

DOI: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1039>

Recibido: 2026-08-15

Aceptado: 2026-08-25

Publicado: 2026-09-15

Estudio de tiempos y balanceo de línea para el incremento de la productividad y la eficiencia operativa en la fabricación de mobiliario escolar

Time study and line balancing to increase productivity and operational efficiency in school furniture manufacturing

Autor(s)

Ángel Moisés Avemañay Morocho¹

Carrera de Ingeniería Industrial

aavemanaym@uteq.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-3233-9730>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

José David Barros Enríquez²

Carrera de Ingeniería Industrial

jbarros@uteq.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-2165-4065>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Danny Alexander Rivas Sierra³

Carrera de Ingeniería Industrial

drivas@uteq.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-1262-5115>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Milton Iván Villafuerte López⁴

Carrera de Ingeniería Industrial

mvillafuerte@uteq.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-2848-6877>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Jean Carlos Baque Macias⁵

Carrera de Ingeniería Industrial

jbaquem6@uteq.edu.ec<https://orcid.org/0009-0003-8451-5852>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo – Ecuador

Como Citar

Avemañay Morocho, Ángel M., Barros Enríquez, J. D., Rivas Sierra, D. A., Villafuerte López, M. I., & Baque Macias, J. C. (2026). Estudio de tiempos y balanceo de línea para el incremento de la productividad y la eficiencia operativa en la fabricación de mobiliario escolar. *ASCE MAGAZINE*, 5(3), 2896–2912.
<https://doi.org/10.70577/asce.v5i3.1039>



Resumen

El estudio se desarrolló en el Taller de Madera de PRODEUTEQ, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), con el objetivo de diseñar un plan de mejora del proceso de producción de mobiliario escolar mediante la ingeniería de métodos, el estudio de tiempos y el balanceo de línea. La investigación, de tipo aplicada, de campo y descriptiva con diseño no experimental, empleó la observación directa y el cronometraje con vuelta a cero como técnicas de recolección. En el diagnóstico inicial, el análisis ABC identificó a la línea de pupitres escolares como la de mayor impacto, al concentrar el 37.86 % de la demanda; dicha línea presentaba una eficiencia operativa del 74.50 %, un tiempo de ciclo de 21.54 minutos condicionado por un cuello de botella en la estructura metálica, un tiempo inactivo de 27.47 minutos y un cumplimiento de la demanda del 70.60 %. Se determinaron los tiempos estándar y se aplicó el método heurístico de Kilbridge y Wester para redistribuir las actividades en seis estaciones sincronizadas con un takt time de 15.60 minutos. Como resultado, la eficiencia se incrementó al 88.15 %, el tiempo inactivo se redujo a 10.79 minutos, la producción diaria pasó de 19 a 27 pupitres —cubriendo el 100 % de la demanda de 3 500 unidades en 130 días hábiles— y la productividad mejoró de 0.45 a 0.64 pupitres por hora-hombre. El análisis financiero arrojó una relación beneficio-costos de 27.88, que confirma la viabilidad técnica y económica de la propuesta.

Palabras clave: estudio de tiempos; balanceo de línea; eficiencia operativa; productividad; mobiliario escolar.



Abstract

This study was carried out at the PRODEUTEQ Wood Workshop, part of the State Technical University of Quevedo (UTEQ), with the objective of designing an improvement plan for the school furniture production process through methods engineering, time study, and line balancing. The research —applied, field, and descriptive, with a non-experimental design— used direct observation and zero-reset chronometry as data collection techniques. In the initial diagnosis, the ABC analysis identified the school desk line as the highest-impact one, concentrating 37.86 % of demand; this line showed an operational efficiency of 74.50 %, a cycle time of 21.54 minutes conditioned by a bottleneck in the metal structure, a total idle time of 27.47 minutes per cycle, and a demand fulfillment rate of 70.60 %. Standard times were determined, and the Kilbridge and Wester heuristic method was applied to redistribute activities into six workstations synchronized with a takt time of 15.60 minutes. As a result, efficiency increased to 88.15 %, idle time was reduced to 10.79 minutes, daily production rose from 19 to 27 desks —meeting 100 % of the demand for 3,500 units within 130 working days— and labor productivity improved from 0.45 to 0.64 desks per man-hour. The financial analysis yielded a benefit-cost ratio of 27.88, confirming the technical and economic feasibility of the proposal.

Keywords: time study; line balancing; operational efficiency; productivity; school furniture.

Introducción

En el panorama operativo actual, la eficiencia de los procesos productivos constituye un determinante crítico para la optimización de recursos, la reducción sistemática de desperdicios y el cumplimiento de los ritmos de demanda. Esta visión trasciende el enfoque tradicional, integrando dimensiones de sostenibilidad y gobernanza en la estrategia corporativa. La literatura especializada subraya que la gestión eficaz de procesos exige la interacción sincronizada de recursos humanos, materiales y tecnológicos, estableciendo un marco para el análisis del rendimiento en cada etapa y la implementación de acciones de mejora continua orientadas a la minimización de tiempos improductivos (Skoogh et al., 2023).

