

ARTÍCULO ORIGINAL
ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO Y LA PRODUCCIÓN

Mejora del proceso de embarques en agroindustria mediante estudio de tiempos y métodos de trabajo

Improvement of the shipping processes in the agro-industry through a study of times and work methods

Xóchitl Patricia Flores Gutiérrez¹ <https://orcid.org/0000-0001-6468-3865>
Yuridia Belén Cota Pardini¹ <https://orcid.org/0000-0003-1962-9274>
Marcos Octavio Osuna Armenta¹ <https://orcid.org/0009-0006-2194-378X>
Idania Nathaly López Cervantes¹ <https://orcid.org/0009-0001-5373-2366>

¹ División de Ciencias Industriales, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave, México

* Autor para la correspondencia: xochitl.fg@guasave.tecnm.mx

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo mejorar el proceso de embarques en una empresa agroindustrial de Guasave mediante la aplicación de un estudio de tiempos y métodos de trabajo. Se empleó un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, desarrollado en seis fases: diagnóstico, levantamiento, medición, análisis de causas, diseño de mejora y evaluación. Los resultados evidenciaron desorganización en almacenes y tiempos improductivos, determinando un tiempo estándar inicial de 422,9 minutos por embarque. A partir del rediseño del método de trabajo, se proyectó una reducción a 313 minutos, lo que representó una mejora del 26 % en la eficiencia operativa. Se concluyó que la estandarización permite reducir la variabilidad y optimizar el uso de recursos en el sector.

Palabras clave: embarques; productividad; tiempos; métodos de trabajo.

ABSTRACT

The research aimed to improve the shipping process in an agro-industrial company in Guasave by applying a time and work method study. A quantitative descriptive approach was applied, developed in six phases: diagnosis, process mapping, measurement, cause analysis, improvement design, and evaluation. The results revealed disorganization in storage areas and idle times, establishing an initial standard time of 422.9 minutes per shipment. Following the redesign of the work method, a reduction to 313 minutes was projected, representing a 26% improvement

in operational efficiency. It was concluded that standardization reduces variability and optimizes resource utilization in the sector.

Keywords: *shipping; productivity time; work methods.*

Recibido: (12/05/2026)

Aceptado: (13/05/2026)

Introducción

El proceso de embarques constituye un elemento crítico dentro de las operaciones logísticas, ya que integra actividades como la preparación de pedidos, manejo de materiales, verificación y distribución final. En el sector agroindustrial, su relevancia se incrementa debido a la naturaleza perecedera de los productos y a las exigencias de puntualidad y calidad del mercado global (1,2). En este sentido, la eficiencia en este proceso impacta directamente en la competitividad organizacional y en el desempeño de la cadena de suministro (3,4).

Desde una perspectiva de la ingeniería industrial, el análisis sistemático del trabajo encuentra sus bases en los postulados clásicos de la organización científica. Investigaciones recientes como las de Shukla y Mukhtar (5) han demostrado que la medición rigurosa de las operaciones es el camino indispensable para eliminar el desperdicio y la fatiga innecesaria, permitiendo la determinación técnica de los tiempos estándar que guían la planificación, el control de la capacidad y la evaluación del desempeño. Bajo esta perspectiva, la ingeniería de métodos y la medición del trabajo interactúan de forma sinérgica para la eliminación de desperdicios (muda); mientras la primera rediseña los flujos, elimina movimientos innecesarios y reestructura la secuencia operativa, la segunda aporta la métrica de control indispensable para evaluar el impacto real de dichos cambios sobre el tiempo de ciclo. En la era moderna, estos principios clásicos han convergido de forma natural con el enfoque Lean, expandiendo su campo de acción hacia los entornos logísticos (Lean Logistics) (1, 3). Bajo esta filosofía, autores como Yeni et al. (1) y Bashatah y Elnaggar (3) destacan que la optimización contemporánea no solo busca la eficiencia local, sino la sincronización de los flujos operativos con el ritmo de la demanda mediante la consolidación de nuevos métodos de trabajo que erradican las actividades que no agregan valor en almacenes y centros de distribución modernos (4).

Diversas investigaciones recientes han demostrado que la optimización de procesos logísticos mediante herramientas de ingeniería industrial permite mejorar la productividad y reducir costos operativos (5). Este impacto se maximiza sustancialmente en la actualidad mediante la incorporación de tecnologías avanzadas de embarque y la digitalización; la integración de sistemas de gestión de almacenes (WMS), dispositivos de captura automática de datos por radiofrecuencia (RFID), escaneo digital y soluciones basadas en Internet de las Cosas (IoT) agiliza el flujo de

información en tiempo real y minimiza los errores de preparación (2, 3, 4). Asimismo, estudios en cadenas agroalimentarias indican que la sinergia entre el rediseño metodológico de los procesos de embarque y el soporte tecnológico incrementa la confiabilidad del servicio logístico, asegura la trazabilidad y reduce significativamente los tiempos de ciclo (6, 7).

Sin embargo, en muchas organizaciones agroindustriales persiste una gestión basada en la experiencia empírica, lo que genera inconsistencias operativas y dificultades en la medición del desempeño (8,9). En la empresa objeto de estudio, ubicada en Guasave, Sinaloa, se identificó la ausencia de una secuencia operativa estandarizada en el proceso de embarques, lo que ocasiona duplicidad de actividades, tiempos muertos y desorganización en almacenes (9,10). Esta problemática refleja una brecha entre las prácticas actuales y los principios de gestión eficiente de procesos (10).

En este contexto, el objetivo de la presente investigación es mejorar el proceso de embarques mediante el análisis de métodos de trabajo y la determinación de tiempos estándar, permitiendo identificar y mitigar las causas raíz de los retrasos (5,11). Este estudio aporta evidencia empírica sobre la aplicación de herramientas de ingeniería industrial y su convergencia con enfoques y tecnologías modernas en el sector agroindustrial (1,2,7).

Métodos

Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y aplicado, orientado al análisis y mejora de un proceso logístico. Este tipo de diseño es adecuado cuando se busca medir, analizar y optimizar procesos operativos en contextos reales, permitiendo la generación de propuestas basadas en evidencia empírica (11,12).

