

Design of an improvement plan applying Lean Tools in a baking company in Trujillo, 2024

Huamanchumo Flavio¹, Nuñez Pamela² y Geldres-Marchena Teodoro, Master's Industrial Engineering³

¹⁻²Students of Industrial Engineering of Universidad Privada del Norte, N00256481@upn.pe, N00238182@upn.pe

³Engineering Professor at Universidad Privada del Norte, Perú, teodoro.geldres@upn.pe

Abstract – The main objective of the project is to develop an improvement plan in the baking company using lean manufacturing tools to reduce operating costs based on a pre-experimental design where a pretest and posttest were used to later compare these data and determine the impact. The company, which specializes in the production of bread, faces several challenges that affect its profitability such as: costs due to shrinkage, loss due to non-productive time, costs associated with absence from work due to paid medical leave due to accidents at work, cost overruns. for raw materials, costs for unnecessary movements and costs for disorder in the warehouse. These problems were quantified, resulting in an annual loss of S/ 45,632. For each problem found, two alternative solutions were presented, choosing alternative 2 after carrying out an exhaustive analysis of limitations, where tools were incorporated such as: a time study, staff training, 5S Methodology, supplier control and a security system. and workers' health (SGSST). After investigating the engineering standards, a simulation was carried out with Monte Carlo and ProModel, reducing the annual losses to S/ 19,541.59, therefore, the choice of the tools supported by this research generated a benefit of S/ 26,090.41 and a decrease in the initial cost. loss of 57.18%. The 12-month economic evaluation confirmed the viability and profitability of the proposal, with an NPV of S/ 50,451, an IRR of 44% and a B/C of S/ 1.50. Additionally, continuous monitoring was planned to ensure effective implementation of improvements and key performance indicators were defined to monitor the progress of each tool.

Keywords- Industrial engineering, Capstone project, Improvement plan, Operating costs, Engineering standards.

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

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

DO NOT REMOVE

Diseño de un Plan de mejora aplicando Herramientas Lean en una empresa panificadora en Trujillo, 2024

Huamanchumo Flavio¹, Núñez Pamela² y Geldres-Marchena Teodoro, Maestro en Ing. Industrial³

¹⁻²Estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, N00256481@upn.pe, N00238182@upn.pe

³Docente de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, Perú, teodoro.geldres@upn.pe

Resumen– El objetivo principal del proyecto es desarrollar un plan de mejora en la empresa panificadora utilizando herramientas de lean manufacturing para disminuir los costos operativos basándose en un diseño pre-experimental donde se empleó un pretest y posttest para posteriormente comparar esos datos y determinar el impacto. La empresa, que se especializa en la producción de panes, enfrenta varios desafíos que inciden en su rentabilidad como: costos por merma, pérdida por tiempos no productivos, costos asociados a la ausencia laboral por licencia médica pagada debido a accidentes en el trabajo, sobrecostos por materia prima, costos por movimientos innecesarios y costos por desorden en el almacén. Se cuantificaron estos problemas, resultando en una pérdida anual de S/ 45,632. Se presentaron dos alternativas de solución en cada problema hallado, eligiendo la alternativa 2 después de realizar un análisis exhaustivo de limitaciones, donde se incorporó herramientas como: un estudio de tiempos, capacitación al personal, Metodología 5S, control de proveedores y un sistema de seguridad y salud al trabajador (SGSST). Tras investigar los estándares de ingeniería, se realizó una simulación con Montecarlo y ProModel, reduciendo las pérdidas anuales a S/ 19,541.59, por lo tanto, la elección de las herramientas lean en esta investigación generaron un beneficio de S/ 26,090.41 y una disminución de la pérdida inicial en un 57.18%. La evaluación económica de 12 meses confirmó la viabilidad y rentabilidad de la propuesta, con un VAN de S/ 50,451, un TIR del 44% y un B/C de S/ 1.50. Además, se planificó un seguimiento continuo para asegurar la implementación efectiva de las mejoras y se definieron indicadores clave de rendimiento para monitorear el progreso en cada herramienta.

Palabras Clave: Ingeniería industrial, Capstone project, Plan de mejoras, Costos operativos, Estándares de ingeniería.

I. INTRODUCCIÓN

La sociedad peruana a lo largo de los años mantiene la costumbre de consumir un producto artesanal, rico y hasta novedoso debido a las creativities que se implementan, tratándose de un producto con distintas variedades como el pan que se consume dos veces al día como el desayuno y la cena, cuyo objetivo es proporcionar satisfacción al cliente brindando un producto versátil que se pueda complementar con otros productos.

La empresa panificadora se encuentra activa en el mercado desde 1997 y es una de las panaderías más conocidas y mejor posicionadas de la ciudad de Trujillo, de la cual su producto principal y más solicitado es el pan, destacando por su sabor y textura.

Debido a la competencia y mejora continua, la panificadora busca identificar sus puntos deficientes con el objetivo de optimizar su sistema de producción. Por lo tanto, se realizó una visita técnica respecto a la producción de cuatro tipos de panes

suaves: manteca, italiano, integral y yema donde se observó tiempos muertos, desorden y suciedad en el área de trabajo, asimismo, maquinarias oxidadas, señaléticas desactualizadas y personal desorganizado.

Teniendo este panorama general, se procederá a realizar un estudio detallado el cual nos ayudará a dar solución a los problemas identificados, con el objetivo de disminuir los costos operativos de la panadería y como resultado, incrementar la productividad de la empresa, lo cual ayudará a elevar su rentabilidad.

Donde se lograron identificar 6 problemas que afectan directamente a los costos operativos de la panificadora. Por ello es fundamental tener herramientas como la metodología de las 5s que contribuye mantener limpieza y evitar el desorden en el área de trabajo, donde se complementa con un estudio de tiempos y movimientos, además a ello se sumó un control en la cartera de proveedores, por otro lado se implementaron capacitaciones al personal acerca de la cadena de suministros, un SGSST que ayuda a reducir los accidentes que previenen los costos por días de licencia, estas son de gran ayuda para contrarrestar los 6 problemas identificados por consiguiente la empresa podrá reducir sus costos operativos.

En primer lugar, se observaron sobrecostos debido a la ausencia laboral por licencia médica pagada, causada por accidentes en el trabajo. Este problema se originó en la falta de uso de Equipos de Protección Personal (EPP) y la ausencia de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST). Esta carencia se debió a la falta de implementación de un programa integral de seguridad laboral, señalando una deficiencia en la gestión de la seguridad ocupacional en la empresa.

En segundo lugar, se notaron pérdidas por tiempos no productivos, derivadas de la asignación inadecuada de actividades a los trabajadores. Esto se debió a la falta de asignación de tareas según las habilidades y competencias de los empleados, reflejando una deficiencia en la gestión del talento humano en la organización.

