

Research Article

Optimización del flujo operativo como estrategia para garantizar la inocuidad en la recepción de cacao

Optimization of operational flow as a strategy to ensure safety in cocoa reception



Torres-Cobo, Leyner Eduardo ¹



<https://orcid.org/0009-0008-9131-9442>



letorres@uagraria.edu.ec



Ecuador, Milagro, Universidad Agraria del Ecuador



Muñoz-Tarira, Andrea Jessenia ²



<https://orcid.org/0009-0006-3365-6788>



amunozt8@unemi.edu.ec



Ecuador, Milagro, Universidad Estatal de Milagro

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.69484/rcz/v5/n1/157>

Resumen: El área de recepción de materia prima en plantas de semielaborado de cacao constituye una etapa crítica debido al riesgo de contaminación cruzada y a la falta de linealidad en el flujo operativo, lo que afecta la inocuidad y la eficiencia del proceso. Ante esta problemática, el objetivo del estudio fue optimizar el flujo operativo en el área de recepción, previa al Punto Crítico de Control (PCC) del tostado, mediante el rediseño del proceso y del layout industrial. La metodología se basó en herramientas de ingeniería industrial, incluyendo diagramas de flujo, análisis de causa raíz mediante diagrama de Ishikawa, mapeo de la cadena de valor (VSM) y evaluación del layout, en concordancia con los lineamientos del Codex Alimentarius y la norma ISO 22000. Los resultados evidenciaron una mejora en la eficiencia operativa, una reducción del reproceso mensual y una disminución del riesgo de contaminación en el PCC, gracias a la separación entre áreas sucias y limpias y al establecimiento de un flujo lineal. La discusión confirma que la reorganización física fortalece el control del proceso térmico. En conclusión, la optimización del flujo operativo contribuye a garantizar la inocuidad del cacao semielaborado y a mejorar la competitividad del sector cacaotero ecuatoriano.

Palabras clave: flujo operativo, inocuidad alimentaria, cacao, ingeniería industrial.



Check for updates

Recibido: 19/Dic/2025

Aceptado: 07/Ene/2026

Publicado: 31/Ene/2026

Cita: Torres-Cobo, L. E., & Muñoz-Tarira, A. J. (2026). Optimización del flujo operativo como estrategia para garantizar la inocuidad en la recepción de cacao. *Revista Científica Zambos*, 5(1), 138-153. <https://doi.org/10.69484/rcz/v5/n1/157>

Ecuador, Santo Domingo, La Concordia
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas – Sede Santo Domingo
Revista Científica Zambos (RCZ)
<https://revistaczambos.utelvtsd.edu.ec>

Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.**



Abstract:

The raw material reception area in semi-processed cocoa plants constitutes a critical stage due to the risk of cross-contamination and the lack of linearity in the operational flow, which affects food safety and process efficiency. In response to this issue, the objective of the study was to optimize the operational flow in the reception area, prior to the Critical Control Point (CCP) of roasting, through the redesign of the process and industrial layout. The methodology was based on industrial engineering tools, including process flow diagrams, root cause analysis using the Ishikawa diagram, value stream mapping (VSM), and layout evaluation, in accordance with the guidelines of the Codex Alimentarius and ISO 22000 standard. The results showed an improvement in operational efficiency, a reduction in monthly reprocessing, and a decrease in contamination risk at the CCP, achieved through the separation of dirty and clean areas and the establishment of a linear flow. The discussion confirms that physical reorganization strengthens thermal process control. In conclusion, optimizing the operational flow contributes to ensuring the food safety of semi-processed cocoa and improving the competitiveness of Ecuador's cocoa sector.

Keywords: operational flow, food safety, cocoa, industrial engineering.

1. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) constituye un cultivo estratégico a nivel mundial debido a su importancia económica, social y alimentaria, al ser la base de una amplia gama de productos derivados de alto valor agregado. La creciente demanda internacional de productos seguros y de calidad ha incrementado la presión sobre las cadenas agroalimentarias para fortalecer sus sistemas de control de inocuidad, especialmente en las etapas iniciales del procesamiento, donde el riesgo de contaminación es mayor (Jacxsens et al., 2009). En este contexto, la aplicación de sistemas de gestión de inocuidad alimentaria se ha convertido en un requisito fundamental para garantizar la seguridad del consumidor y la competitividad del sector.

Desde un enfoque microindustrial, diversas investigaciones han demostrado que el desempeño de los sistemas de gestión de inocuidad depende no solo de la aplicación de controles microbiológicos, sino también del diseño operativo del proceso y de la correcta interacción entre actividades productivas. Deficiencias en el flujo operativo, el layout industrial y la gestión de materiales pueden comprometer la eficacia de los sistemas HACCP e ISO 22000, incluso cuando estos se encuentran formalmente implementados (Luning et al., 2009; Luning et al., 2011). Por ello, la ingeniería industrial desempeña un papel clave al proporcionar herramientas para analizar y optimizar la secuencia de operaciones y la distribución física de planta.

