

Analysis of production problems causing monetary losses at Los Jardines bakery, Trujillo, 2022

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Pamela Arlene Aguilar-Portilla, estudiante Ingeniería Industrial¹, María Elisa Fernández-Merino, estudiante Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, n00197822@upn.pe, n00202290@gmail.com

Abstract– *The main objective of this research is to analyze the failures in production that cause monetary losses in order to minimize them and generate maximum profit in the company Pastelpan "Los Jardines", Trujillo, 2022. The current situation of the company was analyzed, conducting an in-depth study; thus obtaining four main root causes that generate economic losses in the company. Among the main causes that negatively affect the company we have: The lack of supply of stock of cakes, lack of training to operators in production, deficiency in the production cycle and lack of proper maintenance of equipment. The research proposed the use of engineering methodologies to implement in the quality area, which are: Quality House (QFD), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Six Sigma - DMAIC. These tools will allow us to improve the operating process, ensure that products are manufactured consistently and on time for customers, avoiding defects and their high costs. In the results, the continuous improvement plan was evaluated through economic indicators, obtaining an Internal Rate of Return of 65.89%, higher than 20% of the discount rate. Likewise, the economic/financial evaluation was carried out, resulting in an NPV of S/24,914.3, higher than the initial investment of S/15,330.00, thus concluding as an effective proposal, establishing the viability of the investment in three years.*

Keywords: *Quality, QFD, FMEA, Six Sigma, Production.*

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.92>
ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

Análisis de los problemas en la producción que causan pérdidas monetarias dentro de la pastelpan Los Jardines, Trujillo, 2022

Analysis of production problems causing monetary losses at Los Jardines bakery, Trujillo, 2022

Miguel Angel Rodríguez-Alza, Doctor en Ciencias e Ingeniería¹, Pamela Arlene Aguilar-Portilla, estudiante Ingeniería Industrial¹, María Elisa Fernández-Merino, estudiante Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.rodriguez@upn.edu.pe, n00197822@upn.pe, n00202290@gmail.com

Resumen– La presente investigación tiene como objetivo principal analizar los fallos en la producción que causan pérdidas monetarias para minimizarlas y generar una utilidad máxima en la empresa Pastelpan “Los Jardines”, Trujillo, 2022. Se analizó la situación actual de la empresa, realizando un estudio a profundidad; obteniendo de esta manera, cuatro causas raíz principales que generan pérdidas económicas en la compañía. Entre las causas principales que perjudican negativamente a la empresa tenemos: La falta de abastecimiento de stock de tortas, falta de capacitación a los operarios en la producción, deficiencia en el ciclo de producción y no se cuenta con un correcto mantenimiento de equipos. La investigación propuso el uso de metodologías de ingeniería para implementar en el área de calidad, las cuales son: Casa de Calidad (QFD), Análisis de Modo de Fallo y Efectos (AMFE) y Six Sigma – DMAIC. Estas herramientas nos permitirán mejorar el proceso operativo, garantizar que los productos se fabriquen en forma consistente y a tiempo para los clientes, evitando los defectos y sus altos costos. En los resultados se evaluó el plan de mejora continua a través de indicadores económicos, obteniendo un 65.89% de Tasa Interna de Retorno, superior al 20% de la tasa de descuento. Asimismo, se realizó la evaluación económica / financiera dando como resultado un VAN de S/24,914.3, mayor a la inversión inicial de S/15,330.00, concluyendo así, como una propuesta efectiva, estableciendo la viabilidad de la inversión a tres años.

Palabras clave: Calidad, QFD, AMFE, Six Sigma, Producción.

Abstract– The main objective of this research is to analyze the failures in production that cause monetary losses in order to minimize them and generate maximum profit in the company Pastelpan “Los Jardines”, Trujillo, 2022. The current situation of the company was analyzed, conducting an in-depth study; thus obtaining four main root causes that generate economic losses in the company. Among the main causes that negatively affect the company we have: The lack of supply of stock of cakes, lack of training to operators in production, deficiency in the production cycle and lack of proper maintenance of equipment. The research proposed the use of engineering methodologies to implement in the quality area, which are: Quality House (QFD), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Six Sigma - DMAIC. These tools will allow us to improve the operating process, ensure that products are manufactured consistently and on time for customers, avoiding defects and their high costs. In the results, the continuous improvement plan was evaluated through economic indicators, obtaining an Internal Rate of Return of 65.89%, higher than 20% of the discount rate. Likewise, the economic/financial evaluation was carried out, resulting in an NPV of S/24,914.3, higher than the initial investment of S/15,330.00, thus

concluding as an effective proposal, establishing the viability of the investment in three years.

Keywords: Quality, QFD, FMEA, Six Sigma, Production.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se conoce que la repostería lleva años de ejercicio en nuestro país y ha estado presente en la evolución y transformación de nuestra sociedad. Sus técnicas de fabricación y los ingredientes utilizados en la elaboración de tortas son influenciados por la cultura, la tradición y características culinarias de tal modo que adquieren una condición propia y única. Además, es importante recalcar que se deben respetar ciertos parámetros e índices de calidad respectivos a la empresa y que cumplan los estándares de los clientes. Del mismo modo, conoceremos los conceptos principales tomados en cuenta en nuestra investigación. Según la Norma ISO 9001-2008, el sistema de gestión de la calidad en una organización se basa en 3 aspectos fundamentales: enfoque basado en procesos, orientación al cliente y la mejora continua [1].

Se conoce que La Pastelpan “Los Jardines” produce y vende tortas diarias. Esta cuenta con un ciclo de producción determinado, el cual abarca desde la obtención de los insumos para hacer tortas hasta la elaboración de estas. No obstante, el plan de producción tiene deficiencias y mala organización a la hora de producir lo demandado por los clientes.

Por ello, en el análisis de la investigación se realiza una evaluación actual de la empresa donde señala las pérdidas monetarias debido a las fallas en la producción y calidad del producto. Basando cada estudio en las metodologías tratadas de la Ingeniería Industrial, de esta manera, se logra proponer una mejora que garantice la correcta fabricación del producto y generar una utilidad máxima.

Es muy relevante resaltar la gestión de calidad en este tipo de rubros, ya que es un conjunto de normas, procesos y procedimientos requeridos para la planificación y ejecución de la actividad principal que se lleva a cabo en la compañía [2]. Además, busca la satisfacción del cliente [3] y al implementarla incrementa la calidad de productos y/o servicios, añade valor a los procesos, permite la optimización de variables productivas y mejora la posición competitiva de la empresa [4]. Asimismo, en el diagrama de proceso de operaciones se exponen todas las operaciones, inspecciones, tolerancias de tiempo y materiales que se van a utilizar en un proceso de fabricación [5] y se eliminan las principales deficiencias para lograr la mejor distribución posible

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.92>

ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

de la maquinaria, equipo y área de trabajo dentro de la empresa [6].

