

Propuesta de implementación de la metodología Seis Sigma en el proceso de producción del café tostado y molido

Sara Nataly Gallego Urrea

sara.gallego@usc.edu.co

Juan Camilo Garcia Jiménez

juan.garcia10@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Comercial

Resumen

El mejoramiento continuo de cada una de las fases que intervienen en procesos de producción, particularmente el del café, son importantes para aumentar su calidad y de esa forma lograr un mejor producto. Por ejemplo, con condiciones de ser un producto con características estandarizadas en cuanto color, sabor, aroma y densidad. Esto se puede lograr con la implementación de la metodología Seis Sigma, que permite unificar las características de calidad e incluir condiciones de operación controladas. En este estudio se evidenció la poca documentación científica sobre el sistema de producción del café tostado y molido bajo esta metodología, por los altos costos que esta conlleva, provocando procesos repetitivos y generando un mayor número de granos defectuosos, lo que indica la necesidad de una propuesta parcial y eficaz para este sistema de producción. En el presente artículo, se expone una propuesta de implementación de las variables óptimas de la metodología Seis Sigma en el proceso de producción del café tostado y molido (desde el cultivo hasta su molienda). El análisis de la investigación facilitó la evaluación de factores difíciles de controlar y la caracterización de las variables del proceso que afectaban sus resultados. La propuesta es útil para ser aplicada en empresas del sector, con el fin de tener la capacidad de abordar proyectos de mejoramiento continuo y disminución de errores, en procesos de producción de café de alta calidad en Colombia con una naturaleza estadística regular.

Palabras Clave: Seis Sigma; producción de café; caracterización de variables; calidad; mejoramiento continuo.

Abstract

The constant improvement of each one of the phases that are involved in the production processes, especially in coffee, are important to increase its quality and this way, achieve a better product. For example, with conditions to be a standardized product, when it come to color, flavor, scent and density. This can be achieved implementing the Six Sigma methodology, this allows standard the quality characteristics and includes controlled conditions for its operation. In this study, it was evident the lack of scientific documentation about the production process of roasted and grounded under this methodology. This, due to the high costs that this entails. Provoking repetitive processes and generating a higher number of defectives, which implies the need of a partial and effective proposal for this process. This article presents an implementation proposal of the Six Sigma methodology's optimal variables in the roasted and grounded coffee production process (from cultivated to grounded). The investigation analysis eased the evaluation of factors that were hard to control and the characterization of the process variables that affected its results. The proposal is useful to be applied in the area enterprises that can implement it. Also, have the ability to approach quality improvement projects and mistake reduction in this type of process in high quality coffee production in Colombia with a normal natural statistic.

Key words: Six Sigma; Coffee production; Variables characterization; Quality; Continuous improvement.

1. INTRODUCCIÓN

El café es sin lugar a duda un producto especial, desde años es considerado como un elixir de vida, su principal atractivo en la mayoría de personas que lo beben, está sujeto al placer de degustarlo y sentir el estímulo para mantenerse energéticamente activos, otras personas lo beben por cultura, genética o simple gusto; siendo económicamente hablando, uno de los productos más importantes y de mayor consumo en el mundo (Fernández, 2010), generando cambios a nivel de desarrollo económico satisfactorios para una gran cantidad de países, promoviendo el comercio internacional.

Las características del café más apreciadas son el aroma, color, densidad y sabor innato, cuya calidad depende de muchos factores críticos difíciles de controlar, dentro del proceso productivo, desde su origen hasta el entorno, se debe establecer unos parámetros para no afectar las propiedades físicas, desde su cultivo, continuando con la línea productiva, hasta los procesos de post cosecha, procurando el mejor café, con altos estándares de calidad.

Asimilando el extenso proceso por el cual pasa el café, la importancia que posee a nivel mundial según información del *Departamento Administrativo Nacional de Estadística* (DANE, 2017) y analizando los problemas que tiene la industria cafetera relacionados con la dificultad de controlar cada una de sus fases según (Zapata & Sarache, 2014), es necesario establecer un sistema de control de calidad de estandarización de procesos, en el cual evalúe la variabilidad que se produce en cada fase, para la disminución de errores en el proceso, como lo fundamentan (Serrano & Ortiz, 2012). Una opción es la metodología Seis Sigma, que, de acuerdo con el libro *The Six Sigma Handbook* (Pyzdek & Keller, 2010), lo que pretende esta metodología es minimizar los problemas a 3.4, por millón de oportunidades, mejorar la capacidad de cada uno de los procesos, eliminar desperdicios, disminuir la variabilidad, aumentar la satisfacción del cliente, mejorar sustancialmente la calidad y maximizar la rentabilidad de cualquier tipo de empresa.

Se realizó una búsqueda de información en las diferentes bases de datos de la Universidad Santiago de Cali, principalmente en ProQuest y ScienceDirect, utilizando una serie de palabras clave como criterio de búsqueda. Recopilando la siguiente información:

Tabla 1 Revisión Sistemática de datos

SITIO DE BUSQUEDA		Proquest	ScienceDirect	Paginas oficiales	Recuperados de internet	TOTAL
CRITERIO DE BUSQUEDA	"Seis Sigma"	11	2	0	2	15
	"Seis Sigma Café"	2	0	0	1	3
	"Café"	2	0	0	0	2
	"Calidad"	1	1	0	1	3
	"DMAIC"	1	0	0	2	3
	Otras Palabras	1	0	3	2	6
TOTAL		18	3	3	8	32

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla, no hay fuentes suficientes de información que conecte la implementación de la metodología Seis Sigma, con el proceso de producción del café.

La metodología Seis Sigma ha sido aplicada en diferentes sectores para la mejora de procesos, centrada en la disminución de productos defectuosos como lo presentan (Becerril, 2006; Díaz Castellanos, Díaz Ramos, Barroso Moreno, & Pico González, 2015; Mantilla & Sánchez, 2012; Ríos, Sánchez, González, & Asco, 2016) entre otras industrias, que han implementado la metodología para lograr estándares de calidad total específicos, por medio del modelo lógico de solución de problemas DMAIC (*Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar*), en cada una de las etapas utilizando datos estadísticos, evaluaciones pertinentes, que se llevan a cabo por un grupo de trabajo altamente capacitado para su implementación. Entonces, analizando los grandes beneficios que esta metodología provee, ¿por qué no realizarlo en la industria del café?

El objetivo de este trabajo es, a través de **la caracterización de variables (TQM, "Total Quality Management")**, proponer una implementación de la metodología Seis Sigma al proceso de producción del café tostado y molido en Colombia, evitando un costo altamente elevado por medio de las condiciones de calidad total, con la restricción de inspección de procesos del 100%.

Es así, como este trabajo ofrece una propuesta de caracterización, para la implementación de la metodología dentro del proceso de producción del café tostado y molido, basándose principalmente en información del proceso que se lleva a cabo en **las industrias cafeteras de Colombia**, analizando fuentes de datos estadísticos y caracterizando las variables que más influyen en el proceso. Esto se presenta a través de las secciones: Metodología, donde se realiza la recolección y estructuración de la información, para lograr definir la caracterización de las variables influyentes a través del diagrama SIPOC; Resultados, en los cuales se evidencia toda la investigación realizada por medio del análisis de la información encontrada, relacionada con la producción de café; Discusión, donde se interpreta y generaliza las observaciones realizadas; Conclusiones, en las que se evidencian las ideas más importantes, recomendaciones y limitaciones del proyecto.

2. METODOLOGÍA

Para definir la propuesta de implementación de la metodología, bajo los estándares de calidad total, se determinan los parámetros necesarios para aumentar la calidad en el proceso y se caracterizan, usando la estructura del diagrama SIPOC (por sus siglas en inglés *Supplier, Inputs, Process, Outputs, Customers*), representado en el libro *The Six Sigma Pocket Toolbook* (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005), que permitirá aumentar su competitividad.

De esta forma, se elaboran diferentes actividades de la siguiente manera:

- **Recolección de información:**

- ✓ Se realizó un análisis de datos estadísticos sobre el comportamiento y producción del café a nivel nacional e internacional: por medio de la búsqueda en páginas oficiales (DANE, 2017; FNC, 2019; ICO, 2019).
- ✓ Se evaluó los estándares de calidad para el café tostado y molido en el ámbito nacional y las condiciones que debe tener cada uno de sus procesos para lograr la calidad determinada, en la búsqueda en reportes oficiales como (Arcila Pulgarín & Farfán Valencia, 2013; Cafe de Colombia, 2010; CENICAFE, 2015, 2016, 2017; FNC, 2018; Moreno B. et al., 2013; Rodríguez Valencia, Sanz Uribe, Oliveros Tascón, & Ramirez Gomez, 2015).
- ✓ Se investigó fuentes de información, antecedentes, importancia, aplicación en diferentes sectores de la metodología Seis Sigma, en libros como *The Six Sigma Handbook* (Pyzdek & Keller, 2010), *The Economic Control of Quality of Manufactured Product* (Shewhart, 1931), *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control* (Shewhart, 1939), y en artículos como (Erbiyik & Saru, 2015; Linderman, Schroeder, Zaheer, & Choo, 2003) y la utilización del diagrama SIPOC en su proceso en el libro *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma* (Gutierrez Pulido & De la Vara Salazar, 2012), bajo la caracterización de las variables que influyen en el proceso del café tostado y molido en artículos como (Dussan, 2017; Zapata & Sarache, 2014).

- **Estructuración de la información:**

- ✓ Después de organizar y analizar la información recolectada, a través de una tabla en Excel, se estructuró en columnas de la siguiente manera: *fecha de publicación, autor, título, objetivo, metodología y conclusiones* (basadas en el análisis de la información, según el objetivo propuesto en la publicación).
- ✓ Se identificó las diferentes actividades y subprocesos de la línea de producción del café tostado y molido, desde el cultivo, hasta su liofilización, se realizó definiendo cada una de las fases del ciclo PHVA (*Planear, Hacer, Verificar y Actuar*), representado en el libro *Calidad Total y Productividad* (Gutierrez Pulido, 2010); así, realizar la presentación general del proceso a través del diagrama SIPOC, clasificando cada una de las variables identificadas.