En el ámbito regional, los países productores de cacao de América Latina enfrentan desafíos significativos para armonizar sus procesos productivos con las exigencias de los mercados internacionales. Estudios realizados en cadenas agroalimentarias han evidenciado que las brechas en la gestión operativa y en el control de actividades críticas influyen directamente en el desempeño de los sistemas de inocuidad, generando variabilidad en la calidad del producto final (Osés et al., 2012; Nanyunja et al., 2015). Estas limitaciones son más evidentes en etapas como la recepción y el manejo inicial de la materia prima.

A nivel local, Ecuador destaca como uno de los principales productores de cacao fino de aroma; sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que las prácticas postcosecha y de manejo inicial del grano presentan variaciones que pueden afectar tanto la calidad como la inocuidad del producto. El monitoreo de procesos postcosecha en diferentes zonas productoras del país ha evidenciado la necesidad de fortalecer los controles operativos y ambientales durante la recepción del cacao, especialmente antes de las etapas térmicas del proceso (Streule et al., 2022).

Como antecedente específico, la literatura científica señala que la falta de linealidad en el flujo operativo y la ausencia de una adecuada separación entre áreas sucias y limpias incrementan el riesgo de contaminación cruzada, el reproceso y las no conformidades en auditorías de inocuidad (Jacxsens et al., 2009; Luning et al., 2011). En plantas de semielaborado de cacao, estas deficiencias suelen concentrarse en el área de recepción, etapa previa al Punto Crítico de Control (PCC) del tostado, donde el control del entorno y del movimiento de materiales resulta determinante.

El problema central abordado en este estudio se relaciona con un flujo operativo no lineal y un layout industrial inadecuado en el área de recepción, lo que genera riesgos de contaminación cruzada, baja eficiencia operativa y dificultades para cumplir con los requisitos de los sistemas de gestión de inocuidad. No obstante, la viabilidad de intervención es alta, ya que estos problemas pueden ser abordados mediante el uso de herramientas de análisis de procesos, rediseño del layout y optimización del flujo, sin requerir inversiones tecnológicas complejas.

En consecuencia, el objetivo del presente trabajo es analizar y optimizar el flujo operativo en el área de recepción de una planta de semielaborado de cacao, considerada previa al Punto Crítico de Control del proceso de tostado, mediante una propuesta metodológica basada en principios de ingeniería industrial e inocuidad alimentaria. El estudio busca generar aportes prácticos que fortalezcan la eficiencia del proceso, garanticen la inocuidad del producto y contribuyan a la competitividad y sostenibilidad del sector cacaoero ecuatoriano.

2. Metodología

Enfoque de la investigación:

La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado, orientado a resolver una problemática operativa real relacionada con la inocuidad alimentaria y la eficiencia del flujo operativo en una planta de semielaborado de cacao. Se adoptó un enfoque mixto (cualitativo–cuantitativo), al combinar el análisis descriptivo del proceso y del layout industrial con la evaluación de indicadores operativos vinculados a eficiencia, reprocesos y riesgo de contaminación. Este tipo de enfoque es coherente con estudios de mejora de procesos que integran herramientas Lean y mapeo del flujo de valor para identificar desperdicios y oportunidades de optimización en sistemas productivos (Abdulmalek & Rajgopal, 2007; De Steur et al., 2016).

Tipo y diseño de la investigación:

El estudio corresponde a una investigación no experimental, dado que las variables fueron analizadas en su contexto operativo real, sin manipulación deliberada. El diseño es descriptivo y propositivo, ya que primero se caracterizó la situación existente del área de recepción y luego se estructuró una propuesta de optimización del flujo operativo orientada a fortalecer condiciones de inocuidad. Este enfoque es compatible con evaluaciones de desempeño de sistemas de gestión de inocuidad en entornos reales de operación (Luning et al., 2009).

Asimismo, la investigación se desarrolló como estudio de caso, al centrarse en el análisis detallado de un proceso específico dentro de una planta industrial (Yin, 2018).

Nivel de la investigación:

El nivel de la investigación es descriptivo–explicativo, debido a que permite describir las condiciones operativas del área de recepción, identificar causas asociadas al riesgo de contaminación cruzada y a la falta de linealidad del flujo, y explicar la relación entre el diseño del proceso y el desempeño del sistema de inocuidad. Este tipo de análisis es consistente con estudios que evalúan simultáneamente el desempeño del sistema de gestión de inocuidad y sus resultados en términos de control microbiológico/operacional (Jacxsens et al., 2009; Osés et al., 2012).

Contexto y unidad de análisis:

El contexto del estudio corresponde a una planta de semielaborado de cacao ubicada en Ecuador, dedicada al procesamiento industrial del grano para etapas posteriores de transformación. La unidad de análisis estuvo constituida por el área de recepción de materia prima, considerada una etapa crítica previa al Punto Crítico de Control (PCC) del tostado, debido a su influencia en la trazabilidad, el control higiénico y el riesgo de contaminación cruzada. La variabilidad de prácticas y condiciones operativas en el manejo inicial del cacao en Ecuador ha sido documentada en estudios recientes, destacando la necesidad de fortalecer controles desde etapas tempranas del proceso (Streule et al., 2022).