Dentro de la Ingeniería Industrial, el estudio de tiempos se ha consolidado como una de las técnicas más eficaces para la medición del trabajo. Según Teshome et al. (2024), esta técnica permite determinar el tiempo que requiere un operario calificado para ejecutar una tarea bajo condiciones normales, estableciendo tiempos estándar que sirven de base para planificar la producción, evaluar el desempeño operativo y detectar oportunidades de mejora. Complementariamente, el balanceo de líneas busca distribuir equitativamente la carga de trabajo entre las estaciones, disminuir los tiempos improductivos y elevar la eficiencia global del sistema (Çelik & Arslankaya, 2023; Karwasz et al., 2023).

El Taller de Madera de PRODEUTEQ, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, fabrica mobiliario escolar destinado a las aulas, laboratorios y oficinas de la institución. Sin embargo, su línea de producción de pupitres no contaba con la estandarización, lo que generaba una marcada desincronización entre las etapas del proceso: el desempeño de los operarios variaba de forma considerable, se acumulaba trabajo en proceso (WIP) y se formaba un cuello de botella en la fabricación de la estructura metálica y el espaldar. Estas condiciones limitaban la capacidad del sistema para atender mayores volúmenes de demanda sin incurrir en sobrecostos operativos. La ausencia de métodos de trabajo estandarizados no solo restringe la productividad, sino que dificulta la planificación y el control de la producción. Karwasz et al. (2023) señalan que la medición del trabajo constituye el punto de partida para racionalizar los métodos y aprovechar la capacidad instalada, mientras que la teoría de restricciones sostiene que la intervención del cuello de botella genera un efecto de mejora en cadena sobre todo el sistema productivo (Luiz et al., 2025).

En este contexto, resulta pertinente aplicar herramientas de ingeniería de métodos que permitan diagnosticar el proceso, estandarizar las operaciones y equilibrar la línea.

La evidencia reciente confirma la eficacia de estas herramientas en contextos productivos diversos. Avemañay Morocho et al. (2026) demostraron que el análisis de tiempos de ciclo y de la capacidad productiva permite optimizar procesos en la industria cárnica, mientras que Villafuerte López et al. (2026) redujeron la variabilidad de un proceso de rectificación de motores mediante la metodología Six Sigma. De manera complementaria, Barros Enríquez (2025) y Barros Enríquez et al. (2025) evidenciaron, mediante la simulación de modelos de colas, que el análisis cuantitativo del tiempo y de la capacidad es determinante para incrementar la eficiencia del servicio y de las operaciones. En el sector específico del mobiliario, Guzel y Shahbazzpour Asiabi (2022) y Luo y Xu (2023) confirmaron que los cuellos de botella de capacidad y la falta de estandarización limitan de forma directa el cumplimiento de la demanda en talleres de fabricación de muebles. Estos antecedentes respaldan la pertinencia de aplicar el estudio de tiempos y el balanceo de línea como estrategia para mejorar el desempeño del sistema productivo del Taller de la Madera de PRODEUTEQ (Costa et al., 2026).

Frente a esta problemática, la presente investigación propone un plan de mejora basado en la medición del trabajo y la ingeniería de métodos. A partir del cronometraje sistemático y de un posterior balanceo de líneas mediante el método heurístico de Kilbridge y Wester, se busca equilibrar la distribución de tareas, reducir las interrupciones del flujo de trabajo y fortalecer la eficiencia global del taller. El objetivo general fue diseñar un plan de mejora del proceso de producción de mobiliario escolar mediante un estudio de tiempos en el Taller de la Madera de PRODEUTEQ, para lo cual se plantearon tres objetivos específicos: diagnosticar el proceso de producción del mobiliario de mayor impacto; diseñar acciones de mejora basadas en el estudio de tiempos y el balanceo de línea para equilibrar la distribución de actividades; y determinar la viabilidad del plan mediante indicadores de gestión y el análisis beneficio-costos.

Material y métodos

Localización y enfoque

El estudio se realizó en el Taller de la Madera de PRODEUTEQ, ubicado en las instalaciones de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus La María, vía Quevedo–Mocache, provincia

de Los Ríos, Ecuador. La investigación fue de tipo aplicada, de campo, descriptiva y diagnóstica, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, dado que no se manipuló deliberadamente ninguna variable, sino que se observaron y midieron las operaciones tal como ocurren en condiciones normales de trabajo. Se emplearon los métodos de observación, analítico, inductivo, deductivo y cuantitativo para descomponer el proceso, identificar actividades críticas y sustentar técnicamente la propuesta.