Se trataron dos tipos de diagramas para identificar las fallas y efecto de las causas raíz que estaban afectando el proceso operativo de la compañía. Si bien en cierto el diagrama de Ishikawa no ofrece respuesta a una pregunta en el momento de generar el diagrama causa-efecto, ya que normalmente se ignora si estas causas son o no responsables de los efectos [7] pero sirve como vehículo para ayudar a los equipos a tener una concepción común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle requerido [8]. Del mismo modo, el diagrama de Pareto puesto que permite identificar el problema principal y ayuda a localizar la causa más importante de éste con el principio de Pareto, conocido como “ley 80 -20”. “El 20% de los clientes generan el 80% de los beneficios” [9].

Agregando a lo anterior, el histograma permite ver pautas que son difíciles de observar en una simple tabla numérica. También, se representa con una gráfica de barras [10]. Los gráficos de control son a la vez importantes puesto que sirve como diagnóstico para supervisar procesos de producción e identificar inestabilidad, determinando acciones para ajustar el proceso que ha sido afectado por una causa especial [11].

La estadística descriptiva también es fundamental en los análisis de proyecto de modo que formula recomendaciones de cómo resumir, de forma clara y sencilla, los datos de una investigación en cuadros, tablas, figuras o gráficos [12], permitiendo organizar los datos en gráficos y lograr detectar tanto las características sobresalientes como las inesperadas [13].

Dentro de nuestra investigación para la empresa Los Jardines, empleamos tres metodologías esenciales para su óptimo mejoramiento en cada uno de los procesos operativos. La primera herramienta utilizada es la Casa de Calidad (QFD), un mapa conceptual que relaciona los requisitos del cliente con las características técnicas necesarias para satisfacerlos [14]. Estas relaciones se presentan en forma de una tabla elaborada denominada “matriz de la calidad”. En conjunto, los requerimientos definen la calidad de un producto y las expresiones que los clientes utilizan para describir los productos y sus características deseables. Asociado a cada requisito hay una métrica, que se utiliza para determinar el grado de satisfacción del cliente con cada uno de sus requisitos siendo esencial para la mejora [15].

Los principales objetivos del QFD como factor de calidad son dar prioridad a las necesidades expresas y latentes de los clientes con respecto a un producto, identificar y traducir esas necesidades en términos de características y especificaciones técnicas; diseñar, producir y entregar un producto o servicio de calidad centrándose en la satisfacción del cliente [16].

Para identificar las fallas actuales en la producción, implementamos el Análisis de Modo de Fallas y Efectos (AMFE), entendida como una técnica y alternativa para la gestión de riesgos que permite ser dirigida al análisis de identificación, evaluación y prevención de posibles fallos que permiten disminuir o minimizar los riesgos [17], permitiendo que el análisis de efectos sea el estudio de las consecuencias de los fallos, maximizando la prestación de un servicio y la satisfacción de los usuarios [18].

En conjunto con todas las herramientas explicadas anteriormente, se implementó la metodología Lean Six Sigma. Un

enfoque de mejora que ha tenido gran acogida gracias a su capacidad para dar solución efectiva a muchos de los problemas que enfrentan las organizaciones hoy [19]. Es por ello, que la mayoría de las empresas destacadas en el mercado, desarrollan esta estrategia para mejorar la calidad de cada uno de sus productos y servicios [20]. Six Sigma se centra en los puntos críticos de satisfacción del cliente, basándose en la ejecución de proyectos de mejora. Además, hace uso intensivo de datos y herramientas estadísticas; dando resultados medibles desde el punto operacional y financiero [21].

Por otra parte, cabe señalar que Lean Six Sigma está apoyado en la metodología DMAIC, compuesta por cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Esta herramienta tiene como objetivo aumentar la capacidad de los procesos, de tal manera que estos generen solo 3 o 4 defectos por millón de oportunidades, esto mismo hace que las fallas sean imperceptibles para el cliente [22].

El primer antecedente que analizamos para el desarrollo de nuestro proyecto de investigación fue la Tesis: “Propuesta de Mejora En El Proceso De Producción Del Área De Panadería De Gate Gourmet Colombia Utilizando Herramientas De Lean Manufacturing Para Disminuir Los Desperdicios” Elaborado por Lina María Machecha Pardo para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Universidad Católica de Colombia – Bogotá, 2018. Donde se concluyó con la optimización de los recursos humanos, materiales, materias primas, espacios y tiempos; utilizando el diagrama de Ishikawa, distribución ABC para identificar los desperdicios que se presentaron en el área.

Además, tomamos en cuenta la tesis “Mejora de la Productividad del área de producción de tortas finas en la empresa pastelería Briselli S.A.C. aplicando metodología PHVA” desarrollada por Anita Cabrera Gallo y Gerladine Gonzales Fernández para optar por el título de Ingeniero Industrial en la Universidad de San Martín de Porres, Perú, 2014. Donde gracias a la propuesta de mejora se logró reducir los costos de fabricación por cada tipo de torta en estudio como selva negra en S/.8.00, los costos de fabricación por torta tres leches en S/. 5.00. y la inversión realizada se ha financiado en un 70%, obteniendo como resultado un VAN de S/. 380.00 y TIR de 17.13% en un escenario pesimista; así como un VAN de S/. 54167.86 y TIR de 90.27% en un escenario optimista.

Finalmente, se incluyó con la tesis “Análisis multivariado y QFD como herramientas para escuchar la voz del cliente y mejorar la calidad del servicio”. Llevado a cabo por Humberto Gutiérrez Pulido, Porfirio Gutiérrez Gonzáles, Cecilia Caribay López y Lizbeth Díaz Caldera de la Universidad de Guadalajara, México, 2014. Se demostró que la herramienta Quality Function Deployment (QFD), permite escuchar mejor la voz de los clientes, la calidad del servicio y determinar los aspectos concretos que deben abordarse para solucionar los problemas detectados en la empresa, siendo una propuesta de mejora factible para la empresa.

Por añadidura se resalta la importancia de la propuesta de mejora frente a los problemas que causan alza de costos en la pastelpan “Los Jardines”.

II. METODOLOGÍA

El informe aplicó una metodología con enfoque de ciencia formal y exacta en cuanto a su naturaleza y es una investigación diagnóstica y propositiva en cuanto al diseño, orientada también a

la utilización de herramientas de mejora en las áreas de producción y calidad para incrementar la rentabilidad de una empresa.

