

# Modelo de Optimización de Desperdicios Basado en Lean Manufacturing para incrementar la productividad en Micro y Pequeñas Empresas del Rubro Textil

Yamil Bellido<sup>1</sup>, Andrea La Rosa<sup>1</sup>, Carlos Torres<sup>1</sup>, Grimaldo Quispe<sup>2</sup>, Carlos Raymundo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería de Gestión Empresarial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima-Peru.  
[U201316394@upc.edu.pe](mailto:U201316394@upc.edu.pe), [U201220277@upc.edu.pe](mailto:U201220277@upc.edu.pe), [carlos.torres@upc.edu.pe](mailto:carlos.torres@upc.edu.pe)

<sup>2</sup>Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima-Peru.  
[grimaldo.quispe@upc.edu.pe](mailto:grimaldo.quispe@upc.edu.pe)

<sup>3</sup> Dirección de investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima-Peru.  
[carlos.torres@upc.edu.pe](mailto:carlos.torres@upc.edu.pe)

## RESUMEN

Actualmente, las micro y pequeñas empresas (MYPEs) del sector textil no están totalmente concientizados con la importancia de llevar a cabo la aplicación de ciertos conocimientos que buscan la mejora los procesos productivos, aumento de la eficiencia y productividad, mejora la calidad y reducción de los tiempos de entrega. Para ello, se ha llevado a cabo una revisión exhaustiva de la literatura con el objetivo de recopilar modelos y técnicas del Lean Manufacturing que ayuden a reducir los desperdicios y lograr la mejora continua. En la presente investigación, se ha diseñado un modelo de Optimización de Desperdicios que incluye 3 dimensiones y cuatro componentes del sistema de producción que se relacionan con los 7 desperdicios del Lean Manufacturing. El modelo desarrollado no necesita del uso de tecnología, personal altamente calificado y puede ser implementado con gran facilidad a escenarios reales de las MYPE textiles. Por último, se realizó un estudio de caso de aplicación del modelo de optimización en una pequeña empresa textil. Algunos resultados positivos se han registrado en la reducción del 60% de los desperdicios, tales como los defectos en las medias de algodón, movimientos innecesarios, exceso de inventarios, generando un incremento de la productividad en un 35%.

**Palabras Claves:** Modelo Lean, Lean Manufacturing, Optimización de Desperdicios, Mantenimiento Preventivo, Productividad.

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de tejidos de punto se caracteriza por operaciones intensivas en mano de obra, demanda estacional y competencia feroz en todo el mundo. Debido a ello, solo el 10% de fabricantes MYPEs en el Perú logran superar el primer año de operaciones. Esto ocurre debido a la falta de un minucioso estudio de las técnicas o metodologías que ayudan a optimizar los recursos de una empresa, se aventuran en un sector sin saber cuáles son las necesidades del público; no indagan sobre las fortalezas y debilidades de sus competidores; ignoran los problemas de los procesos tan solo porque el negocio está en marcha; no aprovechan los recursos de manera eficiente; no minimizan las actividades que no agregan valor, entre otros. Por tal motivo, las empresas deben enfocarse en desarrollar nuevas técnicas que les permitan mejorar su rendimiento, calidad del producto y obtener menores costos a través del Lean Manufacturing. La manufactura esbelta es una metodología que se puede aplicar en cualquier tipo de industria y genera muchos beneficios, tales

como reducir el desperdicio; mejorar la eficiencia operativa; generar innovación en las operaciones y procesos; incrementar la productividad; optimizar los recursos; mejorar la calidad del producto y la competitividad [1].

En el presente documento se diseñó un Modelo de Optimización de Desperdicios con el objetivo de eliminar las actividades que no agregan valor a través de la articulación de las dimensiones y componentes propuestos con las herramientas 5'S y Mantenimiento Preventivo. Dicho modelo será una guía para todas las micro y pequeñas empresas textiles que deseen implementarlo.

