

Proposal for improvement through the application of Lean Manufacturing to increase productivity in a manufacturing company.

Lizbeth Arancibia Temoche, Bachelor of Engineering¹ , Carla Lussiana Del Milagro Lucano Cachay, Máster of Business Administration² 

^{1,2}Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, n00250158@upn.pe, carla.lucano@upn.edu.pe

Abstract - This study was carried out in a company dedicated to the manufacture and commercialisation of industrial products, such as heat exchangers and coolers, its main product being Mesabi tubes. The aim of the research was to apply engineering methodologies and tools to address the low productivity in the production processes. Among the main problems identified were the defective output of mesabi tubes and the disorder and inadequate control of materials, caused by the inadequate layout of the machinery, which generated prolonged movements of operators between processes. In addition, a lack of a culture of order and cleanliness was detected. Two alternative solutions were evaluated for each problem, considering realistic constraints such as complexity of implementation, flexibility, adaptability, cost and the necessary tools. After a detailed analysis, layout redesign and implementation of the 5S methodology were selected as the most suitable options. The simulation of these solutions showed a significant improvement. The simulation of these solutions showed a significant improvement for the company as the first problem related to a poor layout reduced unproductive activities from 70.69% to 48.5%. On the other hand, the 5S compliance increased from 42% to 76% showing that the tools were viable. Finally, the economic analysis showed a total profit of S/ 37,244.09, an IRR of 44%, an NPV of S/ 21,495.06 and a B/C ratio of 2.36, confirming the profitability of the proposed solutions in an effective way.

Keywords- Layout, 5S Methodology, Productivity, Manufacturing, manufacturing

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

Propuesta de mejora mediante la aplicación de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en una empresa de fabricación

Lizbeth Arancibia Temoche, Bachelor of Engineering¹ , Carla Lussiana Del Milagro Lucano Cachay, Máster of Business Administration² 

^{1,2}Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, n00250158@upn.pe, carla.lucano@upn.edu.pe

Resumen- Este estudio se realizó en una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos industriales, como intercambiadores de calor y enfriadores, siendo su principal producto los tubos Mesabi. El objetivo de la investigación se planteó con el fin de aplicar metodologías y herramientas de ingeniería para abordar la baja productividad en los procesos productivos. Entre los principales problemas identificados se encontraban la salida defectuosa de tubos mesabi y el desorden e inadecuado control de materiales, causado por la disposición inadecuada de las maquinarias, lo que generaba desplazamientos prolongados de los operarios entre procesos. Además, se detectó una falta de cultura de orden y limpieza. Se evaluaron dos alternativas de solución para cada problema, considerando restricciones realistas como complejidad de implementación, flexibilidad, adaptabilidad, costo y las herramientas necesarias. Tras un análisis detallado, se seleccionaron el rediseño del layout y la implementación de la metodología 5S como las opciones más adecuadas. La simulación de estas soluciones mostró una mejora significativa. La simulación de estas soluciones demostró una mejora significativa para la empresa ya que referente al primero problema relacionado a un deficiente layout se logró reducir las actividades improductivas de un 70.69% a un 48.5%. Por otro lado, el cumplimiento de las 5S aumento de un 42% al 76% demostrando que las herramientas fueron viables. Finalmente en análisis económico arrojó un beneficio total de S/ 37,244.09, una TIR del 44%, un VAN de S/ 21,495.06 y una relación B/C de 2.36, confirmando la rentabilidad de las soluciones propuestas de manera eficaz.

Palabras clave- Layout, Metodología 5S, Productividad, Manufactura, fabricación

I. INTRODUCCIÓN

A. Realidad Problemática

En un entorno globalizado, las compañías que se dedican a la manufactura se encuentran con importantes desafíos para su competitividad en un mercado que demanda cada vez más [1].

Las actuales proyecciones del mercado de cobre y acero evidencian un alza en la producción de estas. Según el informe anual de tendencias del mercado de cobre realizada por la comisión chilena de cobre proyecto para los años 2023 a 2024 25.74 millones de TM con un aumento de 2.2% a comparación del año 2022 equivalente a una demanda de 566 mil TM. Entre los países con mayor producción de cobre se encuentra Perú con

un 9.6%, República del Congo con 9.8% y Chile con 5.9% de participación [2]. Por otro lado, La Asociación Mundial del Acero proyecta un aumento del 1,5 veces en la demanda de acero para 2050, con el fin de atender las necesidades de una economía en expansión [3].

Se sabe que la economía del Perú ocupa el sexto lugar en América Latina y el Caribe, con un Producto Bruto Interno (PBI) de aproximadamente USD 231 mil millones, y es la quinta en términos de PBI per cápita en Sudamérica [4]. Así mismo el sector manufacturero se encuentra incluido como parte fundamental del PBI peruano representando un 11.7% como principal ingreso de la economía del Perú [5]. Además, en este sector se encuentra el subsector metalmeccánico representando el 20% de la industria mencionada dividida porcentualmente por el 99.5% por pequeñas empresas y el 0.05% por grandes empresas [6]. Sin embargo, como todo sector enfrentan desafíos que es necesario atacar para incrementar su sostenibilidad a largo plazo. En el 2019 se evidencio como problema principal la baja productividad encontrándose un 28% por debajo del promedio a diferencia de otras industrias como del papel, alimentos o bebidas [7]. Entre los principales problemas encontrados son los tiempos muertos, errores humanos, fallas en la calidad, entre otros. Por ello la adopción de prácticas de lean se ha consolidado como una estrategia efectiva para las empresas que buscan mejorar su productividad y eficiencia, enfocándose en la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos para crear más valor con menos recursos [8].

