

# Sector metalmecánico: una propuesta de diseño de estándares de métodos y tiempos.

## Metal-mechanic sector: a proposal for the design of method and time standards.

Darwin José Mendoza-Galvis<sup>1</sup>, Adriana Lorena Vega-Molina<sup>2</sup>, Jonattan Pumarejo-Sanchez<sup>3</sup>,  
Carlos Mario Zambrano<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar - Colombia

<sup>4</sup>Soluciones de Ergonomía y Salud Ocupacional, Valledupar - Colombia

ORCID: <sup>1</sup>[0000-0001-7836-4312](https://orcid.org/0000-0001-7836-4312), <sup>2</sup>[0000-0002-7774-7474](https://orcid.org/0000-0002-7774-7474), <sup>3</sup>[0000-0003-2520-0546](https://orcid.org/0000-0003-2520-0546), <sup>4</sup>[0000-0002-4513-792X](https://orcid.org/0000-0002-4513-792X)

Recibido: 04 de septiembre de 2023.

Aceptado: 01 de diciembre de 2023.

Publicado: 01 de enero de 2024.

**Resumen-** El presente artículo analiza la implementación de un sistema estandarizado de procesos de producción en la industria metalmecánica, específicamente en pequeñas y medianas empresas (Pymes) de Valledupar, con el objetivo de alinear estos procesos con los principios de cero desperdicios. Se realizó un estudio de métodos y tiempos, enfocándose en los productos más vendidos como ventanas y puertas, para optimizar la disposición de la planta y mejorar la eficiencia del proceso productivo. Los resultados mostraron una reducción en el tiempo de operaciones de 169.62 a 155.7 minutos, una disminución en el número de procesos de 37 a 35, y una reducción en la distancia total de desplazamiento de 95.9 metros a 42.4 metros. Además, se ajustaron los tiempos estándar de trabajo, equilibrando la carga de trabajo y mejorando la productividad. La investigación concluye que la estandarización y optimización de procesos son fundamentales para mejorar la competitividad y eficiencia de las Pymes en el sector metalmecánico.

**Palabras clave:** sector metalmecánico, optimización de procesos estandarización, estudio de tiempos, estudio de métodos, estudio de métodos y tiempos, estándares, métodos de tiempos, metalmecánico, sector.

**Abstract—** The present article examines the implementation of a standardized production process system in the metal-mechanic industry, particularly within small and medium-sized enterprises (SMEs) in Valledupar, aiming to align these processes with zero waste principles. A method and time study was conducted, focusing on the most sold products such as windows and doors, to optimize plant layout and improve process efficiency. The results indicated a reduction in operation time from 169.62 to 155.7 minutes, a decrease in the number of processes from 37 to 35, and a significant reduction in the total displacement distance from 95.9 meters to 42.4 meters. Furthermore, standard work times were adjusted, balancing workloads and enhancing productivity. The research concludes that the standardization and optimization of processes are crucial for improving competitiveness and efficiency in SMEs within the metal-mechanic sector.

**Keywords:** metal-mechanic sector, process optimization, standardization, time study, methods study, methods and time study, standards, time methods, metalworking, metalworking, sector.

\*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [dmendoza45@areandina.edu.co](mailto:dmendoza45@areandina.edu.co) (Darwin José Mendoza Galvis).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Como citar este artículo: D. J. Mendoza-Galvis, A. Lorena Vega-Molina, J. Pumarejo-Sanchez, C. M. Zambrano, "Sector metalmecánico: una propuesta de diseño de estándares de métodos y tiempos", *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, vol. 12, no. 1, pp. 99-108 2024, doi: [10.15649/2346030X.3529](https://doi.org/10.15649/2346030X.3529)

## I. INTRODUCCIÓN

Los estudios de tiempos y movimientos juegan un papel importante en la productividad de cualquier empresa, según [1] medir y establecer cuánto tiempo se invierte en el trabajo permite identificar tareas que influyen negativamente en el rendimiento de la compañía y diseñar estrategias para corregirlas. Además, es útil para solucionar los problemas en la ejecución del proceso, conocer la capacidad de los operarios, organizar los puestos de trabajo y aprovechar eficientemente los materiales y la maquinaria.

Por otro lado, encontramos a [2] quien menciona que las técnicas de los estudios de tiempo y movimiento son herramientas para mejorar las operaciones de las áreas que nos interesan. Estas herramientas funcionan en todos los ámbitos de la actividad humana; así, cuanto más técnicas (herramientas) conozca un empleado, tanto más valioso será para su empresa.

La industria metalmecánica comprende una amplia gama de productos que van desde las formas básicas de metal hasta la fabricación de manufacturas y maquinarias complejas. El acero es un insumo básico para el uso en bienes de capital productivo en el sector, aunque su producción mundial bajó un 6,8 % en enero-marzo del 2022 comparado con el mismo periodo del 2021 según [3], el abastecimiento de acero en el país está garantizado y la industria tiene capacidad para aumentar su producción [4].

Teniendo en cuenta la importancia de la industria metalmecánica en la economía, es importante evaluar si esta opera en condiciones de eficiencia, dado que una mayor eficiencia permitirá alcanzar, con la misma cantidad de insumos, mayores niveles de producción o menores niveles de costos, generando ahorros en el sector [5].

El autor [6] define que se debe mejorar los índices de productividad vía innovación y conseguir mano de obra calificada, que permita implementar la manufactura avanzada y acceder a la Industria 4.0. se tiene que generar los incentivos correctos para atraer inversión en manufactura. El sector metalmecánico en Colombia se ha transformado en uno de los sectores financieros con mayor proyección de índices de producción durante el periodo 2014-2020 [4].

Resulta así mismo interesante lo expuesto por [7] en el encuentro nacional metalmecánico en la ciudad de México quien manifestó que la industria de los herramientas es de total importancia para todas las manufacturas. Es considerada como el origen de todas las manufacturas por el alto valor agregado que aportan a cualquier cadena productiva, puesto que los moldes y troqueles representan la base fundamental para la creación de todos los artículos que son distribuidos y consumidos diariamente a nivel mundial, la industria de herramientas, representa una fuente realmente importante de ingresos y movilidad en las actividades económicas que México lleva con el exterior; siendo así, un foco de atención para las entidades económicas, ya que representa una oportunidad interesante para generar o recibir inversión.