Métodos y técnicas de recolección y análisis de información:

Para el desarrollo de la investigación se emplearon métodos y herramientas propias de la ingeniería industrial y de la gestión de inocuidad alimentaria. La recolección de información se realizó mediante observación directa del proceso, lo que permitió registrar la secuencia real de actividades, flujos de materiales, interacción entre áreas y condiciones operativas del área de recepción. De manera complementaria, se efectuó un análisis documental de procedimientos operativos, registros internos y lineamientos aplicables al control de inocuidad, con el fin de contextualizar los requerimientos del proceso y su gestión (Luning et al., 2009; Jacxsens et al., 2009).

En cuanto al análisis del proceso, se aplicaron metodologías de diagnóstico y mejora, incluyendo: diagrama de flujo del proceso (representación de la secuencia operativa y detección de cruces/ineficiencias), diagrama de Ishikawa (identificación estructurada de causas raíz asociadas a contaminación cruzada y fallas de linealidad), Mapeo de la Cadena de Valor – VSM (análisis de tiempos, esperas y actividades sin valor agregado) y análisis del layout industrial (evaluación de la distribución física y su impacto en rutas de circulación, segregación higiénica y control del PCC). Estas herramientas se alinean con aplicaciones reportadas de VSM/Lean para identificar desperdicios, mejorar flujos y reducir pérdidas/ineficiencias en cadenas y operaciones productivas (Abdulmalek & Rajgopal, 2007; De Steur et al., 2016)

Se precisa que los diagramas y representaciones gráficas (flujo, Ishikawa, VSM y layout) se presentan en el apartado de Resultados, donde se muestran los hallazgos y la propuesta de optimización.

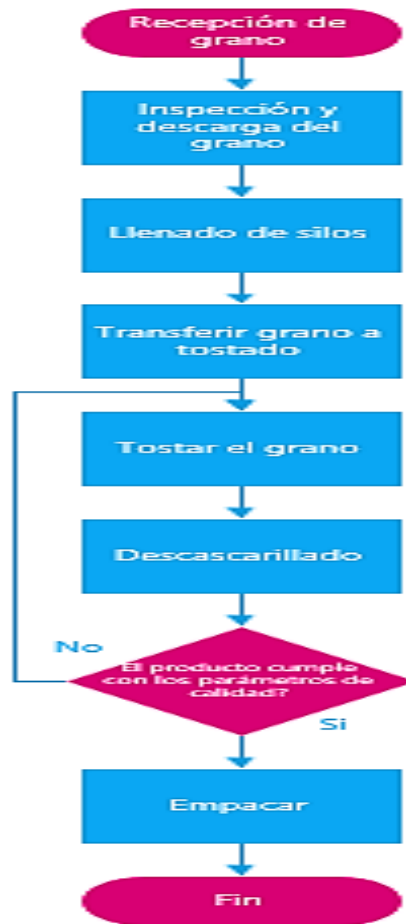
Procedimiento general:

El procedimiento metodológico se desarrolló en cuatro etapas: (i) caracterización del área de recepción y su funcionamiento operativo; (ii) identificación de deficiencias del flujo y riesgos de contaminación cruzada; (iii) formulación de la propuesta de optimización del flujo operativo y del layout industrial; y (iv) evaluación de resultados esperados mediante comparación de indicadores operativos antes y después de la optimización planteada. Este tipo de secuencia es consistente con enfoques de diagnóstico y mejora utilizados en evaluaciones de desempeño de gestión de inocuidad y su relación con resultados operativos (Jacxsens et al., 2009; Osés et al., 2012).

3. Resultados

3.1. Levantamiento del proceso actual

Figura 1
Diagrama de flujo de proceso del área de recepción



Nota: (Autores, 2026).

El diagrama de flujo del proceso operativo del área de recepción de cacao representa la secuencia actual de actividades que inicia con la llegada del grano, continúa con su descarga, almacenamiento temporal y posterior transferencia hacia las etapas de tostado y descascarillado. Esta representación permite identificar con claridad los puntos donde se producen movimientos innecesarios, cruces operativos y zonas con riesgo potencial de contaminación cruzada. En este sentido, la literatura señala que los diagramas de flujo y las técnicas de modelado de procesos constituyen herramientas fundamentales para visualizar, analizar y comunicar la lógica operativa de sistemas productivos complejos, facilitando la identificación de inconsistencias y oportunidades de mejora orientadas al desempeño y la calidad del proceso (Trkman, 2010).

