

Ergonomic redesign to reduce TME in manual processes of a plant in the LPG sector to increase efficiency

Yakeline Loa-Puris, BSc¹, Jorge Pro-Feijoo, BSc¹, Iliana Macassi-Jauregui, MSc¹ and Edgar Ramos-Palomino, MSc¹
¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Peru, u201522579@upc.edu.pe, u201514924@upc.edu.pe, pcadlmac@upc.edu.pe, pcineram@upc.edu.pe

Abstract– Factors such as repetition of movements, the application of overexertion during activities and uncomfortable postures due to the disergonomic design of the workstations; affect their work performance and expose workers in the LPG packaging process to risks of musculoskeletal disorders. These factors generate an efficiency of 62% in the process, a low indicator compared to 78.4% in the sector. Due to the causes that originate the problem, this investigation has for reason the ergonomic analysis of the workstations. The result is the ergonomic redesign of the painting and injection station based on the principles of anthropometry, economy of movements and the study of postures, reducing the muscular fatigue of the operators. Thanks to the adjustments, an 81% increase in efficiency was achieved in the packaging process.

Keywords-- Efficiency, Ergonomics, postures, Musculoskeletal disorder, Anthropometry.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.588>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

Rediseño ergonómico para disminuir los TME en procesos manuales de una planta del sector de GLP para incrementar la eficiencia

Yakeline Loa-Puris, BSc¹, Jorge Pro-Feijoo, BSc¹, Iliana Macassi-Jauregui, MSc¹ and Edgar Ramos-Palomino, MSc¹
¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Peru, u201522579@upc.edu.pe, u201514924@upc.edu.pe, pcadlmac@upc.edu.pe, pcineram@upc.edu.pe

Abstract– Factores como la repetición de movimientos, la aplicación de sobreesfuerzos durante sus actividades y las posturas incómodas debido al diseño disergonómico de las estaciones de trabajo; afectan en su rendimiento laboral y exponen a los trabajadores del proceso de envasado de GLP a riesgos de trastornos musculo esqueléticos. Estos factores generan una eficiencia del 62% en el proceso, un indicador bajo comparado con el 78.4% del sector. Debido a las causas que originan el problema, esta investigación tiene por motivo el análisis ergonómico de las estaciones de trabajo. El resultado es el rediseño ergonómico de la estación de pintado e inyectado basado en los principios de la antropometría, economía de movimientos y el estudio de posturas logrando reducir la fatiga muscular de los operarios. Gracias a los ajustes se consiguió un aumento en la eficiencia de 81% en el proceso de envasado.

Keywords-- Eficiencia, Ergonomía, posturas, Trastorno musculoesquelético, Antropometría.

I. INTRODUCTION

Uno de los rubros que tiene impacto sobre el crecimiento económico nacional es el de la extracción de hidrocarburos. Este sector ha representado el 12.4% del PBI del país. Esto es debido en parte a que los habitantes del Perú utilizan el GLP (Gas licuado de petróleo) para diversas actividades. El GLP es usado en un 99.6% para la cocción de alimentos. Además, el uso del GLP como fuente de energía para la cocción en el país representa un 74% siendo más elevado en las zonas urbanas con un 83%. En el Perú existen registradas 117 plantas envasadoras de GLP y 4582 empresas distribuidoras de balones de GLP por ello es un negocio sostenible. Al ser el gas un producto básico y de alto volumen de producción; las plantas envasadoras de GLP siguen un proceso de manufactura de flujo continuo.

