

## DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, KARDEX, VSM Y BALANCE DE LÍNEA PARA REDUCIR COSTOS

### DESIGN OF PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN, KARDEX, VSM AND LINE BALANCE TO REDUCE COSTS

 Alexander Cruz Hernández<sup>1a</sup>  
 Deylin Dany Iparraguirre Guillén<sup>1b</sup>  
 Eduardo Lozano Vega<sup>1c</sup>  
 Leidy Yesenia Parimango Guevara<sup>1d</sup>  
 Rafael Castillo Cabrera<sup>1e</sup>



Fecha de recepción : 11 de Octubre del 2020  
Fecha de aprobación : 29 de Noviembre del 2020  
DOI : <https://doi.org/>

#### Resumen

*El presente trabajo fue elaborado para solucionar la problemática recurrente en una empresa molinera, se diseñó herramientas de ingeniería que fueron evaluadas en base a restricciones realistas que precisaron la mejor alternativa. Se evaluó el impacto del diseño de Plan de Mantenimiento Preventivo, Kardex, VSM y Balance de Línea sobre los costos de la empresa, por lo que se diagnosticó, analizó y simuló indicadores por cada herramienta que fueron comparados con estándares de ingeniería empleados en otras organizaciones globalmente. Para la herramienta Plan de Mantenimiento Preventivo se simuló un valor del 70.36% frente a su estándar 85%, lo que indica una mejora respecto a su valor actual; mientras que las herramientas Kardex, VSM y Balance de Línea lograron llegar al 100%, conforme lo indican los estándares, manteniendo un éxito en el diseño de las herramientas solucionando los problemas planteados. En los resultados, se aprecia un valor actual, un valor estándar y un valor simulado que representa un ahorro del 92.59% de sus pérdidas relacionado a los problemas abordados. Además, el impacto económico sobre sus costos es positivo, ya que presenta un TIR de 23%, un VAN de S/20 471.77 y un B/C de S/1.90, confirmando la viabilidad del proyecto.*

**Palabras Clave:** Balance de Línea, Cadena de Valor, Diseño, Kardex, Mantenimiento

#### Abstract

*The present work was elaborated to solve the recurrent problem in a milling company, engineering tools were designed and evaluated based on realistic restrictions that required the best alternative. The impact of the design of the Preventive Maintenance Plan, Kardex, VSM and Line Balance on the company's costs was evaluated, so indicators were diagnosed, analyzed and simulated for each tool that were compared with engineering standards employed in other organizations globally. For the Preventive Maintenance Plan tool, a value of 70.36% was simulated compared to its standard 85%, which indicates an improvement over its current value; while the Kardex, VSM and Line Balance tools managed to reach 100%, as indicated by the standards, maintaining a successful design of the tools by solving the problems raised. The results show a current value, a standard value and a simulated value that represents a savings of 92.59% of their losses related to the problems addressed. In*

<sup>1</sup> Universidad Privada del Norte - Trujillo, Perú.

<sup>a</sup> Bachiller en Ingeniería Industrial, [cruz-17-1998@hotmail.com](mailto:cruz-17-1998@hotmail.com)

<sup>b</sup> Bachiller en Ingeniería Industrial, [ddig\\_8@outlook.com](mailto:ddig_8@outlook.com)

<sup>c</sup> Bachiller en Ingeniería Industrial, [eduvega0095@gmail.com](mailto:eduvega0095@gmail.com)

<sup>d</sup> Bachiller en Ingeniería Industrial, [leidyparimango@gmail.com](mailto:leidyparimango@gmail.com)

<sup>e</sup> Maestro en Dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento, [rafael.castillo@upn.edu.pe](mailto:rafael.castillo@upn.edu.pe)

*addition, the economic impact on its costs is positive, since it presents an IRR of 23%, a NPV of S/20 471.77 and a B/C of S/1.90, confirming the viability of the project.*

**Keywords:** *Line Balance, Value Stream Mapping, Desing, Kardex, Maintenance*

## 1. Introducción

La industria manufacturera en el Perú representa el 13% del PBI nacional, siendo el segundo sector representativo de la economía. Dentro de esta industria está el grupo de alimentos y bebidas con un total de 23.3%, en este porcentaje se encuentran las empresas dedicadas al procesamiento de granos. En la actualidad, la mayoría de las personas incluye cereales como insumo básico de su alimentación, preferencia que ocasiona mayor demanda de los granos procesados, dando lugar al crecimiento de empresas molineras. Sin embargo, surgen problemas que generan el aumento de sus costos. Por ello, es fundamental que estas mantengan el control de sus procesos y la eficiencia de la capacidad de abastecimiento para lograr una mayor rentabilidad.

