ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.1068

Application of Lean Methodologies in the Manufacturing Technology Laboratory at Universidad Tecnológica de Bolívar

Sayuri Julieth Mármol Matute, Highest Degree [1], Alba Zulay Cárdenas Escobar, MSc [1], Natalie Morales Londoño, PhD [1], Armando Mendoza Díaz, MBA [1] Fabián Gazabón Arrieta, MSc [1] and Holman Ospina Mateus, PhD [1]
[1]Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB), Colombia, smarmol@utb.edu.co, acardenas@utb.edu.co, nmorales@utb.edu.co, amendoza@utb.edu.co, fgazabon@utb.edu.co, hospina@utb.edu.co

Abstract*– The purpose of this project is the implementation of Lean Manufacturing tools in the Manufacturing Technology Laboratory at the Universidad Tecnológica de Bolívar to improve order, safety, and space efficiency. The tools to be implemented include VSM, 5S, Kanban, Visual Management, TPM, and SMED, which will address issues such as disorganization, accumulation of unnecessary equipment, safety risks, and inadequate signage. Founded in 2010, the laboratory plays a key role in the practices undertaken by engineering students, allowing them to develop skills in aluminum part manufacturing and practices related to their various fields of study. The implementation of Lean methodologies will directly benefit students, teachers and the laboratory supervisor by creating a safe and organized environment and extending the useful life of the equipment used in the laboratory. Additionally, these implementations will serve as a foundation for future projects applicable to other university laboratories, contributing to the promotion of a culture of continuous improvement and fostering a pleasant and safe academic environment for those participating in practices. The project is the result of the Capstone Project or final project of the engineering program.

***Key words*-- Lean Manufacturing, Efficiency, Safety, Visual Management, Continuous Improvement.**

Aplicación de Metodologías Lean en el Laboratorio de Tecnología de Fabricación de la Universidad Tecnológica de Bolívar

Sayuri Julieth Mármol Matute, Highest Degree [1], Alba Zulay Cárdenas Escobar, MSc [1], Natalie Morales Londoño, PhD [1], Armando Mendoza Díaz, MBA [1] Fabián Gazabón Arrieta, MSc [1] and Holman Ospina Mateus, PhD [1]
[1]Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB), Colombia, smarmol@utb.edu.co, acardenas@utb.edu.co, nmorales@utb.edu.co, amendoza@utb.edu.co, fgazabon@utb.edu.co, hospina@utb.edu.co

Resumen– ***El presente proyecto tiene como finalidad la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en el laboratorio de Tecnología de Fabricación de la Universidad Tecnológica de Bolívar, para mejorar el orden, seguridad y la eficiencia de espacio. Las herramientas para implementar son VSM, 5S, Kanban, Gestión visual, TPM y SMED, las cuales permitirán abordar problemas de desorden, acumulación de equipos innecesarios, riesgos de seguridad y señalización. El laboratorio, fundado en el año 2.010, cumple una importancia en las practicas desarrolladas por estudiantes de ingeniería, permitiéndoles desarrollar habilidades en la fabricación de piezas y practicas relacionadas a sus diferentes estudios. La implementación de metodologías Lean beneficiará directamente a los estudiantes, docentes y al encargado del laboratorio creando un ambiente seguro, ordenando y prolongando la vida útil de los equipos utilizados en el laboratorio. Además, estas implementaciones servirán como iniciativas a la elaboración de proyectos futuros y aplicables a otros laboratorios de la universidad, contribuyendo a difundir una cultura de mejora continua, a un ambiente académico ameno y seguro para quienes realizan prácticas. El proyecto es resultado del Capstone Proyect o proyecto de final de carrera de los programas de ingeniería.***

Palabras clave-- Lean Manufacturing, Eficiencia, Seguridad, Gestión visual, Mejora continua.

I. Introducción

La optimización de los entornos educativos y operativos es clave para mejorar la calidad de la formación técnica en instituciones de educación superior. En este contexto, las metodologías Lean Manufacturing han demostrado ser herramientas efectivas para transformar espacios de trabajo, maximizando la eficiencia, seguridad y organización. Según Ref. [1] [2] Lean es una filosofía de gestión que busca maximizar el valor para el cliente mediante la eliminación de desperdicios y la mejora continua. El laboratorio de tecnología de fabricación de la Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB), utilizado por estudiantes de diversas carreras como ingeniería industrial, mecánica, naval y mecatrónica, enfrenta desafíos comunes de desorganización, ineficiencia y falta de control en los equipos y herramientas, lo cual afecta tanto la calidad del aprendizaje como la seguridad del entorno [3].

Con el objetivo de mejorar las condiciones del laboratorio y proporcionar a los estudiantes una experiencia educativa más efectiva y segura, se implementaron metodologías Lean, como VSM (Value Stream Mapping), 5S, Kanban, TPM (Mantenimiento Total Productivo) y SMED (Single Minute Exchange of Die). Estas herramientas no solo contribuyen a la mejora continua de los procesos, sino que también fomentan la creación de un ambiente de trabajo ordenado y eficiente [4][5]. A través de la integración de estas metodologías [6], el laboratorio de tecnología de fabricación busca optimizar sus operaciones, reduciendo tiempos de inactividad, mejorando la gestión de herramientas y equipos, y promoviendo prácticas más seguras para los usuarios: estudiantes, docentes y operario.

Este artículo presenta un análisis detallado sobre la implementación de estas metodologías en el laboratorio, los beneficios observados y las recomendaciones para asegurar la sostenibilidad y expansión de estas prácticas en otros espacios educativos de la universidad. La adopción de estas herramientas no solo busca mejorar la eficiencia operativa, sino también crear un ambiente de trabajo que potencie el desarrollo de las habilidades prácticas y técnicas de los estudiantes, fundamentales para su futuro profesional.

II. Marco de Referencia

A. Marco conceptual

El Lean manufacturing se enfoca en eliminación de desperdicios mediante diferentes metodologías [7][8][9], desarrolladas a saber

Metodología VSM (Value Stream Mappping) o mapa de flujo de valor permite la visualización y analizar el flujo de información y materiales a lo largo del proceso de uso del laboratorio, identificando actividades que generan valor y aquellas que provocan una ineficiencia en el proceso, lo que resulta fundamental para erradicar estos problemas y mejorar la eficiencia operativa.

55 es una metodología japonesa que implica Clasificación (Seiri), Orden (Seiton), Limpieza (Seiso), Estandarización (Soketsu) y Disciplina (Shitsuke).

Kanban es una metodología visual utilizada para mejorar la eficiencia del flujo de trabajo y la eliminación de desperdicios. Esta metodología permite al equipo de trabajo tener una visión clara y control de las actividades a realizarse, en proceso o terminadas, utilizando recursos como tableros y tarjetas que permitan la gestión del trabajo de una manera estructurada, flexible y visible. La aplicación de esta herramienta Lean es fundamentada en la elaboración de un tablero Kanban dividido en tres columnas de actividades por

hacer, en proceso y terminadas, utilizando notas adhesivas que representas las actividades. Por consiguiente, la aplicación mediante el tablero Kanban permite tener una visión clara del estado de las actividades desarrolladas, así como también la identificación de cuellos de botella.