América Latina es la cuarta región en el mundo en consumo de productos laminados con un estimado de 70 millones de toneladas para 2019. Se estima que el consumo de productos laminados en América Latina alcance los 72 millones de toneladas en 2021 y se acerque a los 80 millones de toneladas en 2022. Las exportaciones de acero y productos metalmecánicos de Colombia tienen acceso preferencial a los principales mercados de consumo en América Latina y por debajo del promedio cobrado a los demás países de la región.

Según reportes de la [8] la industria metalmecánica colombiana es una de las más importantes y prometedoras del país, ya que, en el año 2022, el Producto Interno Bruto (PIB) de la industria alcanzó un valor cercano a los 24 billones de pesos, lo que representó alrededor del 1,6% del PIB total del país [9]. Esto implicó una generación mensual de alrededor de 6 billones por trimestre. La industria metalmecánica (encargada de la transformación del acero en bienes intermedios, como el caso de los aceros planos laminados, tuberías, estructuras metálicas y alambres, hasta el desarrollo de maquinaria industrial y bienes, como ascensores y calderas), representada por la Cámara Fedemetal, de la ANDI, se ganó un espacio como sector de talla mundial con un gran potencial para satisfacer la creciente demanda mundial de sus productos. [10] a esto se suma que la producción de productos metalúrgicos básicos ha experimentado un importante crecimiento, duplicando su participación del 26% en 2005 al 52% en 2022.

De acuerdo a [11] el sector metalmecánico ha venido padeciendo cambios debido a las diferentes condiciones que se han presentado en los últimos años y que lo han afectado directamente, como por ejemplo, pandemia, problemas en el mercado internacional, lo que ha hecho que las que no sean competentes tiendan a desaparecer, de acuerdo a [11] en manifiesta que entre el 60% y 90% de las empresas perteneciente a este sector tienden a desaparecer sin ni siquiera llegar al quinto año de operación, en aras de mejoras se propone establecer acciones enfocadas en herramientas que mitiguen problemas de productividad bajo metodologías que se enfoquen en establecer estándares.

En el documento de tendencias 2018- 2028 del sector metalmecánico desarrollado por [10] se exponen un aseries de matrices que proyectan las diferentes actividades que debe desarrollar este sector con el fin de mejorar su productividad y competitividad, entre las misionada se destaca “Fortalecer los métodos de trabajo, optimizar los equipos de trabajo y capacitar en mayor aprovechamiento en las herramientas y las velocidades de corte para agilizar los tiempos de mecanizado”.

En ese orden de idea el sector requiere procesos que generen condiciones de mejoras en función de métodos y tiempos de trabajo, esto garantizará su posicionamiento y la generación de actividades que garanticen que se hace, como se hace, porque se hace, cuando se hace, en qué momento se hace, etc., actividades enmarcadas en el desarrollo de estudios de trabajo. En la presente investigación pretende identificar en qué condiciones se encuentra el sector metalmecánico frente a un estudio de métodos y tiempos.

## II. METODOLOGIA

Considerando, [12] y [13] se plantea un diseño de investigación no experimental, además se usaron dos instrumentos basados en los parámetros de la OIT para evaluar las variables y características de estudios de trabajo (métodos y tiempos).

Ahora bien, el diseño se sustenta en las siguientes etapas:

**Etap 1:** revisión bibliográfica de las variables de estudio, se trabajó en scopus y web of science dos de las principales bases de datos reconocidas a nivel científico de donde se extrajeron metadatos y se definieron los instrumentos y variables a medir.

**Etap 2:** caracterización de los procesos productivos, se aplicaron los instrumentos de recolección de datos, se analizó y se interpretó la información recolectada, evidenciando el estado en que se encontraron los sistemas productivos de las empresas en cuestión.

**Etap 3:** estudio de métodos y tiempos, teniendo en cuenta los diagramas y flujogramas establecidos como parámetros por la OIT se analizaron las diferentes actividades ejecutadas para llevar a cabo los productos metalmecánicos, sumado a esto se toman los tiempos requeridos para cada acción con los que se fijaron estándares.

**Etap 4:** propuesta del diseño estandarizado para el sistema de producción, se correlacionan los resultados de diagramas con estándares de tiempo y de acuerdo a la literatura de tendencias en lean manufacturing se establecen estándares de procesos, de tiempos y de gestión, basándose en la filosofía de despilfarro cero.

Para este caso de estudio se utilizó el CIUU 2511 (Clasificación Industrial Internacional Uniforme), denominado Fabricación de productos metálicos para uso estructural. Se tomo la base de datos de la [14] donde se encontró una población total de 88 Pymes del sector en mención

Para la muestra se determinó de acuerdo con los siguientes criterios de inclusión y exclusión (Figura 1):

