

Reducción de Tiempos del Proceso de Maquinado Aplicando el Trabajo Estandarizado en una Empresa Fabricante de Componentes Metálicos para Automoción en La Laguna de Durango

Reduction of Machining Process Times by Applying Standardized Work in a Company that Manufactures Metal Components for Automotive in La Laguna de Durango

Martínez Mendoza A.F.¹; Martínez Macías G.A.² ✉

Datos de Adscripción:

¹ Martínez Mendoza, Alma Fabiola
Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. División de Ingeniería en Gestión Empresarial
ROR ID: <https://ror.org/04bjtbt12>
212310135@itslerdo.edu.mx
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3150-4898>

² ✉ Martínez Macías, Gerardo Alfredo
Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. División de Ingeniería en Gestión Empresarial
ROR ID: <https://ror.org/04bjtbt12>
gmartinez@itslerdo.edu.mx
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1093-7753>

Resumen- La industria automotriz actualmente enfrenta una evolución histórica. Por lo tanto, este sector industrial requiere proveedores confiables en la entrega de componentes y productos, con los niveles de calidad exigidos y que, además, se ajusten a las demandas del mercado mundial de automóviles. La empresa fabricante de componentes para la automoción, ubicada en La Laguna de Durango, México, enfrentaba problemas en sus tiempos de proceso de maquinado que le impedían cumplir con la meta de 25 piezas por hora para satisfacer los requerimientos de sus clientes. Condiciones habituales, tales como los desgastes prematuros de las herramientas, reprocesos en las piezas producidas, áreas desordenadas, por consecuencia, un flujo productivo en condiciones inestables fueron los hallazgos iniciales de la situación problemática encontrada. El presente trabajo de investigación expone los resultados de un plan de implementación de la metodología de Trabajo Estandarizado, como parte de la Manufactura Esbelta, que inició con un estudio de tiempos y movimientos, observación directa y análisis del proceso, todo ello para establecer un programa de mejoras y, con ello, reducir los tiempos de proceso en el referido sector de maquinado. El apoyo y trabajo en equipo de los operadores, ingenieros y todos los involucrados en el proceso fueron fundamentales para el logro de resultados, reduciendo los tiempos de ciclo en el orden del 21.6%, mejorando el índice de productividad de Job per Hour en los operadores evaluados y obteniendo también un área de trabajo segura, ordenada y productiva.

Palabras Clave: Calidad, Eficiencia, Manufactura Esbelta, Procesos, Producción, Trabajo Estandarizado.

Abstract - The automotive industry is currently undergoing a historic transformation. Therefore, this sector requires suppliers that reliably deliver components and products at the required quality levels and can adapt to the demands of the global automotive market. An automotive component manufacturer located in La Laguna, Durango, Mexico, was experiencing problems with its machining process times, preventing it from meeting its target of 25 pieces per hour to satisfy customer requirements. Initial findings included premature tool wear, rework of produced parts, disorganized work areas, and, consequently, an unstable production flow. This research presents the results of an implementation plan for the Standardized Work methodology, as part of Lean Manufacturing. The plan began with a time and motion study, direct observation, and process analysis, which were used to establish an improvement program and reduce processing times in the machining area. The support and teamwork of the operators, engineers, and everyone involved in the process were fundamental to achieving results, reducing cycle times by 21.6%, improving the Job per Hour productivity index of the evaluated operators, and also obtaining a safe, orderly, and productive work area.

Keywords: Efficiency, Lean Manufacturing, Processes, Production, Quality, Standardized Work

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, para la industria automotriz, la constante es el cambio y la innovación de sus productos y, de la misma manera, los procesos de fabricación de las piezas requeridas, las cuales pueden ser tan diversas, tales como partes electrónicas, mecánicas y componentes metálicos, todos necesarios para la formación de un vehículo automotor que demanda un cliente en cualquier parte del mundo. México se encuentra a nivel mundial entre los principales productores de automóviles ligeros para pasajeros, en el quinto lugar en la fabricación y exportación de esta clase en el año 2024, siendo los Estados Unidos de América el principal consumidor de estas unidades, con un 79.7%, seguidos de países como Canadá y Alemania, que demandan las unidades fabricadas en nuestro país. Mientras que para los vehículos pesados utilizados para el transporte de cargas y materiales, esta producción mexicana se ubicaba en el quinto lugar a nivel mundial de acuerdo con la Organización

Internacional de Fabricantes de Vehículos Automotores, siendo el principal exportador en el mundo de tractocamiones, "con envíos al exterior que alcanzaron aproximadamente USD 52 mil millones" (Department of Commerce. United States of America, 2026).

En lo que concierne a las autopartes y componentes para la industria automotriz, México se situó en el cuarto lugar a nivel mundial como productor y exportador de partes como motores, autopartes eléctricas, partes para los sistemas de suspensión y transmisión y asientos. Lo anterior es gracias a las 2,135 empresas dedicadas a este sector industrial, con más de 700 de ellas consideradas como proveedores de primer nivel, trabajando diariamente bajo estrictos controles de calidad, es por lo que "la industria de autopartes de México se enfoca en sistemas completos de vehículos y piezas de producción intensiva en mano de obra" (Department of Commerce. United States of America, 2026).

Las exportaciones mexicanas de vehículos ligeros durante el año 2025 fueron de 3,385,785 unidades, destinadas principalmente al 78.4% a los Estados Unidos de América (INEGI, 2026a). En el caso de los vehículos pesados, las exportaciones fueron de 113,931 unidades (INEGI, 2026b). La industria automotriz en México es uno de los sectores productivos relevantes para el Producto Interno Bruto (PIB), que, como lo detallan Case y Fair (1997), representa el valor total de los bienes y servicios generados por una economía nacional en un tiempo específico, comúnmente de un año. Esta rama industrial nacional contribuyó con un valor de 4.5% al Producto Interno Bruto en el tercer trimestre de 2025, todo esto a pesar de una baja con respecto al año 2024, cuyo registro fue de 2.7% del PIB en el tercer trimestre (El Economista, 2025). Este sector sigue siendo uno de los elementos principales de la estructura económica de nuestro país.

