



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE MEJORA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PARA
REDUCIR LOS COSTOS DE OPERACIÓN DE LA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE HOJUELAS DE QUINUA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor

Raul Eduardo Lozano Vega

Asesor:

Dr. Miguel Angel Rodríguez Alza

<https://orcid.org/0000-0002-1939-5343>

Trujillo - Perú

Jurado Evaluador

Jurado 1 Presidente(a)	Rafael Luis Alberto Castillo Cabrera	45236444
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	Miguel Enrique Alcalá Adrianzen	17904461
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	Enrique Martin Avendaño Delgado	1808774
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Dedicatoria

Dedico este trabajo a todas aquellas personas

que están a punto de comenzar el suyo... no te rindas.

El fracaso solo es la oportunidad de volver

a comenzar de forma más inteligente

Henry Ford

R.I.P. J.L.A.

Tus amigos te recordaremos

Agradecimiento

En su totalidad a mi amada madre Elsa
porque hasta yo dudé de mí mismo,
ella no.

A mis abuelos Nola y Aldo y mis tíos José y Willy
su confianza en mí fue contagiosa.

A mi distinguido asesor Miguel Rodríguez,
gran maestro y persona durante su cátedra.

Y especialmente a Pulgas y Toretto,
un par de peludos que alegran mi vida.

Tabla de contenidos

Jurado Evaluador -----	2
Dedicatoria -----	3
Agradecimiento -----	4
Índice de tablas -----	6
Índice de figuras -----	7
Índice de ecuaciones -----	8
Resumen -----	9
Capítulo 1. Introducción-----	10
Realidad problemática	10
Formulación del problema de investigación.....	13
Antecedentes	13
Bases Teóricas	17
Definición de términos.....	21
Justificación	22
Objetivos.....	23
Capítulo 2. Metodología-----	24
Clasificación de la Investigación	24
Unidad de Análisis	24
Métodos.....	26
Procedimiento	28
Aspectos éticos.....	58
Capítulo 3. Resultados-----	59
Capítulo 4. Discusión y Conclusiones-----	69
Discusión.....	69
Conclusiones	70

Índice de tablas

<i>Tabla 1 Técnicas e instrumentos</i>	25
<i>Tabla 2 Técnicas, instrumentos y herramientas de la investigación</i>	25
<i>Tabla 3 Resultados Causa y Efecto</i>	28
<i>Tabla 4 Procesos del sistema productivo</i>	30
<i>Tabla 5 Costo operativo de la CR-01</i>	32
<i>Tabla 6 Estadístico descriptivo Actual</i>	34
<i>Tabla 7 Estadístico descriptivo post SMED</i>	37
<i>Tabla 8 Sacos envasados al mes, antes y después del SMED</i>	38
<i>Tabla 9 Costo operativo de la CR-02</i>	39
<i>Tabla 10 Costo de los mantenimientos</i>	39
<i>Tabla 11 Costo operativo de la CR-03</i>	41
<i>Tabla 12 Horas de para al mes</i>	43
<i>Tabla 13 Costo operativo de la CR-04</i>	43
<i>Tabla 14 Mermas por proceso</i>	48
<i>Tabla 15 Data VSM</i>	49
<i>Tabla 16 Análisis de criticidad de la línea las máquinas</i>	52
<i>Tabla 17 Presupuesto de la inversión</i>	53
<i>Tabla 18 Presupuesto por requerimiento de personal</i>	54
<i>Tabla 19 Horizonte de evaluación del proyecto</i>	55
<i>Tabla 20 Indicadores económicos</i>	57
<i>Tabla 21 Análisis de sensibilidad – VAN</i>	57
<i>Tabla 22 Resultados del diseño de mejora</i>	59
<i>Tabla 23 Estado de los procesos post mejora</i>	60
<i>Tabla 24 Impacto económico en la CR-1</i>	61
<i>Tabla 25 Reducción de t en el proceso de Envasado</i>	62
<i>Tabla 26 Impacto económico en la CR-02</i>	63
<i>Tabla 27 Impacto económico de la CR-03</i>	64
<i>Tabla 28 Impacto económico de la CR-04</i>	65

Índice de figuras

<i>Figura 1 Indicadores de actividad económica.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2 Evolución de la producción manufacturera no primaria en la región La Libertad.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3 Diseño descriptivo-propositivo</i>	<i>24</i>
<i>Figura 4 Matriz de operacionalización de variables.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5 Matriz de consistencia</i>	<i>27</i>
<i>Figura 6 Gráfica p - Sacos no atendidos</i>	<i>29</i>
<i>Figura 7 Check List del proceso Laminado.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 8 Resumen DAP – Envasado.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 9 Gráfica I-MR observaciones del proceso de Envasado.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 10 Detalle de tareas del proceso de Envasado.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 11 Análisis inicial del proceso de Envasado</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12 Traslado de tareas Internas a Externas.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 13 Replanteo del proceso de Envasado</i>	<i>37</i>
<i>Figura 14 Nuevo DAP del proceso de Envasado.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 15 Tipos de mantenimiento presentado</i>	<i>40</i>
<i>Figura 16 MTBF máquina Laminadora</i>	<i>40</i>
<i>Figura 17 Reporte de paros – Laminadora</i>	<i>41</i>
<i>Figura 18 Fallas de máquinas</i>	<i>42</i>
<i>Figura 19 MTTR actual de la máquina Laminadora.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 20 OEE Actual de la línea productiva</i>	<i>44</i>
<i>Figura 21 Determinación del tamaño muestral.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 22 Observación inicial.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 23 Resumen de tiempos estándares.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 24 DOP con tiempos estándares.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 25 Resumen Balance de línea</i>	<i>48</i>
<i>Figura 26 Información de orden de pedido simulada</i>	<i>49</i>
<i>Figura 27 VSM del Sistema productivo de hojuelas de quinua.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 28 Resumen VSM de orden simulada.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 29 Cálculo OEE</i>	<i>52</i>
<i>Figura 30 Flujo de caja de egresos y beneficios</i>	<i>56</i>

<i>Figura 31 Procesos controlados actuales vs post mejora</i>	<i>61</i>
<i>Figura 32 Reducción tiempos por actividades.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 33 Procesos con tiempos estándares actuales vs post mejora.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 34 Máquinas con P.M.P. actuales vs post mejora.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 35 Máquinas con I.M. actual vs post mejora.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 36 OEE post mejora.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 37 OEE actual vs post mejora.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 38 Costos antes y después de la mejora.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 39 Comparación Inversión - Beneficio</i>	<i>67</i>
<i>Figura 40 Flujo de caja mensual proyectado</i>	<i>68</i>

Índice de ecuaciones

<i>Formula 1</i> _____	<i>19</i>
<i>Formula 2</i> _____	<i>19</i>
<i>Formula 3</i> _____	<i>20</i>
<i>Formula 4</i> _____	<i>20</i>
<i>Formula 5</i> _____	<i>20</i>
<i>Formula 6</i> _____	<i>20</i>

Resumen

La investigación presenta cómo debe ser el diseño de mejora de una línea de producción de hojuelas de quinua para reducir los costos de operación. La metodología fue de tipo propositiva, diseño descriptivo-propositivo y la unidad de análisis fueron los procesos y maquinarias de la línea de producción. Se detectaron problemas con el cumplimiento de las ordenes de pedido, los métodos y tiempos del proceso de envasado y la maquinaria de la empresa por un valor de S/ 95,644.12 mensuales. Se realizó el análisis del sistema de producción actual mediante la inspección, observación, análisis de procesos y análisis documentario utilizando el check-list, DAP y formatos de reportes de paro, luego se elaboró el diseño de mejora diseñando y programando el VSM, estudio de tiempos, SMED, plan de mantenimiento preventivo e instructivos de mantenimiento; logrando trazar, metodizar y estandarizar procesos y tiempos, además de integrar a todas las maquinarias bajo una gestión del mantenimiento. Por último, se evaluó la rentabilidad del diseño de mejora, logrando reducir el 94.87% de los costos mensuales respecto al periodo anterior. El horizonte de evaluación establecido fue de 12 meses y se obtuvo: un VAN de S/225,850.01, un TIR de 36.87% y un B/C de 6.19.

Palabras clave: Control, OEE, Sistema productivo, SMED, VSM

Capítulo 1. Introducción

Realidad problemática

La manufactura en el Perú fue la primera actividad en el periodo 2020 - 2021 que contribuyó a la economía nacional, situándose por encima del sector Construcción y Comercio. Uno de los principales sectores fue el alimentario que tuvo un crecimiento del 9,49% en lo que va del presente año (INEI, 2022) y se pronostica que al finalizar el año la manufactura peruana tendrá un avance de 1.6%, proyectaron los analistas de Focus Economics en su informe Latin Focus Consensus Forecast. En el apartado regional, la producción industrial creció 0.6% por mayor producción de manufactura primaria en Julio del 2022.

Figura 1

Indicadores de actividad económica

CUADRO N° 01
LA LIBERTAD: OTROS INDICADORES DE ACTIVIDAD ECONÓMICA
(Variación % respecto a similar mes del año anterior)

	Feb. 22	Mar. 22	Abr. 22	May. 22	Jun. 22	Jul. 22
Producción industrial	↓-4,9	↓-5,1	↓-3,7	↓-20,1	↓-4,7	↑0,6
Despacho de cemento	↓-16,0	↓-9,7	↓-1,4	↓-8,5	↓-5,6	↓-17,4
Crédito total	↑4,2	↑5,1	↑4,7	↑6,1	↑7,4	↑9,2
Inversión pública ^{1/}	↓-14,1	↓-24,1	↓-37,8	↓-46,2	↓-49,5	↓-15,2

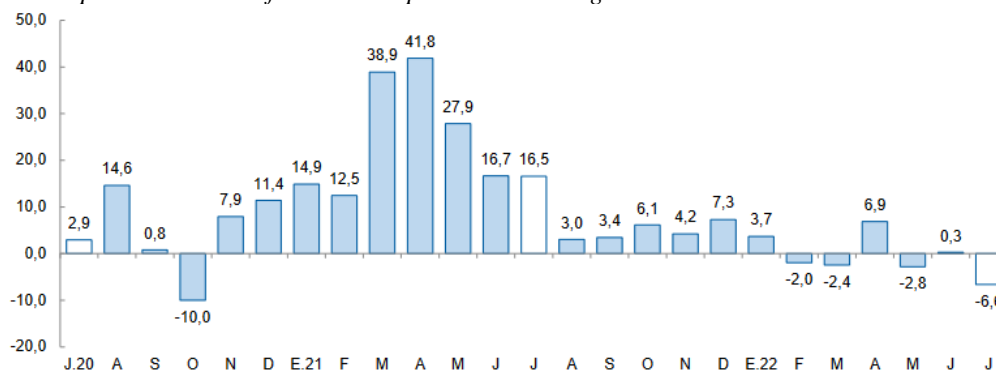
^{1/} En términos reales.

Fuentes: BCRP - Sucursal Trujillo. SUNAT v MEF.

La elaboración de productos de molinería creció 1.38% (INEI, 2022) sin embargo, la manufactura no primaria sufrió una reducción de -6.6% (BCRP, 2022).

Figura 2

Evolución de la producción manufacturera no primaria en la región La Libertad



Fuente: Banco Central de Reserva del Perú – Síntesis de Actividad Económica de La Libertad 2022

El procesamiento de alimentos está usualmente influenciado por el valor agregado que aportan sus procesos y maquinarias, reflejando la efectividad de sus resultados en los costos operativos. La clave del éxito en las organizaciones recae en la capacidad de diseñar procesos con una visión sistémica que les permita identificar y mejorar características emergentes en sus procesos de gestión y producción. La competitividad demanda procesos vinculados a la mejora continua por lo que las organizaciones se encuentran en la necesidad de analizar y desarrollar herramientas para minimizar los errores de forma permanente. En consecuencia, surge el sistema de producción que es un conjunto de procedimientos relacionados entre sí (Vargas et al., 2016) que tiene como fin transformar elementos en productos útiles (Kons, 2008) y son capaces de conectar entradas, salidas, proceso y flujos de información con los requerimientos del cliente (Carro y Gonzales, 2012). Parte de los objetivos del sistema de producción recae en la reducción de los costos operativos mediante la eficiencia y control de los procesos resultando útil para la gestión de la línea productiva (Horngren et al., 2012). Los costos de operación otorgan información a mayor detalle sobre las actividades que se desarrollan en las organizaciones (Chacon, 2016) y son requeridos para ejecutar proyectos o dar marcha a líneas de producción (Zarramundi, 1998) manteniéndose constantes hasta el término del proyecto u horizonte planificado (Burga, 2016).

La empresa en estudio es un proveedor estratégico de programas sociales y está ubicada en la provincia de Trujillo - región La Libertad, tiene clasificación CIU 1061 (elaboración de productos de molinería, procesa diferentes tipos de granos: quinua, avena, menestras, entre otros), cuenta con 8 tipos de máquinas: seleccionador de zarandas, despedradora, escarificadora, secadora de cámara, laminadora, tostadora, cosedoras industriales y balanzas, y para sus operaciones requiere de 16 operarios y 2 ingenieros.

Los elevados costos operativos de la línea de producción de hojuelas de quinua se producen porque 1) No se cumple con las órdenes de pedido ya que en el periodo 2021, se registró 57 toneladas de producto terminado faltante con un valor de S/ 38,487.15 y un costo de penalidad por incumplimiento de S/ 464,460.78. Se detectó que no existe control de producción dado que 0 de 10 procesos tienen una trazabilidad interna; el costo operativo asignado es S/41,912.33 al mes.

Además, existen 2) Tiempos muertos en el proceso de envasado debido al tiempo de ciclo actual, generando un déficit de producción mensual de 63.9 toneladas. Por el elevado tiempo asignado a las actividades y aquellas que no agregan valor al proceso, se asumió que faltan estandarización de métodos y tiempos puesto que 0 de 10 procesos tienen tiempos estándares, además de movimientos innecesarios para realizar el procedimiento de envasado del producto terminado; el costo operativo asignado es S/ 43,146.12 al mes.

También se detectó 3) Elevados fallos de máquina ya que en el periodo 2021 se pagó S/38,886.00 por costos de mantenimiento correctivo. Se asignó la causa a que no hay mantenimiento programado pues 0 de 8 máquinas tienen un plan de mantenimiento preventivo; el costo operativo asignado es S/3,240.50 al mes.

Finalmente, se encontró 4) Elevados tiempos de reparación dado que se registró un déficit de producción de 130.54 toneladas durante el periodo 2021 por la faltan instructivos de mantenimiento; se determinó que 0 de 8 máquinas cuentan con instructivos de mantenimiento; el costo operativo asignado es S/7,345.17 al mes.

Si la empresa molinera no hiciera nada respecto a la problemática antes planteada, podría darse el pronóstico que continuará con los elevados costos operativos a causa de las órdenes de pedido incompletas, los tiempos muertos en el proceso de envasado, los elevados fallos de máquina y elevados tiempos de reparación, pudiendo incluso convertirla en una entidad no rentable y hasta sacarla del mercado.

Para solucionar la problemática en mención se propone diseñar herramientas lean manufacturing como es el Mapa de Flujo de Valor (VSM) que permitirá controlar los procesos y mantener una trazabilidad en ellos, un Estudio de tiempos más SMED que posibilitará estandarizar los métodos y tiempos del proceso de envasado, un plan de mantenimiento preventivo que reducirá los constantes fallos de máquina logrando gestionar un oportuno mantenimiento preventivo y finalmente instructivos de mantenimiento que reducirá el tiempo de reparación para aumentar la disponibilidad de planta.

Formulación del problema de investigación

En búsqueda de la mejora de los procesos productivos de la empresa, se formuló la interrogante: ¿Cómo debe ser la mejora en el sistema de producción para reducir los costos de operación de la línea de producción de hojuelas de quinua en una empresa procesadora de granos?

Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Estudios previos, en el marco internacional, se halló el estudio de caso realizado por Figueiredo et al. (2018), Brasil, sobre la implementación de herramientas Lean manufacturing: Mapa de flujo de valor (VSM), SMED, TPM, 5 S, Kaizen y estandarización de procesos, en una

empresa de bienes de consumo masivo. Los autores emplearon las técnicas: análisis documental y entrevista, con el instrumento: cuestionario. El horizonte de evaluación fue de 18 meses y lograron mapear todos los procesos de la línea de producción manteniendo la trazabilidad del sistema. Expusieron sus resultados donde lograron: aumentar el indicador OEE 12.4 puntos porcentuales (44.4% a 56.8%), aumentar la productividad en 27.9%, disminuir la merma en 8.82% y reducir el costo medio de su producto en 19.9% (de R\$ 57.2 a R\$ 47.7). Los investigadores concluyen estableciendo una relación directa entre el Lean manufacturing y los impactos operacionales.

Por otro lado, Cuervo et al. (2021), Bogotá – Colombia, aplicó herramientas lean manufacturing: Mapa de flujo de valor (VSM), instructivos de trabajo y el uso del indicador OEE, a un sistema de producción de tubos para la extracción de aceite de palma. La investigación sigue una metodología mixta y tiene como objetivo reducir los tiempos de entrega para eliminar los desperdicios del proceso. Emplearon las técnicas: observación, encuesta, entrevista, análisis documental y estadísticas del proceso productivo. Respecto a los resultados, lograron incrementar 2.4 veces la producción de tubos y destacan el uso del VSM como herramienta de diagnósticos y que permite identificar los desperdicios del flujo productivo; además, lograron aumentar el indicador OEE 14 puntos porcentuales (66% a 80%). Los autores recomendaron desarrollar adicionalmente la herramienta SMED para reducir los tiempos de montaje y programar un mantenimiento preventivo para reducir los tiempos de mantenimiento correctivo. Finalmente, lograron reducir 6 787 500 pesos colombianos y un retorno de 7.42 veces su inversión.

Antecedentes Nacionales

En el apartado nacional, Grados (2020), Lima – Perú, planteó implementar un sistema OEE en una línea productiva de pisos de madera apoyado de las herramientas SMED y Kaizen, para generar el indicador OEE a partir de la disponibilidad, rendimiento y calidad de la línea productiva. Su investigación fue de tipo aplicada y de diseño cuasiexperimental, empleó las técnicas toma de tiempos, observación directa y análisis documental y sus instrumentos fueron registro de observaciones formatos de fichas técnicas y hojas de cálculo. Sus resultados muestran una mejora de la disponibilidad tras aplicar SMED a la línea productiva y reducir el MTTR 6.62 puntos porcentuales (9.75% a 3.13%); y tras aplicar Kaizen en rendimiento redujo 13.6 puntos porcentuales la pérdida de velocidad y en calidad redujo 7.8 puntos porcentuales los pisos rechazados. Por último, logró aumentar el OEE de 58% a 84%. El autor recomienda realizar SMED a otras líneas de producción e invertir en piezas y equipos de maquinaria para mejorar el rendimiento y la calidad de sus productos.

Aguilar (2019), Pimentel – Perú, aportó con su trabajo de tesis con el objetivo de proponer herramientas lean manufacturing, Mapa de flujo de valor (VSM) y 5 S, para incrementar la productividad del área de producción de una empresa molinera. Su investigación fue de tipo descriptiva y de diseño no experimental, empleó las técnicas: observación, encuesta y análisis documental, y su instrumento fue el cuestionario. El resultado de su trabajo propone trazar y mejorar la producción de sacos 0.03 veces (3.23%) por hora/hombre y la reducción de 46 sacos mensuales de merma en su proceso productivo, generando un beneficio de S/ 12,880.00 y un B/C de 1.83 la inversión en un horizonte de tiempo de 2 meses.

Antecedentes Locales

En cuanto al ámbito local, se encontró el trabajo realizado por Marcos & Luna (2020) en el que plantean determinar el impacto de herramientas lean manufacturing, como el Mapa de flujo de valor (VSM), 5 S, TPM, Kanban y mejora de métodos, para incrementar la productividad de una línea productiva de ladrillos. Su investigación fue de tipo diagnóstica y propositiva, para recolectar los datos utilizaron las técnicas: entrevista, observación de campo y análisis documentario; además emplearon los instrumentos: guías de entrevista y fichas de flujo de procesos. Sus resultados muestran que su propuesta de mejora reduce los costos operativos en un 65%, obteniendo un beneficio económico de S/ 129,55.85; que tras la aplicación del SMED se obtuvo una mejora de productividad de 5% y logró determinar un OEE de 79.6% con la aplicación del TPM. El horizonte de evaluación que plantearon fue de 5 años y su evaluación calcula un Valor actual neto (VAN) de S/ 103,942.87, un TIR del 81% y un B/C de 1.47 la inversión. Los autores finalizan indicando que las herramientas lean manufacturing lograrían mitigar los desperdicios en la línea productiva, además recomiendan aplicar lean manufacturing a empresas productoras o de servicios.

Por último, el trabajo de Lozano et al. (2020) aplicó herramientas lean manufacturing: Mapa de flujo de valor (VSM), Plan de mantenimiento preventivo, balance de líneas y Kardex, para determinar su impacto sobre los costos de una empresa molinera. Los autores lograron diseñar y ensamblar las herramientas para lograr como resultado la mejora del indicador OEE por medio del Plan de mantenimiento preventivo de 61.4% a 70.36%, controlar el 100% de los procesos de la línea productiva mediante la implementación del VSM, reducir el 50% de cuello de botella y aumentar la producción 1.9 veces (de 109 a 209 und/día) por el balance de línea y reducir el stock de MP 26.53 puntos porcentuales (126.53% a 100%) mediante el Kardex. El

horizonte de evaluación planteado fue de 1 año y la evaluación económica determina un Valor actual neto (VAN) de S/ 20,471.77, un TIR del 23% y un B/C de 1.89 la inversión. Los autores recomiendan disponer de la maquinaria faltante propuesta por el balance de línea y mantener un control constante de la línea de producción desde el VSM para asegurar el cálculo de la evaluación.

Bases Teóricas

Se abordó distintas bases teóricas respecto a la variable temática, lean manufacturing, durante el desarrollo de la tesis, como son:

Análisis de sensibilidad

Baca (2010) menciona que es un medio para determinar cuan sensible es un indicador económico en determinadas variables del proyecto. Puede tomar como variables a los costos totales, ingresos, inversión, volumen de producción, tasa y financiamiento, etc.

Estudio de tiempos

Según Niebel (2010) es una técnica de trabajo para registrar tiempos y ritmos de trabajo. sugiere realzar los siguientes pasos: Establecer formatos para registrar la información observada, dividir las operaciones describiendo y registrando el método de trabajo, determinar el tamaño muestral, medir el tiempo del operario para completar cada elemento estudiado, calcular el factor de valorización los %Suplementos, calcular el tiempo estándar.

Indicadores económicos

Es una forma de medir si una organización, unidad, proyecto o persona está logrando sus metas y objetivos estratégicos. Según Baca (2010), los indicadores son consecuencia de acciones que se han tomado en el pasado.

TIR: tasa interna de retorno o rentabilidad que ofrece una inversión.

VAN: Valor actual neto es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión.

B/C: relación costos-beneficio para la toma de decisión -mayor a 1, se considera viable; igual a 1, punto de equilibrio; menor a 1, no se considera viable.

Lean manufacturing

Término anidado por Toyota Production System (TPS) en 1991 con la finalidad de “reducir el esfuerzo humano a la mitad, los defectos a cero, el espacio a la mitad produciendo igual volumen y parte del inventario en proceso” (Womack, Jones y Roos 1990) mediante el uso de una variedad de herramientas como: 5S, Control total de calidad, TPM, Kanban, JIT, Jikoda, Seis sigmas, AMFE, Ciclo Deming, entre otras (Hernández y Vizán, 2013).

Mapa de flujo de valor o VSM

Es un modelo gráfico que representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Hernández y Vizán, (2013) argumenta que es útil para plasmar actividades y detectar desperdicios. Latorre (2015) formula los siguientes pasos para desarrollar el VSM:

Para recopilar información: Determinar el área y establecer los límites, considerar flujo de materiales e información, análisis del proceso aguas arribas, medir tiempos, calcular y representa: el tiempo de ciclo, valor agregado, tiempo de cambio, número de personas tiempo disponible de personal, y plazos de entrega.

Para plasmar se debe dibujar: íconos cliente, proveedor y control, ingreso de OP e inventarios, cajas de datos, flechas de comunicación, flecha push o pull y representar la línea de tiempo.

Se obtendrá los indicadores: tiempo de ciclo (C), tiempo de valor agregado (VA), tiempo de valor no agregado (VNA), tiempo de cambio, tiempo disponible, lead time, tak time.

Plan de mantenimiento preventivo

Es un tipo de mantenimiento identificado en el Mantenimiento productivo total, donde se cuenta con un plan de acciones cuando surge la avería. Según SENATI (2007), algunas acciones a realizar en este tipo de mantenimiento son: engrase, lubricación, cambio de componentes, limpieza, mantenimiento periódico, control actual de la máquina y de la producción, control de fiabilidad, entre otras. Los pasos para desarrollar un mantenimiento preventivo apropiado son: realizar el análisis de criticidad a las máquinas y equipos, determinar requisitos de cada máquina, segmentar problemas bajo la regla 80/20, determinar el tiempo productivo, informar resultados.

Finalmente, se llega al cálculo del indicador OEE (Overall Equipment Efficiency) que es el producto de los indicadores: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. Los indicadores se expresan con las fórmulas:

Disponibilidad, indica el tiempo de máquina en marcha respecto del tiempo total asignado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{Formula 1}$$

Rendimiento: indica la diferencia entre la velocidad real y la velocidad teórica.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de operación neto}}{\text{Tiempo de operación bruto}} \quad \text{Formula 2}$$

Calidad: mide la pérdida originada por la fabricación de piezas defectuosas y mermas.

$$Ralidad = \frac{Tiempo\ válido}{Tiempo\ de\ operación\ neto}$$

Formula 3

Obteniendo el indicador OEE mediante la fórmula:

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

Formula 4

Fernández (2004) aportan con indicadores de fiabilidad de la máquina, lo cual es un aporte de un indicador importante para la evaluación del sistema productivo, se tiene:

MTBF: tiempo medio de falla, es el tiempo promedio que surge una falla.

$$MTBF = \frac{Tiempo\ total\ disponible - Tiempo\ de\ inactividad}{Número\ de\ paradas}$$

Formula 5

MTTR: tiempo promedio por reparación, es el tiempo promedio de inactividad por reparación.

$$MTTR = \frac{Tiempo\ total\ de\ mantenimiento}{Número\ de\ reparaciones}$$

Formula 6

SMED

Hernandez y Vizan (2013) mencionan que es una metodología para reducir los tiempos de calibración o preparación de máquina. Se analizan las etapas del proceso, implementando cambios significativos, su finalidad es eliminar actividades que no generan valor. Básicamente, para desarrollar la herramienta se sigue los siguientes pasos: Determinar proceso a implementar SMED, recolectar información y detallar en hoja de registro, diferenciar actividades internas y externas, recomendar mejoras de la operación, reducir tiempos mediante la mejora continua, estandarizar resultados. Finalmente, el autor concluye indicando que la herramienta mejora la productividad de la línea de producción.

Definición de términos

Capacitación: Formación de capacidades, competencias, nuevos conocimientos y habilidades que recibe el trabajador con la finalidad de aumentar la calidad, eficiencia y productividad de la empresa. (Rubí, 2003)

Check List: Lista secuencial de actividades que se utiliza como instrumento de evaluación para metodizar un trabajo. (Rubí, 2003)

Control: Mecanismo preventivo y correctivo que permite detectar y corregir las desviaciones e ineficiencias de los procesos. (Rubí, 2003)

DAP: Diagrama de análisis de procesos, que incluye distancias, procesos, inspección, operación combinada, retrasos, almacenamientos, entre otros (Rodríguez, 2016).

DOP: Diagrama de operaciones que incluye las actividades de operación, inspección, combinada y tiempos de cada elemento (Niegel & Freivalds, 2014).

Eficiencia: Relación de la producción real entre la capacidad de producción de una línea productiva (Prokopenko, 1989).

Estándar: Señala el potencial de un sistema determinado terminado, el comportamiento en un tiempo determinado y tiene nivel preferencial insustituible (Rodríguez & Gómez, 1991).

Gráfica de control: herramienta para identificar la variación de un proceso por causas especiales (Minitab, 2022).

Materia prima: Materia extraída de la naturaleza con la capacidad de transformarse en materiales para ser utilizados en bienes de consumo. (Fondo Social Europeo, 2011)

Orden de pedido: Formato de requerimiento de producto terminado (Rodríguez & Gómez, 1991).

OEE: Overall Equipment Efficiency, es un indicador de eficiencia de la línea productiva (SENATI, 2007).

Producto terminado: Bien resultante del proceso producción listo para el despacho (Paez, 2022)

Tiempo de ciclo: tiempo en el que un proceso se ejecuta (Niegel & Freivalds, 2014).

Tiempo estándar: Es el tiempo que se requiere para elaborar una unidad de medida de un producto en una estación de trabajo bajo tres condiciones: un operador calificado, a ritmo constante y una sola tarea. (Meyers, 2000)

Trazabilidad: Procedimientos preestablecidos que permiten conocer el histórico, ubicación y trayectoria de un producto o proceso a lo largo de una cadena de suministro (Fondo Social Europeo, 2011)

Justificación

La tesis aporta una justificación teórica y académica por el estímulo de la variable temática: lean manufacturing, cuyos resultados pueden ser tomados en cuenta para ser discutidos en aplicaciones similares, aportando investigación al área de ingeniería industrial. Además, la implementación de las herramientas planteadas logró reducir los costos adjudicados a cada causa especial, obteniendo un beneficio económico respecto a la situación actual. Finalmente, se logró controlar y disponer una trazabilidad de todas las entradas y salidas del sistema productivo gracias a la metodología empleada. Todo reflejado en una sola herramienta.

Objetivos

El trabajo tiene como objetivo *Diseñar una mejora en el sistema de producción para reducir los costos de operación de la línea de producción de hojuelas de quinua* y se planteó tres objetivos específicos para su propósito:

- Realizar un análisis del sistema de producción actual
- Elaborar el diseño de mejora en el sistema de producción
- Evaluar la rentabilidad del diseño de mejora

El tratamiento estadístico inferencial sigue una estimación puntual (Montero, 2007).

Capítulo 2. Metodología

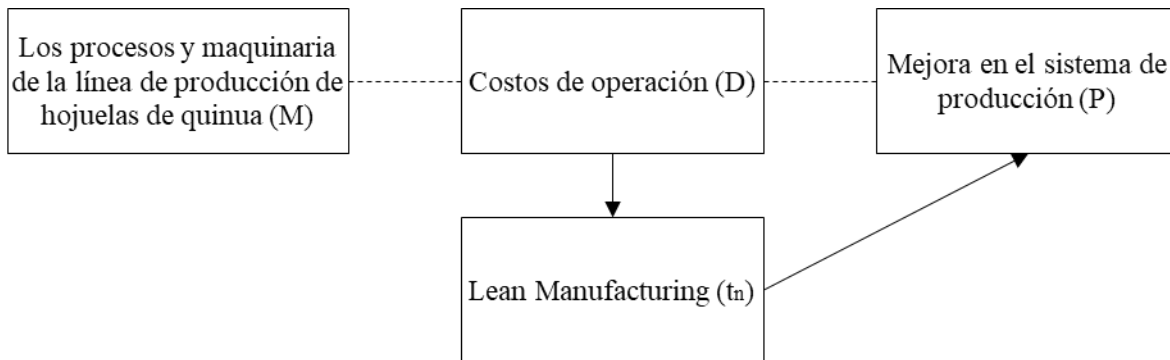
Clasificación de la Investigación

La investigación presentó un enfoque cuantitativo, a nivel propositivo y un diseño descriptivo-propositivo.