La dificultad de las líneas de producción que siguen la estructura de flujo continuo, como el proceso de envasado de GLP es que la gran cantidad de actividades resultan repetitivas y agotadoras al pasar las horas de la jornada laboral, mayormente provocadas por el método y diseño de sus puestos de trabajo; dando como resultado posibles lesiones a largo plazo en los operarios y una baja eficiencia de producción. En el Perú no hay estudios ergonómicos realizados en el sector de comercialización de GLP envasado. Sin embargo, en otros países se han realizado investigaciones sobre evaluaciones ergonómicas en procesos similares dando como resultado que el 31% de trastornos músculo esqueléticos se genera en la muñeca, 20% en la espalda y 19 % en los brazos. Se afirma que los pintores es el grupo ocupacional más grande donde las

partes del cuerpo más afectadas con un 69% son las extremidades superiores, como las manos y brazos.

La eficiencia está directamente asociada con la calidad del capital humano. Es por ello que muchas organizaciones con el fin de aumentar su eficiencia no solo se enfocan en la calidad del producto, disposición de materiales, maquinaria u otros aspectos sino también en el recurso humano, donde se busca garantizar la seguridad y la satisfacción en el espacio de trabajo [1]. El recurso humano tiene necesidades y para ello se deben tomar en cuenta las necesidades piramidales de Maslow [2] que son las que todo ser humano tiene. Partiendo de este punto, todo cambio que se realice en la empresa debe hacerse pensando en el personal. Muchas empresas suelen priorizar metodologías que permiten disminuir costos asociados con la reducción de desperdicios o la excelencia operativa sin tomar en cuenta el factor humano, [3] pero se tiene estudios de que los efectos negativos sobre la calidad de vida de los trabajadores afectan en su desempeño y en el de la empresa. Esto conlleva a priorizar al trabajador; por ello, se toma en cuenta el estudio ergonómico [4]. Ignorar el enfoque ergonómico [5] tiene como consecuencia daños a la salud del operario y esto ocasiona pérdidas de días de trabajo lo cual representa un costo a las empresas [6].

II. ESTADO DEL ARTE

A. Evaluación de posturas

El estudio y análisis de las posturas de los trabajadores mientras desempeñan sus labores es muy importante para la investigación, ya que por medio de esta evaluación postural se puede medir el nivel de riesgo del trabajador. [7] Para evaluar las posturas que los operarios presentan en su labor, se usan los métodos REBA, RULA, JSI y OWAS las cuales sirven para determinar el nivel de riesgo de las posturas y movimientos repetitivos. Los estudios REBA y RULA en conjunto son muy útiles para obtener diagnósticos exactos sobre el nivel de riesgo de las posturas en las áreas de trabajo [8]. Los métodos JSI y RULA aplicados conjuntamente logran aumentos en la productividad y calidad del producto [9]. El resultado del método OWAS nos indica en que posturas hay riesgos para el sistema músculo esquelético del operario y en que intensidad [10]. Gracias a la aplicación del método OWAS en una empresa del sector metalmecánico se rediseñaron las estaciones para el aumento de la productividad [11]. Los accidentes y lesiones tienen un costo promedio mundial de 4.5% del PBI [12]. Hoy en día, se pierden 3.5 años

de vida por cada 1000 trabajadores debido a lesiones en el trabajo. En empresas donde el trabajo físico es el principal componente de su producción se evidencia un gran número de lesiones corporales en los trabajadores [13]. Por ello es importante garantizar la satisfacción y seguridad en el trabajo.

B. Rediseño de estaciones basado en Antropometría

El diseño ergonómico tiene como propósito garantizar la comodidad del trabajador en su puesto de trabajo. En un taller de pintura [14] se implementó un soporte universal siguiendo el concepto antropométrico y se redujeron no solo los riesgos ergonómicos sino también los defectos de los productos debido al mal pintado. El diseño de herramientas manuales siguiendo el concepto antropométrico también tiene efectos positivos, como son reducir los trastornos a la muñeca y también reducir el tiempo de ciclo de la operación. [15] Existe una amplia gama de variaciones de tamaño y tipo de cuerpo [16], debido a esto se deben hacer ajustes a las estaciones tomando en cuenta las medidas antropométricas de la población que realiza actividades en ciertos puestos de trabajo. Se comprueba la efectividad de la antropometría a nivel población gracias a un estudio en un instituto destinado a alumnos donde se diseñaron los mejores muebles para la comodidad de todos [19].

