



Modelo de mejora para la eficiencia en los procesos de fermentación y secado del cacao en la empresa PRODUCACAO.

Myle Yohana Silva Santana
Jessica Julieth Cortes Hurtado

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Industrial

Director: MsC. Juan Sebastián Martínez Grisales

Colombia

2025

MODELO DE MEJORA PARA LA EFICIENCIA EN LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN Y SECADO DEL CACAO EN LA EMPRESA PRODUCACAO.

MYLE YOHANA SILVA SANTANA
JESSICA JULIETH CORTES HURTADO

Director:

MsC. Juan Sebastián Martínez Grisales

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Ingeniería Industrial

Colombia

2025

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

RESUMEN DEL PROYECTO

En Colombia, el cacao no es solo una semilla: es un relato silencioso que nace en la selva y se convierte en herencia, memoria y sustento. Su aroma guarda historia y tradición, y su cultivo ha representado una pieza fundamental en el desarrollo económico, social y cultural del país, estableciendo un vínculo directo entre el productor rural y el consumidor final, quien pocas veces dimensiona el esfuerzo implícito en cada grano.

Sin embargo, este valor simbólico contrasta con una realidad productiva compleja. A pesar del reconocimiento internacional de la calidad del cacao colombiano, la industria enfrenta limitaciones estructurales asociadas a la baja eficiencia en el uso de recursos, la escasa estandarización de procesos y la limitada adopción de metodologías modernas de gestión. Estas brechas se reflejan en indicadores críticos como rendimientos operativos por debajo del potencial técnico (entre un 30 % y 45 %), altos niveles de merma en procesos de fermentación y secado (entre 8 % y 15 %), y variabilidad significativa en los tiempos de ciclo, que pueden superar en más de un 25 % los estándares de referencia internacional.

Mientras la industria global avanza hacia modelos de producción basados en trazabilidad digital, monitoreo en tiempo real y automatización de variables críticas como pH, temperatura, humedad y densidad, múltiples plantas procesadoras nacionales continúan operando bajo esquemas empíricos sustentados en la experiencia sensorial del operario. Esta condición se traduce en riesgos operativos, pérdida de competitividad y limitada capacidad de escalabilidad productiva.

El presente proyecto de investigación plantea integrar el conocimiento ancestral con herramientas de gestión moderna mediante la aplicación de indicadores clave de desempeño (KPI) asociados a

eficiencia global de los equipos (OEE), tiempo medio entre fallas (MTBF), nivel de estandarización de procesos, cumplimiento de programas de producción y control estadístico de procesos (CEP). A través de la medición, análisis y optimización de estas variables, se busca incrementar la productividad, reducir la variabilidad del proceso y mejorar la calidad del producto final.

Los resultados esperados se orientan a demostrar que la implementación de modelos de gestión basados en datos permite mejorar la eficiencia operativa en rangos estimados del 15 % al 30 %, reducir las mermas en más de un 20 % y fortalecer la toma de decisiones estratégicas en las plantas procesadoras de cacao, sin desvincularse del conocimiento tradicional que sostiene la identidad del sector.

De este modo, el cacao colombiano puede trascender su valor simbólico para consolidarse como un referente de eficiencia productiva, sostenibilidad y competitividad agroindustrial.

Palabras clave: Gestión de la producción, operaciones, industria del cacao, competitividad, agroindustria.

ABSTRACT

In Colombia, cacao is more than just a seed: it's a silent story born in the rainforest, becoming heritage, memory, and sustenance. Its aroma holds history and tradition, and its cultivation has been fundamental to the country's economic, social, and cultural development, establishing a direct link between the rural producer and the end consumer, who rarely appreciates the effort behind each bean. However, this symbolic value contrasts sharply with a complex production reality. Despite international recognition of Colombian cacao's quality, the industry faces structural limitations related to low resource efficiency, limited process standardization, and the restricted adoption of modern management methodologies. These shortcomings are reflected in critical indicators such as operational yields below technical potential (between 30% and 45%), high levels of loss during fermentation and drying processes (between 8% and 15%), and significant variability in cycle times, which can exceed international benchmarks by more than 25%. While the global industry is moving towards production models based on digital traceability, real-time monitoring, and automation of critical variables such as pH, temperature, humidity, and density, many domestic processing plants continue to operate under empirical systems based on the operator's sensory experience. This situation translates into operational risks, loss of competitiveness, and limited production scalability. This research project proposes integrating traditional knowledge with modern management tools through the application of key performance indicators (KPIs) related to overall equipment effectiveness (OEE), mean time between failures (MTBF), process standardization level, adherence to production schedules, and statistical process control (SPC). Through the measurement, analysis, and optimization of these variables, the project aims to increase productivity, reduce process variability, and improve the quality of the final product. The expected results aim to demonstrate that implementing data-driven management

models improves operational efficiency by an estimated 15% to 30%, reduces waste by more than 20%, and strengthens strategic decision-making in cocoa processing plants, without abandoning the traditional knowledge that underpins the sector's identity. In this way, Colombian cocoa can transcend its symbolic value and establish itself as a benchmark for productive efficiency, sustainability, and agro-industrial competitiveness.

Keywords: Production management, operations, cocoa industry, competitiveness, agro-Industry.

TITULO DE LA PROPUESTA:

Modelo de mejora para la eficiencia en los procesos de fermentación y secado del cacao en la empresa PRODUCACAO.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Aunque la industria cacaotera colombiana enfrenta desafíos estructurales a nivel sectorial, esta problemática se reproduce de manera concreta en la empresa PRODUCACAO, donde los procesos de transformación del cacao se realizan bajo un esquema predominantemente manual y con bajo nivel de estandarización. Actualmente, la producción se basa en procedimientos empíricos, sustentados en la experiencia del operario, sin la aplicación sistemática de protocolos técnicos para el control de variables críticas como temperatura, pH, humedad y tiempo de fermentación.

En PRODUCACAO, la planificación de la producción se desarrolla de forma reactiva, ajustándose diariamente en función de los pedidos de los clientes, sin la existencia de un plan maestro de producción formalmente estructurado. Esta práctica genera desajustes en la asignación de recursos, subutilización en algunos periodos y saturación operativa en otros, impactando de manera directa indicadores como tiempos de ciclo, cumplimiento de entregas y costos unitarios.

De igual forma, el sistema de inventarios se gestiona de manera manual, mediante registros básicos y dependientes de la supervisión directa del personal operativo, lo que incrementa el riesgo de errores, desabastecimientos inesperados o sobre inventarios. En términos operativos, la empresa no cuenta con herramientas digitales para el control de trazabilidad de lotes, rotación de inventarios, ni sistemas de alertas tempranas.

Las pérdidas por mermas en PRODUCACAO se concentran principalmente en las etapas de fermentación y secado, donde se presentan variaciones significativas en la calidad del grano debido

a la falta de monitoreo continuo de las condiciones del proceso. Esta situación se traduce en rechazos de lotes, reprocesos y disminución del valor comercial del producto final.

En consecuencia, la problemática en PRODUCACAO no solo replica las limitaciones del sector, sino que se manifiesta operativamente en ineficiencias internas, baja capacidad de respuesta frente a fluctuaciones de la demanda y limitada competitividad. Este contexto hace evidente la necesidad de fortalecer la gestión de la producción y las operaciones dentro de la empresa, incorporando herramientas de planificación, control de procesos y tecnologías apropiadas.

El cacao catalogado por muchos como el “oro negro”, dado ese sobrenombre por comunidades ancestrales como los mayas y los aztecas, tiene una metáfora bastante arraigada a sus raíces “abundante en potencial, pero escaso en estructura”, esto se debe a que su aroma evoca la promesa de prosperidad, mientras sus procesos son manuales, lentos y frágiles, la problemática se encuentra en la baja eficiencia en el uso de recursos, el desperdicio de materia prima, la falta de estandarización en los procesos de transformación y el escaso aprovechamiento de herramientas tecnológicas.

Indicador / Variable	Situación actual estimada	Meta esperada con mejora de gestión	Impacto esperado
Eficiencia global de los equipos (OEE)	55 % – 60 %	75 % – 85 %	Mayor aprovechamiento de la capacidad instalada
Cumplimiento del plan de producción	65 % – 70 %	90 % – 95 %	Reducción de retrasos y reprocesos
Nivel de mermas en procesos (%)	10 % – 15 %	4 % – 6 %	Reducción de desperdicios de materia prima
Rotación de inventarios	2 – 3 veces/año	8 – 10 veces/año	Mejor uso del capital de trabajo
Exactitud de inventarios	75 % – 80 %	95 % – 98 %	Reducción de faltantes y sobre inventarios
Tiempo de ciclo por lote	100 % (base actual)	–20 % a –30 %	Mayor velocidad en el flujo productivo
Nivel de servicio al cliente (OTIF)	70 % – 75 %	95 % – 98 %	Mejora en entregas a tiempo y completas

Indicador / Variable	Situación actual estimada	Meta esperada con mejora de gestión	Impacto esperado
Variabilidad de proceso (Cv)	Alta (>25 %)	Baja (<10 %)	Mayor estabilidad y control del proceso
Costos operativos unitarios	100 % (referencia actual)	-15 % a -25 %	Mejora en la rentabilidad operativa

En un estudio con productores de cacao en Nariño (Colombia), se encontró que el acceso a asistencia técnica adecuado es uno de los determinantes que aumenta la adopción de tecnologías agronómicas. (Martínez & Martínez Pachón, 2021), el acceso a asistencia técnica y la adopción de tecnologías agronómicas en los productores de cacao en Nariño son factores determinantes que mejoran la eficiencia y competitividad del sector, dicho en otras palabras: el conocimiento no solo cultiva cacao, cultiva progreso.

En Ghana, los agricultores que adoptaron tecnologías como la polinización artificial aumentaron su productividad en alrededor del 15 % en comparación con quienes no las adoptaron, además de mejorar sus ingresos y bienestar. (Wongnaa et al., 2021).

La incorporación de tecnología en el sector agroindustrial fortalece los procesos, mejora la calidad y aumenta la competitividad, tal como lo señalan Castro Polanco y Peña Beltrán (2023), quienes destacan que la sinergia entre tecnología y conocimiento agronómico es fundamental para incrementar la productividad y sostenibilidad en la producción agrícola en Colombia.

El sistema de inventarios y la planificación de la producción en la industria del cacao suelen realizarse de manera diaria y dependiente de la demanda de los clientes.

Esta situación genera sobrecostos, retrasos y pérdidas económicas para los productores y empresarios del sector, tal como se evidencia en los registros operativos de las empresas analizadas durante el estudio.

Otro de los grandes talones de Aquiles del sector se encuentra se identificó que el sistema de inventarios y la planificación de la producción en las empresas analizadas se maneja de forma mayoritariamente reactiva, ajustándose día a día según los pedidos.

Esta práctica conlleva saturaciones ante incrementos bruscos de demanda y puede traducirse en retrasos, mayor costo operativo y pérdidas económicas, situación que coincide con los diagnósticos sectoriales que reportan brechas en calidad, control de procesos y capacidades tecnológicas en la cadena productiva del cacao en Colombia (Colombia Más Competitiva, 2018; Fedecacao, s. f.).

