

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.498>

Optimización del nivel de eficiencia de los eslabones de la cadena de suministro de la empacadora “Grupo Zambrano”

*Optimization of the efficiency level of the supply chain links of the packing plant
“Grupo Zambrano”*

Manuel León Ganchozo

mleon@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3265-1257>

Universidad Tecnica Estatal de Quevedo
Ecuador – Quevedo

Rogelio Navarrete Gómez

rnavarrete@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-7804-401X>

Universidad Tecnica Estatal de Quevedo
Ecuador – Quevedo

Kelvin Moposita Ortega

kmoposita@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1032-8558>

Universidad Tecnica Estatal de Quevedo
Ecuador – Quevedo

Rafael Apolinario Quintana

rafael.apolinarioqu@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1719-5425>

Universidad de Guayaquil
Ecuador – Guayas

María Luna Zurita

maria.luna2018@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-4485-6496>

Universidad Tecnica Estatal de Quevedo
Ecuador – Quevedo

*Artículo recibido: 20 octubre 2024 - Aceptado para publicación: 26 noviembre 2024
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar*

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo optimizar la cadena de suministro de la empacadora de banano GRUPO ZAMBRANO, abordando ineficiencias significativas que limitaban su desempeño y competitividad en el mercado agroalimentario. A través de un enfoque descriptivo y cuantitativo, se identificaron cuellos de botella y tiempos inactivos críticos en las operaciones de desflore, desmane, embalaje, repesado, aspirado y cierre de caja. El análisis de los tiempos de ciclo, estimados en 19 segundos por caja, y del Takt Time, calculado en 14.83 segundos, permitió establecer estrategias de balanceo de líneas y redistribución de estaciones de trabajo. Los ajustes realizados incrementaron la eficiencia en la producción en un 20.64% y en la distribución en un

24.6%. Además, se optimizó el número de operarios necesarios, reduciendo de 26 a 24, sin afectar la capacidad operativa. La reestructuración de las estaciones permitió alcanzar un tiempo estándar de 13.73 segundos, logrando una producción de 1945.36 cajas por turno, superando la demanda de 1800 cajas requeridas por los clientes. Este proyecto no solo resolvió las deficiencias operativas, sino que también estableció un modelo sostenible y replicable que mejora la competitividad y eficiencia en la industria bananera, posicionando a la empacadora como un referente en prácticas operativas eficientes y sostenibles.

Palabras claves: optimización de la cadena de suministro, ineficiencias operativas, indicadores logísticos, cuellos de botella, balanceo de estaciones

ABSTRACT

The objective of this study was to optimize the supply chain of the banana packing company GRUPO ZAMBRANO, addressing significant inefficiencies that limited its performance and competitiveness in the agri-food market. Through a descriptive and quantitative approach, bottlenecks and critical idle times were identified in the operations of deflowering, demaneering, packing, reweighing, vacuuming and box closing. The analysis of cycle times, estimated at 19 seconds per box, and Takt Time, calculated at 14.83 seconds, made it possible to establish line balancing and workstation redistribution strategies. The adjustments made increased production efficiency by 20.64% and distribution efficiency by 24.6%. In addition, the number of operators required was optimized, reducing from 26 to 24, without affecting operating capacity. The restructuring of the stations made it possible to reach a standard time of 13.73 seconds, achieving a production of 1945.36 cases per shift, exceeding the 1,800 cases required by customers. This project not only resolved operational deficiencies, but also established a sustainable and replicable model that improves competitiveness and efficiency in the banana industry, positioning the packinghouse as a benchmark for efficient and sustainable operational practices.

Keywords: supply chain optimization, operational inefficiencies, logistics indicators, bottlenecks, station balancing

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

El banano es un importante cultivo económico y alimentario en las regiones tropicales y subtropicales, y es una fruta con la mayor producción, volumen comercial y valor comercial entre las frutas frescas del mundo. El desarrollo sostenible de la industria bananera es de gran importancia para promover la revitalización rural e incluso el desarrollo económico agrícola en las zonas tropicales del mundo (Zou & Fan, 2022). Esas estrategias de intensificación, que requieren aumentos tanto materiales como de inversión, pueden imponer riesgos económicos y ambientales, dada la fragilidad de los ecosistemas insulares (de Barros et al., 2009).

