

IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING Y ESTUDIOS DE TIEMPOS EN AUTOLAVADOS COMERCIALES

Carlos Daniel Láinez Orellana, Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas
Universidad Tecnológica Centro Americana (UNITEC), Facultad de Ingeniería, Tegucigalpa. Honduras
carlos.lainez@unitec.edu

Abstract– Esta investigación tiene como objetivo principal desarrollar un plan para la reducción de tiempos en el proceso de lavado, aplicando herramientas del Sistema de Mejoramiento de Operaciones. El enfoque se centra en la implementación de la metodología Lean Manufacturing y la realización de estudios de tiempos, con el propósito de optimizar el proceso de lavado. El estudio se llevará a cabo en tres auto lavados comerciales de la ciudad de Tegucigalpa, seleccionados debido a los problemas recurrentes con los tiempos estipulados para el lavado. Estas inconsistencias han provocado demoras en las entregas, generando insatisfacción entre los clientes. Mediante esta propuesta, se busca minimizar los tiempos improductivos y mejorar la calidad del servicio, contribuyendo así a una mayor satisfacción de la clientela y a la competitividad de los establecimientos.

Keywords-- Lean Manufacturing, Estudios de tiempos, VSM, auto lavados, análisis de procesos, Racionalización.

I. INTRODUCCION

Un factor común entre las empresas exitosas a nivel mundial es una técnica introducida por TOYOTA. La implementación correcta de esta herramienta en una organización puede hacerla competitiva en cualquier mercado.[1]

El pensamiento Lean Manufacturing ha ganado relevancia en Costa Rica, con una notable adopción en sectores como la manufactura avanzada, textiles y electrónica. Empresas han implementado Lean para optimizar sus operaciones, reduciendo desperdicios y mejorando la productividad.[2],

A partir de este análisis, se podrá proponer mejoras específicas, identificando áreas con retrasos, desperdicios, retrabajos y otros factores que afectan negativamente el proceso. Este estudio se llevará a cabo en tres empresas de auto lavado que están todas operando en Tegucigalpa. La investigación se centrará exclusivamente en el proceso de lavado, ya que, según

los gerentes, es la etapa donde se presentan mayores problemas de tiempos de entrega. Por ello, se aplicarán las herramientas de Lean Manufacturing y los estudios de tiempos previamente mencionados, con el objetivo de proponer mejoras que optimicen los procesos de esta empresa.

II. METODOLOGIA

A. Enfoque

La investigación se llevó a cabo utilizando un enfoque cuantitativo, caracterizado por su naturaleza secuencial y probatoria. Aunque este método sigue un orden riguroso, permite la redefinición de algunas fases. Inicialmente, parte de una idea general que se va delimitando progresivamente, a partir de la cual se derivan los objetivos y las preguntas de investigación. [3].

Que este enfoque también implica la recolección de datos para probar hipótesis, utilizando mediciones numéricas y análisis estadísticos con el propósito de establecer patrones de comportamiento y validar teorías. Durante el desarrollo de esta investigación, siguiendo el enfoque cuantitativo, se podrán responder las preguntas de investigación previamente formuladas.

B. Variables de la Investigación

En esta sección se explicarán las variables e indicadores de desempeño que se emplearon durante la investigación. Estos elementos proporcionarán la evidencia necesaria para evaluar cómo se medirá el nivel de cumplimiento del objetivo planteado.

Los métodos de estudio de tiempos proporcionan un enfoque sistemático para analizar y mejorar los procesos de trabajo, midiendo el tiempo que toma cada tarea e identificando ineficiencias [4]

- i. Tiempo Normal: Se refiere al período requerido por un operario para completar una operación específica bajo condiciones estándar.
- ii. Tiempo Promedio: Representa el promedio de los tiempos registrados a partir de un mínimo de siete mediciones de una misma operación. Este valor se utiliza para obtener una medida representativa del

tiempo necesario para realizar la tarea en condiciones normales.

iii. Tiempos Suplementarios: Son intervalos de tiempo adicionales que se añaden al tiempo normal de trabajo para compensar factores como pausas, ajustes necesarios y otras actividades no productivas pero esenciales para el proceso.