De acuerdo con los registros del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, (INEGI, 2024), DENUE, en el Estado de Durango operan 32 empresas relacionadas a la industria automotriz, de las cuales, ocho se encuentra en la zona metropolitana de La Laguna de Durango, en las ciudades de Gómez Palacio y Lerdo. Ofreciendo productos como sistemas eléctricos y electrónicos, partes para los sistemas de dirección y suspensión, piezas metálicas troqueladas, asientos y accesorios, como bolsas de aire, así como partes metálicas para motores de vehículos, este trabajo de investigación se basa en una de estas unidades productivas. La empresa donde se desarrolló el presente trabajo cuenta actualmente con una plantilla de más de 1000 trabajadores, entre operadores y administrativos, y es considerada una de las principales proveedoras de partes metálicas para la industria automotriz.

Bajo estas condiciones de la demanda de elementos para automotores, en las áreas de manufactura de componentes automotrices mediante procesos de maquinado CNC, estos requieren de precisión, estabilidad operativa y por consecuencia el cumplimiento de las metas de producción, que considerando lo que define Jacobs y Chase (2019) un proceso es el conjunto de actividades de la empresa en las cuales transforma los insumos en productos de valor superior a los insumos iniciales. Como lo menciona Solís et al. (2023) una máquina de CNC, Control Numérico por Computadora, efectúa movimientos

lineales y circulares para realizar operaciones tales como cortes, ranurados, fresados en materiales metálicos, que son controlados por medio de programas de computadoras y de esta manera facilitar la ejecución un proceso, sin embargo, el factor humano, es decir el operador, cobra relevancia al ser un elemento necesario en el proceso de producción y debe estar preparado para el logro de los objetivos diarios de producción.

Dentro del enfoque de la Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing), creada en una empresa automotriz, *Toyota*, se estable una revisión detallada de todas actividades de la empresa con el objetivo de minimizar el desperdicio en todos los niveles, desde la eficiencia de las máquinas y equipos, hasta la cantidad de individuos que están involucrados en cada operación, que como lo declaran Kalpakjian y Schmid (2008) el objetivo es "mejorar continuamente la eficacia y la rentabilidad de la compañía" (pág. 37), así como otorgar beneficios a los trabajadores al proporcionarles un adecuado método de trabajo y por resultado excelentes condiciones para desarrollar su labor diaria (Niebel & Freivalds, 2009).

El Trabajo Estandarizado es considerado uno de los pilares fundamentales de Lean Manufacturing, y que dentro de sus principales propósitos es determinar un tiempo de ciclo que pueda asegurar la calidad y uniformidad en la producción, y por consecuencia lograr el cumplimiento de la demanda de piezas de los clientes. El tiempo de ciclo es definido por Jacobs y Chase (2019) como el "tiempo promedio entre el término de una unidad y el inicio de la siguiente en un proceso" (pág. 288). Al respecto, Socconini (2008) menciona que, para comprender el trabajo estandarizado, es fundamental observar y medir el trabajo que realizan los operadores, "ya que define de la manera más eficiente los métodos de trabajo para lograr la mejor calidad y los costos más bajos" (pág. 297). Por otra parte, en el trabajo publicado por Mendoza et al. (2024) recalca la necesidad de estandarizar los procesos de una empresa metalmeccánica para aumentar la productividad, así como los desafíos por enfrentar para lograr este objetivo, sean empresas consideradas como pequeñas, medianas o grandes empresas, como es el caso de la empresa en la cual se desarrolló el presente trabajo de investigación. El Trabajo Estandarizado aplica a todas las actividades humanas dentro de una organización productiva, cualquier acción repetible desde la más simple como es llenar un reporte de producción en el área de trabajo hasta como ajustar el arranque de una máquina de CNC puede ser mejorada con la aplicación del Trabajo Estandarizado, al definir y organizar los movimientos del trabajador, evitando de esa forma el desperdicio de recursos, incluyendo uno de los más valiosos e irrecuperable que es el tiempo.

Entre los elementos que componen el Trabajo Estandarizado destacan la secuencia estándar de las operaciones, es decir la serie de pasos para completar una operación, así como la rapidez de la demanda, que es establecida por los requerimientos de los clientes, el *takt time* que se define como la "velocidad a la que compra el cliente y es el tiempo al que el sistema de producción debe adaptarse para satisfacer las expectativas del cliente" (Socconini, 2008, pág. 106). Rother y Shook (2003) explican que estos elementos permiten que el sistema funcione con un flujo estable, evitando la sobreproducción, las esperas y las variaciones innecesarias en la operación.

Para Socconini (2008), la forma de iniciar la implementación del Trabajo Estandarizado es elegir una operación específica de nuestro proceso productivo, a manera de determinar cómo se hacen las cosas; como paso siguiente es realizar las mediciones de tiempo de cada uno de los elementos de trabajo y determinar los tiempos estándar de la seleccionada operación. Obtenidos los referidos tiempos se procede al cálculo de la capacidad de operación, esto para determinar si el proceso tiene límites que le impidan cumplir con la demanda del cliente, es decir el no estar dentro del *takt time*, en este punto es relevante establecer un plan de acción con mejoras para eliminar toda aquella condición, elemento o desperdicio que obstaculice el cumplimiento de la demanda del cliente, es recomendable utilizar un diagrama de distribución del área de trabajo con el fin de detectar posible zonas de trabajo que necesitan atención por dificultar la secuencia correcta de las operaciones, tales como mesas de trabajo mal colocadas, herramientas en incorrectas colocaciones, iluminarias en posiciones no adecuadas, entre otras condiciones de trabajo, para esto es de utilidad la aplicación de herramientas como el Informe A3, el cual consiste en un análisis del problema de manera simple, plasmando las acciones correctivas y el plan de acciones en una simple hoja de papel tamaño A3 (Lean Enterprise Institute, 2026).

Paso siguiente es la documentación de la secuencia óptima de las operaciones, estandarizadas con tiempos balanceados, en la denominada hoja del Trabajo Estandarizado, que como lo define Sánchez (2022), este documento presenta “la mejor combinación de la fuerza laboral, el material y las máquinas” (pág. 5) , aumentando de esta forma la productividad con una adecuada secuencia de las tareas que realizan los trabajadores. Es recomendable que en esta hoja de Trabajo Estandarizado se incluya nuevamente un diagrama de distribución del área de trabajo con las posibles mejoras que fueron implementadas.