Pastelpán en la ciudad de Trujillo. Se tiene como población y muestra el proceso de producción de tortas, iniciando desde la adquisición de materia prima hasta el empaquetado. De igual manera, los materiales utilizados en el desarrollo del presente estudio son Laptops, el programa Microsoft Office 365; especialmente Excel, donde se procesarán los datos obtenidos. Dicha información tiene base en tesis y artículos web para así poder realizar un profundo análisis. En adelante, la información recolectada será aplicada y mejorada tras el empleo de herramientas de calidad para realizar una investigación y poder efectuar la interpretación correspondiente. Por tanto, en la Tabla I se define el procedimiento a realizar para el desarrollo de la investigación:

TABLA I
PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Etapas	Técnica	Descripción
Diagnóstico	Diagrama Ishikawa	Se analizó e identificó las causas raíz de la problemática
	Matriz de Indicadores	Se clasificaron las causas raíz, describiendo cada una de ellas y se realizó su respectiva monetización
	Diagrama Pareto	Se detectaron las principales irregularidades y los puntos de mejora
Solución Propuesta	QFD	Se identificaron los principales requerimientos de los clientes y sus requerimientos técnicos. Determinando cómo se encuentra actualmente la empresa frente a la competencia.
	AMFE	Se determinaron las fallas en el proceso productivo, con el objetivo de minimizarlas.
	SIX SIGMA / DMAIC	Plantea solución basado en la toma de decisiones usando técnicas estadísticas para detectar y eliminar las causas problemas en los procesos.
Evaluación Económica	VAN	Se calcula el Valor Neto Actual para tener conocimiento de cuánto se va a ganar o perder con la inversión realizada.
	TIR	Se determina la Tasa Interna de Retorno en la cual se evalúa si el proyecto desarrollado es rentable.
	PRI	Se mide el Periodo de Recuperación de la Inversión en la cual se evalúan los años que demorará la empresa en recuperarse.

A. Diagnóstico de la empresa

Por un lado, para encontrar las deficiencias dentro de la empresa, se realizó un Diagrama de Operaciones que muestra las diferentes etapas para la preparación de las tortas, tomando como base la torta de chocolate y a partir de este, se elaboró un Diagrama Analítico de Proceso.



Fig. 1 Diagrama de Operaciones

Nota. En la presente figura se muestra el Diagrama de Operaciones del proceso productivo de la torta de chocolate.

Proceso de la Elaboración de Torta de Chocolate			
Ubicación	Av. América Nte, Trujillo, Perú	Actividad	Método Actual
Actividad	Producción de Torta de Chocolate	Operación	17
Fecha	12/05/2022	Transporte	1
Operador	2	Demora	-
		Inspección	1
		Almacén	-
		Tiempo (Min)	19
Descripción de la Actividad		Símbolos	Tiempo (Min)
Verificación de ingredientes		●	20
Precalentación de horno		●	10
Engrasado de moldes		●	15
Colocación de papel manteca a moldes		●	10
Enharinado de moldes		●	5
Cernir harina y bicarbonato en un bowl		●	6
Agregar sal y cocoa		●	2
Mezclar huevos, aceite, buttermilk y vainilla		●	15
Agregar ingredientes secos en dos tandas		●	4
Mezclado de ingredientes		●	6
Agregar azúcar		●	3
Mezclado de ingredientes		●	6
Colocar la masa en lo moldes		●	5
Horneado		●	45
Refrigeración		●	15
Desmolde		●	5
Emparejado de tortas		●	8
Bañado con chocolate bitter		●	10
Llevado a Vitrina		●	6

Fig. 2 Diagrama Analítico de Proceso

Nota. En la presente figura se muestra el Diagrama Analítico de Proceso del proceso productivo de la torta de chocolate.

Para estudiar el diagnóstico de la situación actual de la empresa se aplicó la herramienta Ishikawa. Iniciando con un diagnóstico situacional de la empresa. Como resultado del estudio se llegó a la definición de los principales problemas; los cuales son el trabajo poco eficiente por parte de los operarios, equipos obsoletos por falta de un correcto mantenimiento, una distribución con falta de estandarización que genera un ciclo productivo poco eficiente y escasos insumos por una mala gestión en la planificación de materia prima.

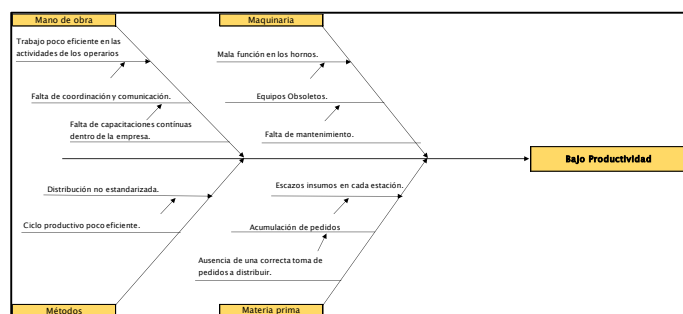


Fig. 3 Diagrama de Ishikawa

Nota. En la presente figura se muestra el Diagrama de Causa y Efecto de que presenta la empresa y están generando problemas de calidad.

Con los datos de ese análisis, se procedió a realizar la matriz de indicadores con cada causa raíz.

TABLA II
MATRIZ DE INDICADORES

CAUSA - RAÍZ	DESCRIPCIÓN	MONETIZACIÓN
CR - 1	Falta de abastecimiento de stock de tortas.	Existen pérdidas por las tortas no producidas, los cuales podrían realizarse con la ayuda de un trabajador más.
CR - 2	Falta de capacitación en la producción.	Pérdidas por falta de capacitación a los trabajadores, ya que no hay un orden en sus actividades y no saben utilizar eficientemente sus tiempos.
CR - 3	Deficiencia en el ciclo de producción.	Pérdidas en la productividad por falta de tortas que podrían venderse.
CR - 4	Falta de mantenimiento de equipos.	Retrasos y reprocesos por falla en los hornos debido a la ausencia de un plan de mantenimiento.

Primero, cuando los clientes quieren hacer pedidos existe una falta de abastecimiento de stock de tortas (CR1), causando cierto desconcierto por parte de este al tener que esperar. Esto implica una pérdida de 22,402.00 soles por las tortas no producidas al haber una demora en el proceso de producción. Para esto, se tomó en cuenta que la torta de chocolate, la torta 3 leches, la red Velvet y el Carrot Cake se venden a 60, 65, 60 y 55 soles por unidad respectivamente, estas también implican un costo de producción de 38, 42, 36 y 30 soles por unidad respectivamente.

TABLA III
PÉRDIDA DE CAUSA RAÍZ 1

Mes / Tipo de torta	Torta de chocolate	Torta 3 leches	Torta red velvet	Torta carrot cake	Total Tortas	Ganancia adicional
Enero	26	22	20	18	86	S/2,008.00
Febrero	23	18	27	17	85	S/1,993.00
Marzo	20	20	18	15	73	S/1,707.00
Abril	25	25	22	13	85	S/1,978.00
Mayo	24	27	19	16	86	S/2,005.00
Junio	25	23	16	14	78	S/1,813.00
Julio	26	20	16	17	79	S/1,841.00
Agosto	23	19	17	16	75	S/1,751.00
Setiembre	22	16	24	16	78	S/1,828.00
Octubre	21	21	16	15	73	S/1,704.00
Noviembre	27	20	26	13	86	S/2,003.00
Diciembre	24	19	19	14	76	S/1,771.00
Total	286	250	240	184	960	S/22,402.00

Segundo, se observó que en la empresa hay falta de capacitación en la producción hacia los operarios. En esta observación, se tomaron en cuenta 90 muestras en 3 meses, de las cuales se hizo una aproximación de que se pierden 7,296.00 soles al año ya que no hay un orden adecuado en sus actividades y no

saben utilizar eficientemente sus tiempos. Se ve reflejado en una muestra de los últimos 3 meses de venta continua, con una cantidad de tortas de 48 en total que no pasaron la inspección.