El mantenimiento total productivo (TPM) es una metodología esencial para lograr la eficiencia de los equipos, que se complementa con estrategias de mejora continua, así como la herramienta de las 5s, enfocada en la organización y estandarización del lugar del trabajo, el TPM se basa en ocho pilares fundamentales que guían su implementación para mejorar la productividad y reducir tiempos de operación, a saber: mejoras enfocadas o método kaizen, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mantenimiento de calidad, mantenimiento preventivo, mantenimiento de áreas de soporte, formación personal y seguridad y entorno.

La metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die) tiene como objetivo principal reducir el tiempo de cambio de máquina, herramientas o preparación de equipos a menos de diez minutos. Esta metodología es un enfoque de mejora continua que por medio del conocimiento permite al operario tener la capacidad de identificar situaciones que afecten la producción en términos de tiempos, lo que permite un entorno seguro para el desarrollo de las actividades. Se desarrolla en cuatro etapas enfocadas en las actividades: análisis, separación (internas de externas), conversión (internas a externas) y seguimiento.

B. Marco teórico

El Lean manufacturing se enfoca en eliminación de desperdicios mediante diferentes metodologías, desarrolladas inicialmente en Japón, específicamente en la fábrica Toyota. La implementación de las herramientas de Lean Manufacturing, surgieron a inicios del siglo XX, con las bases proporcionadas por los investigadores Taylor y Henry Ford en la organización científica y en la cadena de fabricación automotriz. Esta filosofía busca aumentar los índices de productividad, competitividad, eficiencia de las empresas mediante las herramientas enfocadas a la mejora continua, tales como lo son: Kanban, Kaizen, Heijunka, Poka yoke, Andon, Jidoka, 5s, Smed, Tpm, entre otros métodos [10].

Para Ref. [11] se implementó la metodología 5s para la optimización del espacio de trabajo en el área de mejora continua de la empresa Footloose, con el objetivo de incrementar la eficiencia en el uso de espacios de trabajos y reducción de los desperdicios, logrando satisfactoriamente mejorar el orden y la limpieza en un 50%, se establecieron programas de limpieza periódicas, distribución mejor del área de trabajo con menos espacio para almacenar y así incrementar más puestos de trabajo.

En la propuesta de Ref. [12] de mejora basada en la metodología 5s para un taller industrial en el área de montaje en la ciudad de guayaquil, desarrollaron formatos de control y clasificación de elementos innecesarios y un sistema de capacitación, el cual tuvo como objetivo optimizar el manejo de los materiales y mejorar la eficiencia, reduciendo tiempos improductivos causados por la falta de orden y limpieza en el taller de montaje y guiado del taller.

Así mismo, en el trabajo investigativo de Ref. [13], se Implementó 5s como metodología de mejora continua en los almacenes de una empresa comercializadora de ropa, Ricol en México, se logró mejorar los tiempos, condiciones laborales y la calidad en el espacio del almacén, proporcionando orden y sentido a las diferentes dinámicas de trabajo, además se logró clasificar la prioridad de entrega para una mejora continua y control de sus recursos para una mejor toma de decisiones.

Según investigación de Ref. [14] para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos para una empresa manufacturera, se aplicaron las herramientas de lean manufacturing, 5s y Kaizen, la aplicación de estas herramientas lograron reducir los tiempos innecesarios en la búsqueda de materiales, organización y limpieza en el lugar de producción, así mismo al aplicar la metodología kaizen se reducen los tiempos en la fabricación de los productos, el tiempo de fabricación pasó de 20.15 horas a 17.09 horas, es decir disminuyó en 3 horas y 6 minutos.

Para Ref. [15] la aplicación de la metodología 5s en el laboratorio de CAD CAM, logró notables mejoras, creando un entorno limpio y ordenado, además optimizó el uso del espacio para un mejor aprovechamiento, así mismo e implementar un plan de mejora continua para un mejor uso de las condiciones del laboratorio.

El mantenimiento productivo total para el mejoramiento de los procesos operativos hace parte del sistema de mejora continua y herramientas de Lean Manufacturing, por lo tanto en trabajo investigativo presentando [16] desarrolló un proyecto de investigación donde se aplicó el manteniendo productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico en la ciudad de Guayaquil, el establecimiento de este plan en los equipos de CNC logró mejorar de un 71,38 % a 86.88% alcanzando un incremento del 15 % la eficiencia global y su productividad de 53% a un 81% incrementando así en un 32,2 % de los procesos operativos en el taller mecánico.

Según Ref. [17] la implementación de la metodología SMED en la línea cuatro del área de envasado de la fábrica de licores y alcoholes de Antioquia, permitió tener un buen manejo de procesos de fabricación, aumentando así la eficiencia de las líneas, reduciendo tiempos de inactividad, permitiendo una producción rápida y rentable, encaminada a las necesidades actuales del mercado.

Finalmente, para Ref. [18] la implementación de la Metodología 5s en el laboratorio de calidad de la compañía Calidad y Servicios LTDA mejoró la seguridad, clima laboral, eficiencia y las condiciones en el lugar de trabajo. Así como también reconoce la importancia de esta herramienta para el mejoramiento continuo de las condiciones en el lugar de trabajo, sin embargo, este estudio hace énfasis en la disciplina y constancia para el éxito de la aplicación de esta metodología.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación de detallará el entorno operacional y su problemática, la evaluación y selección de alternativas de solución a la misma, el diseño conceptual y su forma de implementación, los entregables y por supuesto los involucrados o población impactada.

A. Entorno operacional

El Laboratorio de Tecnología de Fabricación de la UTB, desde 2010, ha sido clave en la formación práctica de ingenieros industriales, mecánicos y mecatrónicos, proporcionando un espacio para desarrollar habilidades técnicas y comprender procesos de fabricación. Este laboratorio cuenta con maquinaria y herramientas esenciales, actualizadas progresivamente con nuevas tecnologías que lo mantienen a la vanguardia.

Sin embargo, enfrenta desafíos que comprometen su eficiencia y seguridad. La desorganización de herramientas y materiales, la acumulación de equipos innecesarios y la falta de limpieza son problemas recurrentes que limitan el espacio útil, afectan la precisión y vida útil de los equipos, y generan riesgos de seguridad. Además, la ausencia de etiquetado y señalización dificulta la identificación de herramientas y áreas de trabajo, resultando en pérdidas de tiempo y posibles accidentes.

