

AHP,EOQ analysis and Montecarlo simulation to reduce costs in a company in the SME sector)

Bachiller Lizbeth Maricela Bueno Urbina¹ , Bachiller Robert Johan Barrantes Mena¹ , Bachiller Álvaro Rodrigo Dávila Humire¹ , Bachiller Jaidy Daniela Vargas Ñontol¹ , Doctor Jimy Oblitas¹ 

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00233900@upn.pe, N00245071@upn.pe, N00235876@upn.pe, N00243904@upn.pe, Jimy.oblitas@upn.edu.pe

Abstract– The PYME industry faces challenges to improve its way of work, many theories must be tested to ensure the efficiency of the implementation at this scale of companies. The addressed work evaluates an PYME in the baking sector, because of that the multi-criteria decision was tested based on AHP to provide 2 solutions linked to the improvement of machine maintenance and the inclusion of a first phase of automation based on timers to reduce losses and production costs. This latter was tested based on EOQ criteria, along with the simulation Montecarlo with 10000 scenarios for the VAN, which showed that proposed improvements are feasible to implement. Finally, it is demonstrated that the use of complex decision-making tools is fully practicable in PYME scale companies.

Keywords: AHP, EOQ, Monte Carlo Simulation, SME

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Análisis AHP, EOQ y Simulación Montecarlo para reducir costos en una empresa del sector PYME

Bachiller Lizbeth Maricela Bueno Urbina¹ , Bachiller Robert Johan Barrantes Mena¹ , Bachiller Álvaro Rodrigo

Dávila Humire¹ , Bachiller Jaidy Daniela Vargas Ñontol¹ , Doctor Jimmy Oblitas¹ 

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00233900@upn.pe, N00245071@upn.pe, N00235876@upn.pe, N00243904@upn.pe, Jimmy.oblitas@upn.edu.pe

Resumen– La industria PYME tiene desafíos de mejora en su forma de trabajo, muchas teorías deben ser probadas para ser su eficiencia de implementación en esta escala de empresas, el trabajo abordado evalúa una PYME del sector panadero, para ello se probó la decisión multicriterio en base a AHP, para dar 2 soluciones ligadas a la mejora del mantenimiento de las máquinas y de la inclusión de una primera etapa de automatización en base a temporizadores para reducir mermas y costos de producción, esto último se probó en base al criterio del EOQ, junto con ello se generó una simulación Montecarlo con 10000 escenarios para el VAN, donde se evidencio que la propuesta de las mejoras son factibles de ser implementadas. Finalmente se muestra que el uso de herramientas de decisión complejas es plenamente utilizables en empresas de escala PYME..
Palabras Clave: AHP, EOQ, Simulación Montecarlo, PYME

I. INTRODUCCIÓN

Las empresas y microempresas han sido afectadas por la aparición del Covid-19 aun habiendo pasado cuatro años desde su aparición, limitando o dificultando el proceso de su reactivación económica [1], ante esta necesidad germinaron diferentes estrategias e innovaciones los cuáles posibilitaron elevar o mejorar la competitividad de las empresas como aplicaciones de lean Manufacturing [2], economía circular [3] entre otros. En el caso de las panaderías artesanales como microempresa se tienen que enfrentar a diversos desafíos esenciales para la subsistencia de la misma, esto obliga a las empresas a tener que generar nuevas estrategias y operaciones, entre las acciones más críticas se encuentran el mantenimiento hacia las máquinas, la falta de control en las mercancías finales estrategias de marketing, etc. La falta de preparación adecuada por cada área puede ocasionar una disminución en la calidad del producto final, traduciéndose en pérdidas económicas y reducción en la satisfacción del cliente, dando paso a que el entorno competitivo genere más consistencia, como es conocido la calidad, imagen y precio son fundamentales para la subsistencia del negocio [4]. Los desafíos mencionados serán abordados dentro del artículo para originar la mejor solución de acuerdo a las capacidades del negocio.

Implementar un plan de sostenibilidad y mejora continua para el mantenimiento de máquinas en una panadería es esencial para garantizar la eficiencia operativa y la longevidad de los equipos. Este plan aborda la situación actual mediante un análisis detallado del inventario y el historial de mantenimiento, seguido de una planificación meticulosa que incluye un calendario de mantenimiento, seguido de una planificación meticulosa que incluye un calendario de mantenimiento

preventivo, procedimientos estándar y una clara asignación de responsabilidades

En el presente trabajo se implementó un análisis en base a los 5 porqués facilitando la identificación de la causa principal a cada problemática descubierta. De igual manera, se hizo uso del diagrama Ishikawa, el cual es otra herramienta que ayudó en la identificación de las causas del problema. Dentro de la búsqueda de soluciones también se aplicaron varios parámetros tales como la medición de metas las cuáles se compararon con estándares o promedios de mejora, recopiladas de otros estudios, para la comparación se usó el gráfico de caja y bigote, este gráfico sirvió para establecer estándares realistas en porcentajes de mejoras.