Terminada la documentación de las operaciones estandarizadas, en la Hoja de Trabajo Estandarizado, resulta conveniente mencionar que la revisión del Trabajo Estandarizado es continua y programada, que toda operación debe ser analizada periódicamente, por todos los involucrados en el proceso, desde los operadores, ingenieros, hasta gerentes de operación, tal como lo expresa Sánchez (2022), el Trabajo Estandarizado es una manera de desarrollar talento.

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

El presente trabajo se fundamenta en la metodología del Trabajo Estandarizado, la cual forma parte de la Manufactura Esbelta, que, según Womack et al. (2003), estandarizar el trabajo permite comparar el desempeño actual contra el ideal; por lo tanto, facilita la reducción de errores, la alineación de procesos con los objetivos operativos y una capacitación eficiente del personal. La reducción de tiempos de proceso en áreas de maquinado, que en especial utilizan máquinas CNC, se inició con la observación de las condiciones operativas de la sección de interés, para determinar posteriormente la aplicación de las correspondientes mejoras, como una forma de implementar un modelo de trabajo apoyado en la Manufactura Esbelta. Esta investigación se inició en junio de 2025 y finalizó en noviembre de 2025.

2.1 Determinación de las condiciones iniciales del área de maquinado

La primera acción del presente trabajo fue observar las condiciones iniciales del área de interés, los maquinados CNC, conocer los elementos esenciales de la operación y su funcionamiento, y detectar puntos relevantes en el proceso. La Figura 1 muestra parte de la maquinaria CNC utilizada en el área de maquinados.

Figura 1

Máquina CNC del área de maquinado



Nota. La ilustración muestra una sección de la máquina del proceso de maquinado CNC. Es conveniente mencionar que, por aspectos de confidencialidad de la empresa donde se realizó este trabajo, no se presenta la totalidad de la máquina.

2.1.1 Tiempo del proceso

Se registraron los tiempos de cada operación dentro de la línea de producción, logrando identificar los cuellos de botella, que, como lo establecen Jacobs y Chase (2019) se pueden definir como el “recurso que limita la capacidad o la producción máxima del proceso” (pág. 288), así como las variaciones del proceso que impedirían lograr el máximo rendimiento. Para determinar los tiempos de proceso, se realizaron dos estudios de tiempos y movimientos en dos máquinas CNC representativas del área de maquinado. Primero, se determinaron los elementos de trabajo involucrados en el proceso y se consideró una muestra de 10 ciclos para la toma de tiempos. Para este estudio se solicitó la colaboración de todos los involucrados, en especial de los operadores de la maquinaria, a quienes se les explicó previamente la importancia del referido estudio y el impacto favorable que tendría en su trabajo, y se seleccionó a dos de los operadores del primer turno con mayor experiencia en el área de maquinados. La Tabla 1 presenta los resultados del estudio de tiempos y movimientos de los denominados Operador 1 y Operador 2.

Tabla 1

Estudio tiempos y movimientos Operador 1 y 2

	Tiempos Promedio (en segundos)	
	Operador 1	Operador 2
1. Marcar y medir piezas.	29.59	28.50
2. Tiempo de maquinado.	78.00	78.00
3. Verificar piezas terminadas.	0.10	0.10
4. Medir rugosidad y perfiles.	0.06	0.06
5. Registrar piezas terminadas en hojas de estado.	0.74	0.73
6. Realizar cambios de herramienta.	0.05	0.05
7. Efectuar carga-descarga.	23.45	23.45
Total	131.99 seg.	130.89 seg.

Nota. Los tiempos presentados son el resultado del promedio de lecturas tomadas para cada elemento de trabajo, en unidades de segundos.

En los resultados de la toma de tiempo se observó una diferencia en los tiempos entre los operadores. Para el Operador 1 el tiempo por piezas fue de 131.99 segundos, que representaba un ritmo de producción de 27.28 piezas por hora, que considerando una eficiencia del 85% el valor era de 23.18 piezas por hora, mientras que para el Operador 2 el ritmo de producción era más alto en el orden de 27.51 piezas por hora, al registrar un tiempo de ciclo más bajo de 130.89 segundos y considerando una eficiencia de 85% el valor final era de 23.38 piezas por hora, siendo el indicador de Jobs Per Hour, JPH, de 25 piezas por hora como la meta mínima establecida por cliente, que en ambos casos quedaba por debajo. El indicador JPH representa la cantidad de piezas terminadas por hora bajo condiciones normales de producción, como un estándar de producción basado en las piezas producidas aceptablemente en una unidad de tiempo y que no reconoce las piezas con defectos (Niebel & Freivalds, 2009), lo que permite evaluar la productividad de la línea al mejorar la calidad. Durante la realización de los estudios de tiempos se observaron condiciones de desgaste en las herramientas, lo que originaba la necesidad de retrabajos en las piezas procesadas y, por lo tanto, incrementaba los tiempos de maquinado.

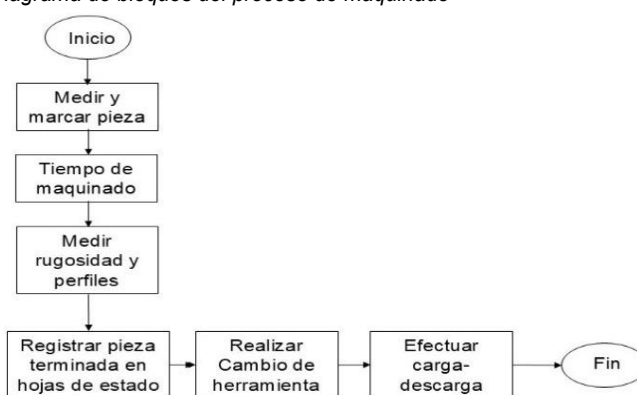
2.1.2 Distribución del área de trabajo

Una vez obtenidos los tiempos de operación, se analizaron la organización de las estaciones de trabajo, el flujo de materiales y la secuencia de tareas, con el objetivo de detectar posibles movimientos innecesarios. Como primer paso se elaboró un diagrama del proceso para visualizar las tareas realizadas. La Figura 2 muestra el diagrama de proceso del área de maquinado.

Este diagrama por bloques permitió comprender el funcionamiento del proceso e identificar las actividades y detectar los cuellos de botella, principalmente en el marcado y la medición de piezas y las posibles restricciones, como el desgaste prematuro de la herramienta.