Asimismo, el análisis del flujo evidencia la ausencia de un recorrido unidireccional entre áreas sucias y limpias, lo cual afecta directamente el control del Punto Crítico de Control (PCC) asociado al tostado. Este tipo de fallas en la coherencia operativa puede

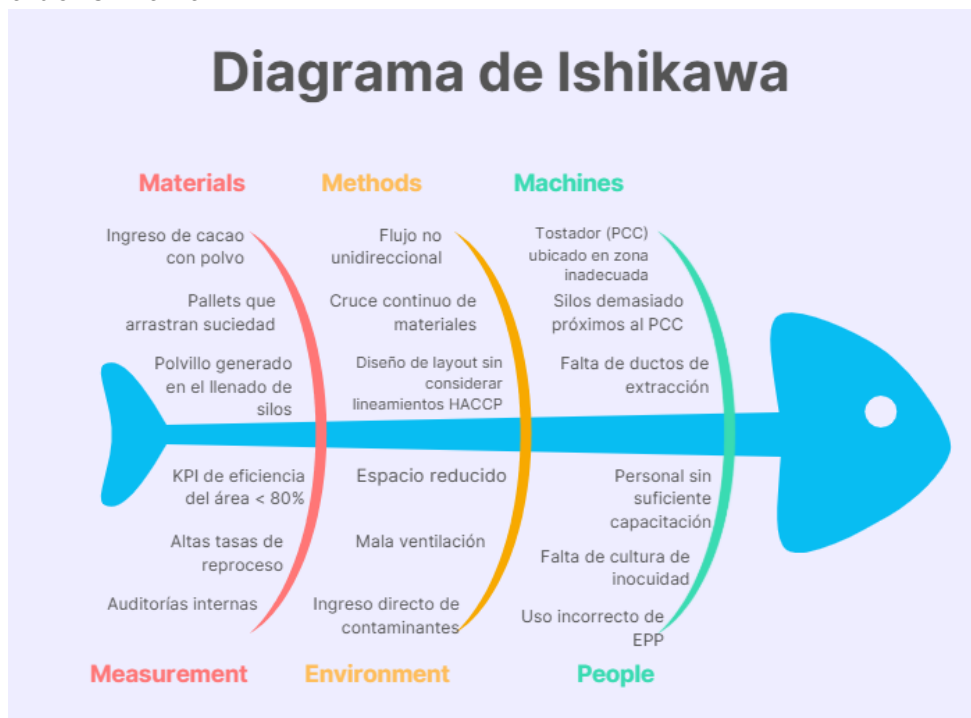
ser detectado y analizado de forma más rigurosa mediante técnicas avanzadas de representación de procesos. En esta línea, Trappey et al. (2025) destacan que las metodologías de visualización estructurada permiten mejorar la comprensión del comportamiento de un proceso, identificar brechas en la secuencia de operaciones y fortalecer la toma de decisiones en entornos de producción.

En conjunto, la información representada en el diagrama constituye un insumo esencial para el análisis técnico del proceso, la identificación de cuellos de botella y la propuesta de rediseño del flujo operativo presentada en este estudio.

3.2. Identificación de causa raíz

El diagrama de Ishikawa elaborado para este estudio permite identificar y clasificar de manera estructurada las causas que originan el problema central detectado en el área de recepción: el riesgo elevado de contaminación cruzada y la falta de linealidad en el flujo operativo. Esta herramienta es ampliamente utilizada en ingeniería industrial debido a su capacidad para representar de forma sistemática las relaciones causa–efecto dentro de procesos complejos, facilitando el análisis integral del sistema y la priorización de acciones correctivas. De acuerdo con Ishikawa y Loftus (1990), el enfoque causa–efecto resulta especialmente útil en entornos industriales con múltiples variables operativas, ya que permite integrar factores humanos, técnicos y ambientales que inciden directamente en la calidad e inocuidad del producto.

Figura 2
Diagrama de Ishikawa



Nota: (Autores, 2026).

En el caso específico de la planta de semielaborado de cacao, el análisis reveló seis categorías principales de causas: Materiales, Métodos, Máquinas, Mano de Obra

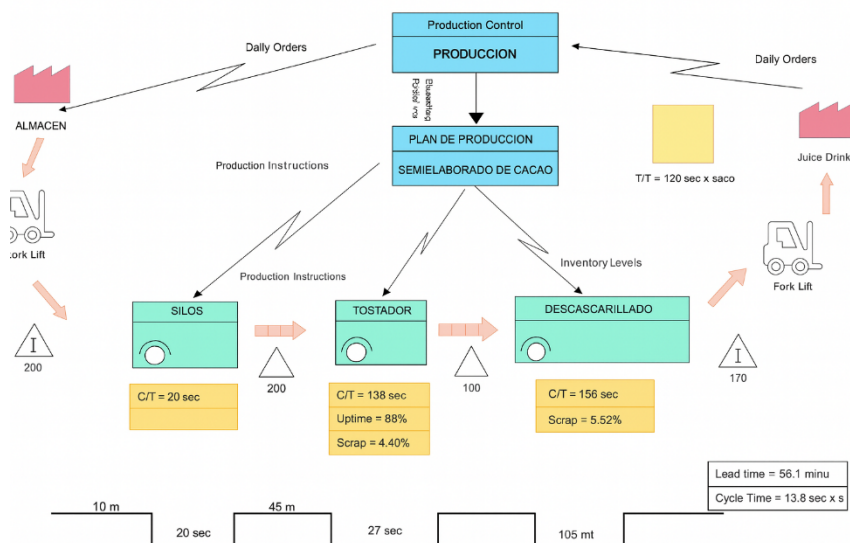
(People), Medio Ambiente y Medición. Dentro de la categoría de Materiales, se observa que el ingreso de cacao con polvo, pallets contaminados y el polvillo generado en el llenado de silos contribuyen a la dispersión de partículas hacia zonas críticas. En Métodos, se identifica un flujo no unidireccional, cruces operativos constantes y un diseño de layout que no cumple con los lineamientos HACCP, lo cual favorece la interacción entre áreas sucias y limpias.

