

Diseño e implementación de máquina semiautomática para optimizar el proceso de soldadura mediante Lean Manufacturing

Design and Implementation of a Semi-Automated Machine to Optimize the Welding Process Using Lean Manufacturing

Jurado-Zamarripa, L.I.¹; Valdez-Díaz, J.M.¹ ✉, Martínez-Rodríguez, O.L.¹; Adame-Delgado, R.¹; Carrera-Barraza, B.²

Datos de Adscripción:

¹Jurado Zamarripa, Laura Isela
Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Ciudad Lerdo, Durango. México.
ROR ID: <https://ror.org/00davry38>
ROR ID: <https://ror.org/04bjtbt12>
laura.jz@itslerdo.edu.mx
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3302-4802>

¹✉ Valdez Díaz, José Manuel
Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Ciudad Lerdo, Durango. México.
ROR ID: <https://ror.org/00davry38>
ROR ID: <https://ror.org/04bjtbt12>
jose.vd@itslerdo.edu.mx
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1461-1783>

¹Martínez Rodríguez, Olga Lidia
Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Ciudad Lerdo, Durango. México.
ROR ID: <https://ror.org/00davry38>
ROR ID: <https://ror.org/04bjtbt12>
olga.mr@itslerdo.edu.mx
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5857-7857>

¹Adame Delgado, Raymundo
Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Ciudad Lerdo, Durango. México.
ROR ID: <https://ror.org/00davry38>
ROR ID: <https://ror.org/04bjtbt12>
raymundo.ad@itslerdo.edu.mx
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9248-6376>

²Carrera Barraza, Brenda
Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila. México.
ROR ID: <https://ror.org/04bjtbt12>
brenda.cb@torreon.tecnm.mx
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5533-9687>

Resumen - El presente estudio tuvo como objetivo diseñar y fabricar una máquina de punteo semiautomatizada para optimizar el proceso de soldadura por puntos en el área de producción de una empresa de manufactura de estantería, con la finalidad de reducir el tiempo de ciclo por pieza, mejorar la productividad del proceso y disminuir riesgos ergonómicos en los operadores. Para el desarrollo del proyecto se realizó un análisis del proceso actual, identificando un tiempo de ciclo elevado, posturas inadecuadas y movimientos innecesarios debido a la operación manual, lo cual impactaba en la eficiencia operativa del proceso. La metodología se basó en los principios de Lean Manufacturing mediante la aplicación de un estudio de tiempos, análisis de movimientos, reutilización de materiales y redistribución de componentes, así como la evaluación de las condiciones ergonómicas, permitiendo comparar el desempeño del proceso antes y después de la implementación de la nueva máquina de punteo. Los resultados mostraron una reducción del tiempo de ciclo de 73 a 57 segundos, equivalente a una mejora del 21.9%, lo que permitió incrementar la producción a 63 piezas por hora, además de una mejora en las condiciones

ergonómicas de los operadores, evidenciada en la disminución de posturas forzadas y movimientos innecesarios. Se concluye que el diseño e implementación de la máquina punteadora mejora la eficiencia del proceso productivo y demuestra que el rediseño de procesos y la aplicación de metodologías ergonómicas contribuyen al incremento de la productividad y a mejores condiciones de trabajo.

Palabras Clave: Ergonomía, Lean Manufacturing, Productividad, Soldadura por puntos, Tiempo de ciclo

Abstract - The objective of this study was to design and manufacture a semi-automated spot-welding machine to optimize the spot-welding process in the production area of a shelving manufacturing company, with the aim of reducing cycle time per part, improving process productivity, and reducing ergonomic risks for operators. To develop the project, an analysis of the existing process was conducted, identifying a high cycle time, awkward working postures, and unnecessary movements associated with manual operation, which negatively affected the operational efficiency of the process. The methodology was based on Lean Manufacturing principles through the application of time studies, motion analysis, material reuse, and component redistribution, together with an assessment of ergonomic working conditions. This approach enabled a comparison of process performance before and after the implementation of the new spot-welding machine. The results showed a reduction in cycle time from 73 to 57 seconds, representing a 21.9% improvement, which increased production output to 63 parts per hour. In addition, operators' ergonomic conditions improved, as evidenced by a reduction in awkward postures and unnecessary movements. It is concluded that the design and implementation of the semi-automated spot-welding machine improved the efficiency of the production process and demonstrated that process redesign and the application of ergonomic methodologies contribute to increased productivity and improved working conditions.

Keywords: Cycle time, Ergonomics, Lean Manufacturing, Productivity, Spot Welding

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, toda industria de manufactura se rige por una elevada competitividad y por conservar estándares altos de calidad; la optimización de los procesos productivos se ha convertido en una parte fundamental para mejorar la eficiencia operativa y fortalecer el desempeño de las organizaciones. La manufactura esbelta, también conocida como Lean Manufacturing, es un enfoque de gestión centrado en las mejoras incrementales en las operaciones. (Flores & Núñez, 2022).