El entorno del laboratorio se ve afectado por suciedad, acumulación de polvo y desechos propios de las actividades de manufactura, sin un sistema claro de limpieza ni mantenimiento. Esto incluye ruidos y temperaturas elevadas generados por los equipos, que pueden afectar la salud y requieren protocolos específicos de uso, seguridad y limpieza.

Por tanto, se hace necesario implementar estrategias para optimizar la organización, limpieza y seguridad del laboratorio, mejorando así el ambiente laboral y garantizando un espacio adecuado para el desarrollo de nuevas tecnologías de fabricación.

B. Evaluación de alternativas de diseño

Para abordar la necesidad de reducir desperdicios, mejorar la seguridad y fomentar un ciclo de mejora continua en el laboratorio de tecnologías de fabricación de la UTB, se evaluaron tres alternativas estratégicas teniendo como referentes a [6][9][10][19]:

Gestión de inventarios: Proponer un modelo que registre y controle materiales y herramientas, asignando un lugar específico para reducir pérdidas y facilitar el seguimiento constante.

Lean Manufacturing: Aplicar un conjunto integral de herramientas como VSM, 5S, Kanban, gestión visual, TPM y SMED, que optimizan procesos, eliminan desperdicios y mejoran la productividad. Además, fomenta ambientes laborales organizados, seguros y orientados al aprendizaje continuo.

Metodología GTD: Implementar un sistema de productividad personal basado en cinco pilares: recopilar, documentar, organizar, revisar y ejecutar tareas. Esto promueve un ambiente laboral ordenado, con calendarios y prioridades claras, eliminando desorden y acumulación de tareas.

Se utilizó una escala de valoración del 1 al 5, siendo 1 la opción menos favorable y 5 la más favorable. Los resultados identificaron a Lean Manufacturing como la alternativa más completa y eficaz para satisfacer las necesidades del laboratorio, respaldada por investigaciones previas como las de [20][21][22][23][24] (ver Fig. 1).

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					CRITERIOS
	IMPACTO				1-MÁS BAJO/MENOS DESFAVORABLE 5-MÁS ALTO/MÁS FAVORABLE
ALTERNATIVAS	TIEMPO	COSTO	FACIL DE IMPLEMINTAR	SOSTENIBILIDAD	TOTAL
SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIO	3	3	3	3	12
HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING	5	5	5	4	19
METODOLOGIA GTD	3	4	3	3	13

Fig. 1 Evaluación de alternativas de diseño

C. Diseño conceptual

El desarrollo del proyecto incluyó cinco herramientas de Lean Manufacturing orientadas a la eliminación de desperdicios y a la optimización del Laboratorio de Tecnología de Fabricación de la UTB. Estas herramientas se integraron de forma estratégica para mejorar el orden, la seguridad y la eficiencia del espacio, teniendo como referente [25][26]. En la Fig. 2 se presenta cómo estas metodologías se relacionan entre sí:



Fig. 2 Esquema de la implementación del diseño conceptual

VSM: Se utilizó como herramienta diagnóstica para mapear el flujo de valor y detectar áreas de mejora en la organización y eficiencia de los procesos. Este análisis permitió identificar obstáculos en el uso del espacio y manejo de los equipos, sirviendo como base para la implementación de las demás metodologías.

Metodología 5S: Se adoptó como sistema de organización y limpieza para eliminar el desorden, establecer un ambiente de trabajo seguro y estructurado, y mantener estándares de calidad en el laboratorio. Este entregable incluye no solo un pendón informativo con los principios de las 5S, sino también la implementación práctica en las áreas de trabajo, organizando materiales, herramientas y equipos. Se desarrollaron manuales y guías para garantizar que todos los usuarios mantengan las prácticas de las 5S de forma continua.

Kanban y Gestión Visual: Se diseñó un sistema de tableros Kanban para gestionar el flujo de trabajo, organizando

tareas en columnas de "Pendientes", "En Proceso" y "Terminadas". También se implementó un tablero específico para la gestión de elementos de seguridad y salud ocupacional. Adicionalmente, se incluyó señalización y etiquetado para áreas, máquinas y herramientas, facilitando su identificación y reduciendo tiempos de búsqueda. Estas mejoras incrementan la eficiencia y minimizan riesgos de seguridad.

TPM: Se aplicaron prácticas de mantenimiento preventivo y planificado, desarrollando formatos que documentan procedimientos rutinarios, registro de intervenciones y anomalías detectadas por los operarios. Además, se incorporó un sistema visual de tres tarjetas codificadas por colores: azul (problemas de mantenimiento), verde (problemas operativos) y roja (problemas de seguridad). Este sistema promueve la responsabilidad compartida y permite una rápida identificación de acciones prioritarias, alargando la vida útil de los equipos y mejorando la seguridad operativa.

SMED: Se elaboraron formatos específicos para optimizar tiempos de preparación en el torno convencional, lo que permite registrar actividades, detectar puntos de mejora y garantizar un uso eficiente del equipo.

D. Entregables del Diseño Conceptual:

La aplicación de estas metodologías derivó en varios resultados concretos:

Optimización del Flujo de Trabajo (VSM): Diagnóstico detallado del laboratorio, identificando y eliminando obstáculos en la disposición del espacio y en los procesos operativos.

Sistema 5S: Implementación de una estrategia integral de organización y limpieza en el laboratorio, incluyendo manuales, guías prácticas y recursos visuales para mantener el espacio organizado y funcional.

Kanban y Señalización: Tableros para gestionar tareas, áreas de trabajo y elementos de seguridad, con etiquetado y señalización que mejoran la accesibilidad y reducen tiempos de búsqueda.

Control de Materiales: Registro de inventario y seguimiento de usuarios mediante un formato que incluye datos como nombre, código estudiantil y carrera, reduciendo pérdidas y fomentando el uso eficiente de recursos.

TPM: Formatos de mantenimiento preventivo y planificado, con la implementación de un sistema de tarjetas visuales que facilita la gestión de problemas y tareas relacionadas con el cuidado de los equipos.

SMED: Formatos detallados para el control de tiempos y actividades relacionadas con la preparación del torno convencional, optimizando su desempeño.

La implementación de estas herramientas y estrategias beneficia directamente a estudiantes de ingeniería industrial, mecánica, naval y mecatrónica, mejorando su experiencia práctica en el laboratorio. Además, genera valor para la facultad al ofrecer un espacio más funcional, y a nivel institucional, se convierte en un modelo replicable y una referencia para la aplicación de metodologías Lean en entornos educativos e industriales, contribuyendo al desarrollo de nuevas investigaciones y buenas prácticas.

V. RESULTADOS

La fase de evaluación inicial incluyó un diagnóstico exhaustivo y un inventario sistemático del equipamiento del laboratorio, basado en un *layout* conceptual. Este análisis permitió identificar áreas clave para la implementación de metodologías Lean, priorizando la optimización del espacio.

