

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.497>

Manufactura esbelta para la mejora del proceso operacional: un caso de estudio en la industria de plástico

Lean manufacturing for operational process improvement: a case study in the plastics industry

Jacinto Daniel Espinales Meza

jacinto.espinalesmeza1811@upse.edu.ec

jacinto_daniel19@oulook.com

<https://orcid.org/0009-0000-3890-1339>

Universidad Península de Santa Elena, La Libertad – Ecuador

Bryan Patricio Salvatierra Rogel

bryan.salvatierra00@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-7342-6686>

Universidad Península de Santa Elena, La Libertad – Ecuador

Ángel José Vera Rodríguez

angel.verarodriguez1201@upse.edu.ec

veraaj2000@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-4909-798X>

Universidad Península de Santa Elena, La Libertad – Ecuador

Karen Antonella Tigreiro González

karen.tigrerogonzalez3594@upse.edu.ec

karentigreiro0910@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-5241-7598>

Universidad Península de Santa Elena, La Libertad – Ecuador

Graciela Celedonia Sosa Bueno

gsosa5882@upse.edu.ec

celesosabueno53@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1236-0997>

Universidad Península de Santa Elena, La Libertad - Ecuador

Artículo recibido: 20 octubre 2024 - Aceptado para publicación: 26 noviembre 2024
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

En un entorno competitivo y de alta exigencia, Aquaplastic S.A.S., una empresa de producción de envases plásticos en Ecuador enfrenta desafíos relacionados con la generación de residuos de PVC, afectando su eficiencia operativa y sostenibilidad. Este estudio tuvo como objetivo proponer una metodología de manufactura esbelta basada en herramientas como 5S, TPM y VSM, para la mejora del proceso operacional de la empresa Aquaplastic S.A.S. La investigación utilizó un diseño no experimental de tipo transversal, recopilando datos mediante Check list, observación directa y medición de tiempos. Los resultados mostraron mejoras significativas: la herramienta

5S incrementó la organización del entorno de trabajo, pasando de un 44% a un 74%, y el TPM mejoró la Eficiencia General del Equipo (OEE) de un 68% a un 86%. La implementación redujo el tiempo de ciclo y optimizó recursos, mejorando la productividad en un 12%. Estas mejoras confirman la efectividad de las técnicas de manufactura esbelta en la optimización de procesos y la reducción de desperdicios.

Palabras clave: manufactura esbelta, proceso operacional, 5S, TPM, VSM, eficiencia

ABSTRACT

In a highly demanding and competitive environment, Aquaplastic S.A.S., a plastic packaging production company in Ecuador, faces challenges related to the generation of PVC waste, affecting its operational efficiency and sustainability. This study aimed to propose a lean manufacturing methodology based on tools such as 5S, TPM and VSM, to improve the operational process of the company Aquaplastic S.A.S. The research used a non-experimental cross-sectional design, collecting data through checklists, direct observation and time measurement. The results showed significant improvements: the 5S tool increased the organization of the work environment, going from 44% to 74%, and TPM improved Overall Equipment Efficiency (OEE) from 68% to 86%. The implementation reduced cycle time and optimized resources, improving productivity by 12%. These improvements confirm the effectiveness of lean manufacturing techniques in optimizing processes and reducing waste.

Keywords: lean manufacturing, operational process, 5S, TPM, VSM, efficiency

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

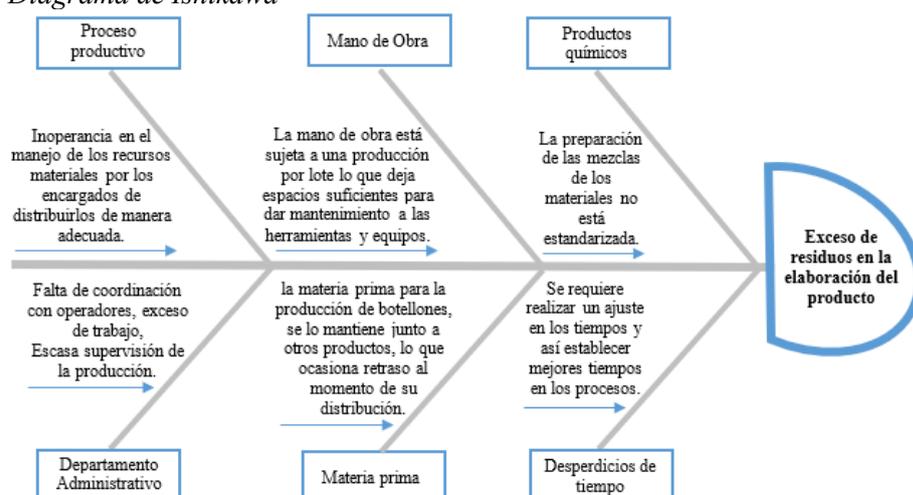
INTRODUCCIÓN

La problemática del exceso de residuos plásticos, particularmente de PVC, ha adquirido una dimensión crítica a nivel global. Según el Programa para el Medio Ambiente de la ONU, de los 9.200 millones de toneladas de plástico producidas entre 1950 y 2017, aproximadamente 7.000 millones se convirtieron en desechos que terminaron en vertederos o en el medio ambiente. Estudios como el de Karen et al., (2019), revelan que un 85% de las personas en 32 países exigen regulaciones más estrictas contra el plástico de un solo uso. Esta situación refleja la magnitud de un problema cuya resolución requiere tanto innovación tecnológica como cambios estructurales en los procesos productivos.

La manufactura esbelta proporciona herramientas para eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia operativa a través de técnicas como las 5S y el Mantenimiento Productivo Total (TPM), (Hernández Centeno & Sifuentes Huayanay, 2022). Aplicaciones exitosas en otros países, como el caso de México, han demostrado mejoras significativas en el OEE y la productividad, mientras que, en Perú, la implementación de estos métodos incrementó la producción en un 37% y redujo el scrap en un 4%, (Cervantes-Zubirías et al., 2022); (Licla Solier & Taquire Curi, 2022). Estas evidencias destacan el impacto positivo de estas prácticas en diversas industrias.

La industria de fabricación de envases plásticos enfrenta desafíos significativos. La empresa Aquaplastic S.A.S, ubicada en Santa Elena, Ecuador, produce envases de PVC y botellas PET, pero sus operaciones generan altos niveles de desperdicio, alcanzando un 44,83% del material procesado, cifra alarmante frente al estándar industrial del 5%, (Camacho Sanchez et al., 2021). Este problema no solo afecta la rentabilidad debido al incremento en costos operativos, sino que también genera impactos ambientales adversos, lo que refuerza la necesidad de implementar metodologías sostenibles como la manufactura esbelta para optimizar procesos y minimizar residuos. Bajo este contexto se procede a realizar un diagrama de Ishikawa bajo el método de estratificación para detallar y conocer posibles causas que afectan al proceso operacional

Figura 1
Diagrama de Ishikawa



Nota: Elaborado por el autor

En Ecuador, la aplicación de herramientas de manufactura esbelta también ha generado resultados positivos. En Guayaquil, un proyecto de mejora continua logró disminuir el scrap asociado al tratamiento de películas de poliuretano y cambios de materiales, ahorrando \$7.288,92 mensuales, (Solano Collaguazo, 2022). En AQUAPLASTIC S.A.S., la implementación de estas herramientas podría mitigar el alto porcentaje de desperdicio, mejorando tanto la eficiencia operativa como el cumplimiento de estándares ambientales internacionales.