Las empresas del sector metalmecánico, en particular, enfrentan el reto de mejorar su desempeño operativo a partir del uso eficiente de sus recursos, la reducción de tiempos improductivos y la mejora continua de sus métodos de trabajo. De acuerdo con Torres Unapanta, M. D. C. (2025). La aplicación de estas herramientas de Lean Manufacturing no solo impacta de forma positiva en la eficiencia operativa, sino que también fortalece el compromiso dentro de la organización con los procesos de mejora continua.

En este contexto, la incorporación de soluciones semiautomatizadas accesibles, combinadas con enfoques de mejora como Lean Manufacturing, representa una alternativa favorable para incrementar la productividad sin requerir inversiones excesivas, ya que la integración entre principios Lean, criterios ergonómicos y automatización parcial favorece simultáneamente la eficiencia operativa y las condiciones de trabajo del personal (Colim et al., 2021).

Uno de los procesos que suele presentar oportunidades de mejora en este tipo de industria es la soldadura por puntos, especialmente cuando se realiza de manera manual o con equipos que no han sido diseñados considerando criterios ergonómicos y de eficiencia operativa. En muchas ocasiones, estas operaciones dependen en gran medida de la habilidad del operador, lo que introduce variabilidad en los tiempos de ciclo, incrementa el esfuerzo físico y limita la capacidad de producción. Además, la repetitividad de los movimientos y las posturas adoptadas durante la ejecución del trabajo pueden generar fatiga, lo que no solo afecta el desempeño, sino también la seguridad y salud del trabajador. El método de evaluación ergonómica RULA se enfoca en identificar la exposición de los trabajadores a los factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos en las extremidades superiores relacionados con las operaciones que realizan (Guzmán, 2023).

A pesar de que existen soluciones automatizadas en el mercado, no siempre son accesibles para empresas pequeñas o medianas, ya sea por su costo o por la complejidad de su implementación. Esto ha llevado a que muchas organizaciones opten por adaptar o rediseñar sus equipos existentes; el rediseño puede incluir la optimización de los procesos de fabricación, la modernización de la maquinaria y la implementación de nuevas tecnologías, entre otras medidas (Céleri, 2023).

En palabras de Socconini (2019), el Lean Manufacturing, o producción esbelta, se define como el conjunto de procesos continuos y sistemáticos de identificación y eliminación de desperdicios que no agregan valor al sistema productivo.

De acuerdo con Anelo Curay, E.P. (2025), las herramientas Lean Manufacturing representan una alternativa viable para mejorar la productividad de una empresa, ya que facilitan la eliminación de actividades que no generan valor, promueven la eficiencia operativa y fomentan una cultura de mejora continua, contribuyendo así a la sostenibilidad y competitividad en el mercado. En este sentido, la aplicación de estos principios permite identificar aquellas actividades tales como movimientos innecesarios, tiempos de espera o esfuerzos redundantes.

En este sentido, una revisión sistemática de 63 investigaciones desarrolladas en sectores manufactureros de países desarrollados y en desarrollo confirmó que la implementación de Lean Manufacturing contribuye favorablemente al desempeño operativo, particularmente mediante la reducción de desperdicios, la mejora de los procesos y el aprovechamiento más eficiente de los recursos (Maware et al., 2022)

Sin embargo, es importante reconocer que la mejora del proceso no depende únicamente de eliminar desperdicios, sino también de considerarlos ante esta situación. Se planteó como objetivo el diseño e implementación de una máquina de punteo semiautomatizada que permitiera optimizar el proceso, reducir el tiempo de ciclo y mejorar las condiciones ergonómicas del operador. La propuesta se fundamenta en la integración de un sistema mecánico de desplazamiento controlado, que sustituye parte de la manipulación de las condiciones en las que el operador realiza su trabajo.

La ergonomía, en este punto, juega un papel fundamental. Un diseño de estación de trabajo adecuado puede reducir significativamente la carga física, mejorar la postura y facilitar la ejecución de las tareas. De acuerdo con Mejía Gracia et al. (2025), la ergonomía ha transitado de ser un concepto vinculado inicialmente a la administración de empresas a consolidarse como una disciplina científica estrechamente relacionada con la gestión del capital humano en las organizaciones. Su integración en los entornos laborales plantea cuestionamientos respecto a los efectos que puede generar en el desempeño del personal y en la productividad institucional.

El método RULA fue desarrollado en 1993 por McAtamney y Corlett, de la Universidad de Nottingham (Institute for Occupational Ergonomics), con el objetivo de evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que originan una elevada carga postural y que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo; para la evaluación del riesgo se consideran en el método la postura adoptada, la duración y frecuencia de ésta y las fuerzas ejercidas cuando se mantiene. (Diego-Mas, 2015).

Cuando se integran criterios ergonómicos en el diseño de maquinaria o herramientas, se logra no solo un beneficio para el

trabajador, sino también una mejora en la eficiencia del sistema. Esto se debe a que un operador en mejores condiciones puede mantener un ritmo de trabajo más constante y con menor probabilidad de error.