El tercer problema identificado fue el aumento de costos debido a mermas en la producción. Se observó una cantidad significativa de productos defectuosos, lo cual se originó por la falta de control de calidad en los procesos productivos y la ausencia de un sistema eficaz de revisión y corrección.

En cuarto lugar, se identificaron sobrecostos por el uso excesivo de materia prima. Esto fue causado por la falta de supervisión y control en el uso de materiales, así como por la ineficiencia en la planificación de compras y almacenamiento.

Se observó que los costos aumentaron debido a movimientos innecesarios dentro de la planta. Esta situación fue generada por una disposición ineficiente de las áreas de trabajo y el flujo de materiales, lo cual resultó en un uso ineficaz del tiempo y recursos.

El último problema encontrado fue el costo asociado al desorden en el almacén. Se evidenció una congestión en el flujo de materia prima y productos terminados, causada por una gestión ineficaz del inventario y la falta de un sistema organizado para el almacenamiento y recuperación de materiales.

Los problemas identificados en la empresa, no solo señalan dificultades operativas, sino que también tienen un impacto significativo en las pérdidas financieras, afectando negativamente los resultados finales. Es imperativo destacar la importancia de abordar estos problemas de manera efectiva. Desarrollar estrategias sólidas para resolver estas cuestiones se vuelve esencial, ya que ello no solo contribuirá a la mejora operativa, sino que también llevará a una reducción de costos. La implementación de herramientas técnicas adecuadas desempeñará un papel crucial en este proceso, permitiendo a la empresa optimizar sus operaciones y fortalecer su posición financiera. En consecuencia, la atención y dedicación para abordar estos desafíos se convierten en elementos esenciales para el éxito y la sostenibilidad a largo plazo de la organización.

II. METODOLOGÍA

A. Diseño de investigación

En esta investigación, se eligió un diseño preexperimental debido a limitaciones para llevar a cabo un diseño experimental más riguroso. En lugar de usar un grupo de control para comparar resultados directamente, se emplearon pretest y postest. Comenzó con un pretest, que estableció una línea de base antes de aplicar el tratamiento. El pretest evaluó las características iniciales del grupo en relación con la variable en estudio. Después del tratamiento, se realizó un postest, que representó la segunda evaluación y midió los efectos del tratamiento. Comparando los resultados del postest con los datos del pretest, se evaluaron los cambios significativos atribuibles al tratamiento.

Con el objetivo de determinar el impacto del plan de mejora basado en herramientas de ingeniería industrial en los costos operativos de la empresa panificadora.

El diseño de la investigación, se representa de la siguiente manera en la tabla I.

TABLA I
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

G_m	O_1	X	O_2
Muestra	Pre-Test	Propuesta	Post-Test

Donde:

G_m : Empresa donde se hará el diseño preexperimental

O_1 : Pre-test, Variable dependiente 1, Costos operativos antes de aplicar las herramientas

X: Variable independiente, Lean Manufacturing

O_2 : Post-test, Variable dependiente 2, Costos operativos después de aplicar las herramientas

B. Diagnóstico integral

En la investigación realizada, se emplearon diversas técnicas y herramientas, entre las que se incluyen el análisis FODA, Lean Canvas, EFE, EFI, Cruzada e Ishikawa. Estas herramientas proporcionaron una comprensión exhaustiva del entorno en el cual la empresa lleva a cabo sus operaciones, abarcando tanto aspectos internos como externos. A través de este enfoque integral, se logró examinar de manera detallada la influencia de estos factores en las funciones de la empresa, contribuyendo así a una visión más completa de su situación en el mercado.

La investigación se centró en el área de producción y logística debido a que presenta mayores costos operativos. Se aplicó el Diagrama de Ishikawa donde se identificaron los principales problemas y sus causas raíz. Finalmente, se priorizó los problemas en base a sus costos y su influencia. Con el diagnóstico inicial, se determinó las causas raíz para la problemática: Costos de Merma, Pérdida por tiempos no Productivos, Costos asociados a la ausencia laboral por licencia médica pagada debido a accidentes en el trabajo, Sobrecostos por Materia Prima, Costos por movimiento innecesarios, Costos por desorden en el almacén, equivalentes.

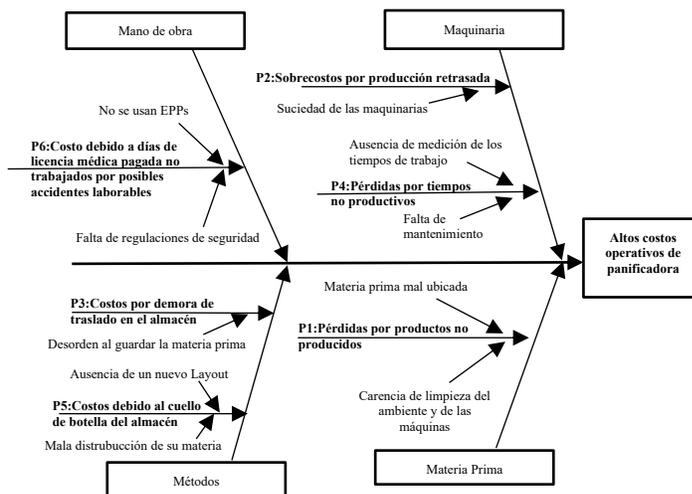


Fig. 1 Ishikawa de la empresa

C. Alternativa de solución

Después de realizar un análisis exhaustivo y identificar los costos asociados a los problemas de la empresa, se han formulado propuestas de solución para mitigar los costos en el aserradero. Estas propuestas se organizan en alternativas que incorporan diversas herramientas y métodos de ingeniería industrial, buscando así abordar de manera efectiva los problemas identificados.

TABLA II
ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Problema	Herramientas de solución
Costos asociados a la ausencia laboral por licencia médica pagada debido a accidentes en el trabajo	Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS) Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST)
Pérdidas por tiempos no productivos	SMED Estudio de tiempos y movimientos
Costos de merma	Gestionar inventarios con un MRP Capacitación del personal en la cadena de suministro
Sobrecostos por materia prima	Total Quality Management (TQM) Control de proveedores
Costos por movimientos innecesarios	Just in Time (JIT) 5S
Costos por desorden en el almacén	Clasificación ABC 5S

D. Selección de alternativa

La panificadora recibió propuestas de diversas herramientas para abordar sus problemas. Sin embargo, es esencial organizar estas herramientas en alternativas para lograr una aplicación más eficiente. En la agrupación de las herramientas, se consideró la interrelación entre ellas y su capacidad para resolver los seis problemas identificados. La selección de la mejor alternativa de herramientas requiere la evaluación de criterios como el ahorro de costos, la inversión inicial, la duración y la sostenibilidad. Estos aspectos fueron evaluados mediante un cuestionario dirigido tanto al gerente como a los colaboradores de la empresa.