C. ErgoVSM

Muchas organizaciones tienen una tendencia a querer implementar la filosofía lean en su entorno [18]. Sin embargo, los estudios revelan que el 50% de los casos donde se implementa esta filosofía tienen efectos negativos en la calidad de vida del trabajador [19]. Para que los resultados sean positivos se debe implementar lean con intervenciones ergonómicas. Es el caso de una empresa textil donde [20] se implementó el Ergo-VSM el cual permitió identificar las estaciones críticas con un mayor riesgo de factores humanos dentro del proceso. Al rediseñar las estaciones se logró mejorar el rendimiento operativo, el rendimiento de producción y la reducción del tiempo total de entrega de sus pedidos. Se obtienen mejores resultados al eliminar actividades que no agregan valor al proceso de producción y a su vez analizando la severidad de las posturas, fuerzas y variación física de las actividades en proceso [21]. En una empresa metalmeccánica se utilizó también esta herramienta y permitió un aumento en la productividad del 33% y una reducción en los riesgos ergonómicos del 52%.

D. Distribución de planta con enfoque ergonómico

En un estudio realizado en una planta productora de lácteos se aplicaron técnicas basadas en la metodología SLP [23] con el fin de aumentar la productividad de la planta. El método SLP es usado también a nivel de estación con el fin de aumentar indicadores de producción en la planta [24]. Los indicadores más útiles para medir el resultado de aplicar la metodología SLP [25] en un lugar es la de reducción de costos de producción y también el del riesgo ergonómico de los operarios [26]. Teniendo como objetivo reducir estos costos,

se utilizan criterios de accesibilidad y de eficiencia del flujo de los materiales entre las instalaciones. Del mismo modo, para realizar estos cambios se toma en cuenta la seguridad y la ergonomía de los trabajadores [27]. Los transportes y las posturas son un aspecto importante a considerar para la redistribución de planta [28]. Los cambios a factores ergonómicos dentro de la planta se deben detallar con un antes y un después del diagnóstico con el fin de medir la efectividad de las intervenciones [29]. En conclusión, las mejoras en una planta de producción también deben ser validadas por los resultados positivos de la ergonomía de los trabajadores, la cual es una de los factores más importantes de la satisfacción del trabajo según Ozturkoglu [30].

III. APORTE

A. Fundamento

Para las líneas de producción que siguen la estructura de flujo continuo como el proceso de envasado de GLP; la gran cantidad de movimientos resultan repetitivas y agotadoras [31] dando como resultado posibles lesiones en operarios [20] y los costos adicionales asociados con la recuperación [12]. La revisión de la literatura muestra que la mayor parte de la investigación sobre intervenciones de ergonomía se ha centrado principalmente en la primera etapa: la evaluación ergonómica y no continúan con la implementación de las mejoras en los lugares de trabajo [23], pero algunos artículos indican resultados exitosos como se ve en la tabla 1.

TABLE I
ARTÍCULOS BASE DONDE SE MUESTRA EL APORTE DE CADA UNO DE ELLOS A LA PROPUESTA DE MEJORA DEL CASO DE ESTUDIO

Artículo	Aporte
“Ergonomic Comparison between a ‘Right Angle’ Handle Style and Standard Style Paint Brush: An Electromyographic Analysis” Agostinucci, J., & McLinden, J. (2016)	Al rediseñar el puesto de trabajo basado en la antropometría se logrará reducir el nivel de riesgo al realizar las actividades de un proceso productivo.
“Development of Universal Portable Spray Stand for Touch-Up Process in the Paintshop” Schwerha, D., Casey, A., & Loree, N. (2020)	Al rediseñar el puesto de trabajo basado en la antropometría se elimina movimientos innecesarios que generan sobreesfuerzos en los operarios.
“Research on Dynamic Facility Layout Problem of Manufacturing Unit Considering Human Factors” Li, J., Tan, X., & Li, J. (2018)	Al integrar la metodología SLP con el enfoque ergonómico hacia los trabajadores se conseguirá un proceso de producción con una mejor eficiencia.