Las fases o etapas integradas en las cadenas de suministro agroalimentarias conllevan diversas actividades interconectadas con la finalidad de distribuir un producto o servicio requerido por el usuario (Elida et al., 2023). Cada etapa de la cadena abarca importantes socios externos claves para el funcionamiento adecuado de la compañía, específicamente en la primera etapa (Grando et al., 2020). La sostenibilidad de la cadena de suministro de la agroindustria desempeña un papel crucial en la provisión de beneficios económicos, la minimización de los impactos sociales y ambientales y la optimización de la utilización de los recursos (Asrol & Yani, 2024).

El desarrollo de agroindustrias competitivas es crucial para crear empleo y oportunidades de ingresos, así como para mejorar la calidad y la demanda de productos agrícolas. Las agroindustrias pueden tener un efecto real en el desarrollo internacional al aumentar el crecimiento económico y reducir la pobreza en las zonas rurales y urbanas de los países en desarrollo. (Da Silva et al., 2009). La erudición en agronegocios enfatiza una visión integrada del sistema alimentario que se extiende desde la investigación y el suministro de insumos hasta la producción, el procesamiento y la distribución hasta los puntos de venta al por menor y el consumidor (King et al., 2010).

Independientemente de la razón social de la compañía esta requiere del desarrollo efectivo y adecuado de la etapa de producción, ya que esta constituye a la etapa de aprovisionamiento y abarca una secuencia lógica de operaciones intrínsecas para una compañía (Mangado, 2006). Además, esta etapa le proporciona a la siguiente el producto en condiciones ideales para que como resultado a lo antes realizado cumpla con la distribución del producto o fruta (Quadras et al., 2023).

La entrega del producto o fruta a tiempo al usuario es uno de los pilares cruciales y decisivos para la satisfacción del cliente, para la empacadora GRUPO ZAMBRANO, la entrega de los productos en el tiempo estimado por el usuario ha sido una de las limitantes para el desarrollo eficaz y fluente de la cadena de suministro, lo cual la lleva a incurrir a la toma de medidas arriesgadas (Nurhasanah et al., 2023; Quadras et al., 2023), que impiden que esta sea eficiente y competitiva en el amplio mercado al que pertenece.

En función a la problemática que enfrenta la empacadora, es desarrollado el presente proyecto de investigación con la intención de proporcionarle a la empacadora, medidas de solución concretas y efectivas, de manera que reduzca los posibles cuellos de botella, una mayor utilización de sus recursos con costos operativos reducidos, pero que le aseguran el correcto o adecuado desempeño u operatividad a lo ancho de su proceso. Además, el propósito principal es que la empacadora sea mayormente eficiente, lo que a su vez le facilite el aumento de su cuota de mercado nacional e internacionalmente.

METODOLOGÍA

En este proyecto de investigación se empleó un enfoque descriptivo, orientado a identificar las deficiencias presentes en los procesos de la cadena de suministro de la empacadora. Este enfoque permitió analizar detalladamente las operaciones, detectar puntos críticos e ineficiencias, y establecer objetivos alineados con la formulación de estrategias dirigidas a mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la competitividad de la organización.

Métodos de Investigación

Método de Observación

Mediante este método, se realizó la recolección sistemática de información directamente in situ a lo largo de todo el proceso de la cadena de suministro de la empacadora de banano. Esta técnica permitió identificar de manera precisa los problemas que obstaculizan el flujo eficiente de la cadena, proporcionando datos clave para el análisis de las operaciones y la propuesta de mejoras estratégicas.

Métodos Analítico

Este método permitió realizar un análisis exhaustivo de la situación actual de la cadena de suministro de la empacadora de banano. Se abordaron de manera detallada cada uno de los niveles que conforman la cadena, facilitando una comprensión integral de su funcionamiento desde una perspectiva global. Este enfoque fue fundamental para identificar las áreas críticas y proponer soluciones específicas que mejoren su desempeño.