Instrumentos y tratamiento de datos

Como fuentes primarias se utilizó la información obtenida directamente en el taller mediante una ficha de observación y cronometraje; como fuentes secundarias se revisaron libros, artículos científicos y tesis relacionadas con estudio de tiempos, ingeniería de métodos y balanceo de línea. Los instrumentos aplicados fueron la ficha de observación y cronometraje, el diagrama de análisis del proceso (DAP) y el diagrama de Ishikawa (Liu et al., 2021). Los datos se procesaron en Microsoft Excel, herramienta con la cual se tabularon los tiempos observados y se calcularon promedios, tiempos normales, tiempos estándar e indicadores de gestión, además de gráficos estadísticos y diagramas de Pareto que sirvieron de base para el diagnóstico.

Procedimiento del estudio de tiempos

El estudio de tiempos se ejecutó mediante cronometraje con vuelta a cero. El tamaño de muestra de cada subproceso se determinó con el método estadístico de la General Electric, con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error de ± 5 %, según la Ecuación 1:

$$n = \lceil 40 \cdot \sqrt{(n' \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2) / \Sigma x} \rceil \quad (1)$$

A partir de 10 observaciones preliminares por subproceso se obtuvieron tamaños de muestra de entre 11 y 15 observaciones. El ritmo de trabajo se valoró con el sistema Westinghouse (habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia) para obtener el factor de desempeño, y se aplicaron suplementos por descanso (entre 21 % y 27 %) para calcular el tiempo estándar de cada operación, según las expresiones: Tiempo normal = Tiempo promedio $\times$ Factor de desempeño; y Tiempo estándar = Tiempo normal $\times$ (1 + Suplementos) (Breznik et al., 2023).

Para el diagnóstico se elaboró un diagrama SIPOC, un análisis ABC de la demanda promedio de los últimos cinco años, diagramas DAP y DOP de los productos de clase A y una matriz de priorización ponderada (lead time, complejidad operativa, distancia recorrida y tiempo sin valor

agregado) que permitió seleccionar el producto crítico. El diseño de la mejora partió del cálculo del número mínimo teórico de estaciones ($N = \Sigma Ti / \text{takt time}$) y de la redistribución de actividades con el método heurístico de Kilbridge y Wester, respetando el diagrama de precedencia. Finalmente, la viabilidad se evaluó comparando los indicadores de gestión (tiempo de ciclo, producción diaria, eficiencia de línea, tiempo inactivo, cumplimiento de la demanda y productividad) y mediante la relación beneficio-costos ($RBC = \text{Beneficio} / \text{Costo}$) (Alrawi, 2023).

Resultados

Diagnóstico del proceso y selección del producto crítico

El análisis ABC, basado en la demanda promedio de los últimos cinco años, evidenció que el pupitre y la silla universitaria concentran el 70.22 % de la demanda (clasificación A). El pupitre, con el 37.86 % de participación, se identificó como el producto de mayor impacto operativo (Tabla 1).

Tabla 1

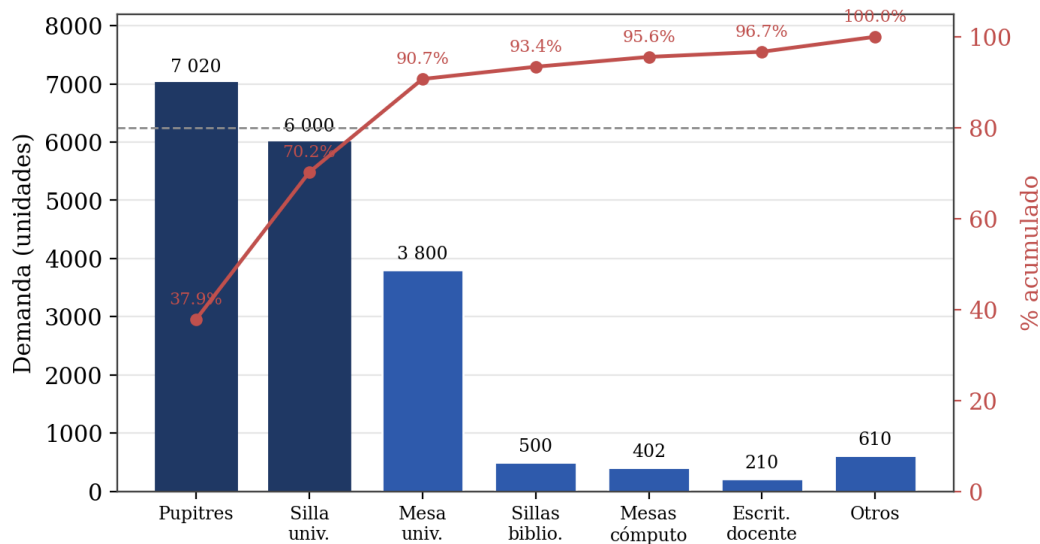
Clasificación de los principales productos mediante el análisis ABC de la demanda promedio (2021–2025)

Producto	Demanda	% Frecuencia relativa	Clasificación
Pupitres	7 020	37.86 %	A
Silla universitaria	6 000	32.36 %	A
Mesa universitaria	3 800	20.49 %	B
Sillas de biblioteca	500	2.70 %	C
Mesas de cómputo	402	2.17 %	C
Escritorio de docente	210	1.13 %	C
Otros productos (5)	610	3.65 %	C

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo (Baque, 2026).