## 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El Lean Manufacturing (LM) es una filosofía, metodología o sistema de gestión en la eliminación de todos los desperdicios que se generan en una empresa, permitiendo reducir el tiempo improductivo entre operaciones, mejorando la calidad y reduciendo los costos. Dicha metodología se puede aplicar en cualquier tipo de industria y tiene como propósito generar una nueva forma de pensar y de realizar las actividades diarias dentro de una empresa [2]. Los desperdicios que se buscan eliminar con la manufactura esbelta son sobreproducción, espera, transporte, movimiento innecesario, procesamiento inapropiado y defectos. Se realizó la revisión de la literatura acerca de las técnicas o modelos basados de las herramientas del Lean Manufacturing que ayuden a alcanzar la competitividad deseada e incremento de la productividad a partir de la reducción de desperdicios.

Un estudio realizado por Upadhye et al. (2010) [3] analizaron la situación en una organización y plasmaron las necesidades en su modelo. Estas necesidades comprenden el mercado competitivo, fluctuaciones de la demanda e innovaciones. Las necesidades se basan en la satisfacción del cliente y los empleados a través de la reducción del tiempo de entrega, participación de los trabajadores, satisfacción del cliente, falla de la máquina y gestión de la calidad. En la investigación de Abdul et al. [4] se desarrolló un modelo conceptual de medición de la manufactura esbelta en dos niveles principales: las dimensiones y los desperdicios. Adicional a ello, el autor describe las herramientas lean se pueden aplicar a cada dimensión. El siguiente modelo se basa en la transformación de una producción tradicional a una producción lean. Para ello, el autor inició con el desarrollo del estado actual de la empresa (VSM) y la asignación de flujos de valores de estado futuros después del plan de implementación. Las técnicas lean como el mapa de flujo de valor, 5'S, Kaizen y Poka Yoke se centran en la reducción de desperdicios, la normalización de las operaciones, balance de línea, flujo de materiales y el rediseño del lugar de trabajo [5].

Otro modelo que formó parte de la investigación consta de una evaluación de desperdicios, el cual comienza estableciendo criterios para cuantificar los desperdicios otorgándoles escalas de mayor a menor de acuerdo con el impacto que genera [6]. Asimismo, los autores Gopinath & Freiheit [7] desarrollaron un modelo de relación de residuos que puede utilizarse para derivar la relación entre diferentes residuos en un sistema de Pareto-óptimo. Los autores Sharma et al. (2016) [8] establecieron un modelo (ISM) que se utiliza para identificar las variables específicas que definen un problema. Los autores Alaskari, et al. (2016) [9] desarrollaron una metodología para que las PYME pueden seleccionar la herramienta lean más apropiada para cada indicador empleando la matriz de selección. Amin & Karim (2013) [10] establecieron un modelo matemático basado en el tiempo para determinar el valor de las estrategias lean aplicadas a reducir los desperdicios sistema esbelto. Asimismo, aporta una metodología paso a paso para seleccionar estrategias adecuadas para mejorar el rendimiento de los recursos de la compañía.

Por otro lado, el autor Mostafa et al. (2015) [11] considera al mantenimiento como pilar fundamental para el desempeño organizacional. El Lean Manufacturing puede ser implementado en el proceso de mantenimiento mediante la aplicación de sus principios y prácticas. En la investigación se presenta un modelo que se divide en cinco etapas: definir un sistema de mantenimiento, realizar el Value Stream Mapping del proceso de mantenimiento y localizar las fuentes de desechos, documentar el estado actual del departamento de mantenimiento y realizar un análisis de los residuos, confirmar que la ejecución de los principios lean se llevan a cabo a partir de la reconfiguración del VSM y perseguir la eliminación de residuos de los procesos de mantenimiento a través de auditorías, estandarización de prácticas y procedimientos lean.

Se realizaron investigaciones acerca de modelos enfocados en lograr la sostenibilidad en una empresa. Los autores Cherrafi et al. (2016) [12] plantean un modelo que integra tres sistemas de gestión: Lean Manufacturing, Six Sigma y la sostenibilidad. El modelo permite a las organizaciones beneficiarse de la integración de los tres sistemas con el fin de mejorar el rendimiento mediante la identificación, los conductores y las barreras, las sinergias, los conflictos, factores críticos de éxito y el uso de las herramientas y técnicas de Lean Six Sigma. Además, Sajjan et. al. (2017) [13] menciona que los principales retos que enfrentan los empresarios en la actualidad es la sostenibilidad de sus negocios. Para ello, es necesario optimizar los recursos y