Diseño de la Investigación

Diseño de investigación cuantitativo

Este diseño se basó en la aplicación de herramientas de análisis numérico para medir el rendimiento y evaluar de manera objetiva las deficiencias presentes en la cadena de suministro de la empacadora de banano. El enfoque cuantitativo permitió obtener datos precisos y verificables, proporcionando una base sólida para el análisis de las operaciones y el desarrollo de estrategias orientadas a la optimización de la eficiencia y competitividad.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Optimización del nivel de eficiencia de los eslabones de la cadena de suministro de la empacadora

El análisis detallado de los eslabones de la cadena de suministro de la empacadora de banano GRUPO ZAMBRANO reveló ineficiencias significativas en el eslabón de producción. Estas deficiencias se identificaron específicamente en las operaciones de desflore, desmane, embalaje, repesado, aspirado, ligado y cierre de caja. Estas fallas operativas no solo provocan retrasos en la producción, sino que también afectan los tiempos de entrega de las cajas a los clientes, comprometiendo la competitividad de la empresa (Poconi et al., 2023). Para abordar estas problemáticas, se implementaron metodologías específicas dirigidas a optimizar la eficiencia del proceso. Estas estrategias buscan eliminar cuellos de botella, mejorar el flujo operativo y garantizar un desempeño equilibrado en cada etapa de la producción, contribuyendo a la mejora global de la cadena de suministro (Paiva et al., 2023).

Balanceo de la línea de embalaje de banano GRUPO ZAMBRANO

La primera estrategia implementada fue el balanceo de la línea, con el objetivo de asignar y organizar de manera óptima la capacidad de trabajo en cada operación. Este enfoque busca garantizar un flujo continuo y eficiente de la fruta durante el proceso de empaque, minimizando interrupciones y optimizando el rendimiento de la línea de producción (Nurhasanah et al., 2020a). Para lograrlo, se consideraron los siguientes aspectos fundamentales (Nurhasanah et al., 2020b):

- **Volumen:** Determinación precisa de la cantidad de fruta procesada para adaptar la capacidad operativa a la demanda proyectada.
- **Balance:** Distribución equitativa de las tareas y recursos entre las diferentes estaciones de trabajo, evitando la sobrecarga o subutilización de cualquier etapa del proceso.
- **Continuidad:** Asegurar un flujo ininterrumpido a lo largo de la línea de empaque, eliminando cuellos de botella y tiempos inactivos que afectan la eficiencia global.

Registro de tiempos de la línea de embalaje de la empacadora GRUPO ZAMBRANO.

El análisis detallado de los eslabones de la cadena de suministro de la empacadora de banano GRUPO ZAMBRANO reveló ineficiencias significativas en el eslabón de producción. Estas deficiencias se identificaron específicamente en las operaciones de desflore, desmane, embalaje, repesado, aspirado, ligado y cierre de caja. Estas fallas operativas no solo provocan retrasos en la producción, sino que también afectan los tiempos de entrega de las cajas a los clientes, comprometiendo la competitividad de la empresa. Para abordar estas problemáticas, se implementaron metodologías específicas dirigidas a optimizar la eficiencia del proceso (Kaliyan & Kothandaraman, 2018). Estas estrategias buscan eliminar cuellos de botella, mejorar el flujo operativo y garantizar un desempeño equilibrado en cada etapa de la producción, contribuyendo a la mejora global de la cadena de suministro.

Tabla 1*Resumen de tiempos actuales de la línea de embalaje de banano*

Resumen de tiempos (s)		
Nodos	Actividades	Tiempos estándar
A	Recepción de los racimos del banano	-----
B	Desflore	14,58
C	Inspección de calidad	-----
D	Traslado de fruta no conforme	12,95
E	Desmane	16,37
F	Saneo y clasificación	14,01
G	Pesaje	4,96
H	Fumigación	6,35
I	Etiquetado	12,24
J	Montaje de cajas de cartón	8,62
K	Embalaje	20,87
L	Repesado, aspirado, ligado y tapado	27,44
M	Paletizado y despacho de las cajas	9,15
TOTAL		147,54

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado: Autores (2024)

Tiempo de ciclo de embalaje de banano

El tiempo de ciclo representa el lapso que requiere la línea de producción para completar el embalaje de un lote de banano. En la empacadora GRUPO ZAMBRANO, este parámetro se determinó mediante observación directa y la técnica de cronometraje, considerando que opera en dos turnos semanales con una jornada diaria de 7 horas y 25 minutos. Los resultados del cronometraje se presentan a continuación, especificando el tiempo promedio por ciclo y destacando las áreas que requieren ajustes para alcanzar un flujo más eficiente y continuo en el proceso de embalaje: **19 segundos/caja**.

Takt time

Una vez identificado el tiempo de ciclo, se procedió a determinar el ritmo de producción requerido en la empacadora de banano, conocido como Takt Time. Este indicador es clave para equilibrar las operaciones de la línea de embalaje en la empacadora GRUPO ZAMBRANO, asegurando que la producción se alinee con la demanda establecida.