Figura 1

Diagrama de Pareto de la demanda promedio por producto (2021–2025)



Nota. Las barras representan la demanda de cada producto y la línea el porcentaje acumulado; el pupitre y la silla universitaria (barras oscuras) concentran el 70.22 % de la demanda.

La comparación de los diagramas de análisis del proceso (DAP) confirmó la mayor complejidad del pupitre, con un tiempo total de 77.17 minutos y 115.32 m recorridos, frente a los 61.12 minutos y 93.02 m de la silla universitaria. La matriz de priorización ponderada asignó al pupitre la máxima puntuación (5 sobre 5) en todos los criterios, por lo que fue seleccionado como objeto de estudio. Su proceso se compone de 49 operaciones y 4 inspecciones distribuidas en cinco subprocesos: tablero de melamina, espaldar, asiento, estructura metálica y ensamble.

Estudio de tiempos y tiempos estándar

El estudio de tiempos determinó un tiempo estándar total de 80.23 minutos por pupitre, ejecutado por seis operarios distribuidos en cinco subprocesos. El subproceso de la estructura metálica, con 21.54 minutos, resultó ser el de mayor duración y se identificó como el cuello de botella del sistema (Tabla 2).

Tabla 2*Resumen de los tiempos estándar y número de operarios por subproceso*

N.º operarios	Subproceso	Tiempo estándar (min)
1	Tablero de melamina o “Pipa”	9.87
1	Espaldar	20.43
1	Asiento	17.62
2	Estructura metálica	21.54
1	Ensamble	10.77
6	Total	80.23

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo (Baque, 2026).

Con una demanda institucional de 3 500 pupitres a cubrir en 130 días hábiles (54 600 minutos disponibles), el takt time requerido fue de 15.60 minutos/pupitre y la producción requerida de 27 pupitres/día. Sin embargo, condicionada por el cuello de botella, la producción diaria real era de 19 pupitres, con un tiempo de ciclo de 21.54 minutos, una eficiencia de línea del 74.50 %, un tiempo inactivo de 27.47 minutos por ciclo, un cumplimiento de la demanda del 70.60 % y una productividad de 0.45 pupitres por hora-hombre.