En el departamento de La Libertad, en la provincia de Trujillo se encuentra ubicada la empresa La Molina E.I.R.L. dedicada al procesamiento de granos, donde se obtiene como productos terminados hojuelas de avena, harina de quinua, harina de maíz, harina de cebada y harina de lenteja, siendo el más vendido las hojuelas de avena. Los principales problemas que presenta la planta son: paradas de máquinas, alto stock de materia prima en almacén, cantidad excesiva de mermas durante el proceso de producción, y exceso de tiempo en el cuello de botella en el proceso de cortado.

A partir de dicha problemática, el objetivo principal de la investigación es determinar el impacto del diseño de Plan de Mantenimiento Preventivo, Kardex, VSM y Balance de Línea sobre los costos de la empresa La Molina E.I.R.L. Económicamente esta investigación se efectúa porque existe la necesidad de resolver los problemas diagnosticados en la empresa durante la producción de hojuelas de avena y, de esta manera, reducir los costos mediante la aplicación de un Plan de Mantenimiento Preventivo, Kardex, VSM y Balance de Línea. Es institucionalmente justificable porque brinda información valiosa para el proceso garantizando la competitividad de la empresa. Es teórico porque el resultado de las herramientas seleccionadas indica la fiabilidad de la teoría aplicada, comparando los indicadores de cada herramienta con el diagnóstico inicial de la empresa. Por último, es académico porque tiene la necesidad de probar la viabilidad, validez y confiabilidad del método seleccionado, al ejecutar las herramientas de ingeniería industrial.

Investigaciones de no más de 5 años previos y con el método de investigación aplicativo de las herramientas, se encuentran: García (2018), que presenta su investigación denominada “Implementación de un plan de gestión de mantenimiento preventivo basado en TPM para aumentar la confiabilidad en las máquinas de la empresa Comercial Molinera San Luis SAC, 2018”, tiene como objetivo proponer e implementar un plan de gestión de mantenimiento para aumentar la confiabilidad en las máquinas que intervienen en su proceso productivo de pilado de arroz. Las áreas críticas dentro de la empresa son el pilado y embolsado, teniendo estas un alto porcentaje de paradas no programadas de máquinas; por lo cual, se implementó TPM haciendo uso de cronogramas, registros, programas de capacitación e integración de grupos multidisciplinarios que permitió aumentar la confiabilidad de las máquinas reduciendo el porcentaje de paradas no programadas en 8%, obteniendo un ahorro de S/2000 mensuales, y el incremento de la eficiencia global de equipos en un 15%.

Se encontró el estudio realizado por Guevara (2018), titulado “Gestión de inventarios en el almacén de repuestos para incrementar la productividad en una empresa Agroindustrial, 2018” donde el objetivo fue mejorar la gestión de inventarios en el almacén de repuestos para incrementar la productividad en la empresa agroindustrial Gandules INC SAC. Se propuso aplicar la metodología de la 5s para los despachos internos y el MRP para los inventarios del almacén de repuestos. En los resultados, se obtuvo que en los despachos internos por pedido se logró reducir el tiempo de 24.5 minutos a 13 minutos por pedido, y en los inventarios se logró reducir en un 90 % los materiales obsoletos y en un 40% de los materiales sin movimiento, llegando a la conclusión que al aplicar la herramienta 5S en los despachos de los materiales se obtendrá mayor espacio y aplicando el MRP se logra reducir el capital invertido en los inventarios.

Aguiar (2019) en su tesis “Herramientas de Lean Manufacturing para la mejora continua de la productividad del área de producción del molino Castillo S.A.C.” de tipo descriptiva con un diseño experimental – cuantitativa. Identificó problemas principalmente los desperdicios de materia prima

antes, durante y después del proceso. Propuso la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing como 5s y la herramienta VSM. Entre los resultados, se obtuvo que con la implementación de las herramientas hay un incremento de la productividad en un 3.23%, eso significó un beneficio costo de S/1.83. Asimismo, Landeo (2018), presenta la tesis “Implementación de mejora para elevar la productividad en la línea de producción de papas al hilo en una empresa de snacks”. Con la finalidad de determinar en qué medida la reducción de tiempos de producción en el proceso productivo y la mejora del rendimiento en la línea de producción de papas al hilo contribuye a incrementar la productividad en su producción. Se identificó al proceso de fritado como operación cuello de botella, se realizó un nuevo balance de línea, logrando reducir el tiempo e incrementar la productividad en 17%, a su vez se logra maximizar el rendimiento actual respecto a la materia prima de 24% a 29.14%.

Asimismo, se considera el concepto brindado por Botero (1991) que afirma que el mantenimiento preventivo se realiza mediante actividades para evitar la mayor cantidad de daños imprevistos disminuyendo los tiempos muertos de producción por fallas y a su misma vez los costos. Por otro lado, López y Rodríguez (2019) comentan que el Kardex es un elemento muy importante en el control de los materiales que se tiene en almacén, puesto que se basa en recopilar información de los ingresos, salidas y saldos de cada elemento existente, estos modelos de tarjetas Kardex varían de acuerdo con la empresa.