TABLA IV
PÉRDIDA DE CAUSA RAÍZ 2

Días	Unidades fallidas	Costo (3 meses)	Costo (12 meses)
90	48	S/ 1,824.00	S/ 7,296.00

Tercero, la pastelería cuenta con deficiencias en el ciclo de producción. Esto genera pérdidas en la productividad por falta de tortas que podrían venderse de 4,920.00 soles por 98 tortas no vendidas.

TABLA V
PÉRDIDA DE CAUSA RAÍZ 3

% Tortas vendidos	92 %
Tortas no vendidas	82
Precio venta	S/60,00 (Prom)
Pérdida:	S/4,920,00

Por último, al hacer una inspección a las máquinas se llegó a apreciar que a muchas les hacía falta un mantenimiento, generando así retrasos y reprocesos por falla en los hornos, batidoras, entre otros equipos debido a la ausencia de un plan de mantenimiento, esto genera pérdidas de 5,405.50 soles por el tiempo perdido en paradas.

TABLA VI
PÉRDIDA DE CAUSA RAÍZ 4

Maquinaria	Tiempo de reparación por paradas (h)	Nº de paradas (6 meses)	Tiempo total de reparación	Costo de MOE*h	Costo Total de MOE
Balanza	1.5	2	3	S/70.00	S/210.00
Horno industrial	4	5	20	S/85.00	S/1,700.00
Batidora	5.5	3	16.5	S/92.00	S/1,518.00
Cámara de refrigeración	7	2	14	S/85.00	S/1,190.00
Cocina eléctrica	3.5	3	10.5	S/75.00	S/787.50
Total	21.5	15	64		S/5,405.50

Otra herramienta utilizada fue el diagrama de Pareto, que sirvió de ayuda para identificar cuáles son las causas raíz más críticas; en este caso fue la causa raíz 1, esta influye considerablemente en la rentabilidad de la empresa. Además, se puede determinar que tanto afecta a la compañía Pastelpan de una manera más visible. Primero, se realizó la siguiente tabla:

TABLA VII
DATOS PARA EL PARETO

CR	CAUSAS RAÍCES	COSTO PÉRDIDA	COSTO ACUMULADO	% COSTO ACUMULADO
CR1	Falta de abastecimiento de stock de tortas.	S/ 22,402.00	S/ 22,402.00	55.97%
CR2	Falta de capacitación en la producción.	S/ 7,296.00	S/ 29,698.00	74.2%
CR4	Falta de mantenimiento de equipos.	S/ 5,405.50	S/ 35,103.50	87.7%
CR3	Deficiencia en el ciclo de producción.	S/ 4,920.00	S/ 40,023.50	1

Como se busca evaluar la baja rentabilidad, se analizaron estas causas de las principales pérdidas económicas. Los datos anteriores fueron evaluados y diagramados a través de la aplicación de estadística descriptiva, histogramas, control estadístico de procesos con sus respectivas gráficas, los cuales están dentro de los límites permisibles para medir variables o atributos. La data fue procesada en Microsoft Excel y verificada en Minitab estableciendo que el índice estadístico de capacidad de proceso es menor a 1 por lo que el proceso es capaz de hacer cumplir las especificaciones técnicas indicando que los datos están por dentro del límite, es decir, la empresa se encuentra bajo control estadístico.

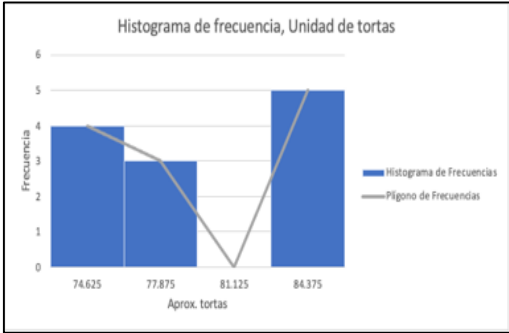


Fig. 4 Histograma y Gráfica de Control de Causa Raíz 1
Nota. En la presente figura se muestra el histograma de tortas no vendidas.

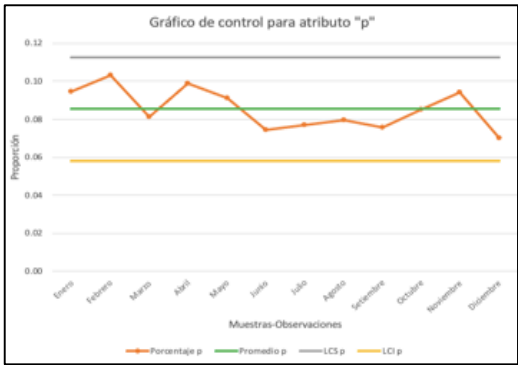


Fig. 5 Gráfica de Control de Causa Raíz 1
Nota. Se muestra la gráfica de control bajo control estadístico.

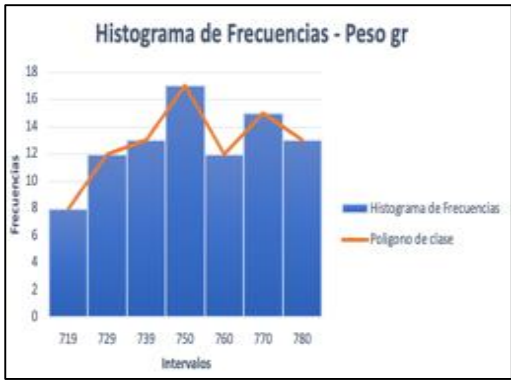


Fig. 6 Histograma de Causa Raíz 2
Nota. En la presente figura se muestra el histograma según el peso de las tortas de chocolate.

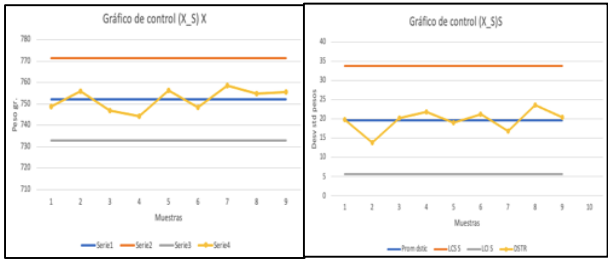


Fig. 7 Gráficas de Control de Causa Raíz 2
Nota. Se muestra la gráfica de control bajo control estadístico.

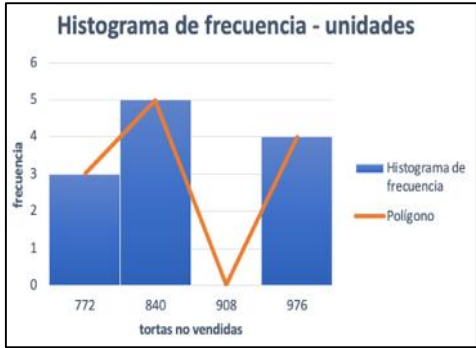


Fig. 8 Histograma de Causa Raíz 3
Nota. En la presente figura se muestra el histograma de tortas no vendidas.