En cuanto al equipamiento industrial fijo, se constató que la maquinaria pesada estaba correctamente anclada y cumplía con normativas de seguridad. Sin embargo, se detectaron oportunidades de mejora, como la ubicación inadecuada de la máquina de ensayos de fatiga, la dispersión de instrumentos de metrología y la subutilización de espacios.

Las mejoras se enfocaron en dos aspectos fundamentales: 1. Reorganización espacial, con recuperación de áreas subutilizadas, zonificación especializada y reubicación de la máquina de ensayos de fatiga y 2. Gestión de instrumentación, mediante la centralización de equipos de medición, implementación de un sistema de organización y optimización de accesibilidad y trazabilidad.

Los resultados reflejan una optimización significativa del espacio, mejorando flujos de trabajo y reduciendo movimientos innecesarios. Se incrementó la accesibilidad a equipos e instrumentos, reduciendo tiempos de búsqueda y preparación. Esta reestructuración ha maximizado la funcionalidad del laboratorio, consolidando un entorno más organizado y productivo, en beneficio de estudiantes y docentes. A continuación, se presenta la implementación del diseño detallado.

A. Metodología VSM

Se desarrolló un diagrama de flujo de valor (VSM) como herramienta diagnóstica para visualizar el flujo de información, la gestión de recursos y la disposición de espacios, optimizando la organización del trabajo (ver Fig. 3).

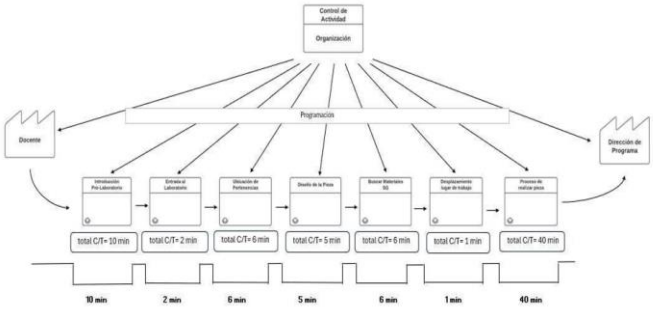


Fig. 3 Diagrama VSM inicial

El *Take Time* obtenido fue de 1 hora y 15 minutos por pieza, evidenciando pérdidas de tiempo en la organización de pertenencias y búsqueda de materiales de seguridad. Se calculó la eficiencia del ciclo del proceso, determinando que solo el 0,73 % del tiempo total se dedica a actividades que agregan valor.

Para mejorar la eficiencia, se actualizó el VSM incorporando pasos que aportan valor, como el registro de asistencia en un horario asignado y la limpieza estandarizada

15 minutos antes de finalizar cada sesión. Se optimizó la ubicación de pertenencias mediante percheros y señalización, y se implementó un tablero 5S con gafas y guantes de seguridad, ubicado junto a la zona de explicación del diseño de piezas (ver Fig. 4).



Fig. 4 Diagrama VSM final

El nuevo diagrama estandariza el proceso de fabricación, facilitando el control de calidad y asegurando un flujo de trabajo uniforme y eficiente. Se implementó un registro digital en Forms para mejorar el control de acceso y la trazabilidad. Además, la inclusión de rutinas de limpieza fomenta una cultura organizacional de mejora continua, optimizando el ambiente de trabajo.

Con la actualización del VSM, el Takt Time aumentó a 1 hora y 24 minutos, reflejando la inclusión de procesos valiosos y la eliminación de actividades innecesarias. La eficiencia del proceso mejoró al 0,84 %, y el tiempo de búsqueda de materiales se redujo de 6 minutos a 2 minutos, lo que representa un ahorro anual estimado de COP 1.046.875, considerando 250 días laborales y 10 búsquedas diarias en las áreas de máquina revolver, cortadora, taladro y torno.

Finalmente, la Fig. 5 evidencia una optimización en los procesos tres y cinco, confirmando un impacto positivo de las mejoras implementadas. La incorporación de percheros y letreros de orientación ha reducido significativamente la pérdida de tiempo en la ubicación de pertenencias y ha mejorado el acceso a herramientas en el área de trabajo, optimizando el flujo de trabajo y la eficiencia operativa.

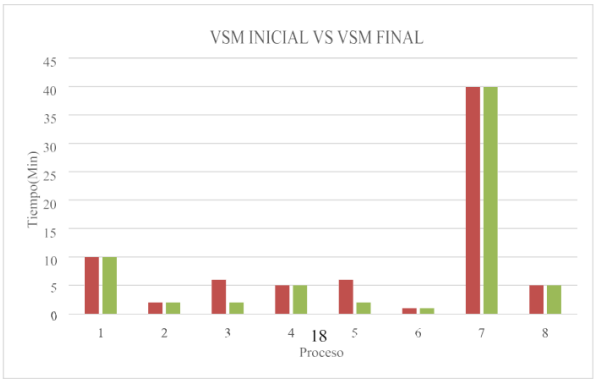


Fig. 5 Contraste de diagramas de flujo de valor

B. *Metodología 5S*

Para implementar la metodología 5S en el laboratorio de tecnología de fabricación, se aplicó un cuestionario diagnóstico en ocho áreas clave, identificando oportunidades de mejora organizacional. Los hallazgos principales fueron:

Áreas de carros mecánicos y prensa: Presencia de elementos innecesarios, dificultad para localizar herramientas, acumulación de inventario y equipos obsoletos. Además, desorden generalizado, falta de rutinas de limpieza e indicadores visuales.

Área de torno revolver, cortadora (sierra eléctrica) y taladro: Problemas similares a los anteriores, con pérdida de tiempo en la búsqueda de herramientas y ausencia de procedimientos estandarizados de limpieza y organización.

Área de Máquinas CNC: Aunque presenta acumulación de suciedad, es el área más alineada con la metodología 5S, con procesos de uso y mantenimiento definidos.

Área de Torno: Máquina dañada sin señalización clara, exceso de materiales sin uso y ausencia de rutinas de limpieza.

Áreas de almacenamiento, materiales terminados y de herramientas y accesorios: Dificultades para encontrar herramientas, acumulación de inventario obsoleto y falta de ubicaciones designadas. Además, desorden y ausencia de etiquetado.

Área de trabajo del docente: Desorden, acumulación de polvo y materiales mecánicos sin organización.

En conclusión, excepto el área de máquinas CNC, donde solo se requirieron ajustes en limpieza y disciplina, todas las áreas presentaban deficiencias significativas, requiriendo la aplicación completa de la metodología 5S para optimizar el orden, la accesibilidad y la eficiencia operativa. Veamos a continuación el detalle de la aplicación de la metodología frente a los hallazgos en cada área.

Clasificación (Seiri)

Para implementar la primera "S", se realizó un inventario detallado en cada área del laboratorio, permitiendo identificar y registrar herramientas y materiales, diferenciando entre elementos esenciales y obsoletos. La eliminación de ítems innecesarios optimizó el espacio y mejoró la eficiencia operativa.