Procedimiento metodológico

El procedimiento se estructuró de forma secuencial en seis fases fundamentadas en la estructura del ciclo de mejora continua de la ingeniería de métodos clásica y los enfoques sistemáticos de resolución de problemas de Lean Six Sigma (12,13). En la Tabla 1, se detallan las fases operativas desarrolladas, así como el producto generado en cada etapa. La metodología inicia con la recolección de información primaria en campo mediante la técnica de observación directa; a partir de este levantamiento, se avanza hacia la caracterización macro a través del diagrama SIPOC- por sus siglas en inglés: Suppliers (Proveedores), Inputs (Entradas), Process (Proceso), Outputs (Salidas) y Customers (Clientes)- y el análisis micro mediante diagrama de flujo del proceso actual. Posteriormente, se implementa el rigor cuantitativo de la ingeniería de métodos mediante la medición cronométrica para construir la base de datos de tiempos estándar, lo que permite priorizar científicamente los desperdicios a través de diagramas de Ishikawa y Pareto, sirviendo como fundamento directo para el diseño

del método de trabajo estandarizado y su posterior evaluación de impacto en la eficiencia operativa.

Tabla 1 – Fases del procedimiento metodológico

Fase	Actividad	Producto generado
1	Diagnóstico inicial	Identificación del problema
2	Levantamiento del proceso	Diagramas de flujo y SIPOC
3	Estudio de tiempos	Base de datos de tiempos
4	Análisis de causas	Diagramas causa-efecto y Pareto
5	Diseño de mejora	Método estandarizado
6	Evaluación	Comparación de tiempos

Fuente: Elaboración propia.

Levantamiento del proceso

A partir de la observación directa estructurada, se efectuó el registro de campo de los flujos físicos y operativos de las operaciones de andén. Con esta información primaria se elaboraron el diagrama de flujo y la matriz SIPOC, instrumentos metodológicos validados para delimitar el alcance de los sistemas logísticos y caracterizar las interrelaciones entre elementos de entrada, transformación y salida (13,14).

La figura 1 expone de forma secuencial el flujo operativo del estado actual del sistema, cuyo límite abarca desde la recepción formal del requerimiento comercial hasta el despacho final del vehículo de transporte de carga. El mapeo del proceso actual permitió identificar las subtarefas que integran la operación: el registro de órdenes, la selección y separación de mercancías —denominada picking—, la inspección de inocuidad, la validación digital mediante dispositivos de escaneo, el empleado, la gestión documental (facturación y guías sanitarias), y la carga física de las unidades mediante equipos de manipulación de materiales (montacargas y patines hidráulicos). No obstante, este análisis visual demuestra que el proceso no opera bajo condiciones técnico-organizativas estrictamente homogéneas ni estáticas. Como se observa en la Actividad 3, el flujo experimenta una ramificación crítica condicionada por la procedencia comercial del pedido: cuando un introductor adquiere mercancía de un tercero, el sistema rompe su linealidad estándar y obliga la intervención del Auxiliar Administrativo para la generación y colocación de etiquetas extraordinarias de compra (Actividad 4). Esta variación procedimental introduce una alteración directa en la rutina del personal de andén e inyecta variabilidad significativa en los tiempos de ciclo previos a la inspección de calidad.