Para un mejor entendimiento del análisis técnico se efectuó un Diagrama de Forrester también conocido como Diagrama Causal Loop [5], por medio de este gráfico se entrelazaron las principales problemáticas, analizando cómo una puede afectar sobre la otra. Finalmente, con el objetivo de tener un análisis económico claro se decidió realizar una simulación Montecarlo [6], con la finalidad de tener conocimiento de probabilidades y los posibles impactos de las soluciones brindadas, esperando que las medidas tomadas sean acertadas y efectivas para la empresa. Por consiguiente el artículo tiene como objetivo precisar la efectividad sobre el análisis de la herramienta Lean, los 5 porqués, el método Ishikawa, el gráfico de caja y del método Montecarlo, para mejorar los procesos y reducción de costos actuales en una empresa panadera MYPE.

II. MATERIALES Y MÉTODO

Este estudio se realizó en una empresa panadera de la provincia de Cajamarca, Perú. Se recopilaron datos necesarios que permitieron identificar problemas de falta de mantenimiento en sus equipos y sistema de producción usando entrevistas estructuradas, visitas de campo y revisión de documentación. Los métodos de investigación empleados fueron un análisis prospectivo para alinear los objetivos de la empresa hacia el futuro, el diagrama causal loop (diagrama de Forrester) para analizar la causa y efecto de los problemas y determinar indicadores que midan las soluciones y su impacto en los costos. La determinación de soluciones de término en base al método Analytic Hierarchy Process (AHP) [7]. Además, se utilizaron flujos de caja para considerar los costos incurridos por la empresa debido a los problemas mencionados, así como un flujo de caja integrado que mostraba los costos de implementación y los ingresos generales. Finalmente, se realizó una simulación de resultados en base a proyecciones del EOQ

(Economic Order Quantity) [8] Montecarlo para el análisis de riesgo y la toma de decisiones, estimando los posibles resultados de diferentes escenarios.

III. RESULTADOS

A. Identificación de problemas.

Para que una empresa panadera pueda destacarse a nivel regional, es crucial aplicar las mejoras propuestas y contar con planes a futuro que permitan enfrentar cualquier dificultad. Es muy importante considerar las nuevas tendencias tecnológicas del sector y determinar si su implementación debe ser inmediata o puede postergarse. Este análisis prospectivo busca preparar a la empresa para futuros cambios. Para alcanzar el escenario ideal propuesto, se deben abordar los problemas identificados previamente: la falta de mantenimiento de los equipos y los panes quemados. Para profundizar en estos problemas e identificar posibles soluciones, se sugiere utilizar la técnica de los 5 porqués.

Se utilizó esta técnica y se comprobó que el problema central del mantenimiento es la falta de charlas informativas y de observación preventiva en la empresa. En otras palabras, no existe un plan de mantenimiento programado para ninguna de las máquinas, por otro lado la causa central del problema de los panes quemados con el horno artesanal es la falta de control adecuado de la temperatura y el tiempo de cocción.

Al conocer las causas que generan los problemas más importantes identificados en la Panadería, se elabora un diagrama Causal Loop o Diagrama de Forrester, permite identificar las causas y los efectos de las variables que influyen en los problemas mencionados.

En la figura 1, se observa dos de los principales indicadores que tienen ambos problemas y que son suma de utilidad al momento de evaluar las futuras soluciones que se realizarán. Por el lado de mantenimiento tenemos el indicador de disponibilidad el cual medirá el porcentaje de tiempo que las máquinas se encuentran disponibles, para el problema de panes quemados en el gráfico también se puede observar otros indicadores que están asociados a los temas de mantenimiento.

