.
- Capote.
- Amarillo claro.

Las hojas de tabaco según su tamaño se clasifican en:

- 14.
- 15/16.
- 17.

Posterior a la clasificación, el pilón regresa al área de pilón capa en la cual se construye un pilón nuevamente, pero ahora se encuentra agrupado según su clasificación de color, de manera que la última parte del proceso de fermentación ya se encuentra clasificado.

#### 6. Horneado

Al final del proceso de fermentación, los pilones son trasladados a una habitación condicionada con un ventilador de un metro de alto por un metro y medio de ancho, el cual extrae el aire de la habitación; las hojas de tabaco se colocan en bandejas conformadas mallas metálicas, estas se agrupan en diez y seis columnas, se deja un día completo en un proceso de deshidratación mediante la extracción del aire de la habitación y el aumento de la temperatura, para que el proceso de horneado funcione correctamente el nivel de grasa de las hojas tiene que ser óptimo para entrar al proceso, por ello durante el proceso de fermentación debe de lograr un porcentaje aproximado de lípidos o grasa de mínimo el 10% para que la hoja cuando se deshidrate no se vuelva demasiado frágil deteriorando las propiedades físicas y organolépticas.

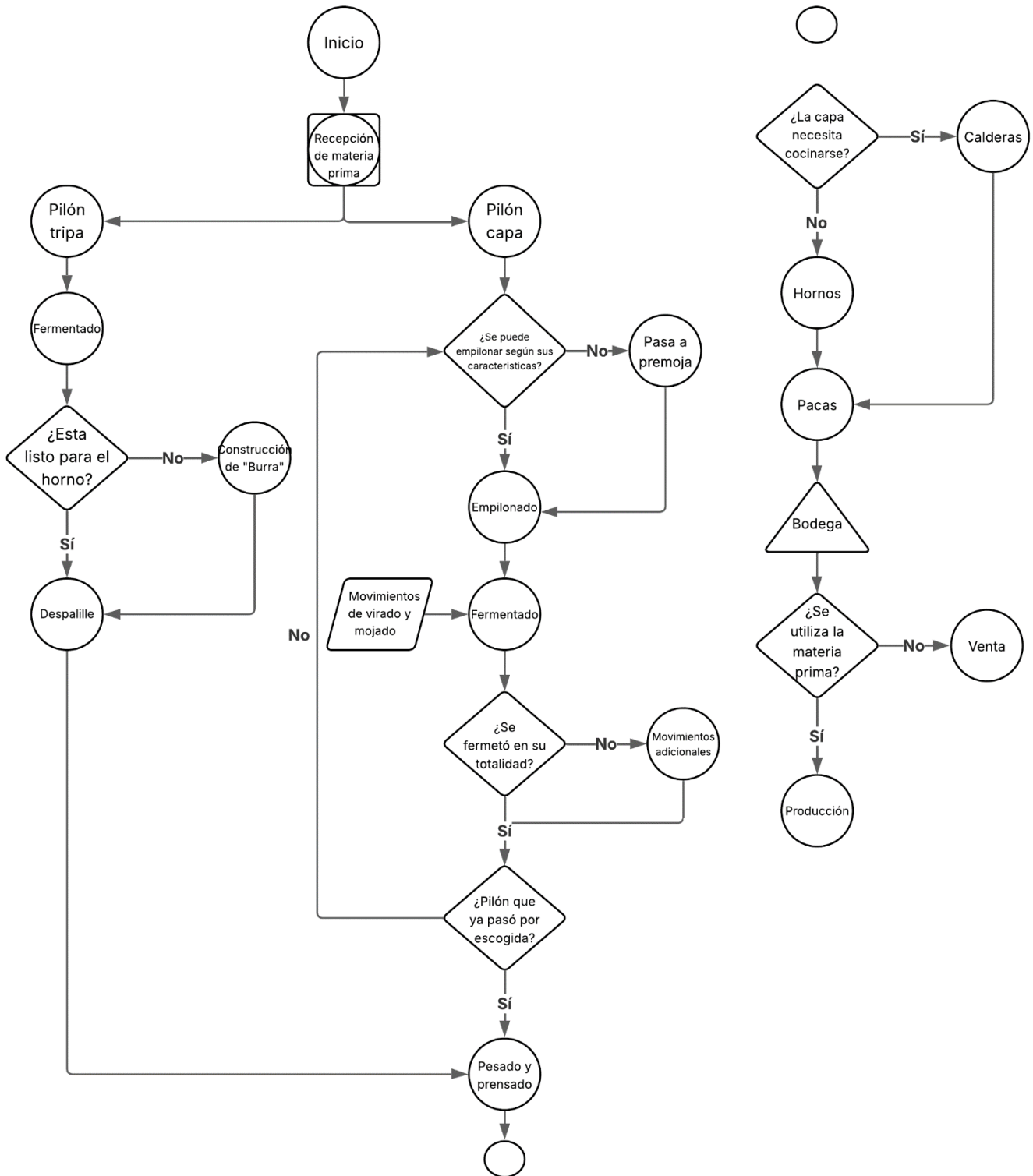
#### 7. Despalille

Los pilones tripas no pasan por escogida porque conforman principalmente el “capote” y las “bandas” que son las partes de la hoja que constituye la forma del puro, es decir donde se coloca la tripa, así que los pilones tripas son transportadas a esta área en la cual se reparten en libras las hojas de los pilones a los colaboradores, la tarea principal es retirar el 50% del peciolo de la hoja, para luego estirar la hoja sin romperla, de manera que la hoja pueda ser utilizada para el proceso de “bonchado” en el área de producción; de los 270 colaboradores que conforman esta área treinta de ellos se dedican a “bandear” una cantidad menor de libras de tabaco, bandear consiste en retirar completamente el peciolo de la hoja manteniendo intacto los dos limbo de la hoja.

## 8. Pesado y prensado

Posterior al proceso de despallido las hojas son colocadas en cajas de madera para ser transportadas al área de pesado y prensado, en el cual se pesan las hojas de los pilones de manera que se pueda conocer el peso perdido desde que inició el proceso hasta que se va a empacar en forma de pacas, la pérdida total del peso depende del número de corte y el tipo de hoja, pero se considera aceptable la pérdida del 30% del peso original, después del pesado se coloca la caja de madera que contiene las hojas de tabaco en un armazón de madera en el cual se coloca una basa de saco, mediante una maquina hidráulica se genera presión sobre las hojas con cuidado para compactarlas sin dañarlas, luego se coloca una segunda capa de saco por encima y mediante una aguja con hilo se cosen los costados, sellando las hojas en el interior, se le coloca una etiqueta con los datos de la paca: variedad, corte, tipo, color, peso y fecha de empacado, de manera posterior es trasladado al área de almacenamiento de pacas, donde esperará a que la producción la requiera o que se decida vender a otra empresa tabacalera.

Ilustración 13. Flujograma de producción en el área de preindustria



### ***11.2.2. Diagnóstico del sistema de calidad en el área de preindustria***

Para realizar un diagnóstico sobre el sistema de control de calidad, a través de la guía de observación se determinaron en términos generales los puntos más críticos en el proceso, por lo cual se decidió emplear una metodología de análisis sistémico, con el propósito de entender el sistema como un conjunto de variables que pueden tomar forma en operaciones concretas, filosofías de trabajo, procesos intangibles y demás formas; teniendo en cuenta la idea de un sistema y las variables multifactoriales que afectan el área de preindustria; se realizó un análisis estructural Mic Mac, este análisis se llevó a cabo teniendo en cuenta las entrevistas aplicadas a los jefes de área que tienen más de cinco años laborando en la empresa. Inicialmente mediante una reflexión sobre los datos obtenidos en la guía de observación se seleccionaron 22 factores de influencia sobre la gestión de la calidad, mediante estos factores de influencia se genera un perfil del funcionamiento óptimo o sub óptimo del área de preindustria

Mediante la técnica del análisis de ideas preconcebidas o estereotipos como resultado se elaboró una lista en borrador de 15 factores de cambio divididos en seis dimensiones (Materia prima, Método, Máquina, Medio ambiente, Medición y Mano de obra). Al ponderar por relevancia los factores de cambio; se seleccionó 15 factores, por el método de puntuación en escala de Likert.

El objetivo del análisis estructural es sistematizar las reflexiones a través de una matriz en donde interactúan indistintamente todas las variables, las cuales se impactan entre sí. El método MicMac consiste en elevar la matriz de análisis estructural a una potencia de valores sucesivos, de este modo se analizan miles y millones de líneas en la mayoría de los sistemas concretos. A continuación, se describen las tres fases que se realizaron en la investigación del método MicMac.

#### **Etapa 1. Identificación de variables**

Para determinar las variables de influencia sobre el sistema de control de calidad se realizó una matriz 6M mediante un diagrama de Ishikawa.

Mano de obra: el personal no recibe capacitaciones sobre el control de calidad. Los colaboradores no cuentan con instrucciones técnicas sobre el tratamiento adecuado de la

materia prima. Maltrato sobre la materia prima que se trabaja en las diferentes etapas del proceso de producción.

El proceso de mojado se realiza bajo consideraciones subjetivas. En el área de mojado de pilón tripa los colaboradores realizan el proceso de mojado en aproximados subjetivos. El exceso o escasa cantidad de agua en las hojas de tabaco puede llegar a generar pudrición, generación de hongos o debilitar la estructura de la hoja.

Método: los registros en la totalidad del área de preindustria se realizan de forma manual. Los registros de cualquier índole (registros de la ficha pilón, entradas, salidas, movimientos de virado y mojado) se llevan en una serie de cuadernos, sin respaldos en ningún sistema de registro paralelo. Los datos de registros pueden estar incompletos o desactualizados por lo que se compromete su confiabilidad para tomar decisiones. El que no exista un respaldo virtual o copia de los datos, permite el riesgo de pérdidas de datos debido a extravío o destrucción de los cuadernos de registro.

Procedimientos no estandarizados: los procedimientos se conocen debido a que los jefes de área realizan las instrucciones sobre cómo realizar las tareas, pero no existe un manual por área o puesto de trabajo que explique el correcto proceso de virado, bandeado, mojado, clasificación de hojas. Alta variabilidad en la calidad del producto, procesos de adaptación del personal más lentos y dificultad para registrar y evaluar los datos obtenidos del proceso.

Maquinaria: nivel tecnológico medio/bajo. Falta de tecnología que permita el procesamiento de la información para el análisis y representación de datos. La ausencia de herramientas tecnológicas para el procesamiento de datos que arroja el sistema de producción inhabilita la capacidad de tomar decisiones basadas en la realidad del proceso, dificultad para realizar proyecciones de producción y de comportamientos en las variables de producción.

Materia prima: materia prima con un fermentado no uniforme. Los moños de tabaco reciben un proceso deficiente de fermentación generando manchas en las hojas de tabaco, contienen un exceso de humedad que desnaturaliza sus propiedades organolépticas agradables. La fermentación no sigue un proceso uniforme lo que obliga a extender el tiempo en producción, riesgo de que una parte del pilón se encuentre sobrefermentado en relación a la otra parte.

Nivel de plagas: La plaga del pulgón del tabaco se come las hojas de tabaco. Las hojas de tabaco se deterioran debido a que el pulgón del tabaco se come las hojas, convirtiéndolas en hojas no aptas para el consumo humano.

Medio ambiente: falta de control sobre la temperatura y humedad del ambiente. La bodega no está adecuada para mantener un nivel de humedad y temperatura regulados óptimo para la fermentación uniforme. Según la época del año las condiciones internas de temperatura y humedad del pilón se pueden ver afectadas por la temperatura y humedad del ambiente, modificando las condiciones ideales de fermentación.

Acumulación de residuos en el área. El polvo y los residuos de otros pilones puede generar una contaminación cruzada, en el cual se pueden trasladar las enfermedades fúngicas de un pilón al otro. Aumento de las enfermedades fitosanitarias de los pilones, condiciones poco salubres para realizar el proceso de fermentación.

Medición: el sistema de control de calidad no tiene indicadores de éxito. El sistema actual de la empresa funciona como serie de medidas preventivas ante posibles riesgos, pero no cuenta con un registro sobre las tasas de defectos, los niveles de homogeneidad del pilón, los porcentajes de plagas de los pilones. La falta de indicadores sobre el éxito o fracaso sobre las medidas del control de calidad en el proceso productivo reduce la capacidad del sistema de evaluar su eficacia, por lo que la calidad de la materia prima puede variar.

Ilustración 14. Diagrama de Ishikawa sobre el área de preindustria



(Fuente: elaboración propia)

## Etapa 2. Describir las relaciones existentes entre las variables

Para este estudio se asume que las variables son sistemáticas por su capacidad de influenciar y ser influenciadas por otras variables, el análisis estructural permite identificar relaciones entre variables utilizando una matriz de análisis estructural. La matriz se llenó de datos cualitativos. Por cada permutación de datos se cuestionó el nivel de influencia entre las variables utilizando una escala de Likert.

*Tabla 3. Escala de likert sobre el nivel de influencia entre variables*

Influencia	Puntos	Definición
Sin influencia	0	Las relaciones entre variables es inexistente
Débil	1	Existe poco grado de influencia
Media	2	Tiene un nivel de influencia medio
Fuerte	3	Existe un alto nivel de influencia
Potencial	P	Existe un nivel de influencia potencial

## Etapa 3. Identificar las variables estratégicas

Las variables estratégicas fueron definidas utilizando el software MicMac, donde se identificaron las variables con una influencia directa, las variables con una influencia indirecta y por ultimo las variables con una influencia potencial. Este proceso permite generar una jerarquización de las variables lo que permite determinar su importancia

En la interpretación de los resultados se utilizan las ideas de motricidad y dependencia, donde la motricidad es el impacto que una variable ejerce sobre las demás y la dependencia como la subordinación de una variable con respecto a las restantes. Los resultados de las variables se representan en un plano (el eje de abscisas corresponde a la dependencia y el eje de ordenadas a la influencia). Este plano cartesiano permitió determinar cuáles son las variables estratégicas que son las que contienen las calificaciones más altas de influencia y de dependencia.

Ilustración 15. Matriz de relación entre variables

.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	11	1	1	1	1
2 : Per	3	0	0	3	1	3	0	2	0	1	3	3	0	0	P
3 : Re	0	0	0	3	3	2	0	2	0	3	2	1	0	0	2
4 : Pro	3	3	3	0	1	3	1	3	1	3	3	2	0	0	3
5 : NvT	0	2	3	2	0	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0
6 : MP	2	3	2	3	0	0	0	3	0	3	0	1	1	1	1
7 : Nv	0	0	1	2	2	0	0	0	1	1	2	0	0	0	1
8 : Vari	2	3	3	3	2	3	0	0	0	3	3	1	1	2	1
9 : Re	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	3	1	2	1	0
10 : In	2	2	1	3	0	3	3	3	0	0	3	3	0	1	P
11 : D	3	3	0	3	1	3	3	2	0	2	0	2	0	0	2
12 : Fil	3	1	2	3	0	2	2	0	2	3	2	0	0	0	P
13 : Es	0	2	0	1	2	2	0	0	1	0	2	1	0	3	0
14 : Di	0	0	0	2	0	2	0	1	1	0	0	2	2	0	2
15 : N	3	1	3	3	2	1	3	2	0	2	2	3	0	1	0

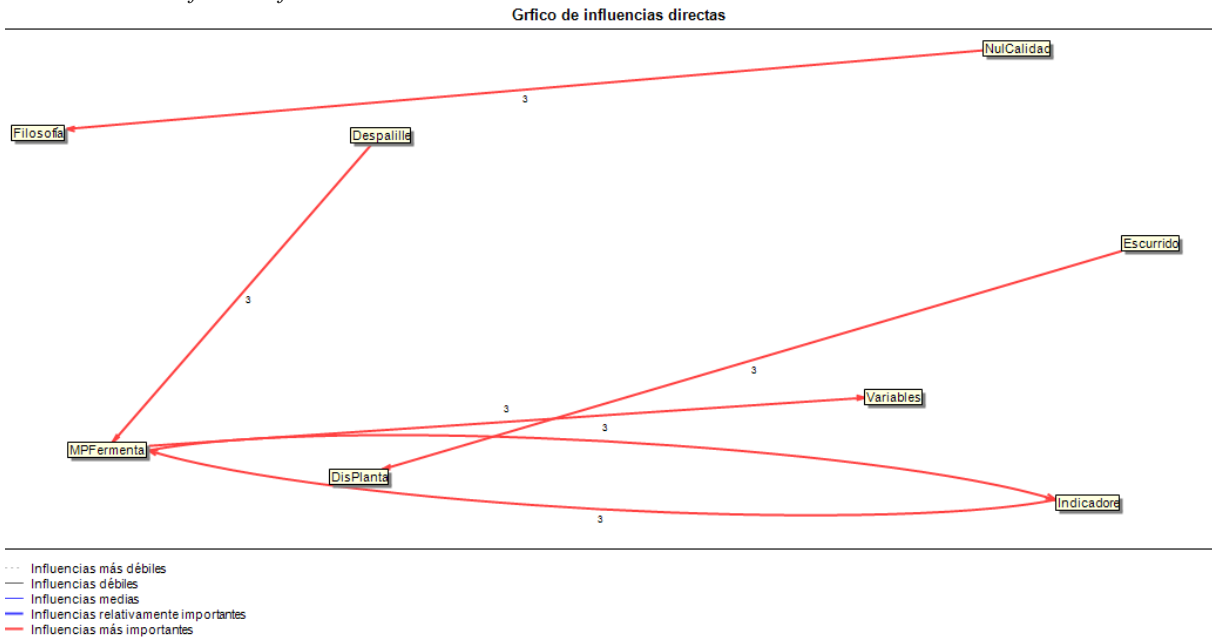
Las influencias se puntúan de 0 a 3, con la posibilidad de señalar las influencias potenciales :

- 0 : Sin influencia
- 1 : Débil
- 2 : Media
- 3 : Fuerte
- P : Potencial

(Fuente: elaboración propia)

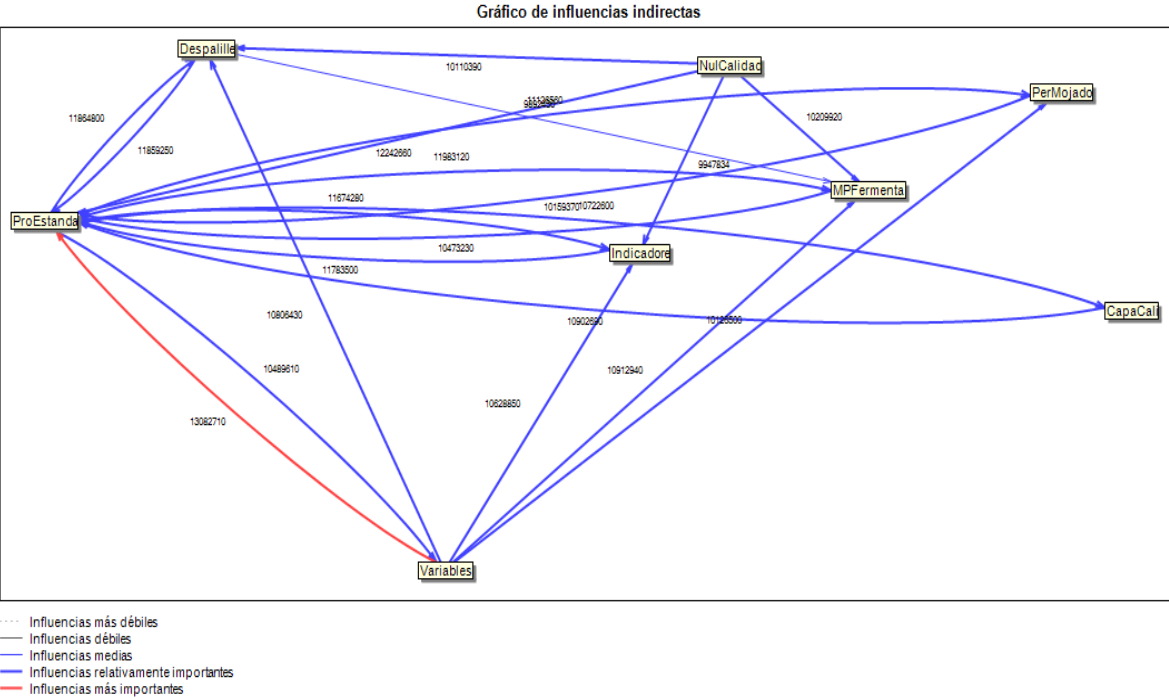
Con la tabla de variables rellena se utilizó el software MicMac para calcular el nivel de relación de las variables elevándolo a la quinta potencia, de manera que se pueda visualizar la correlación y entender que elementos son los más necesarios para priorizar dentro del sistema de control de calidad.

Ilustración 16. Gráfico de influencias directas



El grafico de influencia directa son las variables que mayor dependencia e influencia tienen en el corto plazo, lo que no implica una necesidad de resolución inmediata, en este caso la materia prima con grados de fermentación no uniforme tiene una estrecha relación con la ausencia de indicadores dentro del sistema de control de calidad, mientras que la nula integración del sistema de calidad; en el área de preindustria influye directamente en la ausencia de una filosofía de mejora continua, mientras que la distribución de planta ineficiente afecta a que el área donde se escurre el agua posterior al mojado no es adecuado para mantener los niveles de humedad estables.

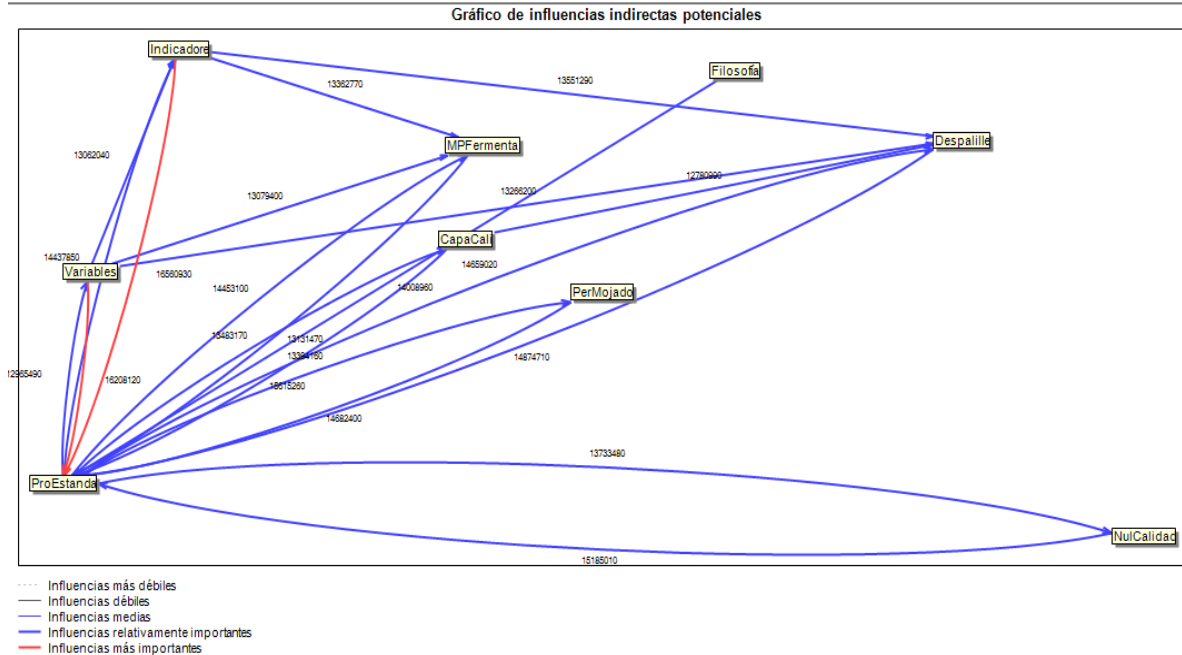
Ilustración 17. Gráfico de influencias indirectas



(Fuente: elaboración propia)

El grafico de influencia indirecta responde a las variables que guardan una relación general dentro del sistema, donde la falta de procesos estandarizados es la variable que mayor influencia recibe del resto de variables, lo que significa que los elementos como capacitaciones, falta de indicadores, las variables ambientales (temperatura y humedad), influyen negativamente sobre la capacidad de la empresa de estandarizar sus procesos

Ilustración 18. Gráfico de influencias potenciales

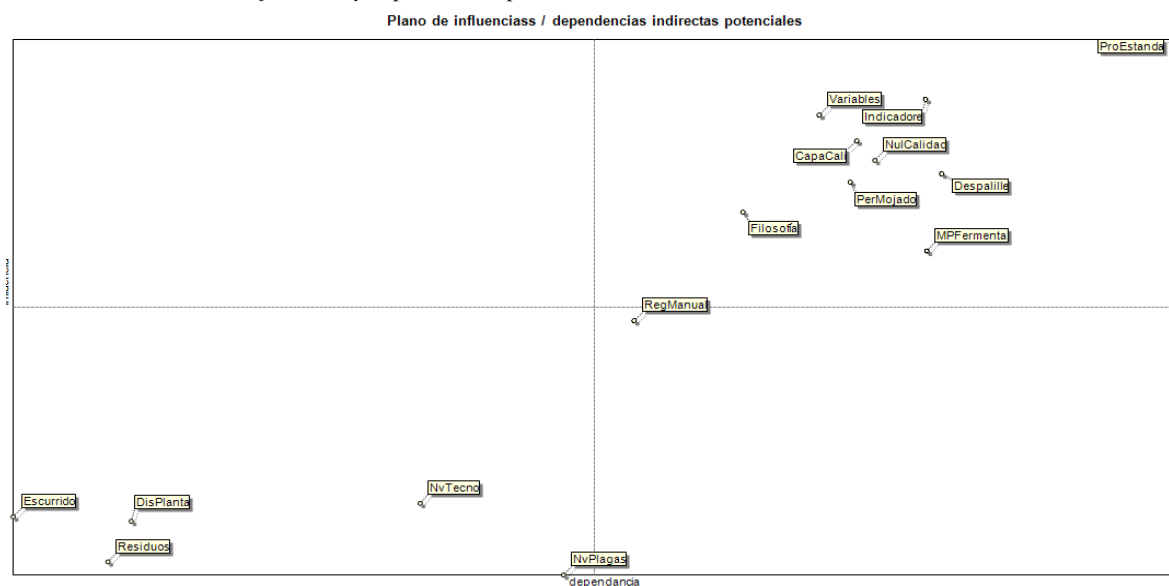


(Fuente: elaboración propia)

El gráfico de influencias potenciales determina en este caso las variables que mayores problemas pueden causar o ser sujetas a recibir problemas por influencias de otros, el gráfico muestra como los procesos no estandarizados afectan potencialmente el control sobre las variables ambientales, los indicadores de logro sobre el control de calidad, la integración del sistema de calidad en toda el área de pre industria; el gráfico también revela como estas variables influyen luego de manera posterior sobre la fermentación irregular dentro de los pilones, el mojado irregular del tabaco, la calidad de la materia prima dentro de despalille y sobre la aplicación de una filosofía de mejora continua.