Por otro parte, Orozco y García (2016) sustentan que el balance de línea permite encontrar la distribución de la capacidad adecuada, y así asegurar un flujo continuo de los productos, hallando formas de estandarizar tiempos en las estaciones de trabajo. Asimismo, busca maximizar el aprovechamiento de la mano de obra y los equipos con el fin de eliminar el tiempo ocioso. Y Beteta (2006) define al VSM como una herramienta que permite desarrollar una representación visual del flujo de valor de una empresa, donde se coloca las actividades que generan valor y las que no. Asimismo, Hernández y Vizán, (2013) afirman que el VSM representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente y detecta a nivel global donde se producen los mayores desperdicios del proceso.

## **2. Materiales y métodos**

En primer lugar, tras la identificación de los problemas a través de fichas de recolección de datos en la empresa La Molina E.I.R.L. en el año 2020 se procede a proponer dos herramientas de mejora para cada uno de ellos, con el objetivo de seleccionar una para su diseño y simulación. Una vez identificadas las herramientas, se realiza la evaluación con seis restricciones realistas por problema (económica, sostenibilidad, seguridad, accesibilidad, tiempo de implementación, uso de repuestos, tecnología de apoyo, alcance y control). Estas restricciones pasan por un análisis de ponderación para seleccionar la herramienta más viable.

Por consiguiente, del análisis anterior realizado se selecciona las herramientas a trabajar, las cuales son: el Plan de Mantenimiento Preventivo para el problema de paradas de máquinas, Kardex para el problema de alto stock de materia prima en almacén, VSM para el problema de mermas de materia prima en el proceso de producción y Balance de Línea para el problema de cuello de botella en el proceso de cortado. Después, se diseña cada herramienta; en el caso del Mantenimiento Preventivo primero se clasifica las máquinas según criticidad, luego se realiza hojas de inspección para el diagnóstico del estado actual de las máquinas de producción. Para ello, se considera los instructivos de trabajo que permiten conocer las acciones a seguir luego del diagnóstico. Asimismo, se diseña la orden de trabajo por cada mantenimiento realizado, se plantea el Plan de Capacitaciones y el Plan de Mantenimiento Preventivo por cada máquina.

En el caso de la segunda herramienta (Kardex), se realiza el diseño de la hoja de Excel que plasma las entradas, salidas, stock de materia prima y producto terminado. En la tercera herramienta se ejecuta el balance de línea con el fin de identificar las máquinas que hacen falta para satisfacer la demanda. Y en el caso del VSM, se diseña la representación visual que muestra el control de todo el proceso de producción, mostrando las entradas de materia prima de los proveedores, salidas de producto terminado al cliente, mermas en el proceso productivo y tiempo por cada estación de trabajo.

Posteriormente, se procede a realizar la simulación de estas herramientas para que sean comparadas con los estándares investigados por cada problema. Para el primer problema (Paradas de máquinas) se considera el libro Introducción al TPM de Seiichi Nakayima que afirma que el OEE para una empresa debe ser del 85%, teniendo en consideración que las condiciones ideales de la

disponibilidad deber ser más del 90%, la eficiencia de rendimiento más del 95% y la tasa de calidad más del 99%. Para el segundo (Alto stock de materia prima en almacén), se considera el apartado 8.1 de la norma ISO 9001:2015, quinta edición referente a la planificación y control operacional dice que, la organización debe planificar, implementar y controlar los procesos necesarios para cumplir los requisitos para la provisión de productos y servicios, y para ello especifica en el inciso c que la determinación de los recursos necesarios logra la conformidad con los requisitos de los productos y servicios. Obteniéndose como estándar el porcentaje de materia prima requerida para el cumplimiento de la demanda igual a 100%.

Para el tercer caso (Merma de materia prima en el proceso de producción), se toma en cuenta el capítulo 8. Operación, en el apartado 8.1 Sistema de rastreabilidad/trazabilidad de la Norma Internacional ISO 22000:2018-6 segunda edición, indica que se debe lograr identificar los materiales que se interactúan con los proveedores, además la primera parte de la distribución del producto terminado. Dando lugar al indicador porcentaje de la cantidad de procesos controlados para el cumplimiento de la trazabilidad del sistema del 100%. Por último, (cuello de botella en el proceso de cortado) en la norma estándar internacional para Sistemas de Gestión de Calidad ISO 9001, en el apartado 7 referente al apoyo de los procesos, específicamente en el inciso 7.1.3 con respecto a la infraestructura dice que: la organización debe determinar y mantener la infraestructura necesaria para la operación de sus procesos y lograr la conformidad de los productos y servicios, aclarando que dentro de la infraestructura se encuentran los equipos, incluyendo hardware y software, entre otros. De esta manera, se tiene como indicador el porcentaje de máquinas necesarias para el cumplimiento de la demanda igual a 100%.