Según diagnósticos realizados por la Federación Nacional de Cacaoteros – FEDECACAO (2022) y estudios sobre la cadena productiva del cacao en Colombia, la falta de planificación en la producción y los sistemas de inventario poco estructurados generan sobrecostos y reducen la competitividad del sector.

Esta situación coincide con lo observado en las empresas analizadas durante el presente estudio, donde la planificación se realiza de manera diaria y dependiente de la demanda. En este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo incide la gestión de la producción y las operaciones en la eficiencia y competitividad de la industria del cacao en Colombia?

Responderla implica algo más que enumerar debilidades se requiere imaginar un nuevo equilibrio entre tradición y modernidad, un espacio en donde la tierra y la tecnología puedan impulsar grandes

cambios, cambios que se necesitan para que no solo la agronomía del país avance, sino que como país demos un salto de fe hacia una nueva era tecnológica.

La producción total aumentó de 37.200 toneladas a 59.700 toneladas, mientras que el rendimiento promedio por hectárea se movió entre 410–450 kg/ha. Este patrón sugiere que el crecimiento de la producción se explica tanto por expansión del área como por incrementos moderados de productividad, lo que evidencia heterogeneidad productiva y oportunidades de mejora en gestión operativa (planificación, renovación de plantaciones, prácticas postcosecha).

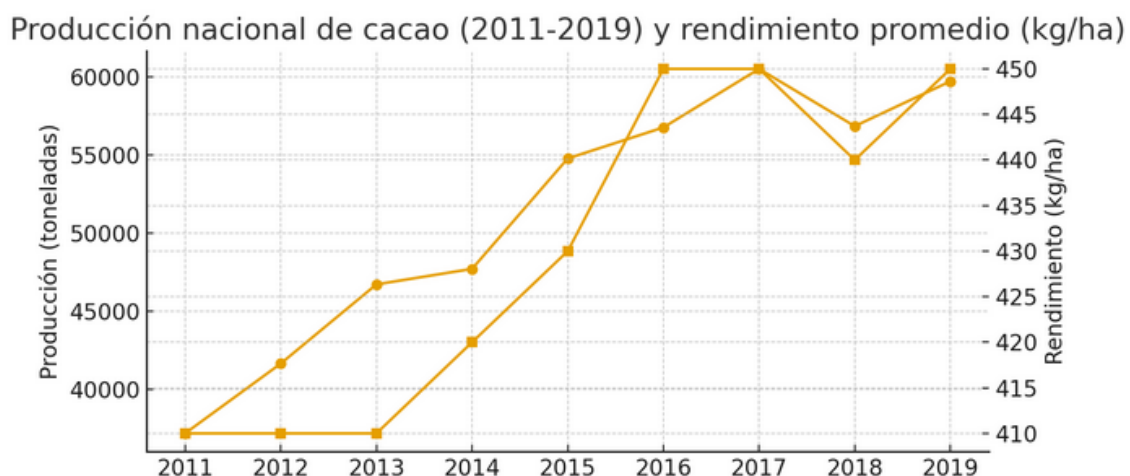


Diagrama 1: Producción nacional en t y Rendimiento en kg/ha, 2011–2019

Fuente: SIOC / Ministerio de Agricultura — serie producción y rendimiento 2011–2019

Explicación de la Figura: Producción nacional de cacao y rendimiento promedio (2011–2019)

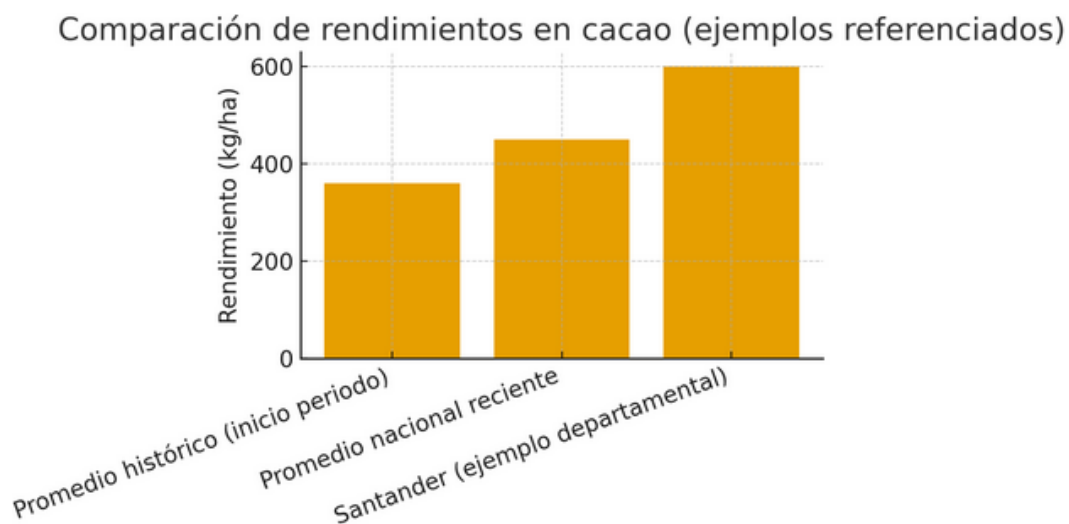
La figura presenta la evolución de la producción nacional de cacao en Colombia, medida en toneladas (eje vertical izquierdo), y el rendimiento promedio por hectárea en kilogramos por hectárea (kg/ha) (eje vertical derecho) para el periodo 2011–2019. La línea principal muestra un crecimiento sostenido de la producción total, que pasa de aproximadamente 37.200 toneladas en 2011 a cerca de 59.700 toneladas en 2019, lo que representa un aumento significativo en el volumen total producido.

Sin embargo, el comportamiento del rendimiento promedio por hectárea evidencia una evolución más limitada, manteniéndose en un rango aproximado entre 410 y 450 kg/ha durante todo el periodo

analizado. Este comportamiento sugiere que el incremento en la producción nacional no se explica principalmente por mejoras sustanciales en la productividad, sino por la expansión del área cultivada.

Este patrón evidencia la existencia de oportunidades de mejora en la gestión operativa del sector, especialmente en lo relacionado con planificación de la producción, modernización tecnológica, estandarización de procesos y fortalecimiento de prácticas postcosecha, aspectos que resultan clave para mejorar la competitividad de la industria cacaotera en Colombia.

La dispersión indicativa entre promedios históricos y los máximos departamentales sugiere que existen brechas técnicas y de gestión (manejo agronómico, acceso a material genético mejorado, extensión técnica) que, si se abordan con medidas de gestión de operaciones, pueden elevar rendimientos medios.



Barras 1: Barras comparativas kg/ha, 2011–2019
Fuente: AGROSAVIA — referencia histórica de rendimiento

el transporte y la fermentación/ secado suelen concentrar pérdidas relevantes; intervenir sobre estos procesos (mejoras logísticas, estandarización de secado/fermentación, controles de calidad) puede reducir pérdidas y mejorar la eficiencia global.

Distribución ejemplar de pérdidas poscosecha (estimación para visualización)

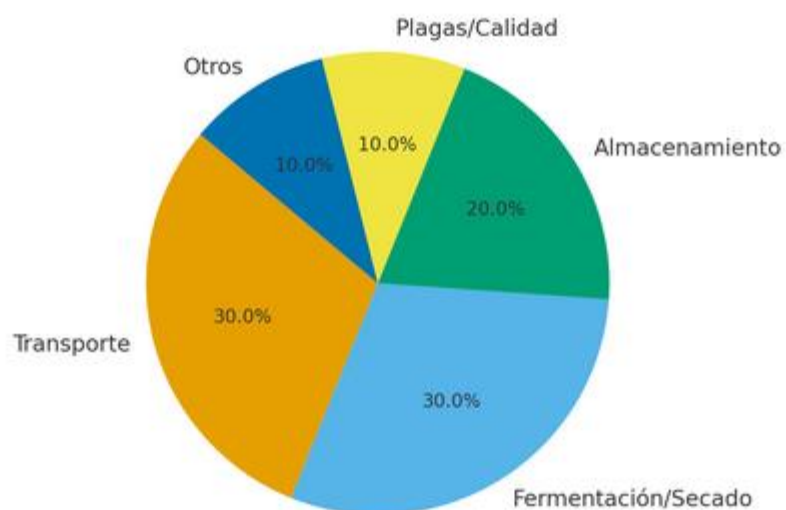


Diagrama 2: pastel ejemplar de pérdidas poscosecha
Fuente: Artículos/metodologías sobre pérdidas poscosecha

Objetivos

Objetivo General:

Implementar modelos que combinen, infraestructura adecuada, cajones de madera seca, paneles solares mejorados, control de par de parámetros, temperatura, pH y oxígeno, volteos frecuentes, es una logística optimizada, eficientemente y monitoreo constante.

Objetivos Específicos:

1. Identificar los modelos y teorías de gestión de la producción aplicables a los procesos de fermentación y secado del cacao en PRODUCACAO.
2. Evaluar las practicas operativas actuales en los procesos de fermentación y secado para determinar su nivel de eficiencia.
3. Diseñar una propuesta de mejora orientada a aumentar la eficiencia operacional en dichos procesos dentro de la empresa.

Justificación

La gestión de la producción en la industria del cacao constituye un eje estratégico para el desarrollo de los sistemas agroindustriales, al permitir la optimización de los recursos, la estandarización de los procesos y el aseguramiento de la calidad. En un contexto agroindustrial como el colombiano, la mejora de los métodos de producción no solo impacta la calidad del producto final, sino también la competitividad, la sostenibilidad y la estabilidad económica del sector.

En este marco, el presente trabajo se desarrolla en la empresa PRODUCACAO con el propósito de diagnosticar, analizar y mejorar la gestión de la producción y las operaciones en sus procesos de transformación del cacao. La investigación se orienta a identificar cuellos de botella,

ineficiencias operativas, pérdidas de materia prima y debilidades en la planificación, con el fin de diseñar propuestas técnicas que fortalezcan la productividad, reduzcan costos operativos y mejoren la toma de decisiones basada en datos.

Desde una perspectiva técnica, el estudio aplicará herramientas de ingeniería industrial tales como análisis de procesos, medición de tiempos y movimientos, formulación de indicadores clave de desempeño (KPI), control estadístico de procesos (CEP) y modelos de planificación de la producción. Estas herramientas permitirán estructurar un sistema de mejora continua que incremente la eficiencia y reduzca la variabilidad de los procesos productivos en PRODUCACAO.

El trabajo se realiza en esta empresa con el fin de generar un caso aplicado que permita demostrar, en un entorno real, cómo la gestión técnica de la producción incide directamente en la competitividad empresarial. A través de este estudio, se busca no solo fortalecer las capacidades internas de PRODUCACAO, sino también generar un modelo replicable para otras empresas del sector cacaotero que enfrentan problemáticas similares.

Asimismo, el impacto del proyecto trasciende el ámbito organizacional, ya que contribuirá al fortalecimiento de las cadenas productivas, al mejoramiento de las condiciones laborales y al aumento del valor agregado del cacao colombiano, articulando la tradición productiva con herramientas modernas de gestión.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, integrando componentes cualitativos y cuantitativos, lo cual permite analizar la gestión de la producción y las operaciones en la industria del cacao desde una perspectiva integral de la ingeniería industrial.

El diseño metodológico adoptado es el estudio de caso, aplicado en una empresa del Valle del Cauca, que representa distintos niveles de madurez en la gestión productiva del cacao y su diferente utilización de materias primas.

