https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/issue/archive

Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún

Publicación semestral, Vol. 14, No. Especial 4 (2026) 60-68

ISSN: 2007-784X

Optimización integral del proceso de soldadura en postes de góndolas en una empresa metalmecánica del sector ferroviario

Comprehensive optimization of the welding process for gondola poles in a metalworking company in the railway sector

Jorge A. Agis Soto [a], Adamari Martínez Domínguez [b], Rafael Granillo Macías [c]

Abstract:

This project aimed to optimize the welding process for gondola posts by identifying, analyzing, and eliminating man-hours per unit (HPUs) caused by downtime within the production area of a metalworking company in the railway sector. The methodology employed was a quantitative-applied approach, utilizing industrial engineering and continuous improvement tools such as time and motion studies, waste analysis (MUDA), layout evaluation, and process constraint analysis. The initial diagnosis revealed a bottleneck in the welding operation due to unnecessary movements, excessive travel distances, waiting times, and a lack of standardization, which prevented the company from meeting daily production demand. As a solution, a TS3 (Torch System 3) with a dual torch was implemented to perform semi-automated, single-point welding, along with a layout redesign to improve workflow and standardize the area. The results obtained showed a reduction in cycle time from 20–25 minutes to 15 minutes per pole, increasing the effectiveness of the process by approximately 37%, allowing the required demand to be met and reducing HPUs by optimizing the use of human resources within the workstation.

Keywords:

Process optimization, welding, lean manufacturing, productivity, continuous improvement.

Resumen:

El presente proyecto tuvo como objetivo optimizar el proceso de soldadura en postes de góndola mediante la identificación, análisis y eliminación de horas hombre por unidad (HPU's) ocasionadas por tiempos muertos dentro del área de producción de una empresa metalmecánica en el sector ferroviario. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo–aplicado, utilizando herramientas de ingeniería industrial y mejora continua como estudio de tiempos y movimientos, análisis de desperdicios (MUDA), evaluación de layout y análisis de restricciones del proceso. Durante el diagnóstico inicial se detectó un cuello de botella en la operación de soldadura debido a movimientos innecesarios, recorridos excesivos, tiempos de espera y falta de estandarización, lo que impedía cumplir la demanda diaria de producción. Como solución, se implementó un sistema TS3 (Torch System 3) con doble antorcha para realizar la soldadura de forma semiautomatizada en un solo punto, además de una redistribución del layout para mejorar el flujo operative y la estandarización del área. Los resultados obtenidos mostraron una reducción del tiempo de ciclo de 20–25 minutos a 15 minutos por poste, incrementando la efectividad del proceso en aproximadamente un 37%, permitiendo cumplir la demanda requerida y reduciendo las HPU's al optimizar el uso del recurso humano dentro de la estación de trabajo.

Palabras Clave:

Optimización de procesos, soldadura, lean manufacturing, productividad, mejora continua.

[a] Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Ciudad Sahagún | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, https://orcid.org/0009-0000-6409-2045 , Email: ag355291@uaeh.edu.mx

[b] Autor de correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Ciudad Sahagún | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, https://orcid.org/0009-0008-0723-2070 , Email: ma405635@uaeh.edu.mx

[c] Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Ciudad Sahagún | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, https://orcid.org/0000-0002-1015-667X , Email: rafaelgm@uaeh.edu.mx

Fecha de recepción: 06/07/2026, Fecha de aceptación: 10/08/2026, Fecha de publicación: 06/11/2026

DOI: https://doi.org/10.29057/escs.v14iEspecial4.18330

Introducción

Actualmente, las organizaciones manufactureras enfrentan el reto de incrementar su productividad sin comprometer la calidad de sus productos ni aumentar significativamente sus costos operativos. Para lograrlo, muchas empresas han adoptado filosofías de mejora continua como Lean Manufacturing (LM) y Kaizen, que buscan eliminar actividades que no agregan valor y optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles (Ferreira et al., 2023).

Dentro de los procesos de fabricación, las operaciones de soldadura constituyen una de las etapas más críticas debido a su impacto en la calidad del producto y en los tiempos de producción. Sin embargo, es común encontrar desperdicios relacionados con movimientos innecesarios, tiempos de espera, recorridos excesivos y falta de estandarización, factores que afectan directamente la eficiencia operativa y generan incrementos en las HPU's (Socconini, 2021).