iv. Tiempo Laboral: Es el periodo durante el cual el operario está efectivamente trabajando en la operación. Este tiempo excluye los descansos y cualquier otro tiempo no productivo.

v. Tiempos Muertos: Miden los períodos en los que no se realiza trabajo útil, es decir, el tiempo en el que el operario está inactivo debido a diversas razones como la espera de materiales, fallos en el equipo, o interrupciones no planificadas

C. Población Y Muestra

Esta investigación se centrará en tres empresas del sector de lavado de autos, que en conjunto cuentan con un total de 17 operarios específicamente asignados al área de lavado. cuando se trabaja con muestras grandes en relación con el tamaño total de la población. Esta corrección mejora la precisión de los intervalos de confianza y reduce el error estándar cuando se extraen muestras sin reemplazo. Por ejemplo, si se muestrea más del 20% de una población finita, aplicar esta corrección puede resultar en una mayor precisión sin necesidad de incrementar desmesuradamente el tamaño de la muestra.[5]

$$n = \frac{Z_{(\alpha/2)}^2 P Q N}{\epsilon^2 (N - 1) + Z^2 P Q}$$

Ilustración 1- Ecuación del Muestreo aleatorio simple

Lo que permitió determinar que 15 operadores son suficientes para realizar la investigación.

Estos operadores se distribuirán entre tres autos lavados, con 5 operadores asignados a cada uno.

$$\frac{17 \times 1.96^2 (1 - 0.5) \times 0.5}{0.1^2 (17 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = 14.57229560871$$

Ilustración 2- Resultado de la ecuación aplicada

Mediante un enfoque de muestreo probabilístico, se aplicó la fórmula del muestreo aleatorio simple para una

población finita, lo que permitió determinar que 15 operadores son suficientes para realizar la investigación. Estos operadores se distribuirán entre tres autos lavados, con 5 operadores asignados a cada uno. Adicionalmente, se utilizará un cronómetro para registrar con precisión los tiempos de las actividades realizadas en el área de lavado, asegurando un análisis.

D. Proceso de Validación

La validación por parte de tres expertos con amplia experiencia en el ámbito industrial resultó fundamental para el estudio, especialmente en la evaluación de tiempos. Validar las herramientas Lean es crucial para garantizar que se adapten correctamente a los contextos específicos, lo que maximiza la eficacia y sostenibilidad de las mejoras implementadas [7] Su experiencia no solo aseguró la validez y confiabilidad de los datos obtenidos, sino que también aportó un enfoque práctico al análisis, garantizando que los resultados fueran relevantes y aplicables.

El estudio comenzó con la recopilación de datos sobre los tiempos de lavado antes de la implementación de las herramientas Lean. Posteriormente, estos datos se compararon con los tiempos registrados después de aplicar las herramientas, lo que permitió identificar retrasos y prácticas ineficientes. Las herramientas Lean son efectivas para eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia operativa, lo que lleva a una mayor creación de valor en las organizaciones.[8]

III. Resultados y Análisis

A. Análisis detallado de tiempos del proceso de lavado

A través de observación y diálogo con los operarios de los tres autolavados, se determinó que el tiempo estimado para el proceso de lavado era de aproximadamente 60 minutos, sin considerar variables como el tamaño del vehículo o su nivel de suciedad. Además, diversos factores externos prolongaban el tiempo total de lavado. La falta de procedimientos estandarizados generaba variabilidad en la duración del servicio, resultando en tiempos de espera más largos que no correspondían con la complejidad real del trabajo en cada vehículo.

B. Situación actual del autolavado #1

En este estudio se examinó el proceso de lavado en un autolavado del norte de Tegucigalpa, con un equipo de cinco operadores encargados de las tareas necesarias. Mediante una observación detallada, se identificaron y

destacaron los subprocesos de cada etapa del lavado. Este análisis exhaustivo permitió detectar áreas de mejora en la eficiencia operativa y la calidad del servicio.