Tabla 2
Takt time del embalaje de banano

Takt time del embalaje de banano	
Tiempo disponible por turno (s)	26700 segundos
Demanda en ese período (cajas)	1800 cajas
TT	14,83 segundos

Fuente: Investigacion de Campo
Elaborado: Autores (2024)

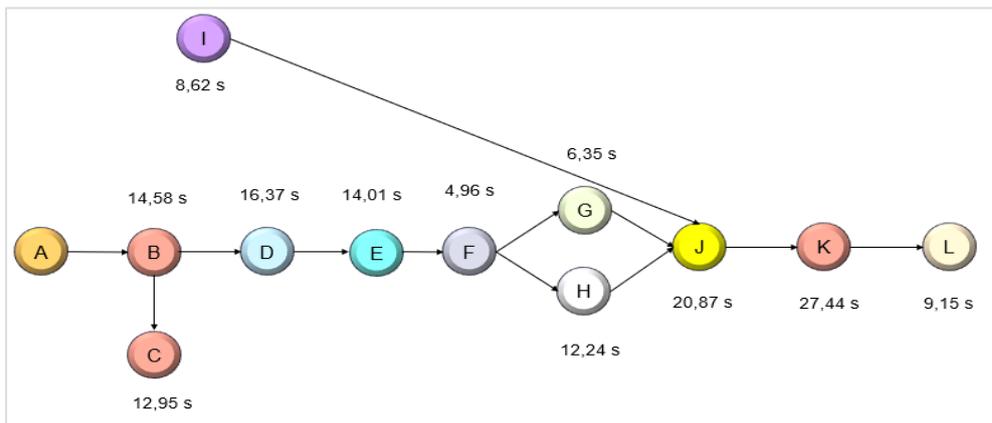
La empacadora GRUPO ZAMBRANO requiere producir a un ritmo de 14,83 segundos para suplir la demanda del cliente de las 1800 cajas de banano.

Diagrama de precedências actual de la línea de embalaje de banano

La definición de las precedências de cada operación dentro del proceso de embalaje es fundamental para comprender la relación y el orden secuencial en que deben ejecutarse las actividades. Este análisis permite identificar las dependências entre tareas, asegurando un flujo eficiente y contínuo en el proceso de embalaje de las cajas de banano. A continuación, se presenta el diagrama de precedências correspondiente, que incluye las operaciones identificadas previamente, como desflore, desmane, embalaje, repesado, aspirado, ligado y cierre de caja, organizadas según su secuencia y relación directa dentro del proceso. Este análisis es un paso clave para optimizar el flujo de trabajo y maximizar la eficiencia operativa.

Figura 1

Diagrama de precedências de la empacadora de banano



Fuente: Investigacion de Campo
Elaborado: Autores (2024)

Tabla 3*Cantidad de operaciones subsecuentes*

Nodos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Núm. Subsecuentes	11	10	0	7	6	5	3	3	0	2	1	0

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado: Autores (2024)

Estaciones de estaciones de trabajo

Para lograr el balance adecuado de la línea de embalaje de la empacadora, se consideró el número óptimo de estaciones operativas necesarias para cumplir con el tiempo de ciclo previamente determinado. Este cálculo teórico busca asegurar que cada estación disponga de una carga de trabajo equilibrada, evitando tanto la sobrecarga como la subutilización de recursos. Al equilibrar las estaciones, se maximiza el uso del tiempo disponible, se minimizan los períodos inactivos y se contribuye directamente a mejorar el rendimiento global de la cadena de suministro, asegurando una respuesta eficaz a la demanda de producción. Este enfoque constituye un pilar fundamental para la competitividad de la empacadora en el mercado agroalimentario.

Tabla 4*Número de estaciones operativas*

Número de estaciones de labores en el embalaje de banano	
Suma de tiempo de las tareas (N)	147,54 segundos
Takt time (TT)	14,83 segundos
Nt	10 estaciones

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado: Autores (2024)

Por consiguiente, se deben designar las pautas para la correcta designación de las operaciones en conjunto con los tiempos necesarios para la conformación de cada estación operativa, de manera que la eficiencia se incremente considerablemente. Para la determinación de las precedencias de las tareas se establecieron los siguientes criterios:

Criterio N°1: Como criterio general para la línea de embalaje se establece como prioridad aquellas que generen la mayor cantidad de operaciones subsecuentes de acuerdo con su proceso.