- **Caracterización de las variables influyentes:**

- ✓ Esto se realizó, bajo los estándares de calidad total (**TQM**) (Gutierrez Pulido, 2010), dentro del proceso del café tostado y molido, se caracterizaron las variables, clasificándolas en: variables de entrada, de proceso y de salida; con el fin de lograr la estandarización de cada una de las fases que influyen en el proceso, buscando un aumento en el nivel de calidad y disminución de errores:

Diagrama SIPOC para un Proceso

Variables de entrada → Variables de proceso → Variables de salida

$$y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n). \text{ (} y \text{ es función de } x \text{) donde,}$$

y = representa las salidas o efectos de un proceso (en función de las entradas (x)).

x = representa las entradas, causas o problemas de un proceso (determinan las salidas (y)).

3. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de cada inciso presentado en el punto 2. Metodología:

3.1. DATOS ESTADÍSTICOS

PRODUCCIÓN (FNC, 2019) *Federación nacional de cafeteros:*

Dada la información de la tabla de producción (ver Anexo A)

- **Producción registrada en el año 2018:** 13.566 Miles de sacos de 60 Kg de café verde equivalente.
- **Valor de la cosecha nacional registrada en el año 2018:** \$6'235.196 Millones de pesos.

PRECIOS:

Los valores se calculan dada la información de la FNC (ver Anexo B):

- **Precio Interno del Café Colombiano** (Promedio anual de 2018) Precio interno diario base de compra del FNC por carga de 125 Kg. de café pergamino seco: \$741.105 (FNC, 2019).
- **TRM** (Promedio año 2018): \$2.956,43 con tendencia al aumento (Banco de la Republica, 2019).

Tabla 2 *Precios indicativos OIC (Organización internacional del café) por grupos (Promedio Año 2018)*

Centavos de dólar por libra		Suaves colombianos (arábica)		
Mes	Precio del indicador compuesto OIC	Nueva York	Alemania	Promedio ponderado
Promedio 2018	\$ 109,04	\$ 139,59	\$ 133,26	\$ 136,70

Fuente: (ICO, 2019)

EXPORTACIÓN:

Según la tabla general de exportación (ver Anexo C)

Tabla 3 *Volumen de exportaciones colombianas de café según el tipo (Anual)*

Unidad: Miles de sacos de 60 Kg de café verde equivalente							
AÑO	Verde	Verde descafeinado	Tostado en grano	TOSTADO Y MOLIDO	Extracto y soluble	Producto de Colombia (verde + industrializado)	Total
2018	11.316	17	38	59	779	542	12.751

Fuente: (FNC, 2019)

- **Valor de exportaciones (2018):** \$2.614 Millones de dólares (FNC, 2019), del cual, la FNC abarca el 18,68%.

Todo lo anterior, demuestra la gran importancia que tiene el café para la economía a nivel mundial, el gran porcentaje del movimiento comercial que representa, por lo tanto, debe contener características estandarizadas, que han sido evaluadas durante este estudio, los resultados se exponen en la **caracterización de variables** en el inciso 3.5.2.

3.2. EVALUACIÓN DE ESTANDARES DE CALIDAD

Adicional a la tabla 1 donde se presenta la revisión sistemática de datos, se revisaron otras fuentes, analizando la

metodología Seis Sigma, y el proceso de producción del café, con el fin de evaluar los estándares de calidad más apropiados para el café en variadas condiciones, en bases de datos, reportes y libros como:

- *Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en los sistemas de producción de café* (Arcila Pulgarín & Farfán Valencia, 2013): Exponen los factores a tener en cuenta para diseñar un plan de nutrición eficiente, que logre maximizar la productividad y rentabilidad del cultivo.
- Clasificación de calidad (Cafe de Colombia, 2010): Buscan establecer las mejores condiciones de producción, determinar cuáles son las características que debe tener un café de calidad, fundamentándose en la FNC.
- Reportes de (CENICAFE, 2015, 2016, 2017): CENICAFE al ser el *Centro Nacional de Investigación del Café*, cuenta con reportes, donde se encontraron profundas investigaciones con respecto a toda la línea de producción del café, detallando cada proceso minuciosamente.
- *The Six Sigma Handbook* (Pyzdek & Keller, 2010): Expone la definición, filosofía, importancia de la metodología Seis Sigma, a través del modelo de mejora DMAIC, la herramienta QFD (*Quality Function Deployment*) presentando su estructura de implementación.
- *The Economic Control of Quality of Manufactured Product* (Shewhart, 1931): Resalta la importancia de mantener en todo los sistemas de producción, un control de calidad, que se lleve a cabo en cada una de las etapas, para lograr disminuir los costos de no calidad, produciendo un producto con estándares de calidad elevados.
- *“Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método taguchi”* (Zapata & Sarache, 2014): El artículo presentó que el método utilizado facilitó experimentar con variables no controlables, y logró evaluar la disminución de la calidad debido a procesos innecesarios y no estandarizados.

La investigación que se realizó a partir de estos reportes, se presenta en detalle en la caracterización de variables, en la sección 3.5.2. para establecer los mejores estándares de calidad.

3.3. ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se estructuraron los datos en una tabla de Excel (Ver Anexo D)

Tabla 4 Ejemplo de estructura de la tabla del análisis de información

No.	Referencia Autor - Fecha	Título	Objetivo	Metodología	Conclusiones
1	(Dussan, 2017)	"Análisis de un modelo agroforestal cafetero en el municipio de Valparaíso, Caquetá, Colombia"	"Producir café de alta calidad en condiciones de producción adversas, con el fin de lograr un cultivo con características de un café especial."	Análisis morfológico	"Se logró demostrar que a pesar de las condiciones de producción, el grano conserva su forma similar, con pequeñas diferencias en cuanto a tamaño y peso del grano."
2	(Zapata & Sarache, 2014)	"Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método taguchi"	"Utilizar un método de mejoramiento continuo para aumentar la calidad del café soluble."	Taguchi	"El método facilitó experimentar con variables no controlables, y evidenció la disminución de la calidad, debido a procesos innecesarios y no estandarizados."
3	(Buestán, 2013)	"Aplicación de la metodología seis sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado"	"Reducir la pérdida de café al granel, en el proceso de envasado de una planta específica."	Seis-Sigma	"Su aplicación, más el modelo "just in time", provocaron una reducción significativa en la pérdida del producto, superando las expectativas planteadas."

Fuente: Elaboración propia.

La anterior tabla se realizó, con el fin de presentar brevemente la información analizada, relacionada con los temas de interés para este proyecto, donde se muestra la fecha y el autor del documento revisado, el título, el objetivo que se tiene, la metodología que plantea y las conclusiones generadas en él. Se revisaron 33 archivos, entre documentos, reportes,

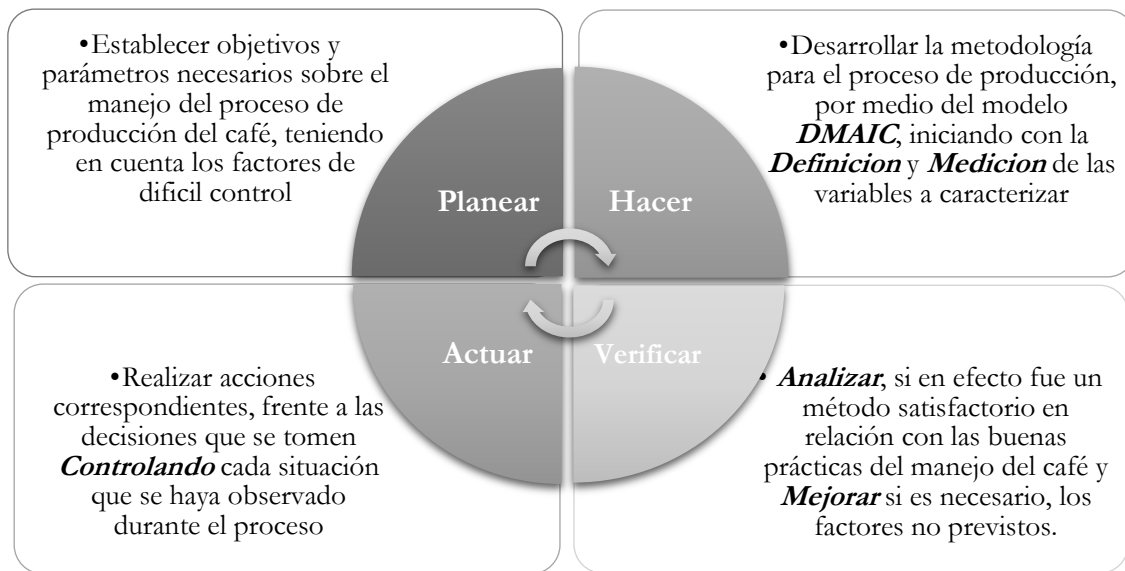
artículos, páginas oficiales, entre otros.

3.4. FASES PARA EL MANEJO DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO

Para el manejo del café tostado y molido, el ciclo Deming (PHVA) representado en el libro *Calidad Total y Productividad* (Gutierrez Pulido, 2010) fue una herramienta fundamental para el desarrollo de la estructura básica del sistema de calidad, en la administración del proceso, para el mejoramiento continuo, aplicado en cada fase, a continuación, se exponen los pasos que se deben tener en cuenta para lograr un café de calidad, y se presenta en la figura 1, donde se relaciona el ciclo Deming con en el modelo DMAIC:

- **P** (Planear): establecer objetivos y parámetros necesarios sobre el manejo del proceso de producción del café, teniendo en cuenta: terrenos de cultivo, ubicación geográfica, salubridad, condiciones climáticas.
- **H** (Hacer): en este nivel se implementa la metodología a desarrollar en el proceso de producción, que consiste en el modelo (DMAIC), que busca la aplicación del Seis Sigma en el proceso operativo correspondiente al manejo del café tostado y molido.
- **V** (Verificar): se continúa con el nivel de verificación de lo que se realizó anteriormente, haciendo un seguimiento oportuno de cada uno los procesos y factores económicos, analizando, si en efecto fue un método satisfactorio en relación con las buenas prácticas del manejo de un café de alta calidad.
- **A** (Actuar): se realizan las acciones correspondientes, frente a las decisiones que se tomen en cada situación que se haya observado durante el proceso de producción del café, en la etapa de verificación, con esto llegar a definir si fue exitoso, o si es necesario regresar al nivel de planificación para definir nuevas ideas.