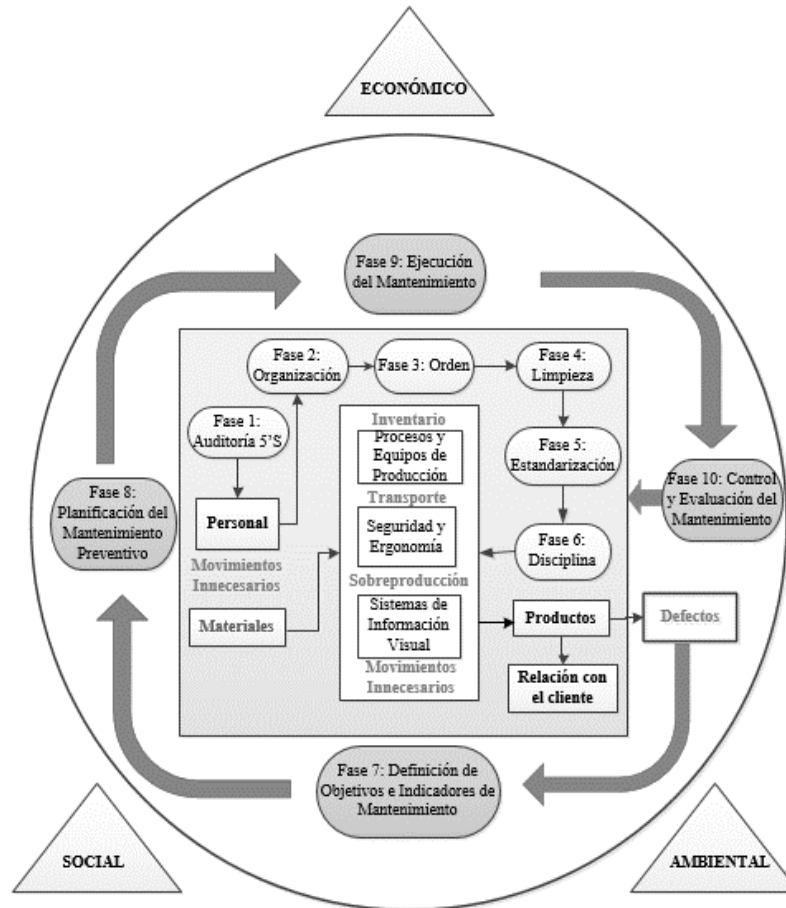
reducir los desperdicios en todas las operaciones de la empresa. Por otro lado, los autores Martínez & Calvo (2017) [14], indican que la integración del lean y la sostenibilidad genera un impacto positivo a nivel operacional, social y ambiental porque cada una contiene perspectivas diferentes. Por ejemplo, el económico se refiere a la maximización de los beneficios financieros; ambiental se centra en los recursos naturales y los desperdicios; y social está relacionado con las actividades que maximizan el bienestar de personas externas e internas a la organización.

A partir de la revisión de la literatura, se concluye que existe escasa información acerca de casos de éxito en micro y pequeñas empresas donde se haya implementado las técnicas del Lean Manufacturing. Por tal motivo, la investigación busca el crecimiento de dichas empresas a medianas a través de aplicación de herramientas de ingeniería, lo cual generará reducción de los elementos innecesarios en el área de producción, reducción de costes, productos con calidad y mayor rapidez de respuesta cumpliendo con los requerimientos de los clientes. Adicionalmente, el modelo propuesto no solo tomará en cuenta la mejora continua de los procesos sino también el bienestar e involucramiento de todos los trabajadores, ya que toda organización o empresa que desee alcanzar niveles sobresalientes de calidad, rentabilidad, disminución de desperdicios y productividad necesita el apoyo de su activo más preciado: las personas.