Dentro del componente cualitativo busca comprender las percepciones, prácticas y experiencias de los actores vinculados con la producción de cacao, ya que la mayoría de procesos aún no han sido estandarizados ni elevados a unas BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) para poder mejorar la calidad.

Para ello se aplican encuestas estructuradas y técnicas basados en normativa internacional según la International Organization for Standardization (ISO, 2015), la norma ISO 9001, a directivos y supervisores, así como observaciones directas en planta, registradas mediante fichas de verificación y diagramas de procesos.

El componente cuantitativo se orienta al análisis de indicadores de eficiencia y desempeño, utilizando parámetros de medición estandarizados en las industrias, así como también podemos aplicar las diferentes normas de calidad que tenemos actualmente para poder mejorar no solo la calidad sino el servicio y el medio ambiente.

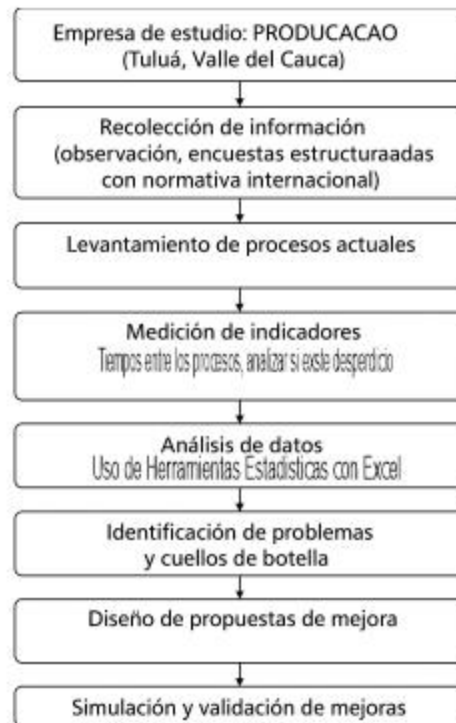


Figura 1
Esquema de procesos Metodológicos
Fuente: Elaboración propia (2025)

El proyecto de investigación tendrá a un exponente muy fuerte dentro de las empresas cacaoteras del Valle del Cauca, PRODUCACAO, una empresa la cual se aplicarán todos los conocimientos adquiridos durante este camino de aprendizaje para poder impulsar a la empresa a llegar a un siguiente nivel en su producción actual, empleando la recolección de datos mediante encuestas con el fin de determinar los datos iniciales de cada uno de los procesos del cacao en las diferentes organizaciones.

Se llevará a cabo un levantamiento de procesos en la empresa que, según los datos analizados, evidencie una mayor necesidad de intervención investigativa, el estudio podrá centrarse en un solo modelo de gestión con el propósito de proponer mejoras.

Población y muestra

La población objeto de estudio está conformada por las personas directamente vinculadas con los procesos productivos del cacao: directivos, supervisores, operarios y personal administrativo de la empresa seleccionada para el estudio, PRODUCACAO.

Se aplicará un muestreo no probabilístico intencional, el cual permite seleccionar a los participantes por su experiencia y conocimiento directo en la gestión productiva.

La muestra estará conformada por nueve participantes: dos directivos, cinco operarios y dos administrativos, quienes representan los distintos niveles de responsabilidad dentro del proceso productivo.

Este número se considera adecuado y viable para los objetivos del estudio, ya que en investigaciones aplicadas y de alcance exploratorio se busca principalmente la saturación de la información cualitativa, más que la representatividad estadística (Bernal, 2016).

La reducción de la muestra obedece a la disponibilidad de tiempo y recursos, sin comprometer la validez de los resultados, puesto que se emplean técnicas mixtas y triangulación de datos que garantizan una visión integral del proceso productivo.

Técnicas e instrumentos

Dentro de la investigación se aplicará un enfoque mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas, se priorizan únicamente los instrumentos esenciales que permiten obtener información confiable dentro del tiempo disponible, técnicas cualitativas como encuestas técnicas estructuradas, basadas en normativa internacional, que cumplan con la ficha técnica de la misma normativa estandarizada.

Se observará el punto de vista de los directivos y supervisores, orientadas a conocer su percepción sobre la eficiencia de los procesos, cuellos de botella y la gestión operativa, así como también las oportunidades de mejora.

Se realizarán varias visitas técnicas para poder observar directamente la planta cacaotera, donde se registrarán las etapas del proceso productivo mediante diagramas de flujo sencillos y hojas de verificación, con el fin de identificar posibles fallas o actividades que generen demoras.

De forma complementaria, se realizará una revisión documental básica de manuales y registros internos ISO 9001 y Buenas Prácticas de Manufactura – BPM, para contrastar la información obtenida en campo.

Análisis de datos

Los datos cualitativos se procesan mediante análisis de contenido y categorización temática. Los datos cuantitativos se analizan con estadística descriptiva y hojas de cálculo en Excel como promedios, porcentajes, desviaciones estándar y con la comparación de indicadores de desempeño frente a estándares de referencia en la industria.

ESTADO DEL ARTE

En 2022, la Universidad Nacional de Colombia presentó la tesis *Secado de granos de cacao (variedad TCS01) y su efecto sobre la concentración de compuestos fenólicos, azúcares y ácidos orgánicos*. En este trabajo, Chica Barco (2022) junto con su director analizaron distintas alternativas para hacer más eficiente el proceso de secado del grano y así reducir pérdidas ocasionadas por factores climáticos. El estudio resalta que esta fase es esencial para conservar el aroma y el sabor que identifican al cacao colombiano.

Con el paso del tiempo, la agroindustria del cacao ha recibido un gran impulso gracias a la incorporación de nuevas tecnologías. En Ecuador, por ejemplo, se desarrolló una investigación llamada *Diseño del proceso de producción de secadores artificiales de cacao mediante herramientas Lean Manufacturing en una empresa del sector agroindustrial*. Este estudio empleó un enfoque mixto, revisó los métodos de trabajo y aplicó herramientas de manufactura esbelta, logrando resultados favorables en la eficiencia de los procesos (Quintanilla Salcedo & Rodas Durán, 2023).

En Colombia, la empresa Casa Luker ha sido uno de los referentes en la aplicación de modelos de mejora continua. La compañía adaptó los principios del *Lean Manufacturing* y los combinó con un sistema de gestión de calidad total, lo que permitió reducir desperdicios, estandarizar operaciones y fortalecer la trazabilidad de sus productos para exportación (Casa Luker, 2023).

Asimismo, el modelo *Justo a Tiempo (JIT)* ha sido implementado como estrategia para optimizar la logística en la cadena del cacao. En un estudio desarrollado en una empresa familiar del país,

Panchana y Zambrano (2021) propusieron un modelo de trabajo que mejora la coordinación entre la producción y la exportación, reduciendo los tiempos de entrega y el exceso de inventario.

A nivel internacional, el avance también ha sido notorio. En España, la compañía Chocolates Valor integró un sistema de planificación avanzada (APS) basado en los principios del JIT, que le permitió ajustar la producción según la demanda del mercado y disminuir las pérdidas de materia prima (Siemens Industry Software, 2021). Mediante el uso de controladores lógicos programables, lograron determinar tiempos precisos dentro de la cadena de producción y evitar desperdicios.

Por otro lado, la trazabilidad y la sostenibilidad se han convertido en factores decisivos dentro de la cadena del cacao. En Colombia, Cacao Hunters desarrolló un sistema digital para rastrear el origen del producto, garantizando calidad y fortaleciendo el trabajo con pequeños productores (Cacao Hunters, 2022). En el ámbito global, Barry Callebaut, con sede en Suiza, impulsa el programa *Forever Chocolate*, que combina blockchain, monitoreo satelital y prácticas sostenibles orientadas a reducir desperdicios y asegurar la transparencia en todas sus operaciones (Barry Callebaut, 2023).

En conjunto, estos ejemplos muestran que la incorporación de metodologías de gestión y tecnologías emergentes no solo mejora la productividad, sino que también contribuye a la sostenibilidad y competitividad del cacao, tanto en Colombia como en otros países productores.

MARCO TEÓRICO

Dentro del mundo, la industria y las diferentes empresas que se han desarrollado al paso del tiempo, podemos ver un patrón de crecimiento en todas ellas, y es convertir una materia prima en un producto final terminado para poder comercializarlo, y obtener rentabilidad.

Ese patrón de venta de crecimiento ha existido desde tiempos muy antiguos, y aquí es donde surgen las diferentes teorías y modelos de gestión, si aumentamos la materia prima, y tenemos problemas en el proceso de producción no vamos a poder aumentar los productos finales mucho menos la rentabilidad, por otro lado, si se aumenta la demanda y la empresa no tiene los recursos, para poder atender la demanda, va a perder clientes y tampoco va a poder generar rentabilidad.

Digamos que en el ejemplo una empresa se encuentra en una encrucijada, no puede aumentar su materia prima para aumentar producto terminado y obtener rentabilidad, por otro lado, está la demanda que aumenta cada día y la empresa no puede responder ante ella, aquí surgen las primeras preguntas que ayudaron al desarrollo de diferentes modelos y teorías de gestión

- ¿Como aumentar mi productividad?
- ¿Como mejorar mis procesos de producción?
- ¿Como generar más rentabilidad a la empresa?
- ¿Como obtener producto final terminado sin tanto desperdicio?
- ¿Como aumentar la calidad en mis productos?

Preguntas que al pasar de los años han ido creando teorías y modelos para ayudar a responder y mejorarlas

La gestión de la producción y las operaciones suenan, a maneras muy difíciles de procesar una materia prima, más aún si el producto es proveniente de los cultivos de cacao en los campos del país, debido al acceso truncado de la tecnología, no solo es evaluar flujos y diagramas sino comprender que se conoce sobre el tema que se está investigando, saber que detrás de cada barra de chocolate late una coreografía invisible la del tiempo, la tierra y la técnica, además la gestión de la producción y operaciones, es un componente esencial para la eficiencia y competitividad de cualquier industria, ya que comprende la planificación, organización, dirección y control de los recursos necesarios para generar ingresos eficientes ([Heizer, Render & Munson, 2017](#)).

Podría decirse que el cacao no solo se fermenta sino también se organiza en la agroindustria cacaotera, planificar la producción no es un asunto de maquinarias y equipos, es un lazo estrecho entre la lluvia, cosecha, clima y precisión en los cronogramas, la gestión, en este contexto, se vuelve un arte de equilibrio, en la industria cacaotera, esta gestión abarca la coordinación de materias primas, tiempos de producción, control de calidad, costos y optimización de procesos, garantizando que el producto final cumpla con los estándares nacionales e internacionales.

Durante el siglo XX, la industria descubrió su propio evangelio de productividad este nuevo modelo de producción en masa prometía abundancia y uniformidad millones de tabletas idénticas, alineadas como soldados en un desfile de eficiencia, pero la perfección en serie, paradójicamente, convirtió al producto en algo menos humano, el modelo de producción en masa se centra en la estandarización de procesos y la fabricación de altos volúmenes de productos homogéneos, lo que permite economías de escala, aunque reduce la flexibilidad ante cambios en la demanda ([Slack, Chambers & Johnston, 2010](#)), es decir en esa época, era necesario ajustarse a los productos comercializados, no se podía personalizar pedidos ya que la producción en masa tiene hasta el día de hoy esos limitantes que encadenan a un producto.