En el análisis efectuado, se detectó que el operador no contaba con los implementos de limpieza en un lugar accesible, lo que le obligaba a desplazarse hasta la bodega para recogerlos. Este traslado provocaba un pequeño retraso en la prestación del servicio, impactando negativamente en la eficiencia del proceso de lavado.

#	Actividad
1	Recepción auto
2	Rociado con manguera
3	Enjabonado
4	Enjuagado
5	Pasado con la toalla chasis
6	Pasado con la toalla interior
7	Aspirado interior
8	Aplicado de limpiador (almorol) chasis
9	Aplicado de limpiador (almorol) llantas
10	Despacho de auto

Ilustración 3- Actividades del proceso de lavado A#1

En el análisis efectuado, se detectó que el operador no contaba con los implementos de limpieza en un lugar accesible, lo que le obligaba a desplazarse hasta la bodega para recogerlos. Este traslado provocaba un pequeño retraso en la prestación del servicio, impactando negativamente en la eficiencia del proceso de lavado.

C. Situación Actual autolavado # 2

En este estudio se realizó un análisis exhaustivo del proceso de lavado en un autolavado ubicado en la zona sur de Tegucigalpa. Aunque el autolavado 1 contaba con un total de siete operadores en planta, el estudio se centró en observar y analizar el desempeño de cinco de ellos. A través de una observación minuciosa, se identificaron y destacaron los subprocesos clave en los que estos operadores participaban durante el proceso de lavado.

#	Actividades
1	Recepción del auto
2	Rociado con manguera
3	Enjabonado
4	Enjuagado
5	Pasado con la toalla chasis
6	Pasado con la toalla interior
7	Aspirado interior
8	Aplicado de almorol interior
9	Aplicado almorol llantas
10	Despacho de llantas

Ilustración 4- Actividades del proceso de lavado A#2

En el análisis realizado, se identificó que el operador no tenía los implementos de limpieza al alcance inmediato, lo que lo obligaba a desplazarse hasta la bodega para obtenerlos. Este movimiento generaba un pequeño retraso en la entrega del servicio, impactando negativamente en la eficiencia del proceso de lavado. Además, se observó que, al limpiar autos de gran tamaño, el operador no lograba cubrir completamente el techo debido a su altura, lo que lo llevaba a inclinarse sobre el vehículo para completar la tarea, afectando así la calidad del trabajo realizado.

D. Situación Actual autolavado #3

En este estudio se llevó a cabo un análisis detallado del proceso de lavado en un autolavado ubicado en la zona centro de Tegucigalpa. El establecimiento contaba con cinco operadores encargados de llevar a cabo las distintas fases del proceso de lavado. A través de una observación minuciosa, se identificaron y destacaron los subprocesos en los que estos operadores participaban. Este análisis permitió una comprensión profunda de las dinámicas operativas, proporcionando una base sólida para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia y calidad del servicio.

#	Actividades
1	Recepción del auto
2	Rociado con balde de agua
3	Rociado con manguera
4	Enjabonado
5	Enjuagado
6	Pasado con la toalla chasis
7	Pasado con la toalla interior
8	Aspirado interior
9	Aplicado de almorol interior
10	Aplicado almorol llantas
11	Despacho de automóvil

Ilustración 5- Actividades del proceso lavado A#3

En el análisis realizado, se mostró que este autolavado enfrentaba problemas significativos debido a la presencia de actividades innecesarias y problemas

recurrentes. La acumulación de estos cuellos de botella contribuía a una experiencia insatisfactoria para los clientes y a una reducción en la capacidad operativa del autolavado.

E. Toma de tiempos

Se empleó el número de observaciones determinado a partir de la ecuación de muestreo aleatorio simple para una población finita, con el fin de registrar los tiempos asociados a las actividades realizadas. Se optó por analizar tres ciclos de trabajo para cada uno de los cinco operarios involucrados. El cálculo del tiempo normal se basa en factores como la habilidad, el esfuerzo, las condiciones de trabajo y la consistencia, evaluados con la tabla de Westinghouse. Esta fórmula ajusta el tiempo observado para reflejar el rendimiento bajo condiciones estándar