Figura 1 Proceso para el café tostado y molido.



Fuente: Elaboración propia

Analizando cada una de estas fases, el proceso de producción del café tostado y molido se trata, teniendo en cuenta la metodología del Seis Sigma de manera clara y concisa, todas las actividades que se realizan durante el proceso, desde la plantación de la semilla hasta su comercialización. La organización de cada proceso requerido, se realizaría de la siguiente manera: cultivo, cosecha, beneficio, tueste y molido. Para que la metodología de Seis Sigma logre ser aplicada, se clasificaron y definieron una serie de variables, según su descripción en la sección 3.5.2., para el análisis detallado sobre

cada una y el efecto que tienen sobre el producto final que se desea obtener, en este caso, café de alta calidad.

3.5. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO

Se pasa a explicar el proceso de producción del café tostado y molido, enfocando principalmente lo correspondiente al proceso operativo, centrándose en el producto específicamente, sin llevar a cabo el análisis de la parte administrativa, que busca entender el comportamiento en el área de gastos, compras, ventas, entre otros factores relacionados; con el fin de caracterizar de forma detallada cada una de las variables operativas del proceso, para lograr entender el funcionamiento de cada una y analizar en qué aspectos se debe realizar una mejora y llevar un control sobre los procesos de manera organizada para obtener un resultado satisfactorio.

3.5.1. Aplicación del SIPOC para el café tostado y molido. Se toma como referente el esquema mencionado anteriormente, para presentar de manera inicial el proceso, así:

Figura 2 Proceso para el café tostado y molido.



Fuente: Elaboración propia

El propósito es obtener un grano de café tostado y molido estandarizado en cuanto color, sabor, aroma y densidad, con una calidad alta que se enuncia en las salidas, con esto la función interpretada como **Y** se define de la siguiente manera:

Y: Café tostado y molido estandarizado de alta calidad, listo para degustar.

Para las variables **X** se consideran las siguientes variables:

Variables de entrada:

X₁: Semillas. X₂: Germinador. X₃: Almacigo. X₄: Siembra.

Variables de proceso:

X₅: Cosecha. X₆: Beneficio. X₇: Tueste. X₈: Molido.

La vista funcional del proceso queda entonces así: $Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8)$

Con esto se refiere al propósito de lograr alcanzar la mayor cantidad de café de alta calidad, con un control efectivo en cada uno de sus procesos, de acuerdo con las variables mencionadas de entrada y las de proceso, representadas como **X_i**; con **i** que va del 1 al 8.

3.5.2. CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES: A continuación, se describen cada una de las variables que determinan el producto esperado.

➔ Cabe recalcar que dada la información de (Arcila Pulgarín, 2014), en la publicación *Establecimiento de un cafetal*, de las etapas más importantes del cultivo del café y en las cuales se debe tener un cuidado riguroso son: la obtención y elección de la variedad de semilla a sembrar, el germinador y el almacigo. Un buen manejo en esta fase, sería la base del éxito de la inversión, logrando aproximadamente 20 años de productividad del cultivo.

X₁: Semillas: de acuerdo con (Moreno B. et al., 2013), tener una semilla con características buenas en cuanto a sanidad, apariencia y viabilidad, es el primer paso para lograr un café de alta calidad.

Sanidad: Esta se define principalmente con su apariencia y capacidad de germinación. Se deben evitar problemas sanitarios que puedan afectar la semilla, producto del ambiente y almacenamiento (suelo con baja incidencia de enfermedades y clima adecuado **con temperaturas que varíen de 26°C en el día y 20°C en la noche**).

Apariencia: La idea es que el color de la semilla sea homogéneo (**amarillo ámbar**), sin manchas o restos de pulpa, ni perforaciones, causadas principalmente por daños mecánicos o causadas por insectos; se deben eliminar semillas con cualquier signo de enfermedad y evitar residuos vegetales, también es importante llevar a cabo un buen secado, para evitar defectos en su apariencia.

Viabilidad: Elegir una semilla que de origen a plantas sanas y con vigor, que germine de una manera adecuada y oportunamente. Las prácticas del beneficio, no deben afectar la germinación, permitiendo que las plantas se almacenen adecuadamente no más de un año; especialmente se debe tener mayor cuidado en el despulpado y secado.

- Despulpado: maquinas calibradas.
- Lavado: retirar los granos flotantes.
- Secado: no exponerlo al sol, que logre una humedad del 25 al 30%.

Características de una buena semilla para un buen cafetal (Arcila Pulgarín, 2014; Cafe de Colombia, 2010):

➤ Seleccionar una planta madre con condiciones favorables:

- Semillas de gran tamaño con apariencia fuerte y sana, que resista a plagas y enfermedades como la roya, la variedad es definida de acuerdo a la zona (Café arábica), con una edad entre 3 a 10 años, buscando la menor producción de granos defectuosos.

➤ Selección y conservación de las semillas:

- Se ubican en la parte media de la planta y la rama, evitando los granos con defectos visibles, partidos, con forma irregular, o afectados por la broca (insecto parásito del café).
- Almacenarlas por poco tiempo, en un lugar fresco, para no afectar el proceso de germinación.
- Fermentar y lavar el grano de café despulpado.
- Secar el grano a la sombra y con condiciones de favorables de ventilación, a una temperatura menor a 30°C; logrando de esta manera que alcance entre el 11 y el 12% de humedad.

X₂: Germinador (duración aprox. 2 meses): Según el *manual del cafetero colombiano*, “la primera etapa del crecimiento vegetativo (raíz, tallo y hojas) del café, ocurre en el germinador, siendo el soporte de los órganos reproductivos,

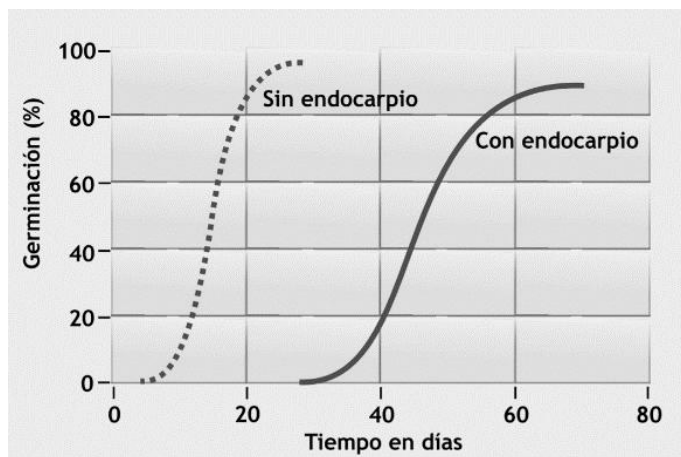
directamente relacionados con la producción, teniendo en cuenta que un buen comienzo en el germinador mantendrá al máximo el potencial de crecimiento en las fases siguientes del cultivo, construyendo la base para el éxito de una inversión a largo plazo, cuando se renueva el cafetal por siembra nueva.” (CENICAFE, 2015).

Características para una correcta germinación:

- Debe ser construido en madera o guadua, elevado del suelo, con dimensiones de 1m de ancho por 1m por 30cm de profundidad, para un kilogramo de semilla, produciendo alrededor de 3000 chapolas sanas, con forma adecuada, garantizando un buen almácigo.
- El germinador se debe de hacer 8 meses antes de la fecha de siembra del cafetal, aplicando fungicida antes de sembrar.
- Sembrar la semilla hundiéndola con una presión suave sobre la tierra húmeda, para después taparla a 1cm de espesor con otra capa de tierra tratada, este debe permanecer húmedo.
- Se clasifican en bolsas de almácigo cuando las chapolas cuenten con sus dos hojas completamente extendidas, buscando que cuenten con una raíz completa y vigorosa, según (Gaitán, Villegas, Rivillas, Hincapié, & Arcila, 2011) el límite de crecimiento de la raíz, depende del tamaño de la bolsa, prevenir doblamientos en forma de “L”, para evitar efectos negativos a futuro.

Nota: Cuando el pergamino todavía se encuentra en la semilla, esta logra germinar entre los 50 a 70 días, cuando este se remueve se acelera la germinación alrededor de 20 días como se observa en la Figura 3.

Figura 3 Germinación de café con y sin endocarpio



Fuente: (Arcila Pulgarín, 2014)

X₃: Almácigo (duración aprox. 5-6 meses): De acuerdo con la información obtenida en el artículo *ALMACIGOS DE CAFÉ: Calidad fitosanitaria, manejo y siembra en el campo* (Gaitán et al., 2011), se recomienda que se efectúen las mejores prácticas agrícolas a lo largo de su proceso, con el fin de generar plantas productivas, manteniendo un cultivo con plantas jóvenes y en constante renovación, con oportunidad de modificar la densidad de la siembra, garantizando sus ingresos por más de 20 años.

Mantener plantas en el almácigo, genera mayores costos que en el germinador, por ello se debe buscar producir plantas con condiciones sanitarias óptimas, que logren el mayor crecimiento y desarrollo en tiempos mínimos, con alto potencial de productividad.

Características prácticas para el establecimiento y cuidado del almácigo:

- Utilizar solo material sano: Verificar la apariencia de las chapolas de café a sembrar, que cuenten con un buen

crecimiento de raíces, evitando un color café oscuro en ellas, lo que indica contaminación por hongo (volcamiento) o pudrición radical.

- Verificar la sanidad y planicie del terreno, que las plantas ya sembradas en él, estén fuera de enfermedades, que puedan afectar en la siembra de las nuevas.
- Revisar periódicamente las plantas en el almácigo (una vez al mes, como mínimo) a una de cada 100 plantas, a través de muestreo en sus raíces.
- Los almácigos de mayor edad son más propensos a presentar problemas como volcamiento, síntomas de deformación en la raíz principal (cola de marrano), afectación en la raíz de nematodos del nudo radical, por ello se debe prevenir antes de llevar al campo.
- Otras alteraciones que se pueden evidenciar en las plantas son: mancha de hierro, roya del cafeto, muerte descendente, cochinillas harinosas, entre otras. Deben permanecer en riego continuo.