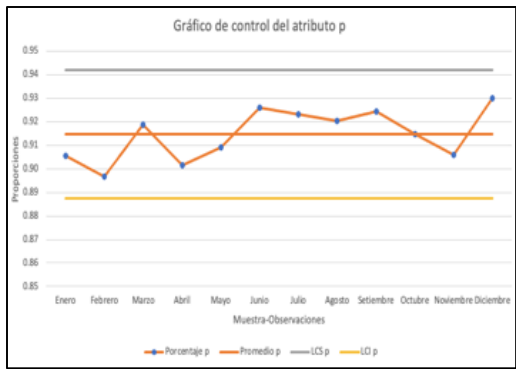


Fig. 9 Gráfica de Control de Causa Raíz 3
Nota. Se muestra la gráfica de control bajo control estadístico.

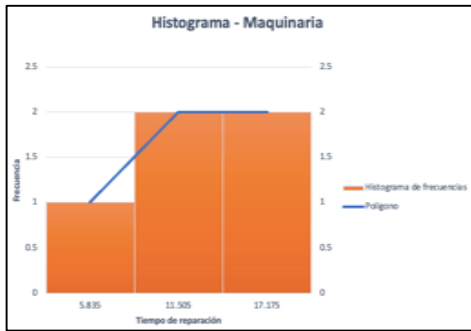


Fig. 10 Histograma de Causa Raíz 4
Nota. En la presente figura se muestra el histograma de tiempo de parada de los equipos.

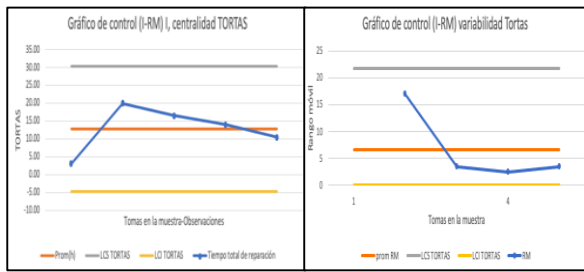


Fig. 11 Gráficas de Control de Causa Raíz 4
Nota. Se muestra la gráfica de control bajo control estadístico.

B. Solución propuesta

La propuesta de mejora se basa esencialmente en la aplicación de tres herramientas claves para la mejora de calidad, entre ellas: Casa de Calidad (QFD), el Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE) y Six Sigma con un despliegue en DMAIC. Primero, con la aplicación de la Casa de Calidad, se pudo encontrar mejoras en el proceso de operación, usando un sistema de matrices que organizan el conocimiento de una empresa respecto a las exigencias de los clientes y características del producto. Para la primera y tercera causa raíz se realizaron dos fases. Del mismo modo con la causa raíz 2 y la causa raíz 4.

La Casita de Calidad (QFD) tiene se basa en dos pilares fundamentales: el requerimiento del cliente y los requerimientos técnicos.

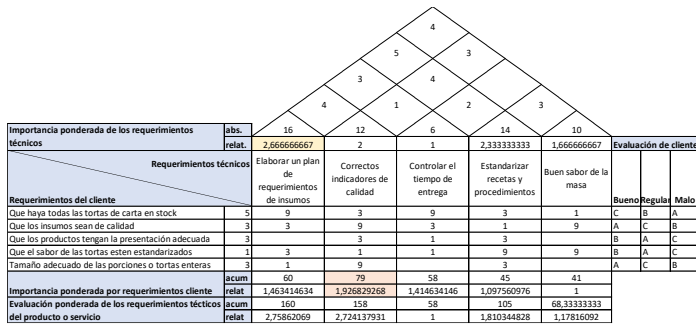


Fig. 12 Fase 1 de la Casa de Calidad de Causa Raíz 1 y 3
Nota. Basado en los requerimientos de clientes y requerimientos técnicos.

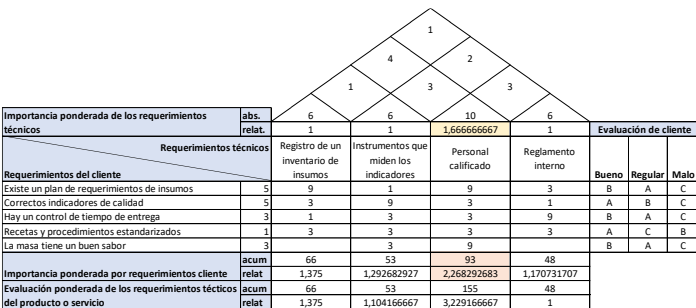


Fig. 13 Fase 2 de la Casa de Calidad de Causa Raíz 1 y 3
Nota. Basado en los requerimientos de clientes que eran los anteriores requerimientos técnicos y se generan nuevos requerimientos técnicos.

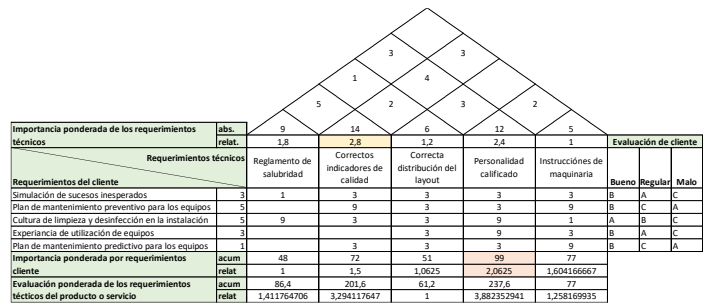


Fig. 14 Fase 1 de la Casa de Calidad de Causa Raíz 2 y 4
Nota. Basado en los requerimientos de clientes y requerimientos técnicos.

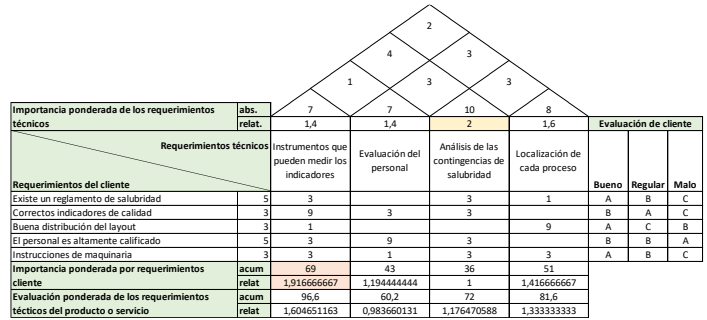


Fig. 15 Fase 2 de la Casa de Calidad de Causa Raíz 2 y 4
Nota. Basado en los requerimientos de clientes que eran los anteriores requerimientos técnicos y se generan nuevos requerimientos técnicos

Para implementar el Análisis de Modo de Falla y Efecto (AMFE), se analizaron los principales fallos que se encuentran en el proceso productivo de la Pastelpan Los Jardines. Se determinó un NPR a partir del producto de la ocurrencia, gravedad y detección de cada falla, identificando a los más relevantes y a los que no tanto, para poder disminuir este indicador con las recomendaciones y lograr mejorarlos, aumentar la satisfacción de los clientes y la disminución de los costos productivos.