B. Metodología propuesta

El modelo propuesto; donde se detalla en Fig. 1 está compuesta de tres fases para lograr alcanzar la reducción de la fatiga muscular en los operarios e incrementar la eficiencia del proceso de un flujo continuo [5].

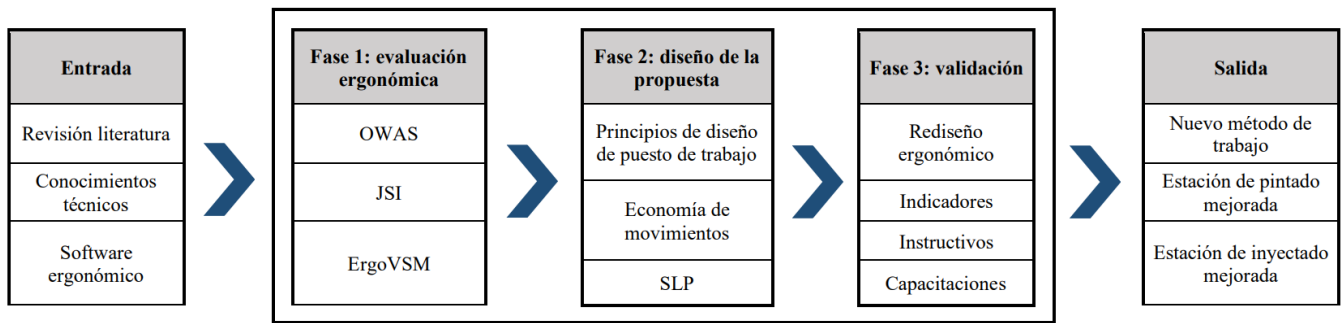


Fig. 1 Fases de la metodología propuesta

C. Detalle del modelo

El diseño del modelo consta de 3 pasos basadas en los principios de diseño del lugar de trabajo, economía de movimientos y SLP.

- Paso 1: Evaluar el nivel de riesgo postural

Según el análisis postural OWAS se obtiene que la categoría de riesgo es de nivel 3 en la estación de pintado, inyectado y 2 en emblemado. Asimismo, para el análisis de JSI o se obtuvo un nivel de riesgo 13.5, donde indica que esta tarea es de alto riesgo para la salud del trabajador. Además, con el ErgoVSM se concluye que el área de pintado es el cuello de botella del proceso de envasado de GLP y el más crítico de la empresa a evaluar (Fig. 2).

- Paso 2: Diseñar la estación de pintado

En base a los principios del diseño de trabajo se rediseña la estación de pintado tomando en cuenta las medidas antropométricas de la población hispana, las dimensiones antropométricas de cada medida y la tabla de la distribución normal para realizar los cálculos respectivos. Estos cálculos ayudaron a reubicar los componentes de la cabina de pintura para que se encuentre accesible para un 95% de la población; las cuales se detallan en la Fig. 3.