Figura 2

Diagrama de bloques del proceso de maquinado

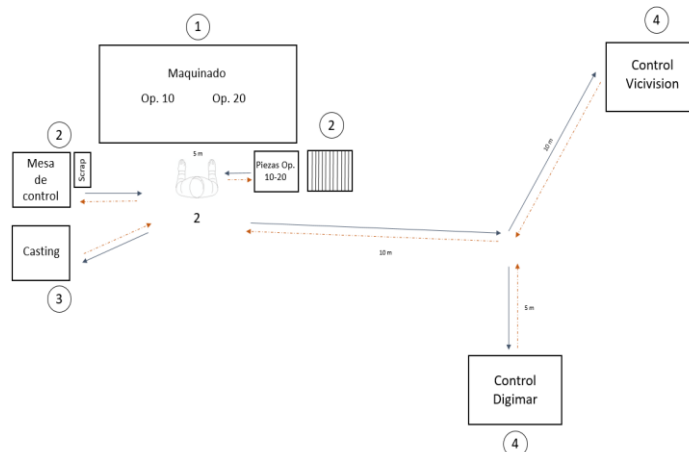


Nota. El diagrama de procesos en bloques muestra la secuencia de actividades del área de maquinado y sus relaciones.

De la misma manera, se elaboró el esquema de distribución del equipo, layout, para representar gráficamente la disposición de los equipos, estaciones de trabajo y área de flujo de materiales. Nuevamente, esto facilitó visualizar la secuencia de las actividades del área de máquina y la identificación de posibles áreas de mejora en la organización del espacio y la optimización del flujo productivo. La Figura 3 muestra el layout de las áreas de trabajo de la máquina.

Figura 3

Layout de área de máquina de maquinados



Nota. Distribución de la línea de maquinado que representa las áreas, los equipos y las estaciones de trabajo.

La elaboración del layout permitió detectar condiciones del área de trabajo por mejorar, tales como delimitación de las secciones de trabajo, limpieza en ciertas partes de la máquina, como es el caso de acumulación de rebabas de metal que se generan en el proceso de maquinado, como se muestra en la Figura 4, estos sobrantes metálicos generaban interrupciones en la línea y aumentaban el tiempo de producción, impactando negativamente en la productividad.

Figura 4
Sobrantes metálicos en máquinas



Nota. Durante el proceso de maquinado, la generación de rebabas metálicas es constante; sin embargo, la falta de limpiezas puede provocar retraso en los tiempos de proceso.

También se pudo observar que algunos de los equipos de la línea de producción no presentaban registros de realización de mantenimientos preventivos, lo que posiblemente originaba variaciones en los procesos y, en consecuencia, variaciones en la calidad de las piezas y un incremento en los retrabajos de piezas elaboradas. Asimismo, se observaron piezas aceptadas por calidad, así como piezas rechazadas por calidad, además de líquidos utilizados en el proceso de corte derramados en el piso del área de la máquina y en el área de trabajo del operador.

2.2 Implementar el Trabajo Estandarizado

Determinadas las condiciones iniciales del área de maquinado, el siguiente paso fue poner en funcionamiento el Trabajo Estandarizado, sin olvidar que ello conlleva acciones de mejora en el área de trabajo y la participación de todos los involucrados en la referida sección laboral.

2.2.1 Informe A3

Para iniciar la implementación del Trabajo Estandarizado se elaboró el informe A3, que permitió identificar las principales problemáticas del área, analizar las causas raíz y establecer un plan de acción enfocado en la mejora de los procesos. Esta herramienta sirvió como base para estructurar de manera ordenada las etapas para alcanzar la estandarización de las operaciones. La Figura 5 presenta el Informe A3.

Figura 5
Informe A3

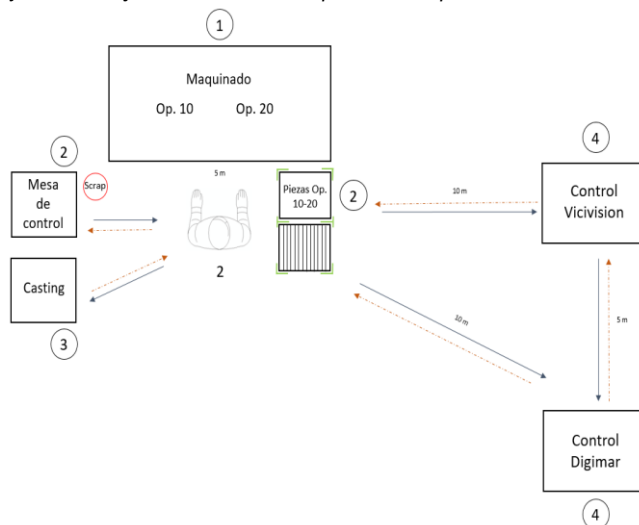
<p>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO: Estandarización del Proceso</p> <p>Julio- Noviembre 2025</p> <p>A) Diseño de especificación: Métodos de Trabajo</p> <p>B) Tiempo Improductivo: Condiciones de trabajo</p> <p>C) Trabajador: Seguridad, Capacitación</p>	<p>CONDICIÓN OBJETIVO:</p> <p>Noviembre 2025</p> <ol style="list-style-type: none">Factor Humano: Aplicación de la estandarización de actividades.Procesos: Modificación del proceso inserto y cambios de velocidad de corte.Calidad: Creación de contenedor para piezas scrap con el fin de evitar mezclar piezas buenas con piezas malas.Espacios de trabajo: Gestión de 5 S para mantener organizado, seguro y limpio la línea de producción.																														
<p>CONDICIÓN ACTUAL:</p> <p>Julio 2025</p> <ol style="list-style-type: none">Factor Humano: Capacitación del personal operativo para la actualización de hojas de trabajo estandarizado y no repetitivo.Procesos: Optimizar el proceso de corte para disminuir el tiempo en la operación.Calidad: Mejora en las condiciones de proceso de separación de piezas buenas y piezas malas.Espacios de trabajo: Evaluación de las condiciones inseguras en el área de trabajo por derrames de líquidos de corte, eliminación de concentración de rebabas para la concentración y rendimiento operativo.	<table><tr><th colspan="5">ACTIVIDADES MEJORA</th></tr><tr><th>DESCRIPCIÓN</th><th>RESPONSABLE</th><th>INICIO</th><th>FIN</th><th>STATUS</th></tr><tr><td>Hojas de Trabajo Estandarizado, seguimiento operador</td><td>Ing. Proceso</td><td>Julio</td><td>Noviembre</td><td></td></tr><tr><td>Mejora inserto de mecanizado y programa</td><td>Ing. Proceso</td><td>Julio</td><td>Noviembre</td><td></td></tr><tr><td>Evitar Mezcla de piezas buenas y malas</td><td>Calidad Producción</td><td>Agosto</td><td>Diciembre</td><td></td></tr><tr><td>Mejorar las condiciones de la maquina, limpieza y organización área de trabajo</td><td>Calidad Producción Mantenimiento</td><td></td><td>Noviembre</td><td></td></tr></table>	ACTIVIDADES MEJORA					DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	INICIO	FIN	STATUS	Hojas de Trabajo Estandarizado, seguimiento operador	Ing. Proceso	Julio	Noviembre		Mejora inserto de mecanizado y programa	Ing. Proceso	Julio	Noviembre		Evitar Mezcla de piezas buenas y malas	Calidad Producción	Agosto	Diciembre		Mejorar las condiciones de la maquina, limpieza y organización área de trabajo	Calidad Producción Mantenimiento		Noviembre	
ACTIVIDADES MEJORA																															
DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	INICIO	FIN	STATUS																											
Hojas de Trabajo Estandarizado, seguimiento operador	Ing. Proceso	Julio	Noviembre																												
Mejora inserto de mecanizado y programa	Ing. Proceso	Julio	Noviembre																												
Evitar Mezcla de piezas buenas y malas	Calidad Producción	Agosto	Diciembre																												
Mejorar las condiciones de la maquina, limpieza y organización área de trabajo	Calidad Producción Mantenimiento		Noviembre																												