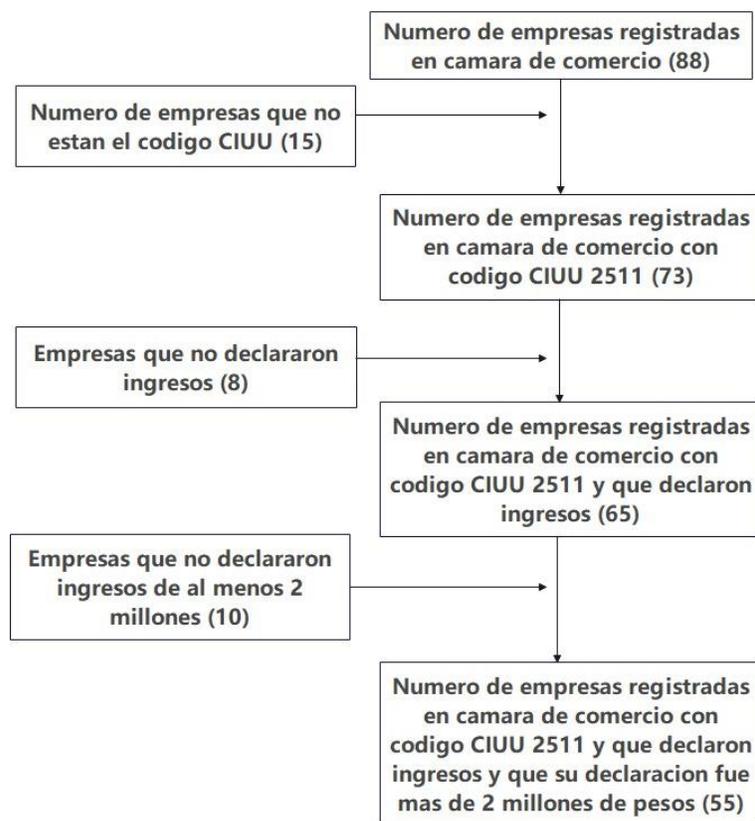


Figura 1: Criterios de inclusión y exclusión.  
Fuente: Elaboración propia.

### III. RESULTADOS

Según el instrumento aplicado, se evidencian los siguientes resultados, que se analizaron estadísticamente para establecer relaciones y correlaciones que permitieran evidenciar que afecta al proceso el desarrollo de estudios de métodos y tiempos.

Dentro de los resultados más representativos a nivel general se encuentran los siguientes (tabla 1):

Tabla 1: Resultados obtenidos.

Preguntas	Porcentaje de participación	
¿Cuántos años tiene la empresa legalmente constituida?		
Entre 5 y 10 años	46%	
¿Cuántos empleados tiene su empresa?		
Entre 10 y 15 Colaboradores	96%	
¿Cuál es el método de trabajo de su empresa?		
Por Pedido	96%	
En esta escala ¿qué tan automatizado está su proceso productivo?		
No Automatizado	80%	
¿Qué tipo de tecnologías de industria 4.0 ha implementado en su empresa?		
Simulación	65%	
¿La capacidad de producción de la empresa por hora es de?		
8-10 unidades	56%	
Preguntas	No	Si
¿Cuenta con un área de diseño y control de productos?	73%	
¿Tiene determinado un sistema de inventario?	58%	
¿se tiene en cuenta la lista de materiales del área de producción?	61%	
¿Existe un plan de compra periódico, de acuerdo con el manejo de inventario?	81%	
¿Existe un plan de producción establecido en su empresa?	52%	
¿Se lleva estudio de métodos y tiempos en los procesos?	62%	
¿Los métodos de trabajo están estandarizados?	72%	
¿Existe un diseño de la distribución de la planta?	59%	
¿Cuenta con elementos de protección personal apropiado para la prevención de accidentes?	63%	
Según su percepción, ¿La iluminación y ventilación es suficiente en cada área de la empresa?	82%	
¿Realizan cursos para mejorar el desempeño del trabajador en relación con la maquina?	77%	
¿Hay un programa de mantenimiento preventivo en la empresa?	66%	
¿Cuenta con un plan o programa de seguridad y salud en el trabajo?	89%	
¿En la empresa se dispone de algún área para el bienestar social de los trabajadores?	91%	
¿Existen retrasos en el proceso de fabricación?		85%
¿Se realiza control de calidad en el proceso productivo?		65%
¿Las herramientas luego de ser utilizadas son sometidas a limpieza		71%
¿El operario está capacitado para las funciones a desarrollar?		52%

Fuente: Elaboración propia.

Según los datos presentados, las empresas encuestadas muestran áreas de oportunidad en la organización y eficiencia de sus procesos. Esto se refleja en el hecho que el 46% de las empresas tienen entre 5 y 10 años de constitución legal, lo que indica una experiencia moderada en el mercado. Sin embargo, el 80% no tienen procesos de producción automatizados, lo que puede ser un factor que limita la capacidad y le eficiencia de producción.

Por otro lado, es de notar que un porcentaje alto el 96% trabajan por pedido, evidenciando con esto que los enfoques son hacia la demanda y no hacia la oferta. Esto puede ser beneficioso en cuanto a reducción de desperdicios, pero no es beneficioso frente a cambios repentinos de demanda. En cuanto a la implementación de tecnologías de la industria 4.0, se observa que el 65% ha implementado herramientas de simulación, indicando un interés en mejorar y optimizar los procesos a través de la tecnología. A pesar de todo esto, hay áreas que requieren atención, como la falta de un área de diseño y control de productos 73%, la ausencia de un sistema de inventario 58% y la falta de un plan de producción establecido 52%.

Tomando como referencias pregunta en el contexto de métodos y tiempos de trabajo se indaga ¿Cómo calificaría la eficiencia de los métodos de trabajo actuales en su empresa? Y ¿Cuál es el nivel de adaptabilidad de su empresa ante cambios o mejoras en los procesos productivos? Cuyos resultados al ser correlacionado y al utilizar el método de correlación de Pearson arrojó un indicador de 0,0412 mostrando un grado de correlación positivo, además estas dos variables presentan una correlación significativa entre si ya que el nivel de significancia fue de 0,01 es importante aclarar que el 38,1% contestó que la eficiencia de los métodos es muy eficiente, mientras que el 48,9% determinó que el nivel de adaptabilidad es altamente adaptable.

Sumado a lo anterior se analiza ¿Qué porcentaje de sus procesos productivos sigue estrictamente los lineamientos de la OIT? Y ¿Con qué frecuencia realiza su empresa revisiones o actualizaciones de sus métodos y tiempos de trabajo? Lo que arrojó como resultado desde el contexto descriptivo que las empresas en un 47,8% establece que entre 0 y el 25% de sus procesos siguen lineamientos de la OIT, mientras que el 54,3% establece que no hace revisión o actualización de sus métodos de trabajo, al hacer la correlación el nivel de significancia se estableció en 0,789 presentando un indicador de no significancia entre estas dos variables, y en grado de correlación se ubicó en -0,029 generando una correlación negativa muy débil.