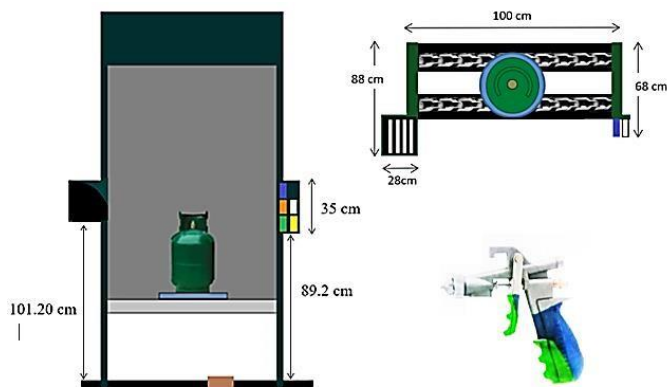


Fig. 3 Componentes presentes en la estación de pintado después de la mejora

- Paso 3: Definir el método de trabajo de la nueva estación de pintado

Debido al nuevo diseño ergonómico propuesto de la estación de pintado, se detalla las actividades a realizar para el método propuesto de trabajo en el que se profundizó en analizar a través de la evaluación de la secuencia de actividades con el uso de un diagrama bimanual para el operario de esta estación teniendo en cuenta los principios de economía de movimientos que están relacionados con el cuerpo humano y los principios relacionados con la distribución del área de trabajo; ; por ejemplo, las herramientas y materiales se sitúan dentro del área máxima de trabajo.

- Paso 4: Diseño de layout de la estación de inyectado

Luego de revisar los diagnósticos de diagrama hombre-máquina, y siguiendo con la metodología SLP se realiza el diagrama relacional de actividades considerando la cercanía de las balanzas inyectoras con la faja transportadora por ser de prioridad absolutamente necesaria; ya que afecta en el tiempo de ciclo de la estación y el esfuerzo del operario al cargar y trasladarse con el balón lleno de GLP.

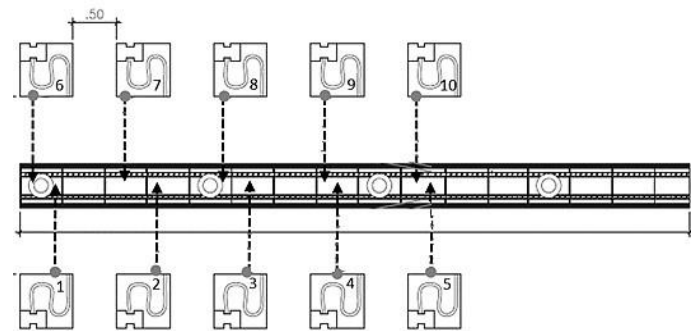


Fig. 4 Layout propuesto de la estación de inyectado del objeto de estudio

Se concluyó que se debe disminuir las distancias entre las balanzas y la faja transportadora y para lograr esto, se optó por la ampliación de la faja transportadora.

- Paso 5: Simulación en el software

Se ha utilizado una herramienta de diseño virtual, Software Delmia V5 Human, este permite simular como se muestra en la Fig. 5.