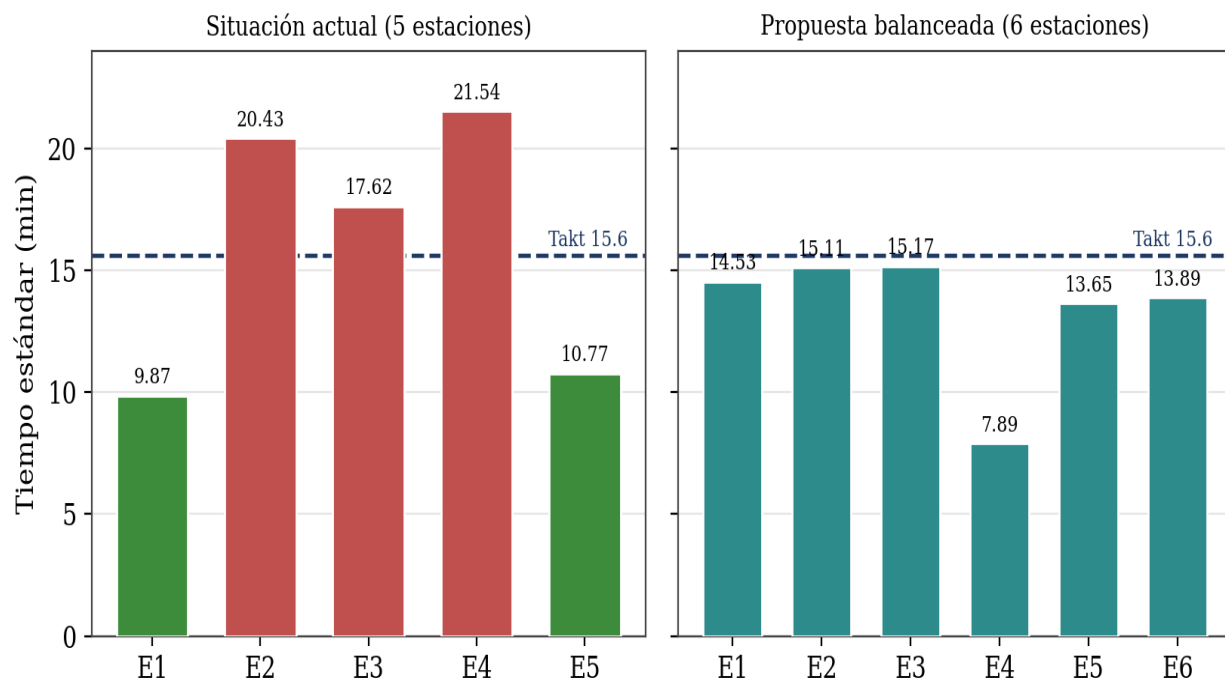
Propuesta de mejora: balanceo de línea

El número mínimo teórico de estaciones se calculó en $N = 80.23 / 15.60 = 5.14 \approx 6$ estaciones. Mediante el método heurístico de Kilbridge y Wester, las actividades se redistribuyeron en seis estaciones respetando las relaciones de precedencia y el takt time (Tabla 3). El cuello de botella de la estructura metálica se resolvió dividiendo el trabajo —antes ejecutado conjuntamente por dos operarios sobre una misma pieza— en dos etapas secuenciales e independientes (estaciones 4 y 5).

Tabla 3
Asignación de tareas a las estaciones de trabajo mediante el método de Kilbridge y Wester

Estación	Tareas asignadas	Tiempo (min)
1	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L	14.53
2	M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W	15.11
3	Y, Z, AA–AM	15.17
4	AP, AQ, AR	7.89
5	AS, AT, AU	13.65
6	X, AN, AO, AV, AW, AX, AY, AZ, BA	13.89

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo (Baque, 2026).

Figura 2
Tiempo estándar por estación frente al takt time: situación actual y propuesta balanceada


Nota. En la situación actual, tres estaciones (barras rojas) superan el takt time de 15.60 min; en la propuesta, las seis estaciones quedan por debajo de dicho ritmo, evidenciando un balance más uniforme.

Con esta reorganización, el tiempo de ciclo efectivo quedó determinado por la estación de mayor carga ($E3 = 15.17$ minutos), valor inferior al takt time. Todas las estaciones quedaron por debajo del ritmo objetivo, evidenciando un balance más uniforme de la línea. La implementación se acompañó de un cronograma de socialización y capacitación de 7 horas para los seis operarios, orientado a estandarizar los nuevos puntos de entrega entre estaciones (Matope et al., 2022).

Comparación de indicadores de gestión

La Tabla 4 contrasta los indicadores de la situación actual con los de la propuesta. El tiempo de ciclo se redujo de 21.54 a 15.17 minutos, la eficiencia aumentó del 74.50 % al 88.15 %, el tiempo inactivo disminuyó de 27.47 a 10.79 minutos, la producción diaria pasó de 19 a 27 pupitres —alcanzando el 100 % de cumplimiento de la demanda— y la productividad mejoró de 0.45 a 0.64 pupitres por hora-hombre, sin incorporar operarios ni maquinaria adicional (Sabila et al., 2025).

Tabla 4

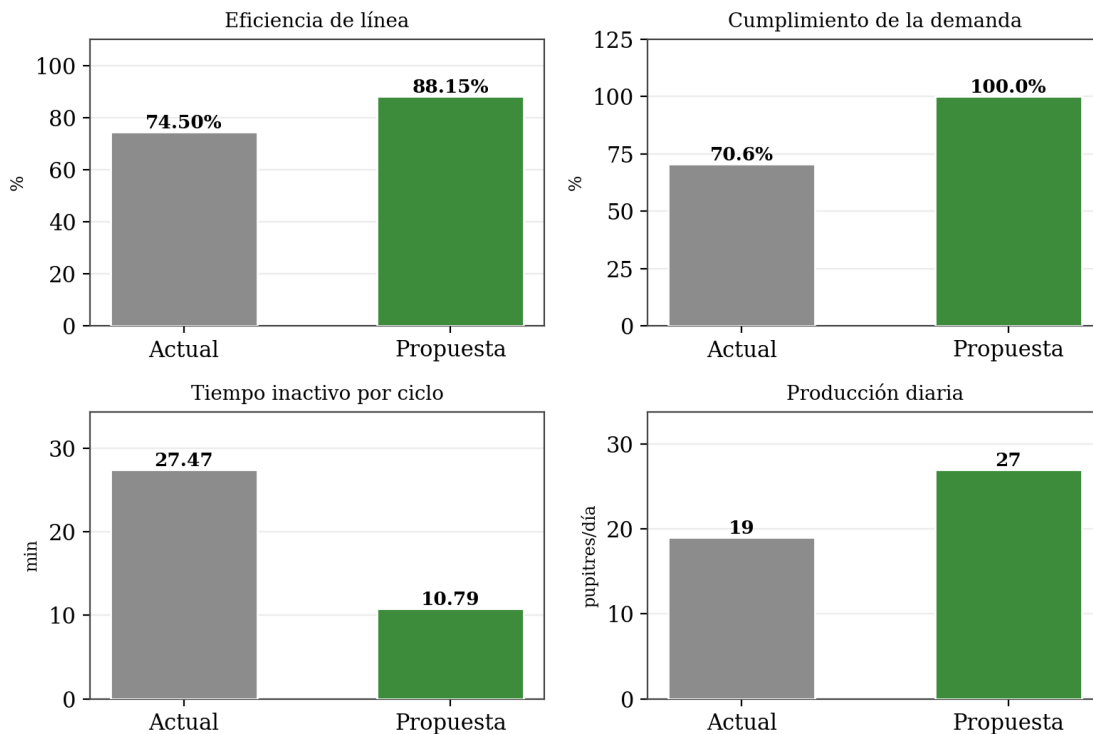
Comparación de los indicadores de gestión entre la situación actual y la propuesta