Se indaga la relación que podría tener los desafíos que enfrenta la empresa al intentar estandarizar los tiempos de producción y la productividad de la empresa con otras empresas metalmecánicas en la ciudad de Valledupar, los resultados arrojados evidenciaron un grado de correlación con un indicador de 0,79 siendo esta medianamente alta, al mirar el indicador de significancia dio como resultado 0,001, lo que

genera una correlación significativa, en términos porcentuales se encontró que el 43,2% tiene como principal desafío la falta de recursos y el 44,1% considera que la productividad es igual a la de otra empresa.

En cuento a los procesos mencionados anteriormente se genera la identificación de procesos enfocados a determinar métodos y tiempos que conlleven a definir una propuesta de estándares que le permita al sector metalmeccánico aplicar esta herramienta y generar mayor productividad de sus procesos.

En primera instancia se realiza estudio de métodos especificando los pasos y procesos que se deben llevar a cabo, para este caso teniendo en cuenta que los productos más vendidos son ventanas y puertas por lo que se trabaja sobre estos dos, se realiza análisis de método bajo esquemas de la OIT los cuales se aplicaron en cada empresa en la figura 2 se presenta un ejemplo:

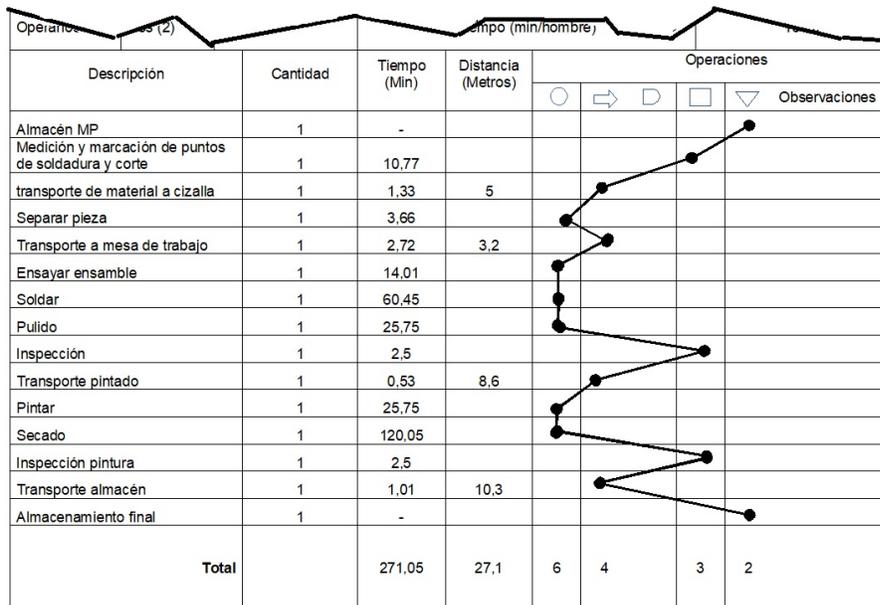


Gráfico 1: Análisis de método bajo esquemas de la OIT.

Fuente: Elaboración propia.

La fase de análisis de los diagramas de flujo culminó con la identificación y cuantificación de las actividades prevalentes dentro de los procesos examinados, se implementó un análisis de frecuencia para identificar las tareas que presentan una mayor recurrencia. Los hallazgos de este análisis se condensaron y se presentaron y detallada en la gráfica subsiguiente. La figura 3 proporciona una distribución clara de las frecuencias de las actividades, lo cual es esencial para la comprensión de la dinámica operativa y la identificación de potenciales áreas de mejora en los procesos estudiados.

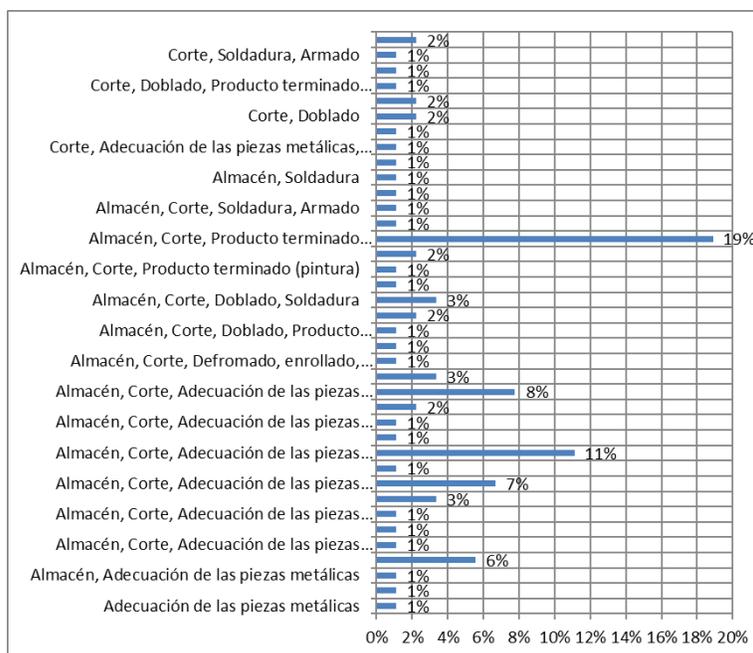


Gráfico 2: Distribución de las frecuencias de las actividades.

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente fase se enfocó al análisis de tiempo donde se determinaron los tiempos de las actividades, con el fin de establecer el tiempo estándar de los procesos (tabla 2):

Tabla 2: Análisis de tiempo de las actividades.