Valenciana et al. (2024) afirman que, desde esta perspectiva, la ergonomía deja de considerarse únicamente una medida preventiva y se convierte en un elemento estratégico para la mejora de los procesos productivos, debido a que la disminución de esfuerzos innecesarios y movimientos repetitivos repercute directamente en la productividad, la calidad y la estabilidad del proceso.

El presente estudio se desarrolla en una empresa dedicada a la fabricación de estantería metálica, donde el proceso de punteo representaba un área crítica debido a sus tiempos elevados y a las condiciones de operación del personal.

Para Lean Manufacturing, de acuerdo con Heuristic Solutions (2025), un estudio de movimientos exitoso va más allá del simple análisis de cómo se realizan las tareas: también aplica un conjunto de directrices comprobadas, conocidas como los principios de economía de movimientos. Estos principios constituyen la base del estudio de movimientos y garantizan que cada movimiento, la colocación de herramientas y la disposición del puesto de trabajo contribuyan a la máxima eficiencia con el mínimo esfuerzo.

A partir de un diagnóstico inicial, se identificaron diversas oportunidades de mejora relacionadas con la manipulación manual de las piezas, la repetitividad de los movimientos y la falta de un sistema que permitiera estandarizar la operación. Diversos estudios recientes señalan que las posturas forzadas, la repetitividad y la manipulación manual generan riesgos ergonómicos que impactan directamente en la productividad y en la generación de desperdicios operativos dentro de los sistemas Lean Manufacturing (Monarrez-Orona et al., 2025). Estas condiciones no solo afectan la productividad, sino que también generan un desgaste físico considerable en los operadores.

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo considerando tanto el análisis técnico del proceso como la evaluación de las condiciones de trabajo, lo que permitió generar una solución alineada con las necesidades reales del entorno productivo. A diferencia de otras propuestas más complejas, el enfoque adoptado busca ser funcional y adaptable, priorizando la mejora del desempeño sin comprometer la viabilidad de implementación.

Finalmente, este trabajo no solo pretende mostrar los resultados obtenidos en términos de reducción de tiempos y aumento de la productividad, sino también evidenciar la importancia de integrar diferentes enfoques en la solución de problemas industriales. La combinación de principios de manufactura esbelta, análisis ergonómico y rediseño mecánico demuestra que es posible generar mejoras significativas a partir de intervenciones bien orientadas, incluso en contextos donde los recursos son limitados.

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

Dentro de este apartado se describe el desarrollo e implementación de una propuesta de mejora en el proceso de punteo de fabricación de estanterías, en una empresa del ramo metalmeccánico, mediante el rediseño de una máquina orientada a reducir tiempos de operación, mejorar la ergonomía y optimizar la productividad, considerando análisis de tiempos, diseño de estación de trabajo y aprovechamiento de materiales reutilizados.

Se llevaron a cabo 30 mediciones considerando este tamaño de muestra representativo del tiempo de ciclo de la operación en condiciones normales, correspondiente a la fabricación de la pieza (lámina), con operadores de eficiencia promedio. Registrando el periodo total requerido desde que inicia la operación hasta que finaliza la operación del punteo. Derivado de estas mediciones, se determinó que el llenado de la plantilla, la cual corresponde a la colocación manual de las varillas en su posición antes del punteo, requería un tiempo promedio de 15 segundos.

En cuanto al tiempo del proceso de punteo y extracción de la pieza terminada, requería 58 segundos, obteniendo un tiempo total de ciclo de 73 segundos por unidad producida, generando retrasos en las entregas al cliente, presentando bajo rendimiento por fatiga laboral, derivado de actividades prolongadas y repetitivas. Aspectos que son significativos para la satisfacción del cliente y disminuyen la competitividad de la empresa, lo que sugiere la existencia de actividades que no agregan valor al proceso.

Se realizó un análisis ergonómico mediante el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment), el cual permite evaluar el riesgo postural en extremidades superiores, considerando factores como postura, fuerza, repetitividad y carga estática, generando una puntuación que indica el nivel de intervención requerido. Enfocado en las posturas y movimientos repetitivos y prolongados adoptados por el operador durante la realización de las tareas.

En este método se observan los ciclos de trabajo, se seleccionan las posturas más forzadas o frecuentes, se asignan puntuaciones numéricas a los ángulos de cada parte del cuerpo y se calculan puntuaciones finales que indican el nivel de riesgo.

Como referencia para realizar la evaluación, podemos observar la Figura 1; esta representa las posturas que el operador debe adoptar para poder realizar el proceso actual de punteo que es con la máquina antigua.

Las posturas forzadas y movimientos repetitivos afectan la eficiencia del proceso. En la Tabla 1 se observan los elementos considerados en el análisis, la identificación de riesgos y la propuesta de mejora para la nueva máquina, la cual describe la evaluación RULA en cuanto a riesgos en cuello, tronco, brazos, muñecas, piernas y manipulación de carga, asociados a fatiga y sobreesfuerzo. Las mejoras propuestas reducen posturas forzadas y movimientos innecesarios, lo que incrementa la productividad al disminuir desperdicios de tiempo y movimientos.