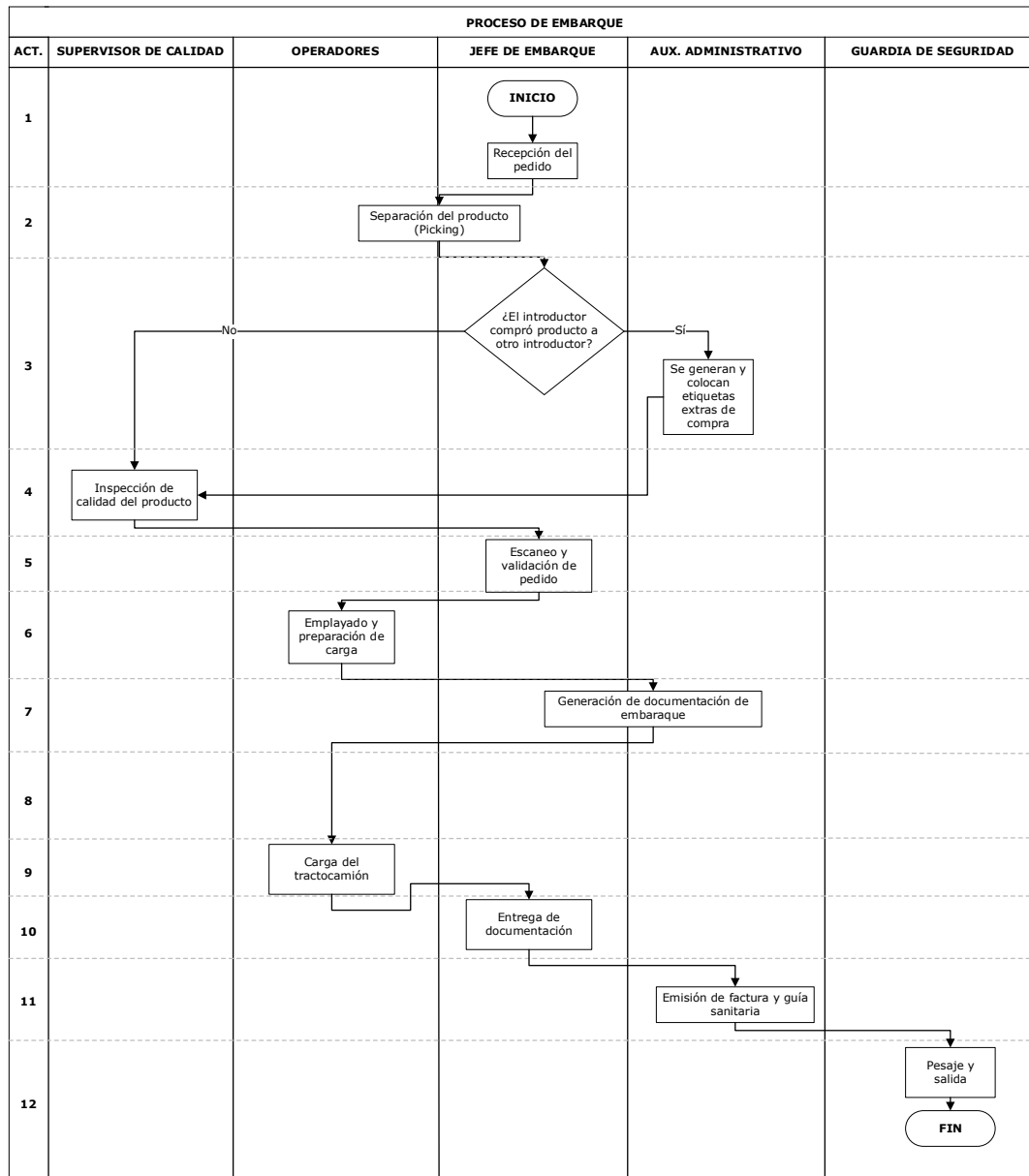


Fig. 1 – Diagrama de flujo del proceso actual

Para delimitar las fronteras del sistema e identificar las interrelaciones críticas que impactan la variabilidad operativa, se estructuró la caracterización macro mediante la matriz SIPOC expuesta en la tabla 2. A diferencia de cadenas de suministro de productos inertes, este proceso se desarrolla en un entorno agroindustrial cárnico bajo la regulación de Tipo Inspección Federal (TIF), lo cual añade restricciones técnico-organizativas severas ligadas a la conservación de la cadena de frío y tiempos de ciclo estrictos. El análisis de la tabla 2 permite identificar que la problemática de los tiempos muertos y la desorganización en andenes no es un evento aislado del operador, sino el resultado de fallas de sincronización entre múltiples eslabones. Desde la entrada

ESTANDARIZACIÓN DE PROCESO DE EMBARQUES EN AGROINDUSTRIA MEDIANTE ESTUDIO DE TIEMPOS

(Inputs), la variabilidad en las dimensiones y especificaciones de los pedidos de los introductores altera significativamente el tiempo de la actividad crítica de selección (picking), obligando al personal a realizar búsquedas ciegas en almacén ante la falta de un sistema de ubicación indexado. Asimismo, se observa una dependencia crítica de flujos informáticos duales: el registro en el software especializado para rastros TIF (sistema MEAT) y el sistema de facturación comercial tradicional. Cualquier desfase en la transferencia de información entre la Gerencia Comercial, el Área Administrativa y el Área de Calidad detiene por completo las salidas físicas (Outputs), provocando que el vehículo de transporte (tractocamión) permanezca ocioso en el andén.

Tabla 2 – Diagrama SIPOC del proceso de embarques

SUPPLIERS (Proveedores)	INPUTS (Entradas)	PROCESS (Proceso)	OUTPUTS (Salidas)	CUSTOMERS (Clientes)
Gerencia comercial	Pedido del cliente (Nombre, códigos, número de cajas)	Recepción del pedido	Pedido registrado en software para rastros TIF (MEAT)	Introductores
Área de almacén	Producto terminado en tarimas	Separación del producto (Picking)	Producto separado por cliente	Transportistas
Área de calidad	Estándares de calidad	Inspección de calidad del producto	Producto aprobado	Cliente final
Operadores de embarque	Escáner, equipo de empleado	Escaneo, empleado y preparación de carga	Pedido validado digitalmente	
Área administrativa	Sistema MEAT, Facturación	Generación de documentación, factura y guía sanitaria	Documentación de embarque	
Transporte	Tractocamión	Carga, pesaje y salida	Camión cargado y documentado	

Fuente: Elaboración propia

Estudio de tiempos y métodos de trabajo

Para la determinación de la carga de trabajo, se empleó el método de estudio de tiempos por cronometraje directo utilizando la técnica de lectura continua, bajo los lineamientos metodológicos de la ingeniería de métodos clásica establecidos por la literatura de operaciones e ingeniería industrial como Niebel y Freivalds (15) y la Oficina Internacional del Trabajo (16), cuyos criterios de estudio de tiempos y balanceo se complementan analíticamente con la literatura contemporánea de gestión de operaciones e ingeniería de procesos (17, 18).

En la recolección de datos se utilizó un diseño muestral intencional, seleccionando 10 observaciones en condiciones reales de operación (19,20). Para validar la suficiencia y representatividad de este tamaño de muestra preliminar, se aplicó la ecuación estadística para la estimación del tamaño de muestra en ingeniería de métodos (ver ecuación 1), considerando un nivel de confianza del 95% ($k = 2$) y un margen de error relativo del 5% ($\alpha = 0.05$) (17):

$$n = \left(\frac{k * s}{\alpha * \bar{X}} \right)^2 \quad (1)$$

Al sustituir los valores obtenidos directamente del cronometraje en campo de los 10 ciclos, donde el promedio de las mediciones del tiempo observado acumulado de las tareas base fue de $\bar{x} = 312.20$ minutos y la desviación estándar de los ciclos registró un valor de $s = 7.45$ minutos, la ecuación se desglosa numéricamente de la siguiente manera:

$$n = \left(\frac{2 * 7.45}{0.05 * 312.2} \right)^2 = \left(\frac{14.9}{15.61} \right)^2 = (0.9545)^2 = 0.911 \sim 1$$

Dado que el tamaño de muestra teóricamente requerido ($n = 1$) es significativamente menor que el número de observaciones ejecutadas en campo ($n = 10$), los resultados estadísticos confirmaron que la variabilidad de los tiempos medidos bajo estas condiciones se encontraba plenamente bajo control, validando las 10 observaciones como una muestra robusta y estadísticamente representativa para este tipo específico de embarque regular.

La secuencia de normalización de los datos para la construcción de la línea base del proceso siguió el siguiente orden: Primero, se calculó el Tiempo normal incorporando algebraicamente el ajuste por valoración del desempeño al tiempo promedio, el cual se estableció en un valor neutro al registrarse un ritmo de trabajo homogéneo, estabilizado y adaptado al 100 % de la eficiencia en andenes. Segundo, se determinó el Tiempo estándar incorporando un factor multiplicador de suplementos constantes y variables del 12% (1.12), desglosado técnicamente por el entorno agroindustrial TIF: 5% por necesidades personales, 4% por fatiga básica por manejo de materiales, y 3% por la restricción ambiental obligatoria de laborar en cámaras frigoríficas de baja temperatura (17,18).