La primera alternativa propone la utilización de herramientas específicas, tales como el SMED, el Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS), la gestión de inventarios con un MRP, el Just in Time, el TQM y la clasificación ABC. Estas herramientas están valoradas en S/. 19,199 generando un beneficio estimado de S/.16,367. La orientación principal de esta alternativa es abordar los problemas a través de mejoras en el proceso de fabricación, considerando de manera integral los protocolos de seguridad y las prácticas de mantenimiento.

La Alternativa 2 propone la implementación de herramientas como Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST), Estudio de Tiempos, Capacitación del personal en la cadena de suministro, Control de Proveedores y 5'S, con un costo de S/14,468.62 y un ahorro estimado de S/16,355. Esta alternativa se enfoca en resolver los problemas de manera económica y eficiente, alineándose con los objetivos

estratégicos de la empresa y asegurando la sostenibilidad a largo plazo.

Después de esta fase, se organizan las herramientas en alternativas, estructurándolas de tal manera que todas puedan abordar los problemas identificados. Sin embargo, al tener en cuenta las limitaciones de la empresa, se procede a la selección de la alternativa más adecuada.

TABLA III
RESTRICCIONES REALISTAS PARA LAS ALTERNATIVAS

Restricciones reales	Alternativa 1	Alternativa 2
Restricción económica: La compañía fija un tope presupuestario al asignar un límite de S/. 18,000	S/ 19,199.00	S/ 14,468.62
Restricción de tiempo: El plazo máximo para implementar las herramientas será de 3 meses	58	53
Restricción legal: La empresa no desea que se realicen modificaciones que involucren temas legales como, por ejemplo; normativas de ingredientes, así como recurrir al uso de estándares.	Si	Si
Restricción de disponibilidad: Se decidió fijar un límite de tiempo de tres horas hábiles al día para la introducción de esta herramienta.	Si	Si
Restricción de ambiental: Se tiene que cumplir con la gestión de residuos, incluyen residuos orgánicos y subproductos en la elaboración de los alimentos balanceados	Si	Si
Restricción de sostenibilidad: Se decide elegir una herramienta que con la inversión dada perdure con el tiempo	68%	72%

La elección de la Alternativa 2 se fundamenta en diversas razones sólidas. En primer lugar, su ajuste económico se evidencia en un costo de implementación de S/14,468.62, por debajo del límite presupuestario establecido en S/18,000, lo que asegura el cumplimiento de las restricciones financieras y la optimización de recursos. En segundo lugar, su ejecución en un periodo de 5 meses minimiza las interrupciones y garantiza una transición sin contratiempos. En tercer lugar, destaca por una menor inversión inicial y un firme compromiso con la sostenibilidad, ofreciendo un atractivo 72% de inversión y estimando un ahorro significativo de S/16,355. Su versatilidad y adaptabilidad permiten una planificación eficiente, apuntando a beneficios sostenibles para el futuro de la empresa.

En resumen, esta alternativa destaca como la elección más sólida, respaldada por un análisis meticuloso y un compromiso firme con la eficiencia económica y la sostenibilidad a largo plazo, cumpliendo con criterios y prometiendo beneficios duraderos.

E. Diseño de la alternativa seleccionada

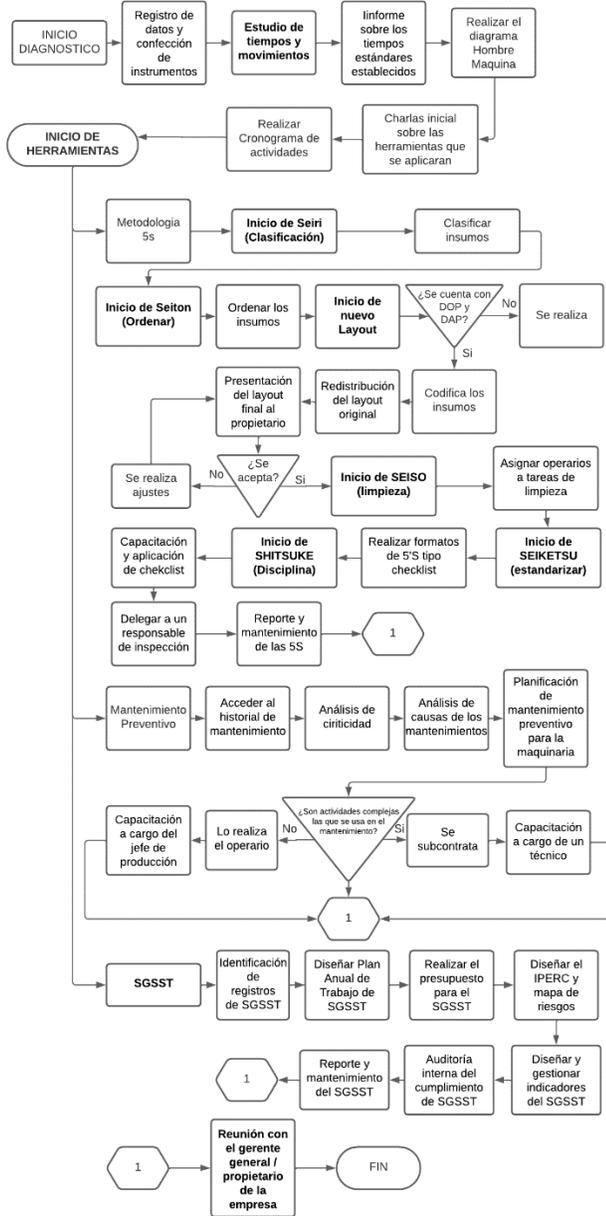


Fig. 2 Flujoograma del diseño de la alternativa seleccionada

F. Identificación y selección de estándares de ingeniería

Las operaciones estándar representan el método óptimo para llevar a cabo una operación, y deben ser consideradas como normas fundamentales que los operadores deben respetar. Es esencial investigar los estándares relevantes para la empresa, los cuales deben abarcar tanto el producto final como los procesos de producción de manera integral.

La presencia de estándares en la empresa señala el seguimiento claro y preciso de las normas durante la ejecución de los procesos. Por esta razón, se establecen estándares que contribuirán a mejorar los procesos de producción en la panificadora.