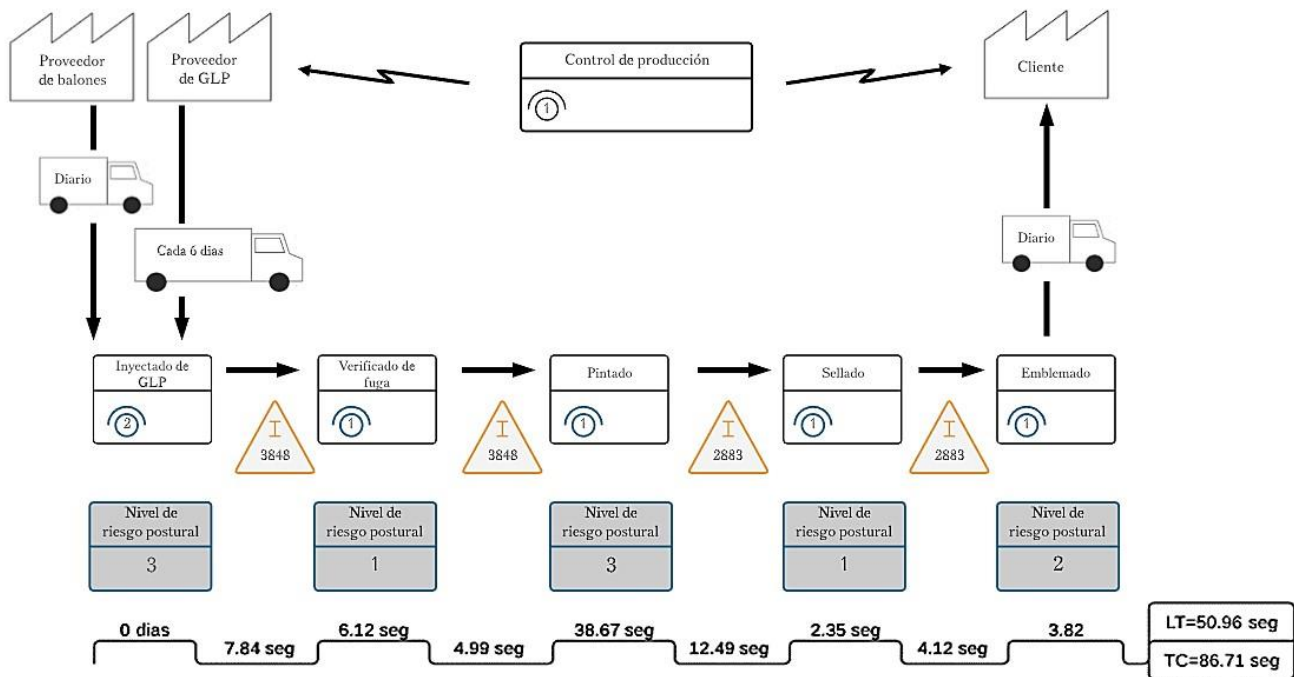


Fig. 2 Ergo VSM del caso de estudio



Fig. 5 Número de posturas riesgosas encontradas en cada estación Actual vs Mejorado.

Para comunicar e instruir a los trabajadores se elabora un instructivo para la nueva estación de pintado; además de una lista de verificación del pintado correctamente del balón. Asimismo, para el nuevo método de inyectar GLP se elabora un instructivo. Las capacitaciones sobre los nuevos métodos de trabajo, uso correcto de EPP's y levantamiento adecuado de cargas fueron realizados por los autores de la propuesta.

IV. VALIDACIÓN

En el ErgoVSM en estado futuro se define la categoría de riesgo que se desea alcanzar luego de implementar la propuesta de rediseño. Asimismo, se desea fusionar las estaciones de pintado y emblemado, ya que queremos reducir la cantidad de personas expuestas a estos riesgos por

exposición a químicos y lesiones en las muñecas. Por ende, en la Tabla 1 se muestra los resultados de la situación actual - después de la simulación.

V. CONCLUSIONES

Los resultados de la propuesta de mejora son la reducción del nivel de riesgo postural en 66% cada estación de trabajo, reducción del nivel de esfuerzo en 91% en la estación de envasado. Por último, el tiempo de ciclo de la estación cuello de botella (pintado) se redujo de 12.49 seg/ balón a 9.90 seg/balón; la

cual generó un incremento en la eficiencia de la planta del 14% logrando alcanzar la eficiencia promedio en empresas similares del sector. El proceso del modelo es un ciclo de mejora continua; por ende, después de simular se verificará nuevamente con una evaluación ergonómica para demostrar que las propuestas cumplen en reducir los riesgos ergonómicos obteniendo un puntaje menor que la situación actual.

Para el desarrollo de la simulación de la propuesta de solución en nuestro caso de estudio en el Software Delmia V5 Human se tenía que modificar las medidas predeterminadas del tipo de población americana a las medidas de la población hispana. Por ende, se modificó manualmente estas medidas con ayuda de las opciones del software.

El modelo cumple en la totalidad con la hipótesis inicialmente planteada que era alcanzar un 78% de eficiencia en el proceso de envasado. Este porcentaje puede verse incrementado con el tiempo debido al aprendizaje de los operarios.