Nota. El Informe A3 detalla la condición inicial encontrada y la condición objetivo para el área de proceso de maquinado, con sus respectivas actividades de mejora, determinadas por el equipo de trabajo responsable.

2.2.2 Mejora en las condiciones de espacio de trabajo de la máquina

Durante la toma de tiempos y movimientos se detectó que no existía una clara separación de las zonas destinadas al material en proceso, lo que complicaba el monitoreo del flujo de producción y aumentaba los tiempos requeridos para buscar y manejar el material. Por lo tanto, se llevó a cabo la delimitación física de las áreas de trabajo, el marcaje de piso, el uso de ayudas visuales y la señalización de las zonas destinadas al material en proceso, a las piezas terminadas y al material pendiente de mecanizar. La identificación de estas áreas permitió mejorar el flujo de producción y eliminar las obstrucciones y demoras en las actividades de carga y descarga de la máquina. Igualmente se revisaron los espacios y dispositivos destinados al scrap, delimitando la colocación de contenedores para piezas destinadas a scrap. Al mismo tiempo, la participación del personal de mantenimiento en el área de maquinado fue crucial para la revisión, ajuste y reparación de los dispositivos de líquidos de corte que se derramaban tanto en la máquina como en el piso, y los cambios a nuevos contenedores para el depósito de rebabas metálicas, así como los ajustes a las herramientas y sensores de calidad utilizados en la máquina. Todas estas acciones lograron un entorno más ordenado y seguro para el operador. La Figura 6 muestra el layout con las mejoras en el área de maquinado.

Figura 6
Layout con mejoras en área de máquina de maquinados



Nota. La colocación de áreas para contenedores para scrap y la demarcación de las áreas de trabajo contribuyen directamente a la eficiencia operativa.

2.2.2 Hoja de Trabajo Estandarizada

Realizadas las mejoras en área de trabajo de maquinados el registro de la hoja de Trabajo Estandarizado era el siguiente paso a cumplir, todo esto bajo la ejecución de un nuevo estudio de tiempos y movimientos, así como la definición de los elementos de trabajo estandarizados, que permitió eliminar el elemento de trabajo Medir la rugosidad y perfiles, ya que se incorporó al elemento de trabajo de Verificar piezas terminada en control de calidad, con dispositivos electrónicos calibrados para ese efecto. La Tabla 2 presenta los tiempos y elementos registrados después

de las mejoras implementadas, lo que se traduce en una reducción de los tiempos de espera y de traslado, así como en una mejor sincronización en las operaciones de carga, descarga y verificación de las piezas.

Tabla 2

Estudio tiempos y movimientos Final Operador 1 y 2

	Tiempos Promedio (en segundos)	
	Operador 1	Operador 2
1. Marcar y medir piezas.	18.50	17.50
2. Tiempo de maquinado.	70.00	70.00
3. Verificar pieza en control de calidad	0.10	0.10
4. Registrar piezas terminadas en hojas de estado.	0.74	0.73
5. Realizar cambios de herramienta.	0.05	0.05
6. Efectuar carga-descarga.	14.00	14.00
Total	103.39 seg.	102.38 seg.

Nota. Los tiempos son el resultado del promedio para cada elemento de trabajo, en unidades de segundos.

Estos tiempos estándar finales de los dos operadores fueron obtenidos después de la depuración de actividades y la estandarización de la secuencia de trabajo.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación, orientado a reducir los tiempos de proceso de maquinado de una empresa proveedora de autopartes metálicas para la industria automotriz, la aplicación del Trabajo Estandarizado permitió obtener resultados que impactaron en la mencionada área productiva.

3.1 Un proceso mejorado

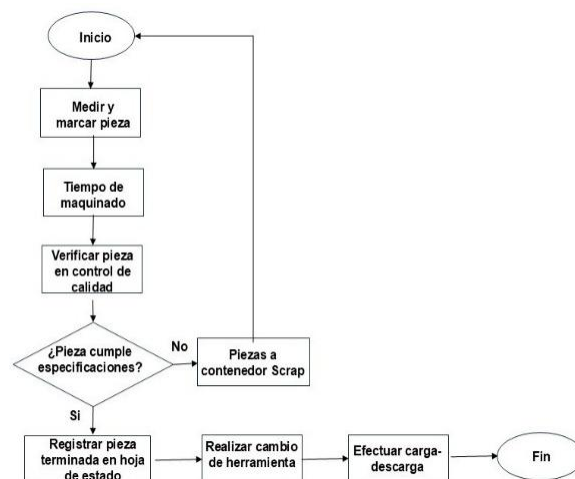
En el proceso inicial, si la pieza no cumplía con las especificaciones, no se procedía a etiquetar la pieza como scrap, lo que ocasionaba que las piezas con especificaciones de calidad se mezclaran con las no conformes. La principal mejora se logró en el punto de decidir si la pieza cumple con las especificaciones del cliente; en caso de resultado negativo, se deposita en el contenedor expresamente colocado en el área de trabajo para su confinamiento. En la Figura 7 se muestra el diagrama de los puntos de mejora del proceso.