Figura 1
Método RULA hoja de campo.

La Figura 1 muestra la hoja de campo del Método RULA. Incluye diagramas de posturas para el cuello, tronco y brazos, y tablas de puntuación para cada segmento corporal. La hoja también contiene una sección de datos personales y una tabla de puntuación final.

Tabla 1
Elementos de Análisis postural mediante el Método RULA

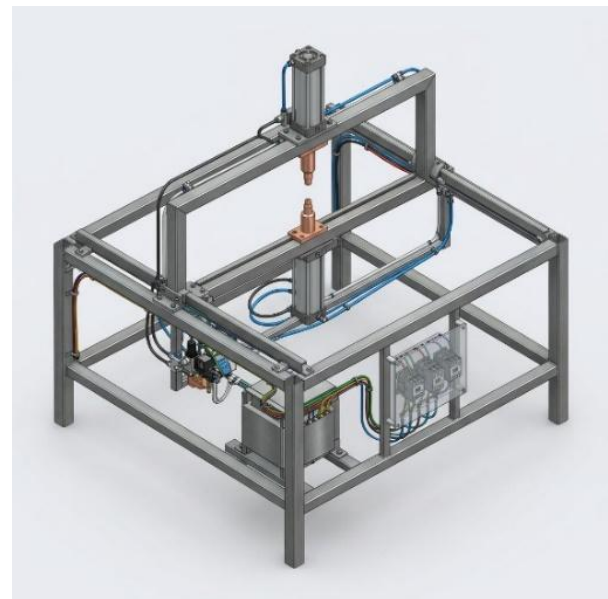
Segmento Corporal Evaluado	Postura Observada en el Proceso Original (Antes)	Riesgo Identificado	Mejora observada con la nueva máquina (Después)
Cuello	Inclinación frecuente hacia adelante durante el punteo	Fatiga muscular y tensión cervical	Menor inclinación debido a mejor posicionamiento
Tronco	Flexión constante para manipular plantilla y piezas	Sobrecarga lumbar y postura forzada	Postura más recta y estable
Brazos	Elevación y movimientos repetitivos durante manipulación	Fatiga muscular y desgaste articular	Reducción del esfuerzo repetitivo
Muñecas	Giro y desviaciones al sujetar piezas	Riesgo de tensión y Lesiones repetitivas	Posición más natural de trabajo
Piernas	Permanencia prolongada de pie y desplazamientos	Cansancio físico y fatiga	Menor necesidad de desplazamiento
Manipulación de carga	Carga manual de plantillas	Sobrecarga física	Eliminación parcial de manipulación manual
Movimiento general	Repetitivo y con esfuerzo constante	Riesgo ergonómico elevado	Movimiento más controlado y fluido

Para el nuevo diseño de la máquina de punteo, se consideraron las alternativas de mejora para extremidades superiores e inferiores que se podrían implementar en el proceso. Mediante diferentes propuestas se consideró factible un nuevo equipo de soldadura que permitiera optimizar este proceso, reducir los tiempos de operación y disminuir el esfuerzo físico del operador.

Se procedió a realizar un diseño conceptual de una nueva máquina de punteo, con el propósito de optimizar la operación mediante la disminución del tiempo y la mejora de la postura ergonómica para reducir la carga física que los operadores tienen que realizar durante dicho proceso. En la Figura 2 se muestra el diseño, el cual consiste en una mesa de trabajo acompañada de un bastidor que se coloca dentro de la mesa, esta misma pieza de trabajo está equipada con un sistema de correderas realizadas con soleras de metal el cual permite el desplazamiento controlado del bastidor en el eje "Y", mientras que en el mismo bastidor se integró una segunda corredera con movimiento en el eje "X", para que en el corran los pistones y electrodos que son controlados por medio de un transformador y una válvula solenoide. Conservando la manipulación manual del bastidor.

En el rediseño propuesto se continúa con la manipulación manual y se contribuye a la eliminación de desperdicios asociados al movimiento, mejorando la continuidad del flujo de trabajo. Asimismo, la incorporación del sistema de desplazamiento mecánico favorece la estandarización de la operación, reduciendo la variabilidad del proceso y aumentando la eficiencia productiva, lo que coincide con investigaciones recientes que señalan que el rediseño de tareas y estaciones de manufactura basado en principios ergonómicos permite mejorar simultáneamente el desempeño operativo y las condiciones de trabajo del operador (Arkouli et al., 2024).

Figura 2
Rediseño Máquina punteadora.



Después de que se aprobó el diseño conceptual, se dio a la tarea de buscar y seleccionar el material y los componentes necesarios para la elaboración de la mesa de punteo, dando como resultado la siguiente lista de materiales. Ver Tabla 2.