X₄: Siembra: Dada la información de la *Federación Nacional de Cafeteros* (FNC, 2018) se deben seleccionar las mejores chapolas del almácigo para la siembra en el campo, eliminar las débiles, de mala apariencia, con raíces mal formadas, para lograr una siembra productiva.

El tiempo que tarda desde la siembra hasta la primera floración (mínimo el 50% de las plantas haya florecido) según (Arcila Pulgarín, 2013), es de aproximadamente 11 meses, después entra a la fase de desarrollo productivo, en la cual, entre los 6 y 8 años de edad, alcanza su máxima productividad, luego esta va disminuyendo paulatinamente.

Características de una adecuada practica en el momento de sembrar:

- Dimensiones de hoyos para la siembra: 30 cm de largo x 30 cm de ancho y 30 cm de profundidad.
- Suelos → Condiciones físicas: para determinar un buen desarrollo y distribución de las raíces, se debe tener una estructura con buena distribución y una textura con proporciones adecuadas de arcillas, limos y arena.

Condiciones químicas: con estado de fertilidad y nutrición eficientes, las cuales son afectadas por suelos ácidos, estos deben permanecer con acidez entre 5 y 5.5; altos niveles de aluminio, por encima del 60%, afectan el desarrollo adecuado de la raíz.

- Temperatura optima: se encuentra entre 19 a 21,5°C, menor a 19°C se genera una menor producción, mayor a 21,5°C se acorta la vida productiva del cafeto, mayor índice de enfermedades; “La temperatura óptima para el crecimiento del café está alrededor de los 21°C, con límites inferior de 10°C y superior de 32°C; por fuera de estos el crecimiento de la planta es nulo” (Arcila Pulgarín, 2014).
- Brillo solar: en la zona cafetera se cuenta con 4 a 5 horas del sol al día aproximadamente.
- Régimen de vientos: vientos de poca fuerza son los óptimos para el cultivo.
- Lluvias: entre 1.800 a 2.800mm anual, con un balance adecuado de distribución mensual, cerca de 120mm al mes.

X₅: Cosecha: De acuerdo con la información dada por Café de Colombia (2010), los periodos de recolección dependen de las épocas de floración y el tipo de cultivo; en el caso del café arábica, la cosecha se da en un promedio de 32 semanas después de las floraciones. A continuación, se muestra la tabla 5, que presenta las fechas más optimas según la época de floración, dada la información obtenida por (Arcila Pulgarín, 2013):

Tabla 5 *Época óptima de cosecha*

ÉPOCA DE FLORACIÓN		ÉPOCA DE COSECHA
Primera floración	Noviembre 1 – Abril 30	Julio 1 – Diciembre 31
Segunda floración	Mayo 1 – Octubre 31	Enero 1 – Junio 30

Fuente: (Arcila Pulgarín, 2013)

Si un café no es recolectado en el punto clave de maduración, si se recolectan granos con defectos en su apariencia causados por enfermedades de la planta, si ha sido fermentado excesivamente en la fase de beneficio o no contiene el porcentaje de humedad óptimo, sus estándares de calidad se verán afectados notoriamente.

El ciclo de producción después de la siembra dura aproximadamente unos 6 años, comprendiendo 3 ciclos de renovación, obteniendo alrededor de una a dos cosechas al año.

Características de recolección a tener en cuenta para la cosecha:

Se debe recoger el fruto del café, cuando este cuente con un color rojizo o un tono un poco amarillento, con apariencia de una cereza, existen dos métodos de recolección:

- **Manual:** este proceso es más costoso, pero garantiza una mayor probabilidad de lograr granos de alta calidad, por ello que se encarga de recoger una a una las bayas pasando entre las plantas, para asegurarse de tomar solo las que alcanzaron el nivel de maduración óptimo.
- **Mecánico:** este método consiste en tomar todos los frutos sin tener en cuenta el grado de maduración, para luego clasificarlas, la mayoría de las veces de forma poco eficiente.

Lo que se busca es obtener un grano de café arábica con las siguientes características, según (Café de Colombia, 2010): que contenga de 10 a 13% de agua (pergamino seco), 11% de proteínas, entre 1 a 1,5% de cafeína, lo que define que tan amargo es el café.

X₆: Beneficio: De acuerdo con la información contenida en la publicación *Beneficio del café en Colombia* (Rodríguez Valencia et al., 2015), cuando el fruto se encuentra maduro (café cereza), después de cosechado, se vuelve un producto altamente perecedero, por lo que se debe realizar el proceso llamado beneficio, para llevarlo a ser café pergamino seco (estado del grano sugerido para comercializar) y preservar su calidad. Este comprende las siguientes etapas: recibo del café cereza, despulpado, transporte de pulpa, lavado y secado.

Características de las etapas del proceso de beneficio del café (CENICAFE, 2015; Rodríguez Valencia et al., 2015):

- Recibo del café cereza: Si el tamaño de la producción es pequeño, es recibido en la tolva de la despulpadora, si tiene gran producción, se utilizan tolvas secas, para ser transportado hasta la despulpadora, la idea es usar la menor cantidad de agua, por cuestiones ecológicas.
- Despulpado: Se debe realizar inmediatamente en el momento en que se termina el proceso de cosecha, para evitar el fermento del grano, y pierda su calidad. Esta etapa tampoco requiere de agua, porque el mucilago que posee el café maduro, permite retirar la pulpa de la cereza con facilidad, presionando a través de la despulpadora.
- Transporte de pulpa: Se transporta la pulpa del café por medio del tornillo sin fin, como se evidencia en el *Esquema de funcionamiento del separador hidráulico de tolva y tornillo sin fin* (ver Anexo E).
- Lavado: Se puede realizar el lavado en tanque con la técnica de los cuatro enjuagues con menos de 5 L de agua por 1 kg de cps (viscosidad).
- Secado: Se puede realizar a través de secadores mecánicos, con un tiempo promedio de secado de 18 horas.

Se debe lograr el manejo de subproductos a partir de los residuos generados de una manera adecuada, para la optimización de recursos y aumento de competitividad.

X7: TUESTE: El proceso de tueste de acuerdo con el *Manual básico de buenas prácticas para el tostado del café* (Engler, Castillo Luzon, & Muñoz Ordóñez, 2018), genera una serie de cambios físicos y químicos, alterando las propiedades iniciales del café verde en cuanto a humedad, volumen, densidad, acidez, color del grano, entre otros. El nivel indicado de tueste es un indicador muy controversial que varía dependiendo de factores como la cultura, gustos y hábitos de cada región, dando origen a diferentes grados y niveles de tueste, principalmente establecidos por el color del grano.

Características de un grano con un buen proceso de tueste (Ramírez Durán, 2014):

Convirtiéndose, en uno de los procesos más importantes dentro de la cadena de producción, en esta fase se define el sabor que va a percibir la persona que lo consuma, por ello, es tan esencial definir la serie de variables que influyen en lograr las características determinadas para el tueste que tengan como resultado:

- **Peso:** El grano debe perder entre 15 a 20% de peso, por la evaporación principalmente de la humedad.
- **Volumen:** El grano debe aumentar su volumen, en un 100 a 130% en función del tiempo de tueste.
- **Color:** depende del grado en el que requiera el tueste, entre más tiempo, el color del grano oscurece, empieza con un verde claro que pasa a amarillo, luego a marrón claro, llegando a un color marrón oscuro. El color define la acidez y brillantez de un grano, entre más oscuro menor grado de acidez y mayor brillo tendrá, por el desprendimiento de aceites esenciales.

Las variables que interactúan para el proceso del tueste son **la temperatura** que varía constantemente y **el tiempo**, que debe ser inversamente proporcional a la temperatura. Se recomienda un tiempo de aproximadamente 15 a 20 minutos en temperaturas inferiores a los 230°C (Puerta-Quintero, 2003), para garantizar un tueste uniforme. En cuanto más tiempo se tueste el café, más cafeína se habrá quemado, llevándolo a un café más descafeinado. Por lo tanto se debe contar con una maquina tostadora que permita modificar los niveles de temperatura para generar curvas de tueste, con sistemas de enfriamiento, para obtener un mejor producto, en el momento de la cata, que se debe realizar máximo 24 horas y mínimo 8 horas después del tueste según (Engler et al., 2018)

Los diferentes tipos de tueste y características se evidencian en los *Niveles de tueste* (Ver Anexo F).

X8: MOLIDO: Este proceso es clave dentro del proceso de elaboración de un buen café, para el momento de comercialización; el grado de molienda, dada la información de (Café de Colombia, 2018), depende del uso o tipo de preparación al cual va destinado, su granulometría varía desde un simple quiebre del grano en piezas pequeñas, para la extracción en el ámbito industrial, una molienda más sutil, para generar una textura arenosa para la preparación de café colado, hasta establecer una molienda más especializada, para lograr un polvillo fino para el famoso café espresso.

Características del proceso de molido correcto (Bello Roza & Suarez Vaca, 2016):

- Una de las características más relevante, es la solubilidad que ofrece el café tostado dentro del proceso anterior, por su facilidad de quiebre para la fase de molido, factor indispensable para la infusión.
- Dependiendo del uso y el tipo de máquina que se vaya a utilizar, se define el grado de molido adecuado del café a preparar, normalmente debe tener una granulometría que sea perceptible al tacto y no una consistencia harinosa, esto se puede medir con los sistemas de medición especializados, como el láser, que define la densidad de las partículas trituradas, como en las cafeteras de filtro, aceptando diferentes tipos de molido, desde el más fino de 430 μ , hasta el más grueso de 650 μ . Se debe controlar su temperatura, buscando que no supere los 35°C.
- Se debe tener cuidado en las maquinas a utilizar, ya sea, molino de rodillo o molino de fresas, evitando el desgaste de los rodillos o las fresas, la alteración en la velocidad del motor, el estado de refrigeración, entre otros factores que puedan afectar la calidad del café molido o liofilizado.
- El café tostado sin moler, es particularmente delicado por la oxidación y el añejamiento de sus aceites naturales provocado en la fase de tueste. El café molido por su parte es aún más delicado y requiere de un proceso más crítico y especializado, debido a que, al estar molido su área superficial es mayor y la exposición con el aire incrementa, por lo que el proceso de oxidación se acelera, es por esto, que en el momento de moler el café debe

ser empacado al vacío, de forma hermética para aumentar su tiempo de conservación.