Pero en diferentes partes del mundo se evidenció que este método es muy ágil para satisfacer grandes demandas de pedidos, pero poco fiable al momento de tener variedad de productos, es por esto que en Japón, nació un nuevo método de preparar solo lo necesario, a este método se lo conoce como Justo a Tiempo (JIT) que busca reducir inventarios y minimizar desperdicios, produciendo únicamente cuando es necesario, para la industria del cacao este método estaba mucho más adaptado a las necesidades ya que algunos productos provenientes del cacao son perecederos.

Por su parte, el enfoque Justo a Tiempo (JIT) busca reducir inventarios y minimizar desperdicios, produciendo únicamente cuando es necesario, lo cual es útil en la agroindustria al manejar productos perecederos como el cacao ([Heizer, Render & Munson, 2017](#)).

Pero no son los únicos modelos que existen, la manufactura esbelta Lean Manufacturing, promueve la mejora continua mediante la eliminación de actividades que no agregan valor, optimizando los procesos y fomentando la eficiencia operativa (Womack & Jones, 2003), en la industria del cacao, esto se traduce en ajustes en la logística de cosecha, fermentación y secado, asegurando productividad sin comprometer la calidad gracias al uso de tecnología.

Este modelo invitó a adelgazar procesos y quedarse solo con lo esencial, no muy distinto al proceso de tostar y moler el grano eliminar la cascara y quedar con la sustancia pura.

Una vez puestos en práctica distintos modelos nacieron la famosa teoría de restricciones que permite analizar los cuellos de botella dentro de los procesos para poder optimizarlos.

La Teoría de Restricciones (TOC) permite identificar los cuellos de botella dentro de la cadena productiva, facilitando decisiones estratégicas para incrementar el flujo de producción y la eficiencia global del sistema (Goldratt, 1990).

En este entramado teórico, surge un ejemplo que combina la práctica con la teoría es la empresa a la cual se centra la investigación, para poder maximizar los resultados de las investigaciones, la Asociación PRODUCACAO, en Tuluá. Allí, familias campesinas transforman el cacao en chocolate, los principios de gestión moderna controlan la calidad cuidando una tradición, optimizando los recursos y la cosecha, certificando procesos para aumentar la calidad y proteger un legado.

La empresa es un ejemplo concreto de cómo los modelos de producción, estrategias de eficiencia y gestión de calidad pueden aplicarse en la agroindustria cacaotera para mejorar la eficiencia operativa y la competitividad del sector.

El análisis de la gestión de la producción y operaciones, apoyado en modelos teóricos y buenas prácticas de empresas como PRODUCACAO, establece una base sólida para identificar oportunidades de mejora y proponer estrategias que optimicen los procesos productivos, asegurando eficiencia, calidad y competitividad en la industria cacaotera, como se observa en la Figura 1, la empresa aplica diversos modelos de gestión de la producción que contribuyen a optimizar la eficiencia operativa

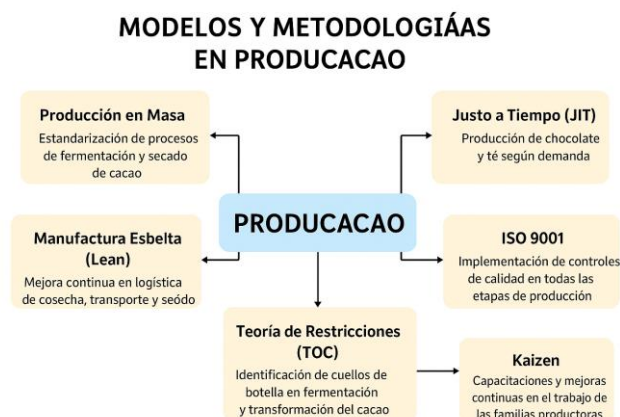


Figura 2
Modelos y Metodologías aplicadas en PRODUCACAO
Fuente: Elaboración propia (2025)

Su fábrica no es solo un centro de producción, es un trabajo que se remonta de varios años del pasado, creando y fortaleciendo la tradición de cada generación, y mientras el mundo industrial busca algoritmos para la eficiencia, PRODUCACAO encuentra la suya en la coherencia entre trabajo, comunidad y tierra.

Al final, lo que la agroindustria del cacao enseña no es solo cómo producir más, sino cómo producir mejor: con propósito, con ritmo, con respeto. Porque incluso en la economía global, la eficiencia sin alma termina sabiendo a chocolate sin aroma.

MARCO CONCEPTUAL

La producción cacaotera no es solo un proceso técnico, es una cadena de decisiones humanas, que interviene directamente en los cultivos, costumbres agrícolas y ajustes constantes que transforman un fruto en algo que el mundo disfruta, y que hace que Colombia sea un país número uno en producción de cacao, así como sus productos terminados, no por nada a Colombia se lo toma de referente como el mejor café del mundo.

Cada etapa desde el cultivo hasta la transformación industrial depende del equilibrio entre la experiencia de quien produce y la eficiencia con que se gestionan los recursos, a veces, lograr ese equilibrio no es tan simplemente la tierra, el buen clima sino también el uso de la tecnología que en este caso avanza a pasos agigantados en la industria cacaotera.

Cuando se habla de gestión de procesos productivos, se piensa en planificar, ordenar, coordinar y controlar cada paso de la producción. Heizer, Render y Munson (2017),

explican que la productividad surge de comparar lo que se obtiene con lo que se invierte, aunque en la práctica eso implique una constante revisión de métodos.

En la industria del cacao, medir productividad ayuda a detectar dónde se pierden minutos valiosos o cómo reducir tiempos muertos durante la fermentación o el secado, ya que son los pasos claves dentro del proceso del cacao que más tiempo demanda para la obtención final de los diferentes productos, dentro de la investigación propuesta se han evaluado diferentes métodos usados a lo largo del tiempo, para poder ajustar estos números y obtener resultados viables al momento de ser un ente productor de cacao en masa.

Las industrias cacaoteras han pasado por modelos que van desde la producción en masa, de un producto específico hasta la fabricación y producción de varios productos netamente necesarios, la eficiencia, más que una meta abstracta, es una forma de pensar en el trabajo no se trata de producir más, sino de hacerlo mejor, con menos desperdicio. Taylor, hace ya un siglo, hablaba de esto al estudiar los movimientos y tiempos de los trabajadores: eliminar pasos innecesarios, organizarse mejor, aprovechar cada esfuerzo.

En una planta de cacao, esta lógica puede verse en cómo se ordenan las bandejas de secado o en cómo se redistribuyen las tareas durante una jornada intensa de producción, en cuanto a la calidad, según la International Organization for Standardization (ISO, 2015), la norma ISO 9001, propone que una organización sea capaz no solo de cumplir lo prometido, sino de mejorar siempre un poco más.

En la práctica, esto implica cuidar detalles tan pequeños como el aroma del grano o su textura. Recordando que se lucha contra el factor tiempo, ya que son productos

perecederos, y ahí entran las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), que aseguran condiciones adecuadas de higiene, manipulación y conservación del cacao, mantener esa calidad depende más de la disciplina cotidiana que de la tecnología, ya que el uso de tecnología es una herramienta que permite llegar a las metas de la empresa, pero sin un control de rigor y un cuidado diario, sería imposible lograrlas.

En el fondo, lo importante no es solo obtener el número, sino usarlo para mejorar decisiones reales cuándo detener una máquina, cuándo capacitar al personal, o incluso cuándo invertir en un cambio de proceso.

La cadena de valor del cacao permite ver el proceso completo, desde la siembra hasta la comercialización. Analizarla ayuda a entender dónde se genera más valor y en qué puntos se puede intervenir para hacerlo crecer, la diferencia entre un producto local y uno de exportación no solo está en el sabor, sino en la logística o en la presentación final, la gestión de la producción cacaotera puede entenderse como un sistema vivo, donde cada parte influye en las demás.

Aplicar los principios de productividad, eficiencia y calidad no solo mejora los resultados, sino que fortalece la sostenibilidad del sector, producir cacao no es solo un negocio sino también representa una manera de sostener tradiciones y de mantener viva una herencia que huele a tierra, café y a chocolate.

2. Cuerpo del Trabajo

1.2 Cronología de Desarrollo

Dentro del estudio de Investigación, se describirá de manera cronología algunos acontecimientos claves que dieron lugar a la creación de teorías y modelos de gestión y también se los comparará con el actual enfoque de estudio que son las plantaciones de cacao.

En siglo XX la Teoría Clásica de la Administración propuesta por Henri Fayol (1900-1916), se estableció como uno de los pilares para los principios de planificación, organización, dirección y control, sentando las bases de la gestión moderna, paralelamente por no decir casi en los mismos años, surge la Administración Científica de Frederick W. Taylor (1911), en esta teoría nos presenta un modelo de productividad a través del estudio de tiempos y movimientos, un enfoque que sigue siendo útil para analizar la eficiencia en las tareas agrícolas y de procesamiento del cacao.

Henry Ford (1913) implementó la Producción en masa, enfocada en la estandarización y la producción continua, modelo que marcó el inicio de la automatización industrial dentro del ámbito automovilístico, como habíamos mencionado antes la demanda en esa época era muy grande que las empresas debían adaptar nuevos modelos para poder cumplir con sus pedidos.

Décadas más tarde, en los años 1930 a 1945, Elton Mayo introduce la Teoría de las Relaciones Humanas, destacando la importancia del bienestar y la motivación del trabajador como parte esencial del rendimiento productivo, hoy en día empresas en japon

y algunos países poseen sofá – camas dentro de las instalaciones, para que los trabajadores puedan tomar una siesta de 45 minutos después de su hora de almuerzo, esto ha incrementado el rendimiento en casi un 30% comparado con empresas que solo dan el tiempo mínimo para almuerzo y ocio. En la actualidad podemos ver empresas grandes multinacionales que ya no exigen un código de vestimenta formal para ir a trabajar ni cumplir con el horario habitual de mínimo 8 horas diarias, y dentro de sus instalaciones poseen videojuegos, máquinas expendedoras de dulces, entre otros suministros de diversión que les permite a los trabajadores desarrollarse como personas más humanas y no como maquinas que solo deben agachar su lomo y trabajar de sol a sol sin descanso alguno.

En la década de los años 50 Deming y Juran desarrollan la Gestión de la Calidad Total (TQM), orientada a la mejora continua y al compromiso con la calidad en cada etapa del proceso productivo, ya que en estos años ya no solo se necesitaba productos en masa sino que la gente empezó a darle más valor a su dinero, a su trabajo y empezó a exigir productos no solo de una manera rápida sino también que sean de calidad, este principio es aplicable al control de calidad del cacao durante la fermentación, secado y almacenamiento.

En los años setenta, surge en Japón el modelo Justo a Tiempo (JIT), impulsado por Taiichi Ohno en Toyota, que busca eliminar inventarios innecesarios y producir únicamente lo que se requiere, este enfoque es muy importante para el sector cacaotero, donde la sincronización entre cosecha, fermentación y secado resulta esencial para evitar pérdidas.