Actividad	Mediciones de tiempos (Minutos)										Prom
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Almacenamiento inicial	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transporte MP a inspección	1,78	1,23	1,56	1,89	1,45	1,58	1,52	1,39	1,29	1,71	1,54
Inspección de materia prima	1,01	0,56	0,9	0,81	0,76	0,83	0,69	0,92	0,59	0,83	0,79
Transporte a cortadora	0,94	0,98	1,09	1,13	0,98	1,26	1,05	1,19	0,73	0,85	1,02
Corte de piezas	17	16,4	17,1	16,6	17,1	16,4	16,9	17	16,6	16,2	16,7
Inspección del corte	1,1	1,24	1,05	1,13	1,05	1,21	1,13	1,17	1,09	1,13	1,13
Transporte a soldadura	0,91	0,85	1,09	0,91	0,95	0,98	0,95	1,01	0,85	1	0,95
Soldadura y pulido	46	47,1	46	46,3	45,3	46	46,7	46,5	47,9	45,3	46,3
Inspección soldadura	1,76	1,32	1,56	1,45	1,62	1,48	1,48	1,54	1,67	1,72	1,56
Preparación pintura	13	12,5	13	12,9	12,9	12,9	13	12,9	13,6	12,7	12,9
Inspección preparación pintura	0,49	0,58	0,69	0,71	0,58	0,51	0,49	0,53	0,58	0,64	0,58
Transporte zona de pintura	1,35	1,13	1,24	1,35	1,24	1,19	1,27	1,19	1,24	1,2	1,24
Pintura	15,6	14,7	15,5	16	15	16	14,7	15,3	15,5	16,5	15,5
Inspección pintura	1,24	1,14	1,31	1,21	1,31	1,14	1,18	1,28	1,12	1,17	1,21
Secado	63,9	63,8	63,2	63,8	62,4	62,9	63,8	63	64	64,9	63,6
Almacenamiento final	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

En el estudio se hicieron observaciones de tiempos según la muestra determinada aplicando fórmulas de cálculo muestral, luego de esta fase preliminar se estimó el coeficiente de suplemento, esenciales para la parametrización del tiempo estándar de los procesos operativos actuales en las empresas metalmeccánico. Con estos datos se establecieron los tiempos por actividad (Tabla 3):

Tabla 3: Tiempo por actividad

Actividad	Elementos	Tiempo Basico: $TN \times (V/100)$
1. Almacen	Descargado del vehículo y recibido por el empleado. Transportado al almacén y organizado en pilas. Movimiento de dos planchas desde el almacén hasta la mesa de trazado. Traslado al área de corte en la mesa de trazado.	$TB = 1,78 \times \frac{50}{100} = 0,89min$
2. Area de Corte	Marcaje de la lámina principal conforme al diseño. Desplazamiento hacia la guillotina. Corte de la lámina de acuerdo con las especificaciones del diseño. Retorno a la mesa de trazado. Realización de marcas de diseño en la superficie principal de la lámina. Movimiento hacia la dobladora. En la mesa de trazado, delineación de la segunda lámina según las medidas. Traslado a la zona de corte. Realización de cortes en los marcos laterales. Corte del refuerzo trasero de la puerta. Desplazamiento hacia la zona de plegado.	$TB = 9,57 \times \frac{75}{100} = 7,18min$
3. Area de doblaje	La dobladora se ajusta a un ángulo de 90 grados para plegar el refuerzo trasero de la puerta. Posteriormente, se procede con el plegado del marco superior y los marcos laterales. El equipo se reajusta a un ángulo de 45 grados para doblar los dobleces de la lámina principal de la puerta. Luego se procede al corte de las esquinas de la lámina principal. Una nueva graduación de la dobladora a 90 grados permite plegar las esquinas de la lámina principal a este ángulo. Finalmente, se transportan los componentes al área de ensamblaje	$TB = 19,94 \times \frac{75}{100} = 14,96min$
4. Area de armado	Se localiza el material necesario en el almacén y se procede a cargar el tubo cuadrado de 20mm. Este se lleva a la prensa, donde se efectúan cortes precisos a 45 grados, acordes con las medidas de la lámina principal. Posteriormente, se traslada al área de ensamblaje, donde se arma y suelda la lámina principal al tubo cuadrado. Luego se lleva a la dobladora para recoger el refuerzo trasero, que a su vez se traslada al área de ensamblaje y soldadura para unirlo a la lámina principal. Finalmente, se traslada al área de cizallas manuales, donde se selecciona un recorte de platina que posteriormente se lleva al área de soldadura	$TB = 36,60 \times \frac{75}{100} = 27,45min$
5. Area de Soldadura	Se procede al doblado, corte y soldadura para conformar el pasador del candado. Se perfora un orificio redondo en la lámina principal para la cerradura, y con la pulidora en mano, se suaviza la superficie del orificio. Seguidamente, se procede a la instalación y soldadura de la cerradura, asegurándose de su funcionamiento óptimo. La estructura es llevada nuevamente a la dobladora para recoger los marcos laterales y el marco superior, que se trasladan al área de soldadura para el ensamblaje con la puerta. Se posicionan tres bisagras en la puerta y se soldan entre el marco lateral y el tubo cuadrado, comprobando su movilidad adecuada. Finalmente, se instala la manija de la puerta y se transporta al área de pintura para su acabado final.	$TB = 49,09 \times \frac{75}{100} = 36,82min$
6. Area de producto terminado (pintura)	Pule la superficie Limpia para liberarla de polvo y grasas Macilla la puerta Preparación de pintura Pinta la puerta Transporta al área de producto terminado Producto Terminado	$TB = 44,50 \times \frac{75}{100} = 33,37min$
		$TB = 120,7 min$

Fuente: Elaboración propia.

Se le adicionaron suplementos para establecer los tiempos estándar de trabajo, se sometieron a un análisis detallado, que reveló desequilibrios en la carga de trabajo de las líneas de producción. En la sección de discusiones de este estudio, se expondrán los parámetros y condiciones específicas, utilizando herramientas avanzadas de ingeniería de métodos, se procedió a aplicar ajustes con el objetivo de estandarizar y optimizar las condiciones operativas.