El inventario incluyó un código de identificación, descripción, cantidad, frecuencia de uso, clasificación por familias y acciones a tomar. Los hallazgos y acciones por área fueron:

Carros mecánicos: Todos los materiales encontrados eran innecesarios y fueron retirados, liberando espacio.

Prensa: Solo la prensa era esencial; herramientas y baterías de litio fueron reubicadas.

Torno revolver, cortadora y taladro: Máquinas de ubicación fija; sin embargo, soportes de piezas y recortes de material fueron reubicados o desechados.

Máquinas CNC: Área en condiciones óptimas, sin necesidad de reclasificación.

Torno: Herramientas de uso diario reorganizadas para mayor accesibilidad; ítems de uso semanal fueron trasladados a almacenamiento.

Almacenamiento de herramientas y materiales terminados: Se reorganizaron elementos por familias para facilitar su localización.

Almacenamiento de herramientas para máquinas y accesorios: Aunque en el lugar correcto, los ítems estaban desorganizados, por lo que se optimizó su disposición.

Área de trabajo del docente: Se mantuvieron solo los elementos esenciales (computador, teléfono), mientras que piezas de exhibición y protección personal fueron reubicadas.

La Clasificación permitió liberar espacio, mejorar el acceso a herramientas y optimizar la organización del laboratorio, facilitando un entorno más eficiente y funcional para los usuarios.

Orden (Seiton) y Limpieza (Seiso)

Tras la Clasificación, se implementaron las fases, por una parte, de orden (Seiton) que estableció un sistema donde cada herramienta y equipo tienen un lugar asignado, optimizando la accesibilidad y reduciendo tiempos de búsqueda. Y de otra parte, la de limpieza (Seiso) que eliminó suciedad, polvo y residuos, creando un entorno seguro, profesional y eficiente. Los resultados de la aplicación de ambas fases por área son los siguientes:

Carros mecánicos: Se eliminó material innecesario y se optimizó el espacio, permitiendo la reubicación de la máquina de prueba de fatiga. En la Fig. 6 se puede apreciar el antes y el después de la aplicación de las dos fases en el área.

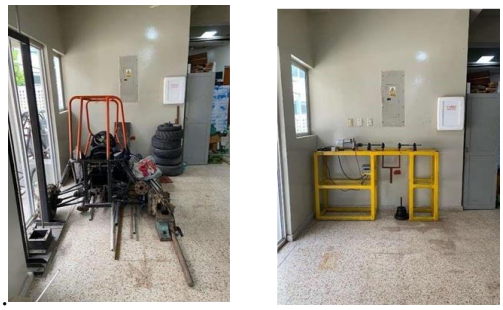


Fig. 6 Impacto de Seiton y Seiso en área de carros mecánicos

Prensa: Se despejaron mesas de trabajo, se ubicaron bancos estratégicamente y se reorganizaron prensas. La limpieza dejó el área sin residuos y con una mejor apariencia. En la Fig. 7 se puede apreciar el antes y el después de la aplicación de las dos fases en el área



Fig. 7 Impacto de Seiton y Seiso en área de prensa

Torno revolver, cortadora y taladro: Se reubicaron soportes para piezas, optimizando la búsqueda de herramientas. Se eliminaron periódicos y residuos, mejorando la higiene del área. En la Fig. 8 se puede apreciar el antes y el después de la aplicación de las dos fases en el área



Fig. 8 Impacto de Seiton y Seiso en área de torno revolver, cortadora y taladro

Máquinas CNC: Se reforzó la limpieza, asegurando un área libre de recortes de material y con equipos en óptimas condiciones. En la Fig. 9 se puede apreciar el antes y el después de la aplicación de las dos fases en el área



Fig. 9 Impacto de Seiton y Seiso en área de Máquinas CNC

Torno: Se eliminó el uso inadecuado del torno como área de almacenamiento. La limpieza redujo riesgos de oxidación y prolongó la vida útil de la máquina. En la Fig. 10 se puede apreciar el antes y el después de la aplicación de las dos fases en el área



Fig.10 Impacto de Seiton y Seiso en área de torno

Almacenamiento de herramientas y materiales terminados: Se ordenaron herramientas en familias, priorizando los ítems de uso diario. La limpieza constante mantiene el equipo en excelente estado. En la Fig. 11 se puede apreciar el antes y el después de la aplicación de las dos fases en el área



Fig. 11 Impacto de Seiton y Seiso en área de almacenamiento de herramientas y materiales terminados

Almacenamiento de herramientas para máquinas y accesorios: Se organizaron herramientas en cajas y estanterías, aumentando la capacidad de almacenamiento y reduciendo pérdidas de tiempo en la búsqueda de ítems. En la Fig. 12 se puede apreciar el antes y el después de la aplicación de las dos fases en el área



Fig.12 Impacto de Seiton y Seiso en área de Almacenamiento de herramientas para máquinas y accesorios

Área de trabajo del docente: Se reasignaron elementos innecesarios, liberando espacio. La limpieza mejoró el estado de los equipos informáticos, prolongando su vida útil. En la Fig. 13 se puede apreciar el antes y el después de la aplicación de las dos fases en el área

En resumen, las fases de orden y limpieza lograron un laboratorio más funcional, seguro y eficiente, reduciendo pérdidas de tiempo, mejorando la accesibilidad de herramientas y generando un entorno de trabajo más profesional.

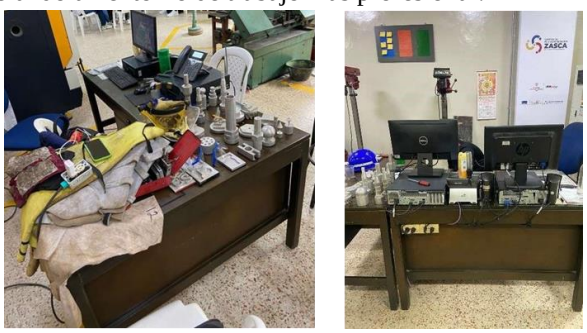


Fig. 13 Impacto de Seiton y Seiso en área de trabajo del docente

Estandarización (Seiketsu)

En esta fase, se implementaron estrategias para mantener el orden y la limpieza de forma continua y sistemática en el laboratorio. Las principales acciones implementadas fueron:

Tablero de herramientas. Se diseñó un tablero que asigna un espacio específico a cada herramienta, facilitando su localización y almacenamiento tras el uso. Esto minimiza pérdidas y acumulaciones desordenadas, promoviendo un ambiente seguro y eficiente.