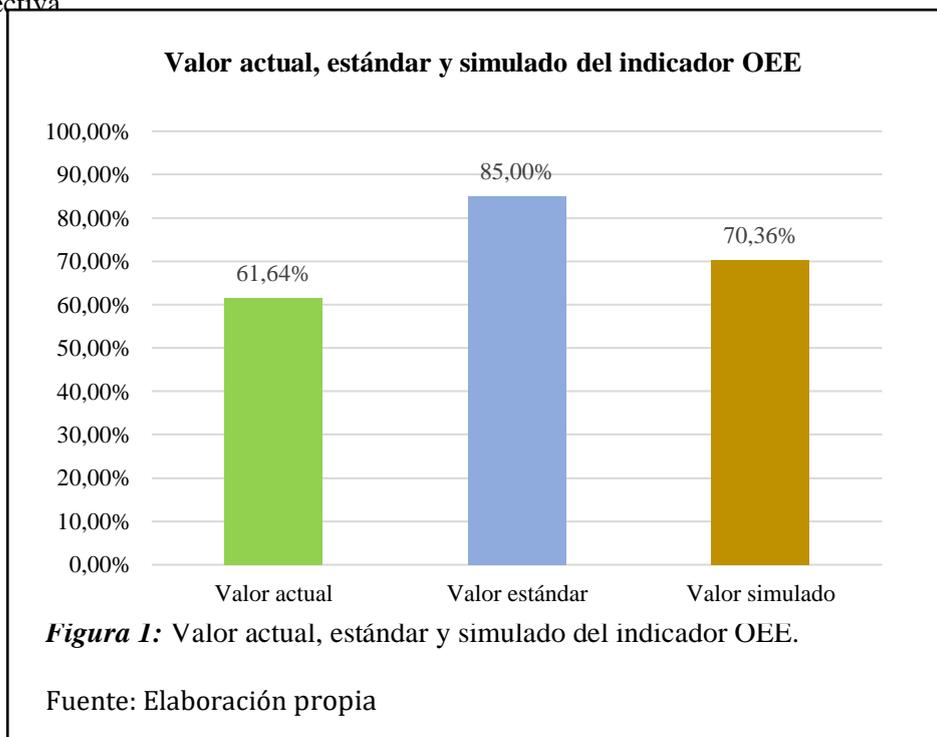
A partir de estos indicadores, se procede a ejecutar la simulación para realizar la comparación respectiva, obteniendo como resultados los presentados en el siguiente apartado.

## 2. Resultados

Los resultados se presentan por cada problema planteado:

### 2.1. Paradas de máquinas

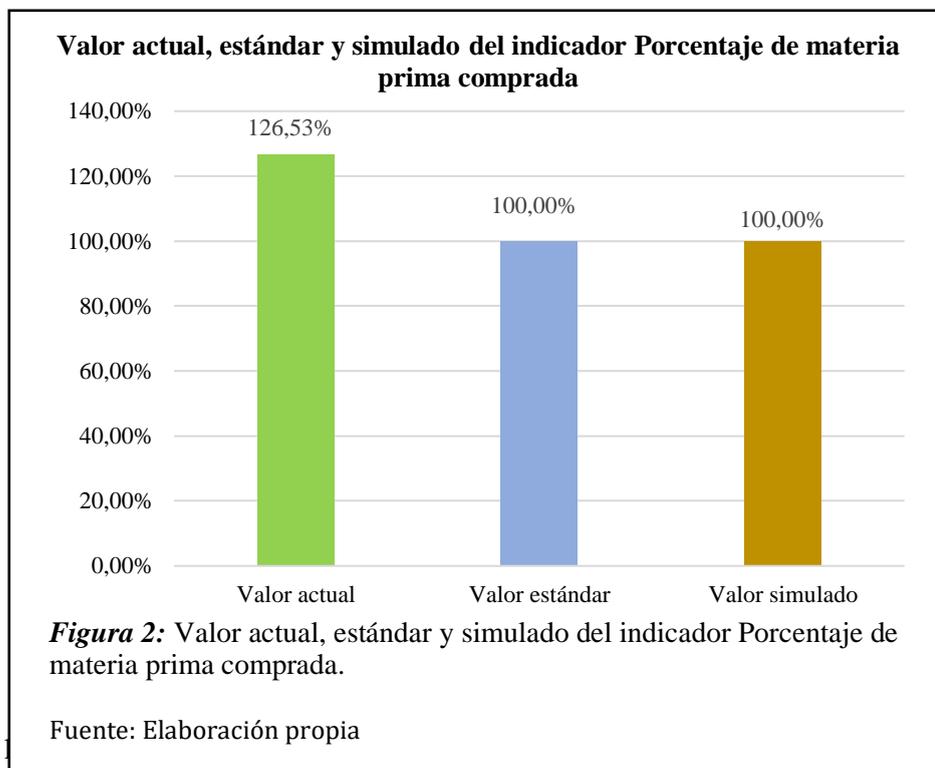
A partir del dato actual, el estándar y el valor simulado del indicador OEE se procede a realizar la gráfica respectiva



En la Figura 1, se muestra el valor actual del OEE de la empresa La Molina E.I.R.L. es de 61.64%, debido a que tiene una disponibilidad del 76.65%, una tasa de rendimiento de 94.60% y una tasa de calidad de 85.00%.