En cuanto a Máquinas, se detecta la cercanía del PCC (tostador) con los silos, la ausencia de ductos de extracción y la ubicación deficiente de equipos que generan polvo. La categoría de Personal refleja deficiencias en capacitación, falta de cultura de inocuidad y uso incorrecto del EPP. Por su parte, en Ambiente, se evidencian problemas como espacio reducido, mala ventilación e ingreso de contaminantes desde el exterior. Finalmente, en Medición, los indicadores operativos reflejan baja eficiencia (<80%), altos reprocesos y auditorías internas que evidencian no conformidades recurrentes.

En conjunto, el diagrama permite comprender que la causa raíz del problema no es un factor aislado, sino una combinación de elementos operativos, ambientales y humanos que interactúan dentro del proceso. Esta visualización constituye el punto de partida para el rediseño del flujo, la reorganización del layout y la implementación de medidas preventivas orientadas a cumplir con estándares de inocuidad como ISO 22000 y FSSC 22000.

3.3. Mapeo de cadena de valor

Figura 3
Value Stream Mapping



Nota: (Autores, 2026).

El diagrama de VSM permite visualizar el flujo completo de materiales e información dentro del proceso de semielaborado de cacao, identificando tiempos de ciclo, niveles de inventario y cuellos de botella. El análisis evidencia que el tostador constituye la

principal limitación operativa debido a su mayor tiempo de ciclo, lo que provoca acumulación de inventario y esperas entre procesos. Asimismo, el transporte interno mediante montacargas y la falta de linealidad en el flujo incrementan tiempos no productivos y riesgos de contaminación cruzada.

El contraste entre el lead time total y el cycle time efectivo confirma la existencia de actividades que no agregan valor, como desplazamientos innecesarios y reprocesos. Esto coincide con lo planteado por Tyagi et al. (2015), quienes señalan que el Value Stream Mapping (VSM) proporciona una plataforma visual para identificar desperdicios, ineficiencias y pasos sin valor agregado, relacionando tiempos de proceso y tiempos de espera para priorizar oportunidades de mejora. En conjunto, el VSM evidencia la necesidad de reorganizar el layout y establecer un flujo más lineal que reduzca el lead time, mejore la eficiencia operativa y fortalezca el control del proceso.

3.4. Levantamiento del Layout actual

Figura 4

Layout actual del proceso



Nota: (Autores, 2026).

El análisis del layout actual evidencia que el principal problema estructural radica en la convivencia del Punto Crítico de Control (PCC) correspondiente al proceso de tostado dentro del mismo espacio físico donde ingresan los pallets con materia prima cruda. Durante la recepción del cacao, los materiales son transportados mediante

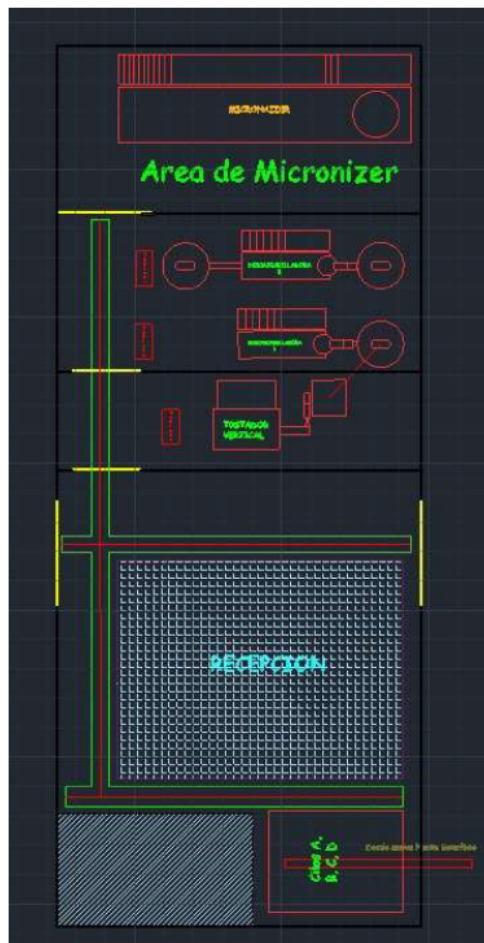
montacargas a GLP, cuya combustión genera emisiones de CO₂ y material particulado que se desplazan hacia el área de tostado incluso mientras el producto está siendo procesado. Esta exposición continua compromete la inocuidad posterior al tratamiento térmico, generando un riesgo directo de contaminación cruzada.