3.2 Herramientas y mantenimiento del equipo

Una mejora significativa en la eficiencia del proceso de máquina fue la revisión y verificación de las condiciones de los herramientas, que incluían los insertos de corte. El desgaste prematuro limitaba su vida útil a 75 piezas, afectando el tiempo de ciclo. Mediante la sustitución programada de las herramientas, se redujo considerablemente el proceso de maquinado al disminuir el número de pasos de desgaste en la pieza y, por lo tanto, se redujo el ciclo de maquinado de 78 a 70 segundos, tal como lo presenta la Figura 8.

Figura 7

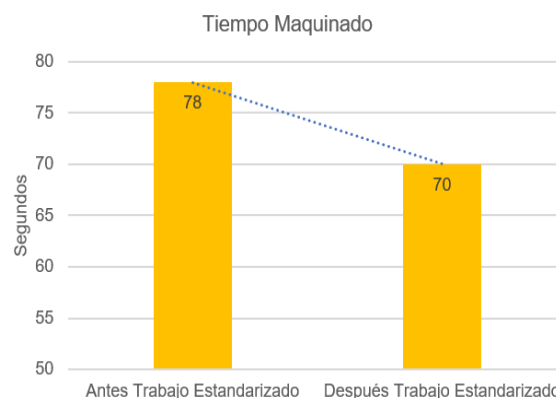
Diagrama de bloques del proceso de maquinado con mejoras



Nota. El diagrama de bloques de proceso modificado introduce la lógica para el manejo de la pieza que no supera la inspección. En la versión inicial del proceso, si la pieza no cumplía con las especificaciones, solo se etiquetaba como pieza scrap, quedando la posibilidad de ser mezclada con las piezas que sí cumplían las especificaciones del cliente.

Figura 8

Reducción de tiempos de maquinado



Nota. La reducción de 8 segundos en el tiempo de maquinado fue parte esencial del resultado total obtenido.

Es conveniente recalcar que la revisión de este punto, en lo que se refiere a lo herramental, debe ser un compromiso continuo de todos los involucrados en el área de proceso, incluyendo a la gerencia de la empresa, por el impacto económico que conlleva la sustitución de herramientas en condiciones de desgaste o la búsqueda de nuevas herramientas de mayor duración, pero de mayor costo. Otro de los resultados obtenidos en la implementación del Trabajo Estandarizado fue la creación de reuniones de revisión de las condiciones de la maquinaria, equipo y área de trabajo con el programa de *Turno con Arranque Seguro*, que incluía desde la revisión de la máquina al inicio de turno, la limpieza y orden de las secciones de trabajo, hasta la programación de mantenimientos preventivos con la participación del mismo operador de la máquina y el personal del departamento de mantenimiento. Todo lo anterior sirvió para fomentar las condiciones de seguridad, limpieza, orden e incluso

ergonomía antes del inicio del turno. La Figura 9 presenta los puntos de revisión por parte del operador de máquina al inicio de su jornada laboral.

Figura 9
Revisión de Turno con Arranque Seguro

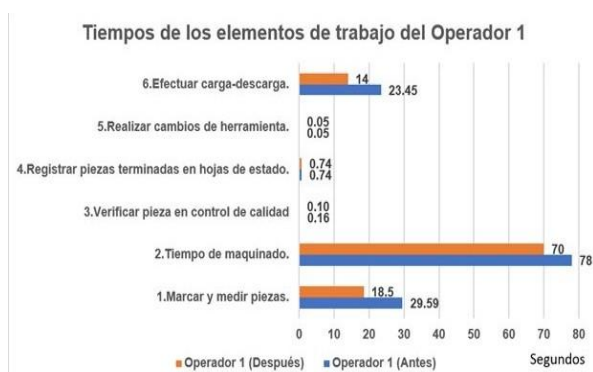
No.	Punto de verificación / Estado del área	1ER TURNO	2DO TURNO	3ER TURNO
1.	¿Cuento con mi Equipo de Protección Personal (EPP) completo y en buenas condiciones?			
2.	¿Estoy entrenado para desarrollar mi operación con todas sus actividades?			
3.	¿Tengo las herramientas y equipos necesarios (y en buen estado) para realizar mi operación?			
4.	¿Mi área de trabajo está libre de puntos de tropiezo y de derrames de líquidos de corte?			
5.	¿La iluminación en mi área de trabajo es la correcta (suficiente y sin deslumbramiento)?			
6.	¿Las 5'S del área se encuentran en el estado establecido (orden y limpieza)?			
7.	¿Tengo plena conciencia y control sobre mis manos, manteniéndolas fuera de equipos y/o partes en movimiento?			

Nota. La participación y el involucramiento del operador son relevantes para la eliminación de todas las condiciones que impidan la continuidad de las operaciones del área de maquinado.

3.3 Un Trabajo Estandarizado inicia

Como consecuencia de las actividades de mejora que se establecieron en el Informe A3, los tiempos de ciclos de los Operadores 1 y 2 disminuyeron considerablemente, con elementos de trabajo estandarizados para ambos operadores y la eliminación del elemento de trabajo de *Medir rugosidad y perfiles*, para unificar en solo elemento *Verificar pieza en control de calidad*, al contar con los dispositivos de medición y métodos más rápidos e integrados en la estación de trabajo. La Figura 10 muestra los tiempos de los elementos de trabajo antes y después de la estandarización del Operador 1, se debe destacar que uno de los principales cambios fue el tiempo de maquinado que decreció un 10.2%, pasando de 78 segundos a 70 segundos, así también el tiempo de carga-descarga bajo en un valor de 40.2% de tiempo antes de la puesta en marcha del Trabajo Estandarizado.

Figura 10
Elementos de Trabajo del Operador 1



Nota. Los tiempos en segundos de los elementos de trabajo del Operador 1 disminuyeron como resultado de las mejoras en el área de trabajo.

Por otra parte, el Operador 2 logró un registro de los tiempos de los elementos de trabajo por debajo de los valores iniciales, por ejemplo, el tiempo del elemento de trabajo de Marcar y medir pieza la disminución fue del orden de un 38.6%, como se detalla en la Figura 11.