Durante la década de 1980, la gestión industrial adopta nuevas perspectivas con la Teoría de las Restricciones (TOC) de Eliyahu Goldratt (1984) y la Producción Enfocada (OPT),

que promueven la identificación de los cuellos de botella para optimizar el rendimiento global del sistema productivo.

Toyota impulsa la Producción Esbelta (Lean Manufacturing), centrada en la eliminación de desperdicios y la eficiencia total, convirtiendo su marca y modelo en hitos que hasta la actualidad resuenan y se aplican en las empresas.

En este mismo período surge Six Sigma (1986), desarrollado por Motorola, como un método de control estadístico que busca reducir la variabilidad y los defectos. La combinación de estos dos enfoques daría origen a Lean Six Sigma (1990s), adoptado por General Electric, que integra calidad y eficiencia.

Ya en los años noventa aparece la Manufactura Ágil, orientada a la flexibilidad y a la rápida adaptación a los cambios del mercado. Finalmente, en el siglo XXI, emergen dos tendencias clave: la Gestión por Procesos, que concibe la empresa como una red de procesos medibles y mejorables; y la Gestión Sostenible de la Producción, que incorpora principios ambientales y de responsabilidad social para garantizar la sostenibilidad del sistema productivo.

Comprender esta evolución permite reconocer que cada modelo aportó elementos valiosos que pueden aplicarse, de manera parcial o combinada, modelos que en su época fueron de gran ayuda y que hasta el día de hoy se siguen implementando en las empresas para mejorar sus procesos productivos.

De esta manera, la investigación busca identificar los modelos que mejor se adapten al entorno productivo de PRODUCACAO, con el fin de implementar estrategias que

impulsen la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad del proceso cacaotero en el Valle del Cauca.

1.3 Identificación de Procesos

Para poder identificar que teoría y modelo de gestión se puede aplicar a la empresa PRODUCACAO, es necesario conocer el proceso el proceso productivo, desde la cosecha y la recolección del grano hasta el producto final terminado y embodegado.

Para esto se ha realizado visitas técnicas guiadas por el personal administrativo de la empresa en cuestión, en el cual se ha permitido el ingreso a su planta de procesamiento, así como también a sus cultivos y bodegas de abasto y comercialización.

La empresa nos ha proporcionado sus procesos y nos ha indicado el orden en el cual se va realizando, el cual se detalla a continuación:

- Recolección Materia Prima
- Limpieza del Grano
- Recolección del Grano
- Secado y Tostado del Grano
- Triturar y Moler el Grano
 - Pasta de Cacao
 - Prensar Pasta de Cacao
 - Transportar las tortas de cacao prensadas
 - Alimentar Tolvas
 - Alimentar Sinfines
 - Activar Transporte Neumático

- Activar Trozador
- Activar Mezcladores
- Reposo de la mezcla
- Activar mezcla por 20 min
- Transporte de mezcla
- Pulverización de la mezcla
- Activar Secuencia de pulverizadores
- Activar sistema neumático de transporte
- Almacenamiento en tolva principal
- Inyección de vapor industrial a 60 PSI
- Activar transporte neumático
- Almacén en tolva dosificadora
 - Dosificación del producto
 - Producto terminado Cocoa en Polvo
 - Empacado
 - Almacenaje
 - Distribución en puntos de venta

1.4 Diagrama de Procesos BPMN de la empresa PRODUCACAO.

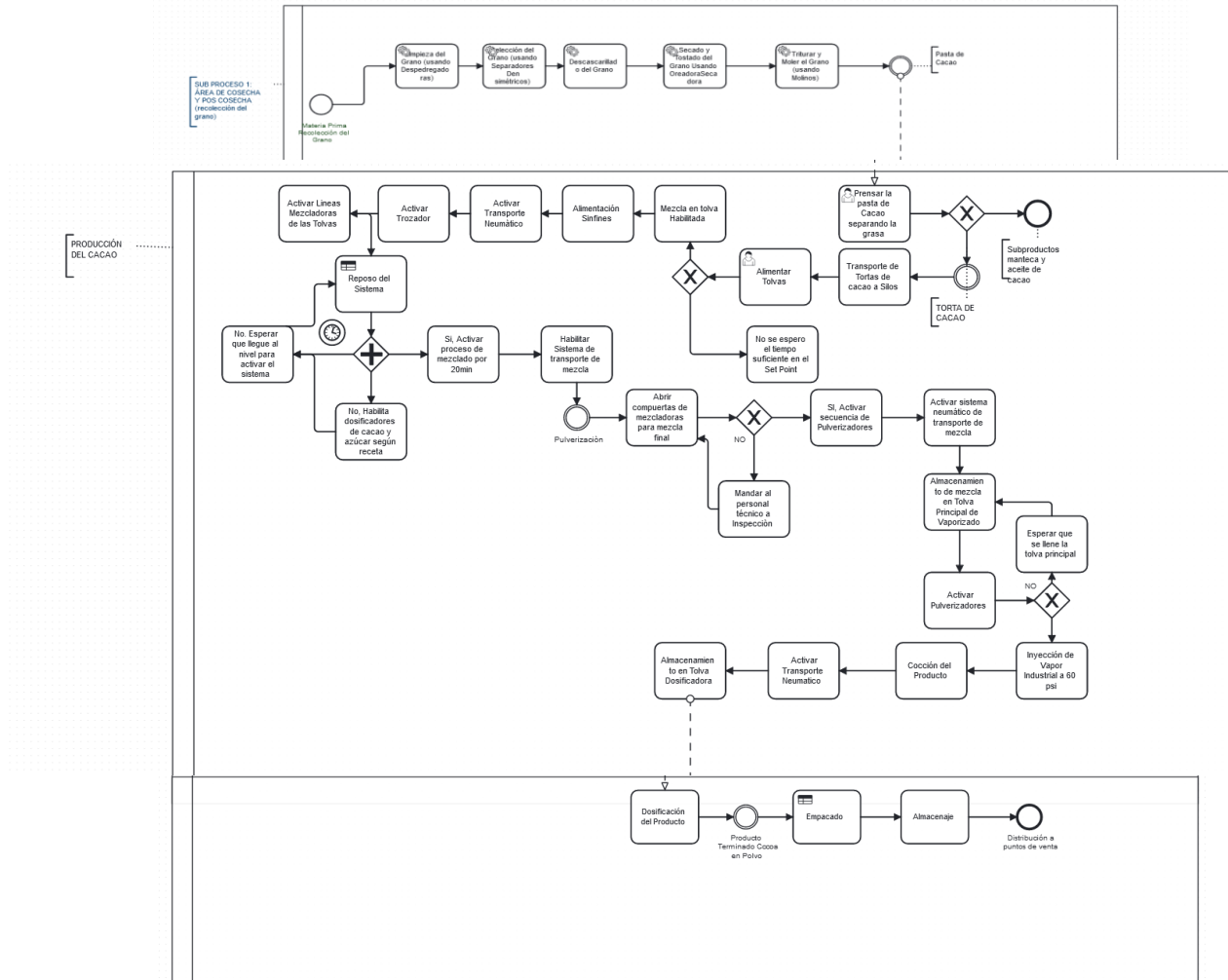


Figura 3
Diagrama BPMN de procesos de la empresa PRODUCACAO
Fuente: Elaboración propia mediante el uso de software <https://bpmn.io/> (2025)

1.5 Identificación de Modelo aplicable a la empresa PRODUCACAO

Luego de haber visto todo el proceso de cacao, que pasa desde su siembra, cosecha y recolección, hasta convertirse en un producto final, se ha visto que los modelos que mejor se adaptan para su proceso productivo son:

- JIT (Just in Time)

Este modelo propone producir lo justo, es decir lo que se necesita para evitar que los productos perezcan y evitar pérdidas, este modelo dentro del proceso productivo de PRODUCACAO, es muy importante ya que podemos reducir costos desde la siembra y cosecha sin disminuir calidad ni afectar los índices de inventarios de la empresa, lo que significaría planificar la cosecha según la capacidad de fermentación y secado, evitando que el cacao se acumule y pierda calidad.

En la práctica, esto significa mantener únicamente las cantidades mínimas de cacao requeridas para cumplir con los pedidos reales. Un desafío que, en un entorno húmedo y vivo como el del Valle del Cauca, se convierte en cuestión de supervivencia de la calidad. Demasiado almacenamiento, y el grano se amarga; demasiada prisa, y la fermentación queda trunca. El equilibrio es fino, casi artesanal. Por eso, un sistema de control de inventarios sincronizado con la producción no es un lujo, sino una brújula que orienta cada movimiento del proceso, garantizando frescura, trazabilidad y sentido común.

Pero ningún sistema productivo florece en soledad. La coordinación con los recolectores y proveedores se vuelve aquí un acto de coreografía precisa: si el agricultor entrega el cacao en el momento exacto en que la planta lo requiere, se logra lo que en teoría económica suena seco —“reducción de inventarios”—, pero que en la práctica significa algo más poético: cacao que llega a la fábrica con la humedad aún tibia del campo. Una suerte de “cosecha por demanda”, donde la tierra, la mano y la máquina laten al mismo ritmo.

Diagnóstico del Proceso Productivo de PRODUCACAO

El análisis del flujo productivo de PRODUCACAO permitió identificar que las etapas de recepción, fermentación, secado, selección y almacenamiento conforman una secuencia lineal cuya eficiencia depende directamente del equilibrio entre los tiempos de proceso, los tiempos de espera y la capacidad instalada. Para complementar este análisis, se incorporó la herramienta Value Stream Mapping (VSM), la cual permitió visualizar de manera integral el flujo de materiales e información, identificando tiempos de valor agregado y tiempos de no valor agregado dentro del proceso.

A partir del VSM, se evidenció que la fermentación constituye el principal cuello de botella del sistema, no solo por su duración —entre 5 y 7 días, dependiendo de las condiciones ambiental y de la variedad del grano—, sino también por su naturaleza biológica, la cual limita la posibilidad de acelerar el proceso sin afectar las características sensoriales y fisicoquímicas del producto.

De manera complementaria, el VSM permitió identificar acumulaciones de inventario en proceso (WIP), tiempos muertos entre etapas y deficiencias en la sincronización entre la recepción de materia prima y la capacidad real de fermentación y secado. Estos hallazgos evidencian que una parte significativa del tiempo total de proceso corresponde a actividades que no agregan valor.

En este contexto, se plantea la estandarización del trabajo como una estrategia clave para mejorar la estabilidad del proceso. La definición de procedimientos operativos estandarizados (POE), tiempos estándar, secuencia de trabajo y puntos de control permitirá reducir la variabilidad operativa y mejorar la repetibilidad de los resultados.

Si bien la filosofía Just in Time (JIT) se considera una alternativa para mejorar el flujo productivo, su aplicación directa en PRODUCACAO presenta limitaciones técnicas debido a la naturaleza biológica de los procesos de fermentación y secado. Estos procesos no pueden comprimirse ni sincronizarse totalmente con la demanda sin afectar la calidad del producto, lo que hace necesario adoptar un enfoque híbrido, priorizando herramientas como VSM, estandarización del trabajo, gestión de cuellos de botella y control de inventarios intermedios, más que una implementación rígida de JIT.

En consecuencia, la combinación de VSM y estandarización del trabajo permite establecer una base técnica sólida para mejorar el flujo del proceso, reducir ineficiencias y fortalecer los resultados operativos de PRODUCACAO, respetando las restricciones naturales inherentes al procesamiento biológico del cacao.