Indicador de gestión	Actual	Propuesta	Variación
Tiempo de ciclo (min)	21.54	15.17	↓ 6.37
Producción diaria (pupitres/día)	19	27	↑ 8
Eficiencia de la línea (%)	74.50	88.15	↑ 13.65
Tiempo inactivo (min)	27.47	10.79	↓ 16.68
Cumplimiento de la demanda (%)	70.60	100	↑ 29.40
Productividad (pupitres/H-H)	0.45	0.64	↑ 0.19

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo (Baque, 2026).

Figura 3

Comparación de los principales indicadores de gestión: situación actual frente a la propuesta



Nota. La propuesta incrementa la eficiencia y el cumplimiento de la demanda y reduce el tiempo inactivo, elevando la producción diaria de 19 a 27 pupitres.

Viabilidad económica

La implementación no requiere maquinaria ni personal adicional; la inversión se concentró en la socialización, manuales, plantillas de corte y señalización de estaciones, con un costo total de 282.42 USD. El mejor aprovechamiento de la mano de obra redujo el costo unitario de mano de obra directa de 7.60 a 5.35 USD por pupitre —un ahorro de 2.25 USD por unidad— y el costo total de fabricación de 48.78 a 46.53 USD por pupitre. Considerando una producción anual de 3 500 unidades, el beneficio económico estimado asciende a 7 875 USD (Tabla 5).

Tabla 5

Análisis beneficio-costo de la propuesta

Concepto	Valor	Unidad
Costo de implementación	282.42	USD
Ahorro unitario	2.25	USD/pupitre

Concepto	Valor	Unidad
Producción anual	3 500	pupitres
Beneficio económico	7 875	USD
Relación beneficio-costo (RBC)	27.88	—

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo (Baque, 2026).

La relación beneficio-costo alcanzó un valor de 27.88, es decir, por cada dólar invertido se obtiene un retorno estimado de 27.88 USD, lo que respalda ampliamente la conveniencia económica del balanceo de línea.

Discusión

Los resultados determinaron que la línea de pupitres concentra el mayor impacto operativo, funcionando inicialmente con una eficiencia del 74.50 %, un tiempo inactivo de 27.47 minutos y un cuello de botella en la estructura metálica que limitaba el cumplimiento de la demanda al 70.60 %. Este hallazgo coincide con Guzel y Shahbazpour Asiabi (2022), quienes también emplearon el análisis ABC para aislar la línea de mayor impacto y concentrar en ella las herramientas de ingeniería. Asimismo, la presencia de desequilibrios que provocan retrasos productivos reafirma lo reportado por Luo y Xu (2023), quienes demostraron que los cuellos de botella de capacidad en etapas críticas de la manufactura de mobiliario restringen severamente el flujo y generan acumulación de trabajo en proceso.

Respecto al diseño de las acciones de mejora, la aplicación del método heurístico de Kilbridge y Wester elevó la eficiencia al 88.15 %, redujo el tiempo inactivo a 10.79 minutos e incrementó el ritmo a 27 unidades diarias. Estos resultados son comparables con los de Karwasz et al. (2023) y de Ramasu y Kanakana-Katumba (2025), quienes mediante la redistribución de tareas y la eliminación de tiempos muertos incrementaron la eficiencia operativa en una planta de producción de muebles. La capacidad de cubrir el 100 % de la demanda sin recurrir a horas extras ni a contratación adicional concuerda con Ewnetu y Gzate (2023) y con Teshome et al. (2024), cuyo rediseño y balanceo de línea mediante trabajo-estudio elevó de forma sostenida el cumplimiento de la producción objetivo, confirmando que el balanceo de línea es un factor decisivo para mejorar el flujo de operaciones (Boysen et al., 2021).