En Lima, la empresa bajo estudio se dedica a la fabricación y venta de productos industriales como intercambiadores de calor, enfriadores, entre otros, siendo como principal producto de comercialización los tubos mesabi, En la actualidad la empresa enfrenta problemas de organización en las áreas de trabajo, ineficiente control de calidad y materiales, y una deficiente capacitación del personal, lo que resulta en la producción de productos defectuosos debido al desorden de las maquinarias y una inadecuada cultura de orden. La implementación de Lean Manufacturing es esencial para abordar estas deficiencias, mejorando la productividad, optimizando el flujo de trabajo y reduciendo los errores de fabricación mediante herramientas como 5S y diseño de layout.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

La referencia [9] presento como problemática la baja productividad en la línea de producción debido a, mala distribución de áreas y falta de orden y limpieza. El objetivo de la investigación era aumentar la productividad en la procesadora industrial mediante la aplicación de las 5S y layout. Como resultados se obtuvo el incremento de productividad en 0.033 millares por hora hombre (44%), reducción de pérdidas anuales de S/. 40,095.27 a S/. 20,010.29 y disminución de la distancia recorrida de 51.4m a 32.7m. Se concluye que la viabilidad del diseño de mejora con herramientas Lean Manufacturing demostró con un VAN de S/. 6357.78, TIR de 14.47% y un b/c de S/.1.72, confirmando el incremento de productividad y eficiencia en la empresa procesadora industrial positivamente.

Por otro lado la referencia [10] identifico como problema una baja productividad en la empresa debido a procesos no estandarizados y falta de capacitación del personal. El objetivo era aumentar la productividad mediante la implementación de herramientas Lean, específicamente 5S y layout.. Los resultados mostraron un aumento de cumplimiento de 5S del 45.33% al 68%, y una reducción del recorrido de trabajadores en un 19.96%. La productividad de mano de obra mejoró en un 8.542%, y la productividad total aumentó de 1.29 a 1.39, indicando que por cada sol invertido se generan ganancias de 0.39 soles. Las conclusiones apoyan la hipótesis de que las herramientas Lean Manufacturing incrementan significativamente la productividad en la empresa.

Del mismo modo la referencia [11] identificó como problema la baja productividad en un laboratorio clínico debido a la falta de espacios en el área, paradas de maquinaria por fallas técnicas y falta de capacitación. El objetivo fue aumentar la productividad mediante la aplicación de las 5S y un estudio de tiempos. Los resultados evidenciaron una mejora en la productividad en el área de hematología de 5 pac/HH, la reducción de 350 segundos en actividades que no agregan valor, así como la recuperación 21.16 m².

Por último, la referencia [12] presentó como problemática la baja productividad en una empresa de calzado, causada por la falta de control en cada actividad del proceso productivo de calzado para hombres. El objetivo fue aumentar la productividad mediante la aplicación de herramientas lean, obteniendo como resultado un incremento en la productividad de la mano de obra promedio de 12,57 a 18,83 pares de calzado por horas-hombre, lo que representa un aumento del 49,79 %

Teniendo en cuenta la investigación realizada se planteó la siguiente pregunta: ¿En qué medida la propuesta de mejora mediante la aplicación de lean manufacturing incrementa la productividad en una empresa de fabricación? Además, se planteó como objetivo general: determinar el impacto de la propuesta de mejora mediante la aplicación de lean manufacturing en la productividad de una empresa de fabricación.

Ante lo expuesto, se planteó los objetivos específicos: proponer la aplicación de las 5S y rediseño de layout para incrementar la productividad de la empresa; demostrar el efecto de la propuesta de mejora en la reducción del tiempo de ciclo;

y demostrar el efecto de la propuesta de mejora en el incremento del índice de eficiencia.

La hipótesis planteada es la propuesta de mejora mediante la aplicación de lean manufacturing incrementa la productividad en la empresa de fabricación

II. MATERIALES Y METODOS

A. Diseño de la investigación

La presente investigación es de ámbito experimental utilizando como unidad de estudio el proceso de fabricación de tubos mesabi de la empresa manufacturera.

B. Procedimientos

Diagnostico operacional de la organización. El mapa de procesos de la empresa esta segmentado por tres tipos de procesos, estos son: procesos estratégicos, operativos y de soporte, en la siguiente imagen se puede observar los macroprocesos que conforman el mapa de procesos (ver Figura 1).

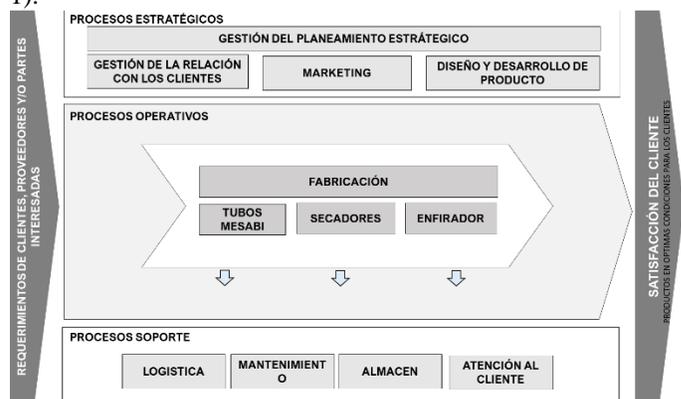


Fig. 1 Identificación de procesos mediante el mapa de procesos

Se realizó el diagrama de actividades del proceso (DAP) de fabricación de tubos mesabi, con un tiempo de producción de 58 minutos, con 21 actividades y una distancia entre cada estación de 222 metros.