A esto se suma que la zona de almacenamiento de grano previo al llenado de silos se encuentra inmediatamente adyacente al área donde se manipula el cacao ya tostado, sin barreras físicas ni separación higiénica entre áreas sucias y limpias. Esta cercanía funcional provoca que el flujo operativo no sea unidireccional y que existan múltiples interferencias entre actividades, afectando tanto el control del PCC como la eficiencia del proceso. En conjunto, la distribución física actual actúa como un cuello de botella que limita el cumplimiento de normas de inocuidad planteadas con anterioridad.

3.5. Propuesta de optimización del flujo operativo

Figura 5

Layout propuesto de flujo operativo



Nota: (Autores, 2026).

El layout propuesto redefine la distribución espacial del área de recepción con el propósito de garantizar una separación efectiva entre las operaciones que manejan materia prima cruda y el proceso térmico del grano. La reubicación del tostador vertical identificado como Punto Crítico de Control (PCC) en un ambiente aislado permite

evitar que el producto ya tratado quede expuesto a partículas generadas durante el traslado y descarga de sacos, así como a emisiones provenientes de los montacargas utilizados en la recepción. Esta medida contribuye a mejorar las condiciones higiénicas del entorno inmediato y reduce significativamente la probabilidad de contaminación cruzada.

De manera complementaria, el rediseño contempla la reorganización del sistema de silos, cuya posición en el layout actual generaba dispersión de polvo hacia zonas críticas. Al redistribuir su ubicación y establecer límites físicos y operativos más definidos, se logra un flujo de trabajo más limpio y coherente con la secuencia del proceso. La incorporación de recorridos unidireccionales para personas y equipos disminuye interferencias, evita retrocesos innecesarios y facilita la trazabilidad interna del producto.

En conjunto, la propuesta mejora la claridad del flujo operativo, optimiza la movilidad dentro del área y contribuye a mantener condiciones ambientales más estables durante el tratamiento térmico del cacao. Este rediseño no solo fortalece el control del proceso, sino que también incrementa la uniformidad de las operaciones y la confiabilidad del producto final.

3.6. Comparación entre situación actual y propuesta

Tabla 1

Comparación de indicadores operativos antes y después de la propuesta

Indicador	Situación actual	Propuesta	Resultado esperado
Eficiencia operativa diaria	76,50%	85%	8,50%
Promedio de lotes reprocesados al mes	4	1	-75%
Riesgo de contaminación PCC	Alto	Bajo	Cumplimiento FSSC
Flujo de proceso	Con interferencias	Lineal	Optimizado

Nota: (Autores, 2026).

La comparación de indicadores evidencia una mejora sustancial en el desempeño operativo tras la implementación de la propuesta de optimización del flujo en el área de recepción. En primer lugar, la eficiencia operativa diaria pasa de 76,5% a 85%, lo que refleja una disminución de tiempos improductivos y una mayor estabilidad en la ejecución de las actividades críticas. Este incremento está asociado al rediseño del flujo y a la reducción de interferencias entre operaciones, lo que permite una utilización más efectiva de los recursos disponibles.

En cuanto al promedio de lotes reprocesados, la disminución de cuatro a un lote mensual representa una reducción del 75%. Esta mejora se relaciona directamente con la disminución de errores operativos y con un control más estricto sobre el manejo del producto en las etapas iniciales del proceso. La reducción del reproceso no solo contribuye a la eficiencia, sino que también disminuye costos asociados a desperdicios y retrabajos.

El riesgo de contaminación en el Punto Crítico de Control (PCC) pasa de un nivel alto a un nivel bajo, lo cual indica que las medidas implementadas como la reorganización

del espacio, la separación física de las áreas sucias y limpias y la reubicación del tostador han disminuido de manera significativa la probabilidad de contaminación cruzada. Esto fortalece la confiabilidad del tratamiento térmico y, por extensión, la calidad del producto final.

Finalmente, la transición de un flujo de proceso con interferencias a un flujo lineal y optimizado evidencia que el rediseño del layout no solo corrige problemas estructurales, sino que también facilita la trazabilidad del producto y mejora la coordinación entre actividades. En conjunto, estos resultados confirman que la propuesta genera impactos positivos tanto en la parte operativa como en la gestión de la inocuidad, consolidando un proceso más controlado, ordenado y eficiente.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que el rediseño del flujo operativo y la reorganización física del área de recepción generan mejoras sustanciales tanto en la eficiencia del proceso como en la reducción del riesgo de contaminación cruzada. La transición hacia un flujo lineal, con menor interferencia entre operaciones críticas, permitió disminuir los tiempos de reproceso y mejorar la estabilidad térmica del tostador, lo cual es fundamental para garantizar la inocuidad del cacao semielaborado. Este hallazgo coincide con lo planteado por Van Donk y Gaalman (2004), quienes señalan que la planificación sistemática del layout y la separación física entre zonas sucias y limpias constituyen factores determinantes para prevenir la contaminación cruzada y mantener la integridad microbiológica en procesos alimentarios.