### **3. METODOLOGÍA**

El modelo de optimización integra dos herramientas del Lean Manufacturing: 5'S y Mantenimiento Preventivo. Las 5'S proporciona desde pautas de organización hasta de disciplina para evitar el uso inadecuado de los recursos y generar un mejor ambiente de trabajo. Del mismo modo, el mantenimiento preventivo a través de inspecciones periódicas que incluyen tareas como limpieza y lubricación tiene el objetivo de aumentar la eficiencia y fiabilidad de los equipos. Para ello, consideramos que las empresas deben redescubrir nuevas formas de gestionar sus operaciones e identificar oportunidades para el desarrollo sostenible. El modelo sostenible propuesto tiene como objetivo conciliar el crecimiento económico con el cuidado del entorno social (trabajadores) y la protección del medioambiente (reducción de desperdicios textiles). Por otro lado, el modelo propuesto contiene tres dimensiones y cuatro componentes que se relacionan con los desperdicios del LM, todas representadas en el Modelo de Optimización de Desperdicios de la Figura 1.

Figura 1. Modelo de Reducción de Desperdicios



Las dimensiones son:

**Económico:** Se enfoca en la rentabilidad financiera a través de la reducción de los costos operativos e ingresos por ventas de residuos textiles.

**Social:** Se centra en la seguridad, salud y satisfacción de los trabajadores teniendo en cuenta las condiciones higiénicas y ergonómicas.

**Ambiental:** Se enfoca en la gestión de residuos, a través de la reducción del porcentaje de residuos textiles.

Los componentes son:

**Personal:** Muchas veces después de realizar la implementación, los resultados no cumplen con las expectativas iniciales o terminan degradándose con el tiempo. Para ello, es importante que las empresas no solo se centren en los métodos de reducción del LM sino también, en el comportamiento y la mentalidad de los empleados y líderes [15]. Los empleados deben ser guiados por un sensei (maestro o mentor) para fomentar la mejora continua en la empresa [16]. Adicionalmente, es necesario que se lleve a cabo un proceso de motivación a través de capacitaciones, retroalimentación del desempeño [17],

formación de círculos de calidad con el objetivo de inculcar valores, el trabajo en equipo, la participación y el compromiso de todos los empleados [18].

**Procesos y Equipos de Producción:** Este segundo componente tiene como objetivo garantizar el flujo continuo del proceso de producción y disminuir desperdicios que se generan.

**Seguridad y Ergonomía:** Con el objetivo de eliminar o reducir los movimientos y transportes innecesarios que están relacionados con el quehacer de los trabajadores es imprescindible aplicar ciertos principios de seguridad y ergonómicos. La seguridad y la ergonomía impacta directamente en el rendimiento general de una estación de trabajo dada en términos de medidas de productividad y calidad [19].

**Sistemas de Información Visual:** El sistema de información visual implica la transmisión de herramientas visuales con el objetivo de mejorar la efectividad de la comunicación entre los trabajadores y los procesos de producción.

El modelo desarrollado se divide en las siguientes diez etapas:

**Auditoría 5S:** Es el primer paso para detectar los puntos de mejora y conocer si los trabajadores manejan una cultura 5'S. Para ello, se debe proceder con una evaluación en cada una de las

áreas de producción y analizar si cumplen los requerimientos establecidos por la metodología 5S.

**Organización:** En esta etapa se define y distingue todo aquello que es necesario e innecesario dentro de las operaciones de producción. Para la identificación de dichos elementos se debe utilizar una herramienta de control visual llamada “tarjeta roja”, la cual ayudará a registrar las características, ubicaciones, estado de los elementos, cantidad, función y frecuencia de utilización.

**Orden:** En la tercera etapa se debe encontrar un lugar de fácil acceso, cerca al área de trabajo para que de esta forma se eliminen los tiempos improductivos. Asimismo, en esta etapa se inicia con el MP. Para ello, es sumamente importante localizar e inventariar todas las máquinas que serán objeto del plan de mantenimiento.

**Limpieza:** En esta etapa se debe identificar los puntos críticos de suciedad, el tipo de suciedad y los elementos que la producen. Posteriormente, se debe elaborar un plan de limpieza de tres etapas: antes, durante y después del proceso de producción. En esta tercera S también se realiza la limpieza e inspección de las máquinas con el objetivo de evitar averías y fallas en la producción.