Los resultados de las variables se representan en el plano de las influencias donde el eje de abscisas corresponde a la dependencia y el eje de ordenadas a la influencia. Donde el cuadrante superior derecho se colocan las variables que mayor relevancia tienen en el sistema.

Ilustración 19. Plano de influencias y dependencias potenciales



(Fuente: elaboración propia)

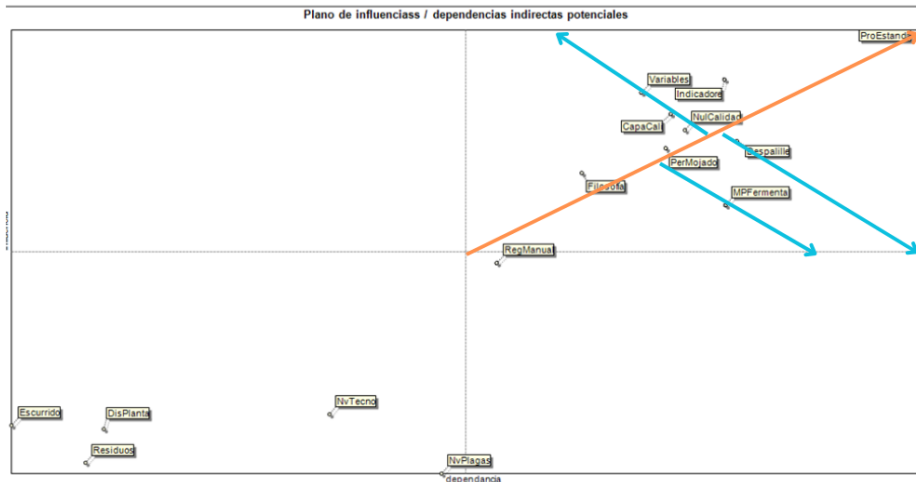
Dentro de los problemas encontrados en las variables del sistema de control de calidad se encuentran ocho variables prioritarias.

1. Procedimientos no estandarizados.
2. El sistema de control de calidad no tiene indicadores.
3. Falta de control sobre la temperatura y humedad del ambiente.
4. Nula integración del sistema de control de calidad.
5. Calidad en las hojas de despalille variable.
6. El personal no recibe capacitaciones sobre el control de calidad.
7. Materia prima con un fermentado no uniforme.
8. Ausencia de una filosofía de mejora continua.

Estas variables que se definieron como estratégicas se sistematizan en un contexto de causalidad. Estas condiciones se ordenan según las interrelaciones de causa y efecto, reduciendo las ocho variables de alta motricidad y dependencia a seis para mayor calidad en el análisis y desarrollo de soluciones en el sistema de control de calidad

Según (Hernández, 2011) el sistema se encuentra fuera de control debido a que las variables se distribuyen en el plano a través de una sola diagonal, agrupando múltiples variables problemáticas en el sector superior derecho, afectando la calidad resultante del producto.

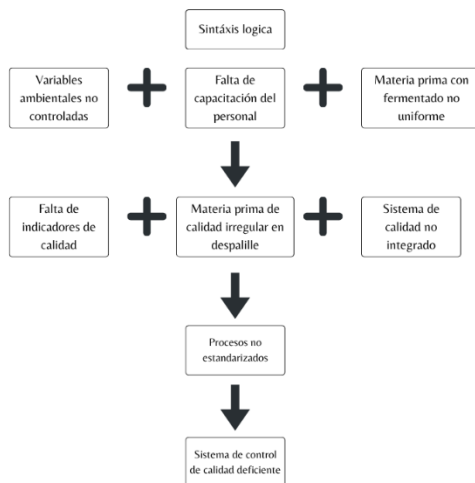
Ilustración 20. Definición de variables prioritarias



(Fuente: elaboración propia)

Para reducir el número de variables a trabajar entre las variables del plano de influencias se trazó una bisectriz y luego tres líneas perpendiculares para limitar las variables del estudio, resultando en el siguiente cuadro de sintaxis lógica.

Ilustración 21. Sintaxis lógica resultante



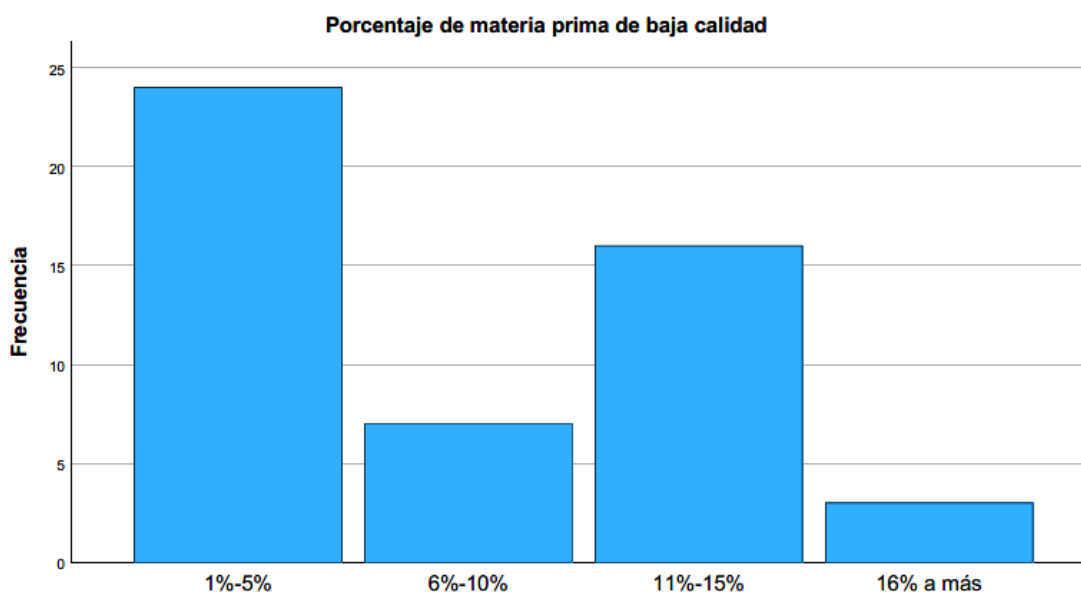
(Fuente: elaboración propia)

Por la sintaxis lógica inferimos que el poco control sobre las variables de producción y la falta de capacitación del personal genera que no se puedan desarrollar indicadores medibles en términos cuantitativos para prevenir posibles defectos en el proceso o en su defecto la corrección de los mismos, el cumulo de estas acciones generan una serie de procesos no estandarizados que impiden que exista un sistema de control de calidad integrado y por tanto un sistema de control de calidad deficiente.

### 11.2.3. Análisis de las encuestas realizadas en el área de despalille

Tomando en cuenta la sintaxis lógica anteriormente presentada, se planteó realizar encuestas orientadas a determinar cuál es la calidad resultante del proceso de fermentado y con ello entender el funcionamiento del proceso de fermentación, el porqué de su no uniformidad y entender minuciosamente que tipo de defectos pueden tener las hojas de tabaco; tomando en cuenta eso se realizaron cincuenta encuestas en el área de despalille debido a que es el área inmediatamente posterior al proceso de fermentado de pilón tripa y parte de pilón capa, donde las hojas son trabajadas una a una, por lo cual la consideración de los operarios que trabajan exhaustivamente la materia prima a diario es válida para considerar su opinión sobre la calidad de la materia prima y el sistema de control de calidad.

Ilustración 22. Porcentaje de materia prima de baja calidad



(Fuente: elaboración propia)

Para la primera parte del análisis en el gráfico de porcentaje de materia prima de baja calidad se observa que el 48% de los encuestados consideran que de su tarea diaria a despalillar o bandear se encuentra entre el 1% y el 5% es de baja calidad en términos meramente estructurales de la hoja (enfermedades fitosanitarias, hojas secas, exceso de picadura), es decir los aspectos de calidad organoléptica no fueron tomados en consideración; mientras que el 32% de los encuestados consideran que de su tarea diaria el porcentaje de baja calidad se encuentra entre el 11% y el 15%. Tomando en cuenta que el promedio de producción diario es de 25 libras por día según el 44% de los encuestados y el área de despalille consta de 274

colaboradores en la actualidad, se trabajan 6,850 libras diarias lo que equivaldría 31.07 quintales. Para determinar el número de defectuosos promedios a partir de las frecuencias de los datos se plantea lo siguiente.

Grupo	Porcentaje de encuestados	Porcentaje de defectos
A	48%	1%-5%
B	32%	11-15%
C	14%	6%-10%
D	6%	16%

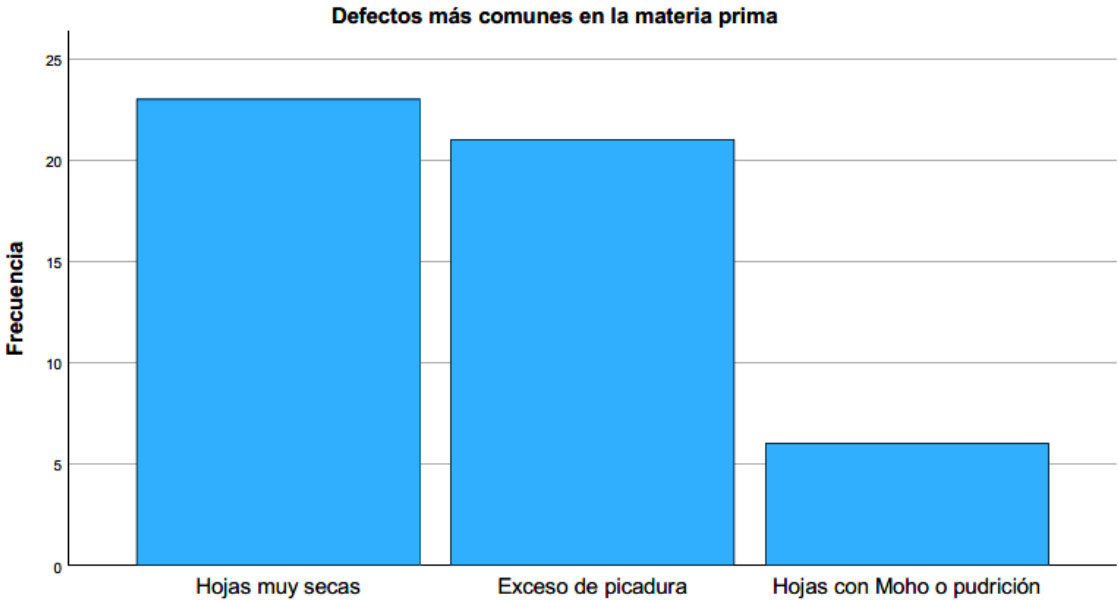
$$P_{defectos} = (0.48 \times 0.05) + (0.32 \times 0.15) + (0.14 \times 0.10) + (0.06 \times 0.16)$$

$$P_{defectos} = 0.0956$$

$$P_{defectos} = 9.56\%$$

lo que significa que el número de libras de no conformidad es de 654.86, considerando que las metodologías Lean Six Sigma tiene como objetivo llegar al 99.99996 %, el nivel de sigma tiene mucho margen de mejora, pero este punto se retomará en profundidad en el segundo objetivo.

Ilustración 23. Defectos más comunes en materia prima



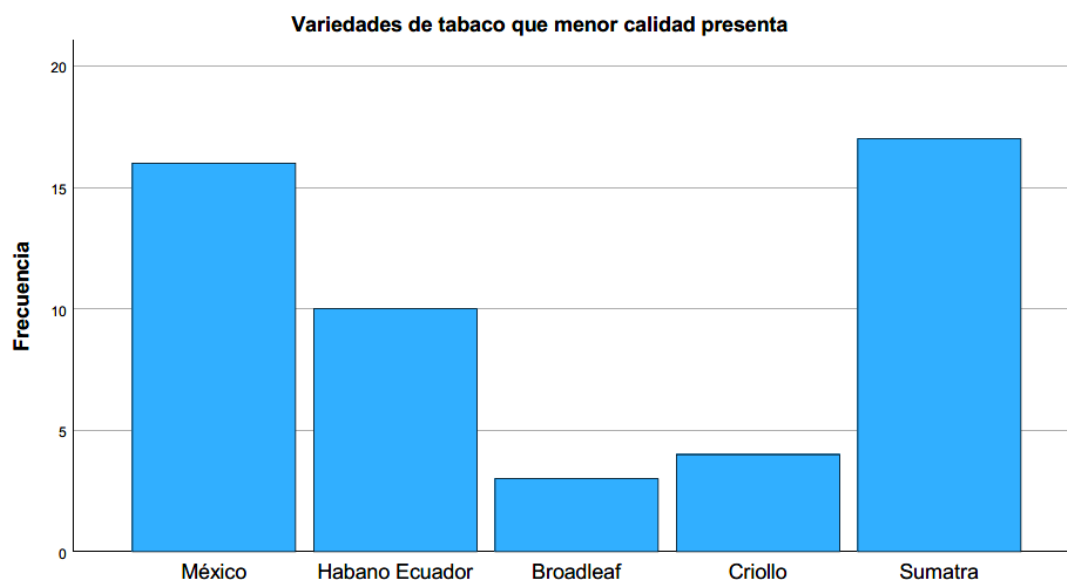
(Fuente: elaboración propia)

Con respecto a los defectos más comunes que se encuentran los operarios en la materia prima que trabajan el 46% respondió que las hojas muy secas tienden a dificultar sus tareas por la fragilidad de las hojas, haciendo más propenso el riesgo a dañarla, mientras que el otro 42% considera que el exceso de picadura es el defecto más común, mientras que solo el 12% encuentra hojas con moho o pudrición.

El que el defecto más común sea el de hoja excesivamente secas no es baladí, según el investigador Celio José Acuña Arauz, las hojas de tabaco antes de entrar al proceso de horneado donde se deshidratan el porcentaje de grasas o lípidos correspondientes a las hojas debe de ser de al menos el 15%, si el nivel de grasa es menor al iniciar el proceso de horneado las hojas tienden a volverse demasiado frágiles, pierden ductilidad, brillo y propiedades organolépticas agradables, pero las causas de que el nivel de grasa no sea correctamente medido se debe a que no se cuenta con una herramienta que permita medir el nivel de lípidos en las hojas, por lo que para regularla se utiliza la temperatura alta del pilón para que junto al tanino y los azúcares, se descompongan en elementos más pequeños para su fermentación, si las temperaturas altas durante el proceso supera los límites de 115 grados Fahrenheit, las partículas se reducen tanto que cuando el tabaco entra al proceso de horneado, las partículas se desnaturalizan, volviéndola una hoja seca, frágil, con un aroma tenue y un sabor insípido.

En relación a la cantidad de picadura que se genera, una de las razones por la que puede aumentar la picadura es el número de movimientos de virados que se realizan a un pilón, en muchas ocasiones el pilón se debe de virar, aunque la temperatura sea ideal porque en el proceso de la fermentación no está siendo uniforme, así que para homogenizar el proceso se realizan movimientos de virado inicialmente no planificados, esta manipulación constante de los pilones genera un maltrato sobre la materia prima aumentando el porcentaje de picadura del pilón.

Ilustración 24. Variables de tabaco que menor calidad presentan



(Fuente: elaboración propia)

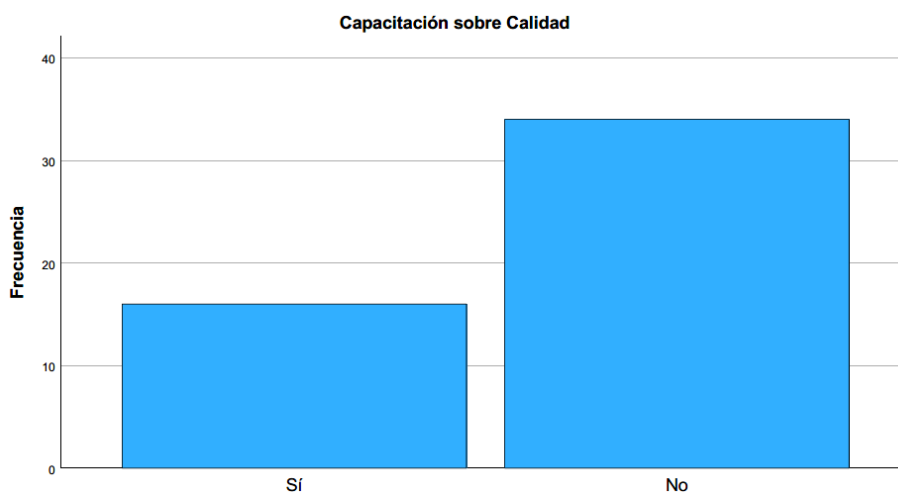
Para determinar si hay una correlación entre una variedad de tabaco específica y el porcentaje de defectuosos encontrados, se preguntó sobre la variedad que mayores defectos presenta en relación a otras variedades, la empresa trabaja con al menos diez y seis variedades de tabaco, pero con fines de generar información más relevante se escogieron las cinco variedades que más trabaja la empresa, dos de las variedades fueron de peciolo grueso (Broadleaf y México) y tres de peciolo delgado (sumatra, criollo y Habano ecuador), donde el 34% de los encuestados consideran que la variedad sumatra es la que mayor número de defectos presenta y el México representa un 32%, convirtiéndolas en las dos variedades que mayores problemas de calidad presentan, que coincidentemente son las mismas dos variedades que mayor dificultad presentan para los operarios para trabajarlas México con un 38% y sumatra con un 22%, es decir la calidad de la materia prima en el área de despalille dificulta la tarea del colaborar de aumentar su producción o de llegar a la meta propuesta por la empresa.

Sobre el porqué las variedades México y Sumatra son las que más defectos presentan, se pueden retrotraer a que son dos variedades completamente opuestas sobre el tratamiento de humedad y temperatura, la variedad México absorbe mayor humedad en relación al sumatra, no solo porque el peciolo es más grueso, sino porque contiene nervaduras más gruesas que cuentan con mayor expansión sobre la hoja, absorbiendo mucha agua y por tanto aumentando la temperatura interna del pión. La variedad sumatra en cambio tiene un peciolo delgado y

unas nervaduras más pequeñas, con una estructura más débil por ser una hoja más delgada, es decir si en el proceso de mojado se sobrepasa el límite de humedad, la estructura débil de la hoja se rompe formando picadura, de igual manera el tabaco sumatra tiene una menor cantidad de lípidos que otras variedades, por lo que, al someterse a altas temperaturas sin un control estricto, puede dejar al tabaco sin los suficientes lípidos para pasar el proceso de horneado funcione correctamente.

Entonces desde la perspectiva de los investigadores, consideran que las dos variedades que mayores defectos presentan son las variedades que están más propensas a bajar su calidad entre mayor sea su aproximamiento a los límites de temperatura y humedad permitido, significa que la falta de indicadores sobre los límites a las variables ambientales de producción genera un mayor porcentaje de error sobre la materia prima que es trasladada al área de despallile.

Ilustración 25. Capacitación del personal



(Fuente: elaboración propia)

En relación sobre el nivel de conocimiento de los colaboradores, se preguntó si en algún momento de laborar en la empresa han recibido una capacitación sobre calidad o control de calidad, el 68% de los encuestados respondió que no han recibido capacitaciones sobre calidad, el porcentaje es relevante porque el 40% de los encuestados tienen más de cinco años de laborar en la empresa, es decir que en un tiempo mínimo de cinco años una gran mayoría de los colaboradores consideran que no han recibido información sobre calidad o control de calidad.

Aún con ello el 66% de los encuestados consideran que existe un sistema de control de calidad, aunque no hay conciencia sobre ¿Qué mide?, ¿Cuáles son los parámetros?, ¿Qué se considera un tabaco de buena calidad?, por ello se puede inferir que existe una serie de directrices generales a los jefes de área, que no son trasladadas sobre los colaboradores que como explica (Deming, 1989) es un síntoma de poca cohesión del sistema de control de calidad, pues los actores del proceso productivo entienden que hay un sistema de control de calidad, pero no tienen manera de acceder a esta información, ni por medios escritos, ni por medios audiovisuales ni mediante capacitaciones, lo que transgrede uno de los valores principales de Lean Six Sigma que es la participación e inclusión de todas las personas que conforman la organización.

Se preguntó a los colaboradores si podría haber una mejora en el sistema de control de calidad, con lo cual el 64% de los encuestados respondió que sí, lo que no es una opinión baladí, pues como se discutió anteriormente los colaboradores no tienen conocimientos sobre los elementos a evaluar dentro de un sistema de control de calidad, por lo cual su único elemento de referencia (y más importante elemento según la opinión de los autores) es la calidad de la materia prima; por lo cual se debe de analizar en profundidad los procesos anteriores a despallir para determinar cuáles son los aspectos a mejorar dentro del sistema de control de calidad para disminuir el número de defectos en la materia prima.

### **11.3. Objetivo 2**

- En el siguiente apartado, se analizaron las operaciones de producción a partir de las herramientas de la metodología Lean Six Sigma (VSM, cartas de control estadístico y análisis de capacidad) evaluando las variables anteriormente determinadas en el análisis MicMac. Se realizó una recopilación de datos sobre el proceso a través de la entrevista, la guía de observación y un muestreo de variables ambientales (temperatura y humedad); con el propósito de cumplir el segundo objetivo de la investigación de analizar a través de las herramientas de análisis de Lean Six Sigma en las áreas de preindustria.

Para entender el comportamiento de las variables problemáticas en términos generales dentro del sistema de control de calidad, se optó por el mapeo de cadena de valor de calidad el QVSM, debido que sistematiza y separa los procesos de control de calidad, con lo cual a través de un QVSM se puede rastrear las variables determinadas dentro del análisis Mic Mac, a su vez se determina el origen concreto de los defectos encontrados en la materia prima expuestos en las encuestas sobre el área de despalille.

### ***11.3.1. QVSM***

#### **I. Preparación.**

La etapa de preparación del mapeo de cadena de valor consiste en delimitar el alcance del estudio, en el producto o familia de producto a analizar y es la etapa donde se recopilan los datos necesarios para aplicar la metodología.

Esta etapa consta de tres pasos, en primer lugar, se delimita la familia de productos o producto a analizar, el segundo paso consiste en identificar todos los procesos necesarios y contingentes de la cadena de suministro para la fabricación del producto seleccionado y el tercer paso es la etapa que define los objetivos en función en términos de calidad.

#### **1. Elección del producto o familia de producto.**

La empresa A.J. Fernández tiene más de 10 marcas diferentes en puros de tabaco, pero el tratamiento de preindustria de la materia prima es el mismo, por lo cual, para analizar el proceso se tomará las pacas de tabaco empacado listas para entrar en producción interna o venta como el producto finalizado, se delimitó de esta manera para focalizar el análisis en los procesos de calidad iniciales y tener una mayor confiabilidad de los datos obtenidos.