De manera similar a lo identificado por Montero-de-la-Cueva et al. (2022) respecto a cómo las afectaciones en la cadena productiva pueden comprometer la estabilidad de procesos agrícolas, los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que las interferencias operativas en el área de recepción generan impactos relevantes en la eficiencia del flujo y en la calidad del producto final. Asimismo, la importancia de analizar las condiciones económicas y productivas del cacao, como lo señalan García-Osorio (2022) en su evaluación del sector agrocacaotero, coincide con la necesidad de revisar de forma integral los factores que determinan la estabilidad del proceso térmico y el manejo higiénico del grano. Estas correspondencias evidencian que la optimización del layout y del flujo operativo constituye una intervención estratégica para fortalecer la competitividad del producto semielaborado.

La disminución del riesgo de contaminación en el Punto Crítico de Control (PCC) también se relaciona con la implementación de barreras físicas, rutas unidireccionales y la reubicación de equipos que anteriormente compartían espacios con la materia prima cruda. La evidencia científica indica que los rediseños de layout que incorporan criterios de diseño higiénico, control ambiental y segregación funcional de áreas contribuyen de manera significativa a reducir la contaminación cruzada y a fortalecer la estabilidad del proceso térmico en plantas de alimentos. En este sentido, Kirezieva

et al. (2022) destacan que la correcta separación entre zonas sucias y limpias, junto con la gestión del tránsito interno de equipos y materiales, constituye un factor determinante para asegurar la inocuidad del producto final y el desempeño del sistema de control.

Por otra parte, la mejora en la eficiencia operativa diaria observada tras la implementación de la propuesta refleja la relevancia de optimizar los flujos internos, reducir desplazamientos innecesarios y minimizar tiempos muertos entre etapas. La evidencia en manufactura esbelta aplicada a operaciones de transporte y logística interna indica que la eliminación sistemática de actividades sin valor agregado y el rediseño de recorridos operativos contribuyen directamente a incrementar la productividad y estabilizar el desempeño del proceso. En este sentido, Garza-Reyes et al. (2016) muestran que la mejora de flujos y rutas internas reduce ineficiencias asociadas al movimiento de materiales y fortalece los indicadores operativos en organizaciones industriales.

Asimismo, la reducción del promedio de lotes reprocesados está alineada con lo señalado por Luning et al. (2011), quienes evidencian que la estandarización de operaciones, la claridad en la secuencia lógica del proceso y el control del entorno operativo reducen la variabilidad del sistema y la probabilidad de fallas posteriores. En este sentido, la reorganización del layout no solo mejoró las condiciones sanitarias del entorno, sino que también permitió una operación más estable, controlada y reproducible durante el tratamiento térmico del cacao.

Finalmente, la evidencia sugiere que los beneficios generados por la propuesta no se limitan al desempeño técnico del proceso, sino que también fortalecen la trazabilidad interna, facilitan la supervisión del Punto Crítico de Control (PCC) y mejoran la gobernanza del sistema de inocuidad. Esto es consistente con lo señalado por Ishikawa y Loftus (1990), quienes destacan que los enfoques basados en análisis estructurado de causas permiten incrementar la confiabilidad del proceso, reducir la variabilidad operativa y fortalecer la estabilidad de los sistemas productivos en industrias de transformación.

En conjunto, los resultados y comparaciones realizadas demuestran que la reorganización física y operativa del área de recepción constituye una intervención efectiva para mejorar la eficiencia, reducir riesgos sanitarios y garantizar un entorno adecuado para el procesamiento del cacao semielaborado.

5. Conclusiones

La propuesta de optimización del flujo operativo en el área de recepción demuestra una mejora significativa en el desempeño del proceso productivo y en las condiciones que influyen directamente sobre la inocuidad del cacao semielaborado. El rediseño del layout, sumado a la reorganización de las actividades críticas, permitió establecer una separación efectiva entre la materia prima cruda y el producto sometido a

tratamiento térmico, reduciendo de manera sustancial los riesgos de contaminación cruzada que caracterizaban al diseño original. Esto se refleja en la disminución del reproceso mensual, la mejora de la eficiencia operativa diaria y la reducción de interferencias entre operaciones.

Los resultados obtenidos indican que la configuración actualizada no solo cumple con los principios fundamentales de un flujo higiénico, sino que también supera las limitaciones del diseño previo al ordenar las rutas de desplazamiento, minimizar la exposición del producto tostado a fuentes externas de contaminación y optimizar los tiempos asociados a cada operación. Esta reorganización contribuye a incrementar la confiabilidad del proceso térmico, fortalecer la trazabilidad interna y mejorar el control del Punto Crítico de Control (PCC).

La mitigación del riesgo de contaminación en el área de tostado, especialmente la reducción de la exposición a partículas generadas durante el manejo de la materia prima, evidencia la importancia de contar con una delimitación clara entre zonas limpias y sucias. Esto favorece un entorno más estable para el tratamiento térmico del cacao, lo cual es esencial para preservar sus propiedades físico-químicas y mantener la calidad del producto final.