## 2.2. Alto stock de materia prima en almacén

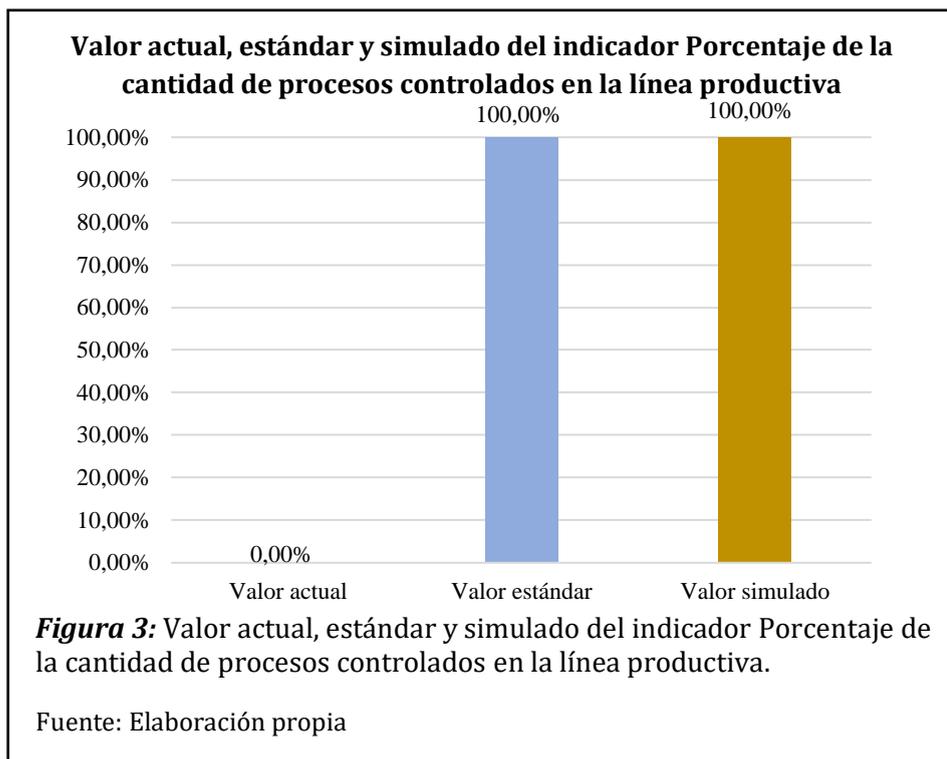
A partir del dato actual, el estándar y el valor simulado del indicador materia prima comprada se procede a realizar la gráfica respectiva.



En la Figura 2, se muestra el valor actual del indicador Porcentaje de la materia prima comprada de la empresa La Molina E.I.R.L. es de 126.53%, debido a la ausencia de un control de entradas y salidas de la materia prima.

## 2.3. Mermas de materia prima en el proceso de producción

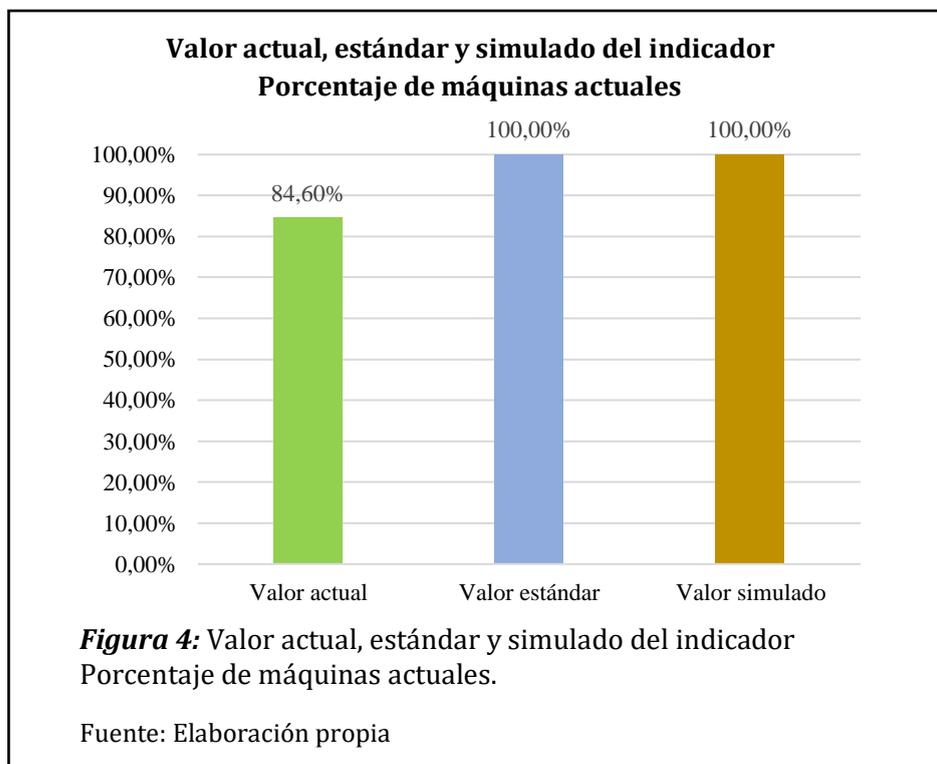
A partir del dato actual, el estándar y el valor simulado del indicador Porcentaje de la cantidad de procesos controlados se procede a realizar la gráfica respectiva.