Cabe mencionar que los elementos de la construcción de la mesa corresponden a materiales y componentes de reúso.

Tabla 2

Materiales y componentes requeridos

Componente	Material	Cantidad	Dimensiones
PTR 2 pulgadas	Acero al carbono	10	2x2 pulg, 3 mm espesor, long variable 1.5x1.5 pulg, 3 mm espesor 1.5-2 pulg ancho
PTR 1.5 pulgadas	Acero al carbono	8	
Solera acero	Acero	6	
Ángulo metálico	Acero	6	2x2 pulg
Baleros	Acero	12	-
Tornillos niveladores	Acero galvanizado Eléctrico	4	5-10 cm
Transformador	Cobre	1	-
Láminas de cobre	Cobre	30	25 cm largo
Electrodos	Cobre	2	3 cm grosor
Pistones neumáticos	Acero/Aluminio	2	-

En la etapa correspondiente al proceso de fabricación se incluyen el corte, maquinado, ensamble de las piezas estructurales, así como la instalación de las guías lineales y correderas, pistones, electrodos, mangueras, válvulas, conexión del transformador y la instalación de un sistema de enfriamiento. Se cuidaron aspectos críticos y esenciales como la alineación, nivelación y precisión de movimiento, con el propósito de garantizar un funcionamiento óptimo y seguro durante la operación.

Se llevó a cabo la evaluación de distintos tipos de perfiles metálicos disponibles en los racks, considerando los criterios de la resistencia mecánica, facilidad de corte y soldadura. La elección del perfil correcto resultó fundamental para garantizar la rigidez y estabilidad de la estructura principal del nuevo sistema. Se utilizaron perfiles PTR de 2 pulgadas para armar tanto el bastidor como las patas de la mesa y perfiles PTR de 1 ½ pulgadas para fabricar los brazos de la mesa.

El proceso de soldadura de la mesa fue una de las etapas más críticas del proyecto; esto se debió a que la precisión en las uniones y la calidad de las soldaduras determinan directamente la resistencia mecánica, estabilidad y durabilidad del equipo. Una vez confirmadas las posiciones, se procedió a realizar puntos de soldadura temporales con el fin de mantener las piezas en su lugar y evitar desplazamientos durante el proceso. Manteniendo una inspección constante de los cordones, asegurando una fusión adecuada entre los metales base y evitando defectos como porosidades o inclusiones. Una vez finalizado el armado estructural, se procedió a la etapa de nivelación de la mesa. Esta se realizó mediante la instalación de tapones metálicos en la base de las patas de la mesa, cada uno con un orificio central mecanizado que permitió el montaje de tornillos niveladores de 5/16" de diámetro.

La fabricación del bastidor tiene la finalidad de sostener el transformador, pistones y electrodos, permitiendo su

desplazamiento controlado sobre los ejes "X" y "Y". Iniciando con el corte y preparación de los perfiles, cuidando las medidas y tolerancias indicadas en los planos de diseño. Posteriormente, las piezas fueron alineadas mediante escuadras metálicas para garantizar las uniones a 90° antes del proceso de soldadura. Una vez verificada la correcta alineación, se procedió a soldar los elementos, logrando cordones uniformes y resistentes.

Una vez terminado el bastidor y verificado con las dimensiones especificadas, se adecúa a la mesa de trabajo de manera funcional y segura.

Los componentes de los carritos deslizantes fueron seleccionados para soportar el peso del bastidor para un movimiento controlado a lo largo de la mesa, garantizando un traslado suave, estable y preciso en el eje "Y" y el eje "X". Colocando topes de seguridad, que actúan como protección mecánica, evitando posibles daños sobre el desplazamiento y garantizando la integridad estructural del conjunto de la máquina.

Para la instalación del transformador dentro del sistema de punteo, se realizó un análisis técnico y estratégico con la finalidad de determinar la posición más adecuada; esto garantiza la eficiencia operativa en el desplazamiento y la seguridad de los componentes eléctricos.

Una vez instalado el transformador para el sistema de accionamiento, se implementó el uso de pistones neumáticos, los cuales operan bajo el principio de presión de aire comprimido. La elección de un sistema neumático para la fabricación de una nueva máquina de punteo se basó en su fiabilidad, la rapidez de respuesta y su facilidad de mantenimiento, además de su clara capacidad para regular la fuerza de aplicación según el tipo de material a puntear.

Para la realización de esta fase del proyecto, se utilizaron barras de cobre; estas barras cumplen con la función fundamental dentro del sistema de punteo al actuar como conductores principales de la corriente eléctrica encargada de efectuar la soldadura por puntos.

Para el ensamblaje de los electrodos se tomaron como referencia las medidas, el espacio y el recorrido operativo de los pistones, asegurando que estos pudieran ejecutar su movimiento completo sin interferir con la plantilla fija en la mesa, permitiendo que los electrodos hicieran contacto efectivo con las piezas a soldar.