El presente trabajo se desarrolló en el área de armado de postes para góndola de una empresa metalmecánica sector ferroviario, donde se detectó un cuello de botella en la operación de soldadura derivado de tiempos improductivos, recorridos excesivos y falta de estandarización en las actividades realizadas por los operadores. (Figura 1)

Ante esta situación, se planteó como objetivo optimizar el proceso de soldadura mediante la reducción de tiempos muertos, la eliminación de desperdicios operativos y la implementación de mejoras enfocadas en la redistribución del layout, automatización parcial de la operación y estandarización del proceso.



Figura 1. Área de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Estado del arte

La creciente competitividad de los mercados ha impulsado a las empresas manufactureras a adoptar metodologías que les permitan incrementar la productividad, reducir costos y mejorar la calidad de sus productos sin requerir grandes inversiones en infraestructura. En este contexto, LM se ha consolidado como una de las filosofías de gestión más influyentes en la ingeniería industrial, ya que promueve la identificación y eliminación sistemática de actividades que no generan valor para el cliente, optimizando el uso de los recursos disponibles y mejorando el flujo de producción. Esta filosofía tuvo su origen en el Sistema de Producción Toyota (Toyota Production System, TPS) y, posteriormente, fue adoptada por organizaciones manufactureras de distintos sectores debido a los beneficios obtenidos en términos de eficiencia operativa.

De acuerdo con Kumar et al. (2022), LM puede definirse como una metodología orientada a maximizar el valor del producto mediante la reducción continua de desperdicios en todas las etapas del proceso productivo. Los autores señalan que el principio fundamental de esta filosofía consiste en producir únicamente aquello que el cliente requiere, utilizando la menor cantidad posible de recursos, tiempo y esfuerzo, sin comprometer la calidad del producto final. Asimismo, destacan que la implementación de Lean favorece la reducción de los costos de fabricación, la disminución de los tiempos de ciclo y el incremento de la productividad en las organizaciones manufactureras.

LM no debe entenderse únicamente como un conjunto de herramientas aisladas, sino como una estrategia integral de gestión orientada a la mejora continua. En su revisión de la literatura, los autores explican que herramientas como 5S, Kaizen, Value Stream Mapping (VSM), Kanban, Poka-Yoke y SMED permiten reducir las actividades sin valor agregado, optimizar el uso de los recursos y aumentar la capacidad de respuesta de las organizaciones frente a las demandas del mercado. Además, enfatizan que la aplicación conjunta de estas herramientas genera mejoras sostenibles en la productividad y el desempeño operativo. (Deshmukh et al, 2022)

Uno de los principios fundamentales de LM consiste en eliminar todas las actividades que consumen recursos sin aportar valor al producto final. Estas actividades, conocidas como desperdicios o MUDA, representan pérdidas de tiempo, materiales, energía y esfuerzo humano que afectan directamente la eficiencia del sistema productivo. Diversas investigaciones coinciden en que la identificación temprana de estos desperdicios permite

reducir los tiempos improductivos, optimizar el flujo de materiales y mejorar el aprovechamiento de la capacidad instalada, especialmente en industrias donde predominan procesos repetitivos como la soldadura, el maquinado y el ensamble metálico.

La evidencia científica demuestra que, la implementación de LM genera resultados positivos en distintos sectores industriales. Tras revisar múltiples aplicaciones en empresas manufactureras, se observa que la adopción de herramientas Lean contribuye a reducir los tiempos de espera, disminuir los inventarios innecesarios, incrementar la calidad de los productos y mejorar el cumplimiento de los programas de producción. Estos beneficios se reflejan en incrementos de productividad y competitividad, especialmente cuando la metodología se implementa como parte de una estrategia de mejora continua y no como una intervención aislada. (Palange y Dhatrak, 2021)

En empresas metalmecánicas, donde los procesos de fabricación incluyen operaciones como el corte, el maquinado, la soldadura y el ensamble, LM ha demostrado ser una metodología particularmente efectiva para reducir los tiempos muertos y optimizar el flujo de trabajo. La literatura señala que la combinación de herramientas Lean con estudios de tiempos y movimientos, la redistribución del layout y la estandarización de operaciones permite disminuir los recorridos innecesarios, reducir los cuellos de botella y mejorar la utilización del recurso humano. Estos resultados respaldan la aplicación de esta filosofía en procesos de soldadura, donde la presencia de movimientos repetitivos, tiempos de preparación y actividades manuales incrementan el tiempo total de fabricación.

En este sentido, la presente investigación adopta los principios de LM como fundamento para analizar el proceso de soldadura de postes de góndola en una empresa metalmecánica del sector ferroviario. La aplicación de esta filosofía permitió identificar actividades que no agregaban valor, detectar cuellos de botella y proponer mejoras enfocadas en la redistribución del área de trabajo y la automatización parcial del proceso, con el propósito de reducir las HPU´s e incrementar la productividad.