Bajo la teoría de Estela (2020), el diseño descriptivo-propositivo de la investigación fue el siguiente:

Figura 3

Diseño descriptivo-propositivo



Nota: M: Muestra, D: Diagnóstico, *tn*: Análisis y fundamentación, P: Propuesta de solución (Estela,2020)

Unidad de Análisis

Las unidades de observación seleccionadas, las que a su vez hacen de población y muestra, son *Los procesos y maquinarias de la línea de producción de hojuelas de quinua*, de los cuales se recolectó información con las técnicas e instrumentos descritos en la Tabla 1.

Tabla 1
Técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumento	Finalidad
Inspección	Check List	Permitió analizar cada proceso de la línea productiva con el uso de un Check list en el que se evaluaron aspectos básicos de la trazabilidad de los procesos
Análisis de procesos	DAP	Permitió observar y analizar todos los elementos del proceso: entradas, salidas, mecanismos y demás, y plasmar la información en el Diagrama de Análisis de Procesos o en el Reporte de paros
Observación directa	DAP	Permitió observar el comportamiento directamente de las unidades de análisis
Análisis documentario	Reporte de paros	Permitió realizar búsquedas retrospectivas de periodos anteriores, trasladando la información recolectada a una ficha de registro (Reporte de paros)

Nota: Los instrumentos de la investigación se encuentran en su formato natural en el Anexo 01.

Asimismo, se consideró técnicas, instrumentos y herramientas para el desarrollo de los objetivos específicos.

Tabla 2
Técnicas, instrumentos y herramientas de la investigación

COD	Objetivo Específico	Técnica	Instrumento de medición	Instrumento de análisis	Herramientas
OE-1	Realizar un análisis del sistema de producción actual	Inspección, Análisis documentario, Análisis de procesos, Observación directa,	Check List, DAP, Reporte de paros	SPSS, Minitab, Ms Excel	Gráfica de control, SMED
OE-2	Elaborar el diseño de mejora en el sistema de producción	Lean Manufacturing	—————	Ms Excel	Estudio de tiempos, VSM, Programa Mantenimiento Preventivo, Instructivos de mantenimiento
OE-3	Evaluar la rentabilidad del diseño de mejora	Evaluación económica	Flujo de caja, Indicadores económicos	Ms Excel	Estado de resultados

Métodos

Se consolida los elementos de la investigación con la construcción de la matriz de operacionalización en la Figura 4 y se valora el grado de coherencia y conexión lógica con la matriz de consistencia (Córdova et al., 2018) en la Figura 5.

Figura 4

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
SISTEMA DE PRODUCCIÓN	Conjunto estructurado del proceso productivo capaz de conectar entradas, salidas, proceso y flujos de información con los requerimientos del cliente (Carro y Gonzales, 2012)	Procedimientos industrializados que permiten la transformación de la materia prima	Organización y control	% Evaluación de Procesos controlados $\left(\frac{\text{Ítems Cumple}}{\text{Ítems totales}}\right) \times 100\%$
			Organización y control	% Procesos con tiempos estándares $\frac{N^{\circ} \text{ Procesos con tiempos estándares}}{\text{Total de procesos}} \times 100\%$
			Eficiencia	% Máquinas con Plan de Mantenimiento Preventivo $\frac{N^{\circ} \text{ máquinas con P. M. P.}}{\text{Total de máquinas}} \times 100\%$
			Eficiencia	% Máquinas con Instructivos de mantenimiento $\frac{N^{\circ} \text{ máquinas con I. M.}}{\text{Total máquinas}} \times 100\%$
COSTOS DE OPERACIÓN	Los costos de operación o costos de producción son los que requieren para ejecutar un proyecto o dar marcha una línea de producción (Zugarramurdi, 1998)	Costos generados por la operación del proceso productivo	Económica	Costos operativos $(\text{Costo de producción unitario} \times \text{Déficit de producción}) + \text{Costo atribuido}$
				%Reducción de costos $\frac{(\text{Costos Final} - \text{Costo Inicial})}{\text{Costo Final}} \times 100\%$

Figura 5
Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
FORMULACIÓN PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
¿Cómo debe ser la mejora en el sistema producción para reducir los costos de operación de la línea de producción de hojuelas de quinua?	1. General	Variable independiente:	Tipo de investigación: <i>Propositiva</i> Diseño de investigación: <i>Descriptiva-Propositiva</i> Técnica: <i>Inspección, Observación, Análisis de procesos, Análisis documental</i> Instrumento Check List, DAP, Formato Reporte de paros	Población
	Diseñar una mejora en el sistema de producción para reducir los costos de operación de la línea de producción de hojuelas de quinua	Sistema de producción		Es la agrupación de sujetos, de quienes se quiere conocer cierta información correspondiente al fenómeno que se está estudiando (Hueso y Cascant, 2012) <i>Todos los procesos y maquinaria de la línea de producción de hojuelas de quinua</i>
	2. Específicos	Variable dependiente:		Muestra
	<ul style="list-style-type: none"> · Realizar un análisis del sistema de producción actual · Elaborar el diseño de mejora en el sistema de producción · Evaluar la rentabilidad del diseño de mejora 	Costos de operación		Parte representativa de la población elegida para el estudio, fiando que la información obtenida en la muestra dé una idea de la población en su conjunto (Hueso y Cascant, 2012) <i>Los procesos y maquinaria de la línea de producción de hojuelas de quinua</i>

Procedimiento

El procedimiento de la investigación consta de tres niveles en paralelo a los objetivos específicos y se representó en el diagrama de flujo del diseño de mejora (Anexo 02). Asimismo, se elaboró el Cronograma de actividades (Anexo 00) planteando las actividades desarrolladas durante el análisis, procedimiento y control.

Nivel 1: Objetivo específico 1

Se realizó un análisis del sistema de producción actual iniciando con la aplicación de la herramienta Diagrama de Ishikawa (Anexo 03) para determinar las causas raíz de los problemas identificados en la realidad problemática. La Tabla 3 descarga los resultados obtenidos.

Tabla 3
Resultados Causa y Efecto

Rama	CR-X	Causa raíz	Problema ocasionado
Métodos	CR-01	No existe control de producción	No se cumple con las órdenes de pedido
	CR-02	Actividades innecesarias en el proceso de Envasado	Tiempos muertos en el proceso de Envasado
Maquinaria	CR-03	No hay mantenimiento programado	Elevados fallos de máquina
	CR-04	Faltan instructivos de mantenimiento	Elevados tiempos de reparación

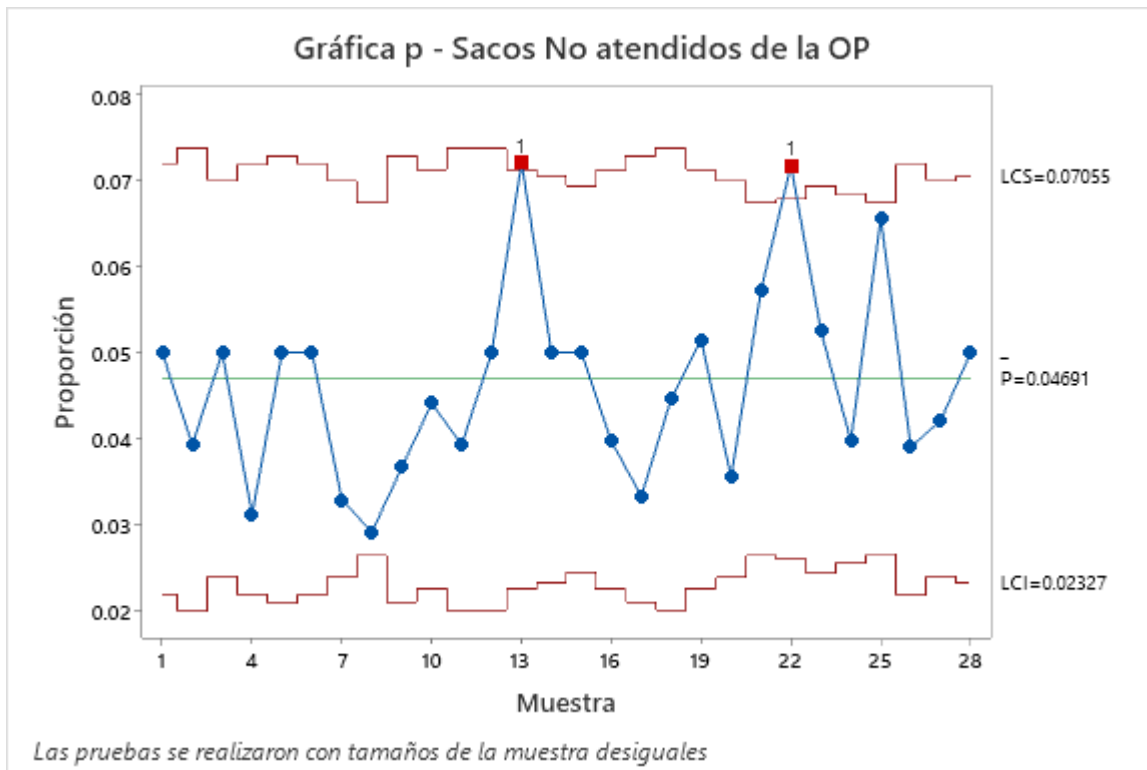
Fuente: Empresa molinera (2021)

Posteriormente, se recolectó y analizó la información con las técnicas e instrumentos de la investigación (Tabla 2); además, se empleó el software estadístico SPSS para el análisis descriptivo y Minitab para las gráficas de control. Los hallazgos que determinan la situación actual del sistema de producción son los siguientes:

CR-01: No existe control de producción. Una primera radiografía a la empresa fue representar la variabilidad del cumplimiento de las órdenes de pedido en el periodo 2021 por medio de gráficas de control (Figura 6). Se utilizó la *carta p* porque la unidad de medida es entera (saco), la producción es en serie y en cantidades no constantes (órdenes de pedido) y las unidades no atendidas son tomadas como defectuosos (Sacos no atendidos).

De ello se analizó 2 causas especiales en las muestras 13 y 22, generando una variabilidad del proceso que comprometió el control estadístico y repercutió económicamente con el pago de penalidades. Se dedujo que: a) la OP fue de mayor volumen y b) el personal a cargo del proceso era principiante. La empresa confirmó las causas atribuibles aludiendo que para esos periodos contrataron un proveedor de mano de obra distinto.

Figura 6
Gráfica p - Sacos no atendidos



Fuente: Anexo 09

La falta de control y la nula trazabilidad de los procesos fue sugerente para aplicar el instrumento Check List (Anexo 01) a todos los procesos del sistema productivo (Tabla 4). El instrumento considera aspectos básicos para la trazabilidad de los procesos e indicadores esenciales para el control de producción. La construcción de los ítems está basada en la metodología lean manufacturing que fue referenciada en el marco teórico.

Tabla 4
Procesos del sistema productivo

Proceso	Estado
Descarga	<i>Sin trazabilidad</i>
Despedrado	<i>Sin trazabilidad</i>
Tamizado	<i>Sin trazabilidad</i>
Inspección	<i>Sin trazabilidad</i>
Escarificado	<i>Sin trazabilidad</i>
Secado	<i>Sin trazabilidad</i>
Laminado	<i>Sin trazabilidad</i>
Tostado	<i>Sin trazabilidad</i>
Envasado	<i>Sin trazabilidad</i>
Almacenado	<i>Sin trazabilidad</i>

Fuente: Empresa molinera 2021

La información recolectada se ingresó al software SPSS para realizar un análisis estadístico descriptivo a modo de frecuencia. Los resultados indican que ningún proceso cumple con la evaluación de Proceso controlado y cada proceso recibe la categorización de NO CUMPLE (ver Anexo 08). Sobre la validez del instrumento, los coeficientes de alfa de Cronbach oscilan entre 0,7 y 0,95, infiriendo que el instrumento tiene una fiabilidad adecuada (Barrios y Cosculluela, 2013). La Figura 7 representa el Check List del proceso Laminado.

Figura 7
Check List del proceso Laminado

CHECK LIST DE PROCESOS CONTROLADOS

Fecha de inspección: 12/04,

Inspector: Ing. Eduardo Vega
 Línea de producción: Hojuelas de quinua
 Método: **Presente** Remoto
 Proceso: Laminado

Numeral	Aspecto a evaluar	Cumple	No cumple	Observación
1	Descripción			
1.1	El proceso está documentado		X	
1.2	Cuenta con procedimientos documentados	X		
2	Se conoce...			
2.1	El tiempo estándar		X	
2.2	El tiempo de ciclo		X	
2.3	La unidad de procesamiento		X	
2.4	El % merma		X	
2.5	El Tack time		X	
3	El proceso...			
3.1	Se sigue		X	
3.2	Se mide		X	
3.3	Se analiza		X	
3.4	Se registra	X		
4	Representación			
4.1	Existe una representación gráfica en el si		X	

Notas:

CONFORMIDAD

Nombre: _____ Firma _____

Fuente: Procesos del sistema productivo de empresa molinera (2021)

El cálculo del costo de la causa raíz parte de los términos contractuales incumplidos cuando la OP se retrasa. La cláusula que produce el costo menciona que se paga una penalidad de 1.5% del monto total del contrato por cada día de retraso. Según los registros de la empresa durante el año 2021 (Anexo 09), hubo 28 OP que fueron afectos al pago de dicha penalidad. El producto terminado comprometido durante el periodo 2021 asciende a 57 toneladas, con un costo asignado por penalidad de S/ 464,460.78. El costo operativo se calcula multiplicando el Costo de producción unitario (0.68 soles por kg) por el Déficit de producción de las órdenes de pedido y

adicionando el Costo atribuido por las penalidades. El promedio mensual registrado por el costo de la CR-01 es de S/ 41,912.33 (ver Tabla 5).

Tabla 5
Costo operativo de la CR-01

Detalle	2021
C.P.U.	S/ 0.68
Déficit de producción (kg)	57000
Costo atribuido	S/ 464,460.78
Costo operativo al año	S/ 502,947.93
<i>Costo operativo al mes</i>	<i>S/ 41,912.33</i>

Nota: C.P.U.: Costo de Producción Unitario

Fuente: Anexo 09

CR-02: Actividades innecesarias en el proceso de Envasado. El desarrollo de los instrumentos ha podido dar cuenta de actividades que no aportan valor al proceso de Envasado. Se representó gráficamente las operaciones del proceso Envasado en el formato del instrumento Diagrama de Análisis de Procesos – DAP (Anexo 04).