Tabla 5*Cantidad de operaciones subsecuentes ordenadas*

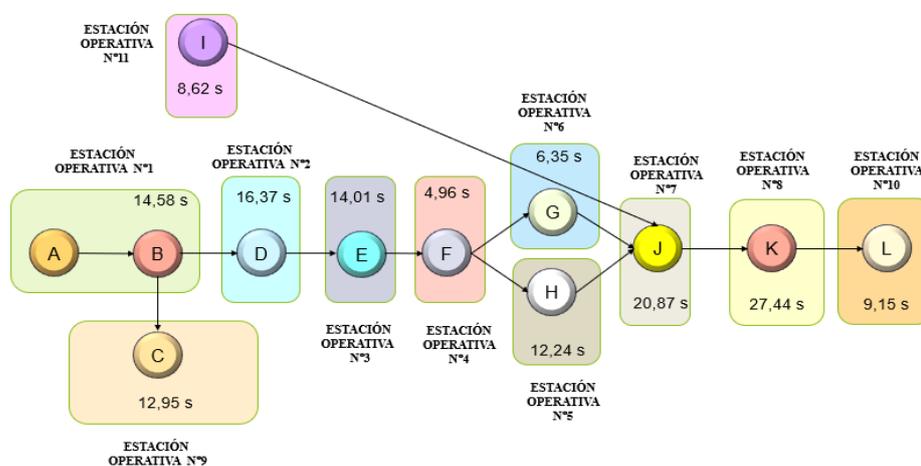
Operaciones	A	B	D	E	F	G-H	J	K	I	C	L
Núm. De subsecuentes	11	10	7	6	5	3	2	1	0	0	0

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado: Autores (2024)

Criterio N°2: Se designan como prioridad aquellas operaciones que demanden de mayor duración para su completa realización como enfoque para la optimización del rendimiento operativo de la línea de embalaje.

Figura 2
Ubicación de las estaciones operativas de la empacadora



Fuente: Investigación de Campo
Elaborado: Autores (2024)

Tabla 6
Eficiencia de las estaciones operativas asignadas

Estación	Tiempo de tarea	Tiempo no asignado	Nodos	Eficiencia
1	14,58	0,25	A B	98.33%
2	16,37	-1,54	D	90.59%
3	14,01	0,82	E	94.44%
4	4,96	9,87	F	33.45%
5	12,24	2,59	H	82.54%
6	6,35	8,48	G	42.79%
7	20,87	-6,04	J	71.05%
8	27,44	-12,61	K	54.05%
9	12,95	1,88	C	87.31%
10	9,15	5,68	L	61.71%
11	8,62	6,21	I	58.14%
TOTAL	147,54	15,59	segundos	
		0,26	minutos	

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado: Autores (2024)

Las estaciones operativas designadas otorgaron niveles de eficiencia bajos en la gran mayoría de las estaciones, respectivamente en las estaciones operativas 7, y 8 el nivel de eficiencia generado se debe a que el tiempo de ejecución de dichas operaciones excede el ritmo de trabajo requerido, lo que indica que requieren de ajustes significativos que otorguen un mayor nivel de eficiencia.

En lo que respecta a las estaciones operativas 4, 6, 10 y 11 son casos especiales, debido a que indican un desequilibrio relevante en los tiempos de ejecución de aquellas operaciones con un tiempo muy por debajo del ritmo de producción requerido, lo cual no eleva el nivel de eficiencia, sino que por el contrario genera que los operadores designados en estas operaciones se encuentren inactivos un tiempo considerable. Cabe destacar que las estaciones operativas 1, 3 y 5 cumplen con un nivel de eficiencia notablemente adecuado para la línea de embalaje.

En función a los resultados otorgados en el balance de las estaciones operativas es considerado necesario la ejecución de ajustes de los operarios de cada estación, con el propósito de aumentar la eficiencia del balance realizado y así cada estación disponga de cargas laborales equilibradas.