C. Identificación de problemas y priorización de causas

Para mantener la calidad en el área de fabricación, se implementó una hoja de verificación que facilita la identificación y solución de problemas en el proceso fabricación de un tubo mesabi. Además, para la priorización de los problemas encontramos en el área de fábrica, se aplicó el diagrama de Pareto (ver Figura 2), el cual plasmará la frecuencia y los problemas que requieren mayor atención. Entre los problemas encontrados teneos los siguientes: salida defectuosa de tubos mesabi, desorden e inadecuado control de materiales, operarios sin muestra de medida de corte y uso incorrecto de maquinarias de trabajo, y transporte incorrecto para el despacho del producto (Transporte interno o externo).

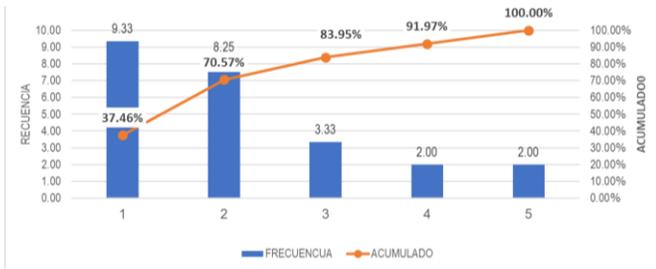


Fig. 2 Grafica de Pareto de problemas encontrados en el área de fabrica

El diagrama de Ishikawa permitirá identificar las causas raíz de los problemas encontrados en el área de fabricación relacionado a los dos problemas identificados.

- Salida defectuosa de tubos mesabi

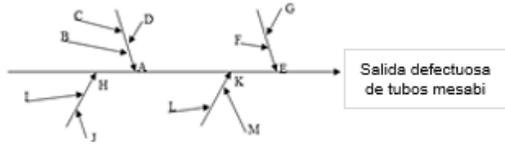


Fig. 3 Diagrama de Ishikawa sobre la salida defectuosa de tubos mesabi

- Desorden e inadecuado control de materiales.

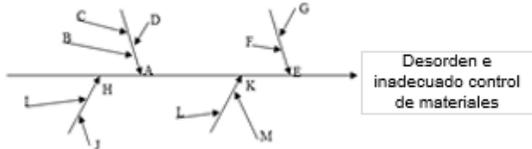


Fig. 4 Diagrama de Ishikawa sobre desorden e inadecuado control de materiales

Se aplicó la matriz de enfrentamiento para dar prioridad al origen de los dos problemas identificados. La primera problemática relacionada a la salida defectuosa de tubos mesabi se debe a la falta de un orden incorrecto de las maquinarias (G). Por otro lado, el inadecuado control de materiales se ocasiona por una falta de cultura de orden (L), teniendo este detalle, se aplicó distintos métodos de medición mediante una auditoría interna para brindar la solución a los problemas encontrados.

Auditoría Interna Del Sistema de Gestión de calidad (ISO 9001:2015). La auditoría abarcó el proceso completo de fabricación de tubos Mesabi, desde la recepción de materias primas hasta la entrega del producto final. Incluyó la revisión de la gestión de documentos, el control de producción, la gestión de no conformidades y la efectividad de las acciones correctivas y preventivas. Se observó falta de organización del ambiente de trabajo, con maquinarias lejanas y áreas sucias incumpliendo con el requisito 7.1.4 de ambiente para la operación de los procesos.

D. Alternativas de solución e identificación de restricciones

Se evaluaron dos alternativas de solución para seleccionar la más adecuada, utilizando restricciones realistas de la industria como criterio de evaluación. Se realizaron encuestas masivas para recopilar la información necesaria, y los resultados se tabularon en función de siete restricciones. Se compararon las dos alternativas para cada problema

identificado en la empresa, y finalmente se eligieron las soluciones más acordes y flexibles para su implementación. (Véase Tabla I y II).

TABLA I
SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Variables	Layout	MRP
Complejidad de implementación	6 sem	5 sem
Flexibilidad	21%	20%
Adaptabilidad	21%	21%
Costoso	S/ 2823.69	S/ 3105
Predictiva	21%	28%
Herramientas	36%	11%

TABLA II
SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA LA MALA INEFICIENCIA DE ORDEN Y LIMPIEZA

Variables	5S	JIT
Complejidad de implementación	5 sem	6 sem
Flexibilidad	21%	20%
Adaptabilidad	21%	21%
Costoso	S/ 2,784.56	S/ 3,604.00
Predictiva	21%	28%
Herramientas	36%	11%

E. Selección de la mejor alternativa

TABLA III
SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Nº	Problemas Identificados	Alternativa
1	Mala distribución del área de fabricación	Layout
2	Falta de cultura de orden	5S

Después de realizar el análisis mediante cuadros comparativos, se seleccionaron las siguientes alternativas: para la primera problemática, relacionada con la distribución del área de fabricación, se compararon dos metodologías. Según los resultados, la aplicación del Layout resultó ser más adaptable, flexible y con un menor costo en comparación con la implementación de un MRP. En cuanto a la segunda problemática, relacionada con el orden y la limpieza, se compararon dos metodologías. Los resultados mostraron que la implementación de las 5S es más flexible y adaptable a la empresa, además de tener un impacto económico menor en comparación con el JIT.

III. DISEÑO

A. Diseño Layout

El diseño de layout se realiza con el objetivo de rediseñar la distribución de la planta debido a los largos tiempos que provoca para el traslado de los operarios para cada proceso de producción. Previo al inicio de la implementación, es necesario diseñar un programa con los pasos adecuados a seguir para una implementación efectiva (Véase Tabla IV)

ETAPAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE LAYOUT

ETAPAS	DESCRIPCIÓN
Pre- implementación	Desarrollar un formato para registrar las actas de las reuniones.
	Crear un equipo responsable de la implementación del diseño del layout.
	Diseñar un formato para el registro de asistencia.
	Recolectar datos sobre los procesos actuales.
Implementación	Realizar el nuevo layout propuesto.
Post implementación	Elaborar un plan de reunión con la validación de la herramienta propuesta.