Para realizar la fusión del material durante el proceso de soldadura se realizó por medio de energización del sistema de punteo empleando láminas de cobre de alta conductividad, que actúan como conductores de energía eléctrica desde el transformador hacia los electrodos asegurando la corriente suministrada por el transformador.

Se adaptó la unión estructural de los perfiles de aluminio en los carritos, asegurando su movimiento coordinado sin generar resistencia adicional ni pérdida de fluidez. Estos perfiles fueron seleccionados por su bajo peso, alta resistencia a la deformación y su facilidad de maquinado.

Para la integración del sistema se ensambló la base del arco directamente sobre el transformador que se encuentra en el carrito inferior del bastidor, facilitando el desplazamiento del transformador de forma conjunta con el sistema de punteo,

reduciendo notablemente el movimiento irregular y las vibraciones.

Este diseño no solo mejoró la sincronización mecánica del conjunto, sino que también aportó mayor estabilidad en la estructura y seguridad operativa.

Una vez concluido el proceso de sincronización y alineación de los carritos deslizantes del bastidor, se optó por la instalación de un sistema de enfriamiento, el cual tiene la finalidad de mantener la temperatura operativa dentro de los límites seguros y evitar el sobrecalentamiento de los componentes eléctricos y mecánicos del sistema de punteo.

El sistema neumático es el encargado de accionar los pistones durante el proceso de punteo y fue diseñado para garantizar un movimiento preciso, rápido y sincronizado de los electrodos, permitiendo así la correcta ejecución del proceso de soldadura. El funcionamiento de esta válvula depende de un circuito electromecánico de control, compuesto por un relé electromagnético y una bobina de activación. Cuando la bobina recibe corriente eléctrica, el relé se activa, permitiendo la apertura de la válvula del paso de aire comprimido hacia los pistones, dándoles movimiento al mecanismo lineal del mismo.

Se realizaron pruebas de operación para verificar el desempeño del sistema, evaluando la estabilidad del movimiento, la precisión del punteo y la repetibilidad del proceso. Los resultados confirmaron una operación más fluida, controlada y eficiente en comparación con el sistema original.

Desde el enfoque Lean, la nueva máquina elimina desperdicios asociados al movimiento y mejora la continuidad del flujo de trabajo. Asimismo, la reducción de la manipulación manual disminuye la variabilidad del proceso, favoreciendo la estandarización de la operación y estableciendo una relación directa entre la disminución de movimientos, la reducción del tiempo de ciclo y el incremento de la productividad. Resultados similares han sido documentados en procesos de manufactura donde la integración de herramientas Lean con criterios ergonómicos permitió optimizar el desempeño operativo y mejorar la eficiencia del sistema (Suranuntchai & Chutima, 2023).

La implementación del sistema permitió reducir el tiempo de ciclo de 73 a 57 segundos, lo que representa una mejora del 21.9%, incrementando la capacidad de producción y optimizando el uso del tiempo efectivo de trabajo. Ver la Tabla 3.

Estos resultados validan la reducción de movimientos innecesarios e impactan directamente en la productividad del proceso.

Tabla 3

Análisis comparativo del tiempo de ciclo y la producción por hora

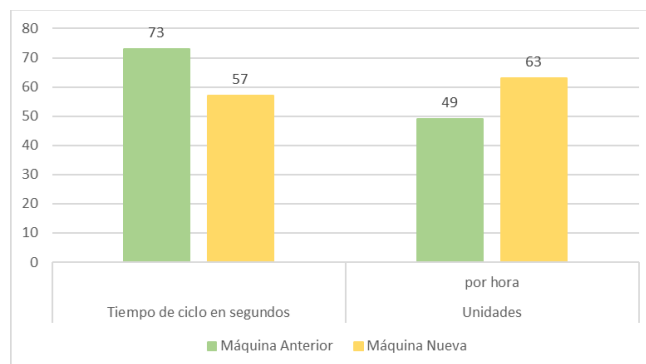
Máquinas	Tiempo de ciclo en segundos	Unidades por hora
Máquina Anterior	73	49
Máquina Nueva	57	63
Mejoras absolutas y relativas	Disminución de 16 segundos por unidad	Se obtuvo un incremento de 13 unidades
Porcentaje de mejora	21.9%	28.17%

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten observar claramente cómo impacta la propuesta sobre el desempeño del proceso de punteo. La disminución del tiempo de ciclo de 73 a 57 segundos se refleja directamente en la capacidad de producción, que pasa de 49 a 63 piezas por hora, como se observa en la Figura 3.