Figura 8
Resumen DAP – Envasado

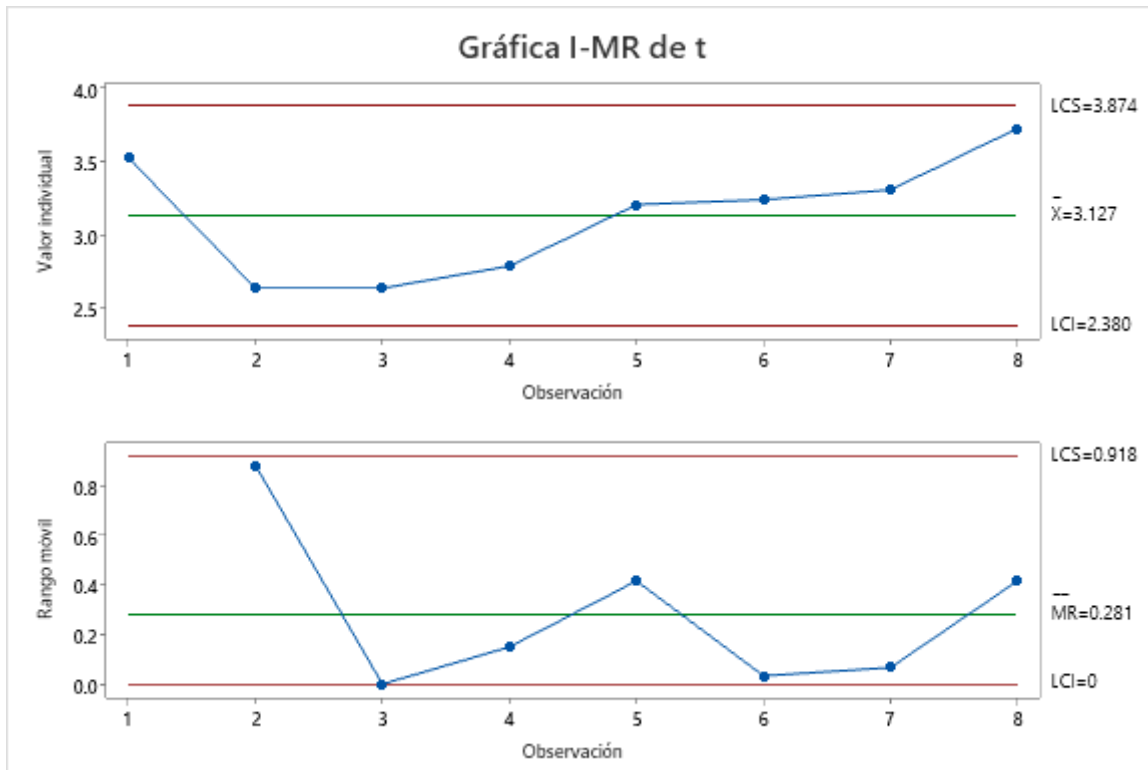
RESUMEN		
Evento	Cantidad	Producción
Operación	8	$\text{Sacos envasados} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo de ciclo}}$ t Disponible (min): 900 t ciclo: 3.20 Sacos Envasados: 281
Transporte	1	
Combinada	3	
Inspección	2	
Retraso	7	
Almacenamiento	0	
t ciclo (seg):	192	
t ciclo (min):	3.20	

Fuente: Anexo 04

Además, se tomó muestras de las observaciones (Anexo 12) y se realizó una gráfica de control con la carta I-MR debido a que son datos no recolectados en subgrupos y que solo se recolecta una observación a la vez.

La característica evaluada es el tiempo de Envasado, los datos son de tipo Variable y se tomaron 8 muestras. El gráfico de individuales (X) muestra que el proceso se encuentra bajo control estadístico y es estable, sin embargo, la última muestra tiene una variación cercana al límite de control por lo que se recomendó analizarla. Tras ello, se resolvió que la muestra fue ejecutada por personal inexperto que realizaba acciones innecesarias. En cuanto a la gráfica de rangos móviles (MR) muestra una dispersión cercana a los límites de control.

Figura 9
Gráfica I-MR observaciones del proceso de Envasado



Fuente: Anexo 09

Se empleó el formato de la herramienta SMED (Anexo 05) y se logró detectar y clasificar las actividades/tareas que se realizan durante el proceso de Envasado, otorgando una clasificación de *Interno* (actividades indispensables para el desarrollo proceso), de *Externo* (actividades que no aporta valor, pero es conveniente para el desarrollo normal del proceso) y de *Innecesario* (actividades que no tienen nada que ver con el proceso).

Posteriormente, se generó un estadístico descriptivo de la situación actual con el software SPSS. La Tabla 6 detalla los resultados obtenidos.

Tabla 6
Estadístico descriptivo Actual

Actividad	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Transporte	8	0.13	0.25	0.20	0.04
Llenado	8	0.32	0.42	0.36	0.03
Pesado	8	0.58	1.05	0.86	0.16
Cocido	8	1.28	2.05	1.70	0.31
N válido (por lista)	8				

Fuente: Empresa molinera (2021)

Se detectó la oportunidad de mejora y se aplicó la herramienta SMED (Anexo 06) siguiendo los pasos sugeridos por Hernandez y Vizán (2013):

- 1. Análisis Detallado del Proceso.** El proceso de análisis requirió un estudio detallado de las tareas a realizarse durante el desarrollo de las Etapas (Actividades). Con el uso de los métodos Estudio de tiempos, Observación y Análisis de movimientos, se detalló las actividades observadas y entendidas por cronómetro para su posterior tratamiento. Para un mejor entendimiento y trazabilidad del tratamiento de datos, se asignó códigos de referencia a las Etapas y Tareas. Ver Figura 10

Figura 10
Detalle de tareas del proceso de Envasado

ETAPA		TAREA		TIEMPO (seg)
COD	Detalle	COD	Detalle	seg
E01	Transporte	T01	Transporte de hojuegas tostadas	7.00
		T02	Descarga de hojueas tostadas a contenedor de	3.00
E02	Llenado	T01	Sacar 1 saco del contenedor de sacos	5.00
		T02	Acomodar el saco para su llenado	3.00
		T03	Llenar el saco con la pala de aluminio	14.00
E03	Pesado	T01	Colocar el saco en la balanza	7.00
		T02	Corroborar peso	13.00
		T03	Corregir peso (agregar o quitar hojuelas tos	23.00
		T04	Retirar y mover saco de la balanza	7.00
E04	Cocido	T01	Acomodar el saco para su cocido	35.00
		T02	Cocer saco desde un extremo al otro	60.00
		T03	Cortar el hilo	5.00
		T04	Verificar cocido	10.00

Fuente: Anexo 06

- 2. Separar Tareas Internas, Externas e Innecesarias.** Inicialmente, se consideró todas las tareas como categoría Interno. Tras el análisis previo en el Paso 1, se determinó en el campo Observaciones del formato de trabajo las tareas que No aportan valor para luego ser convertidas en tareas Externo y/o Innecesario.

Figura 11
Análisis inicial del proceso de Envasado

SMED									
ETAPA		TAREA		TIEMPO	CATEGORIA			TIEMPO TOTAL	OBSERVACIONES
COD	Detalle	COD	Detalle	seg	INTERNO	EXTERNO	INNCESSARIO		
E01	Transporte	T01	Transporte de hojuegas tostadas	7.00		X		192	No aporta valor
		T02	Descarga de hojueas tostadas a contenedor de	3.00		X			No aporta valor
E02	Llenado	T01	Sacar 1 saco del contenedor de sacos	5.00		X			No aporta valor
		T02	Acomodar el saco para su llenado	3.00		X			No aporta valor
		T03	Llenar el saco con la pala de aluminio	14.00	X				No aporta valor
E03	Pesado	T01	Colocar el saco en la balanza	7.00			X		No aporta valor
		T02	Corroborar peso	13.00	X				No aporta valor
		T03	Corregir peso (agregar o quitar hojuelas tos	23.00	X				No aporta valor
		T04	Retirar y mover saco de la balanza	7.00			X		No aporta valor
E04	Cocido	T01	Acomodar el saco para su cocido	35.00		X			No aporta valor
		T02	Cocer saco desde un extremo al otro	60.00	X				No aporta valor
		T03	Cortar el hilo	5.00		X			No aporta valor
		T04	Verificar cocido	10.00	X				No aporta valor

Fuente: Anexo 06

- 3. Convertir Tareas Internas a Externas.** Tras el análisis de tiempos y movimientos se llegó a la conclusión de que existen tareas efectuadas por los operarios dentro de

las etapas E01; E02; E03 y E04 que no agregan valor al proceso. Estas tareas no pueden ser eliminadas porque son convenientes para el desarrollo normal del proceso, sin embargo, pueden ser realizadas de manera externa con la finalidad de reducir el tiempo de cada etapa en el proceso de Envasado. Por esta razón, se asignó las tareas Externas a personal con mayor tiempo disponible dentro del área de producción, como es el personal de Descarga y Envasado. Se detectaron tareas Innecearias, por lo que se descartaron como parte de la etapa E03, asignándolas a E02-T02, ya que su labor puede ser modificada de tal modo que el saco se coloque desde el inicio de E02-T02. Se hizo el cambio de categoría de cada tarea con observación y se describió la decisión tomada para la conversión.

Figura 12
Traslado de tareas Internas a Externas

SMED									
ETAPA		TAREA		TIEMPO	CATEGORIA			TIEMPO	OBSERVACIONES
COD	Detalle	COD	Detalle	seg	INT	EXT	INN	TOTAL	
E01	Transporte	T01	Transporte de hojuegas tostadas	7.00	-----> X				Tarea asignada a personal "Descarga"
		T02	Descarga de hojueas tostadas a contenedor del área	3.00	-----> X				Tarea asignada a personal "Descarga"
E02	Llenado	T01	Sacar 1 saco del contenedor de sacos	5.00	-----> X				Tarea asignada a personal "Almacenado"
		T02	Acomodar el saco para su llenado	3.00	-----> X				Tarea asignada a personal "Almacenado"
		T03	Llenar el saco con la pala de aluminio	14.00	X				
E03	Pesado	T01	Colocar el saco en la balanza	7.00	-----> X				Tarea descartada, el saco debe estar en la balanza desde "E02-T02" con la balanza tomada a calibrada
		T02	Corroborar peso	13.00	X				
		T03	Corregir peso (agregar o quitar hojuelas tostadas)	23.00	X				
		T04	Retirar y mover saco de la balanza	7.00	-----> X				Tarea descartada por inexistencia de E03-T01
E04	Cocido	T01	Acomodar el saco para su cocido	35.00	-----> X				Tarea asignada a personal "Almacenado"
		T02	Cocer saco desde un extremo al otro	60.00	X				
		T03	Cortar el hilo	5.00	-----> X				Tarea asignada a personal "Almacenado"
		T04	Verificar cocido	10.00	X				

Fuente: Anexo 06

4. Perfeccionar Tareas. Se realizó las modificaciones sugeridas en el Paso 3,

suprimiendo etapas y tareas que no generaban valor en el proceso de Envasado. La etapa E01 fue suprimida ya que contaba con tareas que fueron asignadas al personal de otra área, así como las tareas que contenía; además, se suprimió tareas de E02 y E03. A continuación se muestra el perfeccionamiento de las etapas con la reducción de tareas Externas e Innecesarias y finalmente un recálculo del tiempo.

Figura 13
Replanteo del proceso de Envasado

SMED									
ETAPA		TAREA		TIEMPO	CATEGORIA			TIEMPO TOTAL	OBSERVACIONES
COD	Detalle	COD	Detalle	seg	INTERNO	EXTERNO	INNCSAR IO		
E01	Llenado	T01	Llenar el saco con la pala de alu	14.00	X			120.00	
E02	Pesado	T01	Corroborar peso	13.00	X				
		T02	Corregir peso (agregar o quitar h	23.00	X				
E03	Cocido	T01	Cocer saco desde un extremo al ot	60.00	X				
		T02	Verificar cocido	10.00	X				

Fuente: Anexo 06

5. Estandarizar. Como paso final, se procedió a estandarizar el cálculo efectuado tras la aplicación de SMED, por lo que el nuevo tiempo del proceso de Envasado es de 120 segundos o 2 minutos. Finalmente, se realizó un análisis del estadístico descriptivo en SPSS (Tabla 7).

Tabla 7
Estadístico descriptivo post SMED

Actividad	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Transporte	8	0.00	0.00	0.00	0.00
Llenado	8	0.18	0.37	0.28	0.07
Pesado	8	0.32	0.53	0.43	0.08
Cocido	8	1.00	1.33	1.20	0.14
N válido (por lista)	8				







Nota: Valores en minutos. Fuente: Software SPSS

Se aprovisionó de la media de cada actividad del proceso para elaborar el nuevo DAP – Envasado (Anexo 07) el cual tiene un nuevo tiempo de ciclo de 1.91 minutos.

Figura 14
Nuevo DAP del proceso de Envasado

Fecha: 15/04/2022
Ubicación: Parque industrial de Moche

Operador / Analista: Eduardo Vega		Análisis de actividades del proceso de Envasado		RESUMEN		REVISADO POR	
Actividad:		Evento	Cantidad	Producción		Nombre:	
Información del proceso		Operación	2	Sacos envasados = $\frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo de ciclo}}$		Nombre: Fecha:	
Sistema de producción: Manual emi automático Automático		Transporte	0				
Tipo: Trabajador Material Máquina		Combinada	1				
Comentarios: Actividades para envasar 1 saco de 25 kg		Inspección	2	t Disponible (min): 900 t ciclo: 1.90 Sacos Envasados: 473		Firma	
Tipo de actividad: I : Interna E: Externa IN: Inecesaria		Retraso	0				
		Almacenamiento	0				
		t ciclo (seg)	114				
		t ciclo (min)	1.90				

PROCESO	OPERACIÓN	ACTIVIDAD							TIEMPO POR ACTIVIDAD	TIEMPO POR PROCESO	OBSERVACIONES
ENVASADO	Llenado de sacos	Llenar el saco con la pala de aluminio	X						16		
	Pesado	Corroborar peso Corregir peso (agregar o quitar hojuelas tostadas)			X		X		16		
	Cocido	Cocer saco desde un extremo al otro. Verificar cocido	X						62	18	

Fuente: Anexo 06

Frente a ello, se realizó una comparativa de la capacidad productiva del proceso (Tabla 8) antes y después de la aplicación de la herramienta SMED.

Tabla 8
Sacos envasados al mes, antes y después del SMED

Detalle	t actual	t SMED
Días laborables:	26	26
Horas laborables:	15	15
t Disponible (min):	23400.00	23400.00
t ciclo (min):	3.13	1.91
Sacos envasados	7483	12275

Fuente: Anexo 07

Nota: Proyección mensual

Finalmente, el costo operativo se calcula multiplicando el Costo de producción unitario (0.68 soles por kg) por el Déficit de producción de envasado más el Costo atribuido. El promedio mensual registrado por el costo de la CR-02 es de S/ 43,146.12 (ver Tabla 9).

Tabla 9

Costo operativo de la CR-02

Detalle	2021	
C.P.U.	S/	0.68
Déficit de producción (kg)		63900
Costo atribuido	S/	0.00
Costo operativo al año	S/	517,753.44
<i>Costo operativo al mes</i>	<i>S/</i>	<i>43,146.12</i>

Fuente: Tabla 8

CR-03: No hay mantenimiento programado. Durante el periodo 2021, la empresa contrató personal técnico para labores de mantenimiento correctivo en muchas oportunidades. Los datos fueron suministrados por el instrumento Reporte de paros (Anexo 01) detectándose una frecuencia elevada de mantenimientos correctivos. Ver Tabla 10

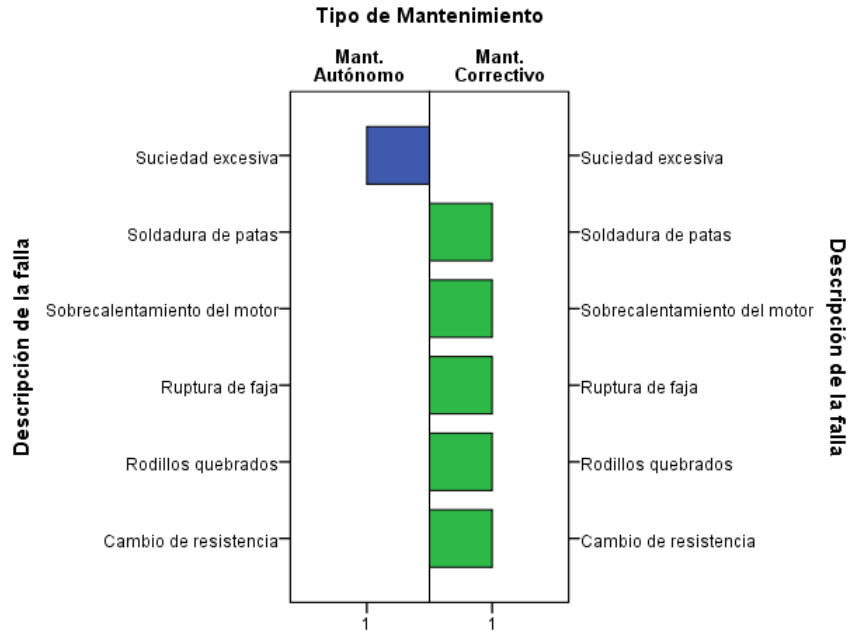
Tabla 10

Costo de los mantenimientos

Máquina	Número de fallas	Costo	
Seleccionador de zarandas	7	S/	177.50
Despedradora	7	S/	480.00
Escarificadora	1	S/	104.00
Secadora de cámara	3	S/	750.00
Laminadora	18	S/	1,245.00
Tostadora	5	S/	435.00
Cosedora industrial	8	S/	49.00

Fuente: Anexo 11

Figura 15
Tipos de mantenimiento presentado



Fuente: Anexo 10

Se generó el indicador de mantenimiento MTBF (Fórmula 5) que describe la situación actual de la máquina Laminadora (Figura 16) de lo que se interpreta que cada 18.56 horas es posible que se presente una falla.