De acuerdo a la caracterización anterior, como se presenta en la tabla 3, se consolidan los parámetros clave de cada variable analizada:

Tabla 6 Identificación de parámetros clave de variables caracterizadas

VARIABLE	PARAMETROS CLAVE
X₁ Semilla	Tipo: Café arábica
	Edad: entre 3 a 10 años
	Color: Amarillo ámbar
	Humedad: 25 a 30%
	Condición: Temperatura que varíe de 26°C en el día y 20°C en la noche
X₂ Germinador	Material: Madera o guadua
	Dimensiones: 1m de ancho x 1m de largo x 30cm de profundidad
	Tiempo de realización: 8 meses antes de la fecha de siembra del cafetal
	Condición: Elevado del suelo
	Condición semilla: Plantar la semilla sin pergamino
X₃ Almacigo	Raíces: Sin volcamiento
	Sistemas de riego: Continuo
	Control: Revisar una vez al mes a una de cada 100 plantas en el almacigo
X₄ Siembra	Dimensiones del hoyo: 30cm de ancho x 30cm de largo x 30cm de profundidad
	Acidez del suelo: entre 5 y 5.5 de acidez
	Nivel de aluminio en el suelo: por debajo del 60%
	Temperatura optima: entre 19 a 21,5°C
	Brillo solar: 4 a 5 horas del sol al día aproximadamente
	Vientos: con poca fuerza son los óptimos para el cultivo
	Lluvias: entre 1.800 a 2.800mm anual, cerca de 120mm al mes
X₅ Cosecha	Épocas optimas de floración: Noviembre 1 – Abril 30 / Mayo 1 – Octubre 31
	Épocas optimas de cosecha: Julio 1 – Diciembre 31 / Enero 1 – Junio 30
	Nivel de maduración óptimo: color rojizo o un poco amarillento (Café cereza)
	Método de recolección más seguro y eficiente: Manual
	Método de recolección más económico: Mecánico
X₆ Beneficio (Utilizar poca agua)	Recibo del café (producción pequeña): TOLVA de la despulpadora
	Recibo del café (gran producción): Tolvas secas, después hasta la despulpadora
	Despulpado: El mucilago permite retirar la pulpa con presión fácilmente
	Transporte de pulpa: por medio de un tornillo sin fin
	Lavado: Técnica de los cuatro enjuagues con menos de 5L de agua por 1kg de cps (viscosidad)
	Secado: secadores mecánicos por 18 horas en promedio
X₇ Tueste (Ver Anexo F)	Peso: El grano debe perder entre 15 a 20% de peso
	Volumen: Debe aumentar en un 100 a 130% en función del tiempo de tueste
	Tiempo: 15 a 20 minutos en temperaturas inferiores a los 230°C
	Temperatura: inversamente proporcional al tiempo
	Color: Entre más tiempo, el grano oscurece y su grado de acidez es menor
	Humedad: 10 a 13%
	Cafeína: 1 a 1,5% lo que define que tan amargo es el café
Proteínas: 11%	
X₈ Molido	Café colado: textura arenosa con granulometría de 650mu
	Café espresso: textura polvillo con granulometría fino de 430mu
	Temperatura: 35°C
	Tipo de empaque: Empaque al vacío

Fuente: Elaboración propia

4. DISCUSIÓN

De acuerdo con el cuestionamiento de la viabilidad de realizar una implementación de la metodología Seis Sigma en el proceso de producción del café tostado y molido, en base a que existe poca documentación científica de implementaciones de esta metodología realizadas en la industria del café, y analizando la información recolectada en este estudio, los datos obtenidos indican que el tema abre la oportunidad para investigaciones futuras en las fases de cosecha, tueste y molido, con el fin de lograr un control estadístico bajo la metodología Seis Sigma, generando un gran impacto en la competitividad de la producción del café colombiano, con el desarrollo de diferentes proyectos de Seis Sigma como la disminución de costos en cada una de las fases del proceso de producción, disminución de la variabilidad del tueste, entre otros, en función de las variables investigadas.

También, se establece como base para una implementación formal de la metodología mencionada en el proceso, a partir de las variables caracterizadas, para evaluar sus resultados y ser comparados con el sistema de producción actual; adicional a esto, las variables identificadas en este estudio presentan mayor cantidad de factores que se deben evaluar de manera más detallada con visitas al campo, experimentaciones y profundizar en centros de investigación como lo es CENICAFE, que ofrece grandes investigaciones avaladas por expertos en el tema, como el ingeniero agrónomo Jaime Arcila Pulgarin, quien ha realizado grandes estudios en el campo, en todo lo relacionado con el proceso de producción del café en Colombia, exponiendo periódicamente publicaciones sobre el tema, determinando una gran cantidad de variables difíciles de controlar, que influyen en el proceso y afectan el resultado esperado.

Teniendo en cuenta que no todas las variables caracterizadas pueden ser aplicadas en las mismas condiciones de producción, se debe tener claro el entorno en el que se encuentra, y a partir de este, determinar los factores que no se pueden controlar, con el fin de adaptarse a los mismos, para lograr un café tostado y molido de alta calidad, según el sector y el mercado al cual va dirigido; por lo tanto, la investigación debe continuarse, evaluando los diferentes factores continuamente cambiantes que afectan al proceso de producción del café, así como la tecnología e innovación que se van modernizando de manera gradual con el paso del tiempo.

5. CONCLUSIÓN

En este estudio se determinó que, a partir de la caracterización de variables, estableciendo las condiciones más favorables de producción de café, se puede lograr la disminución de un gran número de defectos en el grano de café, como resultado de una mala práctica, por condiciones adversas que no se tenían en cuenta a la hora de la planificación.

Por esto se evidenció que, a través de un análisis global del entorno del sistema productivo del café y de los factores difíciles de controlar, se puede reducir los costos, gracias a la menor producción de grano defectuoso, aumentando la productividad de cada fase, por medio de la caracterización, con restricción de inspección de procesos del 100%, aumentando la competitividad del producto de manera significativa.

Según la investigación se evidenció que la implementación de la metodología Seis Sigma en el proceso de producción del café, es muy necesaria, considerando que este es uno de los productos más comercializados en el mundo, el cual, debe ser realizado de manera efectiva, para lograr un producto con características estandarizadas, llevándolo a ser un café con condiciones de exportación con la más alta calidad en cualquiera de sus presentaciones.

A pesar de que se encontraron grandes limitaciones al momento de la realización de esta investigación, como la falta de información científica de implementaciones de Seis Sigma en el proceso de producción del café en las diferentes bases de datos abarcadas, se evidenció que existe una gran cantidad de información en publicaciones avaladas por la *Federación Nacional de Cafeteros*; Por lo tanto, se recomienda a los productores de café abordar este estudio y profundizar sobre este tema, para lograr implementar la metodología Seis Sigma en sus proyectos o cultivos actualmente establecidos, con el fin de aumentar la rentabilidad drásticamente, mejorando la calidad de su producto, disminuyendo costos de manera gradual,

para resultados exitosos y competitivos a largo plazo.

6. REFERENCIAS

- Arcila Pulgarín, J. (2013). *Crecimiento y desarrollo de la planta de café*. Retrieved from <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
- Arcila Pulgarín, J. (2014). *Establecimiento del cafetal*. Retrieved from <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo4.pdf>
- Arcila Pulgarín, J., & Farfán Valencia, F. (2013). *Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en los sistemas de producción de café*. Retrieved from <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo9.pdf>
- Banco de la Republica, B. (2019). Tasa de cambio del peso colombiano (TRM) | Banco de la República (banco central de Colombia). Retrieved June 2, 2019, from <http://www.banrep.gov.co/es/tasa-cambio-del-peso-colombiano-trm>
- Becerril, O. (2006). Consultor remarca importancia de metodología para generar calidad en Pymes; [Source: El Economista] - ProQuest. Retrieved February 26, 2018, from <https://usc.elogim.com:2123/docview/465833103/D2C2EC00E3CD48ACPQ/10?accountid=48947>
- Bello Rozo, H. A., & Suarez Vaca, H. F. (2016). Estudio de viabilidad para la modernización del proceso de tuestión de una de las líneas de café tostado y molido de la empresa Café de Colombia, 1–55.
- Buestán, M. (2013). Aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado. Retrieved from <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP135.pdf>
- Cafe de Colombia. (2010). Clasificación de calidad | Café de Colombia. Retrieved March 31, 2019, from http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el_cafe_de_colombia/
- Cafe de Colombia. (2018). Molienda y Extracción | Café de Colombia. Retrieved July 14, 2019, from http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/industrializacion/molienda_y_extraccion/
- CENICAFE. (2015). Cultivemos Café | www.cenicafe.org. Retrieved March 31, 2019, from https://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/index.php
- CENICAFE. (2016). *Revista del centro Nacional de investigaciones de Café*. Retrieved from <https://www.cenicafe.org/es/publications/RevistaCenicafe67-1.pdf>
- CENICAFE. (2017). *Revista del centro Nacional de investigaciones de Café*. Retrieved from <https://www.cenicafe.org/es/publications/Revista68-1.pdf>
- DANE. (2017). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Retrieved from <http://www.dane.gov.co/index.php/en/>
- Díaz Castellanos, E. E., Díaz Ramos, C., Barroso Moreno, L. A., & Pico González, B. (2015). Desarrollo de un modelo matemático para procesos multivariados mediante Balanced Six Sigma. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(3), 419–430. <https://doi.org/10.1016/j.RIIT.2015.05.003>
- Dussan, I. (2017). Análisis de un modelo agroforestal cafetero en el municipio de Valparaíso, Caquetá, Colombia Analysis of a coffee agroforestry model in the municipality of Valparaíso, Caquetá, Colombia, 8(1), 195–203. Retrieved from <https://usc.elogim.com:2123/docview/1955987016/fulltextPDF/33F616335C514664PQ/1?accountid=48947>
- Engler, F., Castillo Luzon, M. A., & Muñoz Ordóñez, M. (2018). *Manual básico de buenas prácticas para el tostado del café*. Retrieved from https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Ecuador/Documents/Content/ManualTuesteCafe.pdf
- Erbiyik, H., & Saru, M. (2015). Six Sigma Implementations in Supply Chain: An Application for an Automotive Subsidiary Industry in Bursa in Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2556–2565. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.447>
- Fernández, R. F. (2010). *Café y estilo de vida saludable*.
- FNC. (2018). Nuestro Café | Federación Nacional de cafeteros. Retrieved March 31, 2019, from https://www.federaciondefcafeteros.org/particulares/es/nuestro_cafe
- FNC. (2019). Estadísticas Historicas | Federación Nacional de cafeteros. Retrieved from https://www.federaciondefcafeteros.org/clientes/es/quienes_somos/119_estadisticas_historicas/
- Gaitán, Á., Villegas, C., Rivillas, C., Hincapié, É., & Arcila, J. (2011). ALMÁCIGOS DE CAFÉ: Calidad fitosanitaria, manejo y siembra en el campo. *Programa de Investigación Científica Fondo Nacional Del Café*, 8. Retrieved from <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/350/1/avt0404.pdf>

- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad*. Mc Graw Hill. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2012). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Una ética para quantos?* (Vol. XXXIII). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- ICO. (2019). International Coffee Organization. Retrieved from <http://www.ico.org/>
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: A goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 21(2), 193–203. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00087-6](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00087-6)
- Mantilla, O. L., & Sánchez, J. M. (2012). Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma. 23 *Estudios Gerenciales*, 28(124), 23–43. Retrieved from <https://usc.elogim.com:2123/docview/1355878364/fulltextPDF/C42E111DE445408FPQ/1?accountid=48947>
- Moreno B., A., Salazar G., L., Fernando, Hincapié G., E., Arcila P., J., Farfán V., F., ... Técnico, G. (2013). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Retrieved from <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo1.pdf>
- Puerta-Quintero, G. I. (2003). *ESPECIFICACIONES DE ORIGEN Y BUENA CALIDAD DEL CAFÉ DE COLOMBIA*. Retrieved from <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/388/1/avt0316.pdf>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2010). *The Six Sigma handbook*. Mc Graw Hill.
- Ramírez Durán, R. E. (2014). PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA MODERNO Y EFICIENTE EN LOS PROCESOS DE TOSTADO, MOLIDO Y EMPACADO DE CAFÉ COMO ESTRATEGIA TECNOLÓGICA INTEGRAL EN LA EMPRESA BUENCAFÉ, DEL MUNICIPIO DE TAME, ARAUCA.
- Ríos, G., Sánchez, G., González, R., & Asco, H. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio, 22. Retrieved from www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/2337
- Rodríguez Valencia, N., Sanz Uribe, J. R., Oliveros Tascón, C. E., & Ramirez Gomez, C. A. (2015). *Beneficio del café en Colombia*. Retrieved from https://www.cenicafe.org/es/publications/Final_libro_Beneficio_isbn.pdf
- Serrano, L., & Ortiz, N. R. (2012). Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño - ProQuest Central - ProQuest. Retrieved from <https://usc.elogim.com:2123/central/docview/1372108790/fulltext/42BD8E58BBCB44B4PQ/1?accountid=48947>
- Shewhart, W. A. (1931). *The Economic Control of Quality of Manufactured Product*. *Journal of the Royal Statistical Society*.
- Shewhart, W. A. (1939). *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*. (Vol. 7). The Graduate School the Department of Agriculture Washington. <https://doi.org/10.2307/2983634>
- Zapata, A., & Sarache, W. A. (2014). Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método Taguchi Improving the quality of soluble coffee using the Taguchi method, 22(1), 116–124. Retrieved from <https://usc.elogim.com:2123/central/docview/1504227139/fulltextPDF/4ADD4574D9B54D16PQ/3?accountid=48947>

7. ANEXOS

7.1. ANEXO A

Producción registrada - mensual

Miles de sacos de 60 Kg de café verde equivalente

PRODUCCIÓN	
Mes	Producción
ene-18	1.131
feb-18	1.221
mar-18	1.037
abr-18	874
may-18	1.188
jun-18	1.087
jul-18	1.051
ago-18	1.258
sep-18	1.050
oct-18	1.086
nov-18	1.300
dic-18	1.283
TOTAL 2018	13.566

Fuente: (FNC, 2019)

Valor de la cosecha registrada -anual

Millones de pesos

AÑOS CALENDARIO	
	Valor de la cosecha
2000	\$ 2.279.049
2001	\$ 1.959.278
2002	\$ 2.120.915
2003	\$ 2.244.566
2004	\$ 2.668.500
2005	\$ 3.457.525
2006	\$ 3.606.896
2007	\$ 3.818.514
2008	\$ 3.825.079
2009	\$ 3.400.159
2010	\$ 4.365.726
2011	\$ 4.923.317
2012	\$ 3.404.701
2013	\$ 3.375.986
2014	\$ 5.197.328
2015	\$ 6.242.192
2016	\$ 7.109.274
2017	\$ 7.512.632

AÑOS CAFETEROS	
	Valor de la cosecha
2000/01	\$ 2.009.660
2001/02	\$ 2.067.666
2002/03	\$ 2.245.734
2003/04	\$ 2.423.199
2004/05	\$ 3.467.000
2005/06	\$ 3.518.034
2006/07	\$ 3.604.465
2007/08	\$ 4.056.617
2008/09	\$ 3.566.694
2009/10	\$ 3.719.387
2010/11	\$ 5.042.091
2011/12	\$ 3.928.583
2012/13	\$ 3.388.236
2013/14	\$ 4.526.012
2014/15	\$ 5.923.005
2015/16	\$ 6.428.780
2016/17	\$ 8.062.382
2017/18	\$ 6.478.729

2018	\$ 6.235.196
-------------	--------------

Fuente: (FNC, 2019)

Fuente: (FNC, 2019)

7.2. ANEXO B***Precios indicativos OIC por grupos - promedio Mensual****Centavos de dólar por libra*

Fuente: ICO

<i>Centavos de dólar por libra</i>		Suaves colombianos (arábigo)		
Mes	Precio del indicador compuesto OIC	Nueva York	Alemania	Promedio ponderado
ene-18	\$ 115,60	\$147,35	\$ 139,51	\$ 143,77
feb-18	\$ 114,19	\$145,93	\$ 136,26	\$ 141,50
mar-18	\$ 112,99	\$143,10	\$ 134,98	\$ 139,45
abr-18	\$ 112,56	\$143,89	\$ 133,76	\$ 139,29
may-18	\$ 113,34	\$144,48	\$ 135,09	\$ 140,26
jun-18	\$ 110,44	\$142,45	\$ 133,79	\$ 138,55
jul-18	\$ 107,21	\$135,80	\$ 131,75	\$ 133,98
ago-18	\$ 102,72	\$132,40	\$ 127,56	\$ 130,22
sep-18	\$ 98,17	\$127,01	\$ 124,10	\$ 125,74
oct-18	\$ 111,01	\$141,35	\$ 139,44	\$ 140,49
nov-18	\$ 109,59	\$141,64	\$ 136,80	\$ 139,27
dic-18	\$ 100,61	\$129,70	\$ 126,10	\$ 127,86
Promedio 2018	\$ 109,04	\$139,59	\$ 133,26	\$ 136,70

Fuente: (ICO, 2019)

Precio interno base de compra del café colombiano - promedio Mensual*Pesos por carga de 125 kg. de café pergamino seco*

Mes	Precio interno
ene-18	\$ 763.903
feb-18	\$ 745.031
mar-18	\$ 729.855
abr-18	\$ 715.325
may-18	\$ 754.210
jun-18	\$ 746.400
jul-18	\$ 717.839
ago-18	\$ 705.065
sep-18	\$ 686.933
oct-18	\$ 796.774
nov-18	\$ 804.283
dic-18	\$ 727.645

Promedio 2018	\$ 741.105
----------------------	------------

Fuente: (FNC, 2019)

7.3. ANEXO C

Volumen de las exportaciones colombianas de café según tipo - anual

Miles de sacos de 60 Kg de café verde equivalente

AÑOS	Verde	Verde descafeinado	Tostado en grano	Tostado y molido	Extracto y soluble	Producto de Colombia (verde + industrializado)	Total
2000	8.568	6	1	4	628		9.206
2001	9.271	71	1	5	627		9.974
2002	9.522	137	0	5	610		10.274
2003	9.589	96	2	10	593		10.289
2004	9.476	124	3	13	646		10.263
2005	10.111	117	2	15	627		10.871
2006	10.269	37	4	12	623		10.945
2007	10.665	37	3	13	583		11.301
2008	10.277	77	17	18	696		11.086
2009	7.144	114	38	13	584		7.894
2010	7.134	28	43	15	603		7.822
2011	7.108	14	55	14	543		7.734
2012	6.535	22	53	31	528		7.169
2013	9.041	20	48	26	535		9.671
2014	10.326	14	37	48	531		10.957
2015	11.970	22	42	54	602	24	12.690
2016	11.034	9	40	52	708	1.001	12.845
2017	11.385	15	33	74	756	721	12.983
2018	11.316	17	38	59	779	542	12.751

Fuente: (FNC, 2019)

Valor de las exportaciones según exportador - mensual

Millones de Dólares corrientes

AÑO	MES	Federación Nacional de cafeteros	Particulares	Total
2018	enero	\$ 37,10	\$ 184,92	\$ 222,01
2018	febrero	\$ 38,00	\$ 181,84	\$ 219,49
2018	marzo	\$ 40,40	\$ 201,00	\$ 241,50
2018	abril	\$ 41,53	\$ 189,22	\$ 230,75
2018	mayo	\$ 39,75	\$ 149,32	\$ 189,07
2018	junio	\$ 34,49	\$ 145,59	\$ 180,08
2018	julio	\$ 42,51	\$ 171,02	\$ 213,52
2018	agosto	\$ 43,43	\$ 161,80	\$ 205,23
2018	septiembre	\$ 45,25	\$ 168,79	\$ 214,04

2018	octubre	\$ 42,65	\$ 162,68	\$ 205,33
2018	noviembre	\$ 35,56	\$ 205,29	\$ 240,85
2018	diciembre	\$ 47,68	\$ 204,72	\$ 252,40
TOTAL 2018		\$ 488,34	\$ 2.126,19	\$ 2.614,28

