



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS APLICANDO LA METODOLOGÍA
LEAN SIX SIGMA EN LA EMPRESA FAMOSAL S.A., CANTÓN
SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA-ECUADOR”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

AUTOR:

MENDEZ MOLINA DANITZA DAYANA

TUTOR:

ING. MUYULEMA ALLAICA JUAN CARLOS, MEng.

La Libertad, Ecuador

2024

UPSE

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL

TEMA:

**“OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS APLICANDO LA
METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN LA EMPRESA FAMOSAL
S.A., CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA-
ECUADOR”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

MENDEZ MOLINA DANITZA DAYANA

TUTOR:

ING. MUYULEMA ALLAICA JUAN CARLOS, MEng.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Mendez Molina Danitza Dayana**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Industrial**.

TUTOR

f. 

Ing. Muyulema Alhica Juan Carlos MEng.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

Ing. Moreno Alcívar Lucrecia Cristina

La Libertad, a los 27 del mes de Noviembre del año 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN LA EMPRESA FAMOSAL S.A., CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA-ECUADOR”, elaborado por la Srta. MENDEZ MOLINA DANITZA DAYANA, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR

f. 

Ing. Muyuloma Alfiar Juan Carlos, MEng.

La Libertad, a los 27 del mes de Noviembre del año 2024

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo Mendez Molina Danitza Dayana

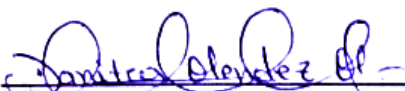
DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN LA EMPRESA FAMOSAL S.A., CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA-ECUADOR**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera Industrial** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi/nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 27 del mes de Noviembre del año 2024.

LA AUTORA

f. 
Mendez Molina Danitza Dayana

AUTORIZACIÓN

Yo, **MENDEZ MOLINA DANITZA DAYANA**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, “OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN LA EMPRESA FAMOSAL S.A., CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA-ECUADOR” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

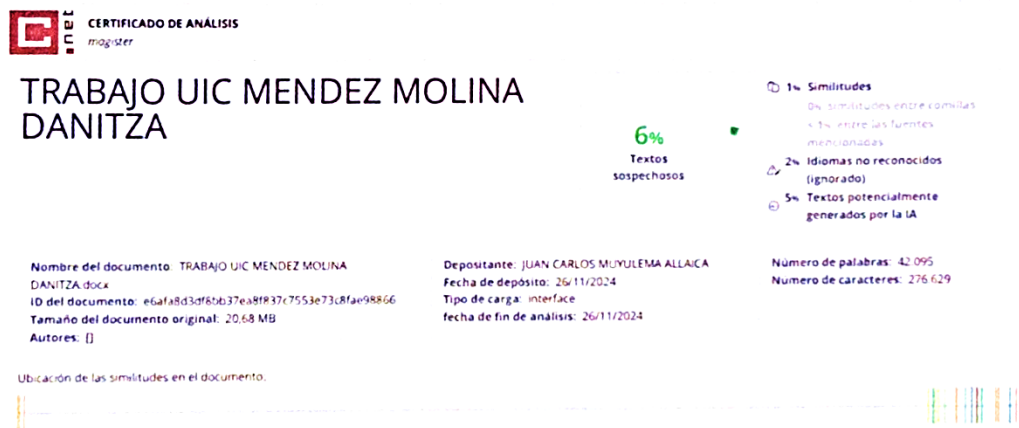
La Libertad, a los 27 del mes de noviembre del año 2024

LA AUTORA:

f. 
Mendez Molina Danitza Dayana

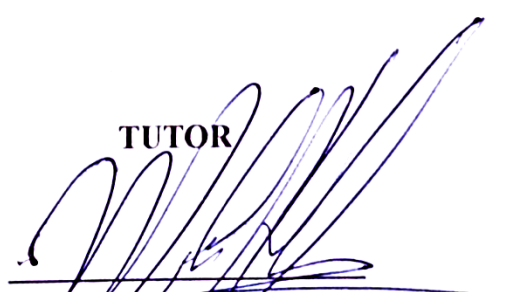
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN LA EMPRESA FAMOSAL S.A., CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA-ECUADOR”** elaborado por la Srta. **MENDEZ MOLINA DANITZA DAYANA**, egresada de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniera Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio: Compilatio Magister, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 6% de la valoración permitida, por consiguiente, se procede a emitir el presente informe.



Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

TUTOR
f. 
Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos MEng.
C.C: 0603932450

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Santa Elena, 25 de noviembre del 2024

Yo, **Mónica Isabel Paredes Castro**, Magister en Educación Básica, con registro de la **SENECYT N° 1023-2024-2904505** por medio del presente certifico que:

Después de revisar y corregir la sintaxis y ortografía del trabajo investigativo titulado **"OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN LA EMPRESA FAMOSAL S.A., CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA-ECUADOR"**, elaborado por la estudiante **DANITZA DAYANA MENDEZ MOLINA** en su opción al título de **INGENIERA INDUSTRIAL** en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, puedo afirmar que el trabajo está apto para ser defendido.

Sin otro particular.



Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.

C.I: 0605353143

Celular: 0969917044

Correo: misabelp1017@gmail.com

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su inagotable e incomprensible amor, que a través de su palabra ha sido mi guía y fortaleza a lo largo de este camino, por ser mi sustento en momentos de desafíos y siempre brindarme esa paz que sobrepasa todo entendimiento.

A mis padres, Danny Mendez y Laura Molina, mis pilares fundamentales, mi mayor fortuna y bendición, por estar a mi lado en los momentos de alegría y adversidad, por celebrar mis triunfos y levantarme en mis derrotas, eternamente agradecida por el tiempo, esfuerzo y recursos invertidos, de forma incondicional siempre con amor y dedicación.

A mi hermano Carlos Mendez por su cuidado, apoyo y su constante disposición para llevarme a la universidad todos los días. Su dedicación y generosidad me brindaron seguridad y tranquilidad necesaria para concentrarme en mis estudios sabiendo que siempre podía contar con él.

A mis profesores de la carrera, quienes en cada semestre contribuyeron con valiosos conocimientos que fueron fundamentales para mi desarrollo como profesional. Su compromiso y orientación han sido clave en este proceso y su influencia ha dejado un legado perdurable en mi formación.

A todas las personas quienes de alguna u otra manera contribuyeron a que pueda llegar a la meta y han sido parte de esta travesía, cada uno de ustedes les expreso mi más sincero agradecimiento.

Danitza Dayana Mendez Molina

DEDICATORIA

Al único y verdadero Dios, Jesucristo, porque sus promesas me han sostenido y su palabra ha guiado mi camino en este proceso, sin duda alguna fuera de él nada podré hacer

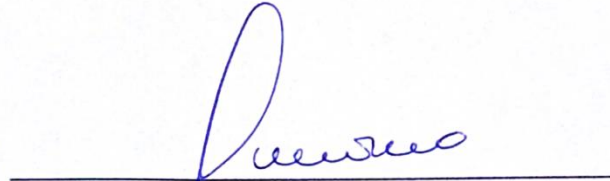
A mis padres, Danny Méndez y Laura Molina, por su amor inmensurable e incondicional, su apoyo fue indispensable para alcanzar este triunfo, por lo tanto, también es de ustedes.

A mis abuelos, hermanos, tíos, primos estoy segura de que se sienten parte y experimentan la alegría de este logro y también a la familia de la fe, sus fervientes oraciones han sido fundamentales para que este trayecto culminara con éxito.

Danitza Dayana Mendez Molina

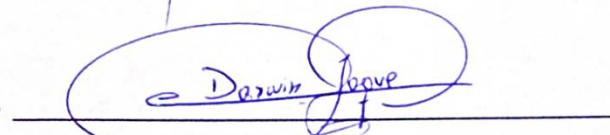
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.



Ing. Lucrecia Moreno Alcívar
DIRECTOR DE CARRERA

f.



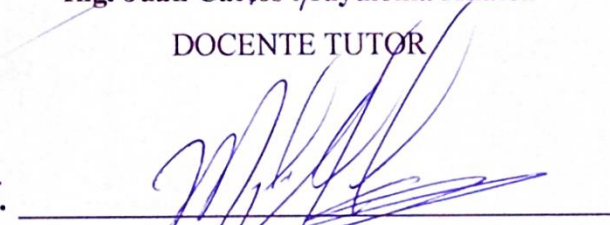
Ing. Darwin Jaque Puca
DOCENTE ESPECIALISTA

f.



Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica
DOCENTE TUTOR

f.



Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica.
DOCENTE UIC

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	v
AUTORIZACIÓN	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
DEDICATORIA	x
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	8
MARCO TEÓRICO	8
1.1. Antecedentes Investigativos	8
1.2. Estado del arte	9
1.3. Protocolo de investigación.	30
1.4. Estado conceptual.....	33
CAPÍTULO II.....	35
MARCO METODOLÓGICO	35
2.1. Enfoque de investigación	35
2.2. Diseño de investigación.	36
2.3. Procedimiento metodológico.	36
2.4. Población y muestra.	40
2.4.1. Población.	40
2.4.2. Muestra.	40
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos	40
2.5.1. Métodos de recolección de los datos	40

2.5.2.	Técnicas de recolección de los datos.....	42
2.5.3.	Instrumentos de recolección de los datos	43
2.6.	Procedimiento para la recolección de los datos.	43
2.7.	Plan de análisis e interpretación de resultados.....	44
CAPÍTULO III.....		46
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN		46
3.1.	Situación actual.	46
3.1.1.	Generalidades de la empresa.	46
3.1.2.	Misión.....	46
3.1.3.	Visión	46
3.1.4.	Ubicación de la empresa.....	47
3.1.5.	Productos de las empresas	47
3.2.	Marco de resultados.	47
3.2.1.	Revisión de la literatura.	48
3.2.2.	Estudio de campo.....	48
3.2.3.	Identificación del problema.	48
3.2.4.	Identificación del producto.	48
3.2.5.	Definir.....	50
3.2.6.	Medir.....	56
3.2.7.	Analizar.....	69
3.2.8.	Mejorar.	75
3.2.9.	Controlar	126
3.3.	Análisis financiero.	141
CONCLUSIONES.....		145
RECOMENDACIONES		146
BIBLIOGRAFÍA		147
ANEXOS		159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Preguntas de investigación.	12
Tabla 2: Identificación de términos de búsqueda.	13
Tabla 3: Criterios de inclusión y exclusión.....	14
Tabla 4: Selección de artículos por base de datos.	14
Tabla 5: Producción Científica Anual de Lean Six Sigma en base de datos.	16
Tabla 6: Producción de artículos de lean six sigma por países.....	17
Tabla 7: Autores destacados de lean six sigma.	18
Tabla 8: Autores de documentos más citados "Lean Six Sigma".....	19
Tabla 9: Matriz referencial de artículos.....	23
Tabla 10: Procedimiento de recolección de datos.	43
Tabla 11: Plan de análisis e interpretación de datos.	45
Tabla 12: Análisis ABC de productos.	49
Tabla 13: Marco del proyecto seis sigma.	51
Tabla 14: Producción diaria de sal de mesa de 500g.	54
Tabla 15: Clasificación de actividades para VSM.....	61
Tabla 16: Resumen de observaciones preliminares.....	65
Tabla 17: Factores que afectan a la productividad.....	67
Tabla 18: Observaciones de factores que afectan a la productividad.....	69
Tabla 19: Análisis de varianza ANOVA.	70
Tabla 20: Criterio de fiabilidad de correlación.....	71
Tabla 21: Resultados de correlación de Pearson.....	72
Tabla 22: Rangos de la correlación en los factores más críticos.	74
Tabla 23: Correlación de Pearson.	75
Tabla 24: Herramientas para optimizar la productividad.	76
Tabla 25: Resumen de evaluación inicial 5s.....	78
Tabla 26: Artículos del área de envasado y enfardado.	81
Tabla 27: Acciones propuestas SEIRI.	82
Tabla 28: Frecuencia de limpieza.	85
Tabla 29: Plan de capacitación: Metodología 5s.	89
Tabla 30: Calificación final de auditoria 5S.....	91
Tabla 31: OEE Famosal S.A.....	95

Tabla 32: Inventario de maquinarias.....	97
Tabla 33: Ficha técnica de la lavadora de sal.	98
Tabla 34: Ficha técnica del hidrociclón.....	99
Tabla 35: Ficha técnica de la máquina centrífuga.	100
Tabla 36: Ficha técnica del secador industrial.....	101
Tabla 37: Ficha técnica del enfriador.	102
Tabla 38: Ficha técnica de las cribas.	103
Tabla 39: Ficha técnica de la tolva industrial.	104
Tabla 40: Ficha técnica de la envasadora.	105
Tabla 41: Ficha técnica de la enfardadora.	106
Tabla 42: Sistema y elementos de cada máquina.....	107
Tabla 43: Clasificación de riesgos y criterios de evaluación.....	108
Tabla 44: Matriz AMFE maquinarias.....	109
Tabla 45: Frecuencia de mantenimiento.	112
Tabla 46: Gama de mantenimiento de lavadora.	113
Tabla 47: Gama de mantenimiento de hidrociclón.....	114
Tabla 48: Gama de mantenimiento de centrífuga.....	115
Tabla 49: Gama de mantenimiento de secador.	116
Tabla 50: Gama de mantenimiento de enfriador.	117
Tabla 51: Gama de mantenimiento de cribas.....	118
Tabla 52: Gama de mantenimiento de tolva.....	119
Tabla 53: Gama de mantenimiento de envasadora.	120
Tabla 54: Gama de mantenimiento de enfardadora.....	121
Tabla 55: Cronograma de mantenimiento.....	123
Tabla 56: Cuadro de mando integral Famosal S.A.....	128
Tabla 57: Control perspectiva financiera.....	132
Tabla 58: Control perspectiva del cliente.	132
Tabla 59: Control perspectiva de procesos internos.....	133
Tabla 60: Control de perspectiva de aprendizaje y crecimiento.....	133
Tabla 61: Técnica del semáforo para la calificación en el BSC.....	134
Tabla 62: Plan operativo de la perspectiva financiera.....	136
Tabla 63: Plan operativo de la perspectiva cliente.....	137
Tabla 64: Plan operativo de la perspectiva de procesos internos.....	138
Tabla 65: Plan operativo de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento.....	139