En cuanto a la viabilidad, la redistribución de tareas redujo el costo unitario de mano de obra de 7.60 a 5.35 USD, con un ahorro de 2.25 USD por pupitre y un beneficio total de 7 875 USD. La relación beneficio-costo resultante (27.88) evidencia un retorno ampliamente favorable en comparación con los costos de implementación, los cuales se mantuvieron en apenas 282.42 USD destinados a la socialización de método, herramientas visuales y capacitación del personal. Este resultado es consistente con lo reportado por Guzel y Shahbazpour Asiabi (2022) y Karwasz et al. (2023), quienes en fábricas de mobiliario documentaron mejoras significativas de productividad y retornos económicos favorables tras la implementación de mejoras en los métodos de trabajo y la optimización del flujo productivo. La ingeniería de métodos, aplicada al rediseño del factor humano y del tiempo, produjo así un retorno financiero mayor con una inversión mínima, sin necesidad de movilizar físicamente la planta ni adquirir maquinaria adicional.

Como aspecto no resuelto, la propuesta se validó a nivel de diseño mediante simulacros y proyecciones de indicadores, por lo que su comprobación empírica bajo operación continua constituye una línea de trabajo futura. En términos prácticos, los hallazgos son transferibles a otros talleres de manufactura por lotes que operen sin tiempos estándar, y refuerzan el principio de la teoría de restricciones según el cual intervenir el cuello de botella genera un efecto de mejora en cadena sobre todo el sistema.

Conclusiones

El diagnóstico determinó que la línea de fabricación de pupitres concentra la mayor demanda del taller y que su desempeño estaba limitado por el cuello de botella ubicado en la elaboración de la estructura metálica. En la situación inicial, la línea operaba con un tiempo de ciclo de 21.54 minutos, una producción de 19 pupitres diarios, una eficiencia del 74.50 %, un tiempo inactivo de 27.47 minutos, un cumplimiento de la demanda del 70.60 % y una productividad de 0.45 pupitres/H-H, valores que evidenciaban tiempos improductivos y un marcado desbalance en la distribución de la carga de trabajo.

El diseño de la propuesta, basado en el estudio de tiempos y en el balanceo de línea mediante el método de Kilbridge y Wester, permitió redistribuir las actividades en seis estaciones sin exceder el takt time de 15.60 minutos. Con esta reorganización, el tiempo de ciclo se redujo a 15.17 minutos



y el tiempo inactivo a 10.79 minutos; la eficiencia aumentó al 88.15 %, la productividad a 0.64 pupitres/H-H y la producción a 27 pupitres diarios, cubriendo el 100 % de la demanda sin incorporar operarios ni maquinaria adicional.

La evaluación confirmó que la propuesta es factible técnica y económicamente. Su puesta en marcha requiere 282.42 USD destinados a socialización, manuales, plantillas y señalización. Al aprovechar mejor la mano de obra, el costo unitario descendió de 7.60 a 5.35 USD por pupitre — un ahorro de 2.25 USD por unidad y un beneficio estimado de 7 875 USD—, con una relación beneficio-coste de 27.88. Se recomienda capacitar periódicamente al personal, evaluar de forma continua los indicadores de desempeño y complementar la propuesta con herramientas de mejora continua como Lean Manufacturing, 5S y simulación de procesos.

Referencias bibliográficas

- Alrawi, MA (2023). Proponer un nuevo método para resolver el problema de cuello de botella de equilibrio de línea en la línea de modelo único. *Investigación abierta esmeralda*, 5, 8. <https://doi.org/10.35241/emeraldopenres.14983.1>
- Breznik, M., Buchmeister, B., y Herzog, N. V. (2023). Optimización de líneas de montaje mediante el estándar de tiempos MTM y modelos de simulación: un estudio de caso. *Applied Sciences*, 13(10), 6265. <https://doi.org/10.3390/app13106265>
- Boysen, N., Schulze, P. y Scholl, A. (2021). Equilibrado de líneas de montaje: ¿qué ha sucedido en los últimos quince años? *European Journal Of Operational Research*, 301(3), 797-814. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.11.043>
- Çelik, M. T., & Arslankaya, S. (2023). Resolución del problema de equilibrado de líneas de montaje mediante el método de peso posicional por rango y el método heurístico de Kilbridge y Wester: una aplicación en la industria del cable. *Journal of Engineering Research*, 11(3), 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100082>
- Costa, A. B., Pimentel, C., Matias, J. C. O., & Gomes, R. (2026). Equilibrado de estaciones de trabajo para el montaje de sofás: integración de un enfoque de optimización para la industria del mueble. *Mathematics*, 14(15), 2749. <https://doi.org/10.3390/math14152749>