Demarcación de áreas de trabajo. Se identificaron y delimitaron espacios de trabajo y de operación de máquinas (tornos, CNC, fresadora y cortadora). Se utilizó la resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo como referencia para establecer zonas de seguridad. Se marcaron pasillos con un ancho mínimo de 1.20 metros y áreas de máquinas con líneas amarillas de 10 cm de ancho. Debido a limitaciones espaciales, se adaptaron las demarcaciones respetando la normativa en la mayor medida posible.

Acta de entrega de materiales. Se implementó un sistema de registro y control de herramientas y equipos de seguridad, asegurando su disponibilidad y promoviendo la responsabilidad compartida entre usuarios.

Procedimiento de limpieza y orden. Se estableció que 15 minutos antes de finalizar las actividades, los operarios deben limpiar su área de trabajo.

Se instaló un pendón informativo con los pasos de la metodología 5S, sirviendo como guía visual y reforzando su aplicación en el día a día.

Con las estrategias anteriores de estandarización se garantiza la permanencia de las mejoras logradas en las fases anteriores. La implementación de tableros, demarcaciones, controles de inventario y protocolos de limpieza fomenta el hábito de organización y disciplina, asegurando un laboratorio seguro, eficiente y en óptimas condiciones de trabajo.

Disciplina (Shitsuke)

La última fase de la metodología 5S garantiza que las mejoras implementadas en las etapas previas se mantengan y se conviertan en parte de la cultura organizacional del laboratorio. Las estrategias usadas para fomentar la disciplina fueron:

Compromiso de docentes, estudiantes y operarios. Se enfatizó la importancia de la responsabilidad individual y colectiva para mantener los estándares de organización, limpieza y seguridad en el laboratorio.

Mecanismos de Monitoreo. Revisiones periódicas para verificar el cumplimiento de las 5S; formatos de control de herramientas y accesorios, asegurando su correcta ubicación y uso y supervisión continua, fomentando la cultura de mejora continua en el laboratorio.

Implementación de la Metodología Top-Down. Se recomendó que la decanatura establezca formalmente este proceso, asegurando que sea una norma dentro del laboratorio. Además, se sugirió expandir la metodología 5S a otros laboratorios de la universidad, promoviendo una cultura organizativa uniforme y eficiente.

Como se puede observar, la fase Shitsuke refuerza la sostenibilidad de la metodología 5S a través de la supervisión, el compromiso y la institucionalización del proceso. Con la adopción de estas prácticas, el laboratorio no solo mantiene los estándares alcanzados, sino que sigue evolucionando y adaptándose a nuevas necesidades.

C. Metodología Kanban

La integración de Kanban en el laboratorio de Tecnología de Fabricación de la UTB complementa la metodología 5S y optimiza la gestión visual de las tareas. Las fases de implementación de esta metodología fueron:

Capacitación del encargado. Se instruyó al responsable del laboratorio sobre los principios de Kanban, su estructura, funcionamiento y beneficios para la organización del flujo de trabajo.

Diseño e implementación del tablero. Se elaboró un tablero Kanban con tres columnas, cada una representada por un color: "Por Hacer" (Azul): Actividades pendientes; "En Proceso" (Naranja): Tareas en ejecución y "Terminadas" (Verde): Actividades completadas. Ver Fig.14

Ubicación estratégica y uso diario. Se instaló el tablero en un lugar visible para facilitar la revisión constante de actividades. Este tablero permite priorizar tareas, gestionar el tiempo de manera eficiente y mejorar la productividad del laboratorio. Se estableció un proceso de actualización periódica para asegurar su efectividad.

Los beneficios de Kanban en el laboratorio son: optimiza la planificación y gestión de tareas, facilita el seguimiento del estado de las actividades en tiempo real, reduce tiempos de espera y mejora la eficiencia operativa y promueve la transparencia y el trabajo en equipo.

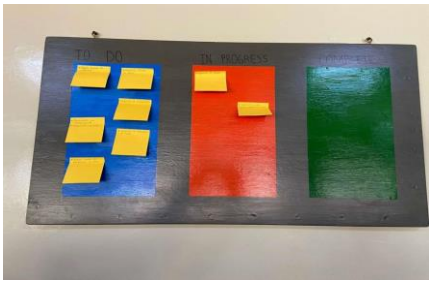


Fig. 14 Tablero Kanban

D. Metodología TPM (Mantenimiento Total Productivo)

La Metodología TPM se implementó en el laboratorio de Tecnología de Fabricación de la UTB para garantizar el óptimo funcionamiento de equipos clave como la prensa, fresadora, tornos convencionales y maquinas CNC. Esta implementación tiene como objetivo no solo mejorar el rendimiento de los equipos, sino también crear un entorno de trabajo organizado y eficiente, lo que impacta positivamente en los procesos de fabricación y en el desarrollo de las habilidades prácticas de los estudiantes. Los pilares fundamentales de la implementación fueron: el mantenimiento Autónomo y el planificado

En relación con el mantenimiento autónomo se plantearon dos estrategias: 1. La responsabilidad de los usuarios del laboratorio (docentes y estudiantes) tiene un papel clave en el mantenimiento diario de los equipos. La idea es empoderarlos para que tomen responsabilidad sobre la limpieza, revisión y lubricación básica de los equipos, previniendo así posibles fallos y 2 El control visual para facilitar el proceso, por lo cual se instalaron formatos visibles en los equipos (como en el torno mecánico) para registrar las tareas de mantenimiento realizadas antes de cada sesión de trabajo.

En cuanto al mantenimiento planificado se plantearon también dos estrategias principales: 1. Las revisiones periódicas de los equipos, que incluyen inspección profunda, limpieza y calibración, según sea necesario y 2. Registro detallado a través del uso de formatos de mantenimiento que se utilizan para programar y llevar un seguimiento de las revisiones a largo plazo, asegurando que se cumpla con los plazos establecidos para la prevención de fallas y prolongación de la vida útil de los equipos.

El torno mecánico fue seleccionado como el equipo inicial para la implementación de TPM debido a su alta frecuencia de uso. Para asegurar su funcionamiento óptimo, se estableció una rutina específica de mantenimiento que incluye: 1. Limpieza regular para la eliminación de residuos generados durante las operaciones, 2. Revisión visual, que implica la inspección de piezas móviles y componentes clave para detectar posibles fallos, 3. Lubricación usando aceites y lubricantes para asegurar que las piezas del torno funcionen sin fricción excesiva.

Cada usuario es responsable de revisar el formato y asegurarse de que estas tareas se realicen antes de comenzar la operación del torno. Esto no solo previene daños futuros en la máquina, sino que también concientiza a los usuarios sobre la importancia del mantenimiento preventivo.

Con la Implementación de TPM en el laboratorio de tecnología de fabricación se obtienen los siguientes beneficios: aumento de la vida útil del equipo, reducción de paros no programados, mejor desempeño y eficiencia operativa y fomento de una cultura de mantenimiento preventivo entre los usuarios. Con esta metodología, el laboratorio logra una mayor fiabilidad en los equipos y optimiza su uso para las actividades prácticas de los estudiantes.