Tabla 66: Indicadores de evaluación.	140
Tabla 67: Presupuesto de inversión.	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Etapas del Análisis Bibliométrico.....	10
Figura 2: Concurrencia de palabras.	20
Figura 3: Producción científica anual de Lean Six Sigma.	21
Figura 4: Metodologías empleadas para optimización de procesos.	27
Figura 5: Herramientas de las metodologías.	29
Figura 6: Protocolo de investigación.	31
Figura 7: Ruta metodológica del protocolo de investigación.....	37
Figura 8: Recopilación y procesamiento de datos.	38
Figura 9: Plan de Recolección de datos.	41
Figura 10: Logotipo de marca comercial.....	46
Figura 11: Ubicación planta Famosal.....	47
Figura 12: Diagrama de Pareto de demanda de productos de FAMOSAL S.A.....	50
Figura 13: PEPSU del proceso de sal de mesa de 500g.	53
Figura 14: Gráfico de líneas de la productividad.....	55
Figura 15: DOP sal de mesa de 500g.	57
.Figura 16: Diagrama de proceso de flujo.	59
Figura 17: Mapa de flujo de valor de sal de mesa de 500g.	63
Figura 18: Diagrama de Pareto de factores que afectan a la productividad.	68
Figura 19: Diagrama radar 5s actual.	79
Figura 20: Tarjeta Roja.	80
Figura 21: Biácora de uso de herramientas.....	84
Figura 22: Registro de limpieza.....	86
Figura 23: Diagrama radar 5s propuesto.	92
Figura 24: Diagrama de flujo de proceso propuesto.	125
Figura 25: VSM propuesto.	126
Figura 26: Mapa estratégico de FAMOSAL S.A.	130

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Tabla general electric.	159
Anexo B: Ciclos cronometrados.	159
Anexo C: Confiabilidad de ciclos cronometrados.	160
Anexo D: Hoja de observación.	160
Anexo E: Muestreo preliminar.	161
Anexo F: Resumen muestreo final.....	161
Anexo G: Evaluación inicial 5s.	162
Anexo H: Evaluación final de las 5s.....	163
Anexo I: Cálculo de OEE.	164
Anexo J: Carta de aceptación.....	165

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN LA EMPRESA FAMOSAL S.A., CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA-ECUADOR

Autora: Mendez Molina Danitza Dayana

Tutor: Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos, MEng.

RESUMEN

En la actualidad las fábricas manufactureras anhelan mantener su posición y competitividad ofreciendo un producto en excelentes condiciones a sus clientes y que a su vez generen beneficios a la empresa. Este trabajo tiene como objetivo optimizar los procesos aplicando la metodología lean six sigma en la empresa Famosal S.A., cantón Salinas, provincia de Santa Elena-Ecuador”. Se llevó a cabo una revisión de literatura a través de un análisis bibliométrico para elaborar el estado del arte que dio como resultado el protocolo de aplicación de métodos y herramientas a utilizar. El proceso de recolección de datos se realizó mediante técnica de observación directa aplicando sus respectivas herramientas para levantar los procesos y ejecutar el ciclo DMAMC, identificando las causas de baja productividad para proponer acciones de mejora en el proceso. En consecuencia, la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing 5s y TPM reduce las variaciones en el proceso de producción de sal de mesa de 500g y se plantea un sistema de control basado en el BSC.

Palabras clave: Lean Six Sigma, DMAMC, Optimización, Procesos

OPTIMIZATION OF PROCESSES APPLYING THE LEAN SIX SIGMA METHODOLOGY IN THE COMPANY FAMOSAL S.A., CANTON SALINAS, PROVINCE OF SANTA ELENA-ECUADOR.

Author: Mendez Molina Danitza Dayana

Tutor: Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos, MEng.