- Identificación de Cuellos de Botella, Ineficiencias y No Conformidades

- Cuello de botella principal: Fermentación
- Capacidad limitada de cajas fermentadoras.
- Tiempo fijo del proceso: no puede acelerarse sin afectar las propiedades sensoriales.
- Cuando la planta recibe más cacao del que puede fermentar, se genera espera en recepción y aumento del nivel de inventario inicial.
- Ineficiencias relacionadas:
 - Acumulación de cacao fresco esperando turno para fermentar.
 - • Descoordinación entre recolección en campo y capacidad real de la planta.
 - • Incremento de tareas manuales para redistribuir lotes acumulados.
 - • Interrupciones en secado debido a saturación del proceso anterior.
 - No conformidades frecuentes:
 - • Granos con fermentación incompleta o desigual.
 - • Variación en el pH por tiempos irregulares de espera.
 - • Mayor incidencia de defectos por humedad en los lotes acumulados.
 - • Pérdida de aroma característico debido a interrupciones en la secuencia del proceso.

Justificación Técnica para Aplicar JIT como Filosofía

Con base en el diagnóstico, la filosofía Just in Time (JIT) resulta pertinente no como un modelo operativo, sino como un enfoque de gestión orientado a equilibrar el flujo del proceso y evitar acumulación de materia prima previa al cuello de botella.

El JIT reduce inventario innecesario, mejora coordinación entre campo y planta y permite programar entregas de cacao fresco según la capacidad diaria de fermentación. Esto evita degradación del grano, disminuye variabilidad en la fermentación y reduce no conformidades.

Just in Time no se aborda como un modelo operativo, sino como una filosofía de gestión orientada a regular el flujo del proceso productivo y evitar acumulación innecesaria de inventario previo al cuello de botella identificado: la etapa de fermentación. Dado que la capacidad de las cajas fermentadoras es limitada y el proceso no puede acelerarse sin afectar la calidad, resulta fundamental que la cantidad de cacao recibido en planta se mantenga alineada con esta capacidad real.

Aplicar la filosofía JIT implica programar la recolección y entrega del cacao fresco de manera que ingrese a la planta únicamente el volumen que puede ser procesado de inmediato. Esto reduce tiempos de espera, evita la degradación del grano por humedad y disminuye la variabilidad en los resultados de fermentación, que es una de las principales causas de no conformidades identificadas.

Asimismo, el JIT fortalece la coordinación operativa entre recolectores y planta, de modo que las entregas se realicen en los momentos adecuados y en cantidades acordes con la disponibilidad de fermentadores y secadores. Con ello, se minimiza la

acumulación de materia prima, se estabiliza el flujo del proceso y se mejora el control sobre la calidad del producto final.

Ahora bien, el análisis del proceso productivo muestra que las interrupciones y los tiempos muertos no provienen únicamente del exceso de inventario, sino también de la falta de sincronización entre etapas. Aquí es donde la filosofía JIT cobra sentido. Más que un modelo operativo, el JIT funciona como un enfoque que permite interpretar el proceso desde la lógica del flujo continuo, preguntándose si cada actividad recibe lo que realmente puede procesar y en el momento adecuado. Aplicar esta perspectiva a PRODUCCAO implica revisar el diagrama del proceso con mayor precisión para identificar en qué puntos la fermentación, el secado o el empaque se detienen por desajustes en la cantidad o el ritmo de entrada del cacao.

Desde esta mirada, la filosofía JIT ayuda a reconocer que los cuellos de botella no son solo una consecuencia técnica, sino también de coordinación. Cuando la planta recibe más cacao del que la capacidad de fermentación puede manejar, se genera espera, acumulación y variabilidad en la calidad final. Lo mismo ocurre cuando el secado o el empaque operan con tiempos desfasados respecto a la etapa previa. Por ello, el JIT ofrece una guía para ajustar el proceso: planificar entregas según la capacidad real, evitar sobrecargas que saturen la etapa crítica y mantener un flujo estable que reduzca tiempos improductivos. En conjunto, este enfoque permite que PRODUCCAO comprenda mejor dónde se rompe la continuidad del proceso y cómo organizar sus actividades para garantizar un desempeño más eficiente y coherente con las necesidades reales de producción.

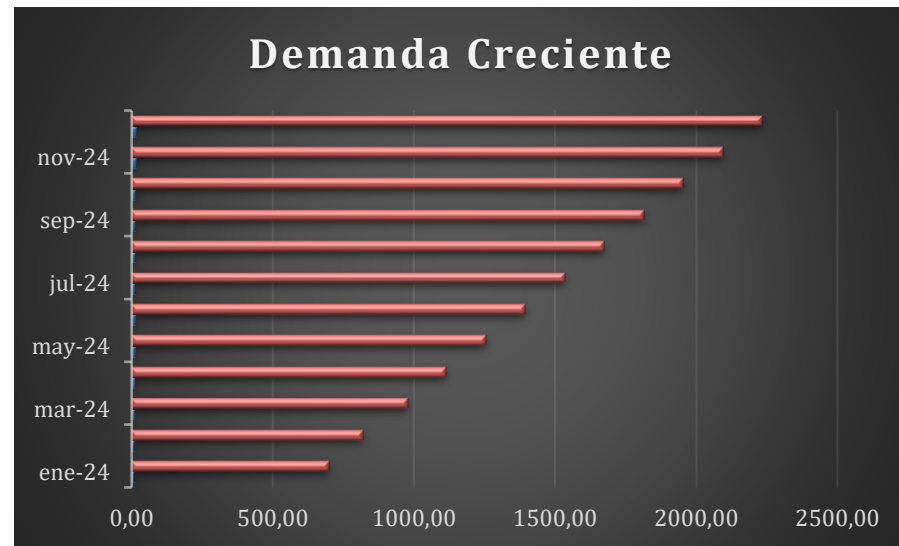
La empresa, además, podría avanzar hacia una lógica de producción bajo pedido. Fabricar solo lo que el cliente ha solicitado —ni más, ni menos— parece simple, pero es una revolución silenciosa. Supone renunciar a la ansiedad de llenar bodegas y apostar por la serenidad de producir con propósito. Como un chocolatero que, en vez de amontonar tabletas, crea solo las que serán degustadas.

DATOS GENERALES PLANTA DE CACAO

Mes	Demanda (kg)	Recibido (kg)	Capacidad fermentación mes (kg)	Días fermentación (prom)	Inventario fermentación (kg)	Inventario secado (kg)	Pérdida % fermentación	Pérdida % secado	No conformidad %	Rendimiento (kg)
ene-24	8,20	8,62	36	5.8	2	700,00	1.20	1.80	1.50	8,361
feb-24	8,80	9,1	36	5.6	2,3	820,00	1.10	1.81	1.60	8,827
mar-24	9,40	9,65	36	5.7	2,6	980,00	1.40	1.82	2.00	9,311
abr-24	10,05	10,18	36	5.9	2,8	1113,33	1.50	1.83	1.61	9,783
may-24	10,53	10,7	36	5.9	2,95	1253,33	1.80	1.84	2.01	10,258
jun-24	11,01	11,222	36	5.8	3,1	1393,33	2.00	1.85	1.70	10,733
jul-24	11,65	11,746	36	5.8	3,25	1533,33	1.20	1.86	1.80	11,208
ago-24	12,22	12,27	36	5.6	3,4	1673,33	1.10	1.87	2.01	11,683
sept-24	12,79	12,794	36	5.7	3,55	1813,33	1.40	1.88	1.62	12,158
oct-24	13,36	13,318	36	5.9	3,7	1953,33	1.50	1.89	2.02	12,633
nov-24	13,93	13,842	36	5.9	3,85	2093,33	1.80	1.90	1.90	13,108

dic-24	14,50	14,366	36	5.8	4	2233,33	2.01	1.91	1.100	13,583
ene-25	15,06	14,89	36	5.8	4,15	2373,33	1.20	1.92	2.02	14,058
feb-25	15,63	15,414	36	5.8	4,3	2513,33	1.20	1.93	1.63	14,533
mar-25	16,20	15,938	36	5.6	4,45	2653,33	1.10	1.94	2.03	15,008
abr-25	16,77	16,462	36	5.7	4,6	2793,33	1.40	1.95	1.110	15,483
may-25	17,34	16,986	36	5.9	4,75	2933,33	1.50	1.96	1.120	15,958
jun-25	17,91	17,51	36	5.9	4,9	3073,33	1.80	1.97	2.03	16,433
jul-25	18,47	18,034	36	5.8	5,05	3213,33	2.01	1.98	1.64	16,908
ago-25	19,04	18,558	36	5.8	5,2	3353,33	1.20	1.99	2.04	17,383
sept-25	19,61	19,082	36	5.6	5,35	3493,33	1.10	1.100	1.130	17,858
oct-25	20,18	19,606	36	5.7	5,5	3633,33	1.40	1.101	1.140	18,333
nov-25	20,75	20,13	36	5.9	5,65	3773,33	1.50	1.102	2.04	18,808
dic-25	21,31	20,654	36	5.9	5,8	3913,33	1.80	1.103	1.65	19,283
ene-26	21,88	21,178	36	5.8	5,95	4053,33	2.02	1.104	2.05	19,758
feb-26	22,45	21,702	36	5.8	6,1	4193,33	1.20	1.105	1.150	20,233
mar-26	23,02	22,226	36	5.8	6,25	4333,33	1.20	1.106	1.160	20,708
abr-26	23,59	22,75	36	5.6	6,4	4473,33	1.10	1.107	2.05	21,183
may-26	24,16	23,274	36	5.8	6,55	4613,33	1.20	1.108	1.66	21,658
jun-26	24,72	23,798	36	5.6	6,7	4753,33	1.10	1.109	2.06	22,133
jul-26	25,29	24,322	36	5.7	6,85	4893,33	1.40	1.110	1.170	22,608
ago-26	25,86	24,846	36	5.9	7	5033,33	1.50	1.111	1.180	23,083

sept-26	26,43	25,37	36	5.9	7,15	5173,33	1.80	1.112	2.06	23,558
oct-26	27,00	25,894	36	5.8	7,3	5313,33	2.01	1.113	1.67	24,033
nov-26	27,57	26,418	36	5.8	7,45	5453,33	1.20	1.114	2.07	24,508
dic-26	28,13	26,942	36	5.6	7,6	5593,33	1.10	1.115	1.190	24,983



En esta partitura moderna, la tecnología actúa como metrónomo. Sistemas digitales de registro, hojas de cálculo dinámicas o plataformas analíticas como Power BI permiten monitorear en tiempo real el pulso del cacao: cuándo llega, cuánto se transforma, cuándo parte. Lo que antes dependía de la intuición hoy puede visualizarse en gráficos que respiran datos y decisiones.