TABLA IV ESTÁNDARES SELECCIONADOS

N.º	Estándares	Descripción
1	C001 - Convenio sobre las horas de trabajo	El personal no podrá exceder de ocho horas por día y de cuarenta y ocho por semana.
2	Reglamento UE 2021/382 Manipuladores de Alimentos	Fomentar una cultura de seguridad alimentaria, verificar que exista una documentación y control.
3	Norma ISO 9001-2015-Sistema de Gestión de la Calidad	Se enfoca en establecer procesos y controles para garantizar una buena gestión de la calidad.
4	NTP 481: Orden y limpieza en lugares de trabajo	Enfocarse en garantizar y preservar la organización y la higiene adecuada en el centro de trabajo.
5	Normas para la Gestión del Proceso de Capacitación en las Entidades Públicas. Resolución Presidencia Ejecutiva N.º 141-2016-SERVR-PE	Esta norma servirá como modelo a seguir para el desarrollo de programas de capacitaciones.
6	Norma Sanitaria para la fabricación, elaboración y expendio de productos de panificación, galletería y pastelería.	Permite la difusión y supervisión de la aplicación de la norma sanitaria aprobada por la presente resolución en las fábricas de panificación.
7	ORCA (Organizational Risk and Compliance Administration)	Se tiene un perfil del proveedor, precio, capacidad técnica, tecnología e infraestructura y desempeño.
8	Norma ISO 45001:2018	Abarca el liderazgo, compromiso, política con respecto a la seguridad y salud en el trabajo.
9	Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo – Ley N.º 29783	Prevención de riesgos laborales, formación y capacitación de los trabajadores.
10	Norma Sanitaria para la aplicación del sistema HACCP en la fabricación de alimentos y bebidas (RM 4492006/MINSA)	La aplicación de los principios del sistema HACCP involucra una secuencia lógica de 12 pasos para la elaboración de principio a fin de un producto.

G. Formulación y cálculo de indicadores

El indicador del problema costos de merma, se calcula considerando la merma expresada en gramos de la mezcladora. Esta cantidad se divide entre el peso de la tanda producida de igual forma expresada en gramos, y el resultado se multiplica por 100 para obtener el indicador en forma de porcentaje. En términos monetarios. La pérdida total de merma por este problema asciende a S/1,110.94.

$$\left(\frac{\text{Merma en mezcladora (gramos)}}{\text{Peso de la tanda (gramos)}} \right) * 100 \tag{1}$$

El indicador del problema pérdida por tiempos no productivos, se calcula dividiendo los tiempos ociosos al mes expresado en horas sobre el tiempo potencial laborable al mes, luego se multiplica por 100 y se halla el promedio de este valor, de esta forma hallaremos este indicador.

$$\text{Promedio} \left[\frac{\text{Producción no atendida (en sacos)}}{\text{Total de la producción (en sacos)}} * 100 \right] \tag{2}$$

El indicador del problema costos asociados a la ausencia laboral por licencia médica pagada debido a accidentes en el trabajo, se calcula multiplicando el n° de accidentes por los días remunerados por el sueldo diario (S/. 88.77), esto aplica para cada uno de los niveles de accidentes (Leves, moderados y severos) lo que da como resultado S/. 323.08 para accidentes leves al año, S/. 242. 31 para accidentes moderados y S/. 0 para accidentes severos.

$$[N^{\circ} \text{ de accidentes} * \text{días remunerados} * \text{sueldo diario (S/. 88.77)}] \quad (3)$$

El indicador del problema sobrecostos por materia prima, se halla con el producto de la cantidad de insumo expresado en unidades por el precio del insumo, todo esto en base a los 12 últimos meses, esto nos da un valor de S/. 143 .66 al mes y S/. 1,723.92.

$$(\text{Cantidad de insumo} * \text{precio del insumo}) \quad (4)$$

El indicador del problema costos por movimientos innecesarios, se calcula dividiendo los movimientos totales expresados sobre los movimientos estándares, todo ello expresado en minutos y luego a dicho resultado se le multiplica por 100 para poder hallar este indicador que ayudará a reducir el desperdicio de recursos.

$$\frac{\text{Movimientos totales (min)}}{\text{Movimientos estándar (min)}} \times 100 \quad (5)$$

Finalmente, el indicador del problema costos por desorden en el almacén, se calcula dividiendo la pérdida de tiempo de búsqueda al mes sobre los días laborables al mes, este último se multiplica por las horas laborables, finalmente todo lo anterior se multiplica por 100 para que nos del indicador expresado en porcentaje

$$\frac{\text{Pérdida de tiempo de búsqueda al mes}}{(\text{días laborables al mes} * \text{horas laborables})} \times 100 \quad (6)$$

H. Formulación y cálculo de indicadores

En este estudio, se destaca la utilidad del proceso de simulación como herramienta innovadora para analizar sistemas y mejorar soluciones [1]. Se ha realizado una cuidadosa selección de métodos y softwares de simulación para garantizar la precisión en la representación de resultados en el contexto de la implementación de una alternativa propuesta. La lista incluye ProModel, Método Montecarlo, Flexim, CrystallBall, Simprocess y Stella. La elección de ProModel se basó en su capacidad precisa para simular diversos procesos de manufactura, especialmente para abordar el problema de costos por demora en el traslado en el almacén. Además, se optó por el Método Montecarlo para generar valores aleatorios y analizar probabilidades, especialmente en la simulación de los cinco problemas restantes. Este enfoque se implementará para mejorar y calcular los indicadores post implementación de la alternativa propuesta.

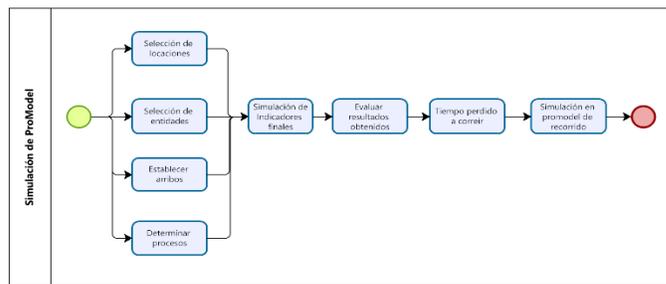


Fig. 3 Flujo de la simulación en ProModel

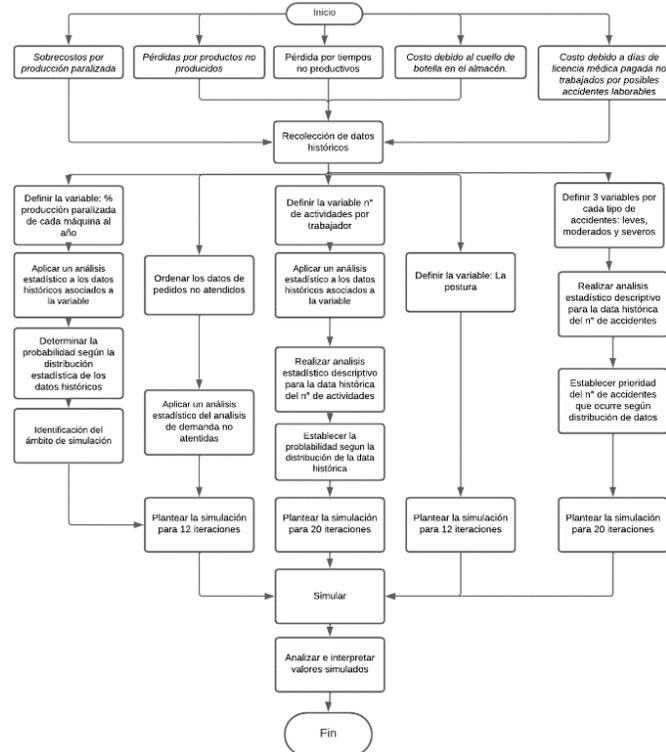


Fig. 4 Flujo de la simulación por el método Montecarlo

I. Ejecución de la simulación

Simulación en Montecarlo del problema 1: Costos de merma

Se analizó el registro de la materia prima. Es importante señalar que estos datos de tiempos de parada son históricos y han sido proporcionados por la empresa. Posteriormente, se construyó una matriz que presenta los datos principales relacionados con los paros.