Figura 3

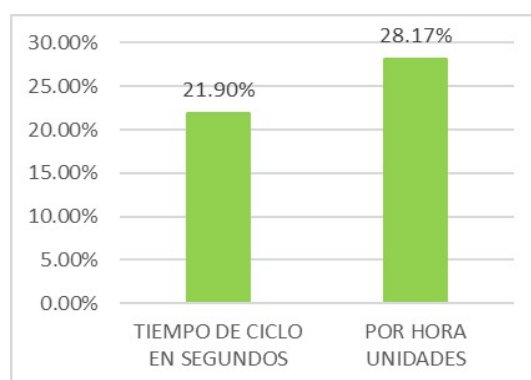
Representación de los resultados



Antes de la implementación, la ejecución del proceso con manipulación manual, generaba variabilidad, pausas innecesarias y un desgaste constante en el operador. Al incorporar el sistema semiautomatizado, gran parte de estos movimientos se vuelven más controlados, en una operación más fluida y continua. Este cambio se produjo, registrando un incremento del 28%. Como se aprecia en la Figura 4, se manifiesta un cambio en la forma en la que se realiza la operación de manera significativa.

Figura 4

Porcentaje de Mejora.



IV. CONCLUSIONES

Más allá del valor numérico, este resultado se torna importante debido a que a lo largo de un turno completo el acumulado supera las cien piezas adicionales, lo cual puede representar una ventaja competitiva importante para la empresa en términos de cumplimiento de pedidos y tiempos de entrega.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el diseño e implementación de la máquina de punteo semiautomatizada permitieron optimizar el proceso de soldadura por puntos analizado. La reducción del tiempo de ciclo de 73 a 57 segundos representó una mejora del 21.9 %, mientras que la capacidad de producción aumentó de 49 a 63 piezas por hora, equivalente a un incremento del 28.17 %. A lo largo de un turno de trabajo, este incremento representa una mejora relevante en la capacidad productiva de la empresa y puede contribuir al cumplimiento de los requerimientos de producción y tiempos de entrega.

La implementación de la nueva máquina de punteo refleja principios fundamentales de Lean Manufacturing, al enfocarse en la reducción de desperdicios asociados a tiempos improductivos, movimientos innecesarios y baja eficiencia operativa. A través de la mejora del proceso se logró disminuir el tiempo de ciclo, incrementando la producción por turno y optimizando el aprovechamiento del tiempo efectivo de trabajo. Asimismo, la eliminación de actividades que no agregan valor permitió mejorar la productividad y reducir esfuerzos operativos, aspectos que forman parte de la filosofía de mejora continua promovida por Lean Manufacturing. Estos resultados son consistentes con investigaciones recientes que destacan que la integración de principios ergonómicos y de mejora continua en el diseño de sistemas de manufactura genera beneficios simultáneos en productividad, eficiencia operativa y bienestar del trabajador (Hasanain, 2024).

En consecuencia, los resultados obtenidos permiten establecer que se cumplió el objetivo planteado de diseñar e implementar una máquina de punteo semiautomatizada orientada a optimizar el proceso de soldadura por puntos, al reducir el tiempo de ciclo, incrementar la productividad y mejorar las condiciones ergonómicas de la operación mediante la aplicación de principios de Lean Manufacturing.

En conclusión, el éxito de la implementación de la máquina de punteo semiautomatizada reafirma que la eficiencia operativa y la salud ocupacional son mutuamente dependientes. Tal como concluyen Trebuña et al. (2025), las iniciativas Lean que omiten los requerimientos ergonómicos fracasan en sostener sus incrementos de productividad; por el contrario, su integración armónica garantiza un entorno laboral seguro y operativamente superior.

V. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, TecNM: Instituto Tecnológico de Torreón por el apoyo brindado a este proyecto.

Extendemos también nuestro agradecimiento al Ing. Jesús Rubén Sandoval Cortez y a la empresa por su disposición y por facilitar la información. Su colaboración hizo posible este estudio.

VI. REFERENCIAS

- Aneloa Curay, E. P. (2025). Propuesta de mejora de los procesos productivos para aumentar la productividad de la empresa MUNDODECOR S.A. a través de herramientas Lean Manufacturing: Propuesta de mejora de los procesos productivos de la empresa MUNDODECOR S.A. a través del uso de herramientas Lean Manufacturing [Trabajo de integración curricular, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital de la Escuela Politécnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26414>
- Arkouli, Z., Michalos, G., Kokotinis, G., & Makris, S. (2024). Worker-centered evaluation and redesign of manufacturing tasks for ergonomics improvement using axiomatic design principles. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 55, 188-209. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2024.10.001>
- Céleri Cabrera, A. E. (2023). Propuesta de rediseño para mejorar la competitividad en una empresa metalmeccánica de Guayaquil (Master's thesis). <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26363>
- Colim, A., Morgado, R., Carneiro, P., Costa, N., Faria, C., Sousa, N., & Arezes, P. (2021). Lean Manufacturing and Ergonomics Integration: Defining Productivity and Wellbeing Indicators in a Human-Robot Workstation. *Sustainability*, 13(4), 1931. <https://doi.org/10.3390/su13041931>
- Diego-Mas, José Antonio. Evaluación postural mediante el método RULA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [consulta16-05-2026]. Disponible online: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- Flores Benítez, F. R., & Núñez Silva, G. B. (2022). Aplicación del Lean Manufacturing a una pequeña empresa de fundición metálica. *E-IDEA 4.0 Revista Multidisciplinar*, 4(11), 18-30. <https://doi.org/10.53734/mj.vol4.id216>
- Guzmán Medina, M. K. (2023). Evaluación de riesgos ergonómicos en la empresa Cerrajería Artística Vera, aplicando el método RULA para el área de producción y el método ROSA para el área administrativa [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/7c9db0b9-3d32-4932-9b28-928fa8c51519/content>
- Hasanain, B. (2024). The Role of Ergonomic and Human Factors in Sustainable Manufacturing: A Review. *Machines*, 12(3), 159. <https://doi.org/10.3390/machines12030159>
- Heuristic Solutions. (2024). Motion study: Boost efficiency and reduce waste. Sugoya India. <https://www.sugoyaindia.com/motion-study/>
- Maware, C., Okwu, M. O., & Adetunji, O. (2022). A systematic literature review of lean manufacturing implementation in manufacturing-based sectors of the developing and developed countries. *International Journal of Lean Six Sigma*, 13(3), 521-556. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2020-0223>
- Mejía Gracia, C. A., Domínguez Domínguez, C. F., Díaz Martínez, J. V., Hernández García, R. A., & Galván Sarabia, A. (2026). Análisis Sistemático del Impacto de la Ergonomía en la Productividad Laboral. *Estudios Y Perspectivas Revista*