Pre-implementación. Esta sección detalla las actividades previas para iniciar el plan de mejora, una vez comunicado la aplicación del rediseño y conformación del grupo de trabajo, se tomó el tiempo de los procesos actuales que se identificó al inicio con el DAP realizado (Véase Tabla v).

ACTIVIDADES POR PROCESO DEL AREA DE FABRICACIÓN

ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO
OPERACIÓN	9	17
TRANSPORTE	7	30
DEMORA	1	3
INSPECCIÓN	2	3
ALMACENAJE	2	5
Total	21	58

Implementación. Durante esta fase, se detallan las acciones necesarias para la correcta implementación. Se definen inicialmente el nuevo layout propuesto, donde las áreas de corte, achatamiento, prensado mantienen un orden, así como el segundo nivel de la planta.

Post implementación. Después de implementación del nuevo layout se realizará el seguimiento mediante reuniones para evidenciar la mejora productiva acorde al layout anterior (ver Figura 5).

CHECK LIST DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL LAYOUT	SI	NO
1. Organización de Áreas de Trabajo		
Se han identificado y etiquetado claramente las áreas de trabajo.		
Se ha eliminado el desorden en las estaciones de trabajo.		
Las herramientas y materiales están organizados y accesibles.		
Hay un flujo de trabajo lógico y sin interrupciones.		
2. Reducción de Tiempos de Traslado		
Se ha medido la distancia recorrida por los trabajadores antes y después de la implementación.		
La distancia total recorrida se ha reducido significativamente.		
Los tiempos de traslado entre estaciones de trabajo se han optimizado.		
3. Mejora de la Productividad		
Se ha medido la productividad antes y después de la implementación del nuevo layout.		
La productividad ha aumentado según los indicadores establecidos.		
Se ha registrado una disminución en el tiempo total de producción.		

Fig. 5 Check list para el seguimiento de la aplicación del nuevo layout

B. Metodología 5S

La metodología 5S puede optimizar la planificación, y procesos de producción de los operarios al incentivar una área limpia y ordenada, se evidenciará la mejora en el ambiente de trabajo, siendo más eficiente. Esta metodología se dividió en tres etapas para su aplicación (ver Tabla VI).

ETAPAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S

CRONOGRAMA DE FASE DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S					
FASE		S1	S2	S3	S4
Pre- Implementación	Reunión de inicio				
	Asignación de roles				
	Identificación de áreas				
Implementación	Seiri (Clasificar)				
	Seiton (Organizar)				
	Seiso (Limpieza)				
Post- Implementación	Seiketsu (Estandarizar)				
	Shitsuke (Disciplina)				
	Encuestas				
	Mejora continua				

En la fase de pre-implementación, se evalúa el estado actual del lugar de trabajo mediante observaciones, entrevistas y análisis de registros, lo que culmina en un informe detallado con descubrimientos y sugerencias de mejoras. Luego, se selecciona y capacita un equipo en las 5S, definiendo roles y responsabilidades, y formalizando su formación con un documento oficial. Finalmente, en una reunión con el director y líderes del equipo, se redacta y aprueba un acuerdo de compromiso que establece metas, responsabilidades y recursos para la implementación efectiva de las 5S.

Implementación. En esta fase consiste en implementar las primeras 3S como lo es el Seiri, Seiton y Seiso para optimizar y formentar el orden y limpieza por parte de los operarios y jefes a cargo. (Vease Fig. 6)

Primera Etapa - Seiri (Clasificación). Identificación de elementos innecesarios en las áreas de trabajo y retiro de materiales y equipos innecesarios.

Segunda Etapa- Seiton (Orden). Establecimiento de ubicaciones específicas para cada elemento indispensable y colocación de señalización y etiquetas en las áreas de fabricación.

Tercera Etapa-Seiso (Limpieza). Planificación de actividades para una limpieza exhaustiva, realización de una limpieza profunda en todas las zonas de trabajo y estructura del tablero: El tablero comprende la siguiente estructura (ver Figura 6).

CHECK LIST DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S	SI	NO
Seiri (Clasificación)		
Se han identificado y etiquetado todos los elementos necesarios e innecesarios en cada área de trabajo.		
Se han eliminado los elementos innecesarios de las áreas de trabajo.		
Se han establecido criterios claros para lo que se considera necesario e innecesario.		
Seiton (Orden)		
Se han identificado las ubicaciones óptimas para todos los elementos necesarios.		
Se han etiquetado y marcado claramente las ubicaciones de todos los elementos.		
Las herramientas y materiales están organizados de manera que sean fácilmente accesibles y visibles.		
Seiso (Limpieza)		
Se han limpiado todas las áreas de trabajo a fondo, incluyendo máquinas, herramientas y superficies.		
Se ha establecido un horario de limpieza regular y se ha asignado responsabilidad a los empleados.		
Se han identificado y corregido las fuentes de suciedad y contaminación.		

Fig. 7 Check list las tres primeras S implementadas Post Implementación. En esta última etapa se consolida la implementación de las 5S con la estandarización y disciplina así mismo se fomenta la mejora continua para su perduración en el tiempo.

Cuarta Etapa- Seiketsu (Estandarización). Elaboración de protocolos estándar para mantener la limpieza y el orden, y capacitación del personal en los nuevos procedimientos estándar.