Por último, abordar la problemática del exceso de residuos plásticos requiere una transformación cultural dentro de las empresas. Según Escudero, (2020). la resistencia al cambio es un desafío clave al introducir nuevas tecnologías y prácticas. Por ello, la propuesta de manufactura esbelta para Aquaplastic S.A.S. incluye no solo un rediseño de procesos, sino también una estrategia integral de capacitación y empoderamiento de los empleados, fomentando una cultura de mejora continua y sostenibilidad que permita a la empresa adaptarse a las demandas de un entorno cada vez más competitivo y regulado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque adoptado en esta investigación es cuantitativo, dado que se fundamenta en datos numéricos para analizar y validar información clave. Este enfoque facilita la identificación de relaciones entre las variables mediante instrumentos diseñados específicamente para la recolección y el análisis de datos, (Mousalli-Kayat, 2015).

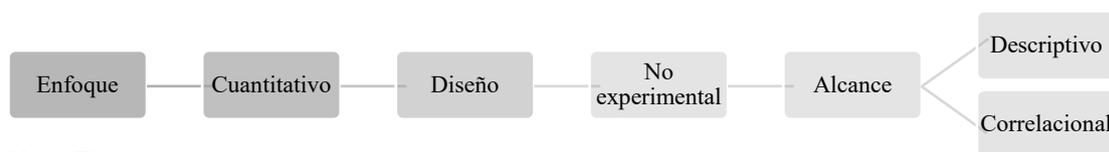
La investigación combina elementos operativos, técnicos, conductuales y culturales, proporcionando así una perspectiva integral de la problemática. Esta integración permite conceptualizar la realidad basándose en conocimientos, actitudes y valores que moldean el

comportamiento humano, logrando una comprensión global tanto de los aspectos sociales como empresariales involucrados.

Con un enfoque cuantitativo bien definido, se adoptó un diseño no experimental, descrito por (Hernández Sampieri et al., 2014), como aquel en el que las variables no se manipulan deliberadamente. Además, se seleccionó una metodología de investigación transversal, caracterizada por la recopilación de datos en un único momento temporal. Este enfoque no experimental y transversal resultó esencial para recolectar y procesar los datos de forma eficiente, contribuyendo de manera significativa al desarrollo del estudio.

El alcance del estudio es descriptivo-correlacional, ya que analiza la relación entre la implementación de herramientas de manufactura esbelta y la mejora del proceso operacional. Este análisis se centra en la reducción de desperdicios y el aumento de la eficiencia, además de examinar los factores que influyen en dicha relación, (Alvarez, 2021).

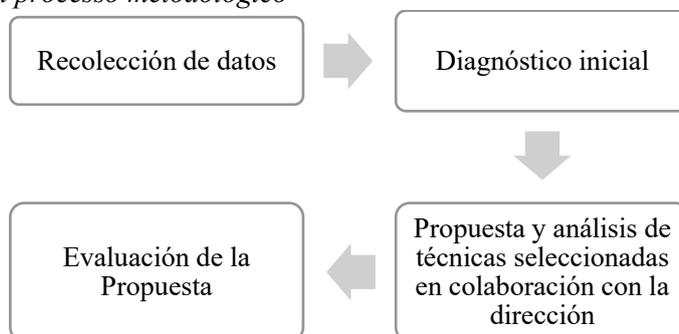
Figura 2
Diseño de la investigación



Nota: Elaborado por el autor

Para el desarrollo del procedimiento metodológico en la propuesta de manufactura esbelta para mejorar el proceso operacional, se tomó como referencia los estudios realizados por Sofia et al., (2019) e Ivan Villagrana-Lopez et al., (2023). Estos estudios destacan que, en los últimos cinco años, se han llevado a cabo múltiples investigaciones relacionadas con la implementación de herramientas de manufactura esbelta. A partir de este análisis, se estructuraron cuatro fases fundamentales que detallan el proceso de forma sistemática y estratégica, permitiendo adaptar las herramientas a las necesidades específicas del contexto empresarial.

Figura 3
Diseño del proceso metodológico



Nota: Elaborado por el autor

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VSM inicial

En la planta de Aquaplastic S.A.S., el trabajo se organiza en tres turnos continuos de 8 horas cada uno, sin pausas, para mantener la máquina operativa desde las 07:00 del lunes hasta las 07:00 del sábado. Las paradas se evitan debido a que afectan la temperatura del equipo, causando pérdidas de material por obstrucciones en el cabezal. La demanda diaria aproximada de envases de 20 litros se calculó en 1,291 unidades, considerando una demanda mensual de 31,000 unidades y 24 días laborables al mes. El Takt Time, indicador del tiempo máximo disponible para producir cada unidad según la demanda, resultó ser de 66.92 segundos por envase, calculado sobre 86,400 segundos diarios de operación.

$$\text{Demanda}_{\text{diaria}} = \frac{\text{Demanda mensual}}{\text{Días de trabajo por mes}}$$

$$\text{Demanda}_{\text{diaria}} = 31000 \frac{\text{Envases}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{24 \text{ días}}$$

$$\text{Demanda}_{\text{diaria}} = 1291 \frac{\text{Envases}}{\text{día}}$$

Takt Time es una medida que indica el tiempo disponible para producir un producto en función de la demanda del cliente.

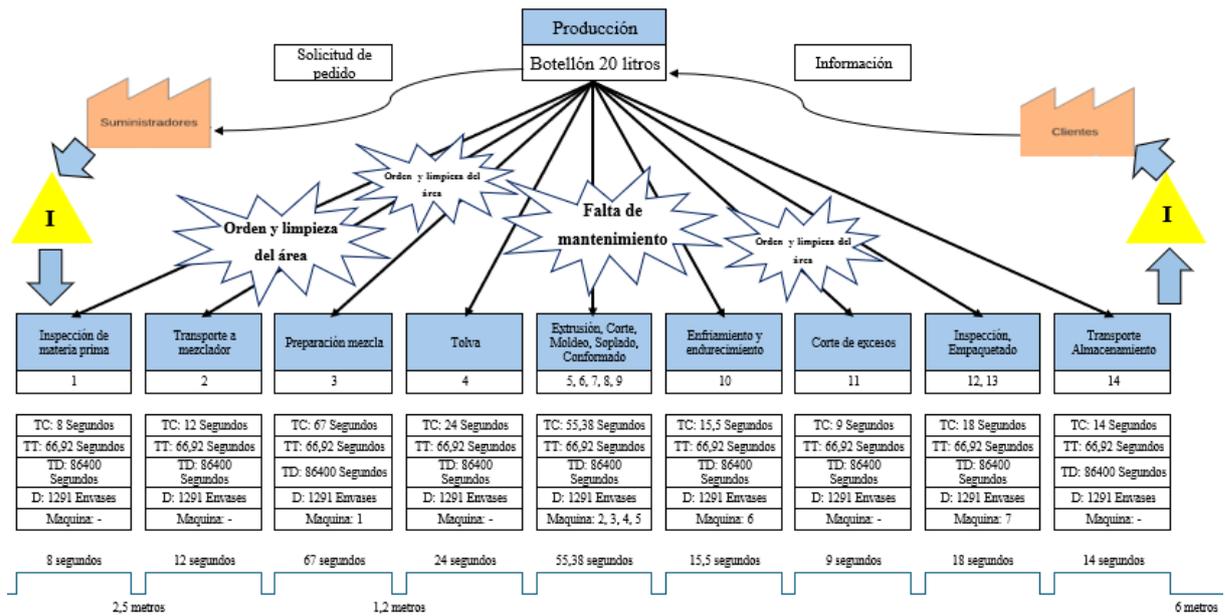
$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo disponible por día}}{\text{Demanda diaria}}$$