Fuente: (FNC, 2019)

7.4. ANEXO D

Análisis de información

No.	Referencia Autor - Fecha	Título	Objetivo	Metodología	Conclusiones
1	Ismael Dussan Huaca, 2016	"Análisis de un modelo agroforestal cafetero en el municipio de Valparaíso, Caquetá, Colombia"	Producir café de alta calidad en condiciones de producción adversas, con el fin de lograr un cultivo con características de un café especial.	Análisis morfológico	Se logró demostrar que a pesar de las condiciones de producción, el grano conserva su forma similar, con pequeñas diferencias en cuanto a tamaño y peso del grano.
2	Amparo Zapata William Sarache (2013)	"Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método taguchi"	Utilizar un método de mejoramiento continuo para aumentar la calidad del café soluble.	Taguchi	El método facilitó experimentar con variables no controlables, y evidenció la disminución de la calidad, debido a procesos innecesarios y no estandarizados.
3	Marcos Buestan (2013)	"Aplicación de la metodología seis sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado"	Reducir la pérdida de café al granel, en el proceso de envasado de una planta específica.	Seis-Sigma	Su aplicación, más el modelo "just in time", provocaron una reducción significativa en la pérdida del producto, superando las expectativas planteadas.
4	Olga L. Mantilla Jose M. Sanchez (2012)	"Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma"	Orientar a las empresas a mejorar continuamente su desempeño logístico, incrementar el nivel de servicio y reducir costos.	Seis-Sigma	Se clasificaron los objetivos seis sigma principales y alcanzables, los relevantes y posibles de alcanzar, por una parte la reducción de la variabilidad y los defectos para agregar mayor valor y por otra están el incremento de la velocidad de flujo y la eliminación del desperdicio.
5	Tarsilia silva (2004)	"Aplicación de la metodología de potencialización industrial en el sub-sector maderamueble de Nicaragua"	Analizar la relación entre productividad y calidad, cuando se realiza una mejora, se debe hacer en ambas, para lograr los objetivos planteados.	Seis-Sigma	Se definió que la productividad se determina en los productos de calidad buscando satisfacer al cliente, y no con los defectuosos, disminuyendo desperdicios.
6	Rosario Garza Caridad Gonzales Ernesto Rodriguez Caridad Hernández (2016)	"Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio"	Integrar la metodología seis sigma, las técnicas de simulación discreta y las técnicas multicriterio para la mejora de un servicio de belleza.	Seis-Sigma	Se analizaron las acciones de mejora y se determinó los valores de las variables definidas por la administración.
7	Leopoldo Gutierrez Javier Tamayo Víctor García (2010)	"Un estudio empírico del impacto de las iniciativas actuales de gestión de la calidad sobre la innovación y flexibilidad organizativa"	Diferenciar cuatro alternativas (Control de calidad, EFQM, Seis Sigma, ISO), enfocándose en el efecto que su estructura puede ofrecer, en cuanto a innovación y flexibilidad.	Seis-Sigma	El efecto de elementos en el control de calidad y en las ISO no es distinto sobre la innovación, ni la flexibilidad. Los elementos en EFQM tienen mayor impacto sobre la innovación y la flexibilidad estratégica, y los de Seis Sigma sobre la flexibilidad operativa.

8	Elizabeth Diaz Luis Barroso Carlos Diaz Beatriz Pico	"Desarrollo de un modelo matemático para procesos multivariantes mediante Balanced Six Sigma"	Desarrollar un modelo matemático a través de la estructuración de objetivos estratégicos y herramientas de mejora de la productividad para procesos multivariantes (Seis-Sigma).	Seis-Sigma	Se estableció que si la estrategia, el rendimiento y la satisfacción del cliente están balanceados, se obtendrán importantes beneficios por la relación que existe entre el rendimiento del proceso y las iniciativas estratégicas.
9	Juan Giménez Daniel Jimenez Micaela Martinez (2014)	"La gestión de calidad: importancia de la cultura organizativa para el desarrollo de variables intangibles"	Analizar cómo la gestión de calidad en las empresa, promueve el desarrollo de prácticas organizacionales, que generan grandes beneficios.	Seis-Sigma	Se evidenció que una cultura que estimula la flexibilidad tanto interna como externamente, facilita el enfoque en gestión de calidad total.
10	Jose Garcia (2005)	"TU EMPRESA; Las ganancias de invertir en control de calidad"	Se plantea la importancia de invertir en control de calidad en una organización, presentando los grandes beneficios si se mantiene.	Seis-Sigma	Al implementar control de calidad, se busca lograr llegar a un 6 sigma, para que el nivel de ganancia incremente potencialmente.
11	Omar Becerril (2006)	"Consultor remarca importancia de la metodología para generar calidad en Pymes"	Evidenciar la importancia que tiene la metodología seis sigma, para aumentar la calidad en las empresas.	Seis-Sigma	Se concluyó la importancia de llevar la implementación y el desarrollo preciso con el modelo DMAIC, para resultados exitosos
12	Oscar H. Cerquera Cristian F. Orjuela (2015)	"El acompañamiento institucional en el desarrollo del sector cafetero colombiano"	Realizar un análisis del origen, la historia y la evolución que ha presentado el sector cafetero en Colombia	Análisis de datos	El café sigue siendo uno de los productos más importantes en Colombia, cuya actividad económica promueve principalmente a la generación de empleo.
13	Rolando Alfonso Ramírez (2008)	"Marcas con origen: "una taza de café Nariño, por favor""	Demostrar la relación de ciertas características del Café de Colombia y rangos de altura, latitud y longitud geográfica	Análisis de datos	Son necesarios estudios en laboratorios que reflejen la relación entre lugar de origen, proceso y propiedades físicas del café.
14	Michael Sony, Subhash Naik (2012)	"Six Sigma, organizational learning and innovation"	Investigar la relación entre la metodología Seis Sigma, el aprendizaje organizacional y el rendimiento de la innovación.	Seis-Sigma	Demuestra la relación positiva entre Seis Sigma y el aprendizaje organizacional, pero también se presenta una relación negativa con la innovación organizacional
15	Yahia Zare (2011)	"Six-Sigma: methodology, tools and its future"	Presentar algunos de los puntos más importantes sobre Seis-Sigma y los principales puntos que los investigadores, implementadores y usuarios deben tener en cuenta al abordar Seis Sigma.	Seis-Sigma	Se concluye que una organización tiene éxito si se identifican objetivos específicos para los procesos críticos de la organización.
16	Sylvia Beady (2005)	"War on waste": A study of the application of Six Sigma DMAIC process improvement methodology	Demostrar que Seis Sigma es una herramienta de calidad efectiva, que debe ser aplicada en todos los procesos de la organización, analizando los factores que influyen para su aplicación.	Seis-Sigma	Se identificaron los factores críticos que no permiten la inclusión de la metodología, como la resistencia al cambio, basado en un grupo de practicantes Yellow Belt..
17	Randal Gay (2011)	"Lean Six Sigma deployment: Improving Green Belt productivity"	Examinar los factores que conducen a niveles reducidos de productividad de Green Belt, para lograr el nivel esperado.	Seis-Sigma	No se ha logrado el nivel de productividad Green Belt que se proyectó al comienzo de la implementación del Programa LSS.
18	Gregory H. Watson (2010)	"Design for Six Sigma"	Evaluar los modelos propuestos para el diseño de Seis Sigma para definir, cuál es capaz de proporcionar el enfoque más consistente con el desarrollo de productos.	Seis-Sigma	Un enfoque del diseño de Seis Sigma requiere una mayor responsabilidad en la gestión del desarrollo de un conjunto de conocimientos.