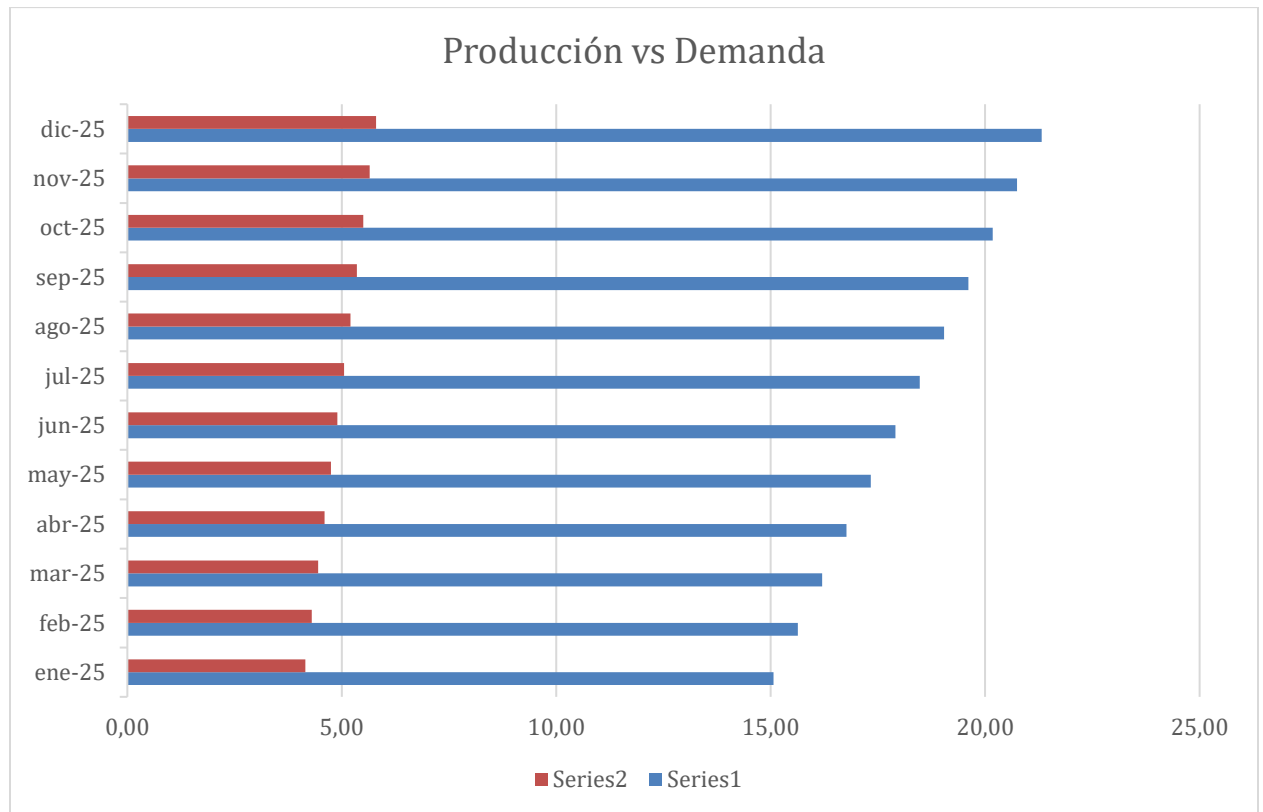
Y, sin embargo, ningún algoritmo puede sustituir la inteligencia humana detrás de la mejora continua. El éxito del JIT no se decreta desde un escritorio: se construye en el compromiso cotidiano del personal, en su comprensión del porqué detrás de cada tarea. Capacitar al equipo no es un requisito técnico, sino un acto de coherencia: cuando las manos saben lo que hacen, los procesos fluyen, y el cacao —ese grano humilde y noble— alcanza su mejor versión.

En definitiva, aplicar el modelo Justo a Tiempo en PRODUCACAO es más que una estrategia de eficiencia: es un ejercicio de equilibrio entre la naturaleza y la lógica, entre la urgencia del mercado y el ritmo del campo. Un recordatorio de que producir bien no es producir más, sino producir con sentido.

- Producción Enfocada (OPT) Detección de cuellos de botella

Al ser PRODUCACAO, una empresa cacaotera con varios procesos industriales, es necesario poder identificar los cuellos de botella que se generan por lo menos en las partes primarias del proceso para poder disminuir tiempos de producción.

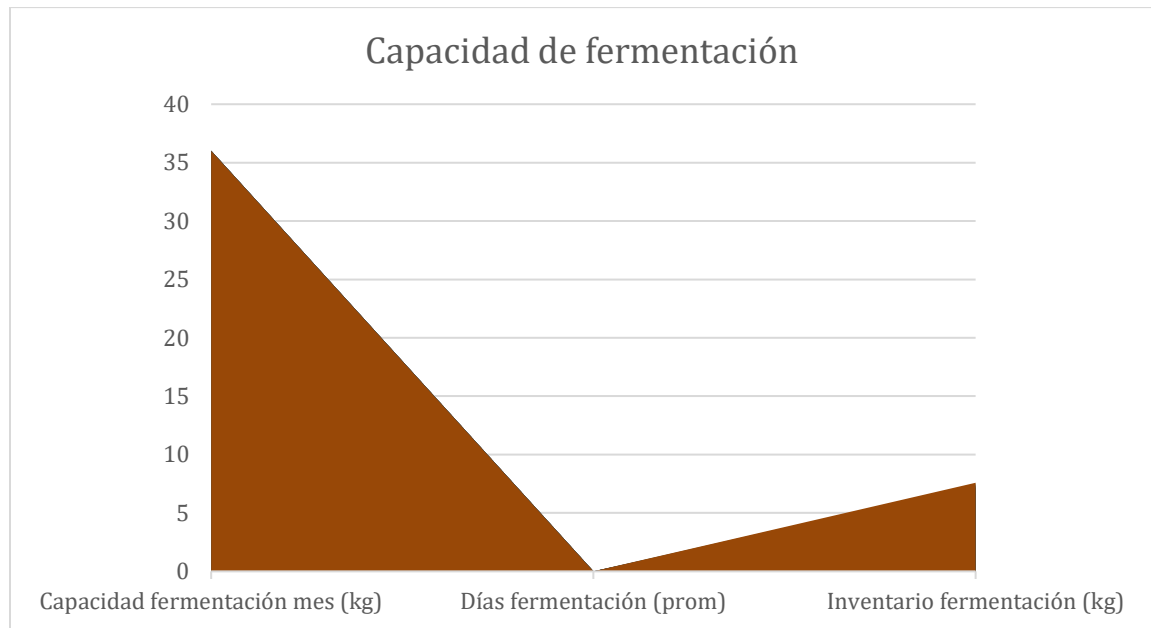
El modelo de Producción Enfocada (OPT) parte de una premisa casi filosófica: *una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil*. O, dicho en términos más tropicales, la capacidad de toda la planta depende del punto donde el cacao se atasca.



OPT no busca maquillar la eficiencia con gráficos coloridos ni prometer productividad a golpe de discursos, lo que propone es algo más honesto, mirar de frente las restricciones y convertirlas en aliadas.

Si el cuello de botella no puede desaparecer, que al menos marque el ritmo del resto del sistema. Así se podrá identificar en qué etapas se acumulan los inventarios, se estancan los lotes o se diluyen las horas sin valor agregado.

Una vez diagnosticados esos puntos críticos, la empresa podrá ajustar su sinfonía interna: balancear cargas, reprogramar tareas y priorizar lo esencial, la idea no es correr más rápido, sino correr con sentido.



En lugar de sobrecargar los procesos fuertes, el OPT enseña a cuidar los frágiles, a tratarlos como piezas valiosas que sostienen todo el engranaje, una paradoja luminosa *“la productividad nace de proteger la lentitud”*.

Mientras el JIT reduce inventarios y tiempos muertos, la Producción Enfocada asegura que cada recurso humano, técnico o natural se use donde realmente importa. Es una dupla tan complementaria como la del agricultor y el chocolatero: uno cuida el origen, el otro el resultado.

En conjunto, estos modelos permiten que PRODUCACAO avance hacia una productividad inteligente, donde nada se desperdicia y cada grano de cacao encuentra su destino sin prisas ni demoras.

Aplicando variables de cambio podemos mejorar en cierta medida e impulsar el proceso de fermentación del cacao, se lo realizaría con el aumento de la productividad mensual de la siguiente manera

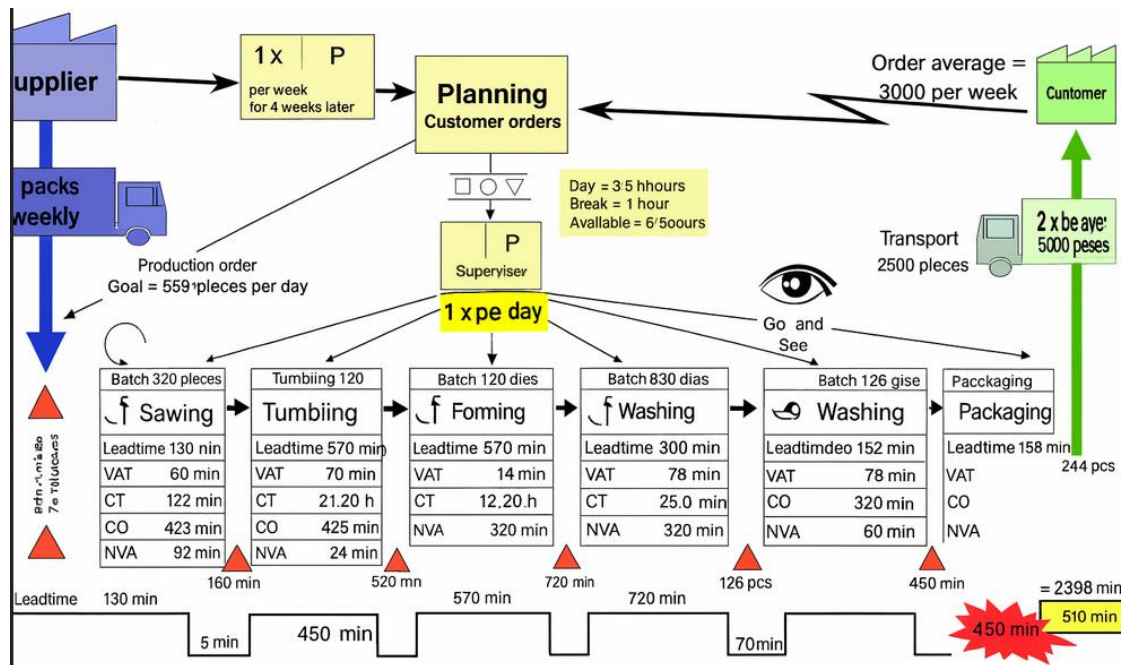
Periodo de Prueba: 36 meses

Incremento en producción del 3.7% mensual, tasa que nos indica la media y la variación estándar obtenida de los datos de la empresa de produccao en los últimos años

Dando como resultado un crecimiento exponencial pasando de 2kg de fermento rico al mes a casi 7,4 kilos de fermentación finales dando un incremento en la capacidad operacional del 7.5% mensual.

RESULTADOS

A partir del análisis del flujo productivo, la construcción del Value Stream Mapping (VSM), la identificación de restricciones del sistema y la simulación de escenarios operativos, se obtuvieron los siguientes hallazgos, los cuales constituyen insumos técnicos críticos para la toma de decisiones estratégicas en PRODUCCAO



La etapa de fermentación fue identificada como la principal restricción del sistema (constraint), al concentrar la menor capacidad efectiva (bottleneck capacity) y el mayor tiempo de permanencia del producto en proceso (Throughput Time), condicionando el rendimiento global del proceso.