Figura 16
MTBF máquina Laminadora

<i>Situación actual</i>		
<i>t</i> Total del trabajo (h):	390	MTBF actual 18.56
<i>t</i> de para (h)	56	
Nro de fallas	18	

Fuente: Tabla 6

El costo operativo se calcula multiplicando el Costo de producción unitario (0.68 soles por kg) por el Déficit de producción más el Costo atribuido (costo de mantenimientos correctivos). El promedio mensual registrado por el costo de la CR-03 es de S/ 3,240.50.

Tabla 11
Costo operativo de la CR-03


Detalle		2021
C.P.U.	S/	0.68
Déficit de producción (kg)		0.00
Costo atribuido	S/	38,886.00
Costo operativo al año	S/	38,886.00
<i>Costo operativo al mes</i>	<i>S/</i>	<i>3,240.50</i>

Fuente: Tabla 10

CR-4: Faltan instructivos de mantenimiento. La falta de disponibilidad de la maquinaria compromete la productividad de la línea productiva, los detalles de las fallas son perfectamente predecibles si se analiza el historial de cada una. Se empleó la técnica análisis documentario y el instrumento Reporte de paros (Anexo 01) para acopiar la información que generó el registro de paros de cada máquina de la empresa (Anexo 10).

Figura 17

Reporte de paros – Laminadora

REPORTE DE PAROS - DICIEMBRE				
Máquina:	Laminadora de rodillo LAM-001 / LAM-002		Código:	RP-LAM-003
Elaborado por:	Ing. Eduardo Vega			
Cant.	Detalle de la falla	Tiempo De parada (hr)	Observación	Imagen de la maquina
4	Sobrecalentamiento del motor	16	Mant. Correctivo	
4	Ruptura de faja	6.5	Mant. Correctivo	
1	Cambio de resistencia	5.5	Mant. Correctivo	
6	Suciedad excesiva	6	Mant. Autónomo	
0	Ruptura de la tolva	0		
0	Calibración de rodillos	0		
1	Soldadura de patas	16	Mant. Correctivo	
0	Refuerzo de soporte	0		
0	Soldadura laterales	0		
2	Rodillos quebrados	6	Mant. Correctivo	
0	Problemas eléctricos	0		
Total de horas de parada (mes)		56		
Numero total de fallas		18		

Revisado por

Nombre: _____

Fecha: _____

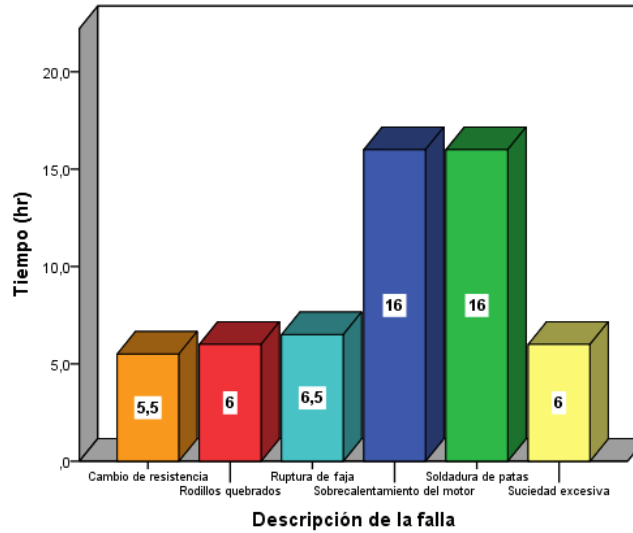
Firma

Fuente: Anexo 10

La Figura 18 presenta la descripción de la falla y el tiempo no disponible por cada causa.

Figura 18

Fallas de máquinas



Fuente: Anexo 10

El análisis del instrumento sugiere que las labores efectuadas no son complejas y pueden ser ejecutadas por personal de la empresa con soporte de instructivos de mantenimiento.

También se identificó el indicador de mantenimiento MTTR (Fórmula 6) que describe el tiempo empleado por reparación en cada máquina.

Figura 19

MTTR actual de la máquina Laminadora

<i>Situación actual</i>		
<i>t</i> Total del trabajo (h):	56.00	MTTR Actual 3.11
Nro de fallas	18	

Fuente: Anexo 10

La Tabla 12 muestra el tiempo de para en horas de la maquinaria comprometida

Tabla 12

Horas de para al mes

Máquina	horas
Seleccionador de zarandas	12.38
Despedradora	9.50
Escarificadora	3.00
Secadora de cámara	7.00
Laminadora	56.00
Tostadora	6.50
Máquina de coser	3.10
Balanza	3.25
<i>Total</i>	<i>100.73</i>

Fuente: Anexo 10

El costo operativo se calcula multiplicando el Costo de producción unitario (0.68 soles por kg) por el Déficit de producción (tiempo no disponible por la producción mínima teórica, 108 kg/hora) más el Costo atribuido. El promedio mensual registrado por el costo de la CR-04 es de S/ 7,345.17 (ver Tabla 11).

Tabla 13

Costo operativo de la CR-04

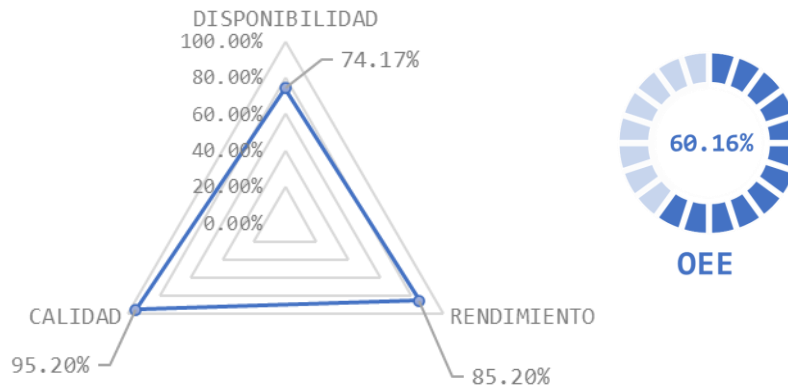
Detalle	2021	
C.P.U.	S/	0.68
Déficit de producción (kg)		130539.60
Costo atribuido	S/	-
Costo operativo al año	S/	88,142.05
<i>Costo operativo al mes</i>	<i>S/</i>	<i>7,345.17</i>

Fuente: Tabla 12

Para finalizar, del análisis de la CR-03 y la CR-04, surge el indicador de mantenimiento OEE que es el producto de tres indicadores: *Disponibilidad, Rendimiento y Calidad*.

La evaluación arroja como resultado un OEE actual de 60.16%, considerado como *Inaceptable* y con importantes pérdidas económicas y baja competitividad (Hernández y Vizán, 2013). La Figura 20 representa el nivel de cumplimiento de cada factor que compone al OEE.

Figura 20
OEE Actual de la línea productiva



Fuente: Anexo 10

Nivel 2: Objetivo específico 2

En este nivel, se elaboró el diseño de mejora del sistema de producción; el diseño se realizó bajo la variable temática: Lean Manufacturing. Las herramientas empleadas (Tabla 2) sugirieron información que es resultado de otras de apoyo, la cual a su vez se proveen del análisis de información de instrumentos y herramientas del Nivel 1. Es importante seguir una secuencialidad del diseño de mejora ya que cada herramienta necesita de otra para su correcto desempeño.

El diseño de la mejora inició con el desarrollo de la herramienta SMED (Anexo 06) para el proceso de Envasado. La herramienta sugirió el cambio de categoría de actividades que no

agregan valor al proceso. Tras ello, se obtuvo un nuevo valor del tiempo de ciclo, por lo que se deduce un aumento en la cantidad de sacos envasados (Tabla 7).

Posteriormente, se prevé el diseño del VSM (Mapa de flujo de valor) sin embargo, esta herramienta de control requiere de información sólida, por lo que se desarrolló un Estudio de tiempos (Anexo 12) anticipadamente.

De manera inicial, se determinó el tamaño muestral con el método estadístico OIT, resolviendo que fue necesario recolectar 8 muestras.

Figura 21
Determinación del tamaño muestral

Método estadístico (OIT)

NIVEL DE CONFIANZA DEL 95,45% Y UN MÁRGEN DE ERROR DE ± 5%

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Siendo:

n = Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones)

n' = Número de observaciones del estudio preliminar

Σ = Suma de los valores

x = Valor de las observaciones.

n	x	x ²
1	10.80	116.64
2	11.60	134.56
3	10.77	115.92
4	11.88	141.21
5	11.37	129.20
	56.42	637.54

n	?
n'	5

Resolviendo

n **2.432488453**

Fuente: Anexo 12

Luego se recolectó la muestra con las 8 observaciones y toma de tiempos.

Figura 22

Observación inicial

N° de observación	Descarga de MP	Despedrado	Tamizado	Inspección	Escarificado	Secado	Laminado	Tostado	Envasado	Almacenado
0	15.00	411.00	360.00	10.00	360.00	426.00	1268.00	525.00	180.00	45.00
1	29.00	405.00	368.00	11.00	374.00	418.00	1344.00	521.00	211.00	47.00
2	20.00	400.00	362.00	13.00	377.00	437.00	1256.00	536.00	158.00	55.00
3	18.00	410.00	355.00	20.00	346.00	420.00	1255.00	556.00	158.00	55.00
4	17.00	419.00	369.00	5.00	386.00	448.00	1277.00	524.00	167.00	53.00
5	17.00	437.00	374.00	10.00	357.00	459.00	1309.00	527.00	192.00	57.00
6	19.00	446.00	349.00	18.00	387.00	446.00	1276.00	551.00	194.00	38.00
7	17.00	400.00	366.00	18.00	336.00	433.00	1282.00	532.00	198.00	56.00
8	13.00	436.00	364.00	13.00	338.00	446.00	1346.00	552.00	223.00	64.00

Fuente: Anexo 12

Durante la construcción de la herramienta, se consideró factores de valorización y % de suplemento, generando los tiempos estándares de cada proceso.

Figura 23

Resumen de tiempos estándares

	Descarga de MP	Despedrado	Tamizado	Inspección	Escarificado	Secado	Laminado	Tostado	Envasado	Almacenado
Núm. de observ. (n)	8									
Factor de valoración (FV)	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
Tiempo neto promedio (TN)	17.90	400.05	346.84	12.89	346.13	418.43	1234.29	512.92	179.09	50.71
% de suplementos	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%	19%
Tiempo estandar (min)	0.39	8.81	7.64	0.28	7.62	9.21	27.17	11.29	3.94	1.12

Fuente: Anexo 12

Finalmente, se propuso un diagrama de operaciones mejorado en base a los nuevos tiempos estándares. En la Figura 24 se visualiza el diseño del DOP Mejorado.

Figura 24
DOP con tiempos estándares

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Empresa procesadora de granos Producto: Hojuelas de qui
Ciudad: Trujillo Fecha: 1/05/2022

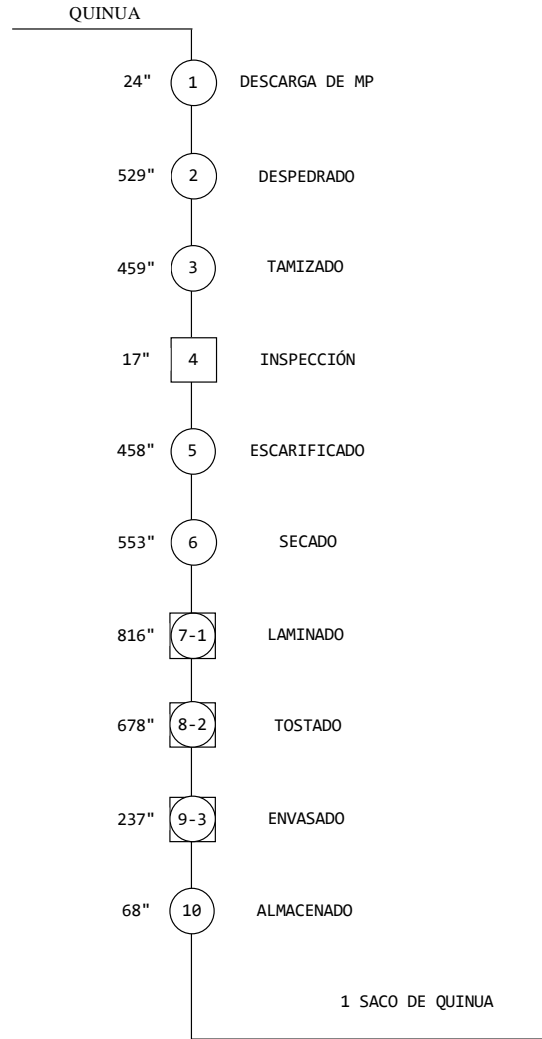


TABLA RESUMEN			
DETALLE	NÚMERO	TIEMPO (seg)	TIEMPO (min)
OPERACIÓN	6	2091	34.79
INSPECCIÓN	1	17	0.28
OPERACIÓN-INSPECCIÓN	3	1731	28.81
TOTAL	10	3839	63.88

Fuente: Figura 23

Acto seguido, el VSM requirió de información del %Merma generado en cada proceso, con la finalidad de dar trazabilidad al rendimiento de la materia prima en cada estación de trabajo.

Se elaboró la herramienta Balance de materia (Anexo 13) y los resultados se exponen en la Tabla 14

Tabla 14
Mermas por proceso

	Entrada	Salida	Merma		Σ
Descarga de MP	1	1	0	0.00%	0.00%
Despedrado	1	0.997	0.003	0.30%	6.25%
Tamizado	0.997	0.996	0.001	0.10%	2.08%
Escarificado	0.996	0.996	0	0.00%	0.00%
Secado	0.996	0.988	0.008	0.80%	16.67%
Laminado	0.988	0.968	0.02	2.00%	41.67%
Tostado	0.968	0.967	0.001	0.10%	2.08%
Envasado	0.967	0.952	0.015	1.50%	31.25%
Almacenado	0.952	0.952	0	0.00%	0.00%
Total			0.048	4.80%	100.00%

Fuente: Anexo 13

Además, se desarrolló un Balance de línea (Anexo 14) para calcular la Producción mínima teórica (PMT) de la línea de producción.

Figura 25
Resumen Balance de línea

Producción

$$TM \text{ (Mínimo teórico)} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{ciclo de producción}} \quad P = \frac{836.12 \text{ min / día}}{13.59 \text{ min / saco}} \quad P = \frac{62.55 \text{ saco / día}}{1626.22 \text{ saco / mes}} = 1563.67 \text{ kg}$$

Eficiencia de La red

$$E = \frac{\Sigma(\text{tiempos de operación})}{N^{\circ} \text{ de estaciones} * \text{cuello de botella}} \quad E = \frac{63.89}{108.68} \quad E = 58.78\%$$

Fuente: Anexo 14

Se prosiguió diseñando gráficamente el VSM (Anexo 15) representando a la directiva, proveedores y clientes iniciales, estaciones de trabajo, cuadros de datos de cada proceso, líneas de tiempo del valor agregado y no agregado y tipo de sistema productivo; la herramienta requirió de información consistente y de tiempos estándares. La Tabla 15 detalla los datos cargados a la herramienta de control.