Indicador	Tipo	Meta	Colorimetría			Situación actual	Situación después de la mejora
			Verde	Ámbar	Rojo		
Nivel de esfuerzo	Reducir	≤ 30 kg.m	≤ 32 kg.m	> 32 kg.m -76 kg.m]	> 76 kg.m	119.6 kg.m	20 kg.m
Tiempo inactivo por el manejo de las balanzas	Reducir	$\leq 10\%$	$\leq 12\%$	$> 12\%$ -40%]	$> 40\%$	33%	9%
Índice de riesgo ergonómica	Reducir	1	1	2	≥ 3	3	1
Movimientos ineficientes	Reducir	$\leq 10\%$	$\leq 15\%$	$> 15\%$ - 30 %]	$> 30\%$	20%	0%
Eficiencia en el proceso de envasado	Incrementar	$\geq 78\%$	$>76\%$	$> 50\%$ -76%]	$\leq 50\%$	64%	78%

REFERENCES

- [1] Botti, L., Mora, C., Piana, F., & Regattieri, A. (2018). The impact of ergonomics on the design of hybrid multi-model production lines in lean manufacturing. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 606, 167–178.
- [2] Gonçalves, M. T., & Salonitis, K. (2017). Lean Assessment Tool for Workstation Design of Assembly Lines. *Procedia CIRP*, 60, 386–391.
- [3] Sobhani, A., M. I. M. Wahab, and W. P. Neumann. 2015. "Investigating Work-Related Ill Health Effects in Optimizing the Performance of Manufacturing Systems." *European Journal of Operational Research* 241 (3): 708–718.
- [4] Hoffmeister, K., A. Gibbons, N. Schwatka, and J. Rosecrance. 2015. "Ergonomics Climate Assessment: A Measure of Operational Performance and Employee WellBeing." *Applied Ergonomics* 50: 160–169.
- [5] Bao, S. S., Kapellusch, J. M., Merryweather, A. S., Thiese, M. S., Garg, job organisational factors, biomechanical and psychosocial exposures. *Ergonomics*, 59(2), 179–194.
- [6] Li, J., Tan, X., & Li, J. (2018). Research on Dynamic Facility Layout Problem of Manufacturing Unit Considering Human Factors. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 1–13.
- [7] Paini, A. de C., Lopes, E. da S., de Souza, A. P., de Oliveira, F. M., & Rodrigues, C. K. (2019). Repetitive motion and postural analysis of machine operators in mechanized wood harvesting operations. *Cerne*, 25(2), 214–220.
- [8] Boulila, A., Ayadi, M., & Mrabet, K. (2018). Ergonomics study and analysis of workstations in Tunisian mechanical manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 28(4), 166–185.
- [9] Alabdulkarim, S., Nussbaum, MA, Rashedi, E., Kim, S., Agnew, M. y Gardner, R. (2017). Impacto del diseño de la tarea en el rendimiento de la tarea y el riesgo de lesiones: estudio de caso de una tarea de perforación simulada. *Ergonomía*, 60 (6), 851–866.
- [10] Brandl, C., Mertens, A., & Schlick, C. M. (2017). Ergonomic analysis of working postures using OWAS in semi-trailer assembly, applying an individual sampling strategy. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 23(1), 110–117. <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1191224>
- [11] Kee, D. (2020). An empirical comparison of OWAS, RULA and REBA based on self-reported discomfort. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 26(2), 285–295. <https://doi.org/10.1080/10803548.2019.1710933>
- [12] Liu, S., Nkrumah, E. N. K., Akoto, L. S., Gyabeng, E., & Nkrumah, E. (2020). The State of Occupational Health and Safety Management Frameworks (OHSMF) and Occupational Injuries and Accidents in the Ghanaian Oil and Gas Industry: Assessing the Mediating Role of Safety Knowledge. *BioMed Research International*, 2020.
- [13] J. R. López-García, Susana García-Herrero, Gutiérrez, J. M., Mariscal, M. A. (2019). Psychosocial and Ergonomic Conditions at Work: Influence on the Probability of a Workplace Accident. *BioMed research international*, 2019, 1-14.
- [14] Mukhtar, MAFM y Hameed, RMS (2016). Desarrollo del soporte universal universal para rociado para el proceso de retoque en la tienda de pintura automotriz. En *IOP Conference Series: Ciencia e Ingeniería de Materiales* (Vol. 114). Instituto de Publicación de Física.