$$\text{Takt time} = \frac{24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 3600 \frac{\text{segundos}}{\text{hora}}}{1291 \frac{\text{envases}}{\text{día}}}$$

$$\text{Takt time} = 66,92 \frac{\text{segundos}}{\text{envases}}$$

Con estos datos, se elaboró un Value Stream Mapping (VSM), herramienta de Lean Manufacturing que permite identificar ineficiencias, actividades sin valor y cuellos de botella en el flujo de trabajo. Este análisis detallado de procesos, inventarios y tiempos de espera busca optimizar la productividad y mejorar la eficiencia del sistema operativo.

Figura 4
VSM inicial



Nota: Elaborado por el autor

En el VSM inicial, las actividades se clasificaron según su valor agregado, identificando las siguientes categorías:

Tabla 1
Valor agregado de actividades

Actividad	Segundos	Valor agregado	Razón
Inspección de M.Prima	8	Necesario, pero no agrega valor	Es una actividad de calidad
Transporte a mezclador	12	No agrega valor	Movimiento de material
Preparación de mezcla	67	Agrega valor	Transformación del material
Transporte a tolva	24	No agrega valor	Movimiento de material
Extrusión, Corte, Moldeo, Soplado, Conformado	55,38	Agrega valor	Transformación del material
Enfriamiento	15,5	Agrega valor	Transformación del material
Corte de excesos y acabado	9	Necesario, pero no agrega valor	Es una actividad de calidad
Inspección y empaquetado	18	Necesario, pero no agrega valor	Es una actividad de calidad
Almacenamiento	14	No agrega valor	Movimiento de producto

Nota: Elaborado por el autor

El Lead Time total es de 222.88 segundos, mientras que el Process Time, excluyendo actividades que no agregan valor, es de 172.88 segundos. Los porcentajes resultantes son: 61.86% de tiempo con valor agregado, 15.70% necesario, pero sin valor, y 22.43% sin valor.

Tabla 2

Tiempo VSM inicial

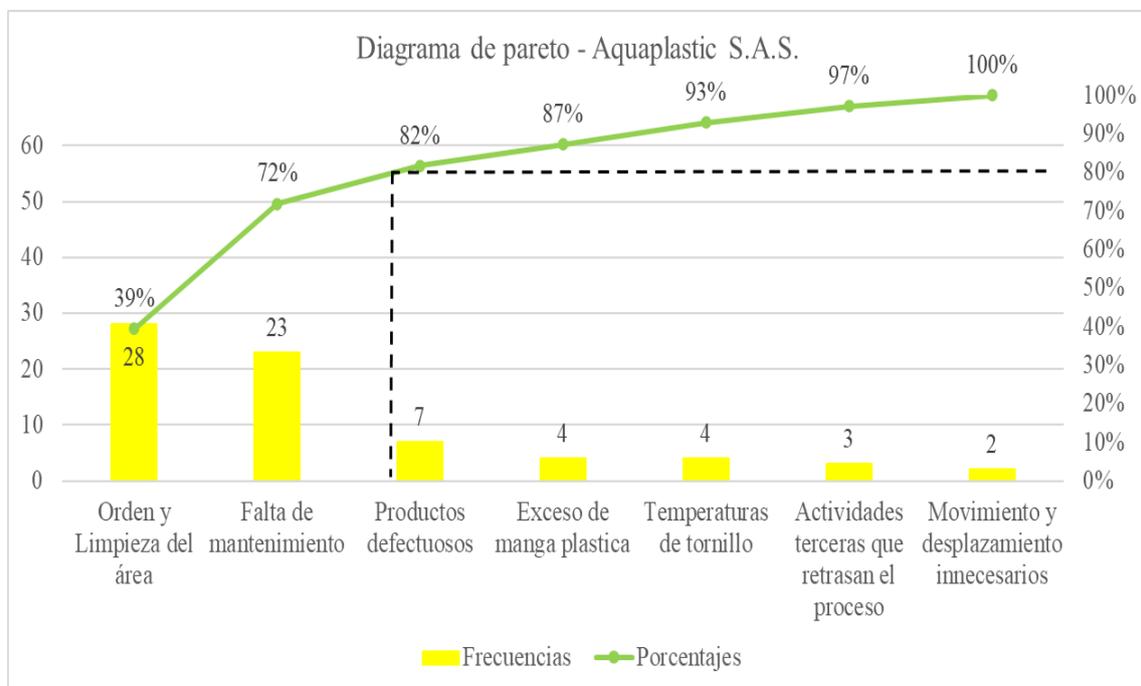
Valor agregado	Segundos	%
Agrega valor	137,88	61,86%
Necesario, pero no agrega valor	35	15,70%
No agrega valor	50	22,43%
LEAD TIME	222,88	
PROCESS TIME	172,88	

Nota: elaborado por el autor

Mediante un análisis de Pareto, se determinó que el 80% de los problemas se deben a un 20% de las causas, destacando las principales: orden y limpieza del área (39%), falta de mantenimiento (32%), y productos defectuosos (10%). Estas actividades críticas serán priorizadas para implementar mejoras con herramientas de manufactura esbelta.

Figura 5

Diagrama de Pareto



Nota: Elaborado por el autor

Evaluación 5'S inicial

Según el autor Ivan Villagrana-Lopez et al., (2023), las 5S son una herramienta derivada de términos japoneses: Seiri (selección), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarización) y Shitsuke (autodisciplina). El propósito de implementar esta metodología en la industria es optimizar las condiciones laborales, promoviendo un entorno de trabajo más organizado, (Vargas Crisóstomo & Camero Jiménez, 2021). En un caso de un almacén de refacciones, su aplicación resultó en una efectividad del 93%, logrando identificar materiales y racks, lo que redujo significativamente el tiempo de búsqueda y minimizó errores en el manejo de entradas y salidas de material.