El sistema propuesto también facilita la supervisión de las actividades clave, dado que el flujo lineal y la disposición ordenada de los equipos permiten identificar de manera más oportuna posibles desviaciones operativas. Esta mejora no solo incrementa la eficiencia global del proceso, sino que también contribuye a la sostenibilidad de las operaciones, al reducir movimientos innecesarios, disminuir cargas de trabajo improductivas y evitar reprocesos derivados de fallas en el manejo de la materia prima.

Finalmente, los resultados obtenidos resaltan la necesidad de continuar evaluando e implementando mejoras en la distribución física de planta y en las dinámicas operativas asociadas al manejo del cacao. Futuras líneas de investigación podrían orientarse hacia la incorporación de tecnologías de monitoreo ambiental, sensores térmicos para el control en tiempo real del PCC o simulaciones digitales del flujo de trabajo mediante herramientas de modelado tridimensional. Estas acciones permitirían consolidar un sistema productivo más robusto, adaptable y alineado con las exigencias actuales de calidad e inocuidad en la industria cacaotera.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

Referencias Bibliográficas

Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study.

- International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- De Steur, H., Wesana, J., Dora, M. K., Pearce, D., & Gellynck, X. (2016). Applying value stream mapping to reduce food losses and wastes in supply chains: A systematic review. *Waste Management*, 58, 359–368.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.025>
- García-Osorio, N. E. (2022). Evaluación de la rentabilidad del sector agrocaocotero de La Concordia ante la disminución de precios en el periodo 2019–2021. *Journal of Economic and Social Science Research*, 2(3), 53–66.
<https://economicsocialresearch.com/index.php/home/article/view/57/129>
- Garza-Reyes, J. A., Villarreal, B., Kumar, V., & Molina Ruiz, P. (2016). Lean and green in the transport and logistics sector: A case study of simultaneous deployment. *Production Planning & Control*, 27(15), 1221–1232.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1197436>
- Ishikawa, K., & Loftus, J. H. (1990). Quality control in continuous process industries. *Quality and Reliability Engineering International*, 6(1), 25–31.
<https://doi.org/10.1002/qre.4680060105>
- Jacxsens, L., Kussaga, J., Luning, P. A., Van der Spiegel, M., Devlieghere, F., & Uyttendaele, M. (2009). A microbial assessment scheme to measure microbial performance of food safety management systems. *International Journal of Food Microbiology*, 134(1–2), 113–125.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.02.018>
- Kirezieva, K., Luning, P. A., Jacxsens, L., Allende, A., Johannessen, G. S., Tondo, E. C., & Uyttendaele, M. (2022). Food safety management systems in food processing: A systematic review of hygienic design and environmental control. *Food Control*, 132, 108543. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108543>
- Luning, P. A., Jacxsens, L., Rovira, J., Osés, S. M., Uyttendaele, M., & Marcelis, W. J. (2011). A concurrent diagnosis of microbiological food safety output and food safety management system performance: Cases from meat processing industries. *Food Control*, 22(3–4), 555–565.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.10.003>
- Luning, P. A., Marcelis, W. J., Rovira, J., Van der Spiegel, M., & Uyttendaele, M. (2009). Systematic assessment of core assurance activities in a company-specific food safety management system. *Trends in Food Science & Technology*, 20(6–7), 300–312. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.03.003>
- Montero-de-la-Cueva, I., Dasic Guerrero, J. V., & Calderón Aldaz, J. C. (2022). Efectos económicos de la enfermedad del cogollo en la cadena productiva de la palma aceitera. *Journal of Economic and Social Science Research*, 2(3), 13–25.
<https://economicsocialresearch.com/index.php/home/article/view/54/122>
- Nanyunja, J., Jacxsens, L., Kirezieva, K., Kaaya, A. N., & Uyttendaele, M. (2015). Shift in performance of food safety management systems in supply chains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(10), 3380–3392.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.7518>

- Osés, S. M., Luning, P. A., Jacxsens, L., Santillana, S., Jaime, I., & Rovira, J. (2012). Food safety management system performance in the lamb chain. *Food Control*, 25(2), 493–500. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.11.018>
- Streule, S., Freimüller Leischtfeld, S., Galler, M., & Miescher Schwenninger, S. (2022). Monitoring of cocoa post-harvest process practices on a small-farm level at five locations in Ecuador. *Heliyon*, 8(6), e09628. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09628>
- Trappey, A. J. C., Wu, C.-Y., Lee, Y.-C., & Hung, L.-P. (2025). Generative AI approach for inventive process visualisation – enhancing human–AI hybrid understanding and comparing of patents. *Journal of Engineering Design*. <https://doi.org/10.1080/09544828.2025.2518657>
- Trkman, P. (2010). The critical success factors of business process management. *International Journal of Information Management*, 30(2), 125–134. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2009.07.003>
- Tyagi, S., Choudhary, A., Cai, X., & Yang, K. (2015). Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. *International Journal of Production Economics*, 160, 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.002>
- Van Donk, D. P., & Gaalman, G. (2004). Food safety and hygiene: Systematic layout planning of food processes. *Chemical Engineering Research and Design*, 82(11), 1485–1493. <https://doi.org/10.1205/cerd.82.11.1485.52037>
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications, Inc. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/case-study-research-and-applications/book250150>