Tabla 3 –Registro del estudio de tiempos

Actividad	Tiempo promedio (min)	Valoración	Tiempo normal (min) = Tiempo promedio + Valoración	Tiempo estándar (min) = Tiempo normal * (1.12)
Picking	148,4	0,8	149,2	165,6
Inspección de mercancía	33,3	1	34,3	38,1

ESTANDARIZACIÓN DE PROCESO DE EMBARQUES EN AGROINDUSTRIA MEDIANTE ESTUDIO DE TIEMPOS

Escaneo de mercancía	54	1	55	61
Emplaye	41,7	1	42,7	47,4
Documentación del embarque	31,8	1	32,8	36,4
Carga de la unidad	66	1	67	74,4
Total del proceso				422,9

Fuente: Elaboración propia

La cuantificación de estas variables permitió identificar con precisión las actividades críticas del proceso. Los resultados compilados en la tabla 3 demuestran que la operación de picking constituye la actividad de mayor impacto en la duración del ciclo, registrando un tiempo estándar de 165.60 minutos que absorbe el 39.15% del tiempo estándar total del proceso (422.91 minutos). El análisis de campo evidenció que este cuello de botella responde directamente a factores organizativos: la ausencia de un sistema de indexación y zonificación en las cámaras frigoríficas provoca que los productos se almacenen mezclados y sin una clasificación lógica. Esta desorganización obliga a los operarios a efectuar movimientos repetitivos innecesarios y maniobras de reacomodo masivo de tarimas solo para localizar la mercancía solicitada, multiplicando el desperdicio por transporte interno.

Para realizar un diagnóstico cualitativo de este cuello de botella y entender cómo afecta al proceso de embarques, se elaboró el Diagrama de operaciones del proceso de la figura 2. Esta herramienta permitió representar gráficamente la secuencia de actividades realizadas en el proceso, se observa que, tras la recepción del pedido y el ingreso de las tarimas, la secuencia inicia formalmente con la operación de picking (Operación 1), la cual registra la mayor duración del diagrama con 2.76 horas. El impacto de este retraso inicial se transmite inmediatamente a las etapas subsecuentes, ya que la línea de flujo se ve obligada a pasar por una inspección antes de liberar el producto para su escaneo (Operación 2), actividad que añade 1.02 horas adicionales al ciclo. La Figura 2 muestra la dependencia física del proceso respecto al ingreso secuencial de materiales. Se observa que el flujo no puede avanzar hacia las etapas finales de emplayado, generación de documentación y carga (Operaciones 3, 4 y 5) sin el abastecimiento previo de insumos como el emplaye, los esquineros y el fleje.

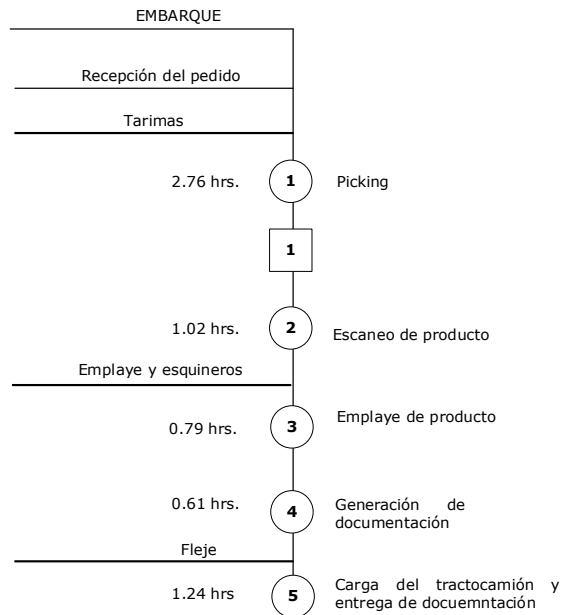


Fig. 2 – Diagrama de operaciones

Análisis de causas

Se emplearon diagramas de causa-efecto y Pareto para identificar y priorizar las causas de ineficiencia en el proceso de embarques. Estas herramientas permitieron descomponer el problema central y enfocar las acciones de mejora en los factores de mayor impacto operativo (20, 21).

La figura 3 presenta el Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa), usado para el análisis cualitativo de las variables que generan las *Ineficiencias en el proceso de embarques normales*. Al analizar el contenido de la figura 3 de izquierda a derecha, se describen factores críticos en las categorías de *Método* y *Medio ambiente*, tales como la falta de control en la secuencia de actividades, descoordinación entre áreas y temperaturas inadecuadas que afectan la manipulación; asimismo, los vectores de *Mano de obra* y *Medición* evidencian sobrecarga de trabajo y repetición de tareas por errores de último momento debido a la falta de capacitación, agravado por la ausencia de registros de tiempos e indicadores de desempeño. En el extremo derecho de la figura, las ramas de *Materia prima* y *Maquinaria* revelan rechazos de mercancía y, fundamentalmente, la falta de acomodo y ubicación definida de mercancía en los almacenes, lo cual interactúa negativamente con la falta de mantenimiento preventivo en los equipos de traslado.

ESTANDARIZACIÓN DE PROCESO DE EMBARQUES EN AGROINDUSTRIA MEDIANTE ESTUDIO DE TIEMPOS

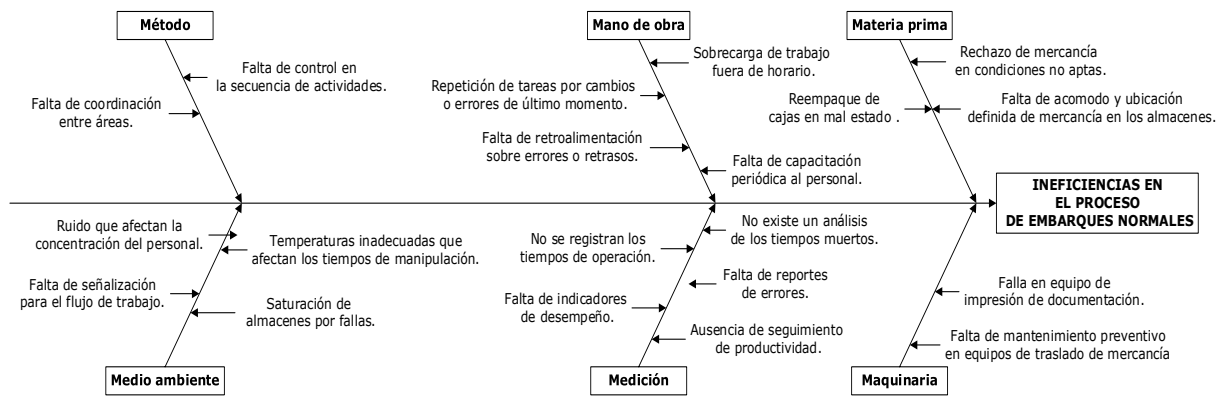


Fig. 3 – Diagrama causa-efecto (Ishikawa)

Posteriormente, las causas identificadas cualitativamente en la figura 3, fueron evaluadas de forma cuantitativa mediante el Diagrama de Pareto plasmado en la figura 4. Los resultados determinaron que la "Falta de orden en almacenes" constituye el factor crítico principal al concentrar por sí sola el 40.0% de las frecuencias de demora (150 minutos), validando numéricamente el impacto físico del cuello de botella en el andén. En segundo lugar, la "Falta de secuencia en las actividades" registró el 25.1% de los retrasos (94 minutos), confirmando la magnitud del impacto de los vectores de método en la variabilidad del ciclo. Por su parte, la categoría de "Otros factores externos" acumuló el 20.0% de las pérdidas de tiempo (75 minutos), mientras que la "Falta de mantenimiento preventivo en equipos" aportó el 14.9% restante (56 minutos), cerrando el 100% de la distribución. La cuantificación de la figura 4 consolida el diagnóstico técnico del proceso de embarques: al demostrar estadísticamente que las dos primeras causas raíz acumulan el 65.1% del tiempo muerto total del andén, se justifica metodológicamente concentrar el diseño de la propuesta de mejora en el rediseño y en la estandarización del proceso.