Dentro de la filosofía LM, el concepto de MUDA representa uno de los principios fundamentales para la mejora continua de los procesos productivos. El término proviene del japonés y significa desperdicio, haciendo referencia a todas aquellas actividades que consumen recursos, tiempo o esfuerzo sin aportar valor al producto o servicio desde la perspectiva del cliente. La identificación y eliminación de estos desperdicios constituyen la base para incrementar la eficiencia operativa, reducir costos y optimizar el flujo de producción.

De acuerdo con Kumar et al. (2022), la filosofía LM centra sus esfuerzos en minimizar el desperdicio durante todas las etapas del proceso productivo, buscando maximizar el valor generado para el cliente mediante un uso eficiente de los recursos. Los autores señalan que la reducción sistemática de actividades que no agregan valor permite disminuir tiempos de ciclo, mejorar la calidad del producto y aumentar la productividad de las organizaciones manufactureras.

Por su parte, Deshmukh et al. (2022) indican que el análisis de MUDA constituye una herramienta esencial para diagnosticar las causas de ineficiencia en los sistemas de producción.

Tradicionalmente, la literatura especializada clasifica el MUDA en siete tipos de desperdicio: sobreproducción, tiempos de espera, transporte innecesario, sobre procesamiento, exceso de inventario, movimientos innecesarios y defectos. En años recientes, algunos autores incorporan un octavo desperdicio, correspondiente al desaprovechamiento del talento y conocimiento del personal, debido a su impacto sobre la innovación y la mejora continua.

En la industria metalmecánica, los desperdicios más frecuentes se producen durante las operaciones de corte, maquinado, ensamble y soldadura. Entre ellos destacan los recorridos innecesarios de los operadores, tiempos de espera entre operaciones, movimientos repetitivos para manipular piezas, ajustes manuales constantes y retrabajos ocasionados por defectos de fabricación. Estas actividades incrementan el tiempo de ciclo, afectan la utilización de los recursos y repercuten directamente en indicadores como la productividad y las HPU´s.

En el contexto de la presente investigación, el análisis de MUDA permitió identificar diversos desperdicios en el proceso de soldadura de postes de góndola, principalmente tiempos de espera, movimientos innecesarios y recorridos excesivos, ocasionados por la configuración del área de trabajo y el método de soldadura empleado. La identificación de estas actividades constituyó el punto de partida para el rediseño del layout, la incorporación del sistema TS3 y la estandarización de la operación, lo que contribuyó a reducir el tiempo de ciclo y a incrementar la productividad del proceso.

El estudio de tiempos y movimientos continúa siendo una herramienta vigente en la era de la Industria 4.0, aunque actualmente se complementa con tecnologías digitales para obtener mediciones más precisas y facilitar el análisis de los procesos. (Sotsek, Vivan y De Oliveira, 2022)

Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, el estudio de tiempos no se limita a medir la duración de una operación. (Gamboa Cárdenas, A. M., 2025). Su finalidad es identificar las causas de la variabilidad en el desempeño de los operadores, establecer un método de trabajo estandarizado y determinar el tiempo requerido para que un trabajador calificado ejecute una tarea en condiciones normales de operación. Esto permite definir estándares de producción, balancear líneas de manufactura, planificar la capacidad instalada y evaluar objetivamente el desempeño de los procesos. (Caiche Orrala, J. A., 2026).

Por otra parte, el estudio de movimientos busca analizar detalladamente cada acción realizada por el operador durante la ejecución de una tarea, con el objetivo de eliminar movimientos innecesarios, reducir la fatiga física y mejorar la ergonomía del puesto de trabajo. La combinación del análisis de tiempos y movimientos permite optimizar simultáneamente la eficiencia operativa y las condiciones de trabajo, favoreciendo procesos más seguros, repetibles y productivos.

La evidencia científica demuestra que esta herramienta sigue siendo ampliamente utilizada para mejorar los procesos industriales. En una revisión de la literatura sobre su aplicación durante las últimas décadas, Ovalle-Castiblanco y Cárdenas-Aguirre (2016) concluyeron que el estudio de tiempos y movimientos constituye una técnica esencial para incrementar la productividad, ya que permite eliminar de forma sistemática las actividades que no agregan valor y establecer tiempos estándar para las operaciones. Además, identificaron que su aplicación ha evolucionado desde el uso tradicional del cronómetro hasta metodologías basadas en sistemas digitales, software especializado y técnicas avanzadas de análisis del trabajo.