AMFE DISEÑO - ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO Y SUS EFECTOS												
Nombre del Sistema (Título): Elaboración de torta de chocolate de 750g										Firma		
Responsable de AMFE (Persona): Ingeniero										Fecha AMFE		
Proceso	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Método de detección	Gravedad	Quantificación	Detección	NPR inicial	Acciones recomendadas	Responsable de la acción correctiva	Acción Tomada	NPR final
Compra de materia prima	Materia prima vencida o malograda	Mala calidad del producto y retraso en la producción	Falta de estandarización en los proveedores	Revisión semanal de los productos	5	4	5	100	Planificación de utilización de materiales primas	Pastelero supervisor	Implementación de un plan de materiales	20
Medición de los ingredientes	El peso y el tamaño de los ingredientes salen del rango establecido	Cantidad de ingredientes	Uso incorrecto de los instrumentos de medición	Visión al notar un exceso de cocción de la torta	3	5	7	105	Manuales de los procesos y recetas	Pastelero supervisor	Colocación de recetas visibles para los operarios	45
Preparación en filas	Adición de cosas externas al producto final	Rechazo del cliente en el producto final	Falta de higiene y limpieza por el operario	Inspección en el empaquetado	8	2	9	144	Implementar un plan de higiene constante	Pastelero supervisor	Recordatorios de limpieza constante	63
Horneado	Desbalance en las temperaturas	Retraso al producir tortas secas y agrietadas	Falta de mantenimiento en el horno	Demora en las tortas	7	3	6	126	Plan de mantenimiento preventivo	Trabajador	Mantenimiento a hornos	30
Corte y relleno de las tortas	Cortes y cantidades irregulares en la torta	Producto de baja calidad	Falta de capacitación y estandarización	Notable a la hora de decorar el producto	2	4	6	48	Reseñas pegadas en el lugar de preparación	Trabajador	Capacitación a los trabajadores	24
Decoración y empaquetado	Diseños irregulares	Clientes insatisfechos	Falta de capacitación de los operarios	Supervisión del pastelero	4	5	4	80	Capacitación sobre decoración	Pastelero supervisor	Capacitación a los trabajadores	32

Fig. 16 Análisis de Modo de Falla y Efectos
Nota. Con un NPR actual y el NPR después de las recomendaciones.

En cuanto a la aplicación del Six Sigma, permitió identificar la variabilidad de los datos recolectados de la variable de la causa raíz 1. Además, se obtuvo el nivel z para poder identificar una oportunidad de mejora en el proceso e incrementarlo con la ayuda del ciclo de DMAIC.

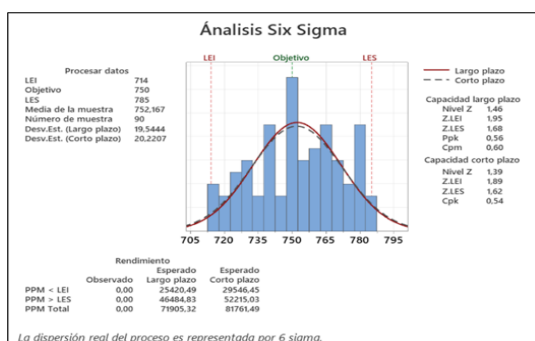


Fig.17 Análisis de Causa Raíz 2

Nota. En la presente figura se muestra la capacidad Six Sigma.

DMAIC	PROCEDIMIENTO
D(definir)	Equipo correcto de trabajo
	Entrenamiento a operarios
	Mapa de procesos
M (medir)	Diagrama de actividades de operarios por turno
	Desarrollar capacitaciones para el área de producción
	Medir el rendimiento de los operarios
A(analizar)	Definir las actividades para cada operario
	Establecer un plan de control de las funciones
	Histogramas de frecuencia
I(optimizar)	Determinar propuesta de mejora para las actividades
	Diagrama de Ishikawa
	Implementar un plan de capacitación
C(controlar)	Realizar un flujo de actividades para cada operario
	Realizar una base de datos reflejando el rendimiento de los trabajadores
	Establecer medidas de control para el área de producción

Fig.18 Diagrama DMAIC

Nota. En la presente figura se muestra una tabla del proceso DMAIC.

C. Evaluación Económica

Con el fin de implementar las mejoras propuestas de las herramientas anteriormente mencionadas, se realizó una evaluación económica de cada una de ellas, tomando en cuenta el apoyo de especialistas, materiales a utilizar, entre otras cosas. Este análisis, evalúa cada criterio de inversión de manera anual. La siguiente tabla muestra los costos de inversión para reducir a cierto plazo los costos de las causas raíz.

TABLA VIII
EVALUACIÓN ECONÓMICA CASA DE CALIDAD

Descripción	Nº	Costo Mensual	Costo unitario	Costo anual
Practicante de Ingeniería Industrial	1	S/1,000.00		S/1,000.00
Laptop	1		S/1,800.00	S/1,800.00
Escritorio	1		S/200.00	S/200.00
Impresora	1		S/600.00	S/600.00
Sillas	1		S/250.00	S/250.00
Total				S/3,850.00

TABLA IX
EVALUACIÓN ECONÓMICA AMFE

Descripción	Nº	Costo Mensual	Costo unitario	Costo anual
Asesoramiento de ingeniero industrial	1	S/350.00		S/350.00
Laptop	1		S/1,800.00	S/1,800.00
Escritorio	1		S/200.00	S/200.00
Horno industrial	1		S/3,880.00	S/3,880.00
Total				S/6,230.00

TABLA X
EVALUACIÓN ECONÓMICA SIX SIGMA

Descripción	Nº	Costo Mensual	Costo unitario	Costo anual
Ingeniero Industrial	1	S/3,000.00		S/3,000.00
Laptop	1		S/1,800.00	S/1,800.00
Escritorio	1		S/200.00	S/200.00
Sillas	1		S/250.00	S/250.00
Total				S/5,250.00

TABLA XI
INVERSIÓN TOTAL

Inversión por Herramientas	Costo anual
Casa de calidad (QFD)	S/6,230.00
AMFE	S/3,850.00
Six Sigma	S/5,250.00
Total	S/15,330.00

TABLA XII
EVALUACIÓN DE MEJORA

CR	Descripción	Pérdida Actual (soles/AÑO)	Pérdida mejorada (soles / AÑO)	Beneficio
CR-1	Falta de abastecimiento de stock de tortas.	S/22,402.00	S/12,500.00	S/9,902.00
CR-2	Falta de capacitación en la producción.	S/7,296.00	S/4,800.00	S/2,496.00
CR-4	Deficiencia en el ciclo de producción.	S/4,920.00	S/2,000.00	S/2,920.00
CR-3	Falta de mantenimiento de equipos.	S/5,405.50	S/2,700.00	S/2,705.50

A partir de los datos obtenidos del flujo de caja proyectado, se procede a determinar la rentabilidad de las herramientas propuestas la cual se realiza la evaluación a través de indicadores económicos: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).

TABLA XIII
ANÁLISIS ECONÓMICO

VAN	S/. 24.914,30
TIR	65,89%
PRI	3 años

III. RESULTADOS

Se presentan los resultados del análisis estadístico, matemático y monetizado de los datos obtenidos de la Pastelpan. Estos resultados muestran una mejora general en las pérdidas de cada causa raíz, generando un beneficio en la inversión.