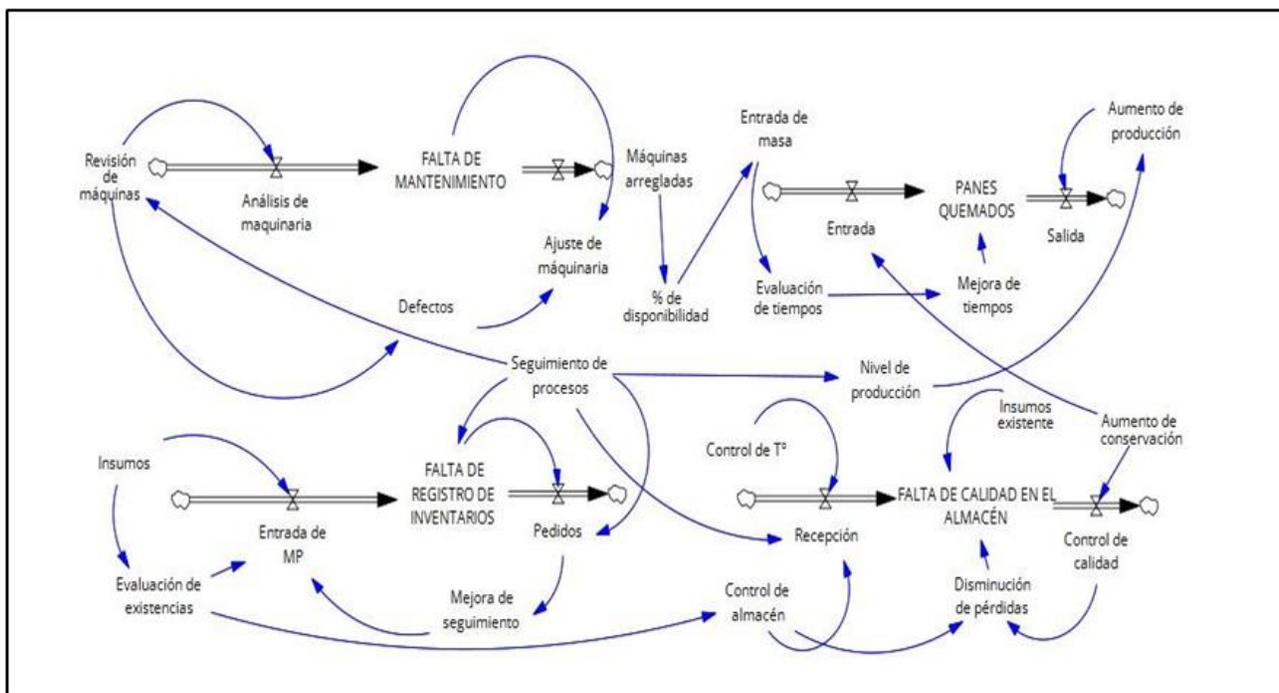


Fig. 1 Diagrama Causal Loop de los problemas encontrados

B. Selección de la alternativa de solución usando método AHP.

Identificado la causa raíz y los costos que estos problemas generan, se proponen dos alternativas de solución para cada los cuales se muestran en la Tabla I..

Para la determinación de la mejor solución se empleo el método Analytic Hierarchy Process (AHP), ponderando los

factores de costo de implementación, reducción de costos, sostenibilidad de la propuesta y facilidad de implementación. Este tipo de análisis AHP a sido descrito y utilizado con éxito para tomar decisiones en empresas del tipo PYME [9], como es la panadería donde se viene elaborando el trabajo.

TABLA I

ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS PLANTEADO

PROBLEMA	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B
Falta de mantenimiento de las máquinas	Implementación de un programa de mantenimiento preventivo computarizado (CMMS))	Implementación de mantenimiento predictivo
Panes quemados en el horno artesanal	Implementación de sensores (automatizar)	Nuevo procedimiento de trabajo en el proceso

C. Diseño de alternativa de la solución

Seguidamente, para organizar nuestro plan de solución elegido se hizo uso de Diagramas de Flujo de Carriles para ambos casos. Primeramente Se detectó el problema que tiene la máquina, el cual consistía en evaluar la gravedad del problema, seguidamente se programó la revisión y mantenimiento ya que por implementación final se realizarán informes periódicos para determinar las decisiones de mejora continua.

Como se visualiza en la figura 2, este diagrama de carriles con la solución del CMMS integrado no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también asegura que todos los problemas de mantenimiento se gestionan de manera efectiva y oportuna, minimizando el tiempo de inactividad y prolongando la vida útil de las máquinas.

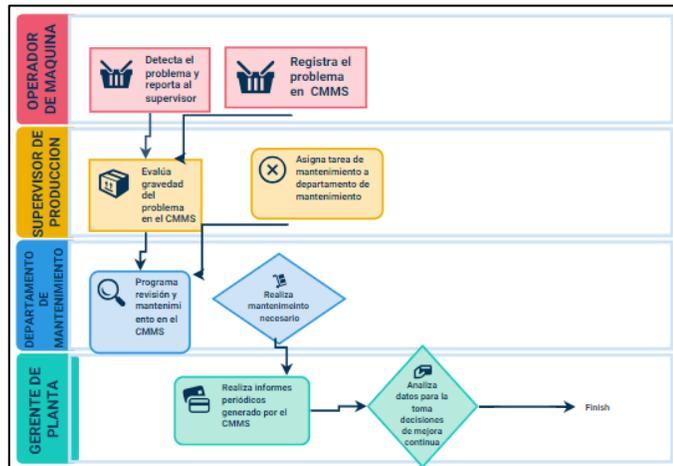


Fig.2 Diagrama de flujo de carriles de falta de mantenimiento en las máquinas con solución integrada

Así como se realizó el diagrama de carriles para la falta de mantenimiento también se trazó uno para el desafío de disminuir la cantidad de panes quemados por el horno artesanal. La solución implementada involucra automatizar en una fase inicial con temporizadores para tomar en cuenta el tiempo y temperatura del horno artesanal, con lo cual se mejora el control de esta fase de la producción, el procedimiento se observa en la Figura 3.