En la presente investigación, el estudio de tiempos y movimientos fue una herramienta fundamental para evaluar el desempeño del proceso de soldadura de postes de góndola. A través de la observación directa y la medición de los tiempos de ejecución fue posible identificar diferencias entre operadores, movimientos repetitivos asociados al traslado del sistema de soldadura y tiempos de espera ocasionados por ajustes manuales de las piezas. Esta información permitió establecer un diagnóstico preciso del proceso y fundamentar la implementación de mejoras relacionadas con la redistribución del layout, la incorporación del sistema TS3 y la estandarización de las operaciones, logrando una reducción significativa del tiempo de ciclo y de las HPU´s.

La automatización parcial ha demostrado ser especialmente útil en operaciones repetitivas, donde la incorporación de dispositivos de sujeción, posicionadores o sistemas mecanizados permite disminuir movimientos innecesarios, reducir tiempos de preparación y mejorar la calidad de las uniones soldadas. Estas mejoras favorecen el incremento de la productividad y la estandarización de los procesos, aspectos fundamentales para cumplir con las exigencias de sectores como el ferroviario, donde la calidad y la repetibilidad de las soldaduras son factores críticos.

Como parte de la mejora, la implementación del sistema TS3 con doble antorcha constituyó una estrategia de automatización parcial que permitió realizar la operación de soldadura en un solo punto, eliminando recorridos innecesarios del equipo y reduciendo significativamente el tiempo de ciclo. Esta mejora, complementada con la redistribución del área de trabajo, contribuyó a disminuir las HPU´s y a incrementar la productividad del proceso de fabricación de postes para góndola.

Metodología

En este sentido, este proyecto se desarrolló con un enfoque cuantitativo aplicado, ya que se orientó a la medición, el análisis y la mejora de un proceso productivo real en una empresa metalmecánica del sector ferroviario. El diseño de la investigación fue no experimental y de corte transversal, ya que las variables fueron observadas y analizadas en su entorno natural sin manipular deliberadamente las condiciones del proceso, efectuando las mediciones durante un periodo específico de producción.

El estudio se llevó a cabo en el área de fabricación de postes para góndola, específicamente en la estación de soldadura, donde se identificó un cuello de botella que limitaba el cumplimiento de la demanda diaria. Para conocer el comportamiento del proceso, se realizó inicialmente un diagnóstico mediante observación directa, recorridos en planta y entrevistas con supervisores y operadores, permitiendo identificar las principales problemáticas relacionadas con tiempos muertos, movimientos innecesarios, recorridos excesivos y falta de estandarización en las operaciones.

Posteriormente, se efectuó un estudio de tiempos y movimientos mediante la técnica de cronometraje directo.

Se realizaron múltiples mediciones de los tiempos requeridos para ejecutar cada actividad del proceso de soldadura, desde la preparación del equipo hasta la finalización de la operación. Los datos obtenidos permitieron calcular el tiempo promedio por pieza e identificar diferencias entre operadores, así como actividades que no agregaban valor al proceso.

Con la información obtenida, se realizó un análisis basado en los principios de LM, empleando principalmente la identificación de desperdicios (MUDA) para clasificar las actividades que generaban pérdidas de productividad. Asimismo, se evaluó la distribución física del área de trabajo (layout), analizando los recorridos efectuados por los operadores, la ubicación de materiales, herramientas y equipos, con el propósito de detectar oportunidades de mejora en el flujo del proceso.

A partir del diagnóstico se diseñó e implementó una propuesta de mejora que contempló la redistribución del layout, la instalación de pisadores neumáticos para facilitar la sujeción de los postes, la incorporación de separadores para la organización del material (Figura 4), y la implementación de un sistema TS3 con doble antorcha, el cual permitió realizar la soldadura de forma semiautomatizada en un solo punto, reduciendo movimientos innecesarios y tiempos de preparación. (Figura 5)

Finalmente, se realizó una nueva medición de los tiempos de operación bajo las mismas condiciones que durante el diagnóstico inicial, con el propósito de comparar el desempeño del proceso antes y después de la implementación de las mejoras. Los resultados fueron analizados mediante la comparación de los tiempos de ciclo, la productividad del proceso y las HPU´s, permitiendo evaluar el impacto de las acciones implementadas sobre la eficiencia operativa de la estación de soldadura. (Figura 3)

Los estudios de tiempos permitieron identificar diferencias significativas entre los operadores. Se observó que la operación de resoldado requería movimientos repetitivos para trasladar el sistema de soldadura BUGO (mecanizado portátil) y realizar ajustes manuales constantes en la pieza, lo que generaba tiempos muertos y retrasos en la producción.