Mediante este análisis cuantitativo, se construyó un diagrama de recorrido con el propósito de identificar y visualizar las operaciones de traslado y otras tareas no productivas que no aportan valor agregado a la cadena de producción. A partir de ello, se desarrollaron flujos esquemáticos de las disposiciones espaciales, en muchos casos, estos revelaron una organización caótica y una distribución espacial que no satisface los criterios elementales de una eficiente disposición de planta. Se adjunta un caso extraído de los hallazgos de la investigación (figura 2):

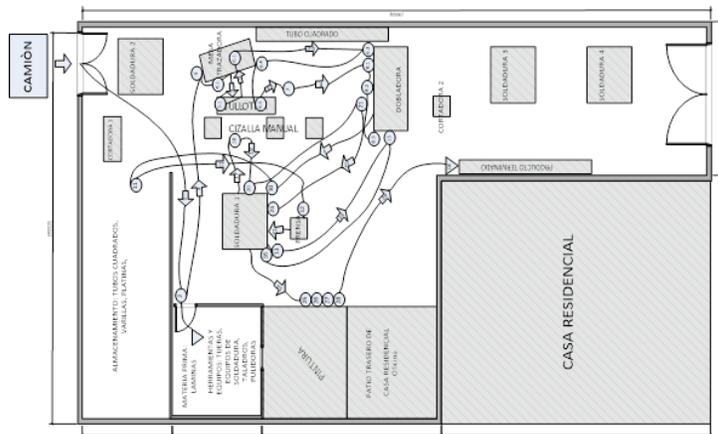


Figura 2: Flujos esquemáticos de las disposiciones espaciales. Fuente: Elaboración propia.

#### IV. DISCUSIÓN

De acuerdo a lo desarrollado se establecieron procesos que permitieron cambios en cada uno de los casos presentado en las empresas, por lo que se tomaron 4 empresas para realizar la aplicación de las proyecciones realizadas, de acuerdo al caso mencionado anteriormente, se optimizó la distribución del espacio al reubicar el área de soldadura, sustituyéndola por la mesa trazadora, la guillotina y la dobladora, esta redistribución logró acortar la distancia entre el almacenamiento y las zonas de operación, operación crucial dado que el transporte de materiales se realiza de forma manual; Luego se agrupó las actividades de trazos del diseño y marcas de las láminas, y posterior se pasó a la guillotina realizando todos los cortes, reduciendo así el transporte de una máquina a otra. Así mismo, una vez terminado el doblaje, se trasladaron todas las partes al área de armado y soldadura, con el fin de evitar futuras visitas a la dobladora a recoger los marcos, refuerzo trasero etc. Se aprovechó el área de almacenamiento lateral de tubos cuadrando, quedando justo al lado de la prensa para realizar los costes necesarios según el diseño establecido.

El esquema de flujo mejorado evidencia una disminución en el número de operaciones, de 37 a 35, y una reducción significativa en las actividades de transporte, de 20 a 12, acortando la distancia total de desplazamiento de 95.9 metros a 42.4 metros. Al respecto, [15] destacan que la “distribución en planta invariablemente tiene un impacto significativo en el rendimiento de un sistema de fabricación o industria de servicios, en consecuencia, ha sido sujeto de investigación activa durante varias décadas, además, causa un alto impacto en el rendimiento de cualquier industria o cadena de procesos”.

Es importante destacar acorde a [16] cuando en un diagrama de recorrido se presenta cruces se hace necesario un arreglo de distribución de planta para lo que se debe desarrollar alguna técnica de distribución soportado en los métodos de distribución, para este caso se tomó como referencia el método SLP. En concordancia se pasó del esquema visto con anterioridad al siguiente (figura 3):

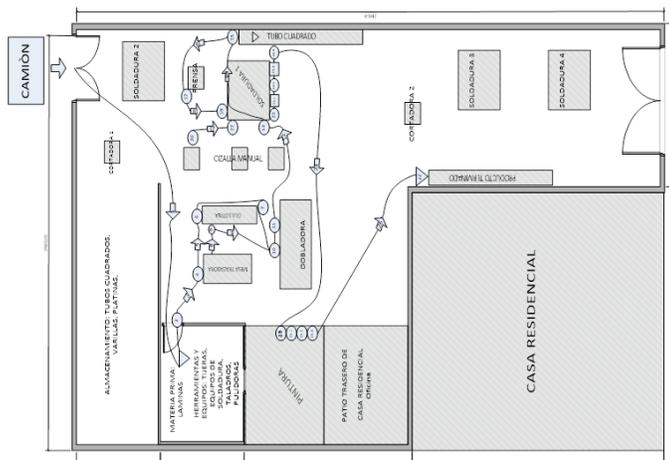


Figura 3: Técnica de distribución soportada en el método SLP. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al contexto de métodos de distribución adecuada permite generar de manera más eficiente el trabajo, pero en cuento se requiere generar que esas actividades se ejecuten bajo una secuencia y una estructura que permita desarrollar actividades con valor agregado, por lo que se hicieron ajustes a los métodos de trabajo, soportado en [17] quien expone que es fundamental para cualquier organización mantener un entorno laboral ordenado, asegurándose de que cada herramienta esté adecuadamente colocada en su ubicación designada y que los productos terminados se almacenen correctamente.

Sumado a lo anterior, [18] en su investigación de factores sicosociales que afectan los trabajadores manifiesta que la dinámica empresarial ha sido profundamente transformada por la globalización, extendiendo las cadenas de suministro y añadiendo complejidad al ambiente de trabajo, esto dado que las industrias han evolucionado para acelerar la producción y la logística, desde el procesamiento de materias primas hasta la entrega del producto final, lo que ha resultado en jornadas de trabajo más extensas, una diversificación de las responsabilidades del empleado y, en ocasiones, la asignación de tareas para las cuales no están completamente capacitados, con la presión de completarlas en el menor tiempo posible, por esto es importante revisar como se encuentran estos factores en el ámbito laboral, para esta investigación se revisaron y se obtuvieron los siguientes resultados (grafico 3):

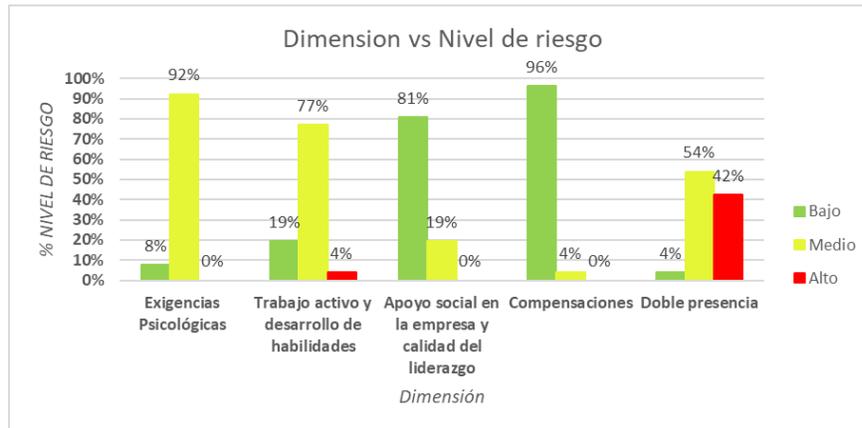


Gráfico 3: Dimensión vs nivel de riesgo.  
Fuente: Elaboración propia.