## 2. Obtención de información fundamental para el proceso.

Para la obtención de información relevante para el análisis como se expuso con anterioridad, se aplicaron instrumentos de recopilación de información como lo fueron las entrevistas, las encuestas y la guía de observación, todo el primer objetivo de la investigación fue dedicado a describir y sistematizar los datos obtenidos, por lo cual, para consultar la información relevante del proceso, revisar el objetivo uno del capítulo análisis y discusión de resultados.

## 3. Definición de los objetivos de calidad.

Para la definición de objetivos del QVSM se consultó la normativa ISO 9001-2015, sobre el apartado de objetivos de calidad y planificación para lograrlo, donde los objetivos deben de:

- Ser coherentes con la política de calidad.
- Ser medibles.
- Tener en cuenta los requisitos aplicables.
- Ser pertinentes para la conformidad de los productos y servicios y para el aumento de la satisfacción del cliente.
- Ser objeto de seguimiento.
- Comunicarse.
- Actualizarse, Según corresponda.

### Objetivos

Objetivo 1: Mejorar la recolección y registro de datos
Descripción: Cambiar el sistema de registro actual realizado de forma manual a un sistema digital de recolección de información, con un muestreo diario sobre las variables de producción como temperatura y humedad para mejorar la confiabilidad de los datos obtenidos y tener información actualizada sobre el comportamiento del sistema.
Indicadores: <ol style="list-style-type: none"><li>i. Porcentaje de registros realizados de forma manual en relación a los registros realizados de forma digital.</li><li>ii. Número de registros sobre las variables de producción completados durante los días hábiles de producción.</li></ol>

iii. Tiempo de retraso en la actualización de datos en el sistema
Meta: El 100% de los datos sobre las variables de producción son registradas y actualizadas en un sistema digital.
Objetivo 2: Reducción de defectos en los pilones
Descripción: Controlar las variables de producción de humedad y temperatura mediante los instrumentos de medición adecuados, realizar las técnicas de virado y mojado correctamente para mantener al pilón en las condiciones óptimas de fermentación, con la finalidad de reducir al mínimo los defectos de hojas secas, daño por picadura y enfermedades fitosanitarias.
Indicadores: <ul style="list-style-type: none"> <li>iv. Desviación estándar de la variable temperatura en <math>\pm 10</math> grados Fahrenheit</li> <li>v. Desviación estándar de la variable humedad en <math>\pm 5\%</math> de humedad</li> <li>vi. Pilones con el 95% de sus libras se encuentran en los parámetros de conformidad</li> </ul>
Meta: Reducir el número de libras de no conformidad a 5%
Objetivo 3: Optimizar métodos de detección de defectos
Descripción: Aumentar la eficiencia en la detección de defectos en los pilones, es decir con valores sobre humedad y temperatura fuera de los parámetros establecidos a través de la capacidad de reacción para aplicar medidas de corrección sobre los defectos.
Indicadores: <ul style="list-style-type: none"> <li>vii. Tiempo entre la detección del defecto y la corrección del mismo</li> <li>viii. Número de defectos detectados entre las diferentes partes del proceso</li> </ul>
Meta: Reducir los pilones que entren al reproceso de fermentación a un 3%

Tabla 4. Objetivos de la propuesta de sistema de calidad

(Fuente: elaboración propia)

## II. Análisis del flujo de valor de calidad

Para realizar un correcto análisis de flujo de valor se seleccionan los procesos más importantes que den valor al producto o servicio que se brinde, posteriormente se realiza una representación gráfica de los procesos en el cual se registra el flujo de materiales e información desde su inicio con los proveedores hasta el final del proceso con el consumidor,

con la diferencia que el VSM clásico mide los tiempos de ciclo, la mano de obra y detecta los cuellos de botella que se pueden generar en el proceso, mientras que el QVSM registra los procesos relacionados con la calidad o sistema de calidad, como las inspecciones que se realizan en las diferentes etapas del proceso, las etapas que mayor elementos de reproceso generan y otros procesos de misma índole. Para el proceso de inspección se utiliza un símbolo especial de tal manera que la inspección pueda incluirse en la representación del flujo de valor.

Para rellenar el recuadro de información sobre los procesos representados, se calculan los indicadores del sistema de control de calidad más relevantes para su posterior visualización del flujo de valor. Los indicadores importantes son el número de libras de tabaco inspeccionadas, el tipo y rango de la inspección de cada proceso y las características de la inspección.

Para analizar el proceso de inspección se analiza el muestreo del tabaco de rezago de capas y el área de despallille, y mediante este muestreo, se puede calcular la tasa de defectos por millón, para ello se utiliza la siguiente fórmula.

$$DPMO_N = \frac{\sum_{K=1}^{Num_{icm}} ND_{nk}}{PI_N \cdot Num_{icn}} \cdot 1,000,000$$

Uno de los elementos a representar en el QVSM son el número de defectos encontrados según la característica de calidad evaluada, para construir este elemento se utiliza el índice de capacidad del proceso, que es la calificación que obtiene un proceso de calidad en su capacidad de detectar fallos en el producto, cuando el índice del proceso es determinado se utiliza una escala de colores para representar cualitativamente el funcionamiento del proceso, en el cual verde si su funcionamiento es óptimo, amarillo si es sub óptimo y rojo si es deficiente.

El siguiente elemento a representar son los bucles de calidad, los bucles de calidad son cinco atributos calidad que se encuentran dentro de un proceso (la satisfacción del cliente, la calidad de las compras, la calidad en el diseño, la calidad en la producción y la participación de las personas), donde su repetición cíclica de cada etapa del proceso es lo constituye un correcto funcionamiento del sistema de calidad; los bucles de calidad se construyen a partir de las inspecciones que se realizan en los procesos, donde se vincula la inspección a partir de las

causas de los defectos. Cada bucle de control de calidad contiene un número (RPN) que son los números de riesgos prioritarios, que tienen por objetivo principal objetivo las causas de los defectos.

Para calcular el número de riesgos prioritarios se utiliza procedimiento de la metodología (FMEA) Análisis Modal de Fallos y Efectos, que es una herramienta que se utiliza para identificar los problemas o defectos que se generan en un proceso, con el fin de eliminarlo o de reducir al mínimo estos efectos que perjudiquen eventualmente al cliente final.

Según la etapa analizada se debe identificar los siguientes aspectos:

- Modo de fallo, que es la forma en que el fallo se presenta.
- Efecto, siendo la consecuencia una vez que se ha producido el modo de fallo.
- Causa, puede ser situación o incluso persona que ha ocasionado que el fallo se produzca.

Para determinar el nivel de impacto en el defecto se utiliza una escala de Likert simple del 1 al 10. En la tabla que se muestra a continuación se presenta los criterios de evaluación propuestos para este QVSM.

*Tabla 5. Criterios de evaluación de las fallas*

Gravedad	Criterio	Valor
Muy bajas repercusiones imperceptibles	No se espera que este fallo de baja importancia produzca algún efecto real sobre el objeto de estudio	1
Baja Repercusiones irrelevantes que son apenas imperceptibles	Si existe fallo ocasionaría un ligero inconveniente para el cliente. Es posible que se note un pequeño deterioro de su rendimiento sin ser de mayor importancia. Se puede remediar.	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	Existe un deterioro observable en el rendimiento del sistema, por lo que puede causar insatisfacción en el cliente.	4-6
Alta	El fallo puede llegar a ser crítico e inutilizar el sistema. Con ello el cliente tendrá un mayor grado de insatisfacción.	7-8

Muy alta	Fallo potencial muy crítico que produzca afectación en la seguridad del producto o proceso. Si el caso es muy grave se le puntuará con un valor de 10	9-10
----------	---	------

(Lema, 2019)

Una vez se han determinado los valores antes mencionados se realiza el cálculo de índice de Prioridad de Riesgos, que se calcula del producto de la frecuencia, gravedad y capacidad de detección a través de la siguiente ecuación:

$$IPR = \text{Frecuencia (F)} \times \text{Gravedad (G)} \times \text{capacidad de detección (D)}$$

En palabras de Benjamin Haefner “El índice de capacidad del proceso proporciona una referencia para la probabilidad de ocurrencia. Cuanto menor sea el índice de capacidad del proceso, mayor será la probabilidad de ocurrencia. Cuanto mayor sea la capacidad del proceso de inspección, mayor será la probabilidad de detección”, por lo cual el RPN es un valor de suma importancia para entender la eficacia y eficiencia de los bucles de calidad, no solo por la capacidad de detección de los problemas sino porque permite una delimitación de problemas prioritarios que permitan generar un plan de acción ordenado y de bajos costos en el largo plazo.

La evaluación del proceso se representa en el gráfico mediante una curva de defectos y una curva de costes de calidad por debajo del flujo de valor. Donde se evalúan los procesos que conforman el sistema de control de calidad en el cual por cada proceso de inspección se determina el número de defectos encontrados en el proceso para cada una de los aspectos o índices de calidad a evaluar y también el número de reprocesos que se genera, que a su vez se calcula el número de defectos reprocesados y para cada cliente calcula el número de defectos identificados del cliente.

Para realizar el cálculo de defectos por millón se tomaron los datos estadísticos recopilados por las encuestas y la información brindada por los jefes de área para aplicar la fórmula, iniciando con el número acumulados de defectos.

$$ND_{CUM} = \sum_{n=1}^{Num_{qi}} \sum_{k=1}^{Num_{icn}} ND_{nk} - \sum_{i=1}^{Num_{rp}} NR_i + \sum_{l=1}^{Num_c} NC_l$$

Donde cada variable significa:

- $ND_{CUM}$  = número acumulado de defectos.

- $Num_{qi}$  = número de procesos de inspección.
- $Num_{icn}$  = número de características inspeccionadas.
- $ND_{nk}$  = número de defectos detectados en todas las características y todos los procesos de inspección.
- $Num_{rp}$  = número de reprocesos.
- $NR_i$  = número de defectos eliminados.
- $Num_c$  = número de defectos reclamados por el cliente.
- $NC_i$  = número de defectos detectados por el cliente.

Para la recopilación de datos se tomó en cuenta las seis variables delimitadas en la sintaxis del proceso de MicMac, agrupadas en cuatro procesos de inspección para centrar el estudio en las variables que más afectan el proceso; se debe tener en cuenta que la empresa no cuenta con estos procesos de inspecciones bajo un sistema ordenado y uniforme que recopile y analice los datos, por lo cual no se puede realizar un análisis comparativo con datos históricos de la empresa.

- Recepción de materia prima: “Materia prima con un fermentado no uniforme”,
- Inspección de pilones: “Falta de control sobre la temperatura y humedad del ambiente”, “El sistema de control de calidad no tiene indicadores”.
- Inspección en despalille: “Calidad en las hojas de despalille variable”, “Procedimientos no estandarizados”.
- Inspección en paca: “Nula integración del sistema de control de calidad”

A continuación, se presentan los datos recopilados sobre las variables para el cálculo de partes por millón de la fórmula propuesta.

Tabla 6. Número de defectos por característica inspeccionada

Proceso	Característica de calidad	No de inspecciones	Defectos	Reprocesos	Clientes
Recepción de materia prima	Color	30	4		
	Temperatura	30	2		
	Humedad	30	11		
	Grasa	30	5		

	Textura	30	3		
	Plagas	30	3		
	Tamaño	30	5		
	Total		33		
Proceso de fermentado	Color	30	8		
	Temperatura	30	10		
	Humedad	30	8	4	
	Grasa	30	9		
	Textura	30	4	4	
	Moho	30	2	1	
	olor	30	5		
	Capacidad de combustión	30	2		
	Total		48	9	
Proceso de despallile	Sequedad	30	10		1
	Picadura	30	4		
	Pudrición	30	1		
	Moho	30	2		
	Total		17		1
Proceso de empaque	Peso	30	1		
	Dimensiones	30	6		
	Sellado	30	0		
	Total		7		

Variables	Valor
$Num_{qi}$	30
$Num_{icn}$	8
$Num_{rp}$	9
$NR_i$	6
$Num_c$	0
$NC_l$	0

Sustituyendo la fórmula de manera simplificada con los datos recopilados:

$$ND_{CUM} = 48 - 9$$

$$ND_{CUM} = 41 \text{ defectos acumulados por mes}$$

Se debe de tener en cuenta que una sola muestra puede tener múltiples defectos, por lo cual esta fórmula solo evalúa los defectos acumulados en la totalidad del pilón, teniendo en cuenta que no todos los criterios de calidad afectan en gran impacto al producto final.

Después de calcular el número de defectos acumulados, se procedió a calcular los defectos por millón utilizando la siguiente fórmula:

$$DPMO_N = \frac{ND_{cum}}{\sum_{n=1}^{Num_{q1}} (PI_N \cdot Num_{icn})} \cdot 1,000,000$$

Donde se realiza una multiplicación de la muestra inspeccionada por el número de criterios de calidad, separados en los cuatros procesos de inspección.

$$PI_N \cdot Num_{icn} = 30 \times 4$$

$$PI_N \cdot Num_{icn} = 120$$

$$\text{Proceso 1: } 30 \times 7 = 210$$

$$\text{Proceso 2: } 30 \times 8 = 240$$

$$\text{Proceso 3: } 30 \times 4 = 120$$

$$\text{Proceso 4: } 30 \times 3 = 90$$

De manera posterior se suman las ocasiones de defectos de forma acumulada:

$$120 + 210 = 330$$

$$330 + 240 = 570$$

$$570 + 120 = 690$$

$$690 + 90 = 780$$

$$DPMO_N = \frac{41}{780} \cdot 1,000$$

$$DPMO_N = 52.56$$

$$DPMO_N \approx 53$$

Por lo cual los cálculos revelan que la empresa por cada 1000 pilones trabajados 53 podrían presentar defectos de relevancia, lo que es igual a 5.3% en mil pilones trabajados, lo cual es un nivel de sigma no ideal que considera la excelencia en un 99.9996% de éxito en el proceso de producción, durante el proceso de recolección se detectó que las áreas que contienen las variables con mayor grado de influencia sobre la calidad del producto, son la recepción de materia prima y las áreas de fermentación de pilones

A continuación, se presentan los cálculos referidos al control de calidad, teniendo en cuenta que la empresa no cuenta con un departamento de calidad en el área de preindustria, los costos están referidos a los instrumentos de medición y las tareas de control de calidad de los jefes de área, por lo cual la fórmula recomendada por los autores para deducir el costo de calidad es:

$$QC = \sum_{n=1}^{Num_{pro}} PC_n + \sum_{i=1}^{Num_{qi}} IC_i + \sum_{j=1}^{Num_R} RC_j + \sum_{k=1}^{Num_S} SC_k + \sum_{l=1}^{Num_c} CC_l$$

Donde las variables significan:

- QC= costo de calidad.
- $Num_{pro}$ = número de procesos donde aplicas acciones de prevención.
- $PC_n$  = costes de prevención.
- $Num_{qi}$ = número de procesos de inspección.
- $IC_i$ = costes de inspección.
- $Num_R$ = número de procesos de reproceso.
- $RC_j$ = costes de reproceso.
- $Num_S$ = número de descartes.
- $SC_k$ = costes de descartes.
- $Num_c$ = número de clientes.
- $CC_l$ = costes por reclamaciones del cliente.

Tabla 7. Costos de control de calidad

Costos de control de calidad					
Procesos	Prevención	Inspección	Reproceso	Descarte	reclamación
Recepción de materia prima	4000 C\$	2700 C\$	0 C\$	8000 C\$	0 C\$
Proceso de fermentado	4000 C\$	8000 C\$	10000 C\$	0 C\$	0 C\$
Proceso de despalille	1000 C\$	1500 C\$	500 C\$	0 C\$	0 C\$
Proceso de empaque	0 C\$	0 C\$	0 C\$	0 C\$	1200 C\$
Total	9000 C\$	12200 C\$	10500 C\$	8000 C\$	1200 C\$

(Fuente: elaboración propia)

Sustituyendo los datos de la formula con los datos recopilados:

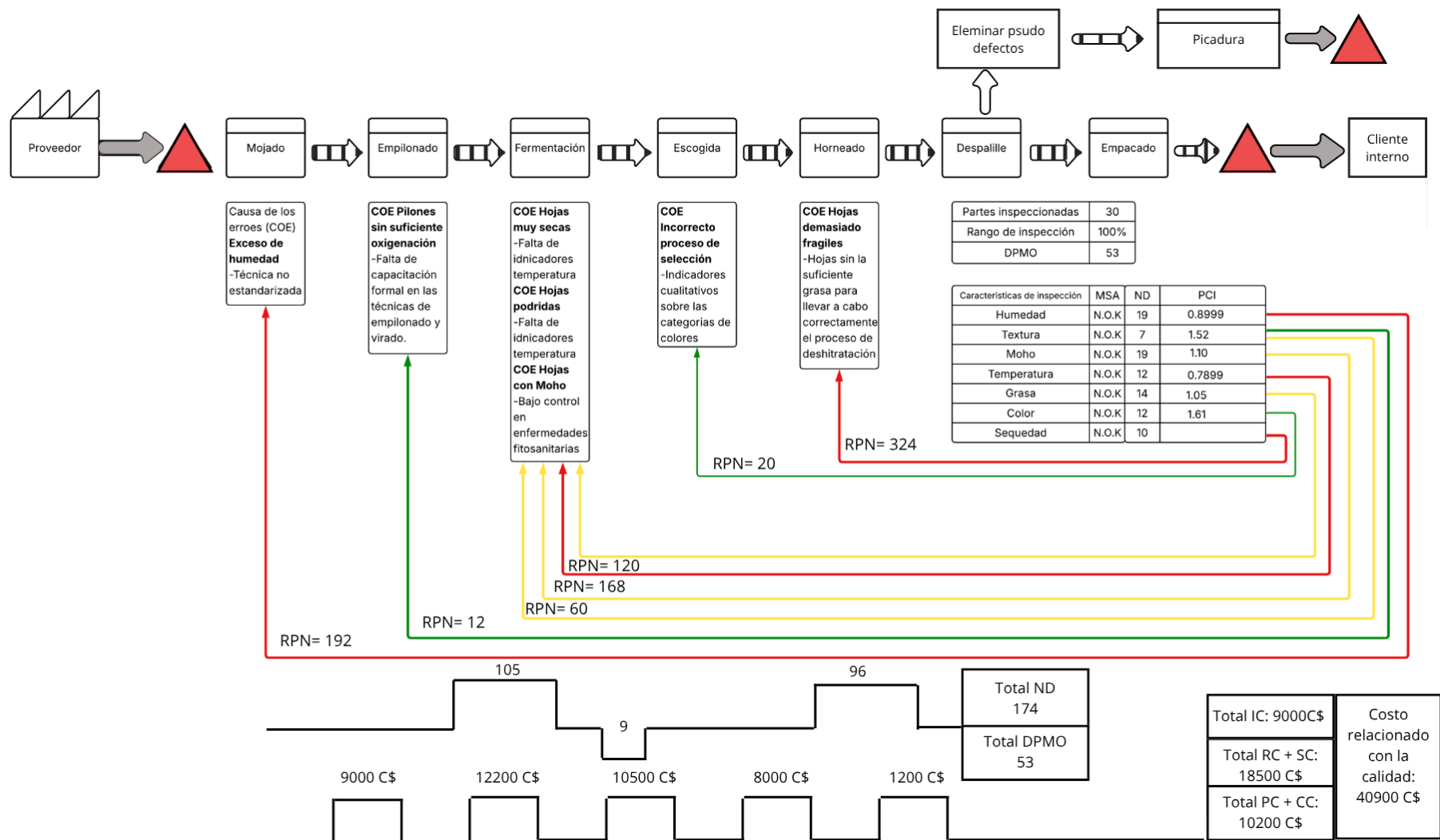
$$QC = 9000 + 12200 + 10500 + 8000 + 1200$$

$$QC = 40900$$

Los costos de calidad son relativamente bajos para las dimensiones de producción con los que cuenta A.J Fernández que produce más de 120,000 unidades de puros de tabaco diarios, también es notable que los costos de calidad están mayormente concentrado en los procesos de recepción de materia prima que es donde se realiza la inspección para cribar la compra la realizada y el proceso de fermentación que es donde el personal actúa para controlar la temperatura mediante termómetros en el área de pilón tripa, mientras que pilón capa no realiza estas labores por lo cual no se genera este coste adicional.

### III. Diseño de flujo de valor de calidad actual

Ilustración 26. Diseño flujo de valor actual



### 11.3.2. Análisis estadístico sobre el muestreo de humedad y temperatura

Con el propósito de analizar el comportamiento de las variables ambientales durante dos meses se realizó un muestreo de temperatura y humedad en trece pilones distribuidos en cinco pilones de pilón tripa y seis pilones de pilón capa, durante dos meses se realizó un muestreo de temperatura utilizando un termómetro en el interior de los pilones y para medir la humedad se utilizó un humectómetro.

A continuación, se presentan los resultados estadísticos que arrojaron los valores en cuatro tablas, dos de humedad y dos de temperatura, separados en las áreas de pilón tripa y pilón capa, para mantener el conjunto de datos estratificados con el propósito de realizar un correcto análisis del comportamiento de la información; las tablas se conforman de cuatro elementos, los datos del pilón que describe el número de pilón asignado por la empresa y su variedad, en el apartado de tendencia se central se calcularon los valores estadísticos básicos de Media, Mediana y Moda, en el apartado de dispersión se calculó la desviación estándar, la varianza y el rango; y por último en el apartado de forma de distribución se calculó las medidas Skewness y Kurtosis.

Tabla 8. Datos estadísticos de temperatura en pilón tripa

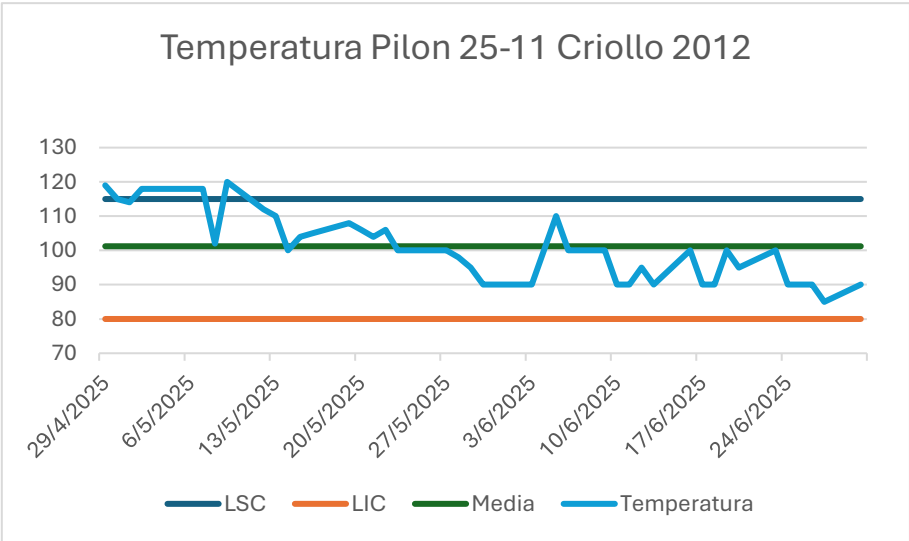
Datos estadísticos de temperatura pilón tripa									
Datos del pilón		Tendencia central			Dispersión			Forma de distribución	
No. de Pilón	Varieta d	Media	Medi ana	Mo da	Desv. Est.	Varian za	Ran go	Skewne ss	Kurtosis
25-5	Criollo-98	80	80	80	0	0	0	0	0
25-11	Criollo-2012	101.22 2222	100	90	10.063 1842	101.26 7677	35	0.39818 902	- 0.93766 0917
25-6	Criollo-98	80	80	80	0	0	0	0	0
25-13	Criollo 2012	93.488 8889	98	80	11.474 5216	131.66 4646	32	- 0.01722 3111	- 1.59461 4284
25-12	Criollo 2012	95.333 3333	95	10 0	11.030 9482	121.68 1818	34	0.11119 6123	- 1.19168 7662

(Fuente: elaboración propia)

El pilón 25-5 de variedad Criollo-98 presentó una temperatura media de 80°F, con una mediana y moda del mismo valor, esto debido a que es un pilón de tipo ligero así que su periodo de fermentación de 18 meses genera meses de reposo o fermentación sin intervención como el periodo presentado por este estudio, debido a la ausencia de valores que permitan el cálculo de una desviación estándar, el resto de medidas estadísticas no se aplicaron, por lo cual pocas o ninguna conclusión se puede extraer de esta muestra analizada.