Científica Y Académica , 5(4), 6390–6417.
<https://doi.org/10.61384/r.c.a..v5i4.1641>

Monárrez Orona, G. A., Flores Sánchez, A., Gómez Zepeda, P. I., & Portillo Reyes, M. (2023). Análisis ergonómico mediante la aplicación del método RULA en proceso de industria manufacturera. IPSUMTEC, 6(3), enero–junio.
https://www.researchgate.net/publication/385756394_Analisis_ergonomico_mediante_la_aplicacion_del_metodo_rula_en_proceso_de_industria_manufacturera#fullTextFileContent

Socconini, L. (2019). Lean Manufacturing. Paso a paso. Barcelona, España: Marge Books.

Suranuntchai, N., & Chutima, P. (2023). Practical Implementation of Lean Management Techniques and Ergonomic Consideration to Improve Manual Assembly Process During the COVID-19 Crisis. Engineering Journal, 27(2).
<https://doi.org/10.4186/ej.2023.27.2.29>

Torres Unapanta, M. D. C. (2025). Propuesta de mejora de los procesos productivos en la empresa metalmecánica Metalinox aplicando herramientas de manufactura esbelta
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/30154>

Valencia Jarama, J. L., Gutiérrez Canchasto, G. A. & Flores Marchán, V. M. (2024). Lean Manufacturing en el mejoramiento continuo de la productividad. Zenodo.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14002915>

No.	Rol	Descripción
<p><i>Nota 1: favor de eliminar los corchetes una vez colocado su nombre</i> <i>Nota 2: elimine el todo texto de apoyo que se proporcionó en los asteriscos de cada fila y debajo de cada nombre.</i></p>		
1	Conceptualización [Conceptualization]	Laura Isela Jurado Zamarripa, Jose Manuel Valdez Diaz, Olga Lidia Martínez Rodríguez
2	Curación de datos [Data curation]	Laura Isela Jurado Zamarripa, Olga Lidia Martínez Rodríguez, Raymundo Adame Delgado
3	Análisis formal [Formal analysis]	Jose Manuel Valdez Diaz, Olga Lidia Martínez Rodríguez, Brenda Carrera Barraza
4	Obtención de fondos [Funding acquisition]	Olga Lidia Martínez Rodríguez, Brenda Carrera Barraza
5	Investigación [Investigation]	Laura Isela Jurado Zamarripa, Raymundo Adame Delgado, Brenda Carrera Barraza
6	Methodología [Methodology]	Jose Manuel Valdez Diaz, Olga Lidia Martínez Rodríguez, Laura Isela Jurado Zamarripa,
7	Administración del proyecto [Project administration]	Jose Manuel Valdez Diaz, Laura Isela Jurado Zamarripa,
8	Recursos [Resources]	Raymundo Adame Delgado, Brenda Carrera Barraza, Olga Lidia Martínez Rodríguez
9	Software [Software]	Olga Lidia Martínez Rodríguez
10	Supervision [Supervision]	Jose Manuel Valdez Diaz, Raymundo Adame Delgado
11	Validación [Validation]	Jose Manuel Valdez Diaz, Olga Lidia Martínez Rodríguez, Raymundo Adame Delgado
12	Visualización [Visualization]	Brenda Carrera Barraza, Olga Lidia Martínez Rodríguez, Laura Isela Jurado Zamarripa,
13	Redacción - borrador original [Writing – original draft]	Laura Isela Jurado Zamarripa, Olga Lidia Martínez Rodríguez
14	Redacción - revisión y edición [Writing – review & editing]	Jose Manuel Valdez Diaz, Brenda Carrera Barraza, Raymundo Adame Delgado