Como propuesta de mejora, se implementaron las siguientes acciones (Figura 2):

- Redistribución del layout del área de trabajo.
- Incorporación de pisadores neumáticos para la sujeción automática de postes.
- Instalación de separadores para la organización del material.
- Implementación de un sistema TS3 con doble antorcha para realizar la soldadura de forma semiautomatizada.

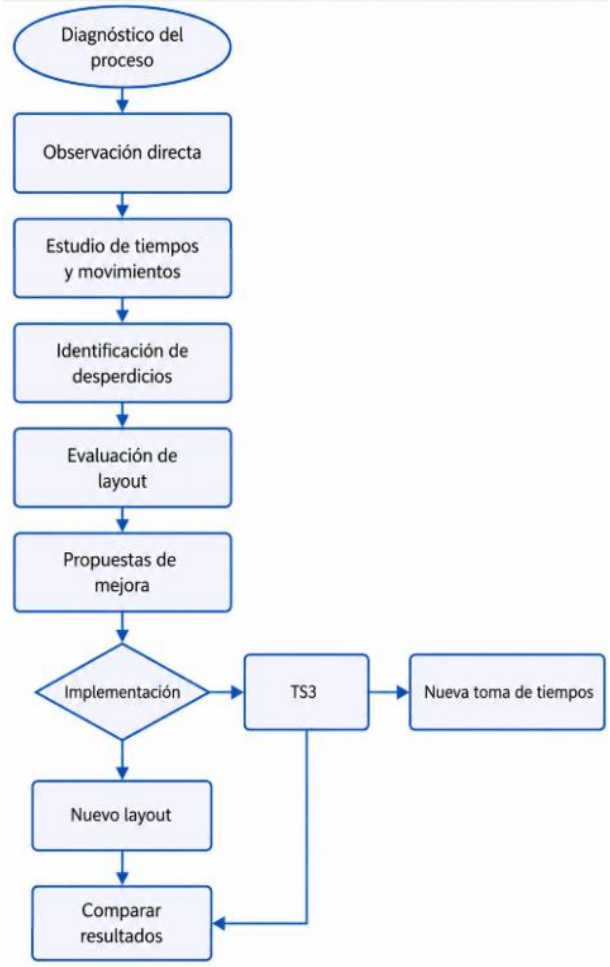


Figura 2. Diagrama de metodología. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Sistema TS-3. Fuente: Elaboración propia.

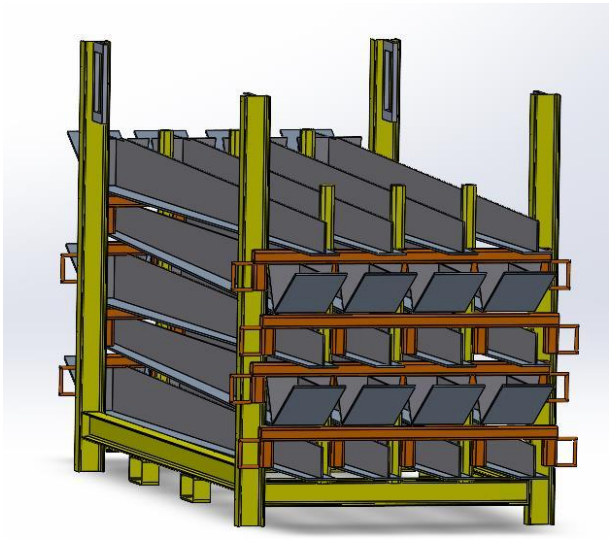


Figura 4. Separadores para organizar postes en rack. Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Pisadores neumáticos. Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos evidenciaron mejoras significativas en la eficiencia del proceso de soldadura. Durante el diagnóstico inicial se identificaron diversos desperdicios relacionados con movimientos innecesarios, tiempos de espera y recorridos excesivos, que afectaban directamente la productividad del área.

Se realizó un estudio de tiempos con un cronómetro para medir la duración de cada operación. Se realizaron múltiples mediciones por operador, obteniendo tiempos promedio que permitieron evaluar el desempeño individual de cada uno.

Este análisis permitió identificar variaciones significativas entre los operadores y detectar un cuello de botella en la operación de soldadura, que limitaba la capacidad productiva del sistema.