Se evidenció un nivel elevado de Work in Process (WIP) entre recepción y fermentación, incrementando el Lead Time total del sistema y afectando negativamente los indicadores de estabilidad y flujo continuo.

Se identificó una desalineación entre la tasa de llegada de materia prima (Arrival Rate) y la tasa de procesamiento efectiva (Processing Rate), generando fenómenos de congestión, colas operativas y sobreutilización intermitente de recursos.

Los tiempos de no valor agregado representan una proporción significativa del tiempo total de ciclo (Total Cycle Time), lo que reduce el valor agregado operacional y la eficiencia del flujo productivo.

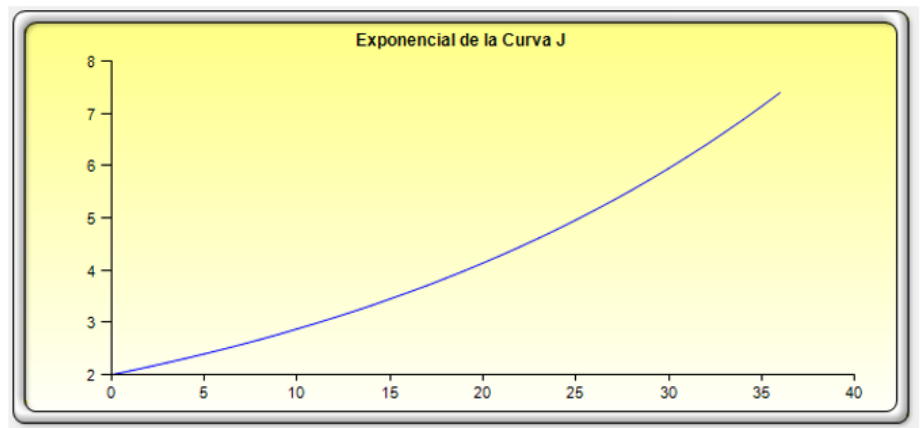
La ausencia de estandarización del trabajo se refleja en una alta variabilidad de los tiempos de operación (Coeficiente de Variación $> 20\%$), afectando la repetibilidad de los resultados y la estabilidad del proceso.

La simulación de escenarios evidenció que la incorporación de infraestructura de secado de alta eficiencia basada en energía solar permite incrementar la capacidad del sistema aguas abajo, reduciendo la acumulación en la restricción y mejorando el balance de la línea.

Se identificó un bajo nivel de madurez en la gestión de procesos, reflejado en la inexistencia de control estadístico del proceso (CEP) sistemático, lo que limita la detección temprana de desviaciones y la toma de decisiones proactiva.

Estos hallazgos permiten estructurar decisiones técnicas asociadas a ampliación de capacidad, rediseño de layout, implementación de trabajo estandarizado, balanceo de línea, inversión en infraestructura crítica y adopción de herramientas de mejora continua.

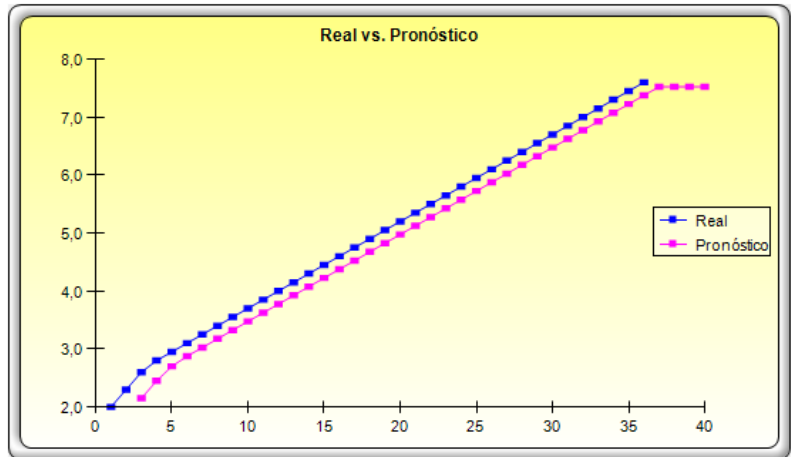
Período	Pronóstico	Cambio
0	2,00	0,00
1	2,07	0,07
2	2,15	0,08
3	2,23	0,08
4	2,31	0,08
5	2,40	0,09
6	2,49	0,09
7	2,58	0,09
8	2,67	0,10
9	2,77	0,10
10	2,88	0,10
11	2,98	0,11
12	3,09	0,11
13	3,21	0,11
14	3,33	0,12
15	3,45	0,12
16	3,58	0,13
17	3,71	0,13
18	3,85	0,14
19	3,99	0,14
20	4,14	0,15
21	4,29	0,15
22	4,45	0,16
23	4,61	0,16
24	4,78	0,17
25	4,96	0,18
26	5,14	0,18
27	5,33	0,19
28	5,53	0,20
29	5,74	0,20
30	5,95	0,21
31	6,17	0,22
32	6,40	0,23
33	6,63	0,24
34	6,88	0,25
35	7,13	0,25
36	7,40	0,26



También se observa un pronóstico de nuestros cambios utilizando la tecnología para el secado del grano mas eficiente como mejora notablemente el rendimiento

Periodo	Real	Pronóstico Ajustado
1	2,00	
2	2,30	
3	2,60	2,15
4	2,80	2,45
5	2,95	2,70
6	3,10	2,88
7	3,25	3,03
8	3,40	3,18
9	3,55	3,33
10	3,70	3,48
11	3,85	3,63
12	4,00	3,78
13	4,15	3,93
14	4,30	4,08
15	4,45	4,23
16	4,60	4,38
17	4,75	4,53
18	4,90	4,68
19	5,05	4,83
20	5,20	4,98
21	5,35	5,13
22	5,50	5,28
23	5,65	5,43
24	5,80	5,58
25	5,95	5,73
26	6,10	5,88
27	6,25	6,03
28	6,40	6,18
29	6,55	6,33
30	6,70	6,48
31	6,85	6,63
32	7,00	6,78
33	7,15	6,93
34	7,30	7,08
35	7,45	7,23
36	7,60	7,38

Medidas de Error	
RMSE	0,2399
MSE	0,0576
MAD	0,2360
MAPE	5,23%
U de Theil	1,5359



Los resultados de la simulación muestran un incremento en los percentiles con una media de crecimiento del 3.7% mensual en un total de periodo de 36 meses aproximadamente, implantando un crecimiento de cuartos de secado mas eficientes con luz solar para evitar gastos a la empresa “PRODUCACAO”.

Tabla estadística del pronóstico - Nueva Simulación

Celda	Inventario fermentación (kg)
Nombre	\$F\$12
Número de Intentos	10
Media	3,7
Mediana	3,7
Desviación Standard	0
Variación	0,0000

Coefficiente de Variación	0,00%
Máximo	3,7
Mínimo	3,7
Rango	0
Asimetría	---
Curtosis	---
Percentil 25%	3,7
Percentil 75%	3,7
Precisión de Error 95%	0,00%

CONCLUSIONES

1. La gestión de la producción se consolida como un factor crítico de competitividad en la industria cacaotera, evidenciándose que las empresas con mayor nivel de planificación, control de inventarios y estandarización de procesos logran mejores niveles de eficiencia operativa, menores pérdidas por reprocesos y mayor estabilidad en la calidad del producto final.
2. Los cuellos de botella, especialmente en las etapas biológicas de fermentación y secado, limitan el desempeño global del sistema, demostrando que la capacidad real de la planta no está determinada por la recepción de materia prima, sino por la restricción de estos procesos, lo que obliga a replantear la asignación de recursos y la sincronización de los flujos productivos.
3. La aplicación de herramientas de ingeniería industrial, como el Value Stream Mapping (VSM), permitió visualizar actividades que no agregan valor, identificar tiempos de espera excesivos y formular escenarios de mejora basados en datos, lo que fortalece la toma de decisiones técnicas y reduce la dependencia de prácticas empíricas.

4. La incorporación selectiva de tecnología, adaptada a la naturaleza biológica del proceso del cacao, demuestra ser más efectiva que la automatización total, ya que respeta los tiempos naturales de fermentación y secado, a la vez que mejora el control de variables críticas como temperatura, humedad, pH y tiempos de exposición.
5. El caso de estudio en PRODUCACAO evidencia que la integración entre conocimiento tradicional y gestión moderna de operaciones es viable y necesaria, permitiendo mejorar la productividad sin afectar la identidad del producto, incrementando la sostenibilidad económica, técnica y social de la empresa y su entorno productivo.

REFERENCIAS

- Castro Polanco, L., & Peña Beltrán, J. (2023). *La sinergia de la tecnología y la agronomía en la producción agrícola moderna*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/notas/article/view/6742>
- Colombia Más Competitiva. (2018). *Cadena de valor del cacao*. Embajada de Suiza en Colombia – Swisscontact. https://www.colombiamascompetitiva.com/wp-content/uploads/2018/10/Cadena_de_Valor_Cacao.pdf
- Federación Nacional de Cacaoteros – FEDECACAO. (2022). *Informe de gestión 2022: Avances y resultados del sector cacaotero colombiano*. Fondo Nacional del Cacao. <https://www.fedecacao.com.co/informes-de-gestion>
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations Management* (6.ª ed.). Pearson Education.

- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2016). *Managing for Quality and Performance Excellence* (10th ed.). Cengage Learning.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (12.^a ed., Global Edition). Pearson.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (12.^a ed.). Pearson.
- Chica Barco, V. (2022). *Secado de granos de cacao (variedad TCS01) y su efecto sobre la concentración de compuestos fenólicos, azúcares y ácidos orgánicos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81911>
- Quintanilla Salcedo, J. M., & Rodas Durán, R. A. (2023). *Diseño del proceso de producción de secadores artificiales de cacao aplicando herramientas de manufactura esbelta* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositoria Institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24888>
- Cacao Hunters. (2022). Informe de sostenibilidad y trazabilidad 2022. Cacao Hunters Colombia.
- Casa Luker. (2023). *Programa de sostenibilidad y trazabilidad en cacao fino de aroma*. Luker Chocolate.
- Siemens Industry Software. (2021). *Caso de éxito: Chocolates Valor optimiza su planificación con APS y MES*. Siemens AG.
- Goldratt, E. M. (1990). *Theory of Constraints*. North River Press.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (12th ed.). Pearson.

- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 – Sistemas de gestión de la calidad: Requisitos*. ISO. <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- Fayol, H. (1916). *Administration industrielle et générale*. Paris: Dunod.
- Ford, H. (1926). *Today and Tomorrow*. Doubleday.
- George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma quality with Lean speed*. McGraw-Hill.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (1984). *The Goal: A process of ongoing improvement*. North River Press.
- Harrington, H. J. (2006). *Process management excellence: The art of excelling in process management*. Paton Press.
- Harry, M., & Schroeder, R. (2000). *Six Sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations*. Doubleday.
- Juran, J. M. (1992). *Juran on quality by design: The new steps for planning quality into goods and services*. Free Press.
- Kidd, P. T. (1994). *Agile manufacturing: Forging new frontiers*. Addison-Wesley.
- Mayo, E. (1945). *The social problems of an industrial civilization*. Harvard University Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond large-scale production*. Productivity Press.
- Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. Harper & Brothers.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. Rawson Associates.
-

•