**Estandarización:** El siguiente paso es la creación de políticas de orden, limpieza y seguridad con el propósito de facilitar la utilización de las herramientas, el comportamiento adecuado de los trabajadores y el orden del área de trabajo. También, se debe proceder con la implementación de señalizaciones de seguridad en el área de producción, estas señalizaciones deben ser de obligación, peligro, prohibición y auxilio.

**Disciplina:** En esta última “S” se debe promover una cultura “5S” en toda la empresa. Para ello, los líderes deben estimular la práctica de la disciplina 5’S a través de reuniones semanales donde se les brindará una retroalimentación acerca de los avances logrados y los puntos a mejorar.

**Definición de objetivos e indicadores de mantenimiento:** Se debe de establecer indicadores, los cuales deben estar bien definidos, comunicados y estandarizados con todos los miembros de la empresa para que puedan interpretarlos con una misma objetividad.

**Planificación del Mantenimiento Preventivo:** En esta etapa se debe realizar la preparación del personal y la detección de las fallas en las máquinas del proceso de producción a través de capacitaciones con el objetivo de reciclar el conocimiento y ampliar la participación de todos. El siguiente paso es identificar la criticidad de las fallas que se producen y cómo estos afectan las condiciones de la máquina. El método que se debe utilizar es el Análisis de Modo de Fallo, Efectos y Análisis Crítico (AMFEC).

**Ejecución del Mantenimiento Preventivo:** El siguiente paso es realizar la lubricación de las máquinas con el objetivo de mejorar el desgaste de las partes en movimiento para el correcto funcionamiento.

**Control y Evaluación Mantenimiento Preventivo:** Con el objetivo de llevar a cabo un control se debe realizar un historial de las actividades de mantenimiento efectuadas a las máquinas, donde se describirán las fallas de las máquinas, las fechas de

inicio del mantenimiento, el tiempo empleado, material utilizado, entre otros.

#### 4. VALIDACIÓN

En esta sección, se presenta un enfoque basado en un caso de estudio en la microempresa textil VALPER 25 E.I.R.L., la cual se dedica a la fabricación y comercialización de medias deportivas. Con el objetivo de validar el modelo de Optimización de Desperdicios propuesto, se desarrolló una comparación entre los resultados de la “situación inicial” y la “situación después de la implementación”.

##### Implementación del Modelo de Reducción de Desperdicios

**Auditoría 5’S:** La estrategia de implementación se basó en la presentación del enfoque propuesto a todos los miembros de la empresa con el propósito de fomentar la participación y el compromiso de todos desde el inicio. Posteriormente, se procedió la auditoría inicial, ya que era necesario conocer si cumplían con los criterios establecidos basados en la metodología 5’S. Los resultados de la auditoría no fueron favorables, la empresa no cumple con 18 de los 24 criterios evaluados.

**Organización:** En la segunda etapa, la aplicación del modelo comenzó en las estaciones de tejido, remalle, planchado y preparado. El supervisor de la planta se reunió con todos los operarios y les presentó específicamente las actividades a realizar para organizar las estaciones de trabajo a través de la utilización de tarjetas rojas.

**Orden:** En la tercera etapa, se logró definir el lugar indicado para ubicar las herramientas y materiales necesarios para la producción. Por otro lado, el rediseño del layout se elaboró y desarrolló con la colaboración de todo el personal. La nueva distribución de las estaciones de trabajo, así como la organización de maquinarias, materiales y/o herramientas permitió disminuir las distancias y los movimientos innecesarios dentro del taller de producción.

**Limpieza:** En esta etapa se identificó los focos de suciedad para la limpieza en la fábrica, es decir, esta fase funcionó como una inspección de las máquinas para evitar cualquier tipo de averías y daños futuros. Asimismo, durante la limpieza se logró recolectar una gran cantidad de retazos de medias e hilos/hilachas, las cuales fueron agrupadas en bolsas y para su posterior comercialización. Durante la implementación se generó un ingreso adicional de S/. 1,440.00 que se obtuvo por el periodo de 3 meses.

**Estandarización:** En la quinta etapa, se tomó mayor énfasis en las condiciones ergonómicas, seguridad e higiénicas de los trabajadores, se logró reducir el índice de accidentalidad en la empresa en un 96%. Por otro lado, se realizó una encuesta con el objetivo de medir la satisfacción de personal tomando en cuenta las siguientes variables: Puesto de Trabajo, Condiciones de Trabajo, Jefes, Compañeros, Comunicación, Formación, Reconocimiento, Clima Laboral y Conocimiento e identificación con los objetivos.