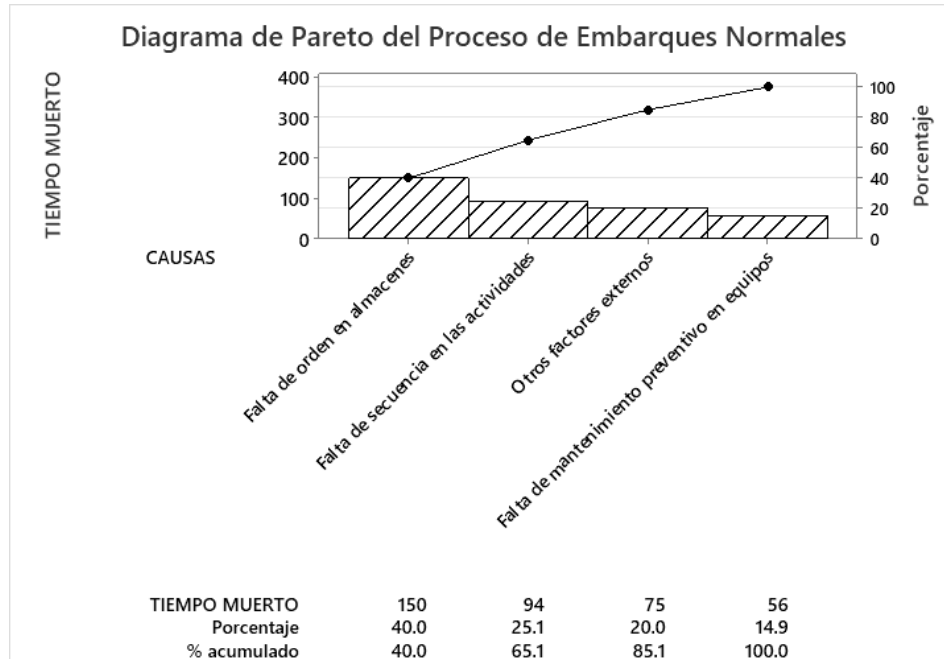


Fig. 4 – Diagrama Pareto del proceso de embarques

Resultados

Como solución directa al diagnóstico anterior, la figura 5 expone el proceso propuesto, el cual reestructura el flujo operativo mediante un diagrama del proceso de embarques estandarizado integrado por cinco columnas de responsabilidad interdepartamental, orientadas a eliminar la descoordinación de esfuerzos del método inicial. La secuencia se rige por un avance lineal descendente que sujeta el movimiento físico a la aprobación de cinco puntos de control estratégicos para la validación denominados *Checkpoints* (1 al 5). Al contrastar esta propuesta con el diagrama inicial (Figura 1), se implementaron tres cambios de ingeniería sustanciales para corregir las ineficiencias del flujo:

1. Eliminación de la bifurcación operativa por procedencia del pedido: Se suprimió la ramificación crítica por compras a terceros que antes forzaba un etiquetado emergente y reactivo, unificando todas las cargas bajo una secuencia homogénea e independiente de su origen comercial para estabilizar el ciclo.
2. Introducción de fases mandatorias preparatorias: En la columna de responsabilidades de los operadores se añadieron las tareas de Preparación del área y Preparación de tarimas previas al *picking*. Esta modificación ataca directamente el desorden físico de las cámaras frigoríficas, asegurando que el personal disponga de las condiciones e insumos necesarios antes de iniciar la selección.
3. Institucionalización de los cinco *Checkpoints*: Las inspecciones reactivas del método inicial se sustituyeron por filtros de control obligatorios que condicionan el avance del flujo. El *Checkpoint 2* (Validación de surtido completo) y el *Checkpoint 3* (Inspección de calidad) actúan como contenciones en el andén, impidiendo que los operadores

abandonen tareas inconclusas o arrastren errores de surtido hacia las fases de empleado y documentación.