El estudio de tiempos mostró que los operadores encargados del resoldado presentaban diferencias significativas en los tiempos de ejecución. Mientras un operador realizaba la operación con un tiempo promedio de 24.15 minutos por pieza, otro alcanzaba hasta 30 minutos debido a la necesidad de sujetar manualmente los postes durante el proceso. (Tabla 1)

Tabla 1. Comparación de tiempos de los operadores previos a la implementación. Fuente: Elaboración propia.

Proceso	Área	Operador	Tiempo estándar por pieza
Soldado de postes	Metálico B	2	24.15 min
Soldado de postes	Metálico B	3	30 min

Se aplicaron principios de manufactura esbelta para identificar los desperdicios del proceso. Se detectaron principalmente: movimientos innecesarios, transporte excesivo y tiempos de espera.

Estos desperdicios estaban asociados a una distribución inadecuada del área de trabajo y a la falta de estandarización de las operaciones.

La redistribución del área de trabajo permitió reducir recorridos innecesarios y mejorar la interacción entre operadores y estaciones.

Antes de la mejora, los operadores realizaban desplazamientos continuos para acceder a herramientas, sujetar componentes y trasladar materiales. Después de la implementación, el nuevo layout permitió:

- Mayor cercanía entre estaciones.
- Mejor flujo de materiales.
- Reducción de movimientos innecesarios.
- Liberación de espacio operativo.
- Disminución de fatiga física.

El nuevo acomodo generó un entorno más organizado y eficiente, favoreciendo la continuidad del proceso.

Durante el análisis inicial se observó que los dos operadores dedicados a resoldar los postes realizaban recorridos constantes para manipular el sistema BUGO de un lado a otro de la mesa, a fin de continuar resoldando la pieza y transportar componentes, lo que generaba pérdidas importantes de tiempo productivo. El diagrama de hilos aplicado al proceso permitió identificar recorridos excesivos en el área, lo que evidenció desperdicios de transporte y movimiento, considerados entre los siete desperdicios del LM.

La implementación del nuevo layout permitió reducir los recorridos innecesarios y mejorar el flujo de materiales entre estaciones. Asimismo, la incorporación de pisadores neumáticos redujo considerablemente el tiempo dedicado a actividades de ajuste manual, lo que mejoró la estabilidad y la precisión durante la soldadura. (Tabla 2)

Sin embargo, la mejora con mayor impacto fue la implementación del sistema TS3. Esta tecnología permitió realizar la soldadura en un solo punto, eliminando el traslado constante del sistema BUGO y reduciendo significativamente las interrupciones del proceso. Como resultado, la operación de resoldado se redujo en aproximadamente 9 minutos, lo que incrementó la efectividad del proceso en un 37%.

Tabla 2. Comparación de tiempos del operador después de la implementación. Fuente: Elaboración propia.

Proceso	**Área**	**Operador**	**Tiempo estándar por pieza**
Soldado de postes	Metálico B	2	15.12 min

Adicionalmente, fue posible reducir la operación de tres colaboradores a dos, reasignando el recurso humano disponible a otras actividades productivas sin afectar la capacidad de producción.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Ferreira et al. (2023), quienes señalan que la eliminación de desperdicios y la incorporación de tecnologías de apoyo contribuyen de manera significativa al incremento de la productividad y la eficiencia operativa.

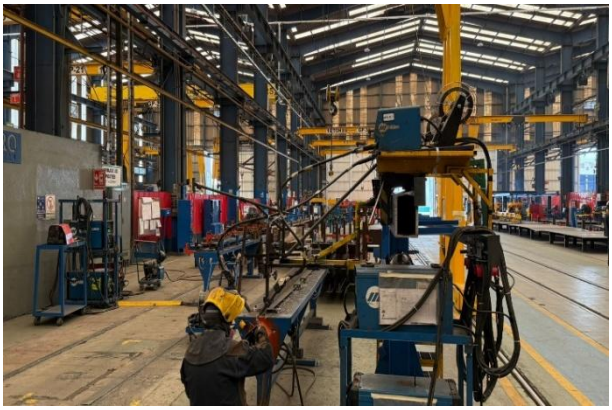


Figura 6. Área de trabajo tras la implementación. Fuente: Elaboración propia.