TABLA XIV
ANÁLISIS DE INVERSIÓN

CR	Descripción	Pérdida Actual (soles/AÑO)	Pérdida mejorada (soles / AÑO)	Beneficio	Inversión
CR-1	Falta de abastecimiento de stock de tortas.	S/22,402.00	S/12,500.00	S/9,902.00	
CR-2	Falta de capacitación en la producción.	S/7,296.00	S/4,800.00	S/2,496.00	
CR-4	Deficiencia en el ciclo de producción.	S/4,920.00	S/2,000.00	S/2,920.00	
CR-3	Falta de mantenimiento de equipos.	S/5,405.50	S/2,700.00	S/2,705.50	S/15,330.00

A partir de estos datos, se graficaron las comparaciones de los costos actuales y mejorados de cada causa raíz, de las cuales se aprecia que causa raíz 1 es la que genera más pérdidas actualmente mientras que la causa raíz 2 es la que genera más pérdidas después de implementar las herramientas de mejora en cada causa raíz.

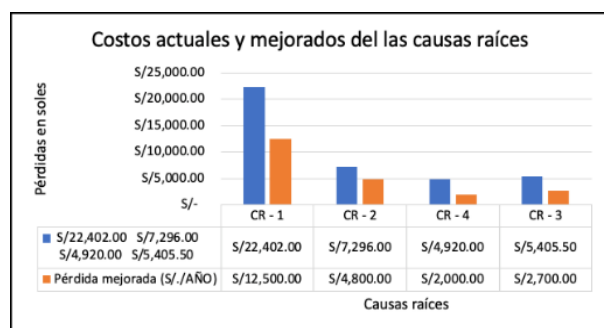


Fig.19 Gráfico de costos actuales y mejorados.

Nota. En la presente figura se puede comparar los costos de cada causa raíz.

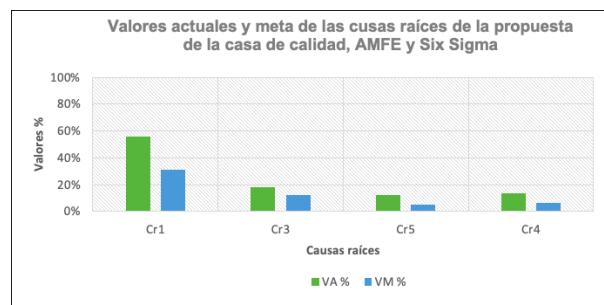


Fig.20 Comparación de porcentajes de pérdidas de las causas raíz.

Nota. En la presente figura se muestra los diferentes porcentajes de pérdidas actuales y mejoradas.

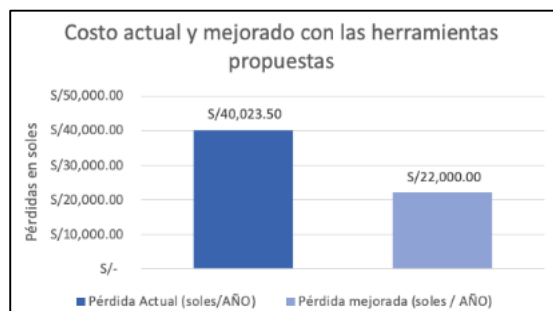


Fig.21 Comparación de costos totales de las causas raíz.

Nota. En la presente figura se muestra los diferentes costos de pérdidas actuales y mejoradas.

Además, gracias a la herramienta Six Sigma y DMAIC, se logró mejorar los costos de la segunda causa raíz, logrando disminuir las pérdidas de tortas por un mal pesaje. Se demuestra a continuación la comparación de los valores z actuales y mejorados, también los errores por millón actuales y mejorados.

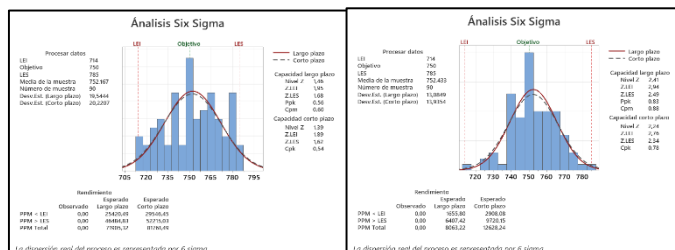


Fig.22 Análisis Six Sigma

Nota. En la presente figura se la mejora del Análisis Six Sigma que se da después de las mejoras en la causa raíz 2

En la Tabla XV se muestran en resumen de la capacidad Six Sigma de todas las causas raíces, en la cual se presentan los porcentajes de cuanto varió el nivel Z actual y después de la mejora.

TABLA XV
COMPARACIÓN DEL SIX SIGMA

CAUSA RAÍZ	CAPACIDAD SIX SIGMA ACTUAL	CAPACIDAD SIX SIGMA MEJORADA	BENEFICIO
CR2	1,46	2,41	39%

IV. DISCUSIÓN

Con respecto a nuestro trabajo y el de Machecha (2018), titulado “Propuesta de Mejora En El Proceso De Producción Del Área De Panadería De Gate Gourmet Colombia Utilizando Herramientas De Lean Manufacturing Para Disminuir Los Desperdicios”, utilizaron de igual manera las herramientas Ishikawa y Pareto para identificar las causas raíz en lo que viene a ser una panadería. Lo que diferencia a nuestro trabajo en la utilización también de herramientas lean Manufacturing, lo cual puede complementar en otros aspectos de producción.

Por un lado, el proyecto de Cabrera & Gonzáles (2014) llamado “Mejora de la Productividad del área de producción de tortas finas en la empresa pastelería Briselli SAC aplicando metodología PHVA” y la tesis de Montañó & Rojas (2015), titulada “Plan de mejoramiento de la empresa Pan Extra S.A.”, aplican la herramienta PHVA y La Casa de Calidad que a través de sus matrices de planeación e inter correlación, brindaron planes de acción positivos y factibles en cuanto a los indicadores VAN y TIR, similar al presente trabajo, con la diferencia de que muestran 2 escenarios, uno positivo y otro negativo, mientras que el nuestro solo presenta uno en general.

Por otro lado, el trabajo de Gutiérrez & Garibay (2014), “Análisis multivariado y QFD como herramientas para escuchar la voz del cliente y mejorar la calidad del servicio”, permitió escuchar mejor la voz de los clientes y la calidad del servicio, como se utilizó en el trabajo. Además, el presente trabajo concuerda también con la viabilidad de indicadores del VAR y

TIR del artículo de Gálvez, Tisnado, Rantes & Solórzano (2021), titulado “Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo, ABC, Codificación, Sistema Kanban, AMFE y Pronósticos para reducir costos en la empresa metalmecánica Ingenieros en Acción S.R.L”. Otras herramientas de la que se apoyó el trabajo fueron Six Sigma y DMAIC los cuales dieron resultados óptimos tanto en el presente como el artículo publicado de Pérez & Rojas (2019) “Lean, seis sigma y herramientas cuantitativas: Una experiencia real en el mejoramiento productivo de procesos de la industria gráfica en Colombia” y el paper de Abad, Urueta, Chang & Barcia (2021) titulado “Reducción del índice de reproceso en una bodega de producto terminado aplicando Lean Warehousing and DMAIC”.