HABILIDAD		ESFUERZO			
0.15	A1	Habilísimo	0.13	A1	Excesivo
0.13	A2	Habilísimo	0.12	A2	Excesivo
0.11	B1	Excelente	0.1	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente	0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Bueno	0.05	C1	Bueno
0.03	C2	Bueno	0.02	C2	Bueno
0	D	Medio	0	D	Medio
-0.05	E1	Regular	-0.04	E1	Regular
-0.1	E2	Regular	-0.08	E2	Regular
-0.16	F1	Malo	-0.12	F1	Malo
-0.22	F2	Malo	-0.17	F2	Malo
CONDICIONES		CONSISTENCIA			
0.06	A	Ideales	0.04	A	Perfecta
0.04	B	Excelentes	0.03	B	Excelente
0.02	C	Buenas	0.01	C	Buena
0	D	Medias	0	D	Media
-0.03	E	Regulares	-0.02	E	Regular
-0.07	F	Malas	-0.04	F	Mala

Ilustración 5 : Tabla Westinghouse

El sistema Westinghouse es una herramienta utilizada para evaluar el desempeño de los operarios considerando cuatro aspectos fundamentales: destreza, esfuerzo, condiciones laborales y uniformidad. A través de esta metodología, se asignan calificaciones tanto cualitativas como cuantitativas a cada uno de estos factores, lo que permite realizar ajustes en los tiempos registrados y obtener una evaluación precisa y justa del rendimiento en las tareas analizadas (Santillán, 2015; Solís, 2024).[14]

$$TN = TO * FC$$

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

a. Tabla de tiempos Autolavado #1

Autolavado 1										
5 operadores										
40 observaciones										
Tiempo: min										
Recepcion del auto	Rociado con manguera	Enjabonado	Enjuagado	Pasado con la toalla chasis	Pasado toalla al interior	Aspirado interior	Aplicado almorol chasis	Aplicado almorol llantas	Despacho auto	
2.15	6.4	11.57	9.773	8.13	7.86	10.37	6.65	5.26	4.25	
Tiempo total del proceso (Promedio)	72.413									
Factor de calificacion + 1	73.673									

Ilustración 6- Tabla de tiempos A#1

Los resultados indicaron que el tiempo promedio del proceso de lavado era de 73.67 minutos. Se identificaron tres actividades principales que contribuían significativamente a las demoras y generaban cuellos de botella en el proceso: aspirado, enjuagado y secado. Estas etapas fueron reconocidas como las más problemáticas, afectando la eficiencia general del proceso de lavado.

b. Tablas de tiempos autolavados#2

Autolavado 2										
5 operadores										
40 observaciones										
Tiempo: min										
Recepcion del auto	Rociado con manguera	Enjabonado	Enjuagado	Pasado con la toalla chasis	Pasado toalla al interior	Aspirado interior	Aplicado almorol interior	Aplicado almorol llantas	Despacho auto	
1.7	5.6	10.65	9.45	9.36	8.25	12.25	5.36	4.45	3.25	
Tiempo total del proceso (Promedio)	65.87									
Factor de calificacion + 1	67.13									

Ilustración 7- Tabla de tiempos A#2

Los resultados mostraron que el tiempo promedio del proceso de lavado era de 67.13 minutos. Se identificaron tres actividades clave que provocaban demoras significativas y creaban cuellos de botella: aspirado, enjuagado y secado. Estas etapas fueron destacadas como las más problemáticas, afectando la eficiencia global del proceso. Además, se observó que la aspiradora, al ser de corriente directa, dificultaba la movilidad.

c. Tablas de tiempos autolavados #3

Autolavado 3																
5 operadores																
40 observaciones		Tiempo: min														
Recepcion del auto	Rociado con balde de agua	Rociado con manguera	Enjabonado	Enjuagado	Pasado toalla al chasis	Pasado toalla la interior	Aspirado	Aplicado almorol interior	Aplicado almorol llantas	Despacho de automoviles						
	1.7	2.3	6.25	9.45	9.36	8.25	7.85	12.25	6.25	3.25	4.8					
Tiempo total del proceso (Promedio)	71.71															
Factor de calificacion + 1	72.97															

Ilustración 8- Tabla de tiempos A#3

Los resultados indicaron que el tiempo promedio del proceso de lavado era de 81.20 minutos. Se identificaron tres actividades principales que causaban demoras importantes y formaban cuellos de botella en el proceso: aspirado, enjuagado y secado. Estas fases fueron reconocidas como las más problemáticas, impactando negativamente en la eficiencia general del proceso.