Además de la reducción obtenida en las HPU, los resultados evidencian que la integración de mejoras en el proceso permitió incrementar la estabilidad de la operación de soldadura al disminuir la variabilidad asociada a la ejecución manual de las actividades. La redistribución del área de trabajo y la implementación del sistema TS3 con doble antorcha redujeron los desplazamientos innecesarios del operador, lo que favoreció una secuencia de trabajo más continua y eficiente. (Figura 6)

Asimismo, durante la implementación de las mejoras se observó una disminución de tiempos improductivos asociados a la preparación de la operación y al posicionamiento del equipo de soldadura. Estos cambios contribuyeron a optimizar el flujo de materiales y a reducir actividades que no generaban valor dentro del proceso, lo que permitió aprovechar de manera más eficiente los recursos humanos y materiales disponibles.

Los resultados obtenidos demuestran que la combinación de herramientas de LM, estudios de tiempos y movimientos, la redistribución del layout y la automatización parcial constituye una estrategia integral para mejorar los procesos de manufactura en empresas metalmecánicas. La reducción del tiempo de ciclo obtenida permitió incrementar la capacidad productiva del área de soldadura sin requerir modificaciones significativas en la infraestructura existente, lo que representa una alternativa técnica y económicamente viable para la organización.

Asimismo, los hallazgos coinciden con la revisión de Deshmukh et al. (2022), en la que se concluye que la integración de diversas herramientas Lean produce mejores resultados que la aplicación aislada de una sola metodología. En este sentido, la mejora obtenida no fue

consecuencia únicamente de la automatización parcial del proceso de soldadura, sino del efecto conjunto de la redistribución del layout, el análisis de tiempos y movimientos, la eliminación de desperdicios y la estandarización del método de trabajo.

Es importante señalar que los resultados corresponden a un estudio desarrollado en una estación específica del proceso de fabricación; por lo tanto, su generalización a otras empresas deberá realizarse considerando las características propias de cada sistema productivo. No obstante, la metodología empleada puede adaptarse a procesos con condiciones similares, constituyendo una alternativa para incrementar la productividad mediante la eliminación de desperdicios y la mejora del flujo de trabajo.

Conclusiones

La aplicación de herramientas de mejora continua permitió optimizar significativamente el proceso de soldadura de postes de góndola. La identificación de desperdicios, el análisis de tiempos y movimientos y la implementación de mejoras tecnológicas permitieron reducir tiempos improductivos, eliminar cuellos de botella y mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles.

La implementación del sistema TS3 representó la mejora de mayor impacto, al reducir aproximadamente nueve minutos en la operación de resoldado e incrementar la efectividad del proceso en un 37%. Asimismo, la redistribución del layout y la incorporación de dispositivos neumáticos contribuyeron a mejorar el flujo operativo y disminuir la carga ergonómica de los operadores.

Los hallazgos obtenidos muestran que la combinación de principios LM y automatización parcial constituye una estrategia efectiva para incrementar la productividad, reducir las HPU's y fortalecer la competitividad de los procesos industriales.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la aplicación de herramientas de ingeniería industrial constituye una alternativa efectiva para optimizar los procesos de manufactura en empresas metalmecánicas, especialmente cuando se combinan metodologías de mejora continua con soluciones tecnológicas adaptadas a las necesidades específicas del proceso.

La implementación de mejoras no requirió una automatización total de la operación, sino la integración de cambios estratégicos en la distribución del área de trabajo, la estandarización de actividades y la incorporación de un sistema semiautomatizado, demostrando que es posible obtener incrementos importantes en la productividad mediante inversiones técnicamente justificadas.

Asimismo, la reducción de los tiempos de ciclo y de las HPU´s no solo permitió cumplir con la demanda de producción establecida por la empresa, sino que también contribuyó a optimizar el aprovechamiento del recurso humano, disminuir actividades que no agregaban valor y fortalecer la estabilidad del proceso de soldadura. Estas mejoras representan beneficios que pueden traducirse en una mayor competitividad organizacional al incrementar la capacidad de respuesta a las necesidades del cliente y al favorecer un uso más eficiente de los recursos disponibles.

La metodología desarrollada en esta investigación puede utilizarse como referencia para proyectos de mejora en otros procesos de manufactura que presenten problemas similares, como tiempos improductivos, movimientos innecesarios o cuellos de botella. En particular, su aplicación resulta de interés para empresas del sector metalmecánico y ferroviario, donde la optimización de operaciones de soldadura constituye un factor determinante para garantizar la productividad y la calidad de los productos fabricados.

Finalmente, como línea de trabajo futura, se recomienda evaluar la implementación de tecnologías asociadas a la Industria 4.0, como sistemas de monitoreo en tiempo real, análisis de datos de producción y automatización inteligente, con el propósito de fortalecer el control del proceso y continuar incrementando la eficiencia operativa. De igual manera, sería conveniente extender la metodología propuesta a otras estaciones de trabajo dentro del proceso de fabricación, con el fin de identificar nuevas oportunidades de mejora y consolidar una cultura de mejora continua en la organización.