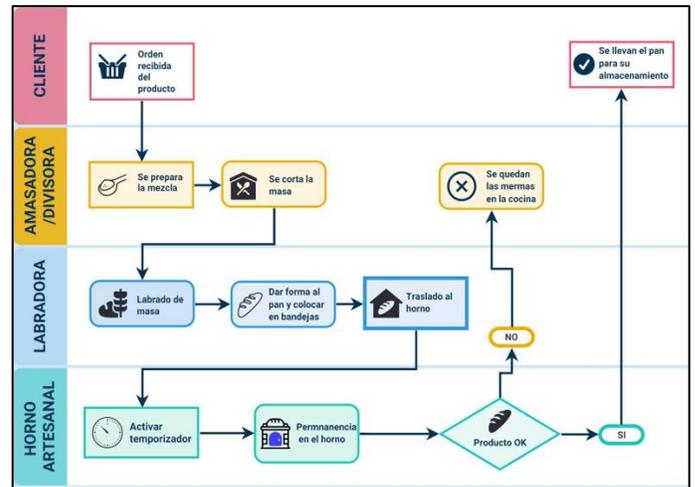


Fig.3 Diagrama de flujo de carriles del proceso de pan con solución integrada.

Dentro de la empresa se logró observar el proceso de elaborado del pan y al momento de colocar el producto dentro del horno artesanal solo se tenía una medición del tiempo empírica de parte de los operarios. A través de la implementación de una herramienta como el temporizador se busca disminuir la entrega de mermas y que haya una mayor cantidad de productos entregados en buen estado.

D. Indicadores para medir el índice de mejoras

Para poder cuantificar los datos se establecieron índices que nos ayudarán a medir los porcentajes de mejora para cada solución propuesta, el problema de falta de mantenimiento en máquinas y las mermas originadas por el horno artesanal. Para estos indicadores se realizaron unas breves definiciones y beneficios.

TABLA II

TABLA DE INDICADOR DE DISPONIBILIDAD

Indicador	Disponibilidad
Definición	La disponibilidad dentro de este contexto es un indicador el cual representará la distribución del tiempo cuando el equipo esté operativo en relación al número de fallas que se halla presentado [10].
Fórmula	$((\text{Tiempo de Funcionamiento Total} - \text{Tiempo de Inactividad}) / \text{Tiempo de Funcionamiento Total}) * 100$
Periodo de datos recolectados	Se calcula por fallo de máquinas, el promedio de tiempo que se presencia entre las fallas y el promedio del tiempo que conlleva a realizar la reparación de la misma.
Encargado de alcanzar los datos	Los operadores del área de producción
Beneficios	Se contará con los datos promedio de fallas y reparos para una retroalimentación y prevención de fallos dentro del intervalo establecido, reduciendo tiempos muertos, menor incidencia en productos dañados y aumento de producción de panes de calidad.

TABLA III
INDICADOR DE MTBF

Indicador	Tiempo promedio entre fallas
Definición	Es aquel donde se mide la cantidad de tiempo que hay de una falla a la otra, así generando datos cuantitativos para el mantenimiento de máquinas, donde se tomará en cuenta el tiempo general de una operación en relación con la cantidad de fallas o procesos detenidos [11].
Fórmula	Tiempo Total de Operación/Número de Fallas
Frecuencia de datos recolectados	Se calcula mensualmente o cada dos meses.
Encargado de alcanzar los datos	Operadores
Beneficios	Ayuda a mejorar la confiabilidad en los procesos, además de reducir el tiempo de inactividad generando que haya un aumento en la productividad.

Luego de identificar los índices correspondientes para cada solución se decidió establecer un límite de mejora, el cuál nos sirvió como un estándar de mejora. Estos parámetros se obtuvieron luego de una búsqueda por trabajos similares o antecedentes, donde se presentaban las dificultades semejantes vistas en este artículo.