Tabla 3

Revisión inicial 5'S

REVISIÓN INICIAL - EVALUACIÓN				
PROCESO DE PRODUCCIÓN - ELABORACIÓN BOTELLÓN 20 LITROS		No cumple	Cumple parcialmente	Si cumple
N°	Seiri/Clasificar	0	1	2
1	Las herramientas de trabajo se encuentran en buenas condiciones		X	
2	Se cuenta con las herramientas de trabajo necesario		X	
3	El lugar de trabajo se encuentra en buenas condiciones	X		
4	Se cuenta con EPP necesarios para trabajar		X	
5	Los pasillos se encuentran libre de objetos sin uso		X	
6	El área de producción se encuentra sin materiales contaminantes	X		
7	Cajas, materia prima, jaulas se encuentran en su área		X	
Seiton/Ordenar				
8	No Existen objetos innecesarios en el área de producción		X	
9	Las áreas de trabajo se encuentran correctamente identificadas		X	
10	Las herramientas de trabajo se encuentran su lugar designado	X		
11	Existe estantería para clasificar los objetos	X		
12	Existen unidades de botellón botados por el área de trabajo		X	
13	Existen lugares para botar los desechos plásticos de la planta			X
14	Existe codificación en los objetos para ubicación y clasificación		X	
Seiso/Limpiar				
15	El área de Producción se encuentra limpios		X	
16	Las herramientas se encuentran limpios		X	
17	la zona de triturado de material se encuentra limpio	X		
18	El área de materia prima se encuentra limpio			X
19	Las mesas y oficinas de la planta se encuentran sin residuos plásticos		X	
20	La maquinaria se encuentra libre de lubricación excesiva		X	
21	Se han definido responsabilidades para la limpieza del área de producción		X	
Seiketsu/Estandarizar				
22	El personal de trabajo trabaja disciplinadamente		X	
23	El personal de trabajo usa adecuadamente el EPP	X		
24	Las maquinas cuentan con codificación			X
25	Los operadores codifican de buena forma el producto terminado		X	
26	El personal de trabajo llena adecuadamente el requerimiento de su respectivo turno		X	

27	Existe control de las cosas que están desorganizadas	X	
28	Los operadores revisan el producto terminado		X
29	Los operadores retiran el plástico de exceso en los botellones		X
30	Los operadores evitan dejar caer plástico al piso		X
31	Existe control de los productos contaminados	X	
Shitsuke/Disciplina			
32	Existe buena predisposición al cambio de cultura		X
33	Se involucra al personal completo de la empresa		X
34	se trabaja con responsabilidad		X
35	existe compromiso con los cambios		X
36	Se realizan reuniones semanales para verificar cumplimientos	X	

Nota: Elaborado por el autor

Para introducir la herramienta 5S, se realizó una revisión inicial que incluyó una evaluación detallada, con la participación del equipo directivo de la organización. Los resultados de esta revisión inicial se resumen en la Tabla 4, evidenciando un promedio del 44% de cumplimiento, lo que corresponde a una categoría "mala".

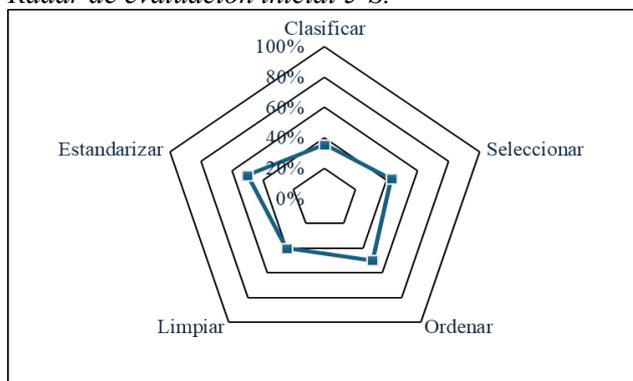
Tabla 4
Resultados Evaluación inicial 5'S

Categoría	Porcentaje real
Clasificar	36%
Seleccionar	43%
Ordenar	50%
Limpiar	40%
Estandarizar	50%
Promedio	44%

Nota: Elaborado por el autor.

Bajo estos indicadores, se deja ver que el 44% está en una categoría “malo” lo que nos proporciona un estado inicial. Este enfoque visual ofrece una perspectiva clara a la propuesta de las 5'S, la combinación de estas tablas las representaremos en un gráfico de radar para mejor visualización de nuestra evaluación.

Figura 6
Radar de evaluación inicial 5'S.



Nota: Elaborado por el autor.

Propuesta de Implementación de la Metodología 5S

Dado que el diagnóstico inicial reflejó un bajo nivel de cumplimiento (44%), se desarrolló una propuesta para implementar la metodología 5S, orientada a mejorar el proceso operacional de la planta. A continuación, se describen los pasos y acciones recomendadas para cada una de las "S".

Seiri (Clasificar)

El primer paso consiste en eliminar elementos innecesarios y organizar materiales, equipos y herramientas en el área de producción para evitar acumulaciones que generen desorden.

Para facilitar este proceso, se propone el uso de tarjetas rojas, que permiten:

- Identificar rápidamente objetos innecesarios y promover un entorno más organizado.
- Involucrar a los trabajadores en la identificación de elementos que no contribuyen al proceso.
- Reducir desperdicios y optimizar el uso del espacio.

Tabla 5

Tarjeta roja

TARJETA ROJA	
Pegar esta parte de la tarjeta en el Artículo NO necesario	
Nombre de quien realizó la selección:	
N° de tarjeta:	
Fecha:	
Descripción:	
Nombre de quien realizó la selección:	
N° de tarjeta:	
Fecha:	
Descripción:	
CATEGORÍA	
Accesorios o herramientas	
Materia prima	
Material	
Maquinaria	
Producto en proceso	
Producto terminado	
EPP	
Otro (especifique):	
MOTIVO	
Elementos personales	
Elemento de más	
Elemento defectuoso	
Residuos	
Desperdicio	
No se necesita	
No se necesita pronto	
Uso desconocido	
Otro (especifique)	
JEFE DE OPERACIONES	
Responsable:	
Fecha de decisión:	
Destino:	

Nota: Elaborado por el autor

Seiton (Ordenar)

La segunda S busca mantener un ambiente limpio y organizado, evitando acumulaciones de residuos o suciedad en el área de trabajo. Se establecen criterios específicos para organizar

objetos según su frecuencia de uso y se asignan destinos para los mismos de manera sistemática (Tabla 6). Estas medidas contribuyen a un flujo operacional eficiente, mejoran la disposición del espacio y aseguran condiciones óptimas para el funcionamiento de la maquinaria.