V. CONCLUSIONES

Se analizaron los problemas en la producción que causan pérdidas monetarias en la Pastelpan “Los Jardines” en la ciudad de Trujillo, estos se encuentran el área de calidad de la empresa; además, se usaron herramientas que lograron disminuir estos costos innecesarios y se logró maximizar la utilidad.

Se realizó un DOP y flujo de proceso para definir el plan de producción de la empresa, donde se muestran las diferentes etapas para la elaboración de tortas; para lo cual, se tomó en cuenta la preparación de la torta de chocolate.

Gracias a la herramienta Ishikawa y la matriz de indicadores, se identificaron las causas raíz que provocan deficiencias económicas en las ventas y proceso productivo de la Pastelpan “Los Jardines”, estas fueron: falta de abastecimiento de stock de tortas, falta capacitación en la producción, deficiencia en el ciclo de producción y falta de mantenimiento de equipos; causando una pérdida económica de S/22,402.00; S/7,296.00; S/4,920.00 y S/5,405.50 respectivamente, sumando un total de S/40,023.50.

Se realizó una propuesta de mejora en el control de calidad para la empresa, la cual se apoya en las herramientas de Casa de Calidad, análisis de modos de fallo y sus efectos (AMFE) y la herramienta Six Sigma junto con la metodología DMAIC; estas herramientas propusieron mejoras que, al ser implementadas, podrían traer grandes beneficios a la organización.

Se calculó el beneficio económico de la propuesta de mejora; para lo cual, se determinó que la situación después de diseñar la propuesta de mejora provocaría un costo perdido mejorada de S/ 22,000, representando un beneficio económico mensual de S/ 18,023.50; para lo cual se requiere una inversión total de las herramientas ya mencionadas de S/ 15,330.00. Además, al realizar la evaluación económica de la propuesta, se utilizaron los indicadores del Valor Actual Neto de S/ 24,914.30, una Tasa Interna de Recuperación de 65.89% y un periodo de Recuperación de la Inversión de 3 años, lo cual representa que la propuesta de mejora es una solución factible y beneficiosa para la Pastelpan “Los Jardines”.

REFERENCIAS

- [1] Domínguez, S. (2014, noviembre 24). ISO 9001: Entendiendo el enfoque basado en procesos. ISO 9001:2015. <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2014/11/iso-9001-entendiendo-enfoque-basado-procesos/>
- [2] Escuela de Postgrado» Universidad Católica San Pablo. (2022). Descubre qué es un sistema de gestión de calidad. Postgrado UCSP. <https://postgrado.ucsp.edu.pe/articulos/que-es-gestion-calidad/>
- [3] Sepulveda Garces, O. D., & Villegas Mejía, D. (2014). 1 DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD, BAJO LOS REQUERIMIENTOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA ISO 9001:2015 EN LA EMPRESA. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/b358e697-ffc8-405d-a518-d61b436f65ea/content>
- [4] Martínez Marín, S. J., García Díaz, J. L., & Guerrero Reyes, J. L. (2018). Quality management system and ISO 9001:2008 certification-Barriers and challenges to SMEs. Repositorio CUC. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/7273>
- [5] Medina, M. G. (2021). DISEÑO DE PROCESO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA DE ELABORACIÓN DE PAN. Repositorio UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21364/1/UPS-GT003507.pdf>
- [6] Blas García, D. A., Salazar García, C. W., & Gutiérrez Bolívar, C. M. (2018). Importancia Del Diagrama de Procesos | PDF | Diseño | Transporte. Scribd. <https://www.scribd.com/document/391774328/Importancia-Del-Diagrama-de-Procesos>
- [7] Zapata, C. M., Villegas, S. M., & Arango, F. (2006). Reglas de Consistencia entre Modelos de Requisitos de un Método. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/215/21514104.pdf>
- [8] Romero Bermúdez, E., & Díaz Camacho, J. (2010). Redalyc. El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/270/27018888005.pdf>
- [9] Gutiérrez Pulido, H., & De La Vara Salazar, R. (2018). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>
- [10] Gutiérrez Álvarez, Á. M., Babativa, Y. L., & Lozano, I. (2004). Presentación de datos. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/562/56220111.pdf>
- [11] Huerga Castro, C., Blanco Alonso, P., & Abad González, J. (2005, December 1). Aplicación de los gráficos de control en el análisis de la calidad textil | Pecvnía : Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de León. Revistas Universidad de León. <https://revpubli.unileon.es/ojs/index.php/Pecvnia/article/view/744>
- [12] Rendón Macías, M. E., Villasis Keeve, M. Á., & Miranda Novales, M. G. (2016, diciembre). Redalyc. Estadística descriptiva. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755026009.pdf>
- [13] Orellana, L. (2001). ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA. Departamento de Matemática. https://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2011/1/modulo%20descriptiva.pdf

- [14] Memenza, A., Cauty, N., Sotelo, F., & Ramos, E. (2020). Standardize Strawberry Crops by Applying the Quality Function Deployment in Huaaura, Perú. Laccei. http://www.laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/full_papers/FP319.pdf
- [15] Franceschini, F., & Maisano, D. (2015, August). Prioritization of QFD Customer Requirements Based on the Law of Comparative Judgments. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/281283334_Prioritization_of_QFD_Customer_Requirements_Based_on_the_Law_of_Comparative_Judgments
- [16] Howard, T., Eifler, T., Pedersen, S., Göhler, S., Boorla, S., & Christensen, M.E. (2017). The variation management framework (VMF): A unifying graphical representation of robust design. DTU Library. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/files/163090146/A_Framework_for_Robust_Design_and_Variation_Management.pdf
- [17] Guerra Bretaña, R. M., Almirall, A., & Meizoso, M.C. (2013, January). Utilización del AMFE y el DFC para la Evaluación de los Riesgos. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/290715266_Utilizacion_del_AMFE_y_el_DFC_para_la_Evaluacion_de_los_Riesgos
- [18] Consuegra Mateus, O. (2015). Metodología AMFE como herramienta de gestión de riesgo en un hospital universitario. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/4096/409640743004.pdf>
- [19] Snee, R. (2010, March). Lean Six Sigma – getting better all the time. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/242025667_Lean_Six_Sigma_-_getting_better_all_the_time
- [20] Anthony, J., Kumar, A., & Banuelas, R. (2006, June). Applications of Six Sigma in Manufacturing Sector. Taylor & Francis Group. <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9780080456379/world-class-applications-six-sigma-ricardo-banuelas-ashok-kumar-jiju-antony>
- [21] Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma in small and medium enterprises: a methodological approach. SciELO Chile. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052014000200012
- [22] Ockpala, K. E. (2013). Lean Six Sigma Methodologies and Organizational Profitability: A Review of Manufacturing SMEs in Nigeria. Scientific Research Publishing. [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqw2orz553k1w0r45\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=981867](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=981867)