El pilón 25-11 de la variedad Criollo-2012, presentó una media de temperatura de 101.22 °F con una mediana de 100 °F y una moda de 80 °F, la media indica que el proceso de fermentación se ha mantenido activo durante de los dos meses, debido a que 80 grados es el mínimo de temperatura para que los microorganismos se activen y 120 grados de temperatura es el rango máximo de temperatura para no llegar a podrir, resecar o activación de las enfermedades fúngicas como el moho azul; teniendo en cuenta la desviación estándar de 10.06 grados con respecto a la media, el pilón no ha sufrido muchos picos de temperatura que superen los límites propuestos, la media de Skewness es de 0.39818902 lo que significa que tiene una asimetría de datos positiva, inclinado hacia la cola de la derecha, por lo cual los datos son más aplanados así que los picos con respecto a la media están controlados, como indicia el valor de Kurtosis de -0.937660917 que son datos dispersos pero que cumplen con las especificaciones del sistema; se puede apreciar de manera ilustrativa el comportamiento de la variable a través del siguiente histograma:

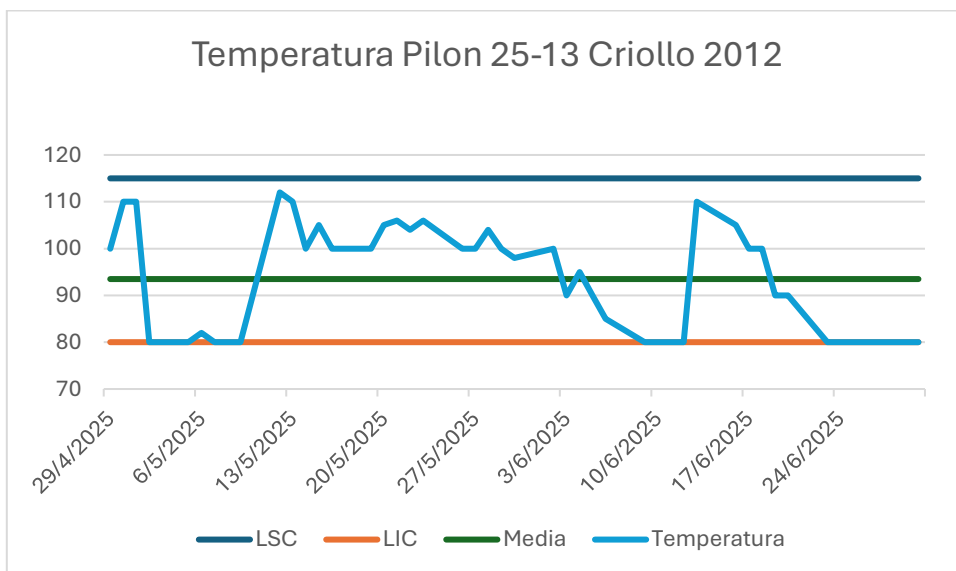
Ilustración 27. Gráfico de temperatura pilón 25-11



(Fuente: elaboración propia)

El pilón 25-13 de la variedad Criollo-2012 presentó una media de temperatura de 93.4 °F con una mediana de 98 °F y una moda de 80 °F, la media indica que el proceso de fermentación estuvo en los límites del sistema, con Skewness es de 0.017223111, que implica que la mediana, la moda y la media tienen valores muy similares entre sí, lo que implica que aunque existan picos entre ambos límites de temperaturas muy altas y muy bajas, la temperatura se ha regulado para que la fermentación se lleve a cabo controladamente, esto se ve respaldado en que presenta una Kurtosis de -1.594614284, donde los datos se encuentran más aplanados en un periodo extendido de tiempo en que se analizó la muestra, a continuación se presenta un histograma en el cual se aprecian tres picos donde, pero el resto de valores se comportan relativamente uniforme con respecto a la media.

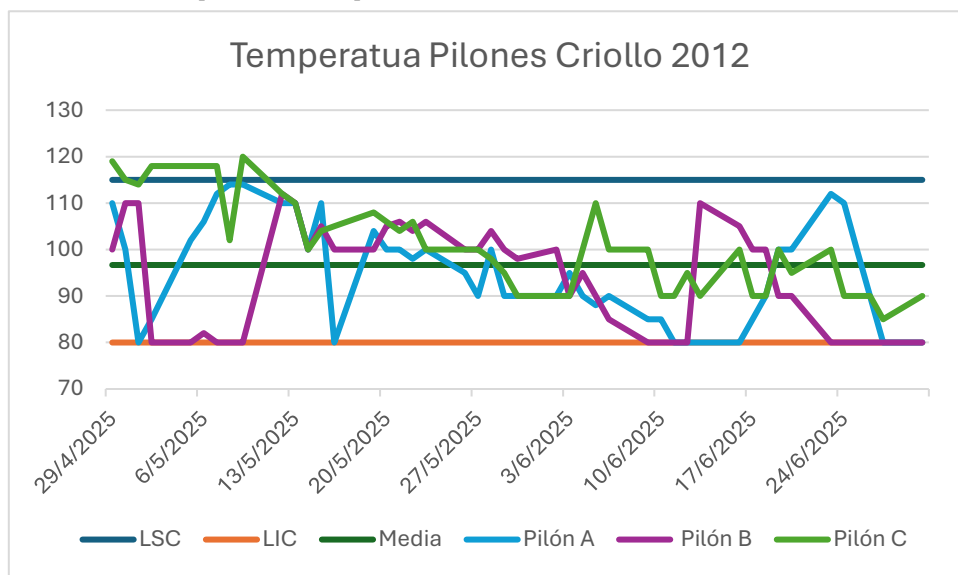
Ilustración 28. Gráfico de temperatura 25-13



(Fuente: elaboración propia)

El pilón 25-12 de Criollo 2012 tiene un comportamiento muy similar al pilón 25-13, con la diferencia que el Skewness 0.111196123, por lo cual los datos se agrupan menos con respecto a la media, debido a que los picos y caídas de la gráfica están más cerca de los límites, para comparar el comportamiento de los pilones, se agruparon los tres conjuntos de datos de temperatura ya que comparten el mismo tipo de variedad.

Ilustración 29. Comparación de temperatura variedad Criollo 2012



(Fuente: elaboración propia)

Como se aprecia en el gráfico los pilones a pesar de su variabilidad en ciertos picos del sistema se encuentran controlados, aunque el pilón 25-11 pasó una semana fuera del límite recomendado por la propia empresa sobre la temperatura adecuada que debe de tener, manteniendo picos por encima de 125 grados, lo que implica un riesgo de que la grasa de ese pilón haya disminuido en exceso con respecto a la necesaria para pasar al proceso de horneado, lo que generaría en el largo plazo el defecto de hojas secas expuesto con anterioridad cuando la materia prima pase al área de despallile.

A continuación, se presenta la tabla de humedad del área de pilones tripa.

Tabla 9. Datos estadísticos de humedad en pilón tripa

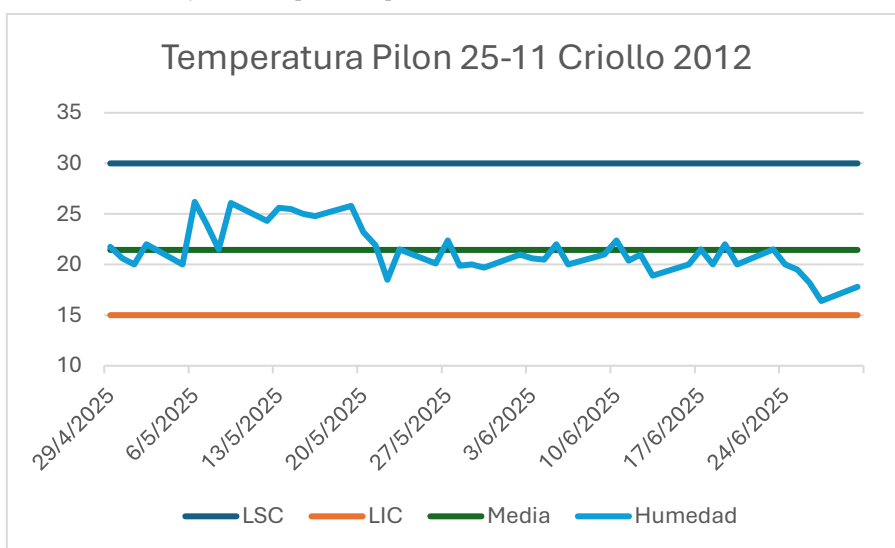
Datos estadísticos de humedad pilón tripa									
Datos del pilón		Tendencia central			Dispersión			Forma de distribución	
No de Pilón	Varieta d	Media	Medi ana	Mo da	Desv. Est.	Varian za	Ran go	Skewne ss	Kurtosis
25-5	Criollo-98	14.8235556	14.3	14.2	1.95689127	3.82942343	7.56	0.234426106	-0.934365271
25-11	Criollo-2012	21.446	21	20	2.32446905	5.40315636	9.8	0.492040395	-0.14872183

25-6	Criollo-98	17.143 5556	17.1	17. 4	1.1368 4803	1.2924 2343	4.3	0.34156 5843	- 0.61197 6236
25-13	Criollo 2012	22.253 3333	22.1	21. 2	1.9449 9357	3.783	7.3	0.38022 0882	- 0.58478 0734
25-12	Criollo 2012	22.665 3333	22.6	20	2.4005 6584	5.7627 1636	7.7	0.23214 6233	- 1.43729 0402

(Fuente: elaboración propia)

Para mantener un análisis congruente se seguirá el examen sobre los datos de los pilones de la variedad criollo 2012, el pilón 25-11 presentó una media de 21.44, una moda de 20 y mediana de 21, con una desviación estándar de 2.32, de un nivel de Skewness de 0.492040395 y un Kurtosis de -0.14872183, por lo cual son un conjunto de datos muy pocos dispersos, con sus medidas de tendencia central muy similares, por lo cual el comportamiento se ha mantenido continuo, pero cabe resaltar que aunque la humedad se encuentre ente los límites del sistema, la media es relativamente baja, por lo cual la ausencia de crestas pronunciadas durante los dos meses es indicio de que si durante los siguientes meses se siga con esta tendencia de datos, existe la posibilidad de que genere un incorrecto proceso de fermentado, retrasando el proceso de descomposición de azúcares y lípidos, generando combustión no uniforme y manteniendo un sabor amargo; a continuación se presentan el histograma que representa los datos.

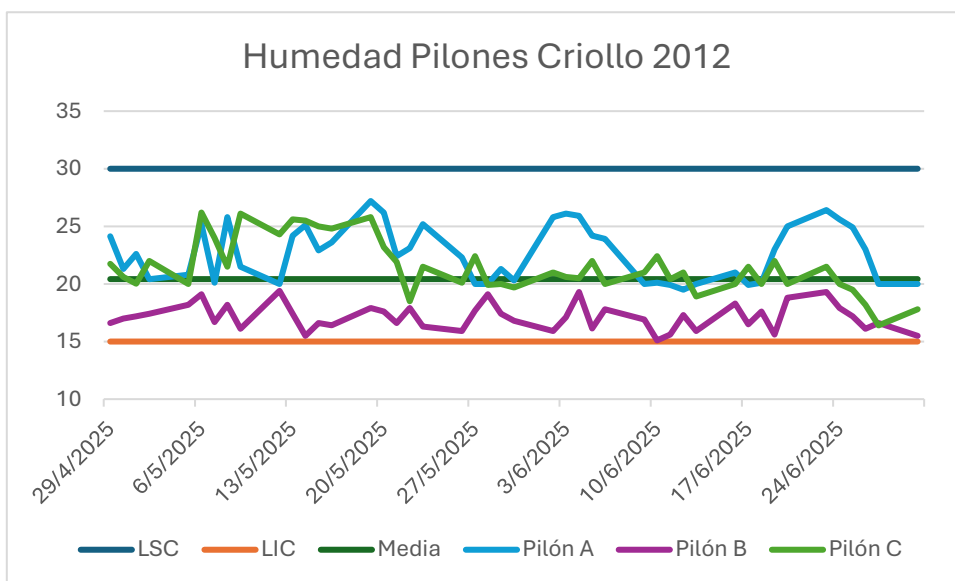
Ilustración 30. Gráfico de temperatura pilón 25-11



(Fuente: elaboración propia)

Debido a que el pilón 25-12 y el pilón 25-13 presentan características muy similares en su comportamiento con medias de 22.1 y 22.6, con una varianza entre 1 y 2, compartiendo muy poca variación en el resto de medidas, con la ligera diferencia en la Kurtosis que el pilón 25-12 presenta una de -1.437290402 y el pilón 25-13 de -0.584780734, lo cual implica una ligera diferencia de agrupamiento en los datos, pero en líneas generales siguen el mismo comportamiento; a continuación se presenta un histograma comparativo de la humedad en los tres pilones de variedad Criollo 2012.

Ilustración 31. Comparación de humedad en pilones criollo 2012



Como se puede observar en el grafico el pilón 21-11, tiene una humedad por debajo de la media del resto, lo que no implica un riesgo en sí sobre la calidad del pilón, pero si sobre la eficiencia en la que se está generando el fermentado, por lo cual a pesar de contar con fechas de empilonado similares y ser de la misma variedad, requerirán tiempos de fermentado distinto, modificando la técnica de mojado, aumentando la cantidad de agua para activar los microorganismos de las hojas de tabaco, estas variaciones de humedad en tres pilones de similar fecha de empilonado evidencia que el proceso no está estandarizado, por lo cual la variación podría afectar la uniformidad del proceso y la tendencia podría generar defectos en la calidad en características como color, capacidad de combustión y hojas con fermentación irregular.

A continuación, se presentan la tabla de medidas estadísticas de la variable temperatura en el área de pilón capa, donde cabe aclarar que los tiempos de fermentado son diferentes con un máximo de tres meses por lo cual se espera un comportamiento de los datos de manera distinta.

Tabla 10. Datos estadísticos de temperatura pilón capa

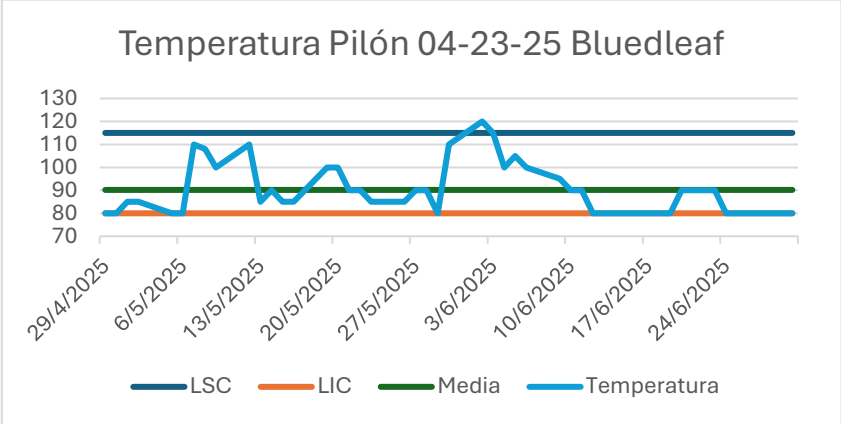
Datos estadísticos de temperatura pilón capa									
Datos del pilón		Tendencia central			Dispersión			Forma de distribución	
No de Pilón	Variedad	Media	Mediana	Moda	Desv. Est.	Varianza	Rango	Skewness	Kurtosis
04-23-25	Bluedleaf	90.1777778	85	80	11.2538658	126.649495	40	1.019756261	2.515505235
D03-02-25	Criollo 2016	79.1555556	80	80	4.07852221	16.6343434	20	-0.308762566	2.476578893
04-31-25	Habano AJ-79	83.0666667	80	80	6.62090354	43.8363636	34	1.590224061	2.515505235
04-30-25	Habano AJ-79	88.5555556	82	80	11.5178825	132.661616	46	1.159358064	0.365851326
02-38-25	Sumatra	92.5111111	90	80	13.284684	176.482828	40	0.646684674	3.207335398
04-24-25	Habano AJ-79	87.6222222	85	90	7.82562483	61.240404	30	1.36396394	1.704829847

(Fuente: elaboración propia)

El pilón 04-23-25 de variedad Bluedleaf con una media de 90.177, con una mediana de 85 y una moda de 80, con una alta desviación estándar de 11.25 grados, con una forma de distribución de Skewness de 1.019756261 y una distribución de Kurtosis 2.515505235, lo que significa que los datos presentan una asimetría positiva, con niveles de humedad más altos de lo normal y una distribución de datos normal, lo implica múltiples crestas, llegando una de ellas a superar el límite en un periodo de cuatro días, lo que significó un alto riesgo sobre la estructura de la hoja, debido a que las altas temperatura, reducen la elasticidad de la hoja, convirtiéndola en un potencial defecto posterior sobre el proceso de horneado, debido

a que el proceso es altamente volátil sobre infringir los límites de 120 grados sobre tres días prolongados; a continuación se presenta el histograma de comportamiento del pilón.

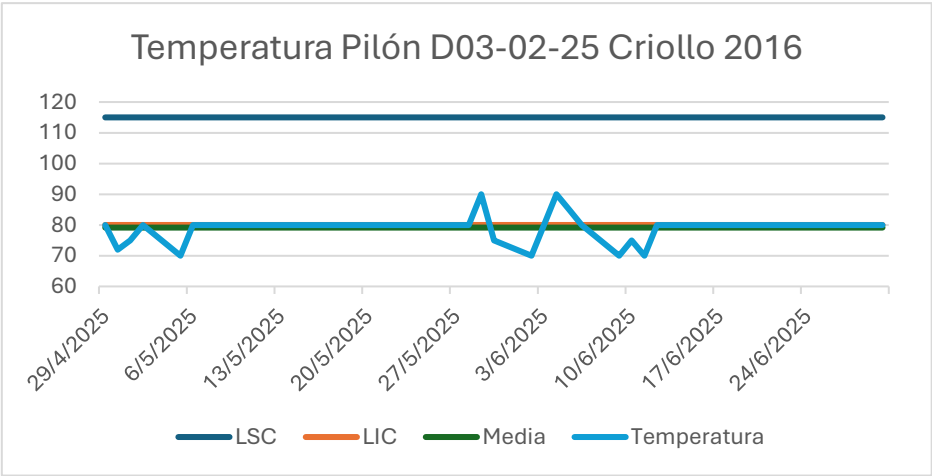
Ilustración 32. Gráfico de temperatura pilón 04-23-25



(Fuente: elaboración propia)

El pilón D03-02-25 de la variedad Criollo 2016, cuenta con una media de 79.15, con una mediana de 80 y una moda de 80, de una Skewness 0.308762566 con una Kurtosis de 2.476578893, lo que significa que los datos se aproximan a la media, pero la media es muy baja para el proceso de fermentación de dos meses, con relieves que caen por debajo de los límites de temperatura necesarios para la activación de los microorganismos por lo cual es un pilón que no está realizando un proceso de fermentación, de manera que se está invirtiendo costos de almacenamiento en elementos no productivos; a continuación se muestra un gráfico de histograma sobre su comportamiento.

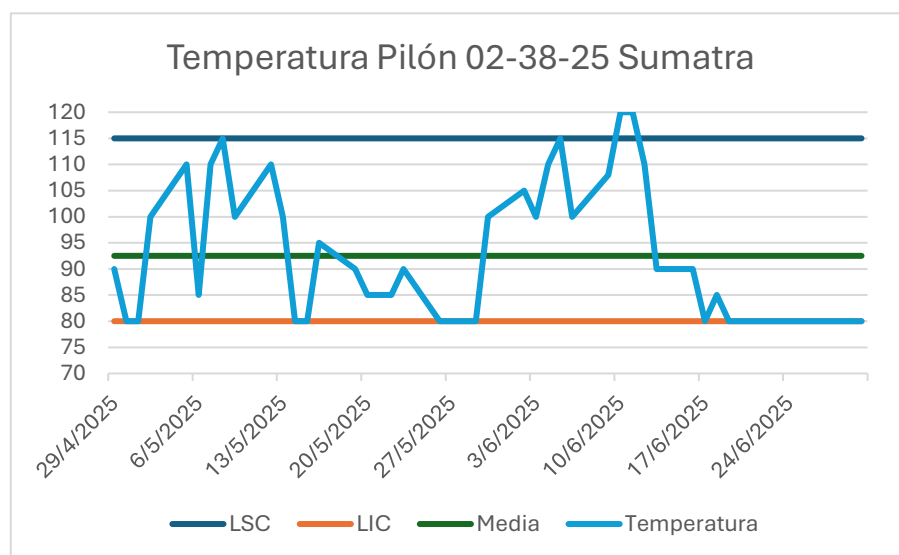
Ilustración 33. Gráfico de temperatura pilón D03-02-25



(Fuente: elaboración propia)

El pilón 02-38-25 de variedad sumatra, presentó una media de 92.51, una mediana de 90 y una moda de 80, la media es relativamente alta para el comportamiento que se espera de un pilón capa de peciolo delgado, que debería rondar entre los 85-89 grados, por otra parte, posee una desviación estándar demasiado alta llegando hasta un 13.284684, convirtiéndola en una un indicio alto de que el proceso no se encuentra correctamente regulado, esto se acentúa al presentar una kurtosis de 3.207335398, lo que implica que se generan picos muy agudos sobre el comportamiento de la temperatura lo que genera que el proceso de fermentado sea brusco y se debilite la estructura de la hoja, esto teniendo en cuenta que la variedad sumatra tiende a generar mayores defectos que otras variedades de tabaco entre más se acerque a los umbrales de límites inferiores y superiores, a continuación se presenta el histograma de comportamiento del pilón.

Ilustración 34. Gráfico de temperatura pilón 02-38-25

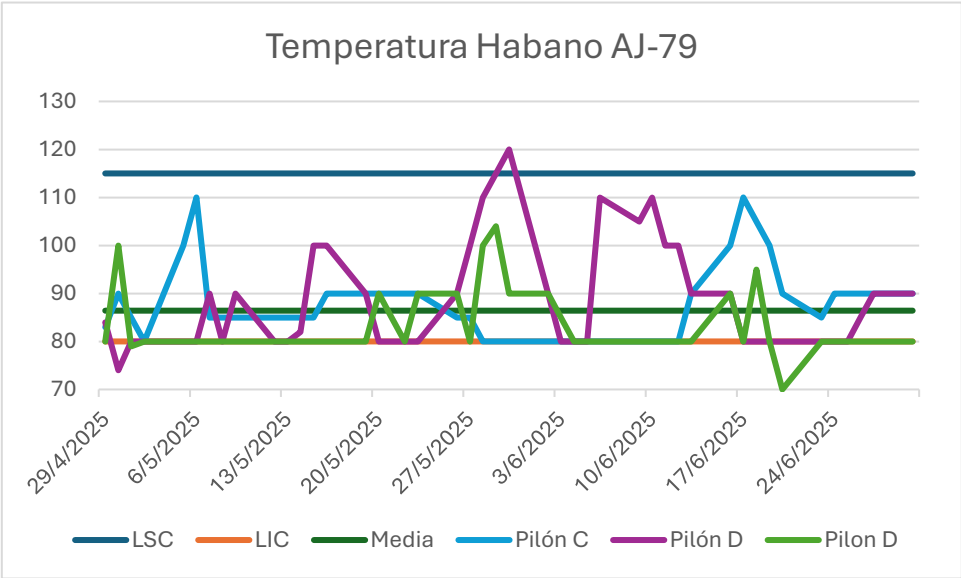


(Fuente: elaboración propia)

Para realizar los siguientes análisis de temperatura, se agruparon los datos de los pilones de la variedad AJ-79 con el propósito de entender las variaciones en el sistema para tratar la temperatura, en tres pilones del mismo corte, la misma variedad y pertenecientes al área de pilón capa; las medias de los pilones son de 83.0666667, 88.5555556 y 87.6222222, medias muy similares entre sí y en general con medidas de tendencias muy juntas entre sí como la moda y la mediana, lo que implica una estabilidad dentro del sistema, con una medida de Skewness muy similar que ronda entre el 1.1 y 1., lo que significa que tiene una simetría claramente marcada, que genera una tendencia a concentrarse cerca de la media con crestas

extremos, lo que significa que el funcionamiento interno dentro del sistema funciona, ya que no se acercan a los límites superiores así que la calidad no se encuentra comprometida, aunque si cuenta con relieves que caen por debajo de los límites inferiores, lo que implica que no está siendo óptimo el tratamiento de recursos y tiempo para el proceso de fermentado; esto confirmado con unas medidas positivas de Kurtosis que rondan entre el 1 y el 3, por lo que los datos tienden a estar concentrados cerca de la media, con algunos días extremos (que tienden a ser los días donde vira o moja para activar los microorganismos presentes en el tabaco); a continuación se presenta un histograma comparativo entre los tres pilones para observar la evaluación de la variable temperatura.

Ilustración 35. Gráfico de temperatura de los pilones Habano AJ-79



(Fuente: elaboración propia)

Como se aprecia fuera del pilón D que presenta crestas irregulares los pilones AJ-79 se encuentran regulados correctamente, aunque podría haber una mejora en la gestión de la temperatura para acelerar el proceso de fermentación en relación a como se lleva en la actualidad.

A continuación, se presentan los datos estadísticos obtenidos sobre la variable humedad en el área de pilones capa.