Quinta Etapa- Shitsuke (Estandarizar y Disciplinar). Creación de un calendario para auditorías periódicas; y establecimiento de un sistema de seguimiento y retroalimentación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Resultados

Simulación del diseño de Layout

Según los resultados de la Tabla V, la empresa cuenta con un total de 17 actividades productivas y 41 actividades improductivas. Al realizar el cálculo, obtenemos los siguientes resultados:

$$\% ACITIVIDAD PRODUCTIVA = \frac{17}{58} = 21.31\% \quad (1)$$

La ecuación (1) demuestra que el porcentaje actual de actividades productivas es de de 21.31%.

$$\% ACITIVIDAD IMPRODUCTIVA = \frac{41}{58} = 70.69\% \quad (2)$$

La ecuación (2) demuestra que el porcentaje actual de actividades improductivas es de de 70.69%.

Al llevar a cabo el rediseño del área de fabricación, se ha decidido implementar la siguiente propuesta:

TABLA VII
NUEVAS ACTIVIDADES POR PROCESO DEL AREA DE FABRICACIÓN

ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO
OPERACIÓN	9	17
TRANSPORTE	7	9

ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO
DEMORA	1	2
INSPECCIÓN	2	2
ALMACENAJE	2	3
Total	19	33

La Tabla VII presenta la nueva propuesta con el rediseño del layout del área de fabricación. Como resultado de los nuevos cálculos, se obtienen los siguientes resultados:

$$\% ACITIVIDAD PRODUCTIVA = \frac{17}{33} = 51.5\% \quad (3)$$

La ecuación (3) demuestra que el porcentaje actual de actividades productivas es de 51.5%.

$$\% ACITIVIDAD IMPRODUCTIVA = \frac{16}{33} = 48.5\% \quad (4)$$

La ecuación (4) demuestra que el porcentaje actual de actividades improductivas es de de 48.5%.

TABLA VIII
NUEVA MEDICIÓN DE TIEMPO CON LA MEJORA DE LA PLANTA

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN) ANTES	TIEMPO (MIN) DESPUES
Pedido al almacén tubos, flejes de cobre y carrete de estaño	5	2
Espera de pedido	3	2
Inspección	1	1
Traslado de material	6	3
Corte de tubo según medida	2	2
Corrugado de lámina según medida	3	3
Estirado de cinta de estaño	1	1
Calentado de puntas de los tubos cortados	2	2
Traslado de tubos a la prensa 1	5	2
Formación de anillo a 1 punta de tubo	1	1
Traslado de tubo a mesa de trabajo 1	4	1
Voleado de puntas de tubos	1	1
Traslado de tubos a la prensa 2	4	1
Aplastado de tubos	2	2
Traslado de tubos a mesa de trabajo 2	4	0
Traslado de láminas y cinta de estaño a mesa de trabajo 2	1	1
Pegar cinta de estaño a tubo	2	2
Ensamblaje de tubos encintados con láminas de cobre	3	2
Traslado de bastidores al horno	6	3
Inspección	2	1

La Tabla VIII muestra una comparación del antes y después en la reducción de tiempos en el área de fabricación, logrando una optimización de 25 minutos mediante la mejora en la ruta de los operarios.

$$\% \text{ EFICIENCIA DE MEJORA} = \frac{25}{58} = 43.10\% \text{ (5)}$$

La ecuación (5) evidencia una eficiencia de 43.10% del layout propuesto

Simulación de la metodología 5S

Se llevó a cabo la primera auditoría para evaluar el estado actual del área. Como resultado, se obtuvieron los siguientes niveles de cumplimiento. Véanse las figuras 8, 9, 10, 11 y 12.

La figura 7 demuestra el cumplimiento de la primera S, Seiri, alcanzando un nivel de cumplimiento de 5 puntos porcentuales.

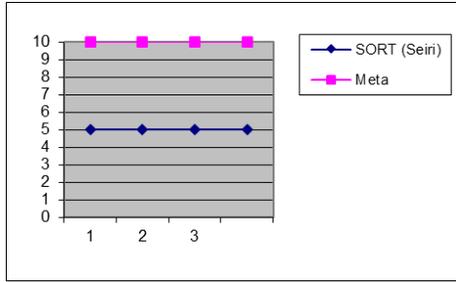


Fig. 7 Cumplimiento de Seiri

La figura 8 demuestra el cumplimiento de la segunda S, Seiton, alcanzando un nivel de cumplimiento de 4 puntos porcentuales.

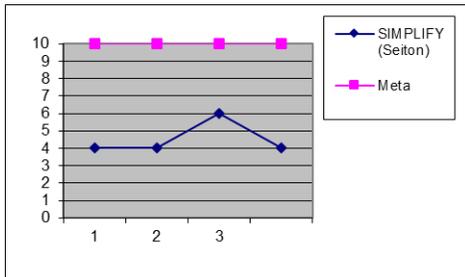


Fig. 8 Cumplimiento de Seiton

La figura 9 demuestra el cumplimiento de la tercera S, Seiso, alcanzando un nivel de cumplimiento de 4 puntos porcentuales.

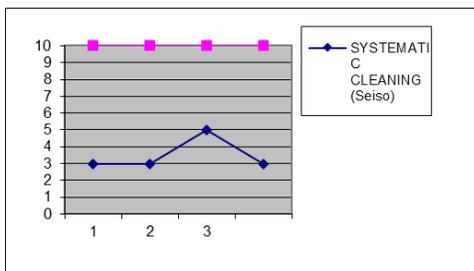


Fig. 9 Cumplimiento de Seiso

La figura 10 evidencia el cumplimiento de la cuarta S, Seiketsu, alcanzando un nivel de cumplimiento de 4 puntos porcentuales.

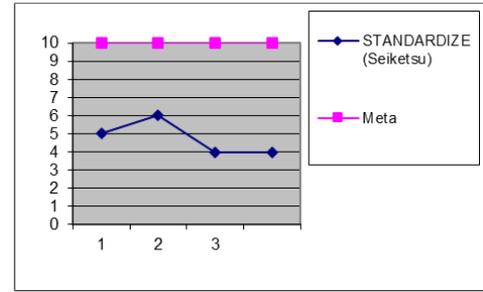


Fig. 10 Cumplimiento de Seiketsu

La figura 11 evidencia el cumplimiento de la quinta S, Shitsuke, alcanzando un nivel de cumplimiento de 5 puntos porcentuales.