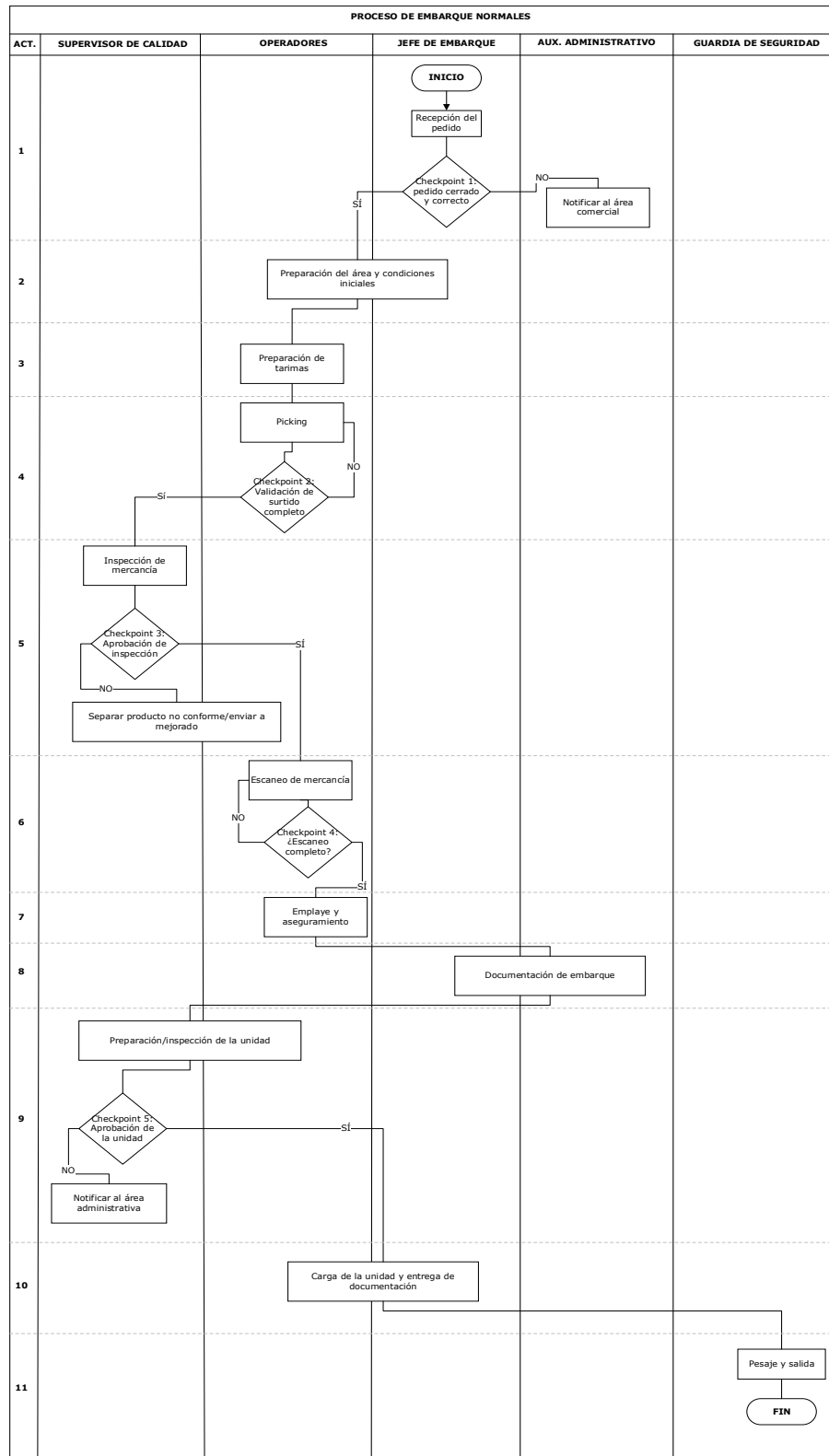


Fig. 5 –Proceso de embarques estandarizado

ESTANDARIZACIÓN DE PROCESO DE EMBARQUES EN AGROINDUSTRIA MEDIANTE ESTUDIO DE TIEMPOS

Con base en la reestructuración del proceso de la figura 5, se realizó una reestimación analítica de los tiempos estándar para evaluar cuantitativamente el logro del objetivo de optimización. Los tiempos propuestos son el resultado técnico de sustraer los tiempos muertos cualificados en el Ishikawa y cuantificados en el Pareto al ser eliminados por los dispositivos de control del nuevo método. La tabla 4 muestra el contraste numérico derivado de esta ingeniería de métodos.

Tabla 4 – Comparación de tiempos actuales y tiempos propuestos

Actividad	Tiempo actual (min)	Tiempo propuesto (min)
Picking	165.6	120
Inspección	38.1	30
Escaneo	61	45
Emplaye	47.4	35
Documentación	36.4	28
Carga	74.4	55
TOTAL	422.9	313

Como se observa en la comparación de los tiempos de ciclo de la Tabla 4, el tiempo total del ciclo disminuyó de 422.9 a 313.0 minutos por embarque, logrando una reducción absoluta de 109.9 minutos que representa una mejora proyectada del 26%. La figura 6 presenta la comparación gráfica de los tiempos por actividad, mostrando la contracción del tiempo de ciclo en cada etapa operativa. Esta disminución se debe estrictamente al análisis y solución de las causas raíz previamente diagnosticadas: la actividad de picking registró la mayor contracción al pasar de 165.6 a 120.0 minutos; esta reducción de 45.6 minutos responde directamente a la implementación de las fases obligatorias de preparación de áreas y tarimas, las cuales mitigan el 40 % de demora por desorden en almacén medido en el Pareto, eliminando los traslados ciegos y reacomodos masivos. Por su parte, las disminuciones observadas en las actividades de Escaneo (de 61.0 a 45.0 min) y Carga (de 74.4 a 55.0 min) derivan de la introducción de los Checkpoints 2, 3 y 4. Al activar estas compuertas de control secuencial interdepartamental por carriles, se erradica la "Falta de secuencia en las actividades" (25.1% de los retrasos en el Pareto), impidiendo que los operadores arrastren errores de surtido o duplicidad de esfuerzos hacia las fases de emplayado y documentación. De este modo, la Figura 6 no solo ilustra una reducción matemática de tiempos, sino que consolida el cierre del diagnóstico logístico, demostrando cuantitativamente cómo el paso de un flujo desordenado a un proceso estandarizado y controlado mitiga las fallas crónicas del proceso.