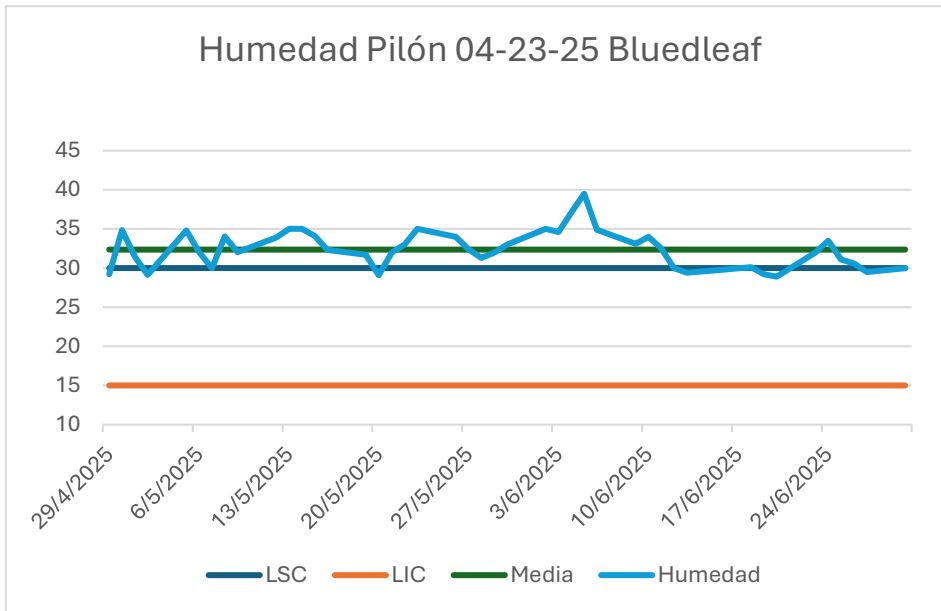
Tabla 11. Datos estadísticos de humedad pilón capa

Datos estadísticos de humedad pilón capa									
Datos del pilón		Tendencia central			Dispersión			Forma de distribución	
No de Pilón	Variedad	Media	Mediana	Moda	Desv. Est.	Varianza	Rango	Skewness	Kurtosis
04-23-25	Bluedleaf	32.357 5556	32.0 2	30	2.3966 2562	5.7438 1434	10. 6	0.54516 409	0.25432 7349
D03-02-25	Criollo 2016	16.727 5556	16.6	16. 2	2.9846 8299	8.9083 3253	12	0.44770 2087	- 0.15409 3892
04-31-25	Habano AJ-79	24.514 4444	24.3	30	3.5000 7244	12.250 5071	14. 1	0.52380 7159	- 0.16412 4364
04-30-25	Habano AJ-79	27.215 7778	27.4	30	3.8870 3585	15.109 0477	17. 8	- 0.14708 9669	0.04151 4377
02-38-25	Sumatra	29.896 8889	30.1	35. 1	5.0576 0266	25.579 3446	19. 04	- 0.35780 664	- 0.79579 9283
04-24-25	Habano AJ-79	28.395 6818	27.8	23. 5	4.0440 438	16.354 2902	18. 1	- 0.23758 745	1.09789 15

(Fuente: elaboración propia)

El pilón 04-23-25 de la variedad Bluedleaf presenta una media de Humedad de 32.35, con una mediana de 32.02 y una moda de 30, con una pequeña desviación estándar de 2.39, con datos de Skewness de 0.54516409 y una kurtosis de 0.254327349, ambas representan que los datos se encuentran muy cerca de las medidas de tendencia central, con muy pocos picos en el sistema, con el agravante de que la media es muy alta, superando los límites recomendados, por lo cual se encuentra fuera del sistema completamente; la variedad Bluedleaf es de peciolo grueso, lo cual implica que por naturaleza absorberá mayores cantidades de agua que el resto de variedades de tabaco, pero con niveles de humedad tan altos superando los límites de humedad recomendados en dos meses de prolongación compromete la calidad del pilón, aumentando las posibilidades de pudrición, desarrollo de moho, generación de picadura y pérdida en las propiedades organolépticas. A continuación, se presenta el histograma de control del pilón.

Ilustración 36. Gráfico de humedad de pilón.

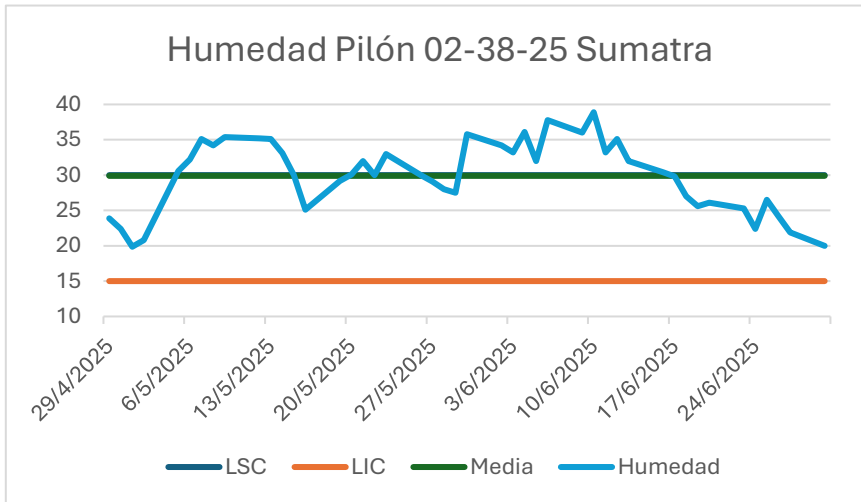


(Fuente: elaboración propia)

Como se puede apreciar el pilón supero los límites recomendados llegando a picos de hasta 40 grados de humedad, lo que compromete el adecuado proceso de fermentación.

El pilón 02-38-25 de variedad Sumatra, al igual que el bluedleaf, presentó una media de humedad demasiado alta, coincidiendo con el límite superior, siendo de 30, con la diferencia de que el sumatra tiene un peciolo mucho más delgado que el Bluedleaf, lo que significa, que los efectos de pudrición y moho aumentan mucho más, esto se confirma con las medidas Skewness  $-0.357806649$  y una medida Kurtosis de  $-0.795799283$  lo que significa que presenta un tipo de Kurtosis platicúrtica, o lo que es igual a que hay pocos valores extremos, que se encuentran variantes, pero cerca de la media, sin apenas relieves que caigan por debajo de la media, lo que implica un alto riesgo sobre la calidad del pilón; a continuación se presenta el histograma de comportamiento de la variable humedad.

Ilustración 37. Gráfico de humedad pilón 02-38-25

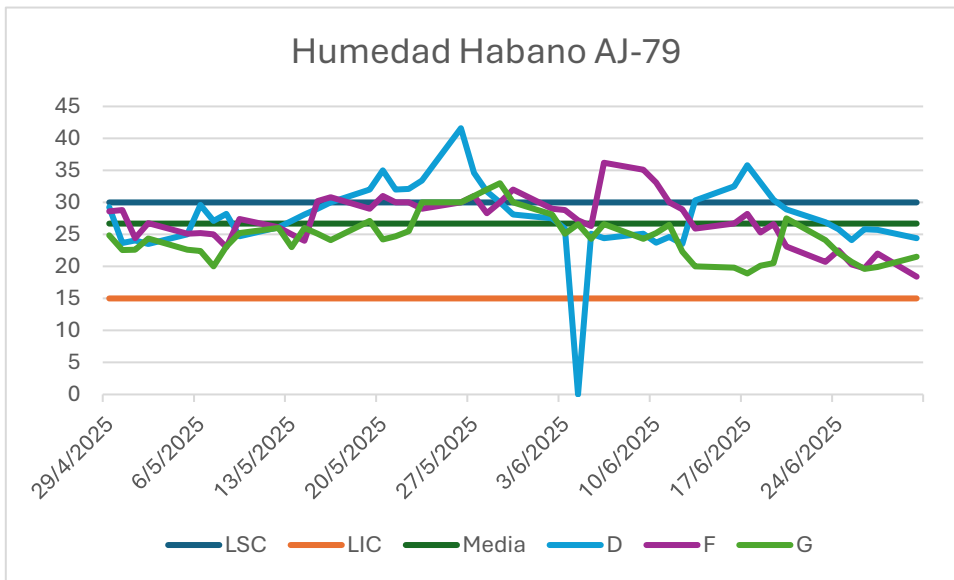


(Fuente: elaboración propia)

Siguiendo las dinámicas de análisis anteriores, las variedades de AJ-79 al compartir fechas de empilonado similares, pertenecer a la misma variedad y corresponder al área de pilón capa, se realizó un análisis de comportamiento de su variable humedad en el periodo de dos meses especificado.

Los pilones AJ-79 presentaron las medias de humedad de 24.3, 27.4 y 27.8, con desviaciones estándar que rondan los 3 y 4 grados, lo que implica muy poca variación respecto a la media, en relación a la agrupación de datos el pilón 04-31-25 y el pilón 04-30-25 cuentan con una asimetría muy baja ya que los valores se aproximan muy cerca de la media, con un Skewness 0.523807159 y -0.147089669 respectivamente; el pilón 04-31-25 presenta una kurtosis de -0.164124364 lo que significa que los datos están ligeramente dispersos, sin presentar crestas pronunciadas, la kurtosis del pilón 04-30-25 es de 0.041514377, lo que significa que los datos de humedad se agrupan de forma equilibrada alrededor de la media, mientras que la kurtosis del pilón de 04-24-25 es de 1.0978915, que implica que los picos o crestas de los datos son más pronunciados, donde a pesar de su proximidad a la media existen picos que podrían desequilibrar el sistema.

Ilustración 38. Gráfico comparativo de humedad de la variedad Habano AJ-79



(Fuente: elaboración propia)

Como se puede apreciar los datos presentan las características anteriormente descritas, los datos en general se agrupan a la media, aunque el pilón D presenta los picos más peligrosos para mantener la calidad del pilón, mientras que los pilones F y G, superan en pocas ocasiones el límite superior, por lo cual no se encuentran en tanto descontrol en relación al pilón D.

De los datos estadísticos presentados demuestran como muchos pilones en el periodo de dos meses trasgreden los límites sobre las variables de temperatura y humedad recomendados por la empresa, esto se atribuye a que no se lleva un control numérico sobre el registro de datos, por lo cual no se marcan indicadores que adviertan que el sistema se encuentra fuera de control, como lo fueron el caso de la variedad Sumatra y Bluedleaf, que presentaron problemas en ambas variables, por lo cual la calidad de estos pilones se ve puesta en riesgo.

#### 11.4. Objetivo No. 3

##### 11.4.1. QFD.

Para cumplir con el tercer objetivo de la investigación de “Elaborar un plan de mejora en el sistema de calidad a partir de la metodología Lean Six Sigma”, se realizó la primera etapa de la metodología la casa de la calidad orientada a determinar los atributos o requerimientos del

cliente desea o necesita, con el propósito de enmarcar el sistema de control de calidad bajo las necesidades diagnosticadas con anterioridad y explicitadas por los jefes de área.

Para la primera etapa se definieron los “Qué”, los requerimientos del cliente, en el cual se definieron los requerimientos del cliente, en el cual se ponderó los elementos de mayor importancia, siendo la fermentación estable es de mayor importancia con 14% de los requerimientos totales, pero, los demás requerimientos son de un porcentaje similar, donde la uniformidad del color, la capacidad de combustión, alertas del sistema y el asegurar el control fitosanitario que promedian un 10% de importancia, con lo cual se debe de balancear los esfuerzos sobre los requerimientos.

Ilustración 39. QUÉs Atributos del cliente

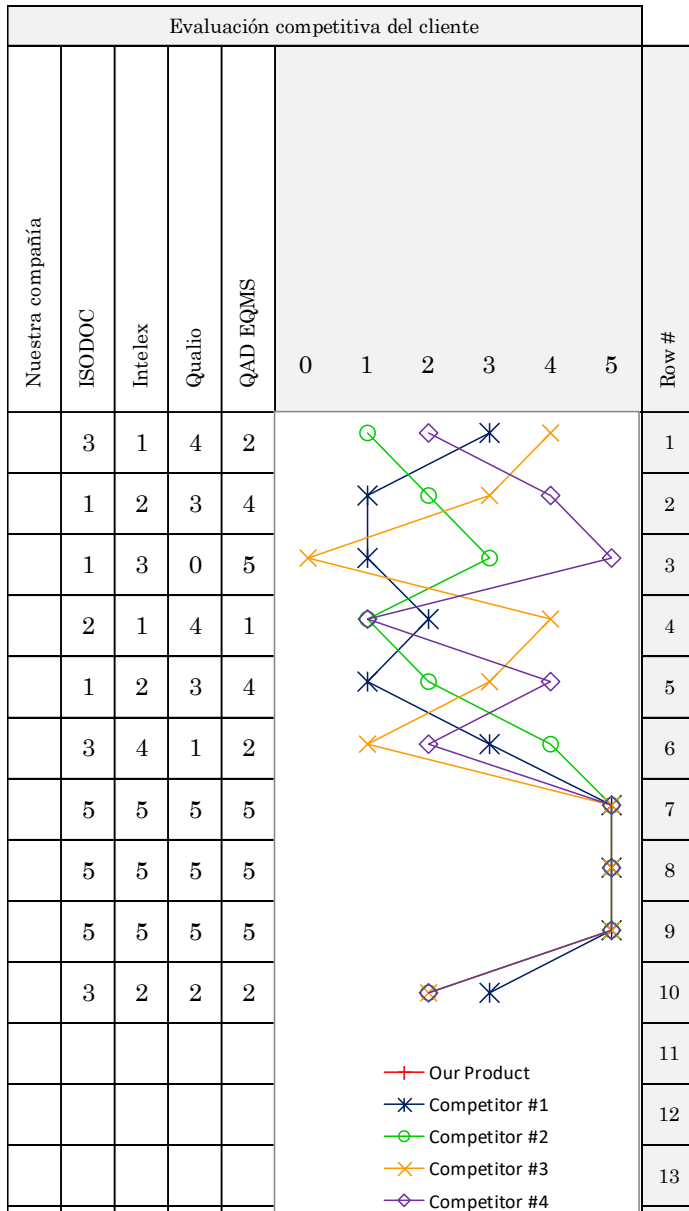
Row #	Tabla de pesos	Peso Relativo	Importancia del consumidor	Relación máxima	Columna #
					Dirección de mejora
					Requerimientos funcionales
					Requerimientos del cliente (Explicito e Implícito)
1	■ ■ ■ ■	10%	7	9	Uniformidad del color
2	■ ■ ■ ■	10%	7	9	Asegurar combustionalidad
3	■ ■ ■	9%	6	9	Asegurar constancia aroma
4	■ ■ ■	9%	6	9	Asegurar capacidad de rolado
5	■ ■ ■ ■	11%	8	9	Asegurar control fitosanitario
6	■ ■ ■ ■ ■	14%	10	9	Control estable de la fermentación
7	■ ■ ■	7%	5	9	Registro automatico de datos
8	■ ■	7%	5	9	Interfaz fácil
9	■ ■ ■ ■	10%	7	9	Alertas sobre el estado del sistema
10	■ ■ ■ ■ ■	13%	9	9	Adecuado al rubro

(Fuente: elaboración propia)

Como segundo apartado se realizó una evaluación de competitiva, para tener en cuenta como actúa la competencia en este caso de sistemas digitales de control de calidad, con el propósito de entender que elementos se deben de incorporar para el desarrollo del sistema, siendo los principales softwares de control de calidad ISODOC, Intelex, Qualio y QAD EQMS, con lo

Ilustración 40. Evaluación competitiva del cliente.

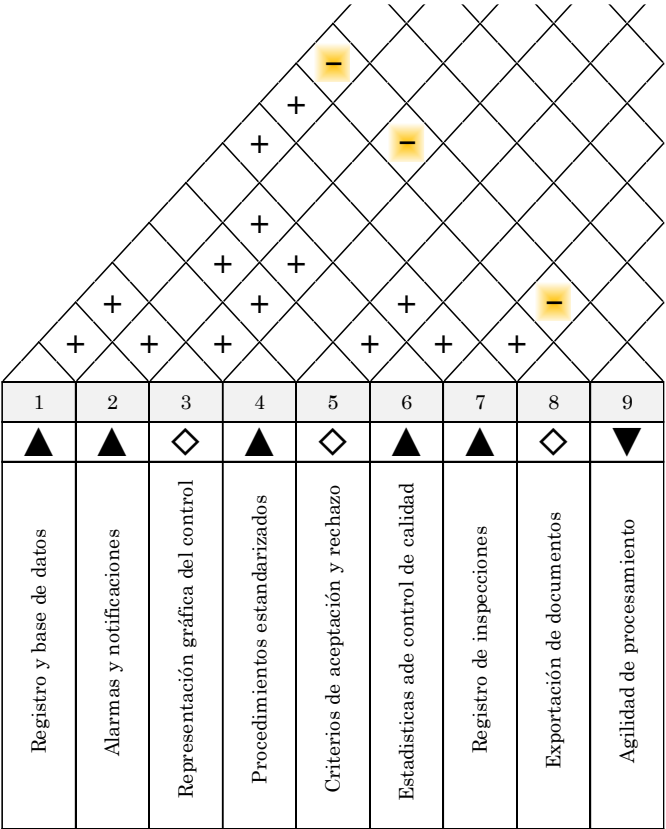
cual analizando los requerimientos del cliente y como estos softwares cumplen, se determina que son sistemas generales, que no responden inmediatamente a las necesidades del cliente.



Como tercera etapa se definen los elementos técnicos que debe de contar el sistema para satisfacer las necesidades detectadas y explicitadas, definiendo la dirección de mejora para entender los requerimientos a maximizar, minimizar o siendo neutros respecto a los requerimientos técnicos y con los “CÓMOs” establecidos se relacionó el tipo de relación

*Ilustración 41. Dirección de mejora*

entre los propios requerimientos técnicos definiendo la correlación positiva con un +, la correlación negativa con un - y la nula correlación con un espacio en blanco.



(Fuente: elaboración propia)

Como se aprecia en la ilustración 41, el registro de datos, los proceso estandarizados y las estadísticas de control de calidad son los requerimientos que mayor correlación tienen entre sí, pero la agilidad de procesamiento requiere muchos recursos de procesamiento por lo cual los formatos jpg, png, los gráficos cambiantes en tiempo real y los registros en base de datos, por cual la velocidad de procesamiento debe de disminuir en función de cumplir con el resto de requerimientos de la empresa.

El cuarto apartado está dedicado a la relación entre los requerimientos del cliente y las necesidades técnicas para cumplirlo, con el cual se forma una matriz en la que se definen si la relación es fuerte, moderada, débil o inexistente; de manera que se pueda entender que elementos requieren mayores recursos para cumplir con las necesidades de la empresa.

Ilustración 42. Matriz de relaciones

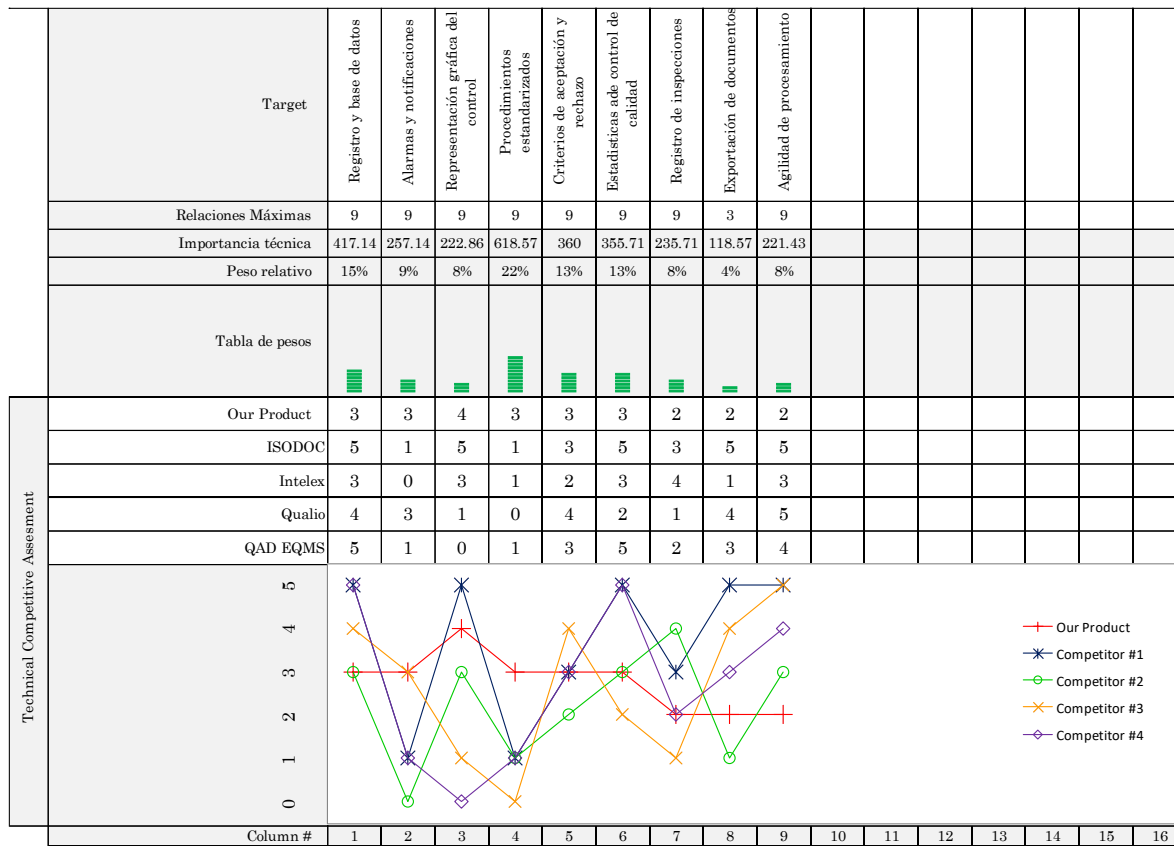
Requerimientos del cliente (Explicito e Implícito) \ Requerimientos funcionales	Registro y base de datos	Alarmas y notificaciones	Representación gráfica del control	Procedimientos estandarizados	Criterios de aceptación y rechazo	Estadísticas de control de calidad	Registro de inspecciones	Exportación de documentos	Agilidad de procesamiento
Uniformidad del color	○		○	●	●	●	○	▽	▽
Asegurar combustionalidad	▽	○		●	○	○	○	▽	▽
Asegurar constancia aroma	▽		○	●	○		○	▽	▽
Asegurar capacidad de rolado	▽		▽	●		○		▽	▽
Asegurar control fitosanitario	●	○		●	●	○	○	▽	▽
Control estable de la fermentación	●	○		●	○	○		▽	▽
Registro automático de datos	●	○	●	▽		○		○	●
Interfaz fácil	○		●	▽		○		○	●
Alertas sobre el estado del sistema	○	●	○		○	●			○
Adecuado al rubro	▽	○		○	○		●	▽	

(Fuente: elaboración propia)

Como se aprecia en la figura 42, los procesos estandarizados son los que mayor necesidad requiere, siendo congruente con las variables problemáticas detectadas en el análisis MicMac, con lo cual el sistema requiere estandarizar los procesos, poder registrarlos y entender estadísticamente cómo se comportan las variables que afectan la producción.

La cuarta etapa consiste en el planteamiento competitivo del sistema con respecto a otros sistemas de control de calidad del mercado, tomando los requerimientos técnicos y su grado de cumplimiento comparativo a la competencia.

Ilustración 43. Competitividad de requerimientos y benchmarking



(Fuente: elaboración propia)

Como se aprecia la evaluación del sistema desarrollado está en múltiples puntos por debajo de otros softwares, pero son softwares muy generales, aunque se pueden adaptar no están adaptados al rubro de tabaco, con lo cual el sistema propuesto cuenta con los puntos de requerimientos más necesarios para la empresa.