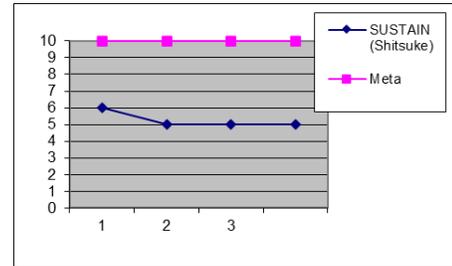


Fig. 11 Cumplimiento de Shitsuke

Al realizar un conteo total de la auditoría, se determinó que la empresa actualmente no alcanza el nivel de cumplimiento establecido como meta, lo que implica la necesidad de implementar la metodología 5S para mejorar dicho cumplimiento (Véase Figura 12).

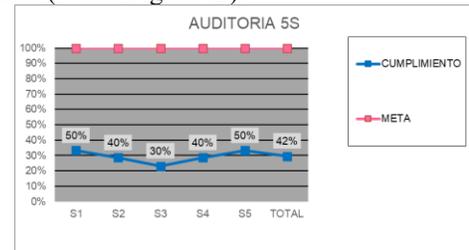


Fig. 12 Cumplimiento total de las 5S

Se estableció un cronograma de capacitación para el personal con el objetivo de fomentar el orden y la limpieza en el área, explicando los puntos que se considerarán para mejorar en la próxima auditoría y evidenciar los avances. Para ello, se implementó un programa dividido en tres fases, que se desarrollará durante un periodo de cuatro semanas, tal como se indica en la fase de implementación de la metodología 5S (ver Tabla VIII). Tras programar las sesiones y la aplicación de cada una de las 5S, se llevó a cabo una nueva auditoría, obteniendo los siguientes resultados.

La figura 13 muestra el cumplimiento de la primera S, Seiri, alcanzando un nivel de cumplimiento de 8 puntos porcentuales.

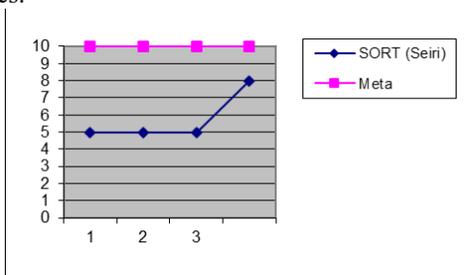


Fig. 13 Cumplimiento de Seiri

La figura 14 muestra el cumplimiento de la segunda S, Seiton, alcanzando un nivel de cumplimiento de 7 puntos porcentuales.

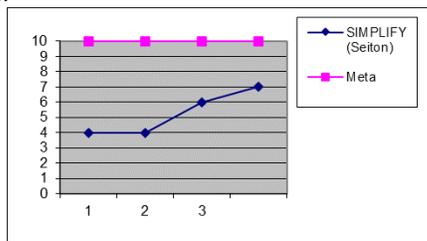


Fig. 14 Cumplimiento de Seiton

La figura 15 muestra el cumplimiento de la tercera S, Seiso, alcanzando un nivel de cumplimiento de 7 puntos porcentuales.

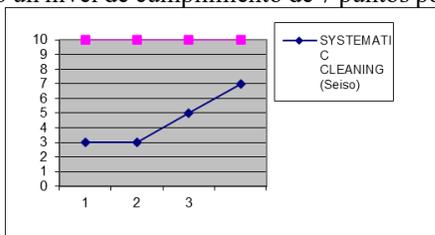


Fig. 15 Cumplimiento de Seiso

La figura 16 refleja el cumplimiento de la cuarta S, Seiketsu, alcanzando un nivel de cumplimiento de 8 puntos porcentuales.

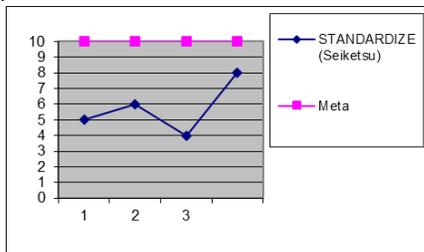


Fig. 16 Cumplimiento de Seiketsu

La figura 17 refleja el cumplimiento de la quinta S, Shitsuke, alcanzando un nivel de cumplimiento de 8 puntos porcentuales.

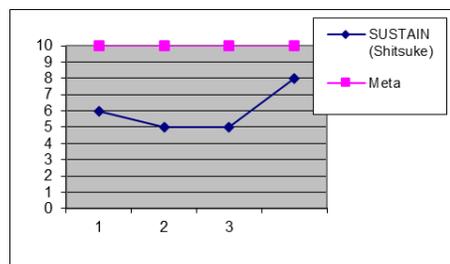


Fig. 17 Cumplimiento de Shitsuke

Al llevar a cabo la segunda auditoría, se observó una tendencia de mejora en el nivel de cumplimiento de cada una de las 5S. Tras la capacitación realizada, se logró un puntaje total de 38 puntos porcentuales. (Ver Figura 18)

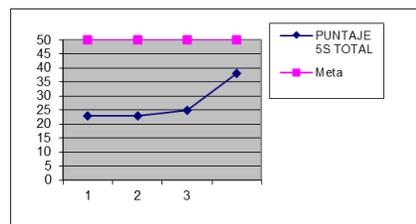


Fig. 18 Cumplimiento total de las 5S

TABLA IX
COMPATIVA DEL ANTES Y DESPUES
DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S

5S	% Cumplimiento antes de las 5s	% Cumplimiento total	% Cumplimiento después de las 5s	% Cumplimiento total
Seiri (Clasificar)	5	50%	8	80%
Seiton (Organizar)	4	40%	7	70%
Seiso (Limpieza)	3	30%	7	70%
Seiketsu (Estandarizar)	4	40%	8	80%
Shitsuke (Disciplina)	5	50%	8	80%
Total	21	42%	38	76%

Después de una capacitación previa sobre las 5S, se evidenció un incremento en la aplicación de las prácticas de orden y limpieza. En la primera auditoría, se alcanzó un nivel de cumplimiento del 42%, mientras que tras la post-implementation se logró un aumento al 76% en la aplicación de las 5S.