**Disciplina:** Después de la implementación de las 4’S, los trabajadores eran más participativos, proponían mejoras, seguían las reglas y cronogramas que se habían establecido en etapas anteriores. Todas esas mejoras se reflejaban en el incremento de

su productividad laboral, lo cual es sinónimo de rendimiento y eficiencia.

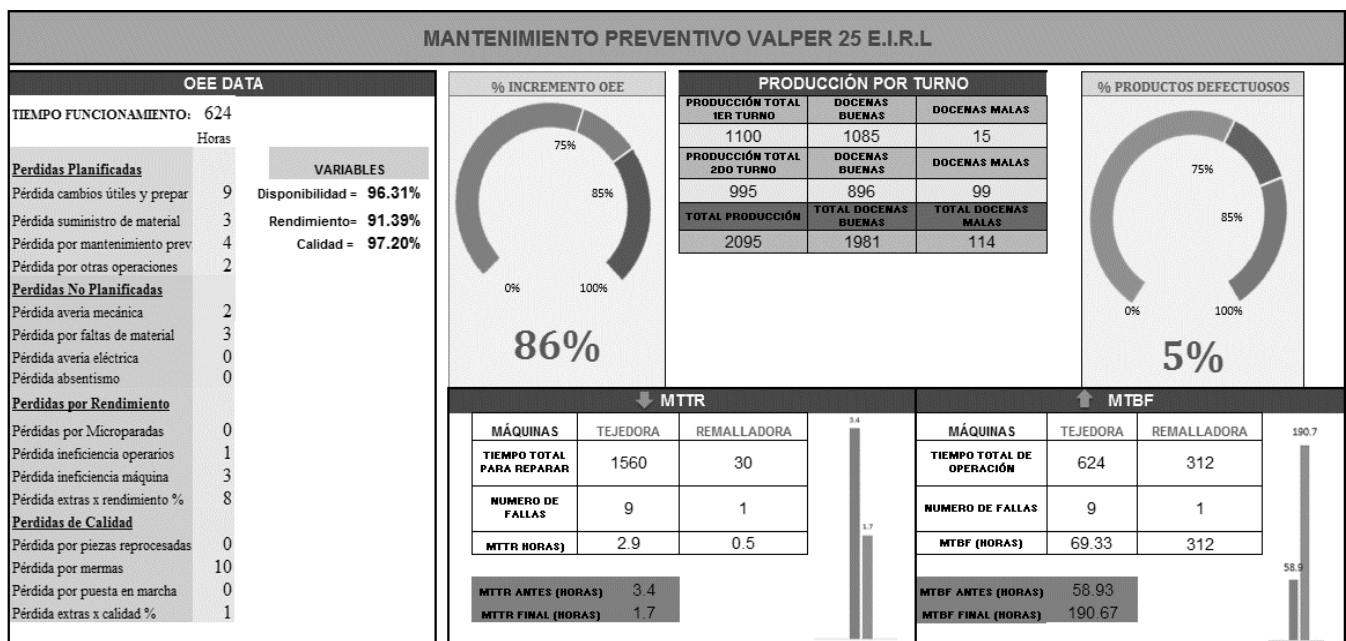
**Definición de Objetivos e Indicadores de Mantenimiento:** En esta fase, mediante el diagnóstico situacional en la empresa, se definieron objetivos y desarrollaron indicadores de mantenimiento (Eficiencia del equipo, MTBF y MTTR).

**Planificación del MP:** Se empleó el método AMFEC con el propósito de identificar la criticidad de las fallas que presentan las máquinas. Al momento de realizar el MP se identificaron pernos y retenes rotos, si esto no hubiese sido detectado antes de tiempo la máquina hubiese producido medias falladas, lo cual significa una criticidad alta.

**Ejecución del MP:** Una vez detectado el fallo de la máquina, se procedió a realizar la lubricación de la máquina defectuosa, lo que permitió mejorar el desgaste de las partes en movimiento, para que así la máquina pueda continuar con su correcto funcionamiento y no se vea alterado el proceso de producción.