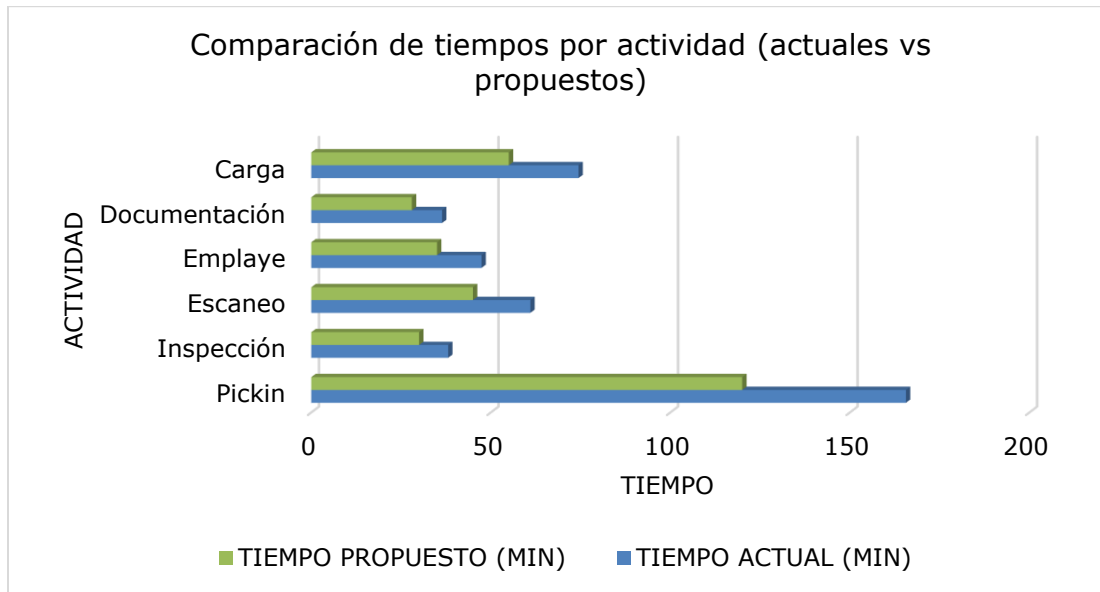


Fig. 6 –Comparación gráfica de tiempos

Discusión

Los resultados obtenidos confirman que el nuevo método de trabajo estandarizado permite reducir la variabilidad operativa y mejorar la eficiencia logística en el sector agroindustrial, logrando una reducción del 26% en el tiempo total del ciclo. De manera específica, la contracción de la actividad de *picking* de 165.6 a 120.0 minutos valida que la reorganización física de los almacenes y la introducción de fases preparatorias mitigan los mayores cuellos de botella del andén. Este hallazgo coincide con lo reportado por Bashatah y Elnaggar (3), así como por Rad et al. (4), quienes identifican al *picking* como la etapa con mayor exposición a la variabilidad y como el punto crítico fundamental en los sistemas de almacenamiento contemporáneos. Asimismo, la optimización lograda mediante el rediseño del flujo vertical se alinea con las investigaciones de Yeni et al. (1) respecto a la efectividad de las metodologías Lean aplicadas a la sincronización de cadenas agroalimentarias.

Desde una perspectiva metodológica, la transición secuencial entre el diagnóstico cronométrico, la priorización estadística del Pareto y la estandarización del proceso, demuestra que las herramientas clásicas de la ingeniería de métodos mantienen una vigencia operativa absoluta para la resolución de problemas. La medición sistémica del trabajo funcionó como el agente de cambio, un criterio consistente con los estudios de Shukla y Mukhtar (5) y Oscos-Fuentes et al. (17) sobre la utilidad del estudio de tiempos y métodos de trabajo para eliminar actividades improductivas en almacenes. Además, la integración de los *checkpoints* digitales y la documentación síncrona en el nuevo flujo aporta evidencia empírica sobre cómo el rediseño metodológico prepara el terreno para la incorporación de tecnologías avanzadas de embarque, la digitalización y las soluciones de visibilidad en tiempo real descritas en la literatura actual sobre logística moderna (2, 7, 21).

No obstante, esta investigación presenta limitaciones importantes que deben reconocerse para situar el alcance de los resultados. Al haberse desarrollado como un estudio aplicado en una sola unidad de análisis (Establecimiento TIF No. 651), la generalización de los tiempos estándar hacia otras plantas agroindustriales debe realizarse con cautela, requiriéndose una validación longitudinal en condiciones reales para confirmar la sostenibilidad de las mejoras ante la variabilidad estacional de la demanda. Estas restricciones metodológicas son consistentes con lo planteado por García-Alcaraz et al. (18), donde se destaca que la validación continua es indispensable en proyectos de manufactura y logística esbelta. A pesar de estas limitaciones, los resultados permiten afirmar que la estandarización constituye una estrategia viable y de bajo costo de inversión para mejorar la eficiencia del sector, abriendo oportunidades para futuras líneas de investigación orientadas a la automatización de inventarios y la digitalización de procesos logísticos (7,8).

Conclusiones

La mejora del proceso de embarques en la empresa agroindustrial de Guasave permitió demostrar que la aplicación del estudio de tiempos y métodos de trabajo constituye una estrategia eficaz para reducir la variabilidad operativa y optimizar la eficiencia logística en entornos agroindustriales. El cumplimiento del objetivo general se validó cuantitativamente al lograrse una reducción del tiempo total del ciclo de embarques, el cual disminuyó de un estado inicial de 422.9 minutos a una proyección estandarizada de 313.0 minutos por vehículo. Esta contracción absoluta de 109.9 minutos representa un incremento del 26% en la eficiencia operativa de los andenes, alcanzado mediante la eliminación sistemática de tiempos improductivos y actividades que no agregaban valor al flujo logístico.

A nivel operativo, la priorización estadística determinó que las deficiencias físicas e interdepartamentales acumulaban las mayores demoras del sistema. La reorganización del método de trabajo impactó con mayor fuerza en la actividad crítica de *picking*, la cual se consolidó como el principal cuello de botella al registrar inicialmente 165.6 minutos; con la propuesta de mejora del método, este tiempo se redujo a 120.0 minutos (un ahorro directo de 45.6 minutos) gracias a la institucionalización obligatoria de las fases preparatorias de áreas y tarimas, resolviendo de raíz el desorden en cámaras frigoríficas que representaba el 40.0% de los retrasos totales. Asimismo, la instauración de cinco compuertas de control (*Checkpoints*) resolvió la falta de secuencia en las actividades (responsable del 25.1% de las demoras), conteniendo los errores de surtido y escaneo en el andén antes de que se propagaran hacia las fases finales de documentación y carga física.

Finalmente, esta investigación aporta evidencia empírica robusta sobre la vigencia y alta rentabilidad de las herramientas clásicas de la ingeniería industrial al ser aplicadas en sectores regulados bajo normativas estrictas como el Tipo Inspección Federal (TIF). Los resultados demuestran que la medición sistémica y el control procedimental no solo estabilizan la operación a bajo costo, sino que configuran la línea base necesaria

para futuras iniciativas de automatización y digitalización de inventarios. Aunque el alcance del estudio se limitó a una sola unidad de análisis, restringiendo la generalización inmediata de los tiempos estándar, la metodología estructurada constituye un marco de referencia válido y escalable para la optimización de cadenas de suministro agroalimentarias en condiciones reales.