B. Evaluación Económica

Para representar la evaluación económica, primero se detallan las inversiones realizadas para cada propuesta implementada, considerando aspectos como el diseño, mano de obra, implementación y capacitación a lo largo de un periodo de 12 meses (Ver Tabla X).

TABLA X
EGRESOS EXPRESADOS EN SOLES

EGRESOS	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Diseño	1516.25					
Mano de Obra	155					
Implementación	3005.50					
Capacitación	931.50	931.50	931.50	931.50	931.50	931.50
TOTAL EGRESOS	5608.2	5608.2	5608.2	5608.2	5608.2	5608.2

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
931.50	931.50	931.50	931.50	931.50	931.50	931.50
5608.2	5608.2	5608.2	5608.2	5608.2	5608.2	5608.2

Se detallan los beneficios obtenidos tras la implementación de las dos herramientas a lo largo de un periodo de doce meses, así como el flujo de caja final (ver Tablas XI y XII).

TABLA XI
BENEFICIOS EXPRESADOS EN SOLES

BENEFICIOS	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Beneficio de las 5S		2290.72	2290.72	2290.72	2290.72	2290.72
Beneficio del Layout		1,130.40	1,130.40	1,130.40	1,130.40	1,130.40
TOTAL BENEFICIOS	0	3421.12	3421.12	3421.12	3421.12	3421.12

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
2290.72	2290.72	2290.72	2290.72	2290.72	2290.72	2290.72
1,130.40	1,130.40	1,130.40	1,130.40	1,130.40	1,130.40	1,130.40
3421.12	3421.12	3421.12	3421.12	3421.12	3421.12	3421.12

TABLA XII
FLUJO DE CAJA

	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
FLUJO DE CAJA	-5608.25	2489.62	2489.62	2489.62	2489.62	2489.62

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
2489.62	2489.62	2489.62	2489.62	2489.62	2489.62	2489.62

La aplicación de las cuatro herramientas, basada en la evaluación económica, demuestra que su implementación es viable, alcanzando una TMAR de 1.5%, un VAN de S/ 21,495.06, una TIR de 44%, un B/C de 2.63, un VAN de beneficios de S/ 37,244.09 y un VAN de egresos de S/ 15,749.03.

A. Discusión de Resultados

La primera problemática que enfrentaba la empresa estaba relacionada con una distribución desordenada de la planta, situación que se resolvió mediante la implementación de un rediseño del layout. Esta estrategia consistió en clasificar las actividades y medir los tiempos que les toma a los operarios desplazarse de una estación a otra. Según lo propuesto por los autores Camacho y Paredes (2021), en su investigación lograron reducir el recorrido de 51.4 m a 32.7 m. A través de la representación gráfica y la reorganización de las actividades y las áreas asignadas, se consiguió disminuir las actividades improductivas del 70.69% al 48.5%. Estos resultados se contrastan con los planteados por los investigadores, quienes, mediante la aplicación de herramientas de lean manufacturing, obtuvieron un incremento de la productividad del 40.65%.

En cuanto a la mejora planteada, se evidencia un cambio significativo en la relación entre las actividades productivas e improductivas, tal como se detalla en la investigación. (Véase Figura 19)

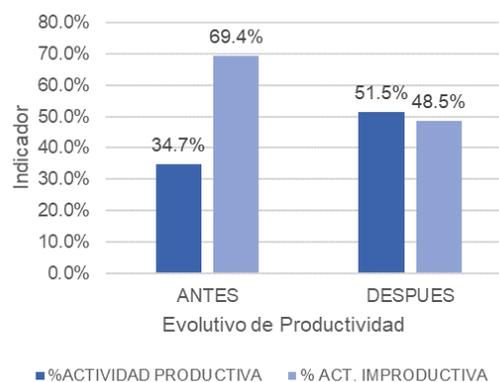


Fig. 19 Simulación ante el cumplimiento del rediseño de layout

En cuanto a la ruta de los operarios, se optimizaron las operaciones de transporte, demora e inspección, logrando reducir el tiempo de ciclo a 25 minutos, con una eficiencia del 43.10% en el layout propuesto.

El segundo problema estaba relacionado con el espacio de trabajo, donde la empresa carecía de una cultura de orden y limpieza, ya que no había áreas bien delimitadas ni definidas. Esta situación se mejoró gracias a la aplicación de la herramienta 5S, que permitió optimizar las condiciones del área de fabricación. Como resultado, se evidenció una mejora en la eficiencia y productividad. Las auditorías realizadas mostraron que la empresa tenía un bajo nivel de cumplimiento del 42%, pero tras la capacitación pre y post-implementación, se alcanzó un cumplimiento del 76%. (Véase Figura 20)

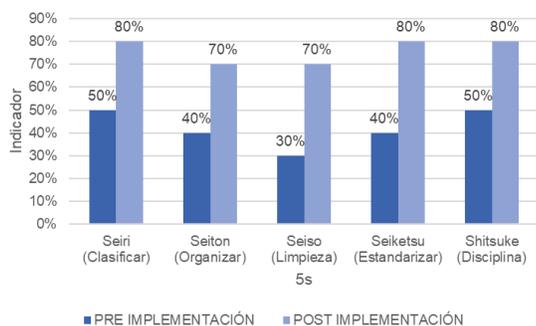


Fig. 20 Simulación ante el cumplimiento de las 5S

Las mejoras obtenidas son consistentes con los resultados de los autores Goicochea y Oribe (2023), quienes lograron un aumento en el cumplimiento de las 5S del 45.33% al 68%, además de una reducción del recorrido de los trabajadores en un 19.96%. Esto demuestra que la herramienta es altamente eficaz para su implementación.