Ilustración 44. QFD aplicado al diseño del control de calidad

QFD: House of Quality

Proyecto: Sistema de control de calidad  
 Revisión: 15/11/202  
 Fecha: 10/11/202  
 5

**Correlaciones**

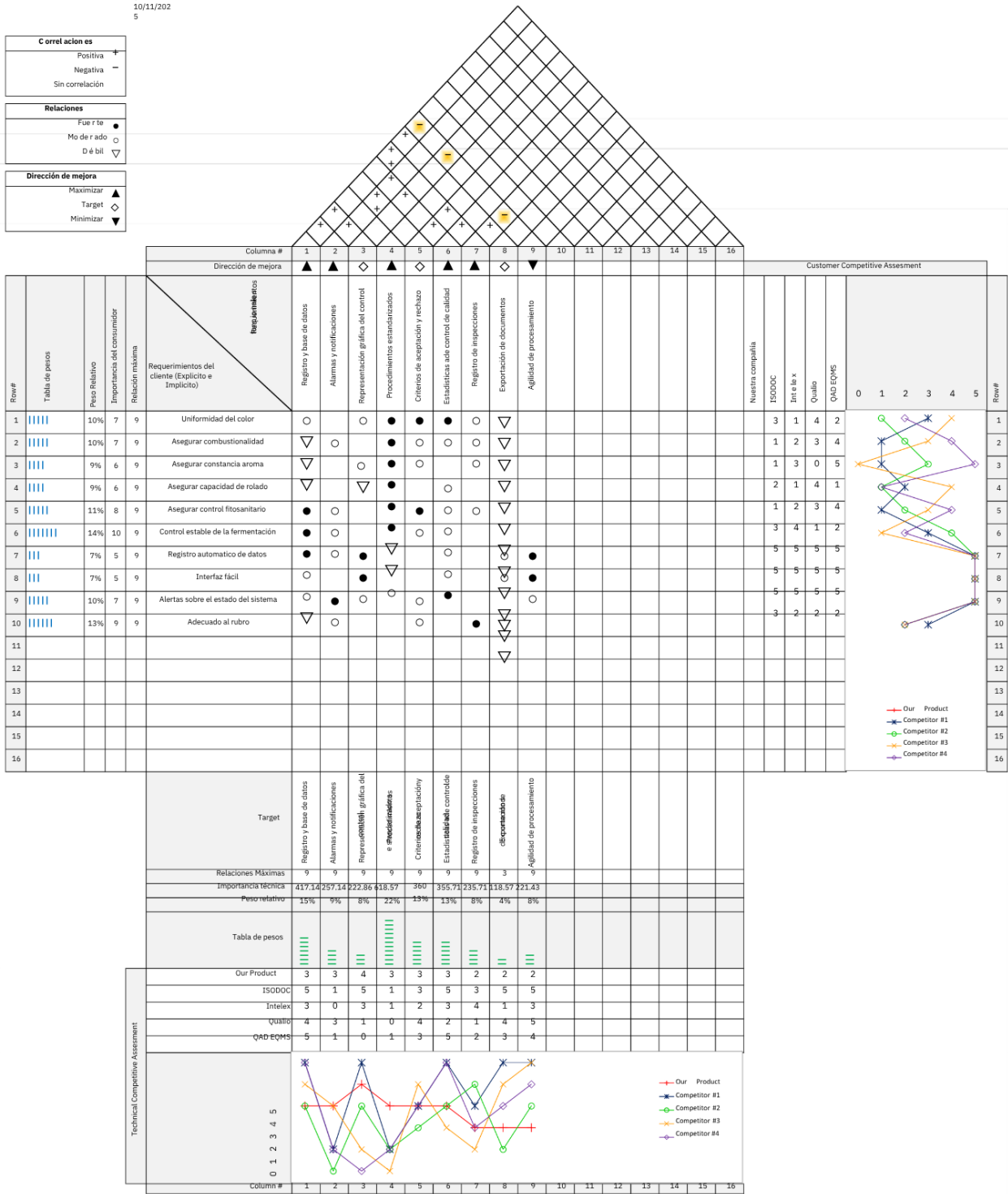
- Positiva +
- Negativa -
- Sin correlación

**Relaciones**

- Fuerte ●
- Mediano ○
- Débil ▽

**Dirección de mejora**

- Maximizar ▲
- Target ◇
- Minimizar ▼



(Fuente: elaboración propia)

### ***11.4.2. Sistema de control de calidad***

La propuesta de mejora sobre los procesos control de calidad siguiendo las indicaciones generales de la normativa ISO 9000, con el propósito seguir la estructura propuesta, incorporando las herramientas y pasos de la metodología de Lean Six Sigma.

Se optó por el diseño de un sistema de control de calidad con enfoque al sistema, debido que no se considera que el problema de control de calidad resida en las operaciones en sí mismas, sino el trabajo de monitoreo de análisis del comportamiento de las variables que afectan la calidad del producto.

#### **Alcance**

##### Política de calidad

La compañía A.J. Fernández está comprometida con cumplir con las exigencias y requerimientos del cliente, a través de la mejora continua de sus productos, servicios y el Sistema de control de calidad; el presente sistema aplica a las etapas del proceso productivo correspondiente al área de preindustria.

La empresa se compromete a ser responsables sobre las necesidades y requerimientos del cliente, proveer soluciones de ingeniería sostenible, utilizar eficiente y eficazmente los recursos de la empresa e identificar continuamente las oportunidades de mejora sobre el producto y el propio sistema de calidad.

El alcance del sistema incluye:

- Recepción de materia prima
- Fermentación de pilones tripa y capa
- Deshidratado
- Despalille
- Escogida
- Empacado

## Objetivos de calidad

Objetivo 1: Mejorar la recolección y registro de datos
Descripción: Cambiar el sistema de registro actual realizado de forma manual a un sistema digital de recolección de información, con un muestreo diario sobre las variables de producción como temperatura y humedad para mejorar la confiabilidad de los datos obtenidos y tener información actualizada sobre el comportamiento del sistema.
Indicadores: <ul style="list-style-type: none"><li>i. Porcentaje de registros realizados de forma manual en relación a los registros realizados de forma digital.</li><li>ii. Número de registros sobre las variables de producción completados durante los días hábiles de producción.</li><li>iii. Tiempo de retraso en la actualización de datos en el sistema</li></ul>
Meta: El 100% de los datos sobre las variables de producción son registradas y actualizadas en un sistema digital.
Objetivo 2: Reducción de defectos en los pilones
Descripción: Controlar las variables de producción de humedad y temperatura mediante los instrumentos de medición adecuados, realizar las técnicas de virado y mojado correctamente para mantener al pilón en las condiciones óptimas de fermentación, con la finalidad de reducir al mínimo los defectos de hojas secas, daño por picadura y enfermedades fitosanitarias.
Indicadores: <ul style="list-style-type: none"><li>iv. Desviación estándar de la variable temperatura en <math>\pm 10</math> grados Fahrenheit</li><li>v. Desviación estándar de la variable humedad en <math>\pm 5\%</math> de humedad</li><li>vi. Pilones con el 95% de sus libras se encuentran en los parámetros de conformidad</li></ul>
Meta: Reducir el número de libras de no conformidad a 5%
Objetivo 3: Optimizar métodos de detección de defectos
Descripción: Aumentar la eficiencia en la detección de defectos en los pilones, es decir con valores sobre humedad y temperatura fuera de los parámetros establecidos a través de la capacidad de reacción para aplicar medidas de corrección sobre los defectos.

Indicadores:
vii. Tiempo entre la detección del defecto y la corrección del mismo
viii. Número de defectos detectados entre las diferentes partes del proceso
Meta: Reducir los pilones que entren al reproceso de fermentación a un 3%

## **Introducción**

La presente propuesta de mejora de control de calidad tiene el propósito de ejecutar y llevar a cabo los procesos de producción dentro de un sistema de control de calidad, reuniendo los procedimientos que describan el sistema de calidad, defina las autoridades y responsables dentro del sistema y presente información a clientes y proveedores sobre los procesos de control de calidad que la empresa utiliza; cumplan con los requisitos normativos nacionales y los requerimientos de los clientes.

El presente sistema siguió las directrices de la normativa internacional ISO 9001:2015, siguiendo sus acápites, pero se utilizó la metodología Lean Six Sigma para diseñar los procesos de control de calidad internos.

Los procedimientos descritos se dividen en ocho segmentos siguiendo la organización por secciones de la norma ISO 9001:2000. Las secciones se dividen en alcance, documentos referenciales, procesos del sistema de control de calidad, responsables del sistema, responsables de recursos, control del proceso y evaluación del desempeño. Cada segmento define las políticas generales y los principios básicos del proceso del sistema de calidad, resume las responsabilidades, los métodos de inspección, los procedimientos operativos y formatos de recolección de datos.

## **Aplicación**

El sistema de gestión de calidad se aplica a los procesos productivos que integran el área de preindustria, el sistema se actualizará en función de los requerimientos del cliente aprobados por la entidad o las políticas gubernamentales aplicables al rubro o metodología de producción. Los procesos descritos a continuación no podrán modificarse, o eliminarse sin la intervención de la directiva responsable de los procesos de producción y el control de calidad de la empresa matriz A.J. Fernández

## **Documentación de referencia**

- ISO 9001: 2015
- ISO 9000: 2015
- Design for Six Sigma (Kai Yang)
- Gestión de la Calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas (César Camisón)
- Calidad total y productividad (Humberto Gutiérrez pulido)
- INTE/ISO 2859-1:2017

## **Contexto de la organización**

La empresa A.J. Fernández es una empresa dedicada al rubro tabacalero, teniendo como actividad principal la producción de puros de lujo y la venta de tabaco fermentado hacia otras tabacaleras locales. La empresa se fundó en el año 2008 en la ciudad de Estelí, Nicaragua. En los próximos años la empresa tuvo crecimiento acelerado junto con el resto

La empresa A.J. Fernández produce puros de tabaco dentro de un mercado de lujo, compitiendo a nivel internacional con estándares de calidad elevados, por ello los CTQ (Critical To Quality) que se encuentran concentrados en el área de preindustria tienen mayor relevancia para el proceso productivo; la gestión adecuada de las variables críticas como humedad, temperatura y tiempo de fermentación adquieren mayor relevancia dentro del proceso pues aseguran la calidad de los aspectos de mayor relevancia para el cliente.

## **Partes interesadas**

- Clientes
- Proveedores
- Colaboradores
- Autoridades de regulación nacional

## **Sistema de control de calidad**

Procesos del Sistema de Gestión de la Calidad

El Sistema de Gestión de la Calidad está diseñado a partir del conjunto de procesos y subprocesos que se integran en diferentes estratos de acción de las actividades productivas.

Todas las actividades principales que abordan el sistema de calidad se encuentran concentradas en cuatro categorías que son:

- Procesos de realización del producto (PRP): son todos los procesos operativos principales y secundarios que se ejecutan para la elaboración de las pacas de tabaco que contienen las hojas de los pilones completamente fermentados.
- Procesos de medición, análisis y mejora (MAM): son los procesos de medición y recopilación de datos sobre las variables que conforman el proceso productivo, con especial énfasis en las variables que mayor influencia generan sobre la calidad del tabaco.
- Procesos de responsabilidad de la dirección (PRD): son los procesos que definen la estrategia y cultura responsable sobre la gestión de calidad en el área de preindustria.
- Procesos de gestión de recursos (PGR): son los procesos que definen la materia prima necesaria para la elaboración del producto y la cantidad necesaria para responder a la demanda del cliente.

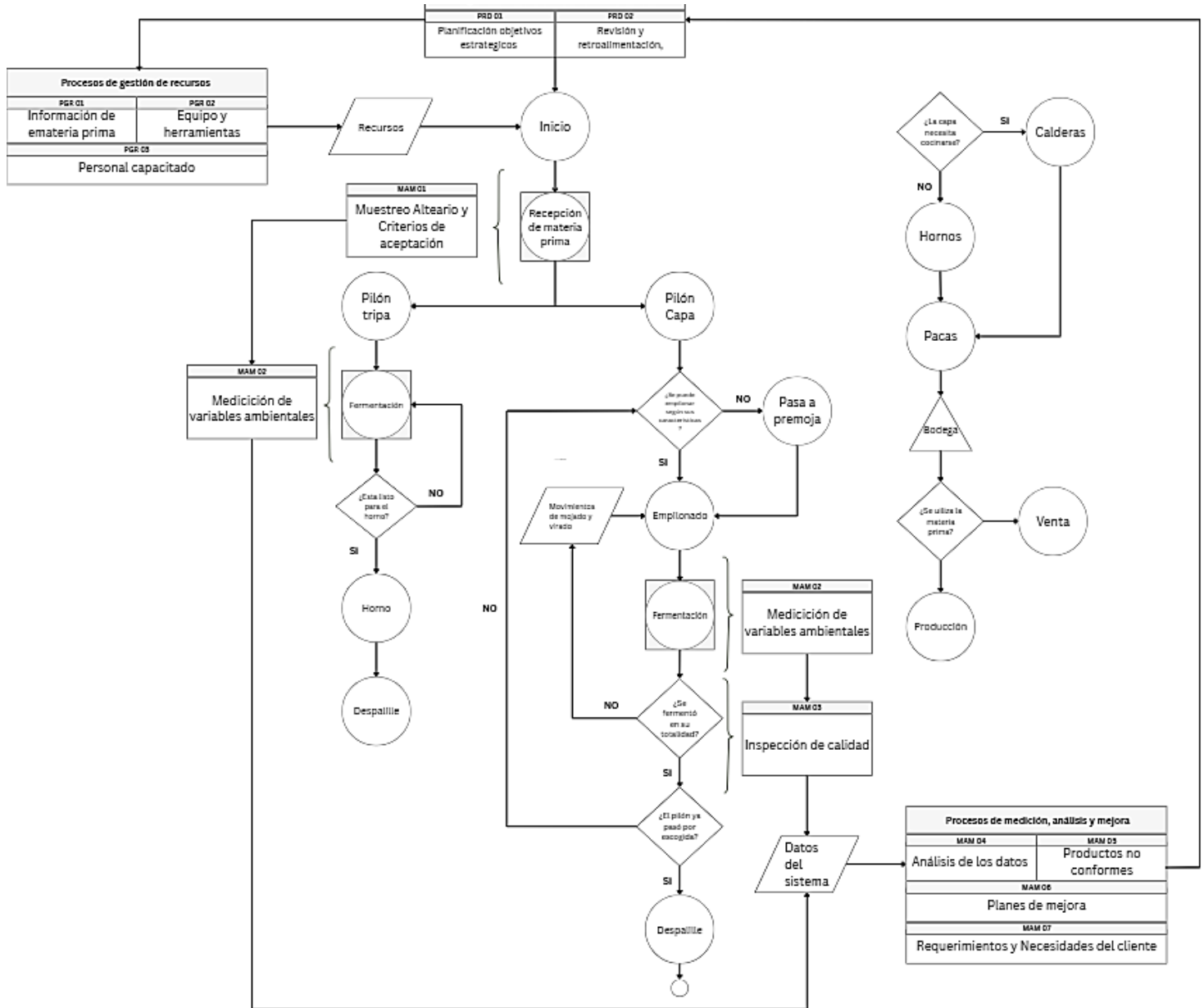
Estos procesos se organizan en un ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) bajo la metodología Lean Six Sigma.

La relación y funcionamiento de los cuatro tipos de procesos de calidad, se ilustran en el diagrama del mapa de procesos del sistema de control de calidad. La matriz de procesos describe las actividades estandarizadas de cada proceso y subproceso que conforman las categorías de funcionamiento del área de preindustria, esta documentación define la secuencia e interacción de las actividades y aplicarlos en toda la organización.

La documentación del sistema también define los criterios e indicadores sobre los procedimientos necesarios para garantizar la correcta operación y el control de los procesos. Esto incluye la designación de responsabilidades y recursos para el proceso, las instrucciones sobre cómo realizar las operaciones y la definición de métodos o pruebas para garantizar la calidad previa y posterior a la ejecución del proceso.

## Diagramas de procesos de control de calidad

Ilustración 45. Diagrama de procesos de control de calidad



(Fuente: elaboración propia)

## Matriz de Sistema de control de calidad

<b>Procesos de responsabilidad de la dirección 01 – Planificación de objetivos estratégicos</b>	
Propósito	Planificar objetivos de control de calidad que integren a todas las áreas que conforman preindustria.
Responsable	Jefes de control de calidad.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar objetivos de control de calidad que cubran las necesidades de mayor prioridad del proceso.</li> <li>• Se deben aplicar las herramientas de construcción de objetivos de la metodología Lean Six Sigma.</li> <li>• Los objetivos deben de planearse en el corto, medio y largo plazo, según las necesidades de la empresa.</li> </ul>
Recursos	
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de planificación estratégica</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de los objetivos estratégicos en un 90% según el periodo acordado.</li> </ul>
Documentos aplicables	ISO 9001: 2015

<b>Procesos de responsabilidad de la dirección 02 – Revisión y retroalimentación</b>	
Propósito	Revisar lo datos obtenidos durante los procesos de recolección y análisis de datos, con el propósito de evaluar el sistema de control de calidad y mejorar el proceso.
Responsable	Jefes de control de calidad.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión que los indicadores se alineen con los objetivos estratégicos de la empresa.</li> <li>• Auditorías internas de evaluación sobre el sistema de control de calidad.</li> <li>• Definición de nuevas o mismas responsabilidades en función del desempeño</li> </ul>
Recursos	
Registros	Control de cambios en documentos y procesos
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de los objetivos estratégicos en un 90% según el periodo acordado.</li> </ul>

Documentos aplicables	ISO 9001: 2015
-----------------------	----------------

<b>Procesos de gestión de recursos 01 – Información de materia prima</b>	
Propósito	Recopilar información relevante de la materia prima producida o importada, con el propósito de preparar datos que mejoren el proceso de fermentación.
Responsable	Jefes de compras.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La materia prima debe encontrarse en los parámetros de humedad establecidos no mayores al 15%.</li> <li>• Las enfermedades fitosanitarias deben de ser detectadas antes de entrar al proceso.</li> </ul>
Recursos	Humectómetro
Registros	Registro de compra
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La humedad de los lotes no supera el 15%.</li> <li>• El registro de compra tiene informe de enfermedades fitosanitarias en un 100%.</li> </ul>
Documentos aplicables	ISO 9001: 2015

<b>Procesos de gestión de recursos 02 – Personal capacitado</b>	
Propósito	Capacitar al personal en los procedimientos estandarizados y cumplimiento de sus responsabilidades.
Responsable	Jefes de áreas.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación del personal en un periodo de dos semanas.</li> <li>• Evaluación de las habilidades adquiridas posterior al periodo de adaptación.</li> <li>• Realización de evaluaciones de desempeño y conocimientos anuales sobre los operarios y jefes de área de parte de la directiva</li> </ul>
Recursos	
Registros	Registro evaluativo del personal
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El 90% de los operarios conocen adecuadamente sus funciones y procedimientos para la ejecución de sus tareas.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>El 70% de los operarios tienen conocimientos técnicos sobre el tratamiento de tabaco.</li> </ul>
Documentos aplicables	ISO 9001: 2015

<b>Procesos de realización del producto 01 – Recepción de materia prima</b>	
Propósito	La materia prima producida en fincas o importada debe de ser descargada en los almacenes de pilón tripa y pilón capa.
Responsable	Jefes de área de pilones.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar pruebas de control de calidad mediante un muestreo aleatorio simple por lote, con criterios de aceptación de muestreo simple en inspección reducida.</li> <li>Realizar pruebas de humedad para seleccionar la materia prima que debe pasar al área de mojado, la que se debe de almacenar en función de la demanda y la que debe de ser inmediatamente empilonada.</li> </ul>
Recursos	Humectómetro, acceso al Excel de cálculo de aceptación
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de materia prima en recepción.</li> <li>Ficha de aceptación o rechazo de lote según corresponda.</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de libras de tabaco que no cumplan con los parámetros organolépticos de sabor, textura y olor</li> <li>Número de libras de tabaco que no cumplan con los parámetros fitosanitarios.</li> </ul>
Documentos aplicables	INTE/ISO 2859-1: 2017

<b>Procesos de realización del producto 02 – Mojado de tabaco</b>	
Propósito	La materia prima seleccionada para el proceso de fermentación es trasladada al área de mojado para humedecer las hojas de tabaco.
Responsable	Jefes de área de pilones.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si la humedad es menor al 20% y de peciolo delgado exponer a un tiempo de remojo de 15 segundos.</li> <li>Si la humedad es mayor al 20% y de peciolo delgado exponer a un tiempo de remojo de 10 segundos.</li> <li>Si la humedad es mayor al 20% y de peciolo grueso exponer a un tiempo de remojo de 5 segundos.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la humedad es menor al 20% y de peciolo grueso exponer a un tiempo de remojo de 10 segundos.</li> <li>• Si el proceso de fermentación requiere de mojado de peciolo y no de nervadura remojar los peciolos gruesos durante 5 segundos y los peciolos delgados 8 segundos.</li> </ul>
Recursos	Humectómetro, acceso a las llaves de pase de agua.
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de pilones mojados en el día.</li> <li>• Cantidad litros de agua utilizados en el agua.</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de libras deterioradas por el exceso de agua.</li> </ul>
Documentos aplicables	Instructivo sobre las técnicas de mojado de tabaco.

### Procesos de realización del producto 03 – Empilonado

Propósito	El tabaco sujetado en moños de entre 28 y 38 hojas son apilados uno a la par de otro hasta crear un rectángulo de esquinas curvas, de manera posterior se apilan capas sobre la primera base, hasta empilonar completamente el pilón designado.
Responsable	Jefes de área de pilones.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante el proceso de empilonado se debe de colocar un termómetro para medir la temperatura durante el proceso.</li> <li>• Las camadas deben de estar correctamente solapadas entre ellas para que la estructura no se desmantele.</li> <li>• El pilón según su tipo de fermentación debe de ser tapada con yute o carpa de plástico para concentrar el calor y empezar el proceso de fermentación.</li> </ul>
Recursos	Termómetro, yute, carpa de plástico
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha del pilón</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de libras pérdidas durante el proceso de empilonado</li> </ul>
Documentos aplicables	Instructivo de técnicas de empilonado de tabaco.

### Procesos de realización del producto 04 – Fermentación

Propósito	El pilón apilado a través de la humedad y el aumento de la temperatura, las hojas de tabaco se fermentan, eliminando impurezas como el amoníaco y disminuyendo los lípidos, concentrando el sabor, el olor y homogenizando el color de las hojas.
Responsable	Jefes de área de pilones.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante el proceso de fermentación se debe de llevar una medición diaria de temperatura y humedad.</li> <li>• Después de dos semanas de fermentación se debe de realizar pruebas de combustionalidad para medir la homogeneidad de la fermentación.</li> </ul>
Recursos	Humectómetro, termómetro, acceso al software de registro de pilones.
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de pilón digital</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Límites inferiores a 80 grados Fahrenheit y límites superiores a 115 grados Fahrenheit.</li> <li>• Límites inferiores de humedad de 10% y límites superiores de humedad de 35%.</li> </ul>
Documentos aplicables	Investigación sobre la fermentación del tabaco ( Rubén Delgado García ).

<b>Procesos de realización del producto 05 – Virado</b>	
Propósito	El pilón será trasladado hacia otra posición, moviendo los moños interiores hacia el exterior y los que se encuentra en la parte inferior hacia la parte superior y viceversa.
Responsable	Jefes de área de pilones.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los moños antes de volverse a apilar deben de sacudirse para que las hojas se separen y permitan una correcta fermentación.</li> <li>• Si el pilón lo requiere debe de utilizarse una bomba de agua manual para humedecer las camadas que componen el pilón.</li> </ul>
Recursos	Bomba de agua manual.
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha de pilón digital</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilidad de la estructura</li> <li>• Humedad de las paredes exteriores mayor que la humedad de las paredes interiores.</li> </ul>
Documentos aplicables	Instructivo de técnicas de virado de tabaco.

<b>Procesos de realización del producto 06 – Horneado</b>	
Propósito	El pilón será trasladado hacia el área de horneado, se colocan las hojas de manera individual en mallas metálicas, se apilarán en ocho columnas de dos filas, se cierra el cuarto y el ventilador incrustado en la pared extrae el aire de la habitación deshidratando de las hojas.
Responsable	Jefes de área de pilones.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las hojas deben de ser colocadas de manera individual en cada bandeja, de manera que no se superpongan unas sobre otras para que no sufran daños en el proceso de deshidratación.</li> </ul>
Recursos	Mallas metálicas con marcos.
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ficha de horno.</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de humedad mínimo del 10%.</li> <li>Flexibilidad adecuada para procesos posteriores.</li> </ul>
Documentos aplicables	Instructivo de recomendaciones del proceso de deshidratado.

<b>Procesos de realización del producto 07 – Despalille</b>	
Propósito	El pilón tripa posterior al horneado es trasladado a despalille, donde las hojas serán trabajadas de manera individual, retirando el cincuenta por ciento del peciolo, estirando la hoja el máximo posible sin arriesgar la integridad de la hoja.
Responsable	Jefes de área de despalille.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las hojas al terminar el proceso deben de ser inspeccionadas asegurándose que fueron correctamente despalilladas.</li> </ul>
Recursos	Guantes y mascarillas.
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registro de pilones despalillados.</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje del pilón correctamente despalillado del 95%.</li> </ul>

Documentos aplicables	Instructivo de recomendaciones del proceso de despalillado.
-----------------------	---

<b>Procesos de realización del producto 08 – Empacado</b>	
Propósito	Las hojas escogidas y completamente fermentadas son trasladadas al área de empacado, son colocadas correctamente en una estructura de madera en la cual son colocadas las hojas y estas son compactadas hasta formar una paca-
Responsable	Jefes de área de empacado
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las pacas deben de tener una ficha que describa su código de paca, su variedad, la fecha de empacado.</li> </ul>
Recursos	Máquina de empacado, engrapadora industrial, material de empacado
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registro de pilones empacados.</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje del pilón correctamente empacados del 98%.</li> </ul>
Documentos aplicables	Instructivo de recomendaciones del proceso de empacado.