Balance de la asignación actual de los operarios de producción de la línea de embalaje

Posteriormente, se opta como medida de solución el balance de los operarios de cada estación operativa en función de los tiempos de ejecución y el número de operarios actuales de cada operación. En consecuencia, se distinguen los siguientes datos proporcionados del estudio de tiempos previamente realizado en la línea de embalaje:

Tabla 7

Cantidad de operarios actuales de la empacadora

Nodos	Actividades	Tiempos actuales (s)	Operarios	Tiempos totales (s)
A	Recepción de los racimos del banano	----	1	
B	Desflore	14,58	3	43,74
C	Inspección de calidad	----	1	
D	Desmane	12,95	2	25,90
E	Traslado de fruta no conforme	16,37	2	32,74
F	Saneamiento y clasificación	14,01	3	42,03
G	Pesaje	4,96	2	9,92
H	Fumigación	6,35	1	6,35
I	Etiquetado	12,24	3	12,24
J	Montaje de cajas de cartón	8,62	3	25,86
K	Embalaje	20,87	1	20,87
L	Repesado, aspirado, ligado y tapado	27,44	1	27,44
M	Paletizado y despacho de las cajas	9,15	3	27,45
TOTAL		147,54	26	274,54

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado: Autores (2024)

Debido a que en ciertas operaciones se requieren de más de un operario, los tiempos de dichas operaciones tuvieron reajustes que proporcionaron registros claros para la obtención de la cantidad eficiente operarios en cada estación. En teoría son determinados los siguientes operarios:

Tabla 8*Cantidad de operarios teóricos asignados para la empacadora*

Actividades	Operarios teóricos	Operarios reales
Desflore	3.86	4
Desmane	2.29	2
Traslado de fruta no conforme	2.89	3
Saneamiento y clasificación	3.71	4
Pesaje	0.88	1
Fumigación	0.56	1
Etiquetado	1.08	1
Montaje de cajas de cartón	2.28	2
Embalaje	1.84	2
Repesado, aspirado, ligado y cierre de caja	2.42	2
Paletizado y despacho	2.42	2
TOTAL		24

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado: Autores (2024)

La cantidad de operarios otorgados en el balance de la línea de embalaje redujo la cantidad de 26 operarios actuales a 24 operarios, sin tomar en cuenta el operario encargado de la recepción de los racimos y el de la inspección de calidad.

Tabla 9*Tiempos optimizados en la empacadora de banano*

Operaciones	Tiempo actual (s)	Tiempo optimizado (s)	Tiempos estándar designados
Desflore	43,74	10,94	13,73
Desmane	25,90	12,95	13,73
Traslado de fruta no conforme	32,74	10,91	13,73
Saneamiento y clasificación	42,03	10,51	13,73
Pesaje	9,92	9,92	13,73
Fumigación	6,35	6,35	13,73
Etiquetado	12,24	12,24	13,73
Montaje de cajas de cartón	25,86	12,93	13,73
Embalaje	20,87	10,44	13,73
Repesado, aspirado, ligado y cierre de caja	27,44	13,72	13,73
Paletizado y despacho	27,45	13,73	13,73
TOTAL	274.54	124,63	150,98

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado: Autores (2024)

Como resultado del balance se especifica la empacadora GRUPO ZAMBRANO requiere laborar a un tiempo estándar de 13,73 segundos para suplir la demanda 1800 cajas diarias requeridas por el cliente.

Cantidad de Operarios actuales y proyectados del balanceo

En el balanceo de las estaciones operativas previamente determinadas se evidenció que en la mayoría de las estaciones designadas el nivel de eficiencia proporcionado no estaba siendo adecuado, por lo que en el balanceo del personal obtenido el número de operarios de cada estación se redujo y reasigno a operaciones que requieren de más operarios para completar la operación en el tiempo adecuado.

Tabla 10

Comparación entre operarios actuales y proyectados

Operaciones	Operarios actuales	Operarios proyectados
Recepción de racimos de banano	1	1
Desflore	3	4
Inspección de calidad	1	1
Traslado de fruta no conforme	2	3
Desmane	2	2
Saneo y clasificación	3	4
Pesaje	2	1
Fumigación	1	1
Etiquetado	3	1
Montaje de cajas de cartón	3	2
Embalaje	1	2
Repesado, aspirado, ligado y cierre de caja	1	2
Paletizado y despacho	3	2
TOTAL	26	26

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado: Autores (2024)

Cabe mencionar que con el tiempo estándar proyectado la empacadora producirá 1945.36 cajas en un turno lo que indica un nivel de eficiencia del 83.3%.