En la Figura 3, se muestra el valor actual del indicador Porcentaje de la cantidad de procesos controlados en la línea productiva es de 0%, debido a la carencia de un sistema que permita controlar los procesos de la empresa.

#### 2.4. Exceso de tiempo en el cuello de botella en el proceso de cortado

A partir del dato actual, el estándar y el valor simulado del indicador Porcentaje de la cantidad de máquinas actuales, se procede a realizar la gráfica respectiva.



En la Figura 4, se muestra el valor actual del indicador Porcentaje de máquinas actuales que es de 84.60%, debido a la falta de disponibilidad de máquinas.

### 3. Discusión

En el caso del problema de parada de máquinas, el valor actual del OEE es de 61.64% el cual está muy por debajo del valor estándar que es 85%. Según Seiichi Nakayima en su libro *Introducción al TPM*, esto se debe a que la empresa no aplica Mantenimiento Preventivo, sino que solo aplica Mantenimiento Correctivo, lo cual hace que tenga una disponibilidad baja debido a las paradas que presentan las máquinas, pues al mes tiene un máximo de 12 paradas por máquina y un mínimo de 3; esto está generando costos adicionales para la empresa. No obstante, la empresa al tener altos ingresos no realiza un análisis de este problema pues considera que no afecta a las utilidades, sin embargo, en el análisis se observa que genera altos costos, los cuales están siendo ignorados, por tanto, es un ahorro perdido por no implementar Mantenimiento Preventivo.

Se observa que, si se aplica el Mantenimiento Preventivo en la planta, se obtendrá un valor del OEE de 70.36% lo que presenta una mejora de 8.73% en comparación con el valor actual, lo cual representa una mejora para la empresa y por consiguiente un ahorro, entonces un aumento en las utilidades para La Molina E.I.R.L. Pero para ello, es necesario que la empresa realice una inversión para la implementación de esta herramienta y a la vez contrate un nuevo personal que supervise el buen funcionamiento de este mantenimiento.

Asimismo, cabe mencionar que para que este valor del OEE siga aumentando se tiene que trabajar con el rendimiento y calidad porque en la simulación se considera 0 paradas de máquinas, lo cual significa que ya no se tendría que mejorar en la disponibilidad, pero si se pudiese aumentar el OEE en función de la mejora del rendimiento y calidad.

Para el caso del problema de alto stock de materia prima en almacén, el valor actual del indicador es de 126.53%, indicando un exceso de compra de materia prima, cuyo 26.53 % es el sobrante. Esto se debe principalmente a que la empresa no cuenta con una herramienta que controle sus salidas y entradas, su aprovisionamiento lo hace de manera empírica y basada en su experiencia propia; por lo tanto, su valor actual de La Molina E.I.R.L. no sería adecuado, ya que se encuentra muy por encima del valor estándar; ello quiere decir que la empresa no tiene un buen control de su materia prima en almacén.

Para llegar al valor estándar, se tiene como referencia la norma ISO 9001:2015, quinta edición, referente a la planificación y control operacional, donde manifiesta que: “la organización debe planificar, implementar y controlar los procesos necesarios para cumplir los requisitos para la provisión de productos y servicios”; para ello, se especifica en el inciso c que “la determinación de los recursos necesarios logra la conformidad con los requisitos de los productos y servicios”, esto indica que para una cierta demanda la empresa debe comprar lo que se necesita, sumado a ello su porcentaje de merma. Por ende, se debería tener un porcentaje de materia prima comprada de 100%.