- Ewnetu, M., y Gzate, Y. (2023). Mejora de la productividad de las operaciones de ensamblaje en la industria de la confección mediante la integración de Lean y el estudio del trabajo: un estudio de caso en Bahir Dar Textile Share Company (sección de confección), Bahir Dar, Etiopía. *Heliyon*, 9(7), e17917. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17917>
- Guzel, D., & Shahbazpour Asiabi, A. (2022). Aumento de la productividad de una fábrica de muebles mediante técnicas de manufactura esbelta (estudio de caso). *Tehnički Glasnik*, 16(1), 82–92. <https://doi.org/10.31803/tg-20211010121240>
- Karwasz, A., Rewers, P., Chrzanowska, A., & Chwacińska, N. (2023). Aumento de la eficiencia en la producción de muebles: estudio de caso. *Management and Production Engineering Review*, 14(3), 75–81. <https://doi.org/10.24425/mper.2023.147191>
- Luo, Y. y Xu, W. (2023). Optimización del retrabajo de placas de muebles panelados basado en fabricación inteligente. *BioResources*, 18(3), 5198–5208.
- Liu, X., Yang, X. y Lei, M. (2021). Optimización del problema de equilibrado de líneas de montaje de modelos mixtos bajo demanda incierta. *Journal Of Manufacturing Systems*, 59, 214–227. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.02.019>
- Matope, S., Chirinda, G. P. y Sarema, B. (2022). Mejora continua para el ahorro de costes en la industria automotriz. *Sustainability*, 14(22), 15319. <https://doi.org/10.3390/su142215319>
- Ramasu, T., & Kanakana-Katumba, M. (2025). Implementación de un enfoque de manufactura esbelta para mejorar la productividad en PYMES: un estudio de caso en una empresa de confección textil. *South African Journal of Industrial Engineering*, 36(4), 73–87. <https://doi.org/10.7166/36-4-3238>
- Skoogh, A., Thüerer, M., Subramaniam, M., Matta, A. y Roser, C. (2023). Detección de cuellos de botella en el rendimiento de fabricación: una revisión sistemática de la literatura sobre métodos y modalidades de operación. *Investigación de producción y fabricación*, 11(1), 2283031. <https://doi.org/10.1080/21693277.2023.2283031>
- Sabila, M. A., Nurkhalisa, F., Arini, N. I. y Prasetya, J. (2025). Equilibrio de línea Penerapan para Meningkatkan Kapasitas Produksi Furnitur Kayu. *publikasi.mercubuana.ac.id*. <https://doi.org/10.22441/pasti.2025.v19i3.008>



- Teshome, M. M., Meles, T. Y. y Yang, C.-L. (2024). Mejora de la productividad mediante el equilibrado de líneas de montaje utilizando modelos de simulación: el caso de la industria de confección Abay en Gondar. *Heliyon*, 10(1), e23585. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23585>
- Avemañay Morocho, Á. M., Toaquiza Aguagallo, N. C., Cabezas Morán, A. J., Villafuerte López, M. I., & Barros Enríquez, J. D. (2026). Análisis de tiempos de ciclo y capacidad productiva para la optimización de procesos en la industria cárnica. *ASCE Magazine*, 5(2), 26–45. <https://doi.org/10.70577/asce.v5i2.752>
- Barros Enríquez, J. D. (2025). Optimización y gestión del servicio al cliente: un estudio de caso en una empresa de telecomunicaciones mediante simulación de modelos de colas. *South African Journal of Industrial Engineering*, 36(4). <https://doi.org/10.7166/36-4-3192>
- Barros Enríquez, J. D., Villafuerte López, M. I., Avemañay Morocho, Á. M., Socasi Gualotuña, M. S., & Bustillos Molina, I. T. (2025). Mejorando la eficiencia del servicio al cliente en telecomunicaciones a través de la simulación de modelos de colas: Un estudio de caso cuantitativo. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 12, e3001. <https://doi.org/10.26495/pnbcse37>
- Luiz, J. V. R., Souza, F. B., & Luiz, O. R. (2025). Teoría de restricciones e Industria 4.0: Aportaciones mutuas y perspectivas de investigación. *Production*, 35, e20250032. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20250032>
- Villafuerte López, M. I., Bonilla Paredes, J. F., Avemañay Morocho, Á. M., & Barros Enríquez, J. D. (2026). Mejora basada en la metodología Six Sigma para la reducción de variabilidad en el área de blocks de la rectificadora de motores. *ASCE Magazine*, 5(1), 1854–1871. <https://doi.org/10.70577/asce.v5i1.674>

Conflicto de intereses

El autor declara que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y al Taller de la Madera de PRODEUTEQ por las facilidades brindadas para el desarrollo de la investigación.

Nota

El artículo es producto del Trabajo de Integración Curricular del autor y no corresponde a una publicación anterior.