Referencias

- 1.Yeni FB, Yılmaz BG, Kayhan BM, Özçelik G, Yılmaz ÖF. Achieving tractable and reliable agriculture supply chain operations through Industry 4.0 tools to support Lean Six Sigma application. *Int J Ind Eng Oper Manag.* 2025;7(2):117–149. <https://doi.org/10.1108/IJIEOM-05-2024-0029>
- 2.Cortez-Clavo LK, Salazar-Muñoz MI, Morán-Santamaría RO. Digitalisation to improve automated agro-export logistics: A comprehensive bibliometric analysis. *Sustainability.* 2025;17(10):4470. <https://doi.org/10.3390/su17104470>
- 3.Bashatah JA, Elnaggar GR. Enhancing warehouse picking efficiency through integrated allocation and routing policies: A case study towards sustainable and smart warehousing. *Appl Sci.* 2025;15(20):11186. <https://doi.org/10.3390/app152011186>
- 4.Rad FF, Oghazi P, Onur I, Kordestani A. Adoption of AI-based order picking in warehouse: benefits, challenges, and critical success factors. *Rev Manag Sci.* 2025;19:3495–3540. <https://doi.org/10.1007/s11846-025-00858-1>
- 5.Shukla S, Mukhtar S. Time and motion study in warehousing and logistics: A case study of KJ Industries Limited. *Int J Res Innov Soc Sci.* 2025;9(4):6755–6766. <https://dx.doi.org/10.47772/IJRISS.2025.90400492>
- 6.Papară CM, Schirliu SH. Logistics optimization for resource allocation and scheduling using time slots. *Int J Appl Sci Technol Eng Logist Syst.* 2024;3(1):12–25. <https://doi.org/10.2478/ijasitels-2024-0012>
- 7.Plakantara SP, Karakitsiou A. Transforming agrifood supply chains with digital technologies: a systematic review of safety and quality risk management. *Oper Res Forum.* 2025;6:113. <https://doi.org/10.1007/s43069-025-00511-3>
- 8.Mehta K, Solanki U, Pal S, Ranjan R, Nagasampige M. Industry 5.0 era enabling the transition of logistics to smart logistics: A bibliometric and systematic review. *Asian J Shipp Logist.* 2026;42(1):1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2026.01.001>
- 9.Ivanov D. Exiting the COVID-19 pandemic: after-shock risks and avoidance of disruption tails in supply chains. *Ann Oper Res.* 2021;1–18. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04047-7>
- 10.Maldonado-Guzmán G. Do lean production and lean supply chain practices really improve operational performance? *TEC Empresarial.* 2025;19(2):39–52. <https://doi.org/10.18845/te.v19i2.7904>

- 11.Schmid L, Roidl M, Kirchheim A, Pauly M. Comparing statistical and machine learning methods for time series forecasting in data-driven logistics—A simulation study. *Entropy*. 2024;27(1):25. <https://doi.org/10.3390/e27010025>
- 12.Heizer J, Render B, Munson C. Principios de Administración de Operaciones. 11a ed. Ciudad de México: Pearson Educación; 2021.
- 13.Krajewski L, Malhotra MK, Ritzman LP. Operations management: processes and supply chains. 13th ed. New York: Pearson; 2022.
- 14.Slack N, Brandon-Jones A. Operations and process management: principles and practice for strategic impact. 5th ed. Harlow (UK): Pearson Education; 2021. ISBN: 9781292350066.
- 15.Niebel BW, Freivalds A. Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo. 13a ed. México DF: McGraw-Hill; 2014.
- 16.Kanawaty G, editor. Introducción al estudio del trabajo. 4a ed. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo; 1996.
- 17.Oscos-Fuentes E, Hernández-Rodríguez J, López-Salazar A. Study of times and movements in the packing process of the company Flores de María. *ECORFAN J Ind Eng*. 2024;10(2):55-67. <https://doi.org/10.35429/P.2024.1.1.17>
- 18.García-Alcaraz JL, Maldonado-Macías AA, Cortés-Robles G. Lean manufacturing tools applied to material flow and their impact on economic sustainability. *Sustainability*. 2021;13(19):10599. <https://doi.org/10.3390/su131910599>
- 19.Etikan I, Musa SA, Alkassim RS. Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *Am J Theor Appl Stat*. 2016;5(1):1-4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- 20.Abdul Rahman NSF, Karim NH, Md Hanafiah R, Abdul Hamid S, Mohammed A. Decision analysis of warehouse productivity performance indicators to enhance logistics operational efficiency. *Int J Prod Perform Manag*. 2023;72(4):962-985. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2021-0373>
- 21.Jum'a L, Basheer ME. Analysis of warehouse value-added services using Pareto as a quality tool: A case study of third-party logistics service provider. *Adm Sci*. 2023;13(2):51. <https://doi.org/10.3390/admsci13020051>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no existen conflictos de intereses.

Contribución de cada autor:

Xóchitl Patricia Flores Gutiérrez: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración de proyecto, Recursos, Visualización, Escritura-borrador original, Redacción: revisión y edición.

Yuridia Belén Cota Pardini: Análisis formal, Investigación, Visualización, Escritura-borrador original.

Marcos Octavio Osuna Armenta: Análisis formal, Supervisión, Validación, Visualización, Escritura-borrador original, Redacción: revisión y edición.

Idania Nathaly López Cervantes: Data curation, Investigación, Metodología, Visualización, Escritura-borrador original.

Se declara la contribución de cada autor en la concepción, desarrollo y publicación.

Sobre los autores:

Xóchitl Patricia Flores Gutiérrez: Docente de tiempo completo en el Tecnológico Nacional de México campus Guasave, Maestra en Logística y Cadena de Suministros por el Instituto Estudios Universitarios de Puebla e Ingeniera Industrial egresada del Instituto Tecnológico de Culiacán. Además, es Perfil Deseable PRODEP, miembro activo de: SSIT (Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos) y RED-C (Red de Estatal de Divulgadores de la Ciencia y la Tecnología en Sinaloa). Correo electrónico: xochitl.fg@guasave.tecnm.mx y código orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6468-3865>.

Yuridia Belén Cota Pardini: Docente de tiempo completo en el Tecnológico Nacional de México campus Guasave, Maestra en Ingeniería Administrativa por el Instituto Estudios Universitarios de Puebla e Ingeniera Industrial egresada del Instituto Tecnológico de Los Mochis. Además, es Perfil Deseable PRODEP, Investigadora Asistente por el Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos y funge como Divulgadora de Ciencia Asociada ante la Red Estatal de Divulgadores (RED-C). Correo electrónico: Yuridia.cp@guasave.tecnm.mx y código orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1962-9274>

Marcos Octavio Osuna Armenta: Docente de tiempo completo en el Tecnológico Nacional de México campus Guasave, Doctor en Educación por el Instituto Universitario Contemporáneo de Las Américas. Maestro en Administración Pública por el Instituto de Administración Pública de Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores y del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos. Correo electrónico: marcos.oa@guasave.tecnm.mx y código orcid: <https://orcid.org/0009-0006-2194-378X>

Idania Nathaly López Cervantes: Ingeniera Industrial egresada del Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Su formación académica se orienta al desarrollo de habilidades para diseñar, implementar, administrar e innovar en sistemas de producción de bienes y servicios, con una visión integral y sustentable en un entorno global.