Tabla 15
Data VSM

Datos	Tiempo de procesamiento		Tiempo en proceso	
Descarga de MP	0.02 min / kg	= 64.103 kg / min	17.33	min
Despedrado	0.35 min / kg	= 2.838 kg / min	391.56	min
Tamizado	0.32 min / kg	= 3.157 kg / min	352.00	min
Escarificado	0.30 min / kg	= 3.281 kg / min	338.67	min
Secado	0.37 min / kg	= 2.714 kg / min	409.33	min
Laminado	0.54 min / kg	= 1.840 kg / min	603.78	min
Tostado	0.45 min / kg	= 2.214 kg / min	501.78	min
Envasado	0.16 min / kg	= 6.345 kg / min	175.11	min
Almacenado	0.04 min / kg	= 22.321 kg / min	49.78	min
<i>Total</i>			2839.33	segundos

Fuente: Anexo 12 y 14

Finalmente, se cargó la información en la herramienta y a manera de simulación se propuso un requerimiento de 50 toneladas para un plazo de 45 días (ver Figura 26).

Figura 26
Información de orden de pedido simulada

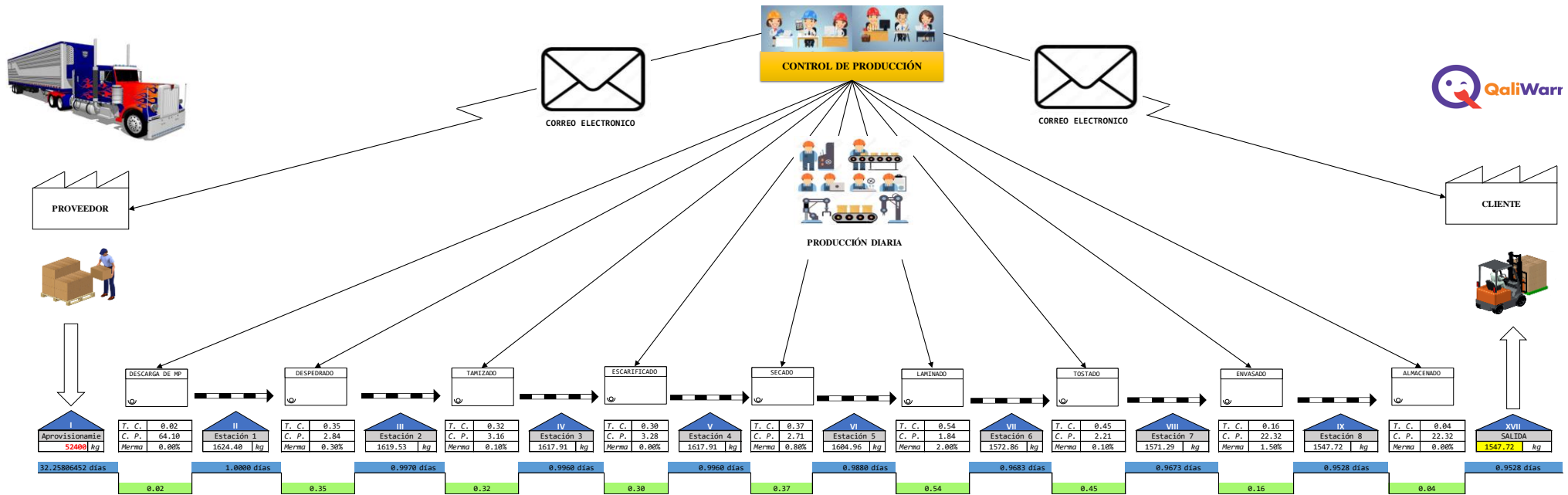
Lote solicitado	Plazo de entrega
50000 kg	45 días
2000 sacos	

T disp al día	min/día	836.12
Cadencia req. Por cliente	kg/día	1111.11
	sacos/día	44.44

Fuente: Archivo maestro

El VSM de la empresa molinera se visualiza en la Figura 25

Figura 27
VSM del Sistema productivo de hojuelas de quinua



La herramienta de control suministró indicadores que permitieron evaluar a tiempo real y proyectado la cadencia de producción, el tiempo de valor agregado (VA), el tiempo de valor no agregado (NVA), el Tack time y el tiempo total de entrega (PLT).

Figura 28
Resumen VSM de orden simulada

kg A PRODUCIR DIARIO	1548.00	t productivo	836.12 <i>min/día</i>
VA =	2.56 min	VA =	0.0031 días
NVA =	41.0763 días	NVA =	41.0763 días
		RATIO VA	0.0074%
Tack Time	$\frac{836.12 \text{ min}}{1111.11 \text{ kg}}$		0.75 minutos / kg
Tack Time	0.75	minutos / kg	
PLT	42.0000 días		

Fuente: Anexo 15

Concluyendo el diseño de mejora, se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo (Anexo 16) en conjunto con los instructivos de mantenimiento (Anexo 17) para todas las máquinas de la línea de producción de hojuelas de quinua.

El desarrollo de la herramienta consideró los pilares del TPM, por lo que se inició con el Análisis de criticidad (Anexo 18) para evaluar el riesgo de cada elemento en la línea de producción. Se identificó oportunidades de mejora para las máquinas con criticidad tipo A, B y C.

Tabla 16
Análisis de criticidad de la línea las máquinas

Máquina	Criticidad
Laminadora	A
Despedradora	B
Tostadora	B
Cosedora industrial	B
Balanza industrial	B
Transportador de chevrones	C
Escarificadora	C
Secadora de cámara	C

Fuente: Anexo 18

Luego se elaboró formatos de mantenimiento (Anexo 19): Ficha técnica, Ficha de inspección, Ficha de mantenimiento, Ficha de orden de trabajo y Plan maestro de mantenimiento preventivo. Se prosiguió con el planteamiento del Plan de Mantenimiento Preventivo (Anexo 16), el programa de capacitación (Anexo 20) y por último se diseñó los instructivos de mantenimiento (Anexo 17) para cada máquina de la línea productiva. Finalmente, se desarrolló un sistema por medio de MS Excel para calcular el indicador OEE (Figura 29). La herramienta requirió de información entrelazada por el Reporte de paros digital.

Figura 29
Cálculo OEE

	Seleccionador de zarandas	Despedradora	Escarificadora	Secadora de cámara	Laminadora	Tostadora	Cosedora industrial	Balanza industrial
Días de trabajo	26							
Horas	15							
#Fallas al mes	7	7	1	3	18	5	8	7
N° h de operación	390							
MTBF (horas)	53.95	54.36	387.00	127.67	18.56	76.70	48.36	55.25
#Horas paradas al mes	12.38	9.50	3.00	7.00	56.00	6.50	3.10	3.25
MTTR (horas/falla)	1.77	1.36	3.00	2.33	3.11	1.30	0.39	0.46
DISPONIBILIDAD	96.83%	97.56%	99.23%	98.21%	85.64%	98.33%	99.21%	99.17%

OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (MENSUAL)

DISPONIBILIDAD	74.17%
RENDIMIENTO	85.20%
CALIDAD	95.20%
OEE	60.16%

Fuente: Anexo 10

Nivel 3: Objetivo específico 3

En el último nivel, se evaluó la rentabilidad del diseño de mejora y el primer paso fue calcular el presupuesto de la inversión económica. El presupuesto se planificó según los conceptos detallados en la Tabla 17; se consideró un costo profesional de S/ 25.00 la hora.

Tabla 17
Presupuesto de la inversión

Detalle	Cant.	Costo
Instrumentos de medición		
Diseño	8 h	S/200.00
Aplicación	12 h	S/300.00
Recursos		S/200.00
<i>Sub Total 1</i>		S/700.00
Instrumentos de análisis		
Diseño	8 h	S/200.00
Análisis	32 h	S/800.00
Recursos		S/200.00
<i>Sub Total 2</i>		S/1,200.00
Gráficas de control		
Diseño	8 h	S/200.00
Aplicación	12 h	S/300.00
Análisis	32 h	S/800.00
Recursos		S/200.00
<i>Sub Total 3</i>		S/1,500.00
VSM		
Diseño	32 h	S/800.00
Implementación	144 h	S/3,600.00
Análisis	32 h	S/800.00
Capacitación	12 h	S/300.00
Recursos		S/200.00
<i>Sub Total 4</i>		S/5,700.00
Estudio de tiempos		
Diseño	8 h	S/200.00
Aplicación	36 h	S/900.00
Implementación	144 h	S/2,600.00

Capacitación	12 h	S/300.00
Recursos		S/200.00
<i>Sub Total 5</i>		S/4,200.00
SMED		
Diseño	8 h	S/200.00
Aplicación	12 h	S/300.00
Capacitación	12 h	S/300.00
Implementación	18 h	S/450.00
Recursos		S/200.00
<i>Sub Total 6</i>		S/1,450.00
PMP + Instructivos de mantenimiento		
Análisis	16 h	S/400.00
Diseño	32 h	S/800.00
Capacitación	36 h	S/900.00
Implementación	18 h	S/450.00
Recursos		S/500.00
<i>Sub Total 7</i>		S/3,050.00
Gastos operativos		
Bonus inicial		S/500.00
Movilidad		S/500.00
Alimentación		S/500.00
<i>Sub Total 8</i>		S/1,500.00
<i>Costo total del presupuesto de la inversión</i>		<i>S/19,300.00</i>

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se tuvo en cuenta el costo de servicio de personal para la supervisión in situ de la mejora. La Tabla 18 detalla el presupuesto adicional.

Tabla 18
Presupuesto por requerimiento de personal

Requerimiento	Cant.	Remuneración (mes)
Técnico de mantenimiento	1	S/ 1,500.00
Practicante de Ing. Industrial	1	S/ 1,050.00
<i>Costo total mensual</i>		<i>S/ 2,550.00</i>
<i>Costo total anual</i>		<i>S/ 30,600.00</i>

Fuente: Elaboración propia

El horizonte de evaluación de un proyecto está compuesto por dos elementos: Fase ejecución y Fase de funcionamiento: la diferencia recae en que uno se refiere a los costos de inversión y el otro a los costos de operación y mantenimiento (MEF, 2022).

Como siguiente paso, se definió el horizonte de evaluación (Tabla 19) para evaluar los flujos de costos y beneficios del proyecto. Se tomó en cuenta los siguientes criterios para las dos fases:

- El periodo de tiempo de la Fase de ejecución
- La sostenibilidad de las herramientas
- La incertidumbre por el tiempo que durará la demanda (MEF,22)

Tabla 19
Horizonte de evaluación del proyecto

Detalle	Meses
Fase de ejecución	1
Fase de funcionamiento	11
<i>Tiempo total</i>	<i>12</i>

Fuente: Elaboración propia, MEF (2022)

Asimismo, se empleó la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) como *costo de oportunidad* o *tasa de descuento* la cual sigue un método dinámico: tiene en cuenta la línea de tiempo de los flujos de caja para homogeneizar las entradas en diferentes periodos de tiempo (Almarales et al., 2019). La TMAR se calculó de la suma del premio al riesgo (i : 15%) (Empresa molinera, 2022) más la inflación (f : 28.92%) (INEII, 2022) más el producto del premio al riesgo y la inflación ($i \times f$), $TMAR = 25,67\%$. Dado que los flujos de caja son mensuales, se trasladó la TMAR a una tasa efectiva mensual: $TMAR = 2,14\%$.

A continuación, se proyectó el flujo de caja respecto a los egresos y beneficios (Figura 30), donde: el periodo 0 es considerado como la inversión y el periodo 1 en adelante como la fase de ejecución.

Figura 30
Flujo de caja de egresos y beneficios

EGRESOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Instrumentos de medición														
Subtotal 1	S/	700.00												
Instrumentos de análisis														
Subtotal 2	S/	1,200.00												
Gráficas de control														
Subtotal 3	S/	1,500.00												
VSM														
Subtotal 4	S/	5,700.00												
Estudio de tiempos														
Subtotal 6	S/	4,200.00												
SMED														
Subtotal 5	S/	1,450.00												
PMP + Instructivos														
Subtotal 7	S/	3,050.00												
Gastos operativos														
Subtotal 8	S/	1,500.00												
Practicante de ing.														
Remuneración			S/ 1,050.00	S/ 1,050.00	S/ 1,050.00	S/ 1,050.00	S/ 1,050.00	S/ 1,050.00	S/ 1,050.00	S/ 1,050.00	S/ 1,050.00	S/ 1,050.00	S/ 1,050.00	
Técnico de mantenimiento														
Remuneración			S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	S/ 1,500.00	
TOTAL DE EGRESOS	S/	19,300.00	S/ -	S/ 2,550.00	S/ 2,550.00	S/ 2,550.00	S/ 2,550.00	S/ 2,550.00	S/ 2,550.00	S/ 2,550.00	S/ 2,550.00	S/ 2,550.00	S/ 2,550.00	
BENEFICIOS														
G.C, VSM														
Subtotal 1	S/	-	S/ 1,737.09	S/ 2,345.07	S/ 3,165.85	S/ 4,273.90	S/ 5,769.76	S/ 7,789.18	S/ 10,515.39	S/ 14,195.78	S/ 19,164.30	S/ 25,871.81	S/ 34,926.94	
Estudio de tiempos, SMED														
Subtotal 2	S/	-	S/ 2,145.87	S/ 2,896.93	S/ 3,910.85	S/ 5,279.65	S/ 7,127.53	S/ 9,622.17	S/ 12,989.93	S/ 17,536.40	S/ 23,674.14	S/ 31,960.09	S/ 43,146.12	
Plan de Mantenimiento Preventivo														
Subtotal 3	S/	-	S/ 161.17	S/ 217.57	S/ 293.73	S/ 396.53	S/ 535.32	S/ 722.68	S/ 975.61	S/ 1,317.08	S/ 1,778.05	S/ 2,400.37	S/ 3,240.50	
Instructivos de mantenimiento														
Subtotal 4	S/	-	S/ 365.31	S/ 493.17	S/ 665.78	S/ 898.81	S/ 1,213.39	S/ 1,638.07	S/ 2,211.40	S/ 2,985.39	S/ 4,030.27	S/ 5,440.87	S/ 7,345.17	
TOTAL DE BENEFICIOS	S/	-	S/ 4,409.44	S/ 5,952.75	S/ 8,036.21	S/ 10,848.89	S/ 14,646.00	S/ 19,772.09	S/ 26,692.33	S/ 36,034.64	S/ 48,646.77	S/ 65,673.13	S/ 88,658.73	
FLUJO DE CAJA	-S/	19,300.00	S/ -	S/ 1,859.44	S/ 3,402.75	S/ 5,486.21	S/ 8,298.89	S/ 12,096.00	S/ 17,222.09	S/ 24,142.33	S/ 33,484.64	S/ 46,096.77	S/ 63,123.13	S/ 86,108.73

Fuente: Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19

Acto seguido, se realizó el análisis económico con los indicadores propuestos en la Matriz de operacionalización de variables (ver Figura 4).

Tabla 20
Indicadores económicos

Indicador	Valor
VAN	S/ 225,850.01
TIR	36.87%
B/C	S/ 6.19

Fuente: Figura 20

Para concluir, el VAN calculado fue sometido a un análisis de sensibilidad con una variación de: +/- 10% (Anexo 21). Las variables consideradas son Beneficio (columna) y Egreso (fila).