TABLA IV
INDICADOR POR PORCENTAJE DE MERMAS

Indicador	Porcentaje de mermas
Definición	El porcentaje de defectos o tasa de defectos son las salidas imperfectos o deficientes de acuerdo a un mismo lote o proceso, este índice se obtiene dividiendo la cantidad fallada con la producción total y luego multiplicando por 100 para su conversión a porcentaje [12].
Fórmula	(Cantidad de producto defectuoso/ Producción total)*100
Frecuencia de datos recolectados	Los datos se calculan por cada periodo de amasado, en este caso por cada 400 unidades netas
Encargado de alcanzar los datos	Los datos son recolectados por los operadores encargados del amasado
Beneficios	Identificar la cantidad de merma que se obtiene por cada batch producido, al lograrse identificar esto se pueden hacer mejoras, además de permitir visualizar el porcentaje de mejora viendo la disminución de mermas después de aplicar la solución.

Inicialmente se buscó trabajos donde tenían porcentajes de mejora aplicando soluciones iguales y semejantes en el mantenimiento preventivo de maquinaria.

TABLA V
TABLA DE BÚSQUEDA DE ANTECEDENTES EN MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS

Referencia	Tema de investigación	Resultados en (% de mejoras)
[13]	Mejora de la disponibilidad de un horno espiral en una empresa panificadora basada en la integración de metodologías RCM y TPM	3.4
[14]	Propuesta de mejora del proceso productivo de panadería. para el incremento de la producción	4.8
[15]	Manual de mantenimiento preventivo para equipos de panificadora	1.4

Cómo se logra observar en la tabla V, el porcentaje de mejora aplicando el mantenimiento hacia las máquinas dentro de un contexto similar, sus mejoras fueron desde 1.4% hasta el 4.8%, según los datos en los antecedentes recolectados.

Tabla VI
TABLA DE ANTECEDENTES PARA PANES QUEMADOS EN HORNO ARTESANAL

Referencia	Tema de investigación	Resultados en (% de merma)
[16]	Diseño de un plan de mejora en el proceso de producción de la línea de panes para la reducción de productos defectuosos en una empresa panadería	2.2
[17]	Diseño De Mejora De Procesos Para Disminuir Los Productos Defectuosos En El Área De Pastelería	2.0
[18]	Modelo de simulación del sistema productivo de pan para mejorar la productividad de una panadería	1.82

Como se muestra la tabla VI de estudios encontrados, en los tres casos comparten la situación del horno artesanal, los cuales tienen una duración de cocción entre 20 - 30 minutos, al igual que la empresa en donde se realiza la investigación.

Seguidamente, con la finalidad de elegir un porcentaje de mejora adecuado se tomó el modelo de caja y bigote, para tener un índice de donde partir y cuáles serían nuestros porcentajes de mejoras realistas.

De los tres casos vistos para el mantenimiento de máquinas se estableció una meta bajo el resultado arrojado en el gráfico de cajón, el cual se mostrará a continuación.

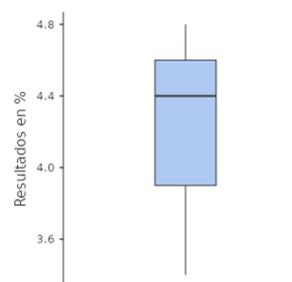


Fig. 4 Gráfico de cajón de falta de mantenimiento en porcentaje

Como se visualiza en la figura 4 la producción del pan puede aumentar de un 3% más que un 3.6%. Se espera que la producción aumente a un 4.4% del total, mejorando el índice de producción a un 1.4%.

Identificado la base de mejora para el mantenimiento de máquinas, proseguimos con la identificación de un índice básico de mejora para los panes quemados dentro del horno artesanal.

El rango de posible mejora se realizó bajo las cifras de mejora analizadas en los antecedentes, en la gráfica se nota su promedio de mejoras adquiridas de otras investigaciones

cuando desplegaron sus soluciones en busca de disminuir las mermas.

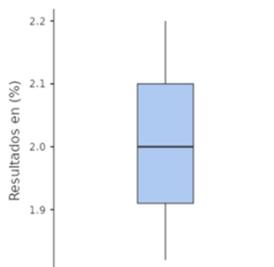


Fig. 5 Gráfico de cajón de reducción de mermas en porcentaje

Como se muestra en la Figura 5, basado dentro de una producción de 400 panes al día los quemados o mermas podrían disminuir de un 4.0% a un 2.0%. Por lo tanto, se espera que las mermas disminuyan hasta tener un 2.0% de mermas del total.

E. Simulación de resultados

Finalmente, luego de elegir nuestra base o rango de porcentaje de mejora se procedió a realizar una simulación EOQ para ambos problemas identificados, de su porcentaje de falla actual y del porcentaje estimado a reducir.

Para cada problemática se obtuvieron sus costos reflejados por meses, de esta manera se halló el EOQ para cada uno, como se muestra a continuación.