E. *Metodología SMED (Single Minute Exchange of Die)*

La Metodología SMED se aplica principalmente en la optimización de tiempos de cambio en procesos productivos. Aunque es comúnmente utilizada en procesos de manufactura, en el laboratorio de Tecnología de Fabricación de la UTB se adaptó para mejorar los tiempos de preparación de equipos, en particular el torno convencional, uno de los equipos de mayor uso en el laboratorio. Esta implementación busca reducir el tiempo de preparación y cambio de herramientas para facilitar el flujo de trabajo y aumentar la eficiencia operativa.

Fase 1: Diagnóstico y Análisis de Operaciones

El primer paso consistió en realizar un diagnóstico exhaustivo de las operaciones del laboratorio. Se llevó a cabo una entrevista al encargado del laboratorio para identificar las actividades más frecuentes. Durante este análisis, se determinó que el torno convencional era el equipo más utilizado, lo que lo convirtió en el principal objetivo para la optimización de tiempos de preparación y cambio de piezas.

Con esta información, se estableció una base para clasificar las actividades de preparación en dos tipos: internas

(aquellas que se realizan mientras la máquina está parada) y externas (las que se pueden realizar mientras la máquina está en funcionamiento).

Fase 2: Separación de Actividades Internas y Externas

En esta fase, se implementó un formato estructurado que permitió documentar las actividades involucradas en el proceso de fabricación de piezas en el torno convencional. Este formato incluyó información clave, como: nombre de la máquina, fecha de ejecución, numeración de actividades, e inventario de herramientas necesarias.

El formato facilitó la ubicación estratégica de las herramientas necesarias para las operaciones, lo que redujo los tiempos de desplazamiento y optimizó la eficiencia operativa. Este paso se basó en los resultados previos obtenidos de la metodología 5S, que ayudó a mantener el área ordenada y accesible.

Fase 3: Conversión de Actividades Internas a Externas

La tercera fase, que es el núcleo de la metodología SMED, se centra en convertir actividades internas en actividades externas. Esto implica identificar tareas que tradicionalmente se realizan mientras el torno está detenido y transformarlas en operaciones que pueden realizarse mientras la máquina sigue funcionando.

Se analizaron las actividades de preparación y se identificaron tres operaciones clave que pueden ejecutarse mientras el torno está en funcionamiento, lo que permitirá reducir los tiempos de parada y mejorar la productividad. Estos cambios contribuyen a la optimización del desempeño operativo del torno y de los procesos generales de fabricación.

Fase 4: Seguimiento y Verificación

La última fase de SMED consiste en un seguimiento constante para asegurar que las mejoras implementadas se mantengan en el tiempo. Para esto, se creó una lista de chequeo preoperacional, que incluye los siguientes pasos: 1. Verificación de los elementos de protección personal (EPP) y

condiciones del área de trabajo para asegurar que todo esté listo para operar y 2. Inspección preoperacional del equipo, que incluye revisión de niveles de lubricación, cuchillas y el sistema eléctrico.

Esta lista de chequeo asegura que las actividades de preparación y mantenimiento sean realizadas correctamente y permite tener un registro documentado para identificar oportunidades de mejora a futuro. Además, facilita el seguimiento de las acciones implementadas y proporciona evidencia sobre la eficacia de las modificaciones hechas.

Los principales beneficios de la Implementación de SMED en el laboratorio son: reducción de tiempos de preparación; mayor eficiencia operativa, al reducir los tiempos muertos y mejora en la disponibilidad de los equipos. Con la implementación de la metodología SMED, el laboratorio no solo logra una mayor eficiencia en el uso del torno, sino que también contribuye a la mejora continua de los procesos y la optimización de los recursos disponibles.

IV. Recomendaciones

Para garantizar la sostenibilidad de las metodologías Lean implementadas (VSM, 5S, Kanban, Gestión Visual, TPM y SMED) en el laboratorio de Tecnología de Fabricación de la UTB, se recomienda incorporar el enfoque TOP-DOWN, comenzando con los directores de los programas de Ingeniería Industrial, Naval, Mecánica y Mecatrónica. Esto asegurará que las implementaciones sean comprendidas y respaldadas a nivel organizacional. Las recomendaciones clave son:

Compromiso de los directivos. Los directores de programa de ingeniería deben adoptar y poner en práctica las metodologías Lean en sus propios lugares de trabajo, sirviendo como modelos a seguir. Esto facilita la adopción generalizada de las herramientas Lean y promueve un cambio cultural hacia la eficiencia y el orden.

Asignación de recursos. Se deben asignar recursos adecuados para mantener la gestión visual, que incluye elementos de EPP, demarcaciones, mantenimientos, revisiones periódicas e incentivos. Esto no solo ayuda a mantener el orden y la limpieza dentro del laboratorio, sino que también asegura la sostenibilidad de las metodologías Lean a lo largo del tiempo.

Promoción de la cultura Lean a nivel institucional. Las directivas deben fomentar la adopción de las metodologías Lean no solo en el laboratorio de fabricación, sino también en otros laboratorios y áreas de la universidad. Esto fortalecerá el compromiso institucional con la mejora continua y la eficiencia operativa.

Al seguir estas recomendaciones, se logrará que las metodologías Lean implementadas no solo permanezcan activas, sino que se integren como parte de la cultura organizacional, asegurando la continuidad y evolución del sistema Lean en el laboratorio de Tecnología de Fabricación de la UTB.

V. Conclusiones

La implementación de las metodologías Lean Manufacturing en el laboratorio de tecnología de fabricación de la UTB ha demostrado ser una estrategia altamente efectiva para optimizar el orden, seguridad y eficiencia en el entorno operativo. La integración de herramientas como VSM, 5S, Kanban, TPM y SMED permitió abordar problemas críticos de desorganización, creando un espacio de trabajo seguro y funcional para los usuarios.

VSM ayudó a identificar y mapear los flujos de trabajo, permitiendo detectar ineficiencias y optimizar los procesos dentro del laboratorio. Antes de la intervención, el Take Time inicial obtenido del diagrama VSM era de 1 hora y 15 minutos por pieza, calculado a partir del tiempo neto disponible por día dividido entre la demanda diaria del cliente. En esta etapa, la eficiencia del ciclo del proceso era baja, con solo un 0,73% de actividades que realmente agregaban valor al producto. Tras la implementación de mejoras en el proceso, el Take Time se incrementó a 1 hora y 24 minutos debido a la inclusión de nuevas actividades necesarias para estandarizar y optimizar la

elaboración de la pieza. A pesar del aumento en el tiempo, la eficiencia del proceso mejoró a un 0,84%, evidenciando una reducción significativa de actividades que no agregaban valor

5S estableció un sistema claro de organización que facilitó la accesibilidad a herramientas y materiales, mejorando la eficiencia.