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Referencias

Bravo Fernandez, J. A. (2023). Aplicación de herramientas Lean Manufacturing (5S, Andon y tiempo estándar) para el aumento de la productividad en el área de producción de una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, 26(1), 217-245. doi:https://doi.org/10.15381/idata.v26il.24580

Cheng, Y., Yu, R., Y, Z., S, C., & C, ,. W. (2021). Real-time sensung of gas metal arc welding process: A literature review and analysis. *Journal of Manufacturing Processes*, 70, 452-469. doi:https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.08.058

Chóez, C., A. M., &. T., & M., A. (2021). Medición de la productividad y 5S en una empresa de fabricación de estructuras metálicas. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 3(7), 39–48. doi:https://doi.org/10.53734/esci.vol3.id208

Deshmukh, M., Gangele, A., Gope, D. K., & Dewangan, S. (2022). Study and implementation of lean manufacturing strategies: A literature review. *Materials Today: Proceedings*, 62, 1489–1495. doi:https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.155

Ferreira, L. P., Ávila, P., Bastos, J., Silva, F., Sá, J. C., & Brito, M. (2023). Lean Manufacturing and Industry 4.0. *MDPI.* .

Gamboa Cárdenas, A. M. (2025). Implementación de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en una empresa del sector metalmecánico en Lima Norte. *Revista Científica Pakamuros.* doi:https://doi.org/10.37787/agw9sr71

García Rebolloso, M. E., Vega García, K., Rivas Cisneros, A. E., & Silva Rodríguez, E. (2024). Implementación de una estación de subensamble como una prospectiva de mejora continua. *Multidisciplinas de la Ingeniería.* doi:https://doi.org/10.29105/mdi.v13i21.331

Hernández Ledezma, I. L., Castillo Treviño, Z., Zapata Rebolloso, A., & Alcalá Salinas, C. A. (2024). Identificación y reducción de tiempos muertos como estrategia de productividad en la industria metal-mecánica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5). doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14726

Huang, Z., Jowers, C., Kent, D., & al., e. (2022). The implementation of Industry 4.0 in manufacturing: From lean manufacturing to product design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 121, 543–560. doi:https://doi.org/10.1007/s00170-022-09511-7

Jara, B., Calderon, S., & Avalos-Ortecho, E. M. (2023). Application of Lean Manufacturing to Increase Productivity of a Company in the Metalworking Sector. *En Industrial Engineering and Applications: Proceedings of the 10th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA 2023)*, (pp. 740-753). doi:IOS Press. https://doi.org/10.3233/ATDE230102

Khoshkonesh, A., Zhang, Y., & Li, B. (2025). Lean 5.0: A Predictive, Human-AI Paradigm. doi:https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.18651

Kumar, N., Hasan, S. S., Srivastava, K., Akhtar, R., Yadav, R. K., & Choubey, V. K. (2022). Lean manufacturing techniques and its implementation: A review. *Materials Today: Proceedings*, 64, 1188–1192. doi:https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481

Loza Rodríguez, J. C. (2023). Optimización de producción de piezas mecánicas aplicando estudio de tiempos y movimientos. . *Revista 3i Ingeniería, Innovación e Investigación*, 2(1), 15–31. doi: https://doi.org/10.70448/revista3i.v2i1.133

Ovalle-Castiblanco, A. M., Cárdenas-Aguirre, Ç. U., & Hasçalık, A. (2021). Recent developments in intelligent manufacturing systems for welding processes: A review. *Journal of Manufacturing Processes*, 64, 754–768. doi:https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.02.042

Palange, A., & Dhatrak, P. (2021). Lean manufacturing: A vital tool to enhance productivity in manufacturing. . *Materials Today: Proceedings*, 46, 729–736. doi:https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193

Pathak, V. K., & Singh, R. (2022). Study and implementation of lean manufacturing strategies: A literature review. . *Materials Today: Proceedings.*

Socconini, L. (2021). Lean Manufacturing Step by Step. . *Marge Books.*

Sotsek, N. C., Vivan, M. F., & De Oliveira, A. R. (2022). Time and motion study in the Industry 4.0 era: A systematic review of the literature. . *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, 17(3), 1–23. doi:https://doi.org/10.15675/gepros.v17i3.2879

Taboada, G. F. (2021). Lean Management Solutions for Contemporary Manufacturing Operations. *Bentham Science Publishers.*