En el estudio de la dimensión psicosocial, se categorizaron las consultas de acuerdo con las áreas temáticas especificadas en el manual del instrumento de evaluación SUSESO-ISTAS 21 [19] se llevó a cabo una evaluación comparativa entre las distintas categorías y los niveles de riesgo asociados a cada una. Los resultados revelaron que la dimensión de "doble presencia" representa el mayor riesgo psicosocial para los empleados, atribuido a la tensión que surge de las responsabilidades domésticas, lo cual tiene un impacto negativo en su rendimiento profesional.

Con respecto a los tiempos una vez ajustado se llevaron a un gráfico de control X-R con el fin de determinar cómo se encontraban estos frente al contexto de balance de línea por lo que se aplicó un balanceo de línea con el fin de nivel la producción, esto se observó acorde al gráfico 4:

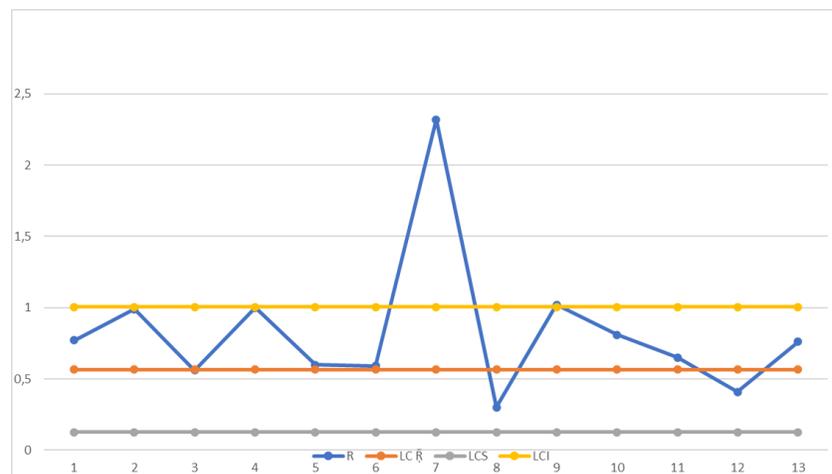


Gráfico 4: Gráfico de control X-R.  
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a el balance de línea [20] una línea de montaje bien equilibrada permite producir productos en un tiempo óptimo utilizando menos recursos, como máquinas, materiales o mano de obra, ya que se produce la cantidad correcta de productos con la cantidad exacta de recursos, generando así ahorros en los costos de producción e incrementando la productividad. En ese orden de ideas, según [21] el equilibrio en las líneas de producción representa una técnica crucial para la gestión productiva. Al alcanzar un balance adecuado en la línea, se facilita la mejora en distintos factores que impactan directamente la productividad. Estos incluyen la gestión del inventario de componentes en espera de procesamiento, la reducción del tiempo medio de producción y la eficiencia en el envío de lotes de piezas terminadas.

Aun que se intentó hacer una actividad de balanceo en el gráfico, se ve la actividad 7 fuera control los ajustes a esta actividad son difíciles gracias a su naturaleza, esta es la de soldadura que requeriría aspectos de automatización para mejorarla.

## V. CONCLUSIONES

El artículo cuyo objetivo se centró en ofrecer un análisis de como definir estándares bajo principios de ingeniería de métodos y tiempos, evidencio la necesidad crítica de estandarizar procesos para mejorar la productividad, se encontró que un 96% de las empresas están operando por pedido y un 80% reportan procesos no automatizados, lo que conlleva a la implementación de estudios de métodos y tiempos lo que emerge como una herramienta indispensable para la optimización, por otras parte la adopción de tecnologías de simulación, presente en un 65% de las empresas, refleja un compromiso con la actualización y contextualización a nuevas tendencias, aunque la capacidad de producción promedio de 8-10 unidades por hora señala un amplio margen para la mejora y al revisar la correlación significativa entre la eficiencia de los métodos de trabajo y la adaptabilidad de la empresa ante cambios en los procesos productivos, con un indicador de 0,79 y un nivel de significancia de 0,001, resalta la relevancia de los estudios de métodos y tiempos para la estandarización y mejora continua.

El balance de línea se identifica como una técnica decisiva para la gestión productiva, donde un equilibrio adecuado puede mejorar la gestión del inventario, reducir el tiempo medio de producción y aumentar la eficiencia en el procesamiento de piezas terminadas. Sin embargo, la actividad de soldadura, fundamental en el proceso, presenta desafíos significativos debido a su naturaleza compleja y la necesidad de automatización para su mejora. Este hallazgo se relaciona con la observación de que el 43,2% de las empresas enfrenta la falta de recursos como principal desafío, mientras que el 44,1% considera que su productividad es comparable a la de otras empresas. Estos datos resaltan la importancia de los estudios de métodos y tiempos para identificar y estandarizar procesos críticos, lo que a su vez puede conducir a una mayor productividad y competitividad en el sector.

Sumado a lo anterior, la investigación cumple con su objetivo ya que proporciona evidencia de que la estandarización de procesos a través de estudios de métodos y tiempos es fundamental para el sector metalmeccánico. A pesar de que un 47,8% de las empresas siguen los lineamientos de la OIT en menos del 25% de sus procesos, y un 54,3% rara vez revisa o actualiza sus métodos de trabajo, los resultados demuestran que la estandarización puede conducir a mejoras significativas en la eficiencia y la productividad. Por lo tanto, se recomienda una adopción más amplia y sistemática de estos estudios para mantener la relevancia y el crecimiento en un mercado globalizado y digitalmente avanzado.