Tabla 6

Destino de objetos según su necesidad

N°	Objeto	Frecuencia de uso	Destino
1	Cuchillo, Gavetas, Jaulas	Uso frecuente	Colocar cerca del área de trabajo
2	Moldes, pallets, montacarga	Uso moderado	Colocar cerca pero no en el área de trabajo
3	Llaves, tuercas, mangueras	Uso poco frecuente	Colocar fuera del área de trabajo
4	Polipropileno, cyan, fundas	Uso frecuente	Colocar cerca del operador
5	Guantes, botas, mascarillas	Uso frecuente	Colocar cerca del operador
6	Lubricantes y repuestos	Uso moderado	Colocar cerca pero no en el área de trabajo
7	Manuales y procedimientos	Uso poco frecuente	Colocar fuera del área de trabajo

Nota: elaborado por el autor

Seiso (Limpiar)

Esta etapa enfatiza la limpieza diaria del área de trabajo para prevenir el deterioro de equipos y la acumulación de desechos. Se propone:

- Implementar rutinas de limpieza al finalizar cada turno, asignando responsabilidades a los operarios para mantener sus estaciones en óptimas condiciones.
- Llevar a cabo inspecciones regulares que identifiquen fuentes de suciedad y apliquen medidas preventivas.
- Designar responsables para realizar limpiezas específicas, como en las máquinas de extrusión, asegurando su correcto funcionamiento.

Tabla 7

Tarjeta seiso

 TARJETA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Actividades	Si	No	
La maquinaria se encuentra limpia			
Las herramientas se encuentran limpias			
Los pisos de las diferentes áreas están limpios			
Las gabetas y jaulas se encuentran sin material contaminante			
Los EPP están limpios			
Las mesas y escritorios se encuentran limpios			
se realiza los planes de limpieza diariamente			
Total:			
Observación:			
Responsable:			
Fecha de realización:			
Firma del responsable:			

Nota: Elaborado por el autor

Seiketsu (Estandarizar)

Al alcanzar un adecuado nivel de orden y limpieza, se busca estandarizar los procedimientos para garantizar la sostenibilidad de las primeras tres S. Se plantean los siguientes estándares:

1. Sensibilizar al personal mediante sesiones informativas y ejemplos prácticos sobre la importancia de la limpieza y organización, asignando responsabilidades específicas para estas tareas.
2. Establecer un protocolo para reportar de inmediato cualquier falla en maquinaria o equipos al área de mantenimiento, asegurando la continuidad y eficiencia del proceso productivo.
3. Implementar inspecciones visuales diarias en todas las áreas de trabajo para verificar el cumplimiento de los estándares de limpieza y orden, corrigiendo de inmediato cualquier anomalía.

Shitsuke (Disciplina)

La última S está enfocada en el cambio de actitud y compromiso del equipo de trabajo para adoptar la metodología 5S como una práctica esencial dentro de sus responsabilidades. Se busca fortalecer la disciplina a través del cumplimiento continuo de las acciones establecidas, promoviendo una cultura de mejora continua y asegurando la sostenibilidad de los resultados logrados.

Finalmente, se llevó a cabo una auditoría para evaluar el impacto de la herramienta 5S en la mejora del proceso operacional y la implementación de la mejora continua.

Evaluación final

Para evaluar los resultados obtenidos tras implementar la metodología 5S, se realizó una revisión y análisis final.

Tabla 8
Revisión final 5'S

REVISIÓN FINAL - EVALUACIÓN

PROCESO DE PRODUCCIÓN - ELABORACIÓN BOTELLÓN 20 LITROS		No cumple	Cumple parcialmente	Si cumple
Nº	Seiri/Clasificar	0	1	2
1	Las herramientas de trabajo se encuentran en buenas condiciones		X	
2	Se cuenta con las herramientas de trabajo necesario		X	
3	El lugar de trabajo se encuentra en buenas condiciones			X
4	Se cuenta con EPP necesarios para trabajar		X	
5	Los pasillos se encuentran libre de objetos sin uso		X	
6	El área de producción se encuentra sin materiales contaminantes		X	

7	Cajas, materia prima, jaulas se encuentran en su área	X
Seiton/Ordenar		
8	No Existen objetos innecesarios en el área de producción	X
9	Las áreas de trabajo se encuentran correctamente identificadas	X
10	Las herramientas de trabajo se encuentran su lugar designado	X
11	Existe estantería para clasificar los objetos	X
12	Existen unidades de botellón botados por el área de trabajo	X
13	Existen lugares para botar los desechos plásticos de la planta	X
14	Existe codificación en los objetos para ubicación y clasificación	X
Seiso/Limpiar		
15	El área de Producción se encuentra limpios	X
16	Las herramientas se encuentran limpios	X
17	la zona de triturado de material se encuentra limpio	X
18	El área de materia prima se encuentra limpio	X
19	Las mesas y oficinas de la planta se encuentran sin residuos plásticos	X
20	La maquinaria se encuentra libre de lubricación excesiva	X
21	Se han definido responsabilidades para la limpieza del área de producción	X
Seiketsu/Estandarizar		
22	El personal de trabajo trabaja disciplinadamente	X
23	El personal de trabajo usa adecuadamente el EPP	X
24	Las maquinas cuentan con codificación	X
25	Los operadores codifican de buena forma el producto terminado	X
26	El personal de trabajo llena adecuadamente el requerimiento de su respectivo turno	X
27	Existe control de las cosas que están desorganizadas	X
28	Los operadores revisan el producto terminado	X
29	Los operadores retiran el plástico de exceso en los botellones	X
30	Los operadores evitan dejar caer plástico al piso	X
31	Existe control de los productos contaminados	X
Shitsuke/Disciplina		
31	Existe buena predisposición al cambio de cultura	X
32	Se involucra al personal completo de la empresa	X
33	se trabaja con responsabilidad	X
34	existe compromiso con los cambios	X
35	Se realizan reuniones semanales para verificar cumplimientos	X

Nota: Elaborado por el autor

Los hallazgos se presentan en la Tabla 9. Evaluación final 5'S, donde se observa el desempeño en cada categoría:

Tabla 9

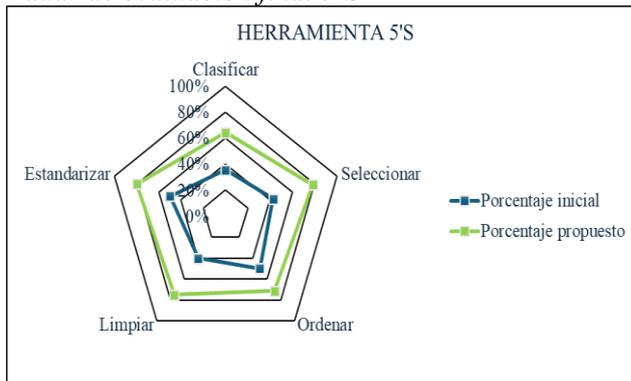
Evaluación final 5'S

Categoría	Porcentaje real
Clasificar	64%
Ordenar	79%
Limpiar	71%
Estandarizar	75%
Disciplina	80%
Promedio	74%

Nota: Elaborado por el autor.

El promedio general de cumplimiento alcanzado, correspondiente al 74%, evidencia avances importantes en la implementación. No obstante, persisten oportunidades de mejora, especialmente en la eliminación de elementos innecesarios, limpieza en áreas específicas y estandarización de procesos. La categoría con mejor desempeño fue disciplina (80%), lo que indica una aceptación significativa hacia la nueva cultura organizacional. Para ilustrar mejor estos resultados, se presenta la Figura 7. Radar de evaluación final 5'S.