Tabla 21
Análisis de sensibilidad – VAN

S/ 196,486.77	0.00%	-10.00%	-20.00%	-30.00%	-40.00%	-50.00%	-60.00%	-70.00%	-80.00%
0.00%	S/ 225,850.01	S/ 198,910.89	S/ 171,971.77	S/ 145,032.65	S/ 118,093.52	S/ 91,154.40	S/ 64,215.28	S/ 37,276.16	S/ 10,337.04
10.00%	S/ 223,425.89	S/ 196,486.77	S/ 169,547.65	S/ 142,608.52	S/ 115,669.40	S/ 88,730.28	S/ 61,791.16	S/ 34,852.04	S/ 7,912.91
20.00%	S/ 221,001.77	S/ 194,062.65	S/ 167,123.53	S/ 140,184.40	S/ 113,245.28	S/ 86,306.16	S/ 59,367.04	S/ 32,427.92	S/ 5,488.79
30.00%	S/ 218,577.65	S/ 191,638.53	S/ 164,699.40	S/ 137,760.28	S/ 110,821.16	S/ 83,882.04	S/ 56,942.92	S/ 30,003.79	S/ 3,064.67
40.00%	S/ 216,153.53	S/ 189,214.41	S/ 162,275.28	S/ 135,336.16	S/ 108,397.04	S/ 81,457.92	S/ 54,518.80	S/ 27,579.67	S/ 640.55
50.00%	S/ 213,729.41	S/ 186,790.29	S/ 159,851.16	S/ 132,912.04	S/ 105,972.92	S/ 79,033.80	S/ 52,094.68	S/ 25,155.55	
60.00%	S/ 211,305.29	S/ 184,366.16	S/ 157,427.04	S/ 130,487.92	S/ 103,548.80	S/ 76,609.68	S/ 49,670.55	S/ 22,731.43	
70.00%	S/ 208,881.17	S/ 181,942.04	S/ 155,002.92	S/ 128,063.80	S/ 101,124.68	S/ 74,185.56	S/ 47,246.43	S/ 20,307.31	
80.00%	S/ 206,457.04	S/ 179,517.92	S/ 152,578.80	S/ 125,639.68	S/ 98,700.56	S/ 71,761.43	S/ 44,822.31	S/ 17,883.19	
90.00%	S/ 204,032.92	S/ 177,093.80	S/ 150,154.68	S/ 123,215.56	S/ 96,276.44	S/ 69,337.31	S/ 42,398.19	S/ 15,459.07	
100.00%	S/ 201,608.80	S/ 174,669.68	S/ 147,730.56	S/ 120,791.44	S/ 93,852.32	S/ 66,913.19	S/ 39,974.07	S/ 13,034.95	

Fuente: Tabla 18, Anexo 21

Nota: Se eliminaron valores negativos y las columnas sin datos

Aspectos éticos

La presente tesis se elaboró con compromiso y responsabilidad, priorizando salvaguardar todos los datos abastecidos por la empresa.

Se tuvo el consentimiento de todos los participantes y ningún empleado o tercero relacionado con la empresa fue expuesto y/o relacionado con alguna causa especial.

Toda la información y datos externos fueron debidamente citados y referidos.

El diseño de mejora es respetuoso con el medio ambiente y fue elaborado de tal forma que garantiza la integridad del personal operativo. La mejora no dejó consecuencias negativas.

Capítulo 3. Resultados

Los resultados del diseño de mejora en el sistema productivo se exportaron en la Tabla 22.

Tabla 22
Resultados del diseño de mejora

CR-X	Descripción	Indicador	Fórmula	Valor Actual	Costo CR-X	Valor Mejorado	Beneficio	Ratio mejora	Herramienta
CR-01	No existe control de producción	% Evaluación de Procesos controlados	$\left(\frac{\text{ítems Cumple}}{\text{ítems totales}}\right) \times 100\%$	16.67%	S/ 40,708.16	100%	S/ 33,762.33	83.33%	VSM
CR-02	Falta de estandarización de métodos y tiempos	% Procesos con tiempos estándares	$\frac{N^{\circ} \text{ Procesos con tiempos estándares}}{\text{Total de procesos}} \times 100\%$	0	S/43,146.12	100%	S/ 39,930.48	100%	Estudio de tiempos + SMED
CR-03	No hay mantenimiento programado	% Máquinas con Plan de Mantenimiento Preventivo	$\frac{N^{\circ} \text{ máquinas con P. M. P.}}{\text{Total de máquinas}} \times 100\%$	0%	S/ 3,240.50	100%	S/ 2,980.08	100%	Plan de Mantenimiento Preventivo
CR-04	Faltan instructivos de mantenimiento	% Máquinas con Instructivos de mantenimiento	$\frac{N^{\circ} \text{ máquinas con I. M.}}{\text{Total máquinas}} \times 100\%$	0%	S/ 7,345.17	100%	S/ 7,084.75	100%	Instructivos de mantenimiento

Fuente: Archivo maestro de análisis y herramientas

En seguida se presenta los resultados de la variación de indicadores por cada causa raíz.

CR-01: No existe control de producción

La aplicación de la herramienta VSM cambió el estado actual de cada proceso de la línea productiva.

Tabla 23

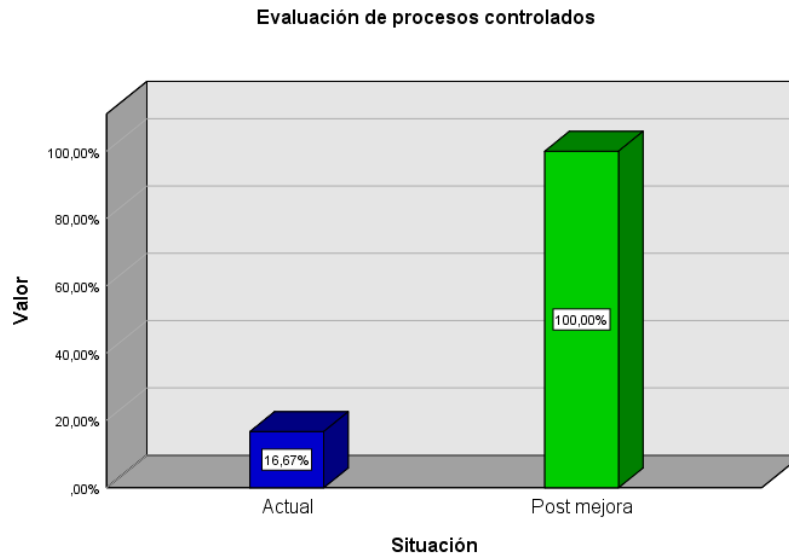
Estado de los procesos post mejora

Proceso	Estado
Descarga	<i>Trazado</i>
Despedrado	<i>Trazado</i>
Tamizado	<i>Trazado</i>
Inspección	<i>Trazado</i>
Escarificado	<i>Trazado</i>
Secado	<i>Trazado</i>
Laminado	<i>Trazado</i>
Tostado	<i>Trazado</i>
Envasado	<i>Trazado</i>
Almacenado	<i>Trazado</i>

Fuente: Anexo 15

Luego del diseño de mejora, se aplicó el Check list (Anexo 01) para evaluar el porcentaje de cumplimiento de procesos controlados, presentando una mejora del 83.33% respecto a la situación actual. La variación se presenta a continuación.

Figura 31
Procesos controlados actuales vs post mejora



Fuente: Tabla 22

Sobre los costos mensuales Post Mejora, La Tabla 24 refleja la situación comparativa entre los costos del periodo 2021 y los costos tras el Diseño de Mejora.

Tabla 24
Impacto económico en la CR-1

Detalle	2021	Diseño de Mejora	Reducción	
			(S/)	(%)
C.P.U.	S/ 0.68	S/ 0.68	S/ 0.00	0%
Déficit de producción (kg)	57000	0	-	100%
Costo atribuido	S/ 464,460.78	S/ 14,450.00	-S/ 450,010.78	96.89%
Costo operativo al año	S/ 502,947.93	S/ 14,450.00	-S/ 488,497.93	97.13%
Costo operativo al mes	S/ 41,912.33	S/ 1,204.17	-S/ 40,708.16	97.13%

Fuente: Tabla 5, Tabla 16 y Tabla 17

CR-2: Actividades innecesarias en el proceso de Envasado

La aplicación de la herramienta SMED redujo la media de los tiempos de cada actividad en el proceso de Envasado.

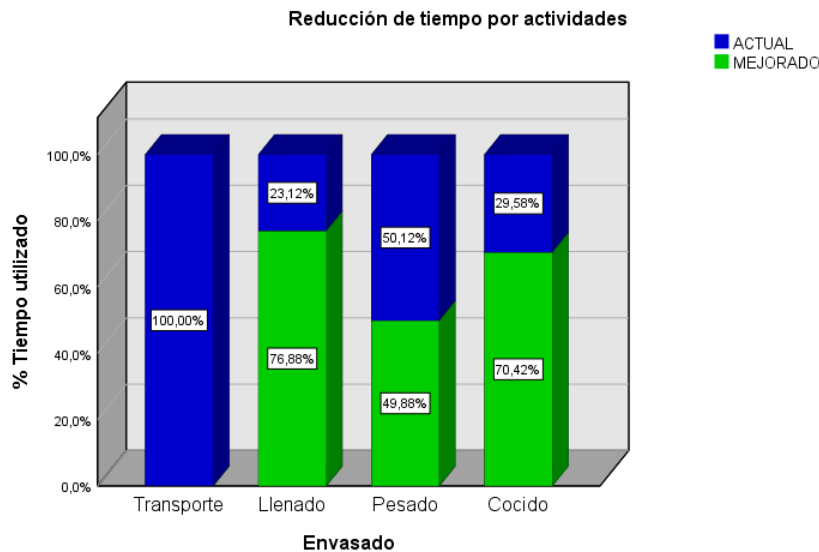
Tabla 25
Reducción de t en el proceso de Envasado

		Estadísticos de frecuencia			
		Transporte	Llenado	Pesado	Cocido
N	Válido	8	8	8	8
	Perdidos	0	0	0	0
	Media	100.00%	23.12%	50.12%	29.58%

Fuente: Tabla 7

La Figura 32 grafica la reducción de los tiempos actuales y los tiempos mejorados

Figura 32
Reducción tiempos por actividades

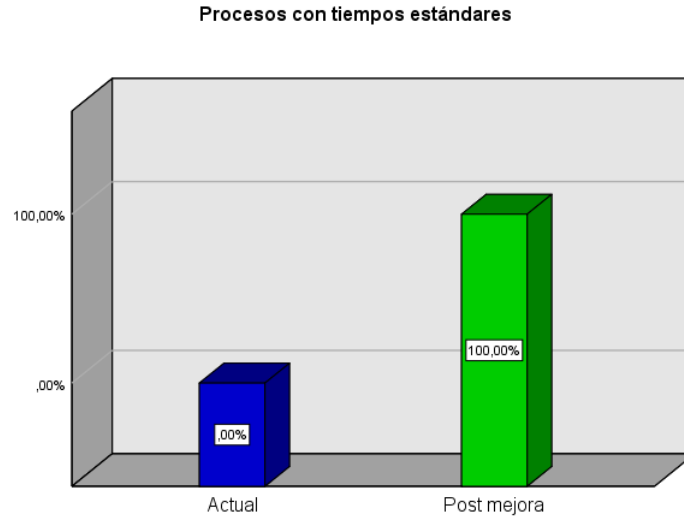


Fuente: Tabla 6 y Tabla 7

Luego de la aplicación del SMED y del Estudio de tiempos, se logró mejorar hasta el 100% de los procesos controlados. La variación se presenta a continuación.

Figura 33

Procesos con tiempos estándares actuales vs post mejora



Fuente: Tabla 21

Sobre los costos mensuales Post Mejora, La Tabla 26 refleja la situación comparativa entre los costos del periodo 2021 y los costos tras el Diseño de Mejora.

Tabla 26

Impacto económico en la CR-02

Detalle	2021	Diseño de Mejora	Reducción	
			(S/)	(%)
C.P.U.	S/ 0.68	S/ 0.68	-	0%
Déficit de producción (kg)	63900	3195	-	95.00%
Costo atribuido	S/ 0.00	S/ 12,700.00	S/ 12,700.00	0.00%
Costo operativo al año	S/ 517,753.44	S/ 38,587.67	-S/ 479,165.77	92.55%
<i>Costo operativo al mes</i>	<i>S/ 43,146.12</i>	<i>S/ 3,215.64</i>	<i>-S/ 39,930.48</i>	<i>92.55%</i>

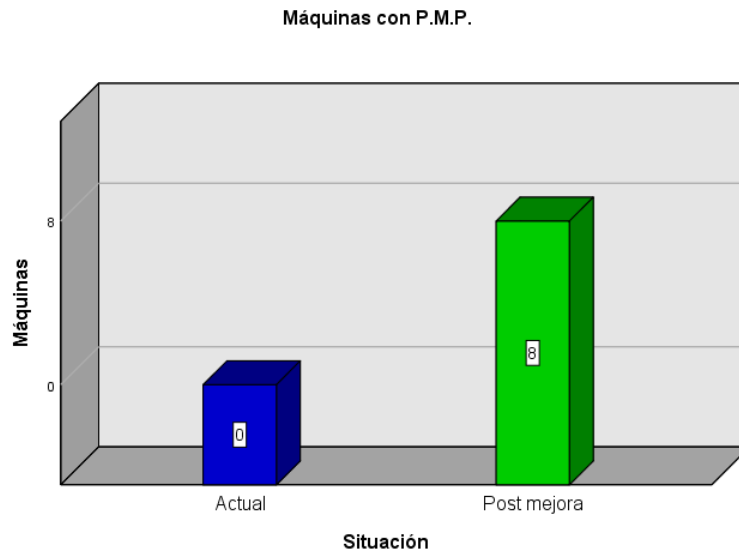
Fuente: Tabla 9, Tabla 16 y Tabla 17

CR-3: No hay mantenimiento programado

Luego del diseño de mejora, se incluyó a todas las máquinas de la empresa en el Plan de Mantenimiento Preventivo, mejorando el indicador en 100.00% respecto a la situación actual. La variación se presenta a continuación.

Figura 34

Máquinas con P.M.P. actuales vs post mejora



Fuente: Tabla 21

Sobre los costos mensuales Post Mejora, La Tabla 27 refleja la situación comparativa entre los costos del periodo 2021 y los costos tras el Diseño de Mejora.

Tabla 27

Impacto económico de la CR-03

Detalle	2021	Diseño de Mejora	Reducción	
			(S/)	(%)
C.P.U.	S/ 0.68	S/ 0.68	S/ 0.00	-
Déficit de producción (kg)	0.00	0.00	-	-
Costo atribuido	S/ 38,886.00	S/ 3,125.00	-S/ 35,761.00	91.96%
Costo operativo al año	S/ 38,886.00	S/ 3,125.00	-S/ 35,761.00	91.96%
<i>Costo operativo al mes</i>	<i>S/ 3,240.50</i>	<i>S/ 260.42</i>	<i>-S/ 2,980.08</i>	<i>91.96%</i>

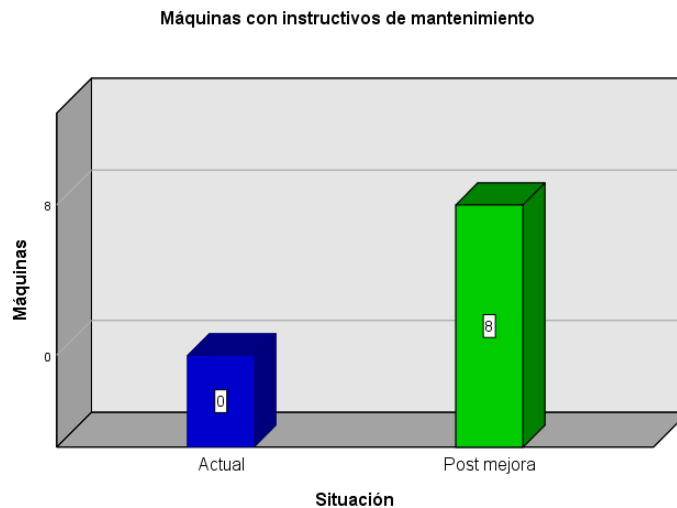
Fuente: Tabla 11, Tabla 16 y Tabla 17

CR-4: Faltan instructivos de mantenimiento

Luego del diseño de mejora, todas las máquinas de la empresa cuentan con instructivos de mantenimiento, lo que representa una mejora del indicador en 100.00% respecto a la situación actual. La variación se presenta a continuación.