TABLA V

MERMA MENSUAL				
Insumo	Unidad	Peso de la tanda (gramos)	Merma en mezcladora (gramos)	% Merma
Harina	Kilo	4800000	82892	1.73%
Huevo	Unidad	768	72	9.38%
Levadura	gramos	240000	16761	6.98%

Luego de identificar los datos se procedió a identificar la desviación estándar, así como el promedio para poder desarrollar la simulación.

TABLA VI
DATOS USADOS PARA LA SIMULACIÓN DEL PROBLEMA 1

Meses	Merma en mezcladora (gramos) - Harina	Merma en mezcladora (gramos) - Levadura
Mayo	6254	1273
Junio	6333	1315
Julio	6201	1333
Agosto	6234	1405
Setiembre	6558	1334
Octubre	6786	1380
Noviembre	6759	1265
Diciembre	6787	1239
Enero	6298	1334
Febrero	6668	1368
Marzo	6544	1270
Abril	6557	1237
Mayo	6310	1359
TOTAL	84289	17112

TABLA VII
DATOS SIMULADOS

Meses	Merma en mezcladora (gramos) - Harina	Merma en mezcladora (gramos) - Levadura
Mayo	6559	1322
Junio	6109	1257
Julio	6339	1336
Agosto	6460	1355
Setiembre	6378	1156
Octubre	6347	1358
Noviembre	6398	1198
Diciembre	6808	1227
Enero	6258	1353
Febrero	6334	1434
Marzo	6216	1297
Abril	6437	1285
Mayo		
TOTAL	82892	16761

Donde tras simular se obtiene la siguiente comparación del total de gramos de la producción paralizada, donde tras Datos históricos se obtiene 84,289 y 17,112 gramos de harina y levadura, mientras con los valores simulados es de 82,892 y 16,761 respectivamente.

Simulación en Montecarlo del problema 2: Pérdidas por tiempos no productivos

Se recopilaron datos históricos que contenían información pertinente acerca de la cantidad de producción no atendida. La variable principal en este modelo era la cantidad de producción no atendida mensual, y el objetivo era prever su comportamiento futuro mediante la simulación.

Con el propósito de facilitar una interpretación más precisa de los resultados de la simulación del problema en cuestión, se ha elaborado la tabla VIII.

TABLA VIII
DATOS HISTÓRICOS Y SIMULADOS

Año	2023 – 2024 (Mayo -Mayo)	
Actividades	Históricos	Simulado
A	1657.08	1630.25
B	1640.95	1633.84
C	1579.99	1534.81
Prom % Cap. Ociosa (antes)	4.00%	Prom % Cap Ociosa (después) 2.34%

Tras ejecutar la simulación para abordar el problema 2, la implementación de un estudio de tiempos se logró disminuir el tiempo de manera anual y se redujo el porcentaje de la producción no atendida de 4% a 2.34%, según los cálculos de una simulación, lo que conlleva que hubo una mejora durante 1 año.

Simulación en Montecarlo del problema 3: Costos asociados a la ausencia laboral por licencia médica pagada, debido a accidentes en el trabajo

El proceso de simulación para estimar los costos relacionados con los días de licencia médica no trabajados debido a posibles accidentes laborales implica varios pasos clave. Comienza con la recopilación de datos históricos sobre el número de accidentes ocurridos, clasificados en niveles de gravedad: leves, moderados y severos. Con esta información y el análisis estadístico, se establecen las probabilidades para cada categoría de accidente, esenciales para la simulación Montecarlo. Una vez definidas las probabilidades, se configura el número de iteraciones para la simulación, donde se consideran 20 iteraciones como un número representativo.

TABLA IX
DATOS HISTÓRICOS Y SIMULADOS DE ACCIDENTES OCUPACIONALES

Nº de meses	Nº accidentes tipo A		Nº accidentes tipo B		Nº accidentes tipo C	
	Historico	Simulado	Historico	Simulado	Historico	Simulado
1	1	3	0	0	0	0
2	0	0	0	3	0	0
3	1	1	0	1	0	0
4	0	2	0	1	0	0
5	0	2	0	0	0	0
6	0	2	0	2	0	0
7	0	2	0	2	0	0
8	1	1	0	2	0	0
9	0	3	0	0	0	0
10	0	1	0	0	0	0

11	0	2	0	1	0	0
12	1	2	1	-1	0	0
Total	4	21	1	11	0	0

En la simulación realizada para cada tipo de accidente, se concluye que no se espera que ocurra ningún accidente, ya sea leve, moderado o severo. Esta predicción se basa en la falta de incidentes moderados y graves en la data histórica, y en la baja incidencia de accidentes leves. La implementación del plan de mejora se anticipa como una medida eficaz para mejorar la seguridad y prevenir accidentes.

Simulación en Montecarlo del problema 4: Sobrecostos por materia prima

Se recopilaron datos como los precios de cada insumo comprados mensualmente, se sacó un promedio de los costos y se estimaron el comportamiento futuro de los costos de cada insumo a través de la simulación. Esto implicó calcular estadísticas como la media, la desviación estándar y la mediana, entre otras, para comprender mejor la distribución de estos datos.

TABLE X
PRECIOS PROYECTADOS SEGÚN LA CANTIDAD ELABORADA (2024)

Insumos	Precio	Cantidad
Harina	2.25	Kg
Huevo	0.44	Unidad
Sal	0.0014	g
Manteca	0.0089	g
Mejorador	0.0074	g
Levadura	0.0166	g
Azúcar	0.0037	g

Tras la simulación para el problema 4, se obtuvieron resultados favorables, una reducción en los precios de los insumos. La harina se redujo de 2.72 soles por kg a 2.25 soles por kg, el huevo de 0.50 soles la unidad a 0.44 soles la unidad, en la sal se redujo de 0.0015 soles por gramo a 0.0014 soles por gramo, podemos decir que estos insumos han recibido un mayor impacto en una reducción del precio según a la cantidad. Como resultado final se concreta en que se hizo un ahorro del 4% con respecto a los precios según a la cantidad utilizada.