Figura 7
Radar de evaluación final 5'S



Nota: Elaborado por el autor.

Evaluación OEE inicial

El OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia Global de los Equipos) es un indicador crítico en la industria para medir la productividad y eficiencia de los procesos. Este índice considera tres factores clave:

Disponibilidad: Representa el tiempo operativo en relación con el tiempo programado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo real de operación}}{\text{Tiempo programado de operación}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{7 \text{ horas}}{8 \text{ horas}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 87\%$$

Rendimiento: Evalúa la producción real frente a la producción estándar.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Rendimiento estandar}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{420 \text{ botellones}}{520 \text{ botellones}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 80\%$$

Calidad: Relación entre los productos conformes y los defectuosos.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Productos buenos}}{\text{Productos defectuosos}} \times 100$$

$$\text{Calidad} = \frac{415 \text{ botellones}}{420 \text{ botellones}} \times 100$$

Calidad = 98%

El OEE se calcula combinando estos tres índices:

$$OEE = \frac{\text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}}{100}$$

$$OEE = \frac{87\% \times 80\% \times 98\%}{100}$$

OEE = 68%

Un OEE del 68% es considerado "regular" y sugiere la existencia de áreas de mejora, dado que los valores óptimos para industrias de clase mundial superan el 85%.

Propuesta TPM

Análisis Matriz AMFE

Para Gustavo Adolfo et al., (2023). El análisis AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) es una herramienta que permite identificar y priorizar los riesgos asociados a fallos en procesos o productos. Su objetivo principal es implementar acciones correctivas que mitiguen riesgos, mejoren la calidad y aumenten la confiabilidad. La Tabla 10. Escala de calificación Matriz AMFE muestra los criterios utilizados para la evaluación.

Tabla 10

Matriz AMFE

MATRIZ AMFE													
No	Descripción	Falla potencial	Efecto potencial	Causa potencial	Severidad (SEV)	Ocurrencia (OCC)	Detección (DET)	Número prioridad de riesgo (RPN)	Acciones propuestas	Severidad (SEV)	Ocurrencia (OCC)	Detección (DET)	Número prioridad de riesgo (RPN)
1	Extrusión	Fundición de material ineficiente	Botellones con residuos de plástico reciclado	Falta de temperatura para fundición	6	8	4	192	Proponer una calibración más exhaustiva para la fundición de plástico	4	5	2	40
2	Corte de manga	cambios de temperatura en la cuchilla de corte	manga plástica deformado impidiendo soplado	Desgaste de cuchilla	7	6	5	210	Proponer un mantenimiento más regular de la cuchilla de corte	5	4	2	40
3	Moldeo	Enfriamiento de molde deficiente	botellón defectuoso	Falta de verificación torre de enfriamiento (Chiller Industrial)	4	2	2	16	Realizar siempre verificaciones de la torre de refrigeración (Chiller)	2	2	1	4
4	Soplado	Perdida de presión en válvulas neumáticas	botellón sin formación	Falta de mantenimiento en compresor	5	3	2	30	Proponer un mantenimiento más regular para el compresor	3	2	2	12
5	Conformado	oxidación de molde	botellón con marcas de rayado por el óxido al momento del conformado	oxidación de molde por mala calibración de chiller	5	6	4	120	Realizar limpieza y lijar molde más regularmente	3	4	2	24
6	Enfriamiento y endurecimiento	perdida de presión en válvulas de refrigeración	botellón se derrite en el área del pico por falta de enfriamiento	Falta de lubricación, Desgaste de componentes	3	4	3	36	Proponer lubricación regular de los componentes de enfriamiento	4	2	3	24

Nota: Elaborado por el autor

A continuación, se presentan los resultados:

- **Extrusión:** La calibración deficiente causaba residuos plásticos en los botellones. Una mejora en la calibración redujo el número de prioridad de riesgo (RPN) de 192 a 40.
- **Corte de manga:** El desgaste en la cuchilla afectaba el corte, con un RPN inicial de 210, que se redujo a 40 tras implementar un mantenimiento periódico.

- **Moldeo:** Las verificaciones regulares del sistema de enfriamiento lograron reducir el RPN de 16 a 4.
- **Soplado:** La deficiencia en el mantenimiento del compresor generaba pérdida de presión, lo que impactaba negativamente en la formación de los botellones. La implementación de un mantenimiento regular permitió disminuir el RPN de 30 a 12.
- **Conformado:** La oxidación del molde originaba marcas en los botellones, afectando su calidad. Se propuso realizar limpiezas y lijados con mayor frecuencia, logrando reducir el RPN de 120 a 24.
- **Enfriamiento y endurecimiento:** La ausencia de lubricación adecuada y el desgaste de los componentes de enfriamiento provocaban defectos en el área del pico del botellón. La incorporación de una lubricación regular disminuyó el RPN de 36 a 24.

Plan de mantenimiento de las máquinas

Un plan de mantenimiento estructurado será esencial para garantizar que el equipo productivo opere de manera eficiente y sin interrupciones. Este programa buscará prevenir fallos, extender la vida útil de las máquinas y minimizar los tiempos de inactividad no planificados. Dada su importancia en la producción, se deberá establecer un plan de mantenimiento específico para los equipos críticos, especialmente para el proceso de extrusión, con el fin de asegurar la continuidad de las mejoras implementadas.

El plan de mantenimiento incluirá actividades autónomas, preventivas y de "cero horas", destinadas a garantizar la eficiencia en cada etapa del proceso productivo de los botellones. Las actividades autónomas deberán ser realizadas por los operadores e incluirán inspecciones diarias, semanales y quincenales para detectar posibles problemas de forma temprana, como la calibración de temperatura en el área de extrusión y la revisión de cuchillas en el corte de manga. Este enfoque contribuirá a mantener los equipos en condiciones óptimas, minimizando el riesgo de fallas imprevistas.

Complementariamente, las actividades preventivas y de "cero horas" fortalecerán el mantenimiento autónomo mediante intervenciones más detalladas y especializadas. El mantenimiento preventivo deberá incluir acciones como cambios de cuchillas, limpieza de moldes y revisiones de válvulas, mientras que el enfoque de "cero horas" se aplicará a tareas críticas como la limpieza de tornillos de extrusión y el reemplazo de agua en los sistemas de enfriamiento. Estas labores, que se realizarán con menor frecuencia, buscarán restaurar la condición operativa de los equipos. Este plan integral asignará responsabilidades específicas a los operadores y al jefe de operaciones, promoviendo la sostenibilidad y un desempeño continuo de la maquinaria.