<b>Procesos de medición, análisis y mejora 01 – Muestreo de aceptación</b>	
Propósito	Rechazar o aceptar los lotes de tabaco importados a nivel nacional e internacional
Responsable	Jefe de área de pilones
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>El muestreo se debe de realizar de manera aleatoria</li> <li>El criterio de aceptación debe de seguir las indicaciones de la normativa INTE/ISO 2859-1: 2017</li> </ul>
Recursos	Termómetro, humectómetro
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registro aceptación y rechazo de lotes</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materia prima con un porcentaje de defectos menores al 10%.</li> </ul>
Documentos aplicables	INTE/ISO 2859-1: 2017

<b>Procesos de medición, análisis y mejora 02 – Medición de variables ambientales</b>	
Propósito	Medir diariamente la temperatura y humedad de los pilones para entender su evolución a lo largo del tiempo.
Responsable	Responsable de recopilación de datos de temperatura y humedad.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La humedad debe de ser medida a través de un humectómetro correctamente calibrado, promediado en diferentes medidas de cinco puntos diferentes del pilón.</li> <li>• La temperatura se toma del termómetro colocado en el medio del pilón.</li> </ul>
Recursos	Termómetro, humectómetro
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro variables en el software de control de calidad</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilones que en su totalidad se encuentren en el 90% de sus parámetros establecidos en el proceso de fermentación.</li> </ul>
Documentos aplicables	Calidad total y productividad (Humberto Gutiérrez pulido)

<b>Procesos de medición, análisis y mejora 03 – Inspección de calidad</b>	
Propósito	Al culminar el proceso de fermentación se debe de realizar una inspección sobre las cualidades organolépticas, de color y estructurales de las hojas de tabaco.
Responsable	Jefe de área de pilones.
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deben de realizar pruebas sobre la calidad de la fermentación a través de prueba de rolado y combustión de la capa o tripa a evaluar.</li> <li>• Se debe de realizar un muestreo aleatorio sobre el pilón a evaluar la uniformidad de color.</li> <li>• Se debe de realizar pruebas de combustionalidad sobre las muestras recolectadas, garantizando la combustión uniforme de la hoja.</li> </ul>
Recursos	Encendedor.
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de pruebas de calidad realizadas.</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El catador de tabaco tiene una opinión positiva sobre el 90% de las muestras recolectadas.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La muestra cumple con una uniformidad de color del 90%</li> <li>• La combustión es constante y uniforme a lo largo de más de 10 segundos.</li> </ul>
Documentos aplicables	Calidad total y productividad (Humberto Gutiérrez pulido)

<b>Procesos de medición, análisis y mejora 04 – Análisis de datos</b>	
Propósito	Se recopilan los datos sobre humedad y temperatura, se realizan gráficos de control para entender el estado actual del proceso de producción.
Responsable	Analista de control de calidad
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deben de graficar y registrar los datos de manera individual de cada pilón.</li> <li>• EL análisis comparativo se debe de realizar con pilones estratificados por tipo de pilón tripa o capa, la misma variedad y con un tiempo de empilado que no supere las dos semanas entre ellas.</li> <li>• Se deben de realizar cálculos de kurtosis y Skewness para determinar cómo se encuentra el sistema de control de calidad.</li> </ul>
Recursos	Excel, Software de control de calidad
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de evaluación de control de calidad</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los pilones de pilón tripa y pilón capa que se encuentren estables en un 90% de totalidad del producto en fermentación.</li> <li>• Las gráficas muestran crestas y relieves controlados</li> <li>• La combustión es constante y uniforme a lo largo de más de 10 segundos.</li> </ul>
Documentos aplicables	Calidad total y productividad (Humberto Gutiérrez pulido)

<b>Procesos de medición, análisis y mejora 05 – Productos no conformes</b>	
Propósito	Durante el proceso de fermentación todo producto que no cumpla su propósito original de servir como tripa, capa, capote y banda, será considerado como de no conformidad.
Responsable	Subjefe de control de calidad
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe de contabilizar los residuos generados “picadura” a lo largo de todas áreas que conforman preindustria.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La picadura debe de ser trasladada al área de empaque de picadura, con una etiqueta que muestre el área en la que se originó y la cantidad de picadura del empaque.</li> <li>• La picadura es empacada con un rotulo que explique que es picadura, el peso, el origen de la picadura y su código de paca.</li> </ul>
Recursos	Máquina de empackado, Excel de registro de picadura
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de evaluación de control de calidad</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de producto no conforme menor al 90%.</li> </ul>
Documentos aplicables	Calidad total y productividad (Humberto Gutiérrez pulido)

<b>Procesos de medición, análisis y mejora 06 – Requerimientos y necesidades del cliente</b>	
Propósito	Recopilar las opiniones positivas y negativas de los clientes
Responsable	Jefe de control de calidad
Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deben de realizar encuestas de conformidad sobre la calidad del producto.</li> <li>• Cada seis meses se debe de realizar un grupo focal de expertos para evaluar la calidad del producto.</li> <li>• Se deben de realizar análisis comparativo de las variables cambiadas en el control de calidad y la percepción de calidad del cliente.</li> </ul>
Recursos	Software de control de calidad, Excel
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de atención al cliente.</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conformidad de los clientes superior al 90%.</li> </ul>
Documentos aplicables	Gestión de la Calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas (César Camisón).

<b>Procesos de medición, análisis y mejora 07 – Planes de mejora continua</b>	
Propósito	Realizar propuestas de mejora sobre los problemas encontrados en los productos de conformidad, las quejas y requerimientos del cliente.
Responsable	Jefe de control de calidad

Subprocesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se deben aplicar cíclicamente la metodología Lean Six Sigma sobre los problemas del sistema.</li> <li>• Los planes deben de ser comunicados a todos los miembros que integren el área en la que se ejecutará el plan de mejora.</li> <li>• Los planes deben de contar con índices de cumplimientos cuantificables en un tiempo delimitado.</li> <li>• Al finalizar la aplicación de los planes de mejora se debe de evaluar la eficacia y eficiencia de su ejecución.</li> </ul>
Recursos	Software de control de calidad, aprobación digerencia.
Registros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de planes de mejora</li> </ul>
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento del 80% de los objetivos propuestos en el plan de mejora.</li> </ul>
Documentos aplicables	Design for Six Sigma (Kai Yang)

### **Recursos e información.**

Los recursos necesarios para el funcionamiento y el seguimiento de los procesos del sistema de calidad son determinados desde la gerencia. Los requisitos necesarios en términos de requerimientos deben de determinados en un MRP (Planificación de requerimientos de Materiales), mientras que los recursos soporte deben de ser notificados en cada plan de mejora continua.

### **Monitoreo y medición.**

El desempeño de los procesos que conforman el sistema de control de calidad se monitorea y mide periódicamente para asegurar su eficacia e identificar oportunidades de mejora. Los procesos miden su desempeño mediante auditorías internas y consultas a auditorías externas con las cuales medir los índices de cumplimiento definidos en la matriz de procesos. Los instrumentos de evaluación seguirán la referencia de la normativa ISO 9001.

### **Mejora continua**

A través de la metodología Lean Six Sigma, se evalúan independientemente los procesos que conforman el área de preindustria, recopilando continuamente datos del sistema, con el propósito de desarrollar planes de mejora continua que aborden problemas reales o potenciales para aumentar la eficacia y eficiencia del sistema.

## **Procesos subcontratados**

Ante la necesidad de subcontratar procesos o externalizar procesos, deben de cumplir con los requisitos específicos que incluyen según corresponda:

- Evaluación y precalificación de proveedores.
- Transferencias de los requisitos del cliente.
- Aplicación de formatos de control de procesos (inspección, pruebas de calidad y registros de conformidad).

## **Documentación**

El sistema de control de calidad requiere la siguiente documentación:

- Manual del control de calidad que contenga los objetivos estratégicos de la empresa.
- Instructivo de procedimientos operativos y administrativos por puestos de trabajo.
- Especificaciones de producto, etiquetado y embalaje.
- Manual de mantenimiento de la maquinaria y herramientas utilizadas durante el proceso.
- Procedimientos de control de calidad.

## **Compromiso de la Dirección**

La dirección se compromete a generar planes de establecimiento de cultura de calidad a partir del cumplimiento de los requisitos del cliente y las directrices legales nacionales e internacionales, promoviendo la cultura de responsabilidad compartida.

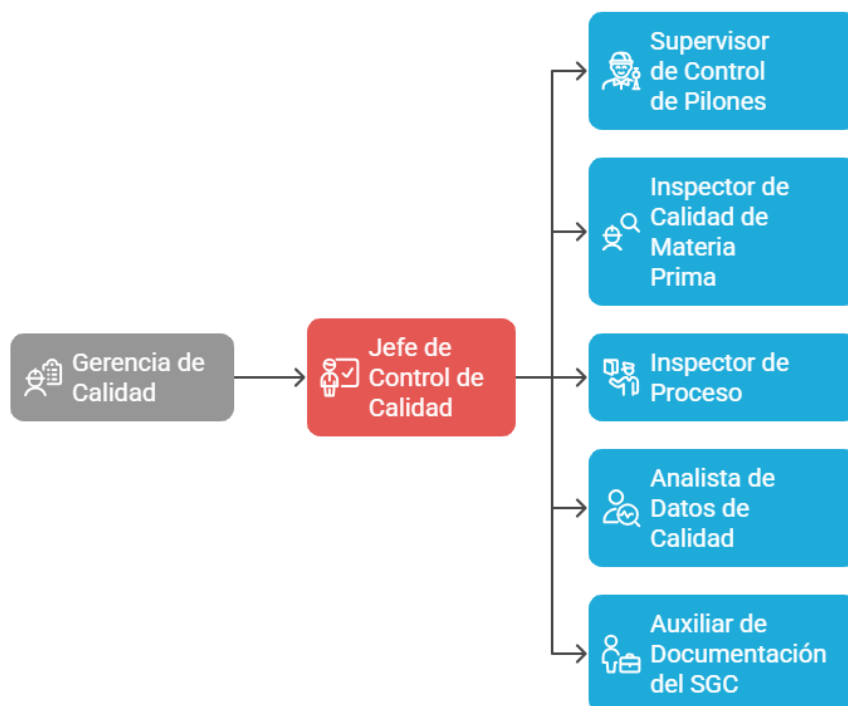
La dirección revisa periódicamente el sistema de gestión de la calidad para asegurar su continuo funcionamiento, el correcto funcionamiento y eficiencia operativa. La revisión evalúa el estado y el desempeño actuales del sistema de calidad e inicia acciones para su mejora continua.

La dirección se compromete a proporcionar los recursos necesarios para establecer, implementar y mejorar el sistema de gestión de la calidad.

## Organigrama del sistema de control de calidad.

Ilustración 46. Organigrama del sistema de control de calidad

### Organigrama del Sistema de Control de Calidad en Preindustria



(Fuente: elaboración propia)

### Comunicación interna

La información se comunica mediante:

- Documentos impresos o electrónicos, como manuales, procedimientos, instrucciones, planos, especificaciones, registros de calidad, informes, lecturas obligatorias.
- Correos electrónicos, memorandos y reuniones.
- Registro de capacitaciones

La directiva podrá emitir órdenes sobre la continuidad o detenimiento de las actividades cuando se considere que las actividades operativas o de control afecten negativamente a la calidad del producto o cuando se infrinjan las normativas nacionales o de requerimientos del cliente.

## **Gestión de recursos.**

### Suministro de Recursos

Los recursos necesarios para la implementación, el mantenimiento y la mejora del sistema de control de calidad incluye: personal, infraestructura, herramientas, software, información y recursos financieros.

### **Recursos Humanos**

El personal que realiza trabajos que afectan la calidad del producto debe de ser competente. La competencia se determina en función de la educación, la formación, las habilidades y la experiencia adecuadas.

El departamento de Recursos Humanos es responsable de los programas de formación y adecuación para toda la empresa. Los instructores son responsables de garantizar que el personal comprenda la importancia del Sistema de control de calidad, el cumplimiento de las normativas y cómo estos pueden afectar las relaciones con los clientes.

### **Competencia**

Los procesos deben de garantizar cierto grado de competencia que aborden los criterios de:

- Requisitos claro sobre la competencia en cada proceso individual del área de preindustria.
- Identificación de las necesidades de capacitación.
- Evaluación de la eficacia de la capacitación.

Lo jefes de control de calidad deben de:

- Asegurar la implementación de los procedimientos y procesos del sistema de control de calidad, así como la documentación de las actividades técnicas que afectan la calidad.
- Revisar los requisitos de adquisición, incluyendo contratos, órdenes de compra y la normativa aplicable.
- Realizar una revisión anual documentada del proceso del control de calidad en lo que respecta a su área de responsabilidad. Enviar los resultados de esta revisión y cualquier informe de no conformidad correspondiente al representante de la Dirección.

### **Infraestructura**

La infraestructura de los edificios y espacios de trabajo deben de ser adecuadas y recibir el mantenimiento apropiado para el personal técnico. Los jefes de área son responsables de identificar las necesidades y los requisitos que requieren las instalaciones para una mejora en los procesos y los estándares de calidad.

### **Servicios de apoyo**

- Servicios de transporte.
- Servicios de comunicación.
- Servicios de consultoría.

### **Realización del producto.**

Al planificar la ejecución del proceso de producción se debe de determinar los objetivos y requisitos de calidad del producto, determinados por:

- Requisitos especificados por el cliente.
- Requisitos no indicados por el cliente.
- Requisitos legales y reglamentarios.
- Requisitos adicionales determinado por el jefe de producción.

## **Compras**

Los responsables de compra se asegurarán de que el producto cumpla con los requisitos de compra especificados. El tipo y el alcance del control aplicado al proveedor y al producto adquirido dependerán del efecto que este último tenga en la posterior realización del producto o en el producto final.

Los proveedores se evaluarán en función de su capacidad para suministrar el producto de acuerdo con los criterios establecidos desde el sistema de control de calidad; en base a las especificaciones, las solicitudes del cliente o los requisitos contractuales.

El departamento de compras mantiene una lista de proveedores aprobados. Los pedidos de materia prima, equipos, herramientas y demás productos solo se pueden realizar a proveedores que figuren en la lista.

## **Calibración y mantenimiento de dispositivos de medición y monitorización**

El alcance del sistema de control de calibración abarca los equipos de medición y prueba como humectómetros y termómetros.

- Monitorización de los procesos de producción.
- Control de las variables ambientales.
- Verificación de la conformidad del producto.

El inspector de calidad del proceso es responsable de la calibración y el mantenimiento de los dispositivos de medición y monitorización. Todos los dispositivos activos se encuentran inventariados en una lista controlada, indicando su estado de calibración y ubicación.

Los dispositivos de medición se revisan, ajustan y reajustan según sea necesario; y se calibran a intervalos específicos (o antes de su uso) con patrones de medición trazables a patrones de medición nacionales.

## **Validación de software**

El software de registro de temperatura y humedad monitorea el comportamiento de las variables a lo largo del proceso. El software debe ser puesto en mantenimiento una vez al menos para asegurar el funcionamiento del sistema.

### **Medición, Análisis y Mejora**

La directiva planificará e implementará los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora necesarios para:

- Demostrar la conformidad del producto.
- Garantizar el funcionamiento del sistema de control de calidad.
- Realizar planes de mejora continua.
- Aplicación de métodos y técnicas estadísticas, correspondiente al análisis correspondiente.

### **Seguimiento y Medición**

La información relativa a la satisfacción del cliente se recopila y compila a partir de las siguientes fuentes:

- Quejas de clientes.
- Requerimientos de los clientes.
- Encuestas de satisfacción del cliente.

La satisfacción del cliente se utilizará como uno de los indicadores del desempeño del sistema de gestión de la calidad. Para ello, la información sobre la satisfacción del cliente se reporta y evalúa en la revisión por la directiva de la empresa y el jefe control de calidad.

### **Auditoría interna**

La empresa realizará auditorías internas a intervalos planificados para determinar si el sistema de control de calidad:

- Cumple con las disposiciones de la norma ISO 9001:2000.
- Cumple con los índices de medición establecidos en la matriz de procesos.
- Cumple con los procedimientos establecidos en los instructivos estandarizados.

La selección de los auditores y la realización de las auditorías garantizarán la objetividad e imparcialidad del proceso. Los auditores no auditarán su propio trabajo. El personal directivo responsable de las áreas donde se identifiquen procesos o prácticas no conformes tomará las medidas correctivas apropiadas. Los auditores realizarán un seguimiento para asegurar que las medidas adoptadas se implementen en su totalidad y sean efectivas.

### **Seguimiento y medición de procesos**

Los procesos del sistema de gestión de la calidad se supervisan individualmente por cada jefe de área, aplicando control sobre las variables de producción, verificando que se cumple los límites e índices de cumplimiento establecidos en la matriz de procesos. Cuando un proceso del sistema de calidad no cumple con los requisitos, el área de Aseguramiento de la Calidad inicia una solicitud de acción correctiva para abordar el problema. El programa de monitoreo y medición de los productos se define en los planos y especificaciones, los documentos que definen el programa de inspección y prueba se denominan colectivamente planes de control.

### **Análisis de datos**

Los datos y la información registrados en los registros de calidad se recopilan y analizan periódicamente para determinar las tendencias en el desempeño y la eficacia del sistema de calidad e identificar oportunidades de mejora.

El jefe control de calidad es responsable de coordinar estas actividades e informar las conclusiones y tendencias a la alta dirección. Esto se realiza generalmente en el marco de las revisiones de la gestión del sistema de calidad.

Los datos de analizar son:

- Variación del desempeño del proceso.
- Tiempos de ciclo
- Tasas de desperdicio, reproceso y reparación
- Cumplimiento de plazos de entrega

## Mejora continua

Los resultados de las auditorías internas y los datos de desempeño de la calidad se analizan mediante la revisión por la dirección para evaluar la eficacia del sistema de calidad y el desempeño organizacional actual.

Las quejas de los clientes que alegan deficiencias relacionadas con la identidad, calidad, durabilidad, fiabilidad, seguridad, eficacia o rendimiento de un producto se registran y documentan.

Las quejas que implican un posible incumplimiento de las especificaciones de un producto, su etiquetado o embalaje se investigan siempre y los resultados de la investigación se documentan.

### 11.4.3. Base digital del Sistema de Control de Calidad

Con el propósito de reflejar el sistema de control de calidad y las directrices de control, se diseñó un software que contengan parte de los procesos dedicados al MAM (Medida, Análisis y Mejora), correspondiente a MAM 01 (Muestreo aleatorio y criterio de aceptación), MAM 02 (medición de variables ambientales), MAM 03 (Inspección de calidad), MAM 04 (Análisis de los datos) y MAM 05 (Productos no conformes).

El sistema contiene seis ventanas, la primera ventana “Registro” es donde se anota la información correspondiente a al pilón en el cual se nota el código del pilón llamado “ID”, la fecha en la que se llevó el pilón a la bodega, la temperatura inicial, la humedad inicial, el

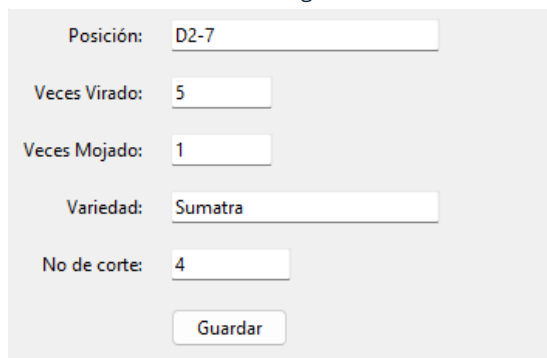
ID	Proveedor	Posición	Variedad	No Corte
8	Marlón	h1-6	Sumatra	8
9	Tabacafi	D8-2		

nivel de plagas, el proveedor, el tipo de tabaco que es, la variedad, la fecha de inicio o de empilonado y el número de corte correspondiente.

(Fuente: elaboración propia)

Al rellenar los campos se registra el pilón en una base de datos, en el cual se podrá editar la información correspondiente a la posición que tiene el pilón en la bodega, debido a que esta cambia en cada virada, las veces que se viró el pilón y las veces que se mojó, con el fin de llevar registro de los procesos realizados para la fermentación del pilón

*Ilustración 48. Ventana de registro diario*

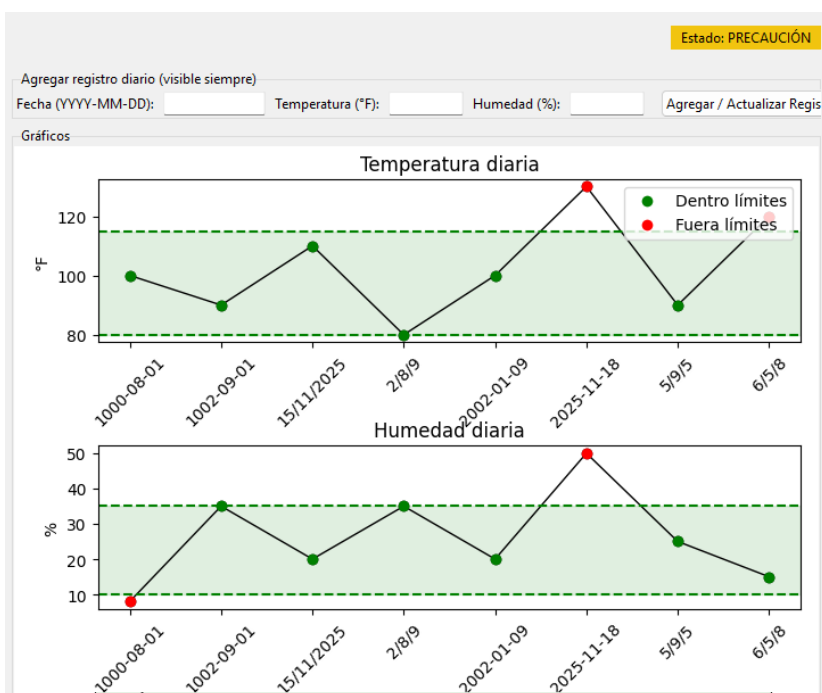


The image shows a digital form for recording daily data. It contains five input fields and one button. The fields are labeled as follows: 'Posición:' with the value 'D2-7'; 'Veces Virado:' with the value '5'; 'Veces Mojado:' with the value '1'; 'Variedad:' with the value 'Sumatra'; and 'No de corte:' with the value '4'. Below the fields is a button labeled 'Guardar'.

(Fuente: elaboración propia)

La segunda ventana corresponde directamente al MAM 02, dedicado a la medición de variables ambientales, en el cual se anota la fecha correspondiente a la medición de húmedas y temperatura correspondiente, con ello automáticamente se realiza un gráfico de líneas que tiene límites inferiores y superiores para ambas variables y si la medida se sale los límites se marca como una anomalía, de manera que se pueda entender de manera gráfica como se encuentra individualmente cada pilón; cuando los datos se encuentran dentro de los límites se marca en verde un anuncio de “Bueno”, cuando hay ciertas medidas que salen del sistema el anuncio es “Precaución” y si los datos se salen en múltiples ocasiones de los límites el anuncio es “Alerta”.

Ilustración 49. Ventana de ficha pilón del sistema digital



(Fuente: elaboración propia)

A su vez en la misma ventana se ve reflejado a través de los registros diarios de ambas variables, la media y la desviación estándar, reflejando el grado de cumplimiento de la totalidad de las medidas.

Ilustración 50. Registro de ficha pilón del sistema digital

Número Pilón:

Pilón: 12 | Proveedor:

Temp — Media: 102.50°F | Desv: 15.61°F | 6/8 (75.0%) Humedad — Media: 26.00% | Desv: 12.53% | 6/8 (75.0%)

Fecha	Temperatura	Humedad
1000-08-01	100.0	8.0
1002-09-01	90.0	35.0
15/11/2025	110.0	20.0
2/8/9	80.0	35.0
2002-01-09	100.0	20.0
2025-11-18	130.0	50.0
5/9/5	90.0	25.0
6/5/8	120.0	15.0

(Fuente: elaboración propia)

La tercera ventana corresponde al MAM 01, en el cual se realiza el registro correspondiente a los lotes internos y externos de tabaco, en esta ventana se anota el número de lote, el proveedor, la fecha de recepción del lote, el número de unidades que corresponden al lote, el peso del lote, la humedad inicial del lote, un campo sobre las observaciones realizadas sobre el lote, y a partir de una lista desplegable que muestra los valores más típicos del AQL, los límites de calidad aceptable, por sus siglas en inglés “Acceptable Quality Limit”, de la ISO 2859-1/2017 y con ellos calcular la muestra y número de defectos aceptables del lote, en el cual anotando el número de defectos se evalúa el lote como aceptado o rechazado.