Tabla 11

Resultado obtenidos del balanceo de la empacadora

RESULTADOS OBTENIDOS	
Cajas de banano/turno	1945.36
Eficiencia	83.3%

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado: Autores (2024)

DISCUSIÓN

La optimización de la cadena de suministro de la empacadora de banano GRUPO ZAMBRANO presentó resultados significativos que respaldan la efectividad de las estrategias implementadas. En particular, el análisis detallado de los eslabones permitió identificar ineficiencias críticas, como cuellos de botella y tiempos inactivos, especialmente en las operaciones de embalaje, repesado y transporte de cajas. Estos hallazgos son consistentes con

estudios previos en cadenas de suministro agroindustriales, que han demostrado que los cuellos de botella representan una de las principales causas de retrasos y costos operativos elevados en el sector (Nurhasanah et al., 2023; Paiva et al., 2023).

La aplicación del balanceo de línea y la reorganización de las estaciones de trabajo se alineó con principios de mejora continua, lo que permitió no solo incrementar la eficiencia operativa en un 20.64% en la producción y un 24.6% en la distribución, sino también establecer un flujo continuo adaptado a la demanda. Estos resultados validan la relevancia del Takt Time como herramienta clave para sincronizar las operaciones con los requerimientos del mercado, un aspecto ampliamente respaldado por la literatura (Poponi et al., 2023).

Además, la optimización de recursos humanos fue un componente crítico para el éxito del balanceo de línea. La reducción de operarios en ciertas estaciones y la redistribución hacia operaciones críticas no solo disminuyó los tiempos inactivos, sino que mejoró la asignación de recursos, contribuyendo a una mayor productividad global. Este enfoque coincide con investigaciones recientes que destacan la importancia de una gestión eficiente del personal en procesos altamente dinámicos (Zou & Fan, 2022).

Otro aspecto destacado en la discusión es la sostenibilidad del modelo propuesto. Al reducir los tiempos de ciclo y minimizar los desperdicios operativos, se logró no solo una mejora en la competitividad de la empacadora, sino también una contribución significativa a la sostenibilidad ambiental y económica de la operación. Estos resultados resaltan la necesidad de integrar prácticas sostenibles en las cadenas de suministro agroindustriales, como se ha sugerido en estudios sobre la optimización de cadenas en el sector alimentario (Asrol & Yani, 2024).

En términos generales, los hallazgos de este estudio no solo abordan las limitaciones actuales de la empacadora GRUPO ZAMBRANO, sino que también establecen un modelo replicable y adaptable a otras operaciones agroindustriales. Sin embargo, es importante señalar que la implementación exitosa de estas estrategias depende de un monitoreo continuo y del ajuste dinámico a las condiciones cambiantes del mercado y las capacidades internas. Este enfoque proporciona una base para futuras investigaciones dirigidas a mejorar aún más la eficiencia y sostenibilidad de las cadenas de suministro en el sector agroindustrial.

CONCLUSIONES

La implementación de estrategias específicas, como el balanceo de líneas y la reorganización de las estaciones de trabajo, resultó en un incremento significativo en la eficiencia de la empacadora: un 20.64% en la fase de producción y un 24.6% en la distribución. Estos resultados no solo evidencian el impacto directo de las medidas adoptadas, sino que también destacan la relevancia de un enfoque basado en indicadores logísticos y análisis de cuellos de botella para transformar el desempeño operativo de una organización. Adicionalmente, estos avances contribuyen a reducir los costos operativos y mejorar la utilización de recursos,

posicionando a la empacadora como un modelo de referencia para optimización en la industria agroalimentaria. Este incremento en la eficiencia es un testimonio de cómo la aplicación de herramientas metodológicas puede convertirse en un pilar estratégico para la sostenibilidad empresarial en mercados altamente competitivos.

La determinación y ajuste del Takt Time, como indicador clave de gestión, permitió sincronizar las operaciones de la empacadora con la demanda diaria de 1800 cajas. Este alineamiento estratégico aseguró un flujo continuo, minimizó los tiempos inactivos y fortaleció la capacidad de respuesta frente a las exigencias del mercado. La aplicación de esta herramienta no solo optimizó el ritmo de producción, sino que también estableció un marco adaptable para atender variaciones en la demanda futura, contribuyendo a la resiliencia organizacional. La implementación de estas mejoras operativas reforzó la competitividad de la empacadora en el dinámico mercado agroalimentario, garantizando su capacidad de mantenerse como un actor clave en el sector.