Y de acuerdo con el valor estándar puesto que si la materia prima comprada es de 100% y esto se realiza de acuerdo con la demanda mensual que se requiere, se satisface la cantidad de materia prima requerida por la línea productiva y se evita excesos de compra. Posteriormente, se obtiene un valor simulado de 100%, esto se logra con la ayuda de la herramienta Kardex, que se encarga de controlar la materia prima en almacén y de esta manera realizar un requerimiento de materia prima exacta para el próximo aprovisionamiento, puesto que un correcto control de los datos de materias primas permiten tener una buena gestión de entradas y salidas para una buena decisión de compra, evitando así stocks innecesarios, costos de almacenamiento y mermas naturales, teniendo en cuenta que las materias primas (granos de avena) son productos perecibles.

La problemática abordada es la excesiva cantidad de mermas que se generan en el proceso de producción de hojuelas de avena, sin embargo, para poder dar una solución óptima y con fundamentos, inicialmente se debe diagnosticar toda la línea productiva para hacer la comparación de los procesos y especificar las mermas y su representación porcentual dentro de la línea. Ello deduce inicialmente comenzar con un control y trazabilidad de los procesos productivos, en donde un sistema trazable es aquel que cumple tres parámetros mínimos tal como lo indica el capítulo “8. Operación”, en el apartado “8.1 Sistema de rastreabilidad/trazabilidad” de la Norma Internacional ISO 22000:2018-6 segunda edición.

Con ello, el estándar anteriormente mencionado, alude a un completo control y alcance de análisis de la totalidad de los procesos que intervienen para la transformación de la materia prima; donde el indicador planteado para la técnica VSM “Porcentaje de procesos controlados en la línea productiva”. En la Figura 3 se observa que el valor inicial es 0%, antes del desarrollo de la herramienta VSM, y un valor final de 100% durante la simulación, llegando al requerimiento mínimo del estándar.

Finalmente, luego de su análisis por estación-proceso y comparación porcentual en toda la línea, se recomienda el uso de maquinaria adicional semi automatizada y a su vez la eliminación de la mano de obra directa para el proceso, ya que incurre en errores y desperdicios. La herramienta empleada para la solución de esta problemática no arroja una solución directa ya que es un procedimiento inicial para la evaluación de toda la cadena productiva, donde instruye una mentalidad ordenada y de control para el posterior desarrollo y producción mejorada en beneficio de la empresa. Es indispensable el apoyo de otro tipo de técnicas/herramientas, como las que se han evaluado en todo el trabajo, para dar solución a este, otros y próximos desafíos con los que pueda tratar el área de producción.

En el cuarto problema de exceso de tiempo en el cuello de botella en el proceso de cortado, el valor actual del indicador Porcentaje de máquinas actuales, teniendo un valor actual de 84.6%, este valor representa el porcentaje de las máquinas disponibles con la que la organización cuenta para su producción, el valor estándar obtenido de la norma ISO 9001 que se refiere a la infraestructura (equipos, materiales, hardware, entre otros) y en relación a este problema se interpreta como; “la organización debe tener la maquinaria necesaria para cumplir con la demanda y dejar satisfecho a sus clientes”, por lo tanto, se debería tener una porcentaje de máquinas necesarias del 100%.

Mediante un Balance de Línea se concluyó incrementar dos máquinas adicionales, laminadora y la cortadora. De esta forma se obtiene la cantidad de máquinas necesarias para una demanda de 167 sacos de 25kg al día y, por lo tanto, se obtiene una disponibilidad de maquinaria de 100%.

El balance de línea permite elevar la eficiencia de la línea de producción en un 37.31%. La línea de producción sin balanceo tiene una eficiencia correspondiente a 56.28% reflejando una línea desbalanceada en donde el tiempo del cuello de botella está muy por encima de las otras estaciones y los productos en proceso tienen que esperar hasta que la estación de cuello de botella se desocupe generando tiempos muertos.

El cuello de botella se reduce en 2 minutos, ya que con el aumento de máquinas en las estaciones de cortado y laminado se redujeron los tiempos a la mitad; es decir, de 4.2 a 2.1 minutos para el cortado y de 3.6 a 1.8 minutos para el laminado, generando un nuevo cuello de botella de 2.2 minutos para la estación de cocido de granos o estación número 6 de la línea de producción.

La reducción de 2 minutos por cada ciclo en la línea de producción significa un ahorro de tiempo en el proceso de producción de hojuelas de avena generando beneficios a la organización.

Por último, el aumento de 2 máquinas en la línea de producción genera una capacidad adicional con respecto a la demanda, concerniente a 42 productos terminados adicionales que la empresa puede aprovechar para expandir su mercado o prepararse para una demanda repentina, considerando que el mercado al que se dirige es muy exigente.