**Control y Evaluación MP:** Para llevar a cabo el control y evaluación del mantenimiento se creó un interfaz en Excel, la información abarca la disponibilidad, rendimiento, cantidad de productos defectuosos, indicadores MTTR y MTBF, entre otros. De esta manera, los trabajadores podían identificar con facilidad la atención que requerían las máquinas a través de los resultados de los indicadores del mantenimiento. La utilización de este interfaz ha permitido disminuir las fallas y/o averías en el proceso de producción, asimismo no significa un costo adicional para la empresa (Ver Figura 2).

Figura 2: Interfaz Mantenimiento Preventivo



Los resultados obtenidos después de implementar el modelo en la empresa son los siguientes (Ver Tabla 1):

Tabla 1. Resultados de la implementación

| Datos                          | Estado Actual  | Estado Futuro |
|--------------------------------|----------------|---------------|
| Lead Time total (LT)           | 4.29 días      | 1.47 días     |
| Tiempo de valor agregado (TVA) | 101.42 minutos | 39.68 minutos |
| Tiempo de ciclo total (TC)     | 102.72 minutos | 40.98 minutos |
| Stock en proceso total         | 1152 docenas   | 166 docenas   |
| TVA respecto a TC              | 98.7%          | 97%           |
| TVA respecto al LT             | 1.6%           | 1.9%          |
| TC respecto al LT              | 1.7%           | 1.9%          |

Asimismo, la implementación del mantenimiento preventivo generó mejoras significantes, los cuales se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Mejoras en Indicadores de Rendimiento de Mantenimiento

| Indicador    | Antes | Después |
|--------------|-------|---------|
| OEE (%)      | 60.07 | 85.55   |
| MTBF (Horas) | 58.93 | 190.67  |
| MTTR (Horas) | 3.43  | 1.7     |

Los resultados de la implementación Lean se cuantificaron mediante la reevaluación de los desperdicios identificados por cada lote. A continuación, se muestra un resumen de esta evaluación (Ver Tabla 3).

**Tabla 3.** Ahorro generado después de la implementación

| Costos             | Antes (S./) | Después (S./) | Ahorro (S./) | Ahorro % |
|--------------------|-------------|---------------|--------------|----------|
| <b>Inventarios</b> | 192.35      | 27.72         | 164.63       | 0.86     |
| <b>Transporte</b>  | 185.06      | 26.79         | 158.28       | 0.86     |
| <b>Defectos</b>    | 315.00      | 70.00         | 245.00       | 0.64     |

## 5. CONCLUSIONES

El objetivo del modelo desarrollado fue proporcionar un enfoque de reducción de desperdicios o actividades que no agregan valor en el flujo de producción para mejorar la productividad general, la eficiencia y la calidad en las micro y pequeñas empresas textiles a través del involucramiento de todos los integrantes de la organización. En este estudio se muestran evidencias reales de la integración de dos herramientas del LM, 5'S y Mantenimiento Preventivo, en la empresa VALPER 25 E.I.R.L. Los resultados obtenidos después de la implementar el modelo ha logrado mejoras operacionales tales como la reducción del lote de producción de 100 a 50 docenas, el lead time de 4.29 a 1.47 días, el tiempo de ciclo total de 102.72 a 40.98 minutos, el WIP de 1,152 a 166 docenas, aumento de productividad en un 35% y reducción de desperdicios en un 60%. Asimismo, el entorno de trabajo ha mejorado radicalmente debido que los colaboradores adoptaron una cultura 5'S y lograron adaptarse al cambio debido que ellos entendieron la necesidad de generar esas mejoras en la empresa. El involucramiento de todo el personal ayudó a generar un flujo constante de ideas que contribuían con la mejora e innovación constante. Adicional a ello, se desarrollaron planes motivacionales que constaban de incentivos, premios y capacitaciones, los cuales aumentaron la satisfacción, desempeño y eficiencia de los trabajadores. La empresa textil ha logrado una mayor competitividad en el mercado, lo cual ha generado un crecimiento económico, un impacto social y ambiental positivo. Por otro lado, debido a la escasa evidencia en la literatura sobre casos de éxito en MYPES textiles, se recomienda que la investigación adicional se concentre en una sola unidad (hilado, tejido de punto y prenda de vestir), ya que ayudaría a establecer una perspectiva holística sobre el problema.