## VI. REFERENCIAS

- [1] N. Pineda, "El Ingeniero Industrial Actuando En Diversas Disciplinas," in Fifth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2007), June 2007, p. 10. [En línea]. Disponible en: [http://www.laccei.org/LACCEI2007-Mexico/Papers/PDF/IE057\\_Pineda.pdf](http://www.laccei.org/LACCEI2007-Mexico/Papers/PDF/IE057_Pineda.pdf).
- [2] F. Meyers, "Estudio de tiempos y Movimiento para la manufactura ágil", 2000.
- [3] Forbes, "ANDI: El abastecimiento de acero del país está garantizado," Forbes, Nov. 07, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://forbes.co/2022/05/04/economia-y-finanzas/andi-el-abastecimiento-de-acero-del-pais-esta-garantizado/>.
- [4] M. I. Redondo Ramírez, C. A. Díaz Restrepo, y G. A. Buchelli Lozano, "Índices de producción para el sector metalmeccánica en Colombia", REV VENEZ GERENC, vol. 26, n.º 96, pp. 1364-1379, oct. 2021.
- [5] C. Monteiro, L. Ferreira, N. Fernández, J.C. Sá, M.T. Ribeiro and F. Silva, "Improving the Machining Process of the Metalworking Industry Using the Lean Tool SMED", Procedia Manufacturing, vol. 41, pp. 555-562, 2019, doi: [10.1016/j.promfg.2019.09.043](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.043).
- [6] C. Arcos Erazo, "ANÁLISIS DE COMPETITIVIDAD, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA EN EL SECTOR METALMECCÁNICO COLOMBIANO", Encuentros con semilleros, vol. 2, no. 2, Sep. 2021, doi: [10.15765/es.v2i2.2629](https://doi.org/10.15765/es.v2i2.2629).
- [7] M. Pineda, "Ven gran oportunidad para el sector metalmeccánico nacional," Modern Machine Shop México, México, Mar. 23, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.mms-mexico.com/noticias/post/oportunidades-para-el-sector-metalmeccanico-en-mexico>.
- [8] Cámara de Comercio de Manizales, "Informe del sector: Industria Metalmeccánica," Manizales, 2022.
- [9] Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, "Producto Interno Bruto (PIB) Nacional trimestral II trimestre 2023," Bogotá, Aug. 2023.
- [10] B. Betancourt and J. Cruz, "Escenarios futuros del sector metalmeccánico. Municipio de Tuluá y su zona de influencia. Horizonte 2018-2028", Informador Técnico, vol. 82, no. 2, p. 181, Sep. 2018, doi: [10.23850/22565035.1408](https://doi.org/10.23850/22565035.1408).
- [11] E. Contreras Castañeda and R. Pérez Uribe, "Priorización de problemas en talleres metalmeccánicos: dos casos de estudio en Boyacá-Colombia", Ingeniería Industrial Actualidad y Nuevas Tendencias, vol. 7, no. 27, pp. 47-68, 2022, doi: [10.54139/riiant.v7i27.161](https://doi.org/10.54139/riiant.v7i27.161).
- [12] R. Hernández, C. Fernández, and M. del P. Baptista, Metodología de la investigación. 2010.
- [13] C. A. Figueroa Garzón, N. S. Rincón Parra, H. L. Jiménez Orozco, and F. M. Ávila Guerrero, "Revisión documental de factores de producción analizados en investigaciones del sector metalmeccánico Colombia 2015-2019", Ingenierías USBMed, vol. 11, no. 2, pp. 54-61, Oct. 2020, doi: [10.21500/20275846.4249](https://doi.org/10.21500/20275846.4249).
- [14] Cámara de Comercio de Valledupar, "Informe de registro empresarial 2023", Valledupar, Apr. 2023.
- [15] M. Delgado, M. Moreira, D. Vidal, Y. Andrade, and C. Delgado, "EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL ESPACIO EN LA PLANTA INCUBADORA ESPAM-MFL MEDIANTE EL ALGORITMO CORELAP EVALUATION OF THE SPACE DISTRIBUTION IN THE ESPAM-MFL INCUBATOR PLANT USING THE CORELAP ALGORITHM", Revista: ESPAMCIENCIA, vol. 12, no. 1, pp. 69-74, 2021, doi: [10.51260/revista\\_espamciencia.v12i1.201](https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v12i1.201).
- [16] L. Taipe Chingo and D. Rivas Sierra, "Mejoramiento de la línea de producción en la fabricación de pallets mediante el estudio de trabajo en Tropical Pallets S.A.", RIINN, vol. 9, no. 1, May 2021, doi: [10.21897/23460466.2419](https://doi.org/10.21897/23460466.2419).
- [17] K. Assan, V. Castro, D. Fontalvo, E. García, S. Ramírez, and A. Huyke, "Aplicación del Estudio de Métodos y Tiempos: Caso Empresarial. Muebles & Colores La 30", Boletín de Innovación, Logística y Operaciones, vol. 5, no. 1, pp. 65-86, Feb. 2023, doi: [10.17981/bilo.5.1.2023.06](https://doi.org/10.17981/bilo.5.1.2023.06).
- [18] A. Ortiz, "Factores psicosociales que afectan a los empleados en las organizaciones", Daena: International Journal of Good Conscience, vol. 16, no. 3, pp. 1-23. Noviembre 2021.
- [19] M. Candia, J. Pérez, and D. González, "Manual del método del cuestionario SUSES0/ISTAS21", 2020.
- [20] V. Sosa, J. Palomino, C. Leon, C. Raymundo, and F. Dominguez, "Lean Manufacturing Production Management Model focused on Worker Empowerment aimed at increasing Production Efficiency in the textile sector", in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Institute of Physics Publishing, Apr. 2020. doi: [10.1088/1757-899X/796/1/012024](https://doi.org/10.1088/1757-899X/796/1/012024).

- [21] O. Escalante, "Production Line Balancing Model to Improve Productivity in a Tempered Glass Processing Company," *Industrial Data*, vol. 24, no. 1, pp. 219–242, Aug. 2021, doi: [10.15381/idata.v24i1.19814](https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.19814).