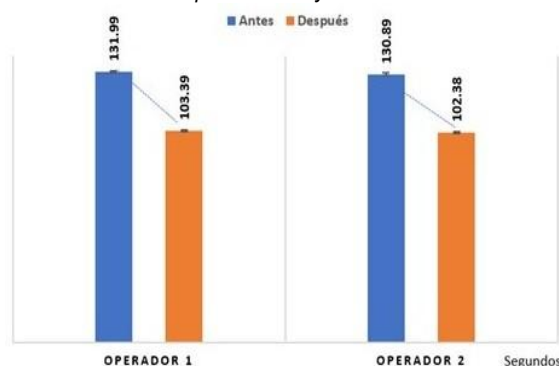
Figura 11
Elementos de Trabajo del Operador 2



Nota. El Operador 2 presentó disminuciones en los tiempos de los elementos de trabajo, expresados en segundos. Fuente: Elaboración propia.

A causa de la disminución de los tiempos en los elementos de trabajo, el tiempo de ciclo también registró una considerable baja, tal como se presenta en la Figura 12, donde se comparan los tiempos de ciclo antes y posteriormente a la aplicación del Trabajo Estandarizado.

Figura 12
Tiempos de Ciclo de los Operadores 1 y 2



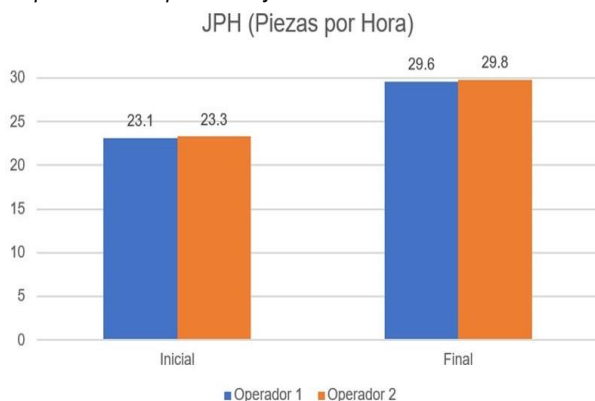
Nota. Los tiempos de ciclo de trabajo en segundos de ambos operadores disminuyeron considerablemente debido a las mejoras en el área de trabajo y a la estandarización de los elementos de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Ante estos nuevos tiempos de ciclo, el indicador JPH igualmente se modificó, el Operador 1 con un tiempo de ciclo de 103.39 segundos por pieza, generó un JPH de 29.6 piezas por hora, considerando una eficiencia de 85%, establecida por la empresa. De la misma manera, para el Operador 2, con un tiempo de ciclo de 102.38 segundos por pieza, el indicador JPH registró un valor de 29.8 piezas por hora, bajo el mismo valor de eficiencia. La

Figura 13 muestra la comparación del JPH de los Operadores 1 y 2 con el valor mínimo de JPH establecido por el cliente.

Figura 13

Piezas por hora de Operador 1 y 2



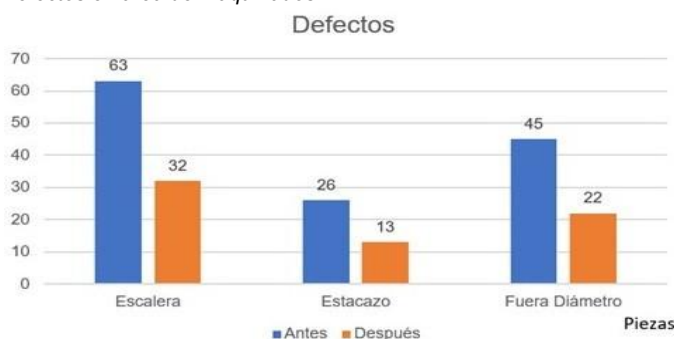
Nota: La disminución de los tiempos de ciclos otorgó un aumento de las piezas por hora, JPH para los Operadores 1 y 2 considerando una eficiencia del 85%. Fuente: Elaboración propia.

La diferencia registrada entre los Operadores 1 y 2 en el indicador JPH fue considerada como aceptable al valorar la experiencia del Operador 2, que motivó establecer un programa de capacitación reconociendo la experiencia de los mismos operadores.

Finalmente, dentro de los resultados de poner en marcha el Trabajo Estandarizado se detectó una disminución de las piezas reportadas con scrap en el proceso de maquinado. Los considerados como los principales defectos, denominados Escalera, Estacazo y Fuera de Diámetro, disminuyeron en el proceso de maquinado. La Figura 14 muestra la relación entre el decremento de scrap.

Figura 14

Defectos en área de maquinados



Nota: Los principales defectos en las piezas del proceso de maquinado presentaron una reducción; por lo tanto, el número de piezas producidas que pasaron a scrap también disminuyó.

Estos resultados reflejaron un mayor control del proceso, una disminución de la variabilidad y una mejora de la estabilidad operativa, evidenciando el impacto positivo de la estandarización en la calidad y el aprovechamiento de los recursos productivos.

IV. CONCLUSIONES

Una empresa no puede permanecer sin cambios. La relevancia que tiene la industria automotriz para el país y la región de La Laguna, motiva a que todos los profesionistas, técnicos y operadores se involucren en todo tipo de acciones que impulsen mejoras que diariamente necesita el proceso productivo.

La puesta en acción del Trabajo Estandarizado no es un proceso sencillo ni simple, requiere de la participación de todos los involucrados, dentro y fuera del área de producción. Para la organización productiva, la aplicación del trabajo estandarizado fue la punta de flecha para conseguir los objetivos planteados, que en este caso en particular fueron la reducción de los tiempos de proceso de maquinado para la producción de componentes para automotores, de clientes de una industria automotriz que exigen la mejor calidad al menor costo.

La utilización de un trabajo estandarizado en el área de maquinado impulsó la generación de ideas creativas necesarias para definir un plan de acción para las modificaciones requeridas no solo en la máquina, sino también en toda el área de trabajo, donde el operador se tenía que adaptar ante la ausencia de elementos y dispositivos de trabajo que le impedían reducir los tiempos del proceso. Acciones concretas como la delimitación de área de confinamiento para piezas de scarp, permitió la visualización del problema oculto que significaba no reconocer las piezas buenas de las piezas que estaban fuera de las especificaciones del cliente. La toma de tiempos en los diversos ejercicios de estudio de tiempos y movimientos aportó la pauta para identificar los elementos de trabajo necesarios para la operación, dejando fuera los elementos no productivos y definiendo la secuencia correcta del trabajo de maquinado, para obtener un tiempo de ciclo con una reducción del orden del 21.6 % respecto a los valores iniciales.