Figura 35

Máquinas con I.M. actual vs post mejora



Fuente: Tabla 21

Sobre los costos mensuales Post Mejora, La Tabla 28 refleja la situación comparativa entre los costos del periodo 2021 y los costos tras el Diseño de Mejora.

Tabla 28

Impacto económico de la CR-04

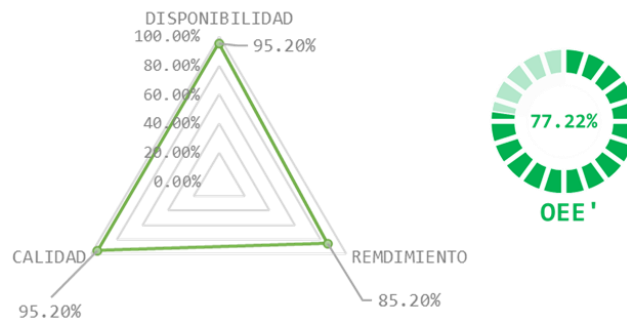
Detalle	2021	Diseño de Mejora	Reducción	
			(S/)	(%)
C.P.U.	S/ 0.68	S/ 0.68	-	-
Déficit de producción (kg)	130539.60	0.00		100%
Costo atribuido	S/ 0.00	S/ 3,125.00	S/ 3,125.00	-
<i>Costo operativo al año</i>	<i>S/ 88,142.05</i>	<i>S/ 3,125.00</i>	<i>-S/ 85,017.05</i>	<i>96.45%</i>
<i>Costo operativo al mes</i>	<i>S/ 7,345.17</i>	<i>S/ 260.42</i>	<i>-S/ 7,084.75</i>	<i>96.45%</i>

Fuente: Tabla 12, Tabla 16 y Tabla 17

CR-03 + CR-04: Sobre el indicador OEE

Los resultados de las herramientas de mejora para la CR-03 y CR-04 permitió recalcular el indicador OEE; específicamente: la disponibilidad de la línea productiva.

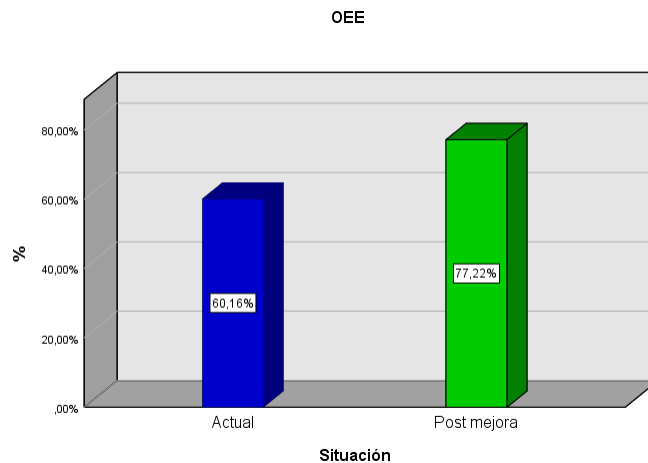
Figura 36
OEE post mejora



Fuente: Tabla 21

En paralelo, el indicador de mantenimiento OEE mejoró 17.06% respecto a la situación actual. La variación se presenta a continuación.

Figura 37
OEE actual vs post mejora

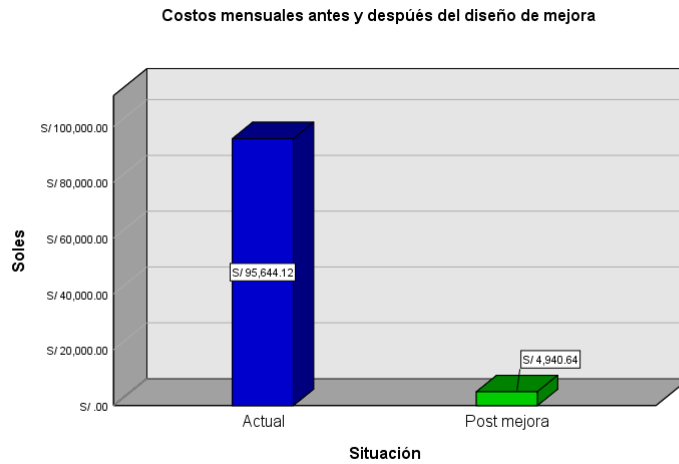


Fuente: Figura 13 y Figura 26

Costos Mensuales Antes y Después de la Mejora

Al final, se representó los costos mensuales antes y después de la implementación del diseño de mejora en el sistema productivo.

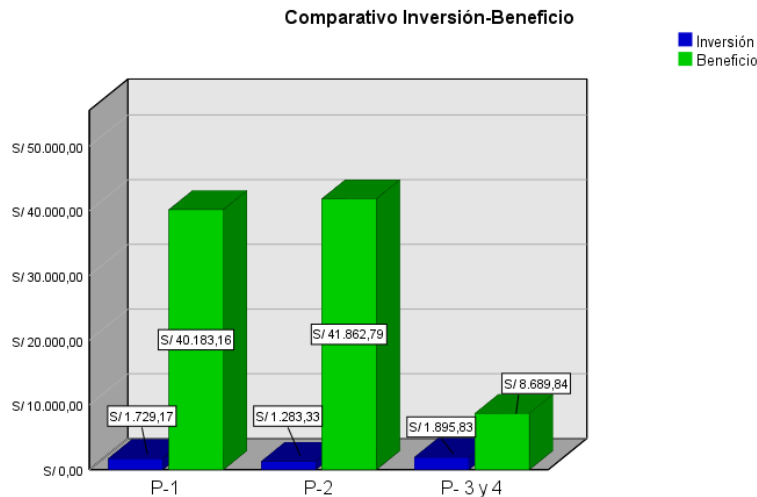
Figura 38
Costos antes y después de la mejora



Evaluación económica

Posterior al diseño de mejora, se comparó la Inversión económica respecto al Beneficio económico en la Figura 39.

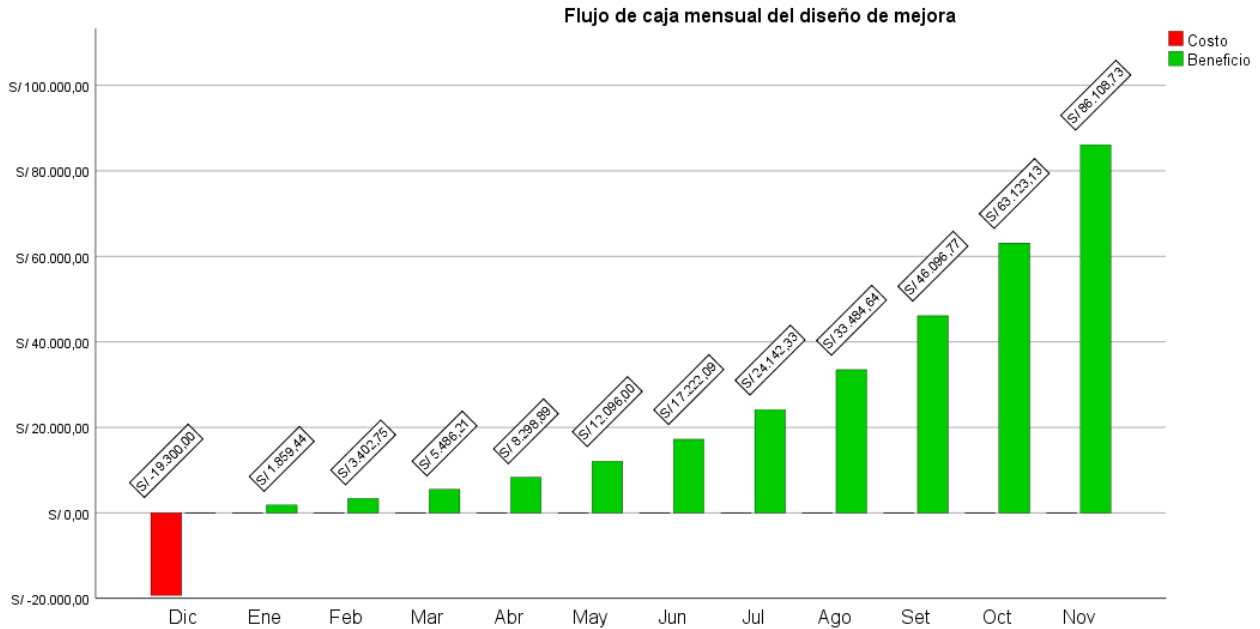
Figura 39
Comparación Inversión - Beneficio



Fuente: Tabla 21

Respecto a la rentabilidad de la inversión Costo -Beneficio, la Figura 40 presenta la proyección económica del flujo de caja durante el periodo de evaluación.

Figura 40
Flujo de caja mensual proyectado



Fuente: Figura 30

Capítulo 4. Discusión y Conclusiones

Discusión

Se cotejó los resultados obtenidos en el diseño de mejora en el sistema productivo de la empresa molinera frente a sus semejantes en el marco internacional, nacional y local.

En esta investigación, la producción mejoró 164.04% frente a: 240% de Cuervo et al. (2021), 5% de Marcos & Luna (2020), 3.23% de Aguilar (2019), 191% de Lozano et al. (2020) y 27.9% de Figueiredo et al. (2018). También, el indicador OEE mejoró 17.06 puntos porcentuales (60.16% a 77.22%) frente a 14 puntos porcentuales (66% a 80%) de Cuervo et al. (2021), 26 puntos porcentuales (58% a 84%) de Grados (2020), 8.96 puntos porcentuales (61.4% a 70.36%) de Lozano et al. (2020), 12.4 puntos porcentuales (44.4% a 56.8%) de Figueiredo et al. (2018) y Marcos & Luna (2020) determinaron un OEE de 79.6% tras su propuesta de mejora.

Sobre el apartado económico, la evaluación del diseño de mejora en el sistema productivo, la empresa molinera en estudio generó un TIR de 36.87% frente a 81 % de Marcos & Luna (2020) y 23% de Lozano et al. (2020). Además, la evaluación del diseño de mejora en el sistema productivo de la empresa molinera pronostica un B/C de 6.19 frente a 7.42 de Cuervo et al. (2021), 1.47 de Marcos & Luna (2020), 1.83 de Aguilar (2019) y 1.89 de Lozano et al. (2020). Finalmente, la evaluación del diseño de mejora en el sistema productivo de la empresa molinera en un horizonte de 12 meses generó un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 225,850.01 frente a 70,560,000.00 pesos colombianos (S/ 62,248.06, al 08/11/22) de Cuervo et al. (2021), S/ 103,942.87 de Marcos & Luna (2020) y S/ 20,471.77 de Lozano et al. (2020).

Los eruditos Cuervo et al. (2021), Marcos & Luna (2020), Lozano et al. (2020) y Figueiredo et al. (2018) destacaron el uso del VSM como herramienta diagnóstica y como el

implemento que identifica/elimina desperdicios. Además, lograron controlar el 100% de sus procesos al ser plasmados en la herramienta. En definitiva, los autores recomiendan desarrollar las herramientas: VSM, SMED, Programa de mantenimiento preventivo - Lozano et al. (2020) también recomienda disponer de las maquinarias sugeridas por el Balance de línea - para asegurar la efectividad de las herramientas en el contexto propuesto.

Conclusiones

El trabajo de investigación diseñó una mejora en el sistema de producción, logrando reducir el 94.87% de los costos de operación, representado por un ahorro de S/ 90,703.48 al mes

Se realizó el análisis del sistema productivo en el estado actual mediante estadísticos descriptivos y gráficas de control obteniendo los siguientes resultados: el estado actual de la evaluación de procesos controlados es de 16.67% (cumple 2 de 12 ítems) de logro -la eficiencia de la línea productiva es 88.65%- , el estado actual del % procesos con tiempos estándares es de 0% (0 de 10 procesos) de logro, el estado actual del % máquinas con PMP es de 0% (0 de 8 tipos de máquinas) de logro -con MTBF de 18.56 horas- y por último, el estado actual del % máquinas con instructivos de mantenimiento es 0% de logro (0 de 8 tipos de máquinas) -con MTTR de 3.11 horas. En conclusión, el análisis del sistema productivo actual se arrojó un OEE de 60.16%.

Se diseñó herramientas lean manufacturing: VSM, Estudio de tiempos, SMED, Programa Mantenimiento Preventivo, Instructivos de mantenimiento -además de balance de masa, balance de línea, DAP, DOP y formatos de mantenimiento.

Se evaluó la rentabilidad del diseño de mejora sobre un horizonte de tiempo de 12 meses, generando los indicadores económicos: VAN = S/ 225,850.01, TIR = 36.87% y B/C 6.19 - teniendo en cuenta un TMAR de 25.67% por año-. Adicionalmente, se realizó un análisis de

sensibilidad con variación +/- 10% por lo que se garantiza el éxito si como mínimo el beneficio se redujera en 80% del valor proyectado y los egresos aumentarían como máximo 40% de la inversión.

Referencias

- Almarales, L., Estrada, J., & Chong-Martínez, M. (2019). *La tasa de descuento en la gestión empresarial del proceso inversionista cubano*. Ciencias Holguín, 25(2), 15-29.
- Baca, U. G. (2010). *Evaluación de proyectos*. Sexta edición, McGrawHill. México, DF.
- Banco Central de Reserva del Perú (2022). *LA LIBERTAD: Síntesis de Actividad Económica Julio 2022*. Departamento de estudios económicos.
<https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Trujillo/2022/sintesis-la-libertad-07-2022.pdf>
- Córdova, I., Acosta, N., Armijos, A. & Castro, P. (2018). *La matriz de consistencia: una metodología de investigación para desarrollar el estado del arte para emprendimientos artesanales enfocados en las TIC's*. INNOVA Research Journal, 3(8.1), 176-185.
- Estela, R. (2020). *Módulo 1: Investigación Propositiva*. En Investigación aplicada IV. Instituto de Educación Superior Pedagógico Público Indoamérica.
- Fernández, F. (2004). *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión*. España: artegraf, s.a.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2022). *Variación de los Indicadores de precio de la Economía – Informe Técnico N° 08 – agosto 2022*.
<https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/08-informe-tecnico-variacion-de-precios-jul-2022.pdf>
- Meyers, F. E. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos: para la manufactura gil*. Pearson educación.

Ministerio de Economía y Finanzas (2022). *Guía General para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión.*

https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/Metodologias_Generales_PI/GUIA_EX_ANTE_InviertePe.pdf

Montero, M. (2007). Estadística II. En *TEMA 4: INFERENCIA, ESTIMACIÓN Y CONTRASTE DE HIPÓTESIS*. Universidad de Granada

Niebel, B. & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12 edición. México: Mc Graw Hill Interamericana Editores S.A.

Paéz, G. (2022). *Definición técnica: Producto terminado*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/producto-terminado.html>

Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad*.

Rodríguez, F., & Gómez Bravo, L. (1991). *Indicadores de calidad y productividad de la empresa*.

Rubí, L. V. (2003). *Glosario de términos financieros: términos financieros, contables, administrativos, económicos, computacionales y legales*. Plaza y Valdés.

SENATI (2007). *Gestión de Mantenimiento. Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo*. http://virtual.senati.edu.pe/pub/MCPP/Unidad02/CONTENIDO_TEMATICO_U2_PLATAFORMA_M2.pdf

Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D., & Chaparro, F. O. (1992). *La máquina que cambió el mundo*. Madrid: McGraw-Hill.