- [15] Agostinucci, J., & McLinden, J. (2016). Ergonomic comparison between a 'right angle' handle style and standard style paint brush: An electromyographic analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 56, 130–137.
- [16] Mauro, C. L., Fisher, E., Korpan, D., & Medrano, P. A. (2015). Ergonomic redesign of a traditional jewelry-polishing workstation. *Ergonomics in Design*, 23(1), 4–12.
- [17] Taifa, I. W., & Desai, D. A. (2017). Anthropometric measurements for ergonomic design of students' furniture in India. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20(1), 232–239.
- [18] Zare, M., M. Croq, F. Hossein-Arabi, R. Brunet, and Y. Roquelaure. 2016. "Does Ergonomics Improve Product Quality and Reduce Costs? A Review Article." *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries* 26 (2): 205–223.
- [19] Sakthi Nagaraj, T., Jeyapaul, R., Vimal, K. E. K., & Mathiyazhagan, K. (2019). Integration of human factors and ergonomics into lean implementation: ergonomic value stream map approach in the textile industry. *Production Planning and Control*, 30(15), 1265–1282.
- [20] Jarebrant, C., Winkel, J., Johansson Hanse, J., Mathiassen, S. E., & Öjmertz, B. (2016). ErgoVSM: A Tool for Integrating Value Stream Mapping and Ergonomics in Manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 26(2), 191–204.
- [21] Brito, M. F., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2019). A continuous improvement assessment tool, considering lean, safety and ergonomics. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- [22] Paredes Rodriguez, A. M., Pelaez Mejia, K. A., Chud Pantoja, V. L., Payan Quevedo, J. L., & Alarcon Grisales, D. R. (2016). Rediseño de una planta productora de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP, CRAFT y QAP. *Scientia et Technica*, 21(4), 318.
- [23] Gosende, P. A. P. (2016). An approach to industrial facility layout evaluation using a performance index. *RAE Revista de Administracao de Empresas*, 56(5), 533–546.
- [24] Kovács, G. (2020). Combination of Lean value-oriented conception and facility layout design for even more significant efficiency improvement and cost reduction. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2916–2936.
- [25] Ali Naqvi, S. A., Fahad, M., Atir, M., Zubair, M., & Shehzad, M. M. (2016). Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning. *Cogent Engineering*, 3(1).
- [26] Dewi, H. E., Awaliyah, R., & Subagyo, H. S. H. (2020). Redesign the layout of agro-industry by using occupational safety and health analysis at tempe chips SME. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 475(1).
- [27] Suhardi, B., Juwita, E., & Astuti, R. D. (2019). Facility layout improvement in sewing department with Systematic Layout planning and ergonomics approach. *Cogent Engineering*, 6(1).
- [28] Schwerha, D., Casey, A., & Loree, N. (2020). Development of a system to integrate safety, productivity, and quality metrics for improved communication and solutions. *Safety Science*, 129.
- [29] Ozturkoglu, O., Saygili, E. E., & Ozturkoglu, Y. (2016). A manufacturing-oriented model for evaluating the satisfaction of workers - Evidence from Turkey. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 54, 73–82.

- [30]Abad, J. D. (2018). Ergonomics and simulation-based approach in improving facility layout. *Journal of Industrial Engineering International*, 14(4), 783–791.
- [31]Radin Umar, R. Z., Sommerich, C. M., Lavender, S. A., Sanders, E., & Evans, K. D. (2018). Conceptual frameworks for the workplace change adoption process: elements integration from decision making and learning cycle process. *Ergonomics*, 61(9), 1173–1186.