TABLA VII

TABLA DE EOQ CON CANTIDADES DE PRODUCCIÓN FINAL AL 3%

Unidad de tiempo		Mes
Costo por batch al mes (500)	c=	6750
Demanda	D=	14000
Costo por ordenar (500)	K=	1000
Costo de retención / Prod. Defectuoso	h=	126
Cantidad óptima (EOQ)	Q=	471.40
Tiempo entre pedidos	t=	0.06

En el caso de la falta de mantenimiento los datos se trabajaron bajo la cantidad de 500 panes producidos al día, para luego pasar su conversión por mes. La gráfica EOQ se muestra en la Figura 6.

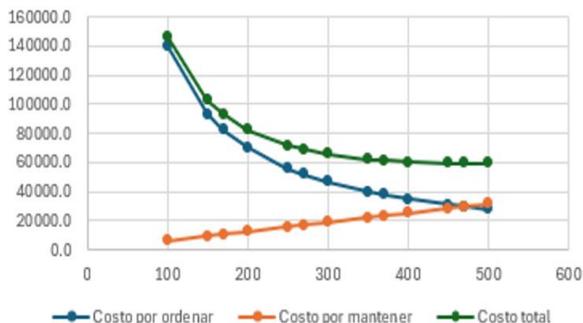


Fig. 6 Simulación del EOQ con cantidades de producción al 3%

Luego se realizó la simulación donde se aplicó la solución haciendo que el porcentaje de fallas disminuyera y por ende aumentar la producción hasta un 1.4%. Basado en esto se obtuvieron nuevos datos para la simulación EOQ.

TABLA VIII

TABLA DE EOQ CON CANTIDADES DE PRODUCCIÓN FINAL AL 3%

Unidad de tiempo		Mes
Costo por batch al mes (500)	c=	7750
Demanda	D=	15400
Costo por ordenar (500)	K=	1000
Costo de retención / Prod. Defectuoso	h=	112
Cantidad óptima (EOQ)	Q=	524.40
Tiempo entre pedidos	t=	0.075

Con estas nuevas variables simulando ser la solución propuesta en la mejora de mantenimiento se aprecia que la cantidad óptima ha aumentado y pasó de 471 unidades a aproximadamente 524 unidades, como se aprecia en la figura 7.

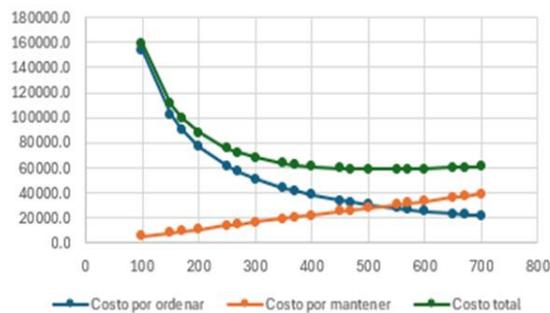


Fig. 7 Simulación del EOQ con producción al 1.4%

De igual forma se realizó el mismo método para los panes quemados, donde se realizó una simulación de un antes y un después, donde se presentó una simulación con el 4% de merma actual que tiene la empresa y la opción de mejora el cual apunta al 2% de mermas por cada 400 panes, equivalente a un Batch.

TABLA IX

TABLA DE EOQ CON MERMAS DE PRODUCTO FINAL AL 4%

Unidad de tiempo		Mensual
Costo por Batch al mes (400)	c=	5400
Demanda	D=	11200
Costo por ordenar (400)	K=	900
Costo de retención / Prod. Defectuoso	h=	134.4
Cantidad óptima (EOQ)	Q=	387.30
Tiempo entre pedidos	t=	0.075

Bajo estos datos se trazó la gráfica arrojando el EOQ actual que presentaba la empresa panadera, mostrado en la figura 8.

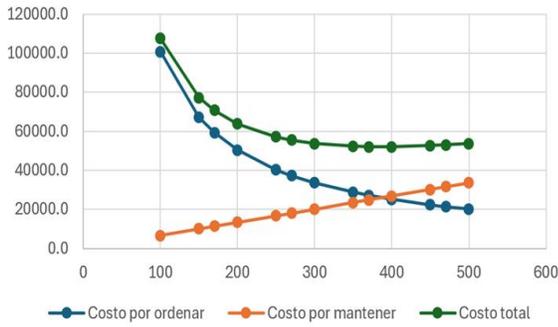


Fig. 8 Simulación del EOQ con mermas al 4%

Como se muestra en la gráfica, la cantidad óptima se encuentra antes de llegar a los 400, el cual es 387 unidades, esto demuestra que los costos por producción serían óptimos solo hasta 387 unidades, pasado de esto, los costos por mantener subirán y no habría un equilibrio con los costos por ordenar, generando un gasto adicional.

Ahora se verá una situación donde se simulará la mejora con el uso de temporizadores, definiendo marcas de tiempo y controlando el tiempo del producto en el horno artesanal para esta nueva simulación EOQ se realizará con el 2% de panes quemados, con la cantidad de 400 panes.