Índice de disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo real de operación}}{\text{Tiempo programado de operación}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{7,8 \text{ horas}}{8 \text{ horas}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 97\%$$

Índice de rendimiento:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Rendimiento real}}{\text{Rendimiento estandar}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{468 \text{ botellones}}{520 \text{ botellones}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 90\%$$

Índice de calidad:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Productos buenos}}{\text{Productos defectuosos}} \times 100$$

$$\text{Calidad} = \frac{464 \text{ botellones}}{468 \text{ botellones}} \times 100$$

$$\text{Calidad} = 99\%$$

El OEE se calcula multiplicando estos tres porcentajes y dividiéndolos por 100:

$$\text{OEE} = \frac{\text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}}{100}$$

$$\text{OEE} = \frac{97\% \times 90\% \times 99\%}{100}$$

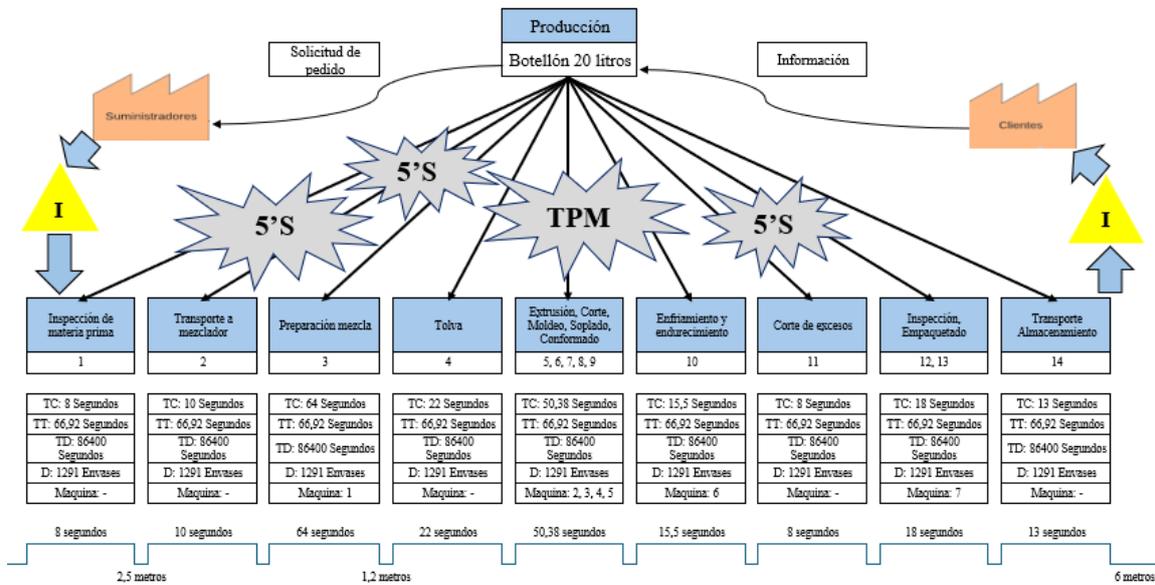
$$\text{OEE} = 86\%$$

El OEE final obtenido es del 86%, lo que representa una mejora significativa respecto al valor inicial de 68%, evidenciando un incremento del 18% en la efectividad general de los equipos. Este resultado califica el desempeño como “Bueno” y demuestra que las estrategias implementadas están contribuyendo favorablemente a la mejora operativa.

VSM final

El VSM propuesto refleja mejoras significativas gracias a la implementación de herramientas como 5S y TPM. La aplicación de 5S en áreas clave como transporte, mezcla y corte de excesos optimizó el uso del espacio, redujo tiempos de búsqueda y eliminó desperdicios, logrando un flujo más eficiente. Por su parte, TPM mejoró la disponibilidad de las máquinas en etapas críticas (extrusión, corte, moldeo, soplado y conformado), minimizando paradas imprevistas y aumentando la eficiencia operativa.

Figura 8
VSM final



Nota: Elaborado por el autor

El Lead Time propuesto se redujo a 208.88 segundos, mientras que el Process Time disminuyó a 163.88 segundos, aumentando las actividades que generan valor al proceso a un 62.18%. Estas mejoras contribuyeron a un flujo más continuo, mayor productividad y menor desperdicio en cada etapa.

Tabla 13
Valor agregado de actividades

Actividad	Segundos	Valor agregado	Razón
Inspección de M.Prima	8	Necesario, pero no agrega valor	Es una actividad de calidad
Transporte a mezclador	10	No agrega valor	Movimiento de material
Preparación de mezcla	64	Agrega valor	Transformación del material
Transporte a tolva	22	No agrega valor	Movimiento de material
Extrusión, Corte, Moldeo, Soplado, Conformado	50,38	Agrega valor	Transformación del material
Enfriamiento	15,5	Agrega valor	Transformación del material
Corte de excesos	8	Necesario, pero no agrega valor	Es una actividad de calidad
Inspección y empaquetado	18	Necesario, pero no agrega valor	Es una actividad de calidad
Almacenamiento	13	No agrega valor	Movimiento de producto

Nota: Elaborado por el autor

La optimización logró reducir actividades sin valor y aumentar la eficiencia general del proceso.

Tabla 14*Tiempo VSM final*

Valor agregado	Segundos	%
Agrega valor	129,88	62,18%
Necesario, pero no agrega valor	34	16,28%
No agrega valor	45	21,54%
LEAD TIME	208,88	
PROCESS TIME	163,88	

Nota: Elaborado por el autor

Productividad

De acuerdo con Fontalvo Herrera et al., (2018), la productividad se analiza identificando los factores externos e internos que determinan su nivel en las organizaciones, así como los aspectos clave para medirla. En este contexto, se evaluó la producción inicial utilizando un tiempo de ciclo de 55,38 segundos y una planificación de 520 unidades en un turno de 8 horas:

$$\text{Tiempo inicial utilizado} = 520 \times \frac{55,38 \text{ segundos}}{1 \text{ unidades}}$$

$$\text{Tiempo inicial utilizado} = 28797,6 \text{ segundos}$$

Tras las optimizaciones implementadas, el nuevo tiempo de ciclo se redujo a 50,38 segundos, lo que resultó en una producción final calculada de la siguiente manera:

$$\text{Producción final} = 28797,6 \text{ seg} \times \frac{1 \text{ unidad}}{50,38 \text{ segundos}}$$

$$\text{Producción final} = 571,59 \approx 572 \text{ unidades}$$

Esto refleja un incremento de 52 unidades por turno, manteniendo el mismo tiempo disponible. Para medir la productividad por hora-hombre (h-h), se calculó utilizando el tiempo de trabajo total de 1152 horas-hombre al mes:

Productividad inicial

$$\text{Productividad h - h} = \frac{\text{Cantidad de producción (und)}}{\text{h x h}}$$

$$\text{Productividad h - h(inicial)} = \frac{520 \text{ unidades}}{3456 \text{ h x h}} = 0,150462 \frac{\text{unidades}}{\text{h x h}}$$

Productividad final, El incremento porcentual en la productividad es:

$$\text{Productividad h - h(fin)} = \frac{572 \text{ unidades}}{3456 \text{ h x h}} = 0,165509 = \frac{\text{unidades}}{\text{h x h}}$$

$$\text{Productividad h - h} = \frac{0,165509 - 0,150462}{0,150462} \times 100 = 12\%$$

La mejora del 12% en la productividad refleja un uso más eficiente de los recursos disponibles, validando la viabilidad de las herramientas de manufactura esbelta para optimizar los procesos operacionales.