F. VSM Situación actual de los autolavados

El Value Stream Mapping (VSM) es una herramienta esencial en la mejora de procesos, ya que permite identificar y eliminar actividades que no aportan valor dentro de un flujo de trabajo. Su uso facilita la representación visual del estado actual de un proceso y el diseño de un estado futuro más eficiente, con el objetivo de reducir tiempos de espera, mejorar la calidad y aumentar la productividad. Además, brinda una perspectiva integral del flujo de trabajo, lo que apoya la toma de decisiones estratégicas para la mejora continua. Por esta razón, el VSM es una metodología clave en la implementación de prácticas Lean Manufacturing (Rother & Shook, 1999).[9]

a. VSM Autolavado #1

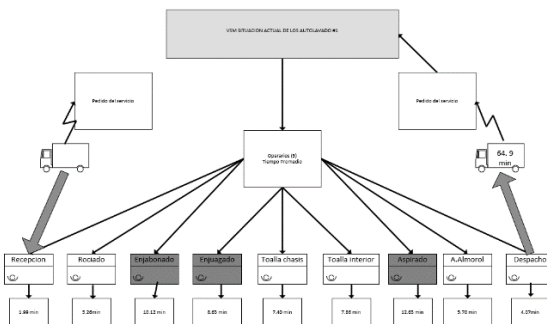


Ilustración 9- VSM Situación Actual A#1

El VSM del autolavado #1 en su situación actual, donde se destacaron en rojo las tres actividades que generaban mayores retrasos y cuellos de botella. Además, se observó que la actividad de secado del chasis con toalla podría alargarse, por lo que se recomendó que el operario emplee movimientos horarios y antihorarios durante el proceso reducir los tiempos de espera con un tiempo promedio total del proceso de 64.9 minutos.

b. VSM Autolavado #2

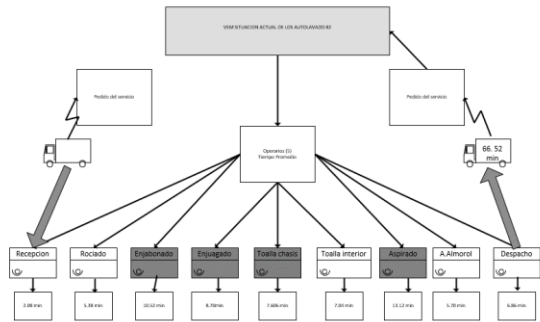


Ilustración 10- VSM Situación Actual A#2

el VSM del autolavado #2 en su estado actual, destacando en rojo las tres actividades responsables de los mayores retrasos y cuellos de botella. Estas tareas se identificaron como las principales causantes de demoras, debido a la falta de herramientas adecuadas o pausas innecesarias subrayando la necesidad de mejorar la distribución de implementos y eliminar tiempos muertos. Además, se observó que el uso de una aspiradora con conexión directa limita la movilidad del operario, cuyo tiempo promedio asciende a 66.52 minutos.

c. VSM Autolavado #3



Ilustración 11- VSM Situación actual A#3

El VSM del autolavado #3 en su estado actual, destacando en rojo las tres actividades que causaban mayores retrasos y cuellos de botella. Estas actividades fueron identificadas como las principales fuentes de demora debido a la falta de herramientas accesibles y pausas innecesarias. Además, se observó que el proceso de enjabonado generaba retrasos, especialmente con vehículos grandes, ya que el operador no lograba cubrir toda la superficie, apoyándose en las llantas, lo que podía dañar el auto y comprometer la seguridad del operario. Y el proceso en promedio total dura 64.42 minutos.