Ilustración 51. Ventana de muestreo de lotes del sistema digital

Registro Ficha Pilón Muestreo de Lotes Inspección Final Estadísticas PNC

No. Lote:  Proveedor:

Fecha Recepción:  Tamaño (unidades):

Pilón asignado (ID):  Peso (kg):

Humedad inicial (%):

Observaciones:

AQL: 1.5  Muestra: - | Aceptación c = -

ID	No. Lote	Proveedor	Fecha	Tamaño	Pilón	Peso	Humedad	Observaciones	Resultado
48	3000	30000	200-20-20	2000	34	200.0	20.0		ACEPTADO
49	2000000	200	200	20000	200	200.0	2000.0	200	ACEPTADO
45	20	tomato	1999-09-03	9000	90	980.0	76.0		ACEPTADO
3	03	Tabacafi	1000-10-07			5000.0	30.0	hfhjggjyjf	ACEPTADO
44	90	gerson	1000-09-09	900	90	1000.0	45.0	Hay que probar	RECHAZADO
41	45	tabacafi	1000-09-03	8000	56	5000.0	45.0		RECHAZADO

(Fuente: elaboración propia)

La cuarta ventana corresponde al proceso MAM 03, de inspección final, posterior al proceso de fermentación se realiza una evaluación sobre las muestras seleccionada sobre el pilón analizado, en la ventana se registra el código de pilón, la fecha en la que se realizó la evaluación, los criterios de calidad son la capacidad de combustión de la muestra, la uniformidad del color, aroma, con que facilidad pasa la prueba de rolado, ellos se evalúan del 0 al 10 a través de una barra movable, posterior se escribe el grado de amoniaco final, un espacio sobre las observaciones generales o elementos específicos que puedan afectar la calidad como enfermedades fitosanitarias y estructura de la hoja; debajo de ello se escribe el responsable de la inspección de calidad y se puede subir una imagen con la cual vincular el registro de la evaluación a la foto de la muestra.

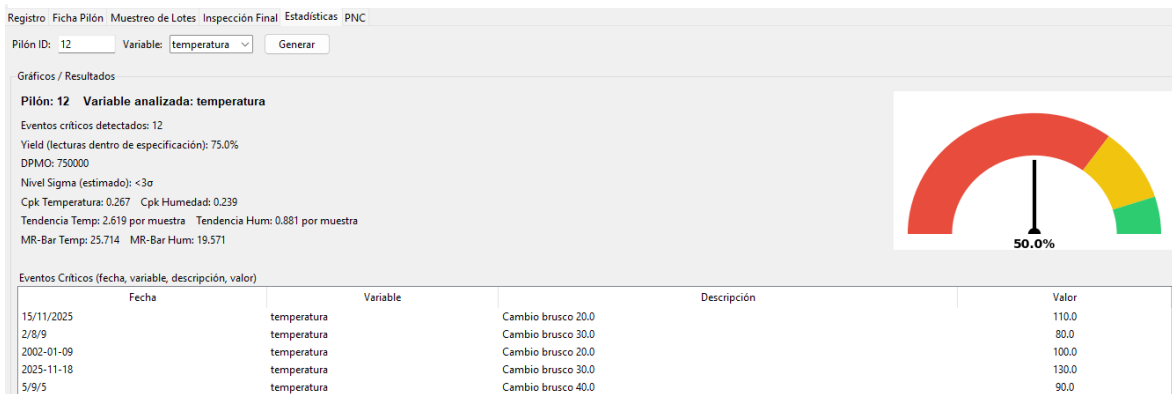
Ilustración 52. Ventana de inspección del sistema digital

ID	Pilón	Fecha	Resultado	Puntaje (%)	Amoniaco (ppm)	Observaciones	Responsable	Creado
----	-------	-------	-----------	-------------	----------------	---------------	-------------	--------

(Fuente: elaboración propia)

La quinta ventana corresponde a MAM 04, en el cual se describen los procesos de análisis de datos, por lo cual se presentan las estadísticas correspondientes que pide la metodología Lean Six Sigma, en el cual se muestran los eventos críticos controlados, el número de lecturas dentro de las especificaciones, los posibles defectos por millón en caso de seguir ese comportamiento, el nivel de sigma, los índices Cpk, la tendencia de variación de las variables de temperatura y humedad; el conjunto de estadísticas integran un sistema de evaluación de cómo se encuentra la calidad general del pilón, por lo cual a través de un gráfico de velocímetro se mide si el pilón sigue un comportamiento rechazable con una notación del 70%, un comportamiento adecuado hasta el 90% y con un comportamiento excelente si cumple con 100% de la evaluación estadística.

Ilustración 53. Ventana de estadísticas del sistema de control de calidad



(Fuente: elaboración propia)

La pestaña número 6 corresponde a MAM 05, de productos de no conformidad, en el cual se registra el tipo de producto de no conformidad (picadura, sequedad, picadura), se registra la unidad de medida, el código de pílón defectuoso, la fecha de registro, se describe la causa raíz del producto de no conformidad y si esta tiene una actividad correctiva se describe el proceso correctivo y se registra el responsable del proceso.

Ilustración 54. Ventana de productos de no conformidad del sistema digital

Registro: Ficha Pílon Muestreo de Lotes Inspección Final Estadísticas PNC

Tipo PNC:  Cantidad:  Unidad:

Pílon ID:  Fecha (YYYY-MM-DD):

Causa raíz:

Acción correctiva:

Responsable:  Registrar PNC Exportar PNC CSV

ID	Tipo	Cantidad	Unidad	Pílon	Fecha	Causa
1	moho	400.0	libras	12	1000-09-01	Exceso de humedad
4	Picadura	4000.0	Libras	2	1000-02-02	Hojas demasiado secas

(Fuente: elaboración propia)

## 12. Conclusiones

1. El diagnóstico sobre el área de preindustria de la empresa A.J. Fernández, revela que el actual sistema de control de calidad, no cuenta con procesos estandarizados, plataformas digitales de análisis, recursos sobre la capacitación en términos de calidad; lo que genera poco control sobre las variables que afectan la calidad del producto; estos puntos afectan de forma

directa la consistencia de producción como se describe en el análisis de operaciones a las áreas de pilón tripa, pilón capa y despalille.

2. Las herramientas de análisis de la metodología Lean Six Sigma (Mic Mac, Ishikawa, histogramas, flujograma y QVSM), permitieron identificar en profundidad las variables críticas del proceso, con lo cual las altas variaciones de humedad y temperatura, la falta de procedimientos estandarizados y los métodos de registro físicos, son los factores que mayor influencia generan sobre la calidad del producto; con lo cual se confirma que el sistema tiene problemas multifactoriales.
3. Los datos recopilados sobre los pilones tripa y pilones capa analizados, muestran medidas de comportamiento con alta variabilidad, lo que indica que el sistema falla en su manera de operar, la falta de rigurosidad en pilón tripa y el nulo uso de herramientas de medición en pilón capa y pilón tripa entorpecen el seguimiento del adecuado proceso de fermentación.
4. A través de la metodología DMAIC, se estructuró una propuesta de mejora sobre el sistema a través de documentación con procesos estandarizados, procedimientos de inspección, indicadores de desempeño y un sistema digital; la propuesta ofrece una guía viable para aumentar la eficiencia y reducir los defectos.
5. La investigación concluye con que la metodología Lean Six Sigma es adecuada para el diseño de un sistema de control de calidad, ya que ofrece una serie de herramientas que permiten un análisis estadístico sobre procesos de alta variabilidad como lo es la producción de puros Premium, con lo cual se generó una base sólida para futuras investigaciones e implementación.

### **13. Recomendaciones**

1. Diseñar un cronograma de implementación extendido, que permita inculcar la cultura de mejora continua de manera progresiva, empezando por los instructivos de procedimientos operativos, los procesos documentales y de manera posterior aplicar el sistema digital
2. Realizar programas de capacitación del personal para mejorar los procesos operativos.
3. Ampliar el estudio en un periodo de tiempo que abarque la fermentación completa del proceso de fermentación y amplié la muestra a una que sea representativa.

## 14. Referencias

- Cortés Cortés , M., & Iglesias León, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. Universidad Autónoma del Carmen.
- Cueva Luza, T., Jara Córdova, O., Arias Gonzáles, J., Flores Limo, F. A., & Balmaceda Flores, C. A. (2023). *Métodos mixtos de investigación para principiantes*. Puno. <https://doi.org/https://doi.org/10.35622/inudi.b.106>
- Gracia Villar, S., & Dzul López, L. (2007). Modelo PEF de costes de la calidad como herramienta de gestión en empresas constructoras: una visión actual. *Revista Ingeniería*, 22(1), 43-55.
- Haefner, B., Kraemer, A., Stauss, T., & Lanza, G. (2014). Quality Value Stream Mapping. *The 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 254-259. <https://doi.org/doi:10.1016/j.procir.2014.01.093>
- Navarro Albert, E., Gisbert Soler, V., & Pérez Molina, A. s. (2017). Metodología e Implementación de Six Sigma. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial*, 73-80. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.73-80/>
- van Dyk, D., & Pretorius, &. (2014). A systems thinking approach to the sustainability of quality improvement. *South African Journal of Industrial Engineering*, 25(1), 71-84.
- A.J Fernández Cigars. (16 de Octubre de 2025). *A.J Fernández Cigars*. A.J Fernández Cigars: <https://ajfcigars.com/about-us/>
- Amador Sánchez, C. N., Araica Cruz, K. F., & Pozo López, L. I. (2022). Análisis de la gestión de la calidad en el área de producción para la mejora de los procesos en la empresa Plasencia Cigars S.A. n° 2, Ocotal, año 2022. Ocotal, Nicaragua: UNAM FAREM-Estelí.
- Arauz, C. J. (Julio de 2020). Manejo agronómico del cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), bajo condiciones de Agricultura Protegida en la Finca La Joya Estelí, 2020. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Arnold Cathalifaud, M., & Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*(3).
- Ballesteros Riveros, D. P., & Ballesteros Silva, P. P. (2008). Análisis estructural prospectivo aplicado al sistema logístico. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portuga, XIV*(39), 194-199.

- Barría, F. J. (2024). El Producto y sus Atributos como Factores Fundamentales de las Estrategias de Marketing . *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* , VIII(1), 1239-1252. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i1.9511](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9511)
- Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Pearson Educación, S. A.
- Canto, C. B. (2025). Fundamentos de metodología de la investigación. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 1-15.
- Centeno Arteta , A. J., Corrales Cruz , A. A., & Salguera Mairena , M. M. (Enero de 2021). Aporte de las TIC para la mejora continua en el control de inventario de la empresa tabacalera Oliva de Estelí S.A. primer semestre 2020. Estelí, Nicaragua: UNAM FAREM-Estelí.
- Chiara Magnanini, M., Djurdjanovic, D., Pomi, R., & Tolio, T. (2025). System-level evaluation of productivity and quality in semiconductor frontend fabrication integrating product and process models. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*(60), 296-306. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2025.05.010>
- Deming, W. E. (1989). *Calidad, Productividad y competitividad. La Salida de la crisis*. Cambridge University Press.
- ESGinnova Group. (13 de Septiembre de 2016). *Nueva ISO 9001-2015*. Retrieved 03 de mayo de 2025, from Nueva ISO 9001-2015: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2016/09/desarrollo-concepto-calidad/>
- Feigenbaum, A. V. (1956). Total Quality Control . *Harvard Business Review*, 34, 93-101.
- Ford, H. (1923). *365 of Henry Ford's sayings*. Great Britain and all .
- Garrido, V. A. (2024). Propuesta de un modelo de desti3n de calidad de una planta de tableros contrachapados, sustentado en metodol3gía Lean Six Sigma. Santiago, Chile: Universidad Del Desarrollo.
- Garvin, D. A. (1987). Competing on the Eight Dimensions of Quality. *Harvard Business Review*(87603), 101-109.
- Gordon Mott. (30 de Enero de 2020). *RTL Today*. RTL Today: [https://today.rtl.lu/news/world/a/1463579.html?utm\\_source](https://today.rtl.lu/news/world/a/1463579.html?utm_source)
- Guzmán, M. (2024). *El Diagrama de Proceso*. Corporación Universitaria de Asturias.
- H.Besterfield, D. (2009). *Control de calidad* . Pearson Education .
- Helio, G. (1991). *Elementos de la investigación académica* . Universidad Estatal a Distancia .

- Hernández, C. A. (2011). Empleo del método MICMAC de “Análisis estructural” en la definición de factores fundamentales, para un emprendimiento efectivo en pymes de Cali-Colombia. *Libre Empresa*, 15, 175-191.
- International Organization for Standardization . (15 de Septiembre de 2015). Norma Internacional ISO 9000. Ginebra, Suiza: Translation Task Force (STTF).
- Juan, S. H., & Perez Macaroff , J. F. (2021). Producción y comercialización de cigarros tipo puros: estudio de factabilidad. Salta, Argentina: Universidad Católica de Salta.
- Juran, J. M. (1998). *Juran's Quality Handbook*. McGraw-Hill.
- Kim, D. (2018). CTQ for service quality management using webbased voc: with focus on hotel business. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 96(22), 7464-7472.
- Leidy Zoraida , M. T., Barrera Llano, A. F., & Arias Tabares, R. M. (2021). Diseño e implementación de un sistema de gestión de calidad para el área de producción de la empresa AGROTECNIA S.A.S. Bogotá, Colombia: Universidad Del Bosque.
- López, B. S. (31 de Octubre de 2019). *Ingenieria industrial online*. Ingenieria industrial online: <https://ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mapa-de-flujo-de-valor-vsm/>
- Losee, J. (1991). *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*. Alianza Editorial.
- Luis, S., García, L., & Villareal, F. (noviembre de 2014). *User*. Retrieved 03 de Mayo de 2025, from User: [file:///C:/Users/jonal/Downloads/didoemilio,+Journal+manager,+ilovepdf\\_com-107-120.pdf](file:///C:/Users/jonal/Downloads/didoemilio,+Journal+manager,+ilovepdf_com-107-120.pdf)
- Luzuriaga Jaramillo, H. A., Espinosa Pinos, C. A., Haro Sarango , A. F., & Ortiz Román, H. D. (2023). Histograma y distribución normal: Shapiro-Wilk y Kolmogorov Smirnov aplicado en SPSS. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, IV(4), 596-607. <https://doi.org/https://doi.org/10.56712/latam.v4i4.1242>
- Maldonado, F. H. (2022). Propuesta de Implementación de la Metodología Six– Sigma, para mejorar el control de calidad, en el proceso de recubrimiento en el área de Pintura, en la empresa Fabertek S.A.C. Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Martínez Mayoral, A., & Morales Socuéllamos, A. (2022). *Lean Seis Sigma para la mejora de procesos*. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- Maslow, A. (1943). A Theory of Human Motivation . *Psychological Review*, 50, 370-396.

- Medina Romero , M. Á., Hurtado Tiza , D. R., Muñoz Murillo , J. P., Ochoa Cervantez , D. O., & Izundegui Ordóñez , G. (2023). *Método mixto de investigación: Cuantitativo y cualitativo*. Puno. <https://doi.org/https://doi.org/10.35622/inudi.b.105>
- Morales, G. F. (2024). Integración de las metodologías Lean Six Sigma y herramientas de análisis de dato en tiempo real para mejorar la calidad en los procesos de manufactura. *Ibero-American Journal of Engineering y Technology Stuides*, 37-43. <https://doi.org/10.56183/ibertecs.v4i2.650>
- Olivares, I. (3 de Marzo de 2016). *Confidencial* . Confidencial : <https://confidencial.digital/economia/negocios/solo-57-empresas-nicas-certificadas-con-normas-iso/>
- Pérez S, M. (2013). La excelencia operativa en la Administración Pública. *Instituto Nacional de Administración Pública*.
- Pulido, H. G. (2010). *Calidad Total y Productividad* . The McGraw-Hill Companies.
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook*. The McGraw-Hill Companies.
- Quintero Martínez, K. E., Rugama Montenegro, S. M., & Ruiz Chavarría, S. O. (11 de Diciembre de 2023). Plan de mejora continua implementando la metodología LEAN SIX SIGMA para reducir el número de puros defectuosos en la fábrica A.J FERNÁNDEZ Cigars, durante el año 2023. Estelí, Nicaragua: UNAM FAREM-Estelí.
- Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Av.psicol*, 23(1), 9-17.
- Sangüesa, M., Mateo, R., & Ilzarbe, L. (2019). Teoría y práctica de la calidad. En M. Sangüesa, R. Mateo, & L. Ilzarbe, *Teoría y práctica de la calidad* (Segunda edición ed., pág. 259). Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.
- Senlle, A., & Gutiérrez, N. (2005). Calidad en los servicios educativos. En A. Senlle, & N. Gutiérrez, *Calidad en los servicios educativos* (pág. 28). España: Ediciones DIAZ DE Santos.
- Taguchi, G. (2005). *Taguchi's Quality Engineerig Handbook*. John Wiley y Sons.
- Talavera Flores , G. A., Herrera Agurcia , S. J., & Zavala González , R. E. (03 de Marzo de 2021). Nivel de productividad del área de producción de la empresa AJ Fernández en el segundo semestre del año 2020. Estelí, Nicaragua: UNAN FAREM Estelí.
- The Cigar Association of America. (16 de Octubre de 2025). *The Cigar Association of America*. The Cigar Association of America: <https://cigarsusa.org/market-trends/>
- Torres Saumeth, K. M., Ruiz Afanador, T. S., Solís Ospino, L., & Martínez Barraza\*, F. (2012). Calidad y su evolución: una revisión. *Dimens. empres*, X(2), 100-107.

Vilela, I. C. (2021). Controle de Qualidade na Indústria de Processor: Um Estudo de Caso Aplicado À Indústria do Tabaco. UBERLÂNDIA-MG, Brasil: Universidade Federal UBERLÂNDIA.

Yang, K., & El-Haik, B. (2003). *Design for Six Sigma*. McGraw-Hill Companies.

Zeledón López, E. V., Palacios Blandón, S. V., & Fuentes Rivera, R. M. (s.f.). Proceso administrativo para la producción y exportación del tabaco en la Empresa Procesadora de Nicaragua S.A. (PROCENICSA) en Estelí. Período 2021-2022. Estelí, Nicaragua : UNAM FAREM-Estelí.

## 15. Anexos

### Anexo A Guía de encuesta a personal de A.J Fernandez



27/09/2025

### **Encuesta-Sistema de control de calidad, basado en la metodología LEAN SIX SIGMA, con el fin de estandarizar los procesos en el área de preindustria en la fábrica de puros A.J. Fernández Cigar, durante el año 2025**

\*Six Sigma es una metodología que proporciona a las empresas las herramientas necesarias para mejorar la eficiencia de sus procesos. El objetivo de la mejora de procesos en Six Sigma es aumentar el rendimiento y reducir la variabilidad. Esta mejora en el rendimiento y la reducción de la variabilidad del proceso conlleva la disminución de defectos, el aumento de los beneficios, la mejora del clima laboral y la calidad del producto, y, en última instancia, la excelencia empresarial.

#### **1. Datos personales**

Favor complete sus datos personales antes de comenzar la encuesta

##### **1.1. Edad**

*Marca solo un óvalo.*

18-25

26-35

36-45

45 a más

## **1.2. Género**

Marca solo un óvalo

Femenino

Masculino

## **1.3. Nivel académico**

*Marca solo un óvalo.*

Primaria

Secundaria

Técnico

Universitario

Ninguno

## **1.4. Tiempo de laborar en la empresa**

*Marca solo un óvalo.*

1 año

2 años

3 años

4 años

5 años o más

## **2. Preguntas laborales**

### **2.1. ¿Cuántas libras bandeas al día?**

*Marca solo un óvalo.*

8-10 libras

11-13 libras

14 o más

**2.2. ¿Qué porcentaje de materia prima de su tarea diaria es de baja calidad?**

Entiéndase por baja calidad la materia prima que no es ideal para la producción de puros

*Marca solo un óvalo.*

5% - 10%

11%- 15%

15% o más

**2.3. Marque los defectos más comunes en la materia prima**

*Marca solo un óvalo.*

Hojas muy secas

Exceso de Picadura

Hojas con moho blanco

**2.4. La calidad de la materia prima en el último año consideraría que:**

*Marca solo un óvalo.*

Subió

Se mantuvo

Bajó

**2.5. ¿Cuál de las siguientes variedades de tabaco da más problemas para trabajarlo?**

*Marca solo un óvalo.*

México

Habano Ecuador

Broadleaf

Criollo

Sumatra

**2.6. ¿Cuál de las siguientes variedades presenta mayor porcentaje de hojas de baja calidad?**

*Marca solo un óvalo.*

México

Habano Ecuador

Broadleaf

Criollo

Sumatra

**2.7. Considera que se aplica un Sistema de control de calidad en el área de preindustria.**

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

Más o menos

**2.8. Cree que podría haber una mejora en la calidad de la materia prima**

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

Tal vez

**2.9. En algún momento en su tiempo trabajando en la empresa ha recibido una capacitación o charla sobre Calidad o control de calidad**

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

**¡Gracias por su atención!**

**Anexo B** Guía de observación al are de preindustria de AJ Fernández



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

27/09/202

5

Guía de Observación

**Empresa:** \_\_\_\_\_

**Objetivo:** \_\_\_\_\_

**Área a observar:** \_\_\_\_\_

**Subárea a observar:** \_\_\_\_\_

No.	Elementos a evaluar	Si	No	Más o menos	Observaciones
1	Cuenta con procesos estandarizados				
2	El personal conoce la importancia de los procesos estandarizados				
3	Los pilones se encuentran en los parámetros de control recomendados				

	(temperatura, Humedad)				
4	La fermentación del tabaco permite una combustión uniforme				
5	El porcentaje de grasa o “brea” adecuado para el proceso de horneado				
6	El color de las hojas es uniforme a la variedad del pilón				
7	El personal maltrata la materia prima				
8	El porcentaje de merma de los pilones está en los mínimos aceptables				
9	Cumplimiento con especificaciones de proceso (número de volteos, tiempo de reposo, condiciones de almacenamiento)				
10	El empilonado se ejecutó correctamente para permitir una correcta oxigenación del pilón				

11	Las plagas como gorgojos se encuentran reguladas				
12	Las enfermedades fúngicas se encuentran al mínimo permitido (moho azul)				
13	La ficha del pilón cuenta con la información actualizada sobre la temperatura y humedad durante el proceso de fermentación				
14	Los cortes de pilón reciben una técnica de mojado distinta según su numeración (C/1, C/2, C/3, C/4, C/5, C/6, C/7, C/8)				

**Anexo C** Guía de entrevista a jefes de área de AJ Fernández



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

27/09/2025

**Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí**

**Entrevista – Sistema de control de calidad, basado en la metodología LEAN SIX SIGMA, con el fin de estandarizar los procesos en el área de preindustria en la fábrica de puros A.J. Fernández Cigar, durante el año 2025**

\*Six Sigma es una metodología que proporciona a las empresas las herramientas necesarias para mejorar la eficiencia de sus procesos. El objetivo de la mejora de procesos en Six Sigma es aumentar el rendimiento y reducir la variabilidad. Esta mejora en el rendimiento y la reducción de la variabilidad del proceso conlleva la disminución de defectos, el aumento de los beneficios, la mejora del clima laboral y la calidad del producto, y, en última instancia, la excelencia empresarial.

**Entrevistador:** \_\_\_\_\_

**Entrevistado:** \_\_\_\_\_

**Tabacalera:** \_\_\_\_\_

**Cargo:** \_\_\_\_\_

1- ¿Cuántas y cuáles son las áreas que componen preindustria?

R=

2- ¿Cuál es el proceso de producción de pilones tripa y capa?

R=

3- ¿Cuáles son los estándares de calidad para aceptación o rechazo de materia prima?

R=

4- ¿Cuáles son las variables de producción que afectan la calidad del tabaco?

R=

5- ¿Cuáles son las herramientas o técnicas de control de calidad?

R=

6- ¿Cuál es el porcentaje de libras de tabaco de con conformidad se generan mensualmente?

R=

7- ¿Qué problemas se presentan en el proceso de fermentación del tabaco?

R=

8- ¿Cuáles son las variedades de tabaco que se procesan?

R=

9- ¿Qué cambia en el proceso de fermentación de cada variedad?

R=

10- ¿Existe un área encargada del control de calidad?

R=

11- ¿El área de preindustria se aplica una metodología de mejora continua?

R=

12- ¿El área de preindustria cuenta con herramientas tecnológicas de análisis y representación de datos?

R=

13- ¿Cuántos quintales se procesan mensualmente?

R=

14- ¿Cuánto tiempo requiere la fermentación de los pilones en “capa” y “tripa”?

R=

15- ¿El personal recibe capacitación en materia de control de calidad?

R=

16- ¿Cuenta con reglamento interno para la revisión del producto?

R=

17- ¿Cómo gestiona la empresa los reprocesos en el área de preindustria?

R=

18- ¿Cuáles son las oportunidades de mejora que puede implementar la empresa?

R=

**Tabla 2-C – Planes de muestreo simple en inspección reducida (tabla general)**

Letra código tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Limite de calidad de aceptación (AQL), en porcentaje de elementos no conformes y no conformidades por 100 ítems (inspección reducida)																											
		0,010	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1 000		
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re		
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
C	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
D	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
E	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
F	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
G	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
H	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
J	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
K	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
L	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
M	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
N	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
P	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Q	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
R	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

↓ = Utilizar el primer plan de muestreo bajo la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote, efectuar el 100% de la inspección

↑ = Utilizar el primer plan de muestreo por encima de la flecha

Ac = Valor de aceptación



*¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!*