DISCUSIÓN

La propuesta de manufactura esbelta, centrada en la implementación de las herramientas 5S y TPM, mostró un impacto positivo en la optimización de los procesos. El análisis inicial incluyó herramientas Check list, además del Mapa de Valor (VSM), lo que permitió identificar problemas críticos. La implementación de la metodología 5S reflejó una mejora significativa, pasando de un cumplimiento inicial del 44% a un 74%, con un avance destacado en disciplina, que subió del 50% al 80%. Esto evidenció un cambio cultural positivo en la organización. Por su parte, la herramienta TPM mejoró el índice OEE, que aumentó de 68% a 86%, atribuido principalmente a la reducción de tiempos improductivos y a la adopción de mantenimiento preventivo y predictivo. Esta implementación incrementó la disponibilidad de los equipos del 87% al 97% y minimizó interrupciones en el proceso productivo, alineándose con investigaciones previas que resaltan la eficacia del TPM en la mejora de la eficiencia operativa.

En cuanto al VSM, la versión mejorada redujo tanto el tiempo de proceso como el tiempo total de producción. Las actividades que no agregaban valor fueron optimizadas o integradas eficientemente, disminuyendo el process time de 172.88 a 167.88 segundos y el lead time de 222.88 a 215.88 segundos. Además, se lograron mejoras en los puntos de inspección, permitiendo detectar defectos en etapas tempranas y asegurando un flujo de trabajo más continuo y eficiente. Estos resultados confirman la efectividad de las herramientas de manufactura esbelta para abordar cuellos de botella, optimizar procesos y promover un cambio cultural y operacional positivo dentro de la organización.

CONCLUSIONES

La investigación siguió un diseño no experimental de tipo transversal, empleando técnicas cuantitativas con un alcance descriptivo-correlacional para analizar la situación inicial de la empresa y evaluar las mejoras propuestas.

A través de Check list, observaciones directas y mediciones de tiempo, se obtuvo un diagnóstico detallado del proceso productivo, identificando los puntos críticos y generadores de desperdicios.

Las herramientas de manufactura esbelta aplicadas, como las 5S y el TPM, lograron mejoras significativas. Las 5S aumentaron el nivel de orden y limpieza del entorno de trabajo, pasando de un 44% considerado "malo" a un 74% calificado como "bueno". El TPM incrementó el OEE de un 68% ("regular") a un 86% ("bueno"), mientras que la productividad se elevó en un

12%. Estos resultados no solo mejoraron el proceso operacional y redujeron desperdicios, sino que también fomentaron una transformación cultural hacia una mejora continua y excelencia operativa.

REFERENCIAS

- Camacho Sanchez, K. E., Saavedra Rosales, J. J., Salvatierra Garcia, Y., & Quispe Santivañez, G. W. (2021). Lean Manufacturing Application in the Laminating Machine Manufacturing Process in a Metalworking Company. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 201, 449–457. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57548-9_42
- Cervantes-Zubirías, G., Morales-Rodríguez, M., & Alva-Rocha, L. (2022). Reducción de desperdicios a través de la implementación de herramientas de manufactura esbelta (Mejora continua). *593 Digital Publisher CEIT*, 7(3–2), 247–262. <https://doi.org/10.33386/593DP.2022.3-2.1138>
- Escudero, B. (2020). Mejora del lead time y productividad en el proceso Armado de pizzas aplicando herramientas de Lean Manufacturing. *Ingeniería Industrial*, 039, 51–72. <https://doi.org/10.26439/ING.IND2020.N039.4915>
- Fontalvo Herrera, T., De La Hoz Granadillo, E., Morelos Gómez, J., Fontalvo Herrera, T., De La Hoz Granadillo, E., & Morelos Gómez, J. (2018). LA PRODUCTIVIDAD Y SUS FACTORES: INCIDENCIA EN EL MEJORAMIENTO ORGANIZACIONAL. *Dimensión Empresarial*, 16(1), 47–60. <https://doi.org/10.15665/DEM.V16I1.1375>
- Gustavo Adolfo Quevedo Tamayo, E., & -Perú, L. (2023). *El impacto del plan de mejora de procesos aplicando metodología de manufactura esbelta en la joyería, 2022*. Universidad San Ignacio de Loyola. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/14595>
- Hernández Centeno, F., & Sifuentes Huayanay, W. (2022). Lean Manufacturing: Literature review and implementation analysis. *Revista de Investigaciones Científicas y Tecnológicas Industriales*, ISSN-e 2961-211X, Vol. 3, Nº. 2, 2022 (Ejemplar Dedicado a: Journal of Scientific and Technological Research Industrial (July - December) 2022), Págs. 36-46, 3(2), 36–46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9302348&info=resumen&idioma=SPA>
- Hernández Sampieri, R., Feránadez Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. P. (2014). Metodología de la investigación. *Metodología de La Investigación*, 91. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008&info=resumen&idioma=SPA>
- Ivan Villagrana-Lopez, R., Jafeth Cruz-Queb, K., Vianey Caamal-Pech, A., & Nacional de México -México, T. (2023). Aplicación de la metodología 5S en un almacén para mejora en una industria azucarera. *593 Digital Publisher CEIT*, ISSN-e 2588-0705, Vol. 8, Nº. Extra 1-1, 2023 (Ejemplar Dedicado a: Special Edition), Págs. 317-327, 8(1), 317–327. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.1-1.1640>
- Karen, M., Favela Herrera, I., Teresa, M., Portillo, E., Romero López, R., & Andrés Hernández Gómez, J. (2019). Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de

una organización: modelo conceptual propuesto. *Revista Lasallista de Investigación*, ISSN 1794-4449, Vol. 16, N°. 1, 2019, Págs. 115-133, 16(1), 115–133.
<https://doi.org/10.22507/rli.v16n1a6>

Licla Solier, F. G. J., & Taquire Curi, K. M. (2022). Aplicación del Lean Manufacturing para aumentar la productividad en el proceso de extrusión de una planta de tuberías de PVC. *Repositorio Institucional - UTP*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/7327>

Mousalli-Kayat, G. (2015). Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa. *Mérida, June*, 1–39.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2633.9446>

Sofía, M., Landazábal, C., Giarma, C., Ruiz, A., Yaneth, Y., Álvarez, M., Cohen Padilla, H. E., & Padilla, C. (2019). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. *Signos: Investigación En Sistemas de Gestión*, ISSN-e 2463-1140, ISSN 2145-1389, Vol. 11, N°. 1, 2019, Págs. 71-86, 11(1), 71–86. <https://doi.org/10.15332/s2145-1389-4934>

Solano Collaguazo, E. S. (2022). *Propuesta de mejora continua para reducir el nivel de SCRAP en la elaboración de rollos en una industria de manufactura de empaques flexibles*.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23935>

Vargas Crisóstomo, E. L., & Camero Jiménez, J. W. (2021). 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. *Industrial Data*, 24(2), 249–271.
<https://doi.org/10.15381/IDATA.V24I2.19485>