G. Plan para reducción de tiempos

Se identificaron tres procesos que resultan ser los más lentos dentro del flujo de trabajo. Además, se detectó un proceso con alta probabilidad de generar un cuello de botella, lo que podría afectar negativamente la eficiencia general. Estos hallazgos permiten enfocar los esfuerzos en mejorar específicamente estas áreas. Al abordar estos puntos críticos, se espera reducir tiempos y evitar acumulaciones en el proceso productivo.

Reducir el tiempo de los procesos empresariales no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también puede aumentar la satisfacción del cliente al proporcionar servicios más rápidos y precisos [11]

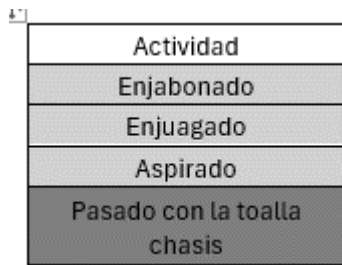


Ilustración 12- Actividades con mas tiempo

Si se logra reducir el tiempo promedio de estos procesos entre un 20% los operarios podrán aumentar su capacidad de trabajo. Según los datos estimados, esto permitiría que cada operario lave de 1 a 2 vehículos adicionales en sus turnos. Para lograr esta reducción de tiempo, se pueden implementar varias mejoras. Una de ellas es la adquisición de aspiradoras a batería, lo que agilizará la limpieza interior sin depender de cables o tomas de corriente. Además, el uso de escaleras antiderrapantes facilitará el acceso a zonas elevadas de los vehículos, mejorando la seguridad y eficiencia de los operarios. Asimismo, al realizar movimientos horarios y antihorarios durante el secado del chasis, se optimizará el proceso de secado, cubriendo más superficie en menos tiempo.

IV. Conclusiones

- i. A través de un estudio de tiempos y un análisis exhaustivo, se logró determinar el tiempo real estimado del proceso de lavado, el cual, en promedio para los tres autolavados analizados, es de 70.36 minutos, contradiciendo la percepción de los operarios, quienes afirmaban que el tiempo era de 60 minutos. Este análisis permitió desglosar los tiempos específicos de cada actividad involucrada, proporcionando una evaluación precisa del proceso y realizando un estudio de tiempos riguroso que refleja la verdadera duración del ciclo de lavado en los autolavados investigados. Además, este estudio evidenció la importancia de contar con mediciones objetivas para optimizar los tiempos de operación.
- ii. El plan de reducción de tiempo en el proceso de lavado es factible, ya que se han identificado las actividades mediante VSM las actividades que generan cuellos de botella. Al optimizar estas actividades e implementar herramientas de Lean Manufacturing, se espera reducir al menos un 15% del tiempo total del proceso. Esta disminución permitiría que cada operario pueda atender entre uno y dos vehículos adicionales, lo que incrementaría la productividad a los autolavados. Además, mejoraría significativamente los tiempos de espera, lo que contribuiría a una mayor satisfacción del cliente y fortalecería la competitividad a los negocios.
- iii. La validación mediante la triangulación de expertos resultó esencial para el éxito del proyecto. Las asesorías recibidas jugaron un papel decisivo en la precisión de los estudios de tiempos y en la implementación adecuada de la metodología Lean. Gracias a la experiencia aportada

por estos expertos, se pudieron identificar mejoras clave, optimizando los procesos de manera efectiva y adaptando las herramientas de Lean a las necesidades específicas de la empresa. Este enfoque colaborativo fortaleció las recomendaciones, asegurando su viabilidad y efectividad en la práctica.

.iv. Afirmar que la evaluación y el análisis de los factores recomendados, junto con la capacitación en Lean Manufacturing para los operarios, resultarán en una optimización significativa del proceso de lavado en los tres autolavados analizados. Esto fomentará una mejor comprensión de la eficiencia operativa y la eliminación de desperdicios, generando una reducción en los tiempos de servicio. Al aplicar correctamente estas estrategias, se obtendrá una mejora tanto en los tiempos de entrega como en la satisfacción del cliente, fortaleciendo la competitividad de los autolavados.