Simulación en Montecarlo del problema 5: Costos por movimientos innecesarios

La simulación Montecarlo fue la adecuada para este problema debido a que se recopilaron los datos históricos de los últimos 12 meses del promedio de los movimientos innecesarios en 1h. La variable principal de este modelo son los movimientos innecesarios, y el objetivo era prever su comportamiento futuro a través de la simulación.

A continuación, en cada iteración, se generaron valores aleatorios basados en la distribución normal definida previamente, representando escenarios hipotéticos del número de actividades mensuales de los trabajadores. Finalmente, se

realizó la monetización utilizando los valores de las variables obtenidas en la simulación.

TABLE XI
PROMEDIO DE LOS MOVIMIENTOS INNECESARIOS

Meses	Mov. Innecesarios en 1h	Mov. Innecesarios totales (8h)	Mov. Innecesarios totales(min)	Costo en 1h.	Costo total
Enero	727	5816	581.6	S/ 109.05	S/ 872.40
Febrero	696	5568	556.8	S/ 104.40	S/ 835.20
Marzo	732	5856	585.6	S/ 109.80	S/ 878.40
Abril	658	5264	526.4	S/ 98.70	S/ 789.60
Mayo	749	5992	599.2	S/ 112.35	S/ 898.80
Junio	762	6096	609.6	S/ 114.30	S/ 914.40
Julio	784	6272	627.2	S/ 117.60	S/ 940.80
Agosto	715	5720	572	S/ 107.25	S/ 858.00
Setiembre	675	5400	540	S/ 101.25	S/ 810.00
Octubre	628	5024	502.4	S/ 94.20	S/ 753.60
Noviembre	722	5776	577.6	S/ 109.05	S/ 872.40
Diciembre	748	5984	598.4	S/ 104.40	S/ 835.20
Costo total de mov. Innecesarios			6,877 minutos	S/ 1,289.40	S/ 10,315.20

Con la ayuda del Simulador Monte Carlo y el plan de mejora, se logró reducir el valorizado por cada mes. Esto se evidencia en el cambio del porcentaje promedio de producción de movimientos innecesarios.

Simulación en ProModel del problema 6: Costos por desorden en el almacén

El modelo creado en ProModel consta de 8 locaciones, 7 entidades que representan cada insumo utilizado, 7 rutas asignadas a cada tipo de entidad y la participación de 7 operarios. Los arribos varían de 1 a 7, dependiendo del tipo de insumo, donde el número máximo indica el insumo más utilizado, mientras que el 1 corresponde al menos utilizado.

La simulación se centra principalmente en el indicador de tiempo, con el diseño del modelo en ProModel ajustado para reflejar la disposición del área de producción de la empresa. Se incorporó una librería gráfica que muestra imágenes relacionadas con el proceso de producción. La duración de la simulación se estableció en 8 horas, utilizando el comando lógico Wait para determinar el tiempo que una entidad permanece en una ubicación específica. Para evaluar la variación del indicador, se realizó una simulación inicial con los datos actuales y otra después de implementar la metodología 5S, evidenciada en la reorganización del layout, específicamente en la fase Seiton.

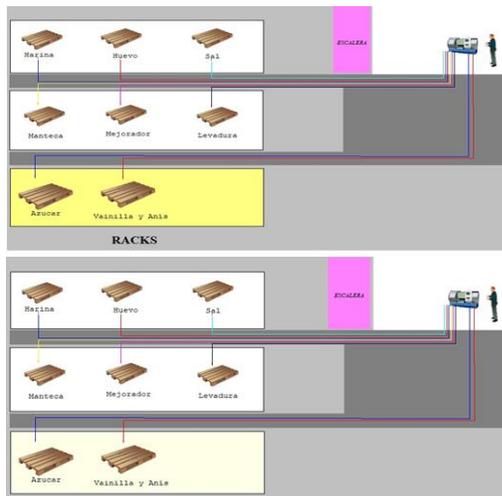


Fig. 5 Simulación por ProModel

Tras la simulación, hay un tiempo promedio de búsqueda de insumos de 31 minutos, lo que causa el retraso de la elaboración del producto del pan. Sin embargo, después de aplicar el orden en el almacén (parte de la implementación de la Metodología 5S) se obtiene un tiempo promedio 23.5 minutos, una reducción del 24% en la búsqueda de insumos, el cual, representa una mejora sustancial en la eficiencia y rentabilidad de las operaciones, evidenciando la importancia de la optimización y la gestión de costos a través de la metodología 5S.

Después de llevar a cabo las simulaciones, procedemos a efectuar una evaluación de los indicadores con el fin de calcular los beneficios.

TABLA XII
COMPARACIÓN DE INDICADORES

Nº	Problema	Indicador (Anual)	Formula de indicador	VA Indicador	VA Monetario	Descripción del Indicador
1	Costos de merma	% de merma	$\frac{\text{Merma en mezcladora (g)}}{\text{Peso de la tanda (g)}}$	27.56%	S/ 1,110.94	El indicador muestra el porcentaje de merma de los insumos de la producción de panes.
2	Pérdida por tiempos no productivos	% de capacidad ociosa	$\frac{\text{Promedio (tiempo ocioso horas x mes/tiempo potencial laborable mensual)}}{\text{}}$	4.84%	S/ 261.63	Este indicador refleja la media del tiempo de inactividad de todos los empleados a lo largo del año.
3	Costos asociados a la ausencia laboral por licencia médica pagada, debido a accidentes en el trabajo	Nº de accidentes leves al año	Nº de accidentes leves al año [Nº de accidentes*días remunerados*suelo diario (S/88.77)]	3	S/ 323.08	Este indicador muestra la cantidad de accidentes que han ocurrido durante el año, categorizándolos en leves, agudos y graves que han afectado a los trabajadores. Se multiplica por los días pagados y el salario diario debido a los días de licencia médica.
		Nº de accidentes moderados al año	Nº de accidentes moderado al año [Nº de accidentes*días remunerados*suelo diario (S/88.77)]	1	S/ 242.31	
		Nº de accidentes severos al año	Nº de accidentes severos al año [Nº de accidentes*días remunerados*suelo diario (S/88.77)]	0	S/ -	
4	Sobrecostos por materias primas	Costo de materia prima	Cantidad de insumo*precio de insumo	S/ 143.66	S/ 143.66	El indicador muestra la cantidad de insumo implementado por el precio del insumo en la producción mensual de panes de la empresa.
5	Costos por movimientos innecesarios	% promedio de movimientos	Movimientos totales/Movimientos estándares	54%	S/ 1,135.20	Este indicador sirve para medir la eficiencia operativa en el lugar de trabajo. Además, ayuda a identificar cuánto tiempo y esfuerzo se desperdician en actividades

innecesarios		que no aportan valor, permitiendo así implementar mejoras en los procesos y reducir el desperdicio de recursos.	
6	Costos por desorden en el almacén	% Tiempo perdido por insumo al año	Pérdida de tiempo de búsqueda al mes/(días laborables al año*oras)
			11% S/ 1,104.12

Se observa que los beneficios son positivos, confirmando la hipótesis del proyecto que establece que el plan de mejora reduce los costos operativos. El valor actual es de S/ 60,320.94, mientras que, después de las simulaciones, el valor mejorado es de S/ 30,090.50 lo que representa un ahorro de S/ 30,230.44. Este ahorro se traduce en una reducción del 54.48% en términos porcentuales.