La participación de los diferentes departamentos de servicio, como mantenimiento y calidad, facilitó las actividades necesarias para lograr mejoras en el área de trabajo. Los ajustes a los herramientas, la colocación de contenedores de scrap, así como la distribución del área de trabajo (layout), dieron como resultado disminuir los tiempos de ciclo y minimizar las variaciones entre operadores, todo ello sin afectar la calidad del producto.

El cumplimiento del indicador JPH, piezas por hora, fue el reto inicial de presente estudio, el reducir los tiempos de operación de cualquier área de producción, como en el caso del área de maquinado implicaba como resultado esperado un incremento de las piezas por hora. El hecho de poner en práctica el Trabajo Estandarizado en la referida área de producción demostró que este método de la Manufactura Esbelta fue el más conveniente para la consecución del objetivo, reducir el tiempo de maquinado y, en consecuencia, cumplir con los requerimientos del cliente, que establecía como mínimo 25 piezas por hora, quedando demostrado que se puede superar esta meta, con 29 piezas por hora.

Durante el desarrollo de este trabajo de investigación el factor humano no quedó fuera, la participación y el sentido de cumplimiento de los involucrados fue uno de los eslabones necesarios para lograr una cadena de cambios y éxitos en los resultados, desde el Operador 1 que deseaba igualar al Operador 2, de mayor experiencia en la operación, del supervisor de producción y calidad que otorgaban la oportunidad de aplicar las

mejoras sugeridas por su propios operadores y compañeros del área de maquinado.

En definitiva, el trabajo estandarizado que se ha implementado en el área de proceso de maquinado debe replicarse en las diferentes secciones productivas de la empresa, basado en la experiencia adquirida y en el reto que conlleva el cambio en la forma de trabajar, pero, sin lugar a duda, el resultado siempre será favorable para toda la organización que produce componentes para automotores. El trabajo estandarizado no es un valor registrado en un papel para siempre, es la búsqueda de las mejoras para un proceso todos los días.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, por las facilidades otorgadas para la realización del presente trabajo de investigación, así como a la División de Ingeniería en Gestión Empresarial por el tiempo y el apoyo brindados. De la misma manera, se agradece a todas las personas que de una u otra forma participaron con su experiencia y conocimiento en la realización de este logro y que todos los días entregan todo su esfuerzo para lograr un mejor país.

VI. REFERENCIAS

Case, K. E., & Fair, R. C. (1997). *Principios de Macroeconomía* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación. Recuperado el Mayo de 2026

Department of Commerce. United States of America. (11 de Febrero de 2026). *Guía Comercial México*. Recuperado el Mayo de 2026, de International Trade Administration: <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/mexico-automotive-industry>

El Economista. (28 de Noviembre de 2025). *El Economista. Empresas*. Recuperado el Abril de 2026, de El Economista: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/industria-automotriz-aporto-4-5-pib-mexico-3t-20251128-788750.html>

INEGI. (2024). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>

INEGI. (9 de Enero de 2026a). *Sala de Prensa*. Recuperado el Mayo de 2026, de INEGI: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2026/rm_raiavl/rm_raiavl2026_01.pdf

INEGI. (Marzo de 2026b). *Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Pesados (RAIIVP)*. Recuperado el Mayo de 2026, de <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavp/>

Jacobs, R., & Chase, R. (2019). *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros*. México: Mc Graw Hill.

Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología* (Quinta ed.). Pearson Prentice Hall.

Lean Enterprise Institute. (2026). *Lean Enterprise Institute*. Recuperado el Mayo de 2026, de <https://www.lean.org/lexicon-terms/a3-report/>

Mendoza Galvis, D., Vega Molina, A., Pumarejo Sanchez, J., & Mario Zambrano, C. (Enero de 2024). *Revista de Investigación. Administración e Ingeniería*. doi:10.15649/2346030X.3529

Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Mc Graw Hill. Recuperado el 2026

Rother, M., & Shook, J. (2003). *Aprendiendo a ver. Mapeo del flujo de valor para agregar valor y eliminar el desperdicio*. Lean Enterprise Institute.

Sánchez, O. B. (Septiembre de 2022). *Virtual.cuautitlan.unam.mx*. Recuperado el Mayo de 2026, de chrome-extension://efaidnbmnnnhttps://virtual.cuautitlan.unam.mx/CongresoCiTec/Memorias_Congreso/Anio7_No7/Extensionos/IP-03.pdf

Socconini, L. P. (2008). *Lean Manufacturing. El sistema de gestión empresarial japonés que revolucionó la manufactura y los servicios*. Grupo Editorial Norma.

Solís Santamaría, S., Solís Santamaría Tannia, Lasluisa Naranjo, H., & Albán Andrade, E. (Marzo de 2023). *Revista Científica INGENIAR. Ingeniería, Tecnología e Investigación*. doi:10.46296/ig.v6i11.0083

Womack, J., Jones, D., & Ross, D. (2003). *La máquina que cambio el mundo*. Norma Editorial.

No.	Rol	Descripción <small>Nota 1: favor de eliminar los corchetes una vez colocado su nombre Nota 2: elimine el todo texto de apoyo que se proporcionó en los asteriscos de cada fila y debajo de cada nombre.</small>
1	Conceptualización [Conceptualization]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías
2	Curación de datos [Data curation]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías
3	Análisis formal [Formal analysis]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías
4	Obtención de fondos [Funding acquisition]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías
5	Investigación [Investigation]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías
6	Metodología [Methodology]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías
7	Administración del proyecto [Project administration]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías
8	Recursos [Resources]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías
9	Software [Software]	No aplica.
10	Supervisión [Supervision]	Gerardo Alfredo Martínez Macías
11	Validación [Validation]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías
12	Visualización [Visualization]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías
13	Redacción - borrador original [Writing – original draft]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías
14	Redacción - revisión y edición [Writing – review & editing]	Alma Fabiola Martínez Mendoza, Gerardo Alfredo Martínez Macías