Kanban y la gestión visual optimizaron el flujo de trabajo, permitiendo una identificación rápida de recursos y mejorando el desempeño en las prácticas.

La implementación de TPM y SMED proporcionó un enfoque preventivo y planificado para el mantenimiento de las máquinas, aumentando su disponibilidad y prolongando su vida útil, lo que redujo paradas y minimizó costos operativos.

En general, los resultados obtenidos demuestran el valor de estas metodologías no solo en el ámbito de la producción, sino también en el entorno educativo, promoviendo un ambiente de orden, seguridad y formación práctica para los estudiantes.

REFERENCIAS

[1] J. P. Womack & D.T. Jones. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. DOI:10.1038/sj.jors.2600967. 2003. Recovered https://www.researchgate.net/publication/200657172_Lean_Thinking_Banish_Waste_and_Create_Wealth_in_Your_Corporation

[2] O. Raktate, V. Chandra Jha & M. B. Vanarotti. Mejora de la productividad en la industria manufacturera mediante la implementación de herramientas LM. Actas de la conferencia AIP (2024). https://doi.org/10.1063/5.0229539 .

[3] J. K Liker. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill. 2004. Recovered https://vietnamwcm.files.wordpress.com/2008/07/mcgraw-hill-thetoyotaway-14managementprinciples.pdf

[4] T. Ohno. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press. https://doi.org/10.4324/9780429273018. 1988. Recovered https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780429273018/toyota-production-system-taiichi-ohno

[5] J. A. Bravo Fernandez. Aplicación de herramientas Lean Manufacturing (5S, Andon y Tiempo Estándar) para el aumento de la productividad en el área de producción de una empresa metalmecánica. Revista de Ingeniería Industrial, 31(2), 45-62. https://doi.org/10.1234/revista.v31i2.123. 2023

[6] Shaman Gupta, Manmeet Singh y V. Rohilla. IDENTIFICACIÓN DE LA IDONEIDAD Y LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE FABRICACIÓN LEAN., 7 (2020): 1786-1793.

[7] SJ Pavnaskar, J. Gershenson y A. Jambekar. Esquema de clasificación para herramientas de manufactura esbelta". Revista Internacional de Investigación en Producción, 41 (2003): 3075 - 3090. https://doi.org/10.1080/0020754021000049817 .

[8] Shaik Dawood AK, Elsyed A Elsyed, Abdul Rahaman y R. Keyan. El papel de las herramientas de fabricación eficiente en una empresa de refrescos. Indian Journal of Medical Ethics , 5 (2018): 1-7. https://doi.org/10.14445/23488360/IJME-V5I1P101 .

[9] Stephan Fadeev. Herramientas de Lean Manufacturing como impulsor de la transformación digital de la empresa. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Economía (2024). https://doi.org/10.15688/ek.jvolsu.2024.2.12 .

[10] Ali Jaber Naeemah y K. Wong. Métodos de selección de herramientas de gestión lean: una revisión. Revista internacional de gestión de la productividad y el rendimiento (2021). https://doi.org/10.1108/ijppm-04-2021-0198 .

[11] S.J. Villanueva Abregu. Implementación del método 5s para optimizar el espacio de trabajo del área de mejora continua en Footloose. 2023

[12] J. Garces & J. Candelario, J. Propuesta de mejora basado en la metodología 5´s para un taller industrial en el área de montaje y guiado ubicado en la ciudad de Guayaquil. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana / Tesis / Grado. Disponible en http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27443. 2024

[13] H.P. Vázquez. Implementación 5S como metodología de mejora continua en los almacenes de una empresa comercializadora. RILCO: Revista de Investigación Latinoamericana en Competitividad Organizacional, 94-106. 2021

[14] L. Vargas. Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera 24(2), Industrial Data, 249-271. 2021

[15] B. Damián & L. Gushqui. Implementación de la metodología de las 5s y mejora continua en el laboratorio de cad cam de la facultad de mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. UDCTFM;25T00560. 2024 Disponible en http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/22475

[16] O. Moreira. Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de Guayaquil. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana / Tesis / Posgrado. Identificador UPS-GT003900.pdf. 2022 Disponible en https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22961

[17] J. Gaviria, J. Implementación de la metodología SMED (Cambios Rápidos) en la línea 4 del área de envasado de la FLA . 2023. Disponible en https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/37465/17/GaviriaJuan_2023_ImplementacionSmedFla.pdf

[18] A. M. Muñoz Cristancho, D. S Cobo Urrea & E.A. Dueñas Soto. Implementación de la metodología 5S en el laboratorio de la empresa Calidad y Servicios Ltda. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Sociales y Empresariales, Especialización en Gerencia de Proyectos, Universidad Piloto de Colombia. 2021 Disponible en https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10226/TRABAJO%20DE%20GRADO_MU%C3%91OZ_COBO_DUE%C3%91AS_GPV42L.pdf

[19] Ioannis Belekoukias, J. Garza-Reyes y Prof. Vikas Kumar. "El impacto de los métodos y herramientas lean en el desempeño operativo de las organizaciones manufactureras". International Journal of Production Research , 52 (2014): 5346 - 5366. https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348 .

[20] M. Adzrie, K. Elcy, RM Joselyn, Na Mohd-Lair y FO Chai. Implementación de herramientas seleccionadas de manufactura esbelta. Journal of Physics: Conference Series , 1529 (2020). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/4/042007.

[21] A.M. Tipacti Quijano & A.G. Avila Barboza. Aplicación de la metodología 5S para mejorar la productividad en el área de impresión gráfica de la empresa JB Enterprise Group. Tesis Facultad de Ingeniería, Universidad de Lima, Lima, Perú. 2023

[22] E.M. Guzmán Herrera & J.R. Peña Zuluaga. Aplicación de las 5S como herramienta para la organización y mejoramiento de la calidad del servicio en el taller automotriz Ford de la costa. Trabajo de Grado, Facultad de Ingenierías, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, Colombia. 2020

[23] Barraza Díaz, J. L. (2022). Implementación de los pilares TPM (mantenimiento total productivo) mantenimiento autónomo y mantenimiento planeado en la planta de producción de la empresa Alcance Industries Trabajo de grado, Universidad de Antioquia

[24] J.M. Fuentes Fuentes. Implementación de las metodologías TPM y SMED en los laboratorios de CNC y de metalmecánica de la carrera de Ingeniería en Diseño Industrial. Trabajo de grado, Universidad central de Ecuador).2022

[25] Subhav Singh y Kaushal Kumar. "Revisión de la literatura sobre construcción lean y herramientas lean utilizando la técnica de revisión sistemática de la literatura (2008-2018)". Ain Shams Engineering Journal , 11 (2020): 465-471. https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.012 .

[26] MS Yahya. "Una revisión sobre la selección de herramientas y técnicas de producción eficiente".(2015).