## 6. REFERENCIAS

- [1] S. K. P. N. Silva, H. S. C. Perera, and G. D. Samarasinghe, "Viability of Lean Manufacturing Tools and Techniques in the Apparel Industry in Sri Lanka," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 110–116, pp. 4013–4022, 2011.
- [2] J. Rajadell, M., & Sánchez, *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad.* 2010.
- [3] D. S. G. & G. S. Upadhye N., "Lean manufacturing in biscuit manufacturing plant: a case," *Int. J. Adv. Oper. Manag.*, vol. 2, pp. 108–139, 2010.
- [4] M. M. & R. S. Amelia Natasya Abdul Wahaba, "A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions," *Procedia Technol.*, 2013.
- [5] N.-H. Do Minh-Nhat Nguyen, "Re-engineering Assembly Line with Lean Techniques," *Procedia CIRP*, vol. 40, pp. 590–595, 2016.
- [6] Ibrahim A. Rawabdeh, "A model for the assessment of waste in job shop environments," *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 25, no. 8, pp. 800–822, 2005.
- [7] Sainath Gopinath & Theodor I. Freiheit, "A waste relationship model and center point tracking metric for lean manufacturing systems," *IIE Trans.*, vol. 44, no. 2, pp. 136–154, 2012.
- [8] A. R. D. & M. A. Q. Vikram Sharma, "Modeling Lean implementation for manufacturing sector," *J. Model. Manag.*, vol. 11, no. 2, pp. 405–426, 2016.
- [9] M. M. A. & R. P. C. Osama Alaskari, "Development of a methodology to assist manufacturing SMEs in the selection of appropriate lean tools," *Int. J. Lean Six Sigma*, vol. 7, no. 1, pp. 62–84, 2016.
- [10] Md Al Amin & M.A. Karim, "A time-based quantitative approach for selecting lean strategies for manufacturing organizations," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 51, no. 4, pp. 1146–1167, 2013.
- [11] J. D. & H. S. Sherif Mostafa, "Lean Maintenance Roadmap," *Procedia Manuf.*, vol. 2, pp. 434–444, 2015.
- [12] A. M. & K. Anass Cherrafi, Said Elfezazi, Andrea Chiarini and Benhida, "The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model," *J. Clean. Prod.*, pp. 828–846, 2016.
- [13] B. A. P. Sajan M.P., Shalij P.R., Ramesh A., "Lean manufacturing practices in Indian manufacturing SMEs and their effect on sustainability performance," *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 28, no. 6, pp. 772–793, 2017.
- [14] H. C., Martínez, J. León, Calvo-, and Amodio, "Towards lean for sustainability: Understanding the interrelationships between lean and sustainability from a systems thinking perspective," *J. Clean. Prod.*, vol. 142, pp. 4384–4402, 2017.
- [15] R. C. Annachiara Longoni, "Cross-functional executive involvement and worker involvement in lean manufacturing and sustainability alignment," *Int. J. Oper. Prod. Manag. Prod. Manag.*, vol. 35, no. 9, pp. 1332–1358, 2015.
- [16] U.Dombrowski & T.Mielke, "Lean Leadership-fundamental principles and their application," *Procedia CIRP*, vol. 7, pp. 569–574, 2013.
- [17] P. C. F. & E. D. Sarah-Jane Cullinane, Janine Bosaka, "Job design under lean manufacturing and the quality of working life: a job demands and resources perspective," *Int. J. Hum. Resour. Manag.*, pp. 2996–3015, 2014.
- [18] Fatma Pakdil & Karen Moustafa Leonard, "The effect of organizational culture on implementing and sustaining lean processes," *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 26, no. 5, pp. 725–743, 2015.
- [19] M. I. M. W. & P. W. N. Ahmad Sobhani, "Integrating Ergonomics Aspects into Operations Management Performance Optimization Models: A Modeling Framework," *IIE Trans. Occup. Ergon. Hum. Factors*, 2016.