TABLA X

TABLA DE EOQ CON MERMAS DE PRODUCTO FINAL AL 2%

Unidad de tiempo		Mes
Costo por batch al mes (400)	$c=$	5400
Demanda	$D=$	11200
Costo por ordenar (400)	$K=$	900
Costo de retención / Prod. Defectuoso	$h=$	67.2
Cantidad óptima (EOQ)	$Q=$	547.72
Tiempo entre pedidos	$t=$	0.075

Bajo esta nueva premisa la cantidad óptima aumenta pasando de 387 unidades a aproximadamente 547 unidades.

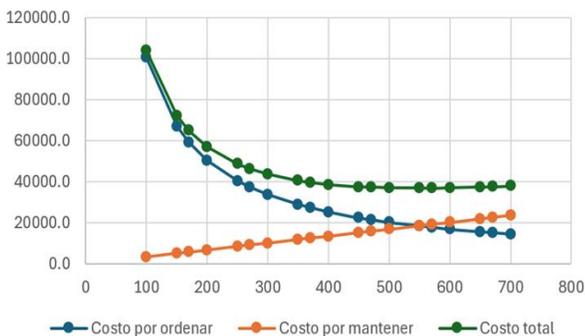


Fig. 9 Simulación del EOQ con mermas al 2%

Como se observa de la figura 9, los costos por mantener y los costos por ordenar tiene un punto cantidad óptima en

aproximadamente 547 unidades, esto con el mismo costo por Batch, quiere decir que por el mismo costo de producción por Batch se pueden producir más unidades o al crear 400 unidades no se recurrirán a costos adicionales para su elaboración, ahorrando costos de producción.

Terminando de desarrollar las simulaciones EOQ también se desarrolló el análisis Montecarlo para las propuestas generadas con el fin de obtener y verificar la certeza de su impacto positivo en la empresa permitiendo un aumento en su productividad.

Se efectuó la simulación Montecarlo, teniendo un nivel del 100% de confianza y con un total de 10,000 pruebas, luego de esto hemos obtenido 2 suposiciones, las cuales nos indican los egresos que se obtienen por las mejoras realizadas y los costos de los beneficios obtenidos, todo esto a través de una distribución triangular. Se puede notar que la distribución es centrada y también simétrica por ende concluimos que los beneficios obtenidos y apreciado dentro del flujo de caja, será constante en un futuro aproximado de un año.

Una vez finalizada nuestra simulación Montecarlo de las dos simulaciones pendientes, nos arroja un valor del 100% como resultado de certeza y sin ningún rastro de tener alguna perdida, además esta simulación también nos da el resultado estadístico, donde 39,912.06 es el resultado de la media y un valor de 0,0725 como coeficiente de variación

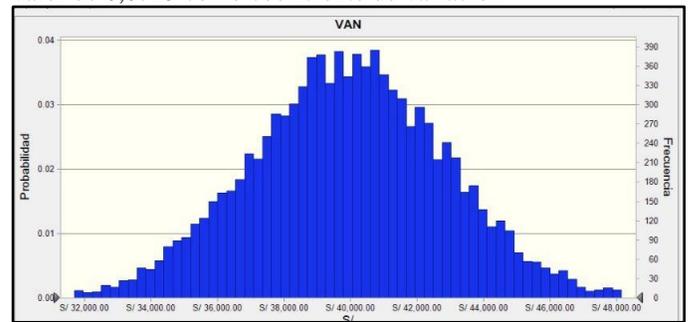


Fig.10 Previsión VAN

Estadística	Valores de previsión
Pruebas	10,000
Caso base	S/ 39,918.39
Media	S/ 39,912.06
Mediana	S/ 39,907.40
Modo	---
Desviación estándar	S/ 2,895.31
Varianza	S/ 8,382,847.64
Sesgo	0.0185
Curtosis	2.94
Coefficiente de variación	0.0725
Mínimo	S/ 28,736.78
Máximo	S/ 51,871.37
Error estándar medio	S/ 28.95

Fig.11 Estadística VAN

IV. CONCLUSIONES

Finalmente podemos concluir que la implementación de las mejoras referidos a un sistema de mantenimiento preventivo usando un sistema computacional y el uso de temporizadores

presentará una mejora en la productividad y costos de una empresa panadera del sector PYME, reduciendo la incidencia de mermas en el horno artesanal, las proyecciones en base a EOQ y los escenarios generados en la simulación Montecarlo muestrean que las propuestas son factibles de ser implementadas. Además de ello se presenta una metodología que usa criterios de decisión en base a herramientas multicriterio como el AHP que son necesarios para una adecuada decisión de implementación.