J. Evaluación económica

Se utilizó el análisis de flujo de efectivo para evaluar el plan de mejora económica. En una primera fase, se examinaron los costos asociados con la implementación de cada herramienta, teniendo en cuenta el mes correspondiente. Esta evaluación abarcó un período de un año. Posteriormente, se calcularon los beneficios de cada herramienta, considerando la inversión realizada.

TABLA XIII
EVALUACIÓN ECONÓMICA

MESES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EGRESOS													
Compra de maquinaria	S/ 10,000.00												
Costo de inversión	S/ 3,500.00												
Mantenimiento	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00	S/ 2,250.00
Capacidad	S/ 1,145.00												
Costos operacionales adicionales													
TOTAL EGRESOS	S/ 13,845.00	S/ 7,500.00											
INGRESOS													
Beneficio Problema 1	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55	S/ 6,772.55
Beneficio Problema 2	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03	S/ 3,013.03
Beneficio Problema 3	S/ 955.38	S/ 955.38	S/ 955.38	S/ 955.38	S/ 955.38	S/ 955.38	S/ 955.38	S/ 955.38	S/ 955.38	S/ 955.38	S/ 955.38	S/ 955.38	S/ 955.38
Beneficio Problema 4	S/ 167.69	S/ 167.69	S/ 167.69	S/ 167.69	S/ 167.69	S/ 167.69	S/ 167.69	S/ 167.69	S/ 167.69	S/ 167.69	S/ 167.69	S/ 167.69	S/ 167.69
Beneficio Problema 5	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20	S/ 3,307.20
Beneficio Problema 6													
TOTAL INGRESOS	S/ -	S/ 13,825.85											
FLUJO MENSUAL DE CAJA	S/ -13,845.00	S/ 6,295.85											

En última instancia, se efectuó el cálculo de la tasa de descuento mensual, que resultó en un 1.53%. Los resultados indican que la Tasa Mínima de Atracción de Recursos (TMAR) es inferior a la Tasa Interna de Retorno (TIR), lo cual respalda la aceptación del proyecto. Asimismo, el Valor Actual Neto (VAN) es positivo, superando los 0, lo que confirma la viabilidad del proyecto. Además, se observa un beneficio neto sobre el costo de S/ 1.53.

TABLA XIV
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

TMAR	1.53%
TIR	44%
VAN	S/ 50,451
B/C	1.50
VAN Ingresos	S/ 150,515
VAN Egresos	S/ 100,064

Según se aprecia en la Tabla XIV, el Valor Actual Neto (VAN) supera los 0, y la Tasa Interna de Retorno (TIR) es mayor que la Tasa Mínima de Atracción de Recursos (TMAR). Esta situación indica que la implementación del plan seleccionado generará significativos beneficios para la empresa, confirmando así la viabilidad del proyecto.

III. DISCUSIONES

Esta investigación tiene como objetivo principal la reducción de costos en la empresa panadera, donde esto se evidencia en las comparaciones de los 6 problemas identificados. En cuanto al primer problema: Costos de Merma; se recolectó las cantidades en un periodo de un año para realizar la simulación de Montecarlo obteniendo inicialmente un promedio de 84,289 gramos en harina y 17,112 gramos en levadura, sin embargo, se encontró que actualmente el huevo no es tan utilizado en la producción de panes por los altos precios en el mercado durante los últimos años en el Perú, este insumo solo se utiliza en panes tipo “yema”. Como punto importante en la simulación, se halló una desviación estándar de 221.74 en la harina, lo que significa que los datos varían considerablemente mientras que con la levadura se halló una desviación de 81.08. Luego de aplicar las capacitaciones, se obtuvo como merma 82,892 g en harina y 16,761 g en levadura; se apreció una reducción de merma logrando reducir los costos de la pérdida de la panificadora debido a que los colaboradores tienen claro sus funciones y se encuentran aptos para el manejo de la maquinaria y funciones del puesto después de haber sido capacitados. [9].

El segundo problema: Pérdida por tiempos no productivos; se realizaron 3 actividades, durante cada actividad (A, B y C) donde se redujo el porcentaje de la producción no atendida, primero se realizó una toma de movimientos de los colaboradores debido a que se observaban tiempos muertos en los procesos de los distintos tipos de pan (suaves y crocantes), se aplicó un Diagrama de Hombre-Máquina lo que conlleva que hubo una mejora del promedio de capacidad ociosa durante 1 año. Luego de obtener la data, se modificó el orden de actividades y se buscó ocupar esos tiempos inactivos. Antes de realizar los cambios se obtuvo un 4.00% y después de realizar la simulación se disminuyó a un 2.34% durante los 12 meses de la producción no atendida [8].

La implementación del Sistema de SGSST resultó en una mejora del 100% basándose en la ley 29783, eliminando costos y la amenaza de multas asociados a días de licencia médica pagada por accidentes, esto referente al tercer problema, debido a accidentes en el trabajo, se realizaron simulaciones de cada tipo de accidente de trabajo, abarcando 20 iteraciones a lo largo de los últimos 12 meses en la empresa. La tabla resumen muestra que, sumando los accidentes simulados de cada iteración en cada mes, se obtuvieron 21 accidentes de tipo A, 11 accidentes de tipo B y 0 accidentes de tipo C para el año 2023. Estos resultados respaldan la eficacia del SGSST en la

reducción de costos relacionados con accidentes y en la mejora de la seguridad laboral implementando como mínimo 4 capacitaciones al año. [8].

En cuanto al problema de sobrecostos por materia prima, primero se evaluaron los precios del proveedor anterior y se buscó otro candidato como proveedor de insumos pasando los respectivos filtros de control, con el objetivo de buscar reducir los precios de insumos que se adquieren en la panadería y poder incrementar la ganancia al mismo tiempo. El nuevo proveedor ayudó a obtener resultados favorables, con una reducción en los precios de los insumos donde la harina se redujo de 2.72 soles por kg a 2.25 soles por kg, el huevo de 0.50 soles la unidad a 0.44 soles la unidad, en la sal se redujo de 0.0015 soles por gramo a 0.0014 soles por gramo. Esto puede parecer céntimos o algo mínimo, pero al cierre de mes todo suma y el objetivo es reducir las pérdidas en lo posible. Se concreta en que se hizo un ahorro del 4% con respecto a los precios según a la cantidad utilizada al existir un control de proveedores. [12].