Las problemáticas identificadas están alineadas con lo expuesto por Rodríguez y Alcalá (2023), quienes aplicaron la metodología lean en un laboratorio clínico, mejorando el uso del espacio, el orden y reduciendo fallas. De manera similar, Mendoza, Cruz y Anticona (2023) lograron aumentar la productividad en el sector textil al identificar áreas críticas y desorden. Esto demuestra que el enfoque lean, centrado en la optimización de recursos, la reducción de desperdicios y la mejora continua, es aplicable en diversos entornos productivos y de servicios.

B. Conclusiones

La implementación de la propuesta de mejora basada en lean manufacturing ha demostrado un impacto positivo significativo en la productividad de la empresa de fabricación. Este resultado respalda la hipótesis planteada, confirmando que la aplicación de lean manufacturing incrementa la productividad al optimizar los procesos y eliminar actividades que no añaden valor en distintas empresas manufactureras.

Se demostró el efecto de la propuesta de mejora en el tiempo de ciclo. La implementación de prácticas lean, como la reorganización de la distribución de planta y la eliminación de desperdicios, resultó en una reducción considerable del tiempo de ciclo de producción de un 58 min a 33min con una reducción de 25min. Esto permitió aumentar la rapidez de entrega de productos, contribuyendo directamente al incremento de la productividad en la empresa manufacturera.

La aplicación de lean manufacturing llevó a una mejor organización de los recursos, optimización del uso del espacio y una mayor coordinación en las actividades de producción. Estos cambios se reflejaron en un aumento significativo del índice de eficiencia, con el cumplimiento de cada una de las 5S de un 42% a un 76% con nivel de cumplimiento de 34%

La hipótesis planteada, que sostenía que la propuesta de mejora mediante la aplicación de lean manufacturing incrementaría la productividad en la empresa de fabricación, ha sido validada por los resultados obtenidos. La implementación

de lean manufacturing no solo mejoró la eficiencia operativa y la utilización de los recursos, sino que también creó un entorno de trabajo más organizado y seguro, lo que a su vez contribuyó a un aumento en la moral y el compromiso del personal.

En conclusión, la propuesta de mejora mediante la aplicación de lean manufacturing ha tenido un impacto positivo y significativo en la productividad de la empresa de fabricación, logrando los objetivos específicos planteados. Es recomendable que la empresa continúe con la capacitación del personal en prácticas lean y realice auditorías periódicas para mantener y mejorar los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- [1] Ur Rehman, A., Usmani, Y.S., Umer, U. *et al.* Lean Approach to Enhance Manufacturing Productivity: A Case Study of Saudi Arabian Factory. *Arab J Sci Eng* **45**, 2263–2280 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13369-019-04277-9>
- [2] Comisión Chilena del Cobre. (2023). *INFORME DE TENDENCIAS DEL MERCADO DEL COBRE*. <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Informe%20tendencias%201Q%202023.pdf>
- [3] Branca TA, Fornai B, Colla V, Murri MM, Streppa E, Schröder AJ. The challenge of digitalization in the steel sector. *Metals*. 2020; 10(2):1-23
- [4] Banco de desarrollo de América Latina (CAF). (2022.) Nota de Productividad Perú Productividad es la clave para retomar la senda de crecimiento.
- [5] Instituto Nacional de Estadística en Informática (INEI). 2023. Estadísticas. <https://www.inei.gov.pe/estadisticas-indice-tematico/>
- [6] 37th – Metalworking Industry. (2022, January 11). National Society of Industries. <https://sni.org.pe/37-industria-metalmeccanica/>
- [7] Annual Economic Survey (EEA) 2019. (s.f.). National Institute of Statistics and Informatics. <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/encuestaecon%C3%B3mica-anual-eea-2019-instituto-nacional-deestad%C3%ADstica-e-inform%C3%A1tica-inei>
- [8] Martínez Saavedra, J. D., & Arboleda Zuñiga, J. (2021). Propuesta para la reducción de tiempos y productos no conformes en el área de confecciones de la empresa Suramericana de Guantes S. A. S. mediante herramientas de lean manufacturing. *INVENTUM*, 16(30), 40–53. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.16.30.2021.40-53>
- [9] Camacho, M. K., & Paredes, L. A. (2023). Diseño de una mejora con herramientas Lean Manufacturing para incrementar la productividad en una procesadora industrial, Trujillo, 2022 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/32240>
- [10] Goicochea, D. C., & Beltran, P. O. (2023). Aplicación de las herramientas Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la empresa CALZADOS RIP LAND S.A.C. – 2023 [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/11537/32240>
- [11] Rodríguez, L. & Alcalá, M. "Service Management Proposal Through the Application of the 5s Methodology to Increase Productivity in the Messanlab Clinical Laboratory. Tarapoto 2022," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2023. doi: 10.18687/LEIRD2023.1.1.411.
- [12] C. E. Mendoza Ocaña, L. E. Cruz Salinas, & L. R. Anticona Yupanqui, "Application of lean manufacturing tools to improve productivity in a footwear company in Peru," *3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development - LEIRD 2023*, edición virtual, diciembre 4-6, 2023. DOI: 10.18687/LEIRD2023.1.1.351.