El análisis detallado de los procesos permitió identificar áreas críticas y formular estrategias que no solo abordaron las ineficiencias actuales, sino que también establecieron un modelo sostenible para la mejora continua. Este enfoque integró elementos clave de balanceo de líneas, optimización de recursos y reducción de desperdicios, los cuales son fundamentales para garantizar la sostenibilidad económica, social y ambiental. Además, la reducción en los tiempos de ciclo y el equilibrio en la asignación de tareas demostraron ser medidas efectivas para incrementar la productividad sin comprometer la calidad operativa. Este modelo puede ser replicado y adaptado en otros contextos industriales, ofreciendo un camino hacia la excelencia operativa y fortaleciendo la competitividad en mercados locales e internacionales.

REFERENCIAS

- Asrol, M., & Yani, M. (2024). A multi-criteria model of supply chain sustainability assessment and improvement for sugarcane agroindustry [Article]. *Heliyon*, 10(7), Article e28259. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28259>
- Da Silva, C. A., Baker, D., Shepherd, A. W., Jenane, C., & Miranda-da-Cruz, S. (2009). *Agro-Industries for development* [Book]. CABI Publishing. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84890175283&partnerID=40&md5=123c0f16481e2756ddc82f28ef62b27c>
- de Barros, I., Blazy, J. M., Rodrigues, G. S., Tournebize, R., & Cinna, J. P. (2009). Emergy evaluation and economic performance of banana cropping systems in Guadeloupe (French West Indies) [Article]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129(4), 437-449. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.10.015>
- Elida, S., Amin, A. M., & Sutrisno, J. (2023). Increasing the Competitiveness of Agroindustry Sago Products through Resource Optimization [Article]. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(4), 1372-1377. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.4.19101>
- Grando, S., Bartolini, F., Bonjean, I., Brunori, G., Mathijs, E., Prospero, P., & Vergamini, D. (2020). Small farms' behaviour: Conditions, strategies and performances [Article]. *Research in Rural Sociology and Development*, 25, 125-169. <https://doi.org/10.1108/S1057-192220200000025008>
- Kaliyan, K., & Kothandaraman, R. (2018). Secure decision-making approach to improve knowledge management based on online samples [Article]. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 11(1), 50-61. <https://doi.org/10.22266/ijies2018.0228.06>
- King, R. P., Boehlje, M., Cook, M. L., & Sonka, S. T. (2010). Agribusiness economics and management. *American Journal of Agricultural Economics*,
- Mangado, J. (2006). The procurement of lithic raw materials: Towards a paleocultural characterisation of palaeoeconomic behaviour [Article]. *Trabajos de Prehistoria*, 63(2), 79-91. <https://doi.org/10.3989/tp.2006.v63.i2.18>
- Nurhasanah, N., Mangunwidjaja, D., & Romli, M. (2020a). A conceptual framework on the design of intelligent supply chain for natural fibre agroindustry. *AIP Conference Proceedings*,
- Nurhasanah, N., Mangunwidjaja, D., & Romli, M. (2020b). A literature review on the design of intelligent supply chain for natural fibre agroindustry [Article]. *International Journal of Supply Chain Management*, 9(2), 182-197.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85085362240&partnerID=40&md5=2945c55971ae119f9a72d02c8b6740b3>

- Nurhasanah, N., Mangunwidjaja, D., & Romli, M. (2023). The blue print of intelligent decision support system for supply chain kenaf agroindustry. AIP Conference Proceedings,
- Paiva, R. P., Rocco, C. D., & Morabito, R. (2023). A hierarchical supply chain model for the sugar–alcohol energy sector with robust optimization analysis [Article]. *International Transactions in Operational Research*, 30(4), 1789-1818. <https://doi.org/10.1111/itor.12909>
- Poponi, S., Arcese, G., Ruggieri, A., & Pacchera, F. (2023). Value optimisation for the agri-food sector: A circular economy approach [Article]. *Business Strategy and the Environment*, 32(6), 2850-2867. <https://doi.org/10.1002/bse.3274>
- Quadras, D., Rigon, B., da Silva, E. R., & Frazzon, E. (2023). Challenges and perspectives for agribusiness logistics chain in the Industry 4.0 era. *Procedia CIRP*,
- Zou, D., & Fan, Q. (2022). Present Situation of Global Banana Production and Trade and Prospect for Banana Industry [Article]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 49(7), 131-140. <https://doi.org/10.16768/j.issn.1004-874X.2022.07.017>