El siguiente problema por costos por movimientos innecesarios, se realizó una evaluación mediante observación, para proceder a clasificar los insumos y equipos, realizando un nuevo layout y capacitar al personal debido a que se observaban tiempos muertos y movimientos repetitivos y poco efectivos para la empresa donde se obtuvo un rango promedio de movimientos innecesarios mensuales entre 1695 y 1560, con una desviación estándar de 38.14, lo cual significa que los movimientos promedio son cercanos. Luego de obtener esa data, se desarrolló mediante el simulador Montecarlo, arrojando una reducción en los movimientos innecesarios entre un rango de 1674 y 1554. [6].

Como último problema: Costos por desorden de almacén; se observó movimientos innecesarios y un desorden en el área de trabajo, por lo cual se implementó las 5'S con los formatos requeridos, además de inculcar esa nueva cultura en los colaboradores mediante capacitaciones. Estas implementaciones se emplearon con el simulador ProModel con la finalidad de reducir los tiempos de la búsqueda de insumos durante la producción del pan, el cual se realizó una redistribución de la ubicación de los insumos, el cual se reducen los tiempos de la búsqueda de insumos. [6].

IV. CONCLUSIONES

Se concluye con la realización de diferentes estudios para poder hacer una proyección eficiente con respecto a nuestros indicadores presentados, relacionados de manera directa a los problemas identificados en la empresa panificadora. Los problemas que se hallaron son como los diferentes porcentajes de merma de los insumos en el proceso de elaboración del pan, la capacidad ociosa, número de accidentes al año en el manejo de herramientas o procesos en el trabajo, costos de materia prima que afectan a la rentabilidad de precios internos dentro de la empresa, tiempo perdido por movimientos innecesarios, tiempo perdido por insumo al mes, todos estos puntos se han

podido analizar y evaluar para obtener finalmente un ahorro económico de S/.26,090.41 con respecto a los valores finales de las seis simulaciones realizadas. Para abordar estos problemas, se implementaron estrategias y herramientas las cuales son la Metodología 5S, un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, Control de Proveedores, Estudio de tiempos y Movimientos y Capacitación del personal en la cadena de suministro.

Después de las mejoras, se utilizó la simulación Montecarlo y ProModel para comparar el desempeño actual con el mejorado, obteniendo mejoras significativas y ahorros económicos en cada problema identificado. La evaluación económica mostró la viabilidad del proyecto con un Valor Actual Neto (VAN) de S/50.451, Tasa Interna de Retorno (TIR) del 44%, y un beneficio/costo de 1.50. En conclusión, el plan de mejora logró reducir las pérdidas en un 54.48%, respaldando la viabilidad de su implementación exitosa.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Estamos agradecidos con Dios por permitirnos luchar día a día con cada una de nuestras metas trazadas.

Gracias a nuestros padres, que siempre nos apoyan en cada decisión tomada y siempre nos alientan.

Agradecer a nuestro profesor Teodoro Geldres, por siempre retroalimentarnos y apoyarnos en los distintos aspectos de las evaluaciones y herramientas implementadas para lograr un buen trabajo y que pueda servir de ayuda a otros estudiantes y futuros profesionales como nosotros.

REFERENCIAS

- [1] Alarcón Gutiérrez, K. A. (2023). Implementación de la metodología 5S para mejorar la productividad en el área de producción de una empresa procesadora de cereales [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima]. Repositorio institucional de la Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/18575>
- [2] Cartín-Rojas A, Villarreal-Tello A y Morera A. Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual. *Rev Med Vet.* 2014;(27): 133-148. Doi: <https://doi.org/10.19052/mv.3030>
- [3] Cavero Pacheco, S. J. (2022). Procedimientos escritos de trabajo seguro y su efecto en los indicadores de seguridad y salud en el trabajo en la instalación de fibra óptica aérea. *Revista Científica Integración*, 5(1), 42–52.
- [4] Cuggia Jiménez, C., Orozco Acosta, E., & Mendoza Galvis, D. (2020). Manufactura esbelta: una revisión sistemática en la industria de alimentos. *Información tecnológica*, 31(5), 163-172. <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v31n5/0718-0764-infotec-31-05->
- [5] Eleorraga, K. A. J., Chirinos, J. W. C., Núñez, M. M., & Lizarazo, N. D. R. C. (2021). Metodología 5S para mejorar el rendimiento del almacén de una empresa azucarera de Perú. *UCV Hacer*, 10(1), 59-68.
- [6] Fernández, J. H., Pineda, Z., & Abreu, E. G. (2016). Mejora del sistema de gestión del almacén de suministros de una empresa productora de gases de uso medicinal e industrial. *Ingeniería Industrial. Actualidad y nuevas tendencias*, (17), 89-108. Lima Llasaca, W. A. (2019). Diseño e implementación de la Metodología 5S para mejorar la gestión de almacén de la Empresa CFG Investment SAC, Lima 2018
- [7] Gadea-García, A. W. (2016). Propuesta para la implementación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en la empresa SUMIT S.A.C. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima]. Repositorio institucional de la Universidad de Lima. <http://doi.org/10.26439/ulima.tesis/3497>
- [8] García Heredia, A. (2018). Implementación de 5's para mejorar la calidad De Producción del Pan Francés en la Panadería Los Linos S.R.L, Callao, 2018. [Tesis de título, Universidad César Vallejo]. Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31034/Garcia_HAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [9] Julca Briones, V. & Chuquipoma Meza, J. (2022). Propuesta de implementación de un sistema de gestión para reducir los costos operativos en las áreas de almacén y producción en una panadería en Trujillo. Repositorio UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32241/Chuquipoma%20Meza%2c%20Jhordana%20Mia%20-%20Julca%20Briones%2c%20Victor%20Alexander.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- [10] Sarria Yépez, M., Fonseca Villamarín, G., & Bocanegra Herrera, C. (2017). Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (83), 51–71. <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n83/0120-8160-ean-83-00051.pdf>
- [11] Sunafil. (s/f). Fiscalización En Seguridad Y Salud En El Trabajo. Ministerio de trabajo y promoción del empleo. Recuperado el 27 de agosto de 2023, de https://www2.trabajo.gob.pe/archivos/presentaciones/Proceso_fiscalizacio_n.pdf
- [12] Vargas Hernández, J., Muratalla Bautista, G., & Jiménez Castillo, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, V (17), 153-174. <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215049679011.pdf>