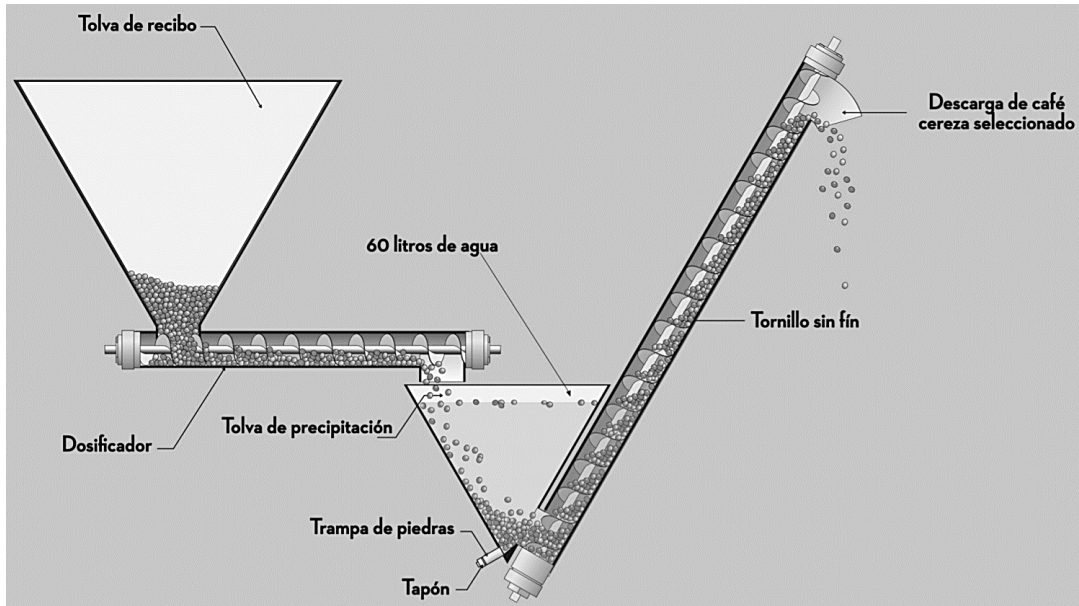
19	Daniela Lambert Marly Carvalho (2016)	"Critical success factors for Six Sigma projects"	Comprender la relación entre los factores críticos de éxito para los programas Seis Sigma y el rendimiento de proyectos	Seis-Sigma	No todos los factores críticos de éxito reclamados son importantes para el rendimiento del programa, se debe tener en cuenta solo los relevantes
20	CENICAFE (2015,2016, 2017)	"Sistemas de producción de café en Colombia"	El <i>Centro Nacional de Investigación del Café</i> , cuenta con reportes, donde se encuentran investigaciones con respecto a toda la línea de producción del café, detallando cada proceso minuciosamente.	Proceso del café	No Aplica
21	Federación de Cafeteros (2018)	Federación de Cafeteros	Incrementar la productividad de los cultivos de los caficultores colombianos, para que optimicen costos de producción y maximicen la calidad del café	análisis de datos	No Aplica
22	DANE (2017)	Departamento Administrativo Nacional de Estadística	Producir y difundir estadísticas en aspectos industriales, económicos, agropecuarios, poblacionales y de calidad de vida.	análisis de datos	No Aplica
23	ICO (2017)	International Coffee Organization	Es la principal organización intergubernamental que se ocupa de asuntos cafeteros.	análisis de datos	No Aplica
24	Jaime Torres Gonzalez (2014)	"Colombia: Logros en dos décadas de modelo de desarrollo aperturista - Análisis según resultados de balanza comercial"	Realizar un análisis de la balanza comercial en cada sector para conocer donde se ubica la mayor generación de divisas, por exportación.	análisis de datos	La aplicación del modelo económico de apertura comercial ha sido poco útil para que Colombia, pueda obtener una integración internacional dinámica a través de la producción y exportación diversificadas.
25	Lupita Serrano Nestor Ortiz (2012)	"Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño"	Analizar la literatura sobre los distintos modelos para el mejoramiento continuo de procesos y estandarización de operaciones en empresas con enfoque estratégico.	Mejoramiento de procesos	Los modelos evaluados han sido implementados como una estrategia clave para que las empresas logren desempeños óptimos, en la gestión de sus operaciones.
26	Eric A. Smith Ramírez, (2015)	"El impacto de la estrategia de calidad en el desempeño de la organización"	Analizar el impacto que tiene la estrategia de calidad en factores de desempeño de la organización como en clientes, innovación, operaciones, finanzas y empleados	Calidad	Se demostró que la implementación de una estrategia de calidad en una empresa, impacta positivamente los factores involucrados del desempeño organizacional.
27	Jorge Morales (2007)	"Aplicación de la metodología seis sigma, en la mejora del desempeño en el consumo de combustible de un vehículo en las condiciones de uso del mismo"	Demostrar la mejora del desempeño del consumo de combustible de vehículos, a partir de la forma correcta de conducir para optimizar su rendimiento.	Seis-Sigma	Llegar a la conclusión de que los 3 factores claves en la optimización del rendimiento de combustible son: presión de inflado de las llantas, octanaje del combustible, velocidad de desplazamiento.
28	Esteban Perez - Minor García (2014)	"Implementación de la metodología DMAIC Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal"	Implementar la metodología para solucionar el problema de la línea de envasado de licores en envase pet, la cual no estaba operando a su máxima capacidad.	DMAIC-Seis Sigma	Redujo los tiempos muertos en el proceso, optimizando la utilización de los recursos instalados y del recurso humano involucrado, optimizando a su máximo rendimiento la capacidad de la línea productiva, aumentando los ingresos anuales de la empresa.

29	Miguel Rosado (2015)	“Propuesta de mejora en el proceso de empaqueo de mangos para exportación”	Implementar una propuesta de mejora al problema que presenta esta empresa en sus procesos de su Línea de Producción para el mercado estadounidense.	Mejora Continua – PHVA	Se estandarizó el proceso de recepción, almacenamiento, encajado y paletizado, se instaló nuevos sistemas de refrigeración y ventilación, y se uniformizó el uso de un único recipiente para el almacenamiento del mango.
30	Jacobo Tolamatl - David Gallardo - Jose Varela - Elena Flores (2011)	“Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del Ramo Automotriz”	Disminuir desechos, producto no conforme y costos por defectos de calidad.	Seis-Sigma	Se redujo 13% del producto no conforme en el área de pintura, mejorando el rendimiento de todo el proceso.
31	Néstor Caicedo (2011)	“Aplicación de un programa seis sigma para la mejora de calidad en una empresa de confecciones”	Aplicar un programa Seis Sigma, en una empresa de confección y distribución de material de intendencia para las Fuerzas Armadas Colombianas.	Seis-Sigma	Se redujo significativamente los costos de no calidad y se generó un aumento en la capacidad de los procesos.
32	Xavier Pellegrero (2015)	“Aplicación de la metodología “DMAIC” en la resolución de problemas de calidad.”	Resolver el desprendimiento de pintura, durante la fase de grapado del amplificador del sistema de frenado.	DMAIC	Se disminuyó la cantidad de producto no conforme, mejorando la capacidad los procesos, para lograr ser estadísticamente controlados, facilitando el control y medición.
33	Alexa Ramírez (2013)	“Mejoramiento continuo en el sistema de gestión de Alexcafe S.A.S”	Relacionar metodología y acciones correctivas implementadas en el sistema de gestión de la empresa, aplicando el mejoramiento continuo en los procesos y formatos del sistema.	Mejoramiento continuo	Se optimizó la documentación, creando, modificando y eliminando procedimientos y formatos del sistema de gestión.

Fuente: Elaboración propia

7.5. ANEXO E

Esquema de funcionamiento del separador hidráulico de tolva y tornillo sin fin



Fuente: (Rodríguez Valencia et al., 2015)

7.6. ANEXO F

Niveles de tueste

El grado de tueste se puede clasificar de manera general en tres tipos



Fuente: (Engler et al., 2018)

Nivel de tueste, según el estilo

Nombre	Descripción	Número Agtron
Exceso de tostado	Extremadamente oscuro	Bajo 18.0
Acadian	Demasiado oscuro	18.0 - 23.0
Italian	Muy oscuro	23.1 - 28.0
French	Obscuro	28.1 - 33.0
Vienna	Obscuro-medio	33.1 - 38.0
Full City	Medio-oscuro	38.1 - 43.0
City	Medio	43.1 - 48.0
American	Medio-ligero	48.1 - 53.0
Cinnamon	Ligero-medio	53.1 - 58.0
Scandinavian	Ligero	58.1 - 63.0
Finnish	Muy ligero	63.1 - 68.0
Arabic (Straw)	Demasiado ligero	68.1 - 73.0
Underdeveloped	Extremadamente ligero	Above 73.0

Fuente: (Engler et al., 2018)

Tabla de usos de café según el grado de tueste

Tipo de bebida	Estrategia de mezcla	Nivel de tostado	Grado de molienda
Expreso	Base: Despulpado Natural y/o Lavado.	Medio oscuro a oscuro	Fino (+++)
Con base de leche	(+) Natural y (-) Lavado	Oscuro o muy oscuro	Medio grueso
Frío	(+) Natural (-) Lavado	Muy oscuro	Medio
American	(+) Lavado (-) Natural	Medio a medio ligero	Medio

Fuente: (Engler et al., 2018)

Características del café según el grado de tueste y estilo

Color	Estilo	Notas	Superficie	Características organolépticas
Claro	Cinnamon roast, half city, New England	Después de varios minutos se escucha un Crack, el grano se expande de tamaño. Esta etapa es llamada el primer Crack.	Seca	Cuerpo bajo, alta acidez, no hay sabores evidentes a tostado.
Medio	Full city, American, regular, breakfast, brown	Después de unos pocos minutos el tueste alcanza este estado, el cual es preferido por los vendedores de café especial de U.S.A.	Seca	Más dulzor que el tueste claro; más cuerpo, más balanceado en acidez, aroma y complejidad.
Oscuro	High, Viennese, Italian Espresso, Continental	Después de pocos minutos, el café empieza a sonar de nuevo, el aceite empieza a surgir. Este estado se llama el segundo Crack.	Un poco brillante	Un poco picante; pierde complejidad, pero gana un cuerpo más pronunciado. Los aromas y sabores del tueste se vuelven evidentes.
Extra Oscuro	French	Después de unos pocos minutos, el café empieza a humear. Los azúcares empiezan a carbonizarse.	Muy aceitosa	Ahumado-dulce; no se reconocen ninguna de las características inherentes del grano.

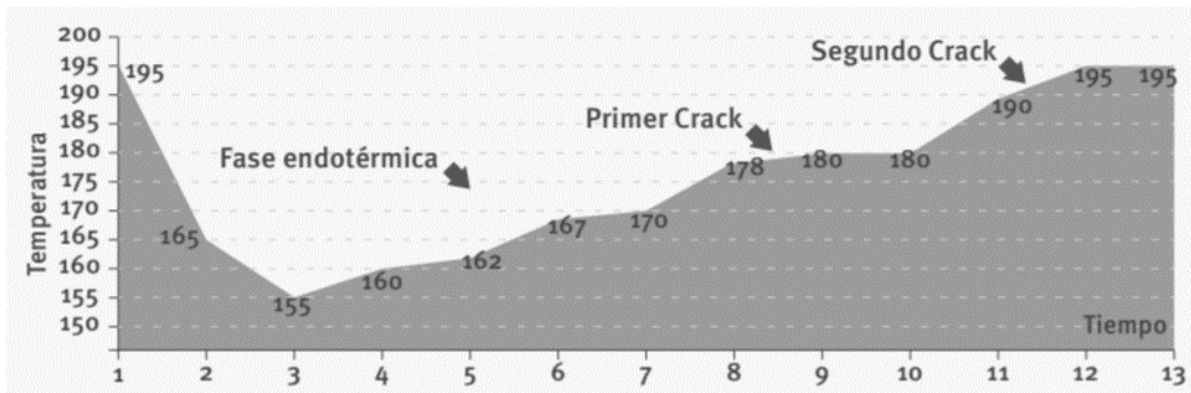
Fuente: (Engler et al., 2018)

Nivel de tueste según la densidad

Nivel de densidad	Densidad aparente (g/l)	Temp. inicial (°C)	Temp. final (°C)	Nivel de tostado recomendado	
				Agtron	Nivel de tostado
Baja	<650	150	180-190	70-65	Ligero a medio ligero
Media	651-700	160	185-195	65-58	Ligero a medio
Alta	701-750	175	190-205	60-55	Medio ligero a medio alto
Muy alta	>750	190	200-220	60-50	Medio alto a alto

Fuente: (Engler et al., 2018)

Curvas de tostado



Fuente: (Engler et al., 2018)