V. Aplicabilidad / Implementación

Cada uno de los tres autolavados analizados deberá llevar a cabo una evaluación para la implementación de los factores recomendados en este estudio. Se sugiere que todos los operarios del proceso de lavado reciban capacitaciones sobre la metodología Lean Manufacturing, lo que permitirá aplicar adecuadamente sus principios. Además, estas capacitaciones mejorarán la comprensión de los empleados sobre la eficiencia operativa y la reducción de desperdicios. Si se implementan correctamente estas recomendaciones, se logrará una reducción notable en los tiempos del proceso, lo cual impactará positivamente tanto en los tiempos de entrega como en la satisfacción del cliente.

compañías. El futuro de la metodología Lean está siendo transformado por los avances tecnológicos y los cambios rápidos en los mercados y las expectativas de los consumidores. A medida que la digitalización avanza, los principios Lean se integran con tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y el análisis de datos, lo que facilita la recolección de datos, la automatización de procesos y el análisis predictivo. Esto mejora la efectividad de las iniciativas Lean en diversas industrias (Toppazzini & Lahti, 2024).[15]

VI. Evolución del trabajo Actual /Trabajo Futuro

Este proyecto de investigación puede avanzar a una segunda fase mediante un enfoque evolutivo, empleando una perspectiva distinta y nuevas herramientas. En esta etapa, sería posible integrar metodologías como las 5S y

redefinir los objetivos, aplicando estrategias de Optimización pertenecientes a las clases de Sistemas de Mejoramiento de las Operaciones e Ingeniería de Métodos. Estas herramientas permitirían un análisis más profundo de los factores que influyen en la productividad de los procesos de la empresa. En particular, se podría estudiar la presencia de los siete tipos de desperdicios identificados en Lean Manufacturing y utilizar enfoques como 5S, Kanban, SMED, TPM. Además, Lean no solo se centra en los procesos, sino también en las personas dentro de la organización. Para Liker (2004), esta metodología fomenta una cultura organizacional basada en la mejora continua y el empoderamiento de los empleados, promoviendo un ambiente colaborativo donde se valoran las ideas y aportes de los trabajadores. Esta orientación hacia la excelencia operativa y la satisfacción del cliente hace que Lean sea una herramienta estratégica para las empresas que buscan mantenerse competitivas en un entorno dinámico y en constante evolución.[12]

La metodología Lean es crucial en la mejora de procesos debido a su capacidad para identificar y eliminar actividades que no agregan valor, conocidas como *muda*. Según Womack y Jones (1996), esta filosofía se enfoca en maximizar la eficiencia y reducir desperdicios, permitiendo a las organizaciones ofrecer productos y servicios de alta calidad mientras optimizan recursos y disminuyen costos.[13]

VII. Referencias

- [1] Allan Figueroa (2020) Fortalecimiento de conceptos lean manufacturing a través del uso de escenarios simulados en Flexsim. *UNITEC, Honduras*.
- [2] Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR). (2021)
- [3] Proofed. (2021). Cómo escribir la sección de métodos de un artículo en formato APA. Consejos de escritura de Proofed.
- [4] Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2016). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw-Hill.

- [5] Rohde, C. A. (2014). Muestreo de población finita. En *Inferencia Estadística Introductoria con la Función de Verosimilitud*. Springer, Cham.
- [6] Cox, J. F., & Blackstone, J. H. (2004). APICS dictionary (11^a ed.). APICS – The Association for Operations Management.
- [7] Smith, J. (2023). The critical role of validating Lean tools in process improvement. *Journal of Lean Management*, 15(2), 45-56.
- [8] Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.
- [9] Hammer, M., & Stanton, S. (1999). *The Reengineering Revolution: A Handbook*. HarperBusiness.
- [10] Smith, J. (2023). *Optimizing Process Efficiency: Strategies for Time Reduction*. Business Insights Publishing.
- [11] Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see: value-stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- [12] Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- [13] Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.
- [14] Santillán, B. (2015). *Sistema Westinghouse*. Recuperado de [Ingeniero Brenda Santillán Blog](#).
- [15] Toppazzini, L., & Lahti, M. (2024). The future of Lean Six Sigma: Trends to watch in 2024. *TL Lean Management*.