#### **4. Conclusiones**

El impacto del diseño de las herramientas (Plan de Mantenimiento Preventivo, Kardex, VSM y Balance de Línea) representa en promedio una reducción de 92.59% de sus pérdidas, lo cual equivale a S/3 976.78. Se seleccionó que las herramientas de solución son: el Plan de Mantenimiento Preventivo para el problema de paradas de máquinas, Kardex para el problema de alto stock de materia prima en almacén, VSM para el problema de mermas de materia prima en el proceso de producción y Balance de Línea para el problema de exceso de tiempo en el cuello de botella en el proceso de cortado. Posteriormente, se diseñó las cuatro herramientas de mejora. Para el problema paradas de máquina, el estándar a comparar con el indicador OEE, es del 85% respecto al valor actual de 61.64%. Para el problema alto stock de materia prima en almacén, el estándar a comparar es el indicador Porcentaje de materia prima comprada el cual es 100%; en comparación del valor actual de 126.53%. Para la herramienta VSM, respecto al problema mermas de materia en el proceso de producción, el estándar a comparar es el indicador Porcentaje de procesos controlados en la línea productiva, es del 100% en comparación al 0% antes de la simulación. Para el problema de exceso de tiempo en el cuello de botella en el proceso de cortado, el estándar a comparar es el indicador Porcentaje de máquinas actuales, siendo

el 100% respecto al 84.6% actual de la línea productiva. Y con la simulación se obtuvo que el indicador OEE llega a un 72%, en la simulación del indicador Porcentaje de materia prima comprada se llega a un 100%, en la simulación del indicador Porcentaje de procesos controlados de la línea productiva se llega a un 100%, en la simulación del indicador Porcentaje de máquinas actuales se llega a un 100%. Finalmente, se concluye que el impacto económico del diseño de las herramientas (Plan de Mantenimiento Preventivo, Kardex, VSM y Balance de Línea) simuladas en la empresa La Molina E.I.R.L. sobre sus costos es positivo, ya que presenta un TIR de 23%, un VAN de S/2 0471.77 y un B/C de S/1.90; estos indicadores confirman la viabilidad del proyecto.

## 5. Referencias

- Aguilar, R. (2019). *Herramientas de Lean Manufacturing para la mejora continua de la productividad del área de producción del molino Castillo S.A.C.* Universidad Señor de Sipán: Facultad de ciencias empresariales. Pimentel, Perú.
- Beteta, L. (2006). *El mapeo del flujo de valor. Contabilidad y Negocios*, 1(2), 41-44. Recuperado de <https://url2.cl/wf6ty>
- Botero, C. (1991). *Mantenimiento preventivo.* Recuperado de <https://url2.cl/CwuTr>
- Escuela de Formación Profesional Antoni Algueró. (2017). *Norma Internacional ISO 9001: 2015- Traducion oficial*
- García, M. (2018). *Implementación de un plan de gestión de Mantenimiento preventivo basado en TPM para Aumentar la confiabilidad en las máquinas de la Empresa comercial molinera SAN LUIS SAC, 2018.* Universidad de San Martín de Porres, Perú.
- Guevara, J. (2018). *Gestión de inventarios en el almacén de repuestos para incrementar la productividad en una empresa Agroindustrial, 2018.* Universidad Cesar Vallejo, Perú.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación.* Madrid: Fundación EOI.
- Landeo, L. (2018). *Implementación de mejora para elevar la productividad en la línea de producción de papas al hilo en una empresa de snacks.* Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú.
- López Olivas, R. N., & Rodríguez Gonzales, I. L. (2019). *Uso de la tarjeta de control de inventario Máster Kardex como herramienta para determinar la rentabilidad de 3M ferretería de la ciudad de Estelí durante el segundo semestre del año 2018,* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua). Recuperado de <https://url2.cl/I1q9S>
- Ministerio de la Producción. (2016). *Estudios económicos.* Recuperado de: <https://cutt.ly/Cgo9hFD>
- Nakajima, S. (1991). *Introducción al TPM. Tecnologías de Gerencia y Producción.* S.A. Madrid, España.
- Organización Internacional de Normalización (2018). *Sistemas de administración de la inocuidad/seguridad de los alimentos — Requerimientos para cualquier organización en la cadena alimentaria (ISO 22000-2018).* Recuperado de: [https://auto-q-consulting.com.mx/Muestra04.ISO22.2020/Norma.ISO\\_22000\\_2018.Espanol.Aplicacion.pdf](https://auto-q-consulting.com.mx/Muestra04.ISO22.2020/Norma.ISO_22000_2018.Espanol.Aplicacion.pdf)

CRUZ, A., IPARRAGUIRRE, D. D., LOZANO, E., PARIMANGO, L. Y. y CASTILLO, R. *Diseño de plan de mantenimiento preventivo, kardex, VSM y balance de línea para reducir costos. Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación. Julio - diciembre 2020. Vol. 7 / N° 2, pp. 142-151 - ISSN: 2313-1926*

Orozco, D. L. P., García, Á. M. N., & Grisales, R. A. R. (2016). *Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento. Scientia et technica, 21(3), 239-247. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84950585006.pdf>*