REFERENCIAS

- [1] J. E. Chire Saire y J. F. Oblitas Cruz, «Study of Coronavirus Impact on Parisian Population from April to June using Twitter and Text Mining Approach», presentado en Proceedings - 2020 International Computer Symposium, ICS 2020, 2020, pp. 242-246. doi: 10.1109/ICS51289.2020.00056.
- [2] F. Costa, N. Alemsan, A. Bilancia, G. L. Tortorella, y A. Portioli Staudacher, «Integrating industry 4.0 and lean manufacturing for a sustainable green transition: A comprehensive model», Journal of Cleaner Production, vol. 465, 2024, doi: 10.1016/j.jclepro.2024.142728.
- [3] J. F. Oblitas Cruz, M. E. Sangay Terrones, E. E. Rojas de la Puente, y W. M. Castro Silupu, «Circular economy in electrical and electronic devices waste [Economía circular en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos]», Revista de Ciencias Sociales, vol. 25, n.o 4, pp. 196-208, 2019.
- [4] M. M. Aung y Y. S. Chang, «Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives», Food Control, vol. 39, pp. 172-184, may 2014, doi: 10.1016/j.foodcont.2013.11.007.
- [5] P. Chabrier, O. Martin, H. Raynal, y J.-E. Bergez, «A new graphical modeling plugin based on Forrester diagrams for the RECORD platform», Computers and Electronics in Agriculture, vol. 111, pp. 103-106, feb. 2015, doi: 10.1016/j.compag.2014.12.013.
- [6] M. K. Vilchez Torres, J. F. Oblitas Cruz, R. L. Valcárcel Bornas, S. L. Castillo Bazán, y D. R. Pérez Villena, «Model for Hydraulic Shovel Maintenance Planning Using Monte Carlo Simulation», ago. 2022, Accedido: 28 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/meta/FP172.html>
- [7] Q. Liu, «Identifying and correcting the defects of the Saaty analytic hierarchy/network process: A comparative study of the Saaty analytic hierarchy/network process and the Markov chain-based analytic network process», Operations Research Perspectives, vol. 9, p. 100244, ene. 2022, doi: 10.1016/j.orp.2022.100244.
- [8] M. Y. Jaber y J. Peltokorpi, «Economic order/production quantity (EOQ/EPQ) models with product recovery: A review of mathematical modeling (1967–2022)», Applied Mathematical Modelling, vol. 129, pp. 655-672, may 2024, doi: 10.1016/j.apm.2024.02.022.
- [9] E. A. Nantes, «El método Analytic Hierarchy Process para la toma de decisiones. Repaso de la metodología y aplicaciones», Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa, vol. 27, n.o 46, Art. n.o 46, nov. 2019, Accedido: 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/26474>
- [10] T. Dareing y K. Crouch, «Preventive Maintenance Scheduling Optimization», presentado en WEFTEC 2023 - 96th Annual Water Environment Federation Technical Exhibition and Conference, 2023.
- [11] D. R. Kiran, «Chapter Fifteen - Total productive maintenance», en Principles of Economics and Management for Manufacturing Engineering, D. R. Kiran, Ed., Butterworth-Heinemann, 2022, pp. 167-178. doi: 10.1016/B978-0-323-99862-8.00021-2.
- [12] A. D. Pulido-Rojano y C. A. Bocanegra-Bustamante, «Mitigación de defectos en productos manufacturados», Ingeniería y Competitividad, vol. 17, n.o 1, pp. 161-172, 2015.
- [13] R. Hernández Novoa y R. R. Yacolca Loja, «Mejora de la disponibilidad de un horno espiral en una empresa panificadora basada en la integración de metodologías RCM y TPM», Improvement of the availability of a spiral oven in a bakery company based on the integration of RCM and TPM methodologies, abr. 2021, Accedido: 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655666>
- [14] K. del M. Paz Huaman, «Propuesta de mejora del proceso productivo de la Panadería el Progreso E.I.R.L. para el incremento de la producción», 2016, Accedido: 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/810>
- [15] M. M. Herrera Muralles, «Manual de mantenimiento preventivo para equipos de panificadora Buena Vista», masters, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. Accedido: 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://portal.ingenieria.usac.edu.gt/>
- [16] M. V. Jiménez Jerez, «Diseño de un plan de mejora en el proceso de producción de la línea de panes para la reducción de productos defectuosos en la empresa Panadería Integral El Chamillo S.A. miembro de la familia Irupana.», Thesis, 2023. Accedido: 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/31249>
- [17] W. B. Cabanillas Cabanillas, «Diseño de mejora de procesos para disminuir los productos defectuosos en el área de pastelería de la empresa La Ideal – Cajamarca, 2019».
- [18] M. M. Irigoin Alarcon, «Modelo de simulación del sistema productivo de pan para mejorar la productividad de la panadería El Pacífico S.A.C.», 2022, Accedido: 26 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/5577>