ABSTRACT

Nowadays, manufacturing factories yearn to maintain their position and competitiveness by offering their customers a product in excellent conditions that in turn generate benefits for the company. This work aims to optimize the processes by applying the lean six sigma methodology in the company Famosal S.A., Canton Salinas, Province of Santa Elena-Ecuador. A literature review was carried out through a bibliometric analysis to develop the state of the art, which resulted in the protocol for applying methods and tools to be applied. The data collection process was carried out through direct observation techniques applying their respective tools to raise the processes and execute the DMAIC cycle, identifying the causes of low productivity and proposing actions to improve the process. Consequently, the application of the lean Manufacturing 5s and TPM tools reduces variations in the production process of 500g table salt and a control system based on the BSC is proposed.

Keywords: Lean Six Sigma, DMAMC, Optimization , Process

INTRODUCCIÓN

Las industrias y sus métodos de trabajo han experimentado cambios constantes a lo largo del tiempo, en la actualidad se distinguen por la capacidad de responder eficazmente a los retos y variaciones emergentes lo que constituye un componente crítico para la adaptabilidad y competitividad organizacional (Coello & Espín, 2022). A través de la identificación de oportunidades de mejora con la aplicación de metodologías y herramientas efectivas, el sector manufacturero puede optimizar sus procesos productivos en un entorno empresarial de cambios continuos (Cruz-Oliver et al., 2024). Para minimizar interrupciones, períodos de inactividad y retrasos es esencial el uso de técnicas para mejorar el flujo de producción que garanticen un proceso eficiente y continuo incluso ante fallas o acontecimientos imprevistos (Maragathasundari et al., 2024).

A nivel mundial un estudio indica que el 54% de las empresas manufactureras están comprometidas en aumentar sus inversiones en la mejora de procesos a través de la transformación de modelos de producción que se especializan en de la generación de valor en la cadena de suministros, estos cambios y aplicaciones estratégicas principalmente son aplicados en países asiáticos como Corea del Sur, Japón y China (Montilla, 2021). Al aplicar técnicas adaptadas a cada etapa del proceso se incrementa la eficiencia del sistema de fabricación con el propósito de maximizar la utilización de recursos y reducir incertidumbres en el desarrollo del producto (Bakon et al., 2022). Aumentar los niveles de productividad, reducir pérdidas, y promover a un mejor desempeño organizacional son los objetivos de la aplicación de este enfoque integral, que también apuntan a mejorar la planificación y ejecución de actividades mediante diversas herramientas (Expósito-Márquez et al., 2024).

En Iberoamérica se utilizan estrategias limitadas para aumentar la eficiencia operativa; en Brasil un tercio de las empresas emplean técnicas de optimización de procesos mientras que en Argentina el valor se aproxima al 20%, sin embargo, de estos estadísticos solo el 3,7% de las empresas brasileñas y el 2,9% de las argentinas han adoptado herramientas modernas para emplearlas en sus industrias. (Grosman et al., 2022). Además, Hernández Chávez et al., (2022), enfatizan que el objetivo de la optimización operativa es perfeccionar la calidad de los productos mediante la participación de todos los que prestan servicios en la entidad. Dentro de este contexto, lean manufacturing es una de las metodologías más conocidas y empleadas en la industria, apoyándose en sus pilares: producción a bajo costo y satisfacción del cliente, a través de

la minimización de desperdicios y maximización del valor del producto(N. Kumar et al., 2022).

Bajo este contexto, países como Corea del Sur, Japón y China están implementando enfoques avanzados para optimizar sus procesos productivos, mientras que en América Latina el uso de estas técnicas sigue siendo limitado, varias fábricas no han logrado cumplir con sus metas de eficiencia ni disminuir imprevistos en los métodos de producción, lo que afecta directamente a su competitividad en el entorno empresarial global; cabe destacar que Brasil y Argentina son los dos países de la región que han mostrado avances significativos en comparación a las otras naciones.

En Ecuador el sector fabril aporta con el 14% de las ventas totales, en el que se destaca la producción de alimentos, entre ellas la industria de la sal que representa el 1% del total, a pesar de que este país no es caracterizado por la exportación de sal su producción satisface la demanda del mercado interno. (Moreno-Morales et al., 2024; MPCEIP, 2024). La ineficacia y posibles contratiempos resultan de la falta de una estructura adecuada en la gestión de los recursos, por ello es fundamental la optimización de procesos que garantice la sostenibilidad de estas organizaciones. (Vera Mendoza et al., 2021). Diversos sectores han respondido a este desafío con la implementación de la metodología Six Sigma que ha impulsado la capacidad de los procesos, incrementando el rendimiento y disminuyendo la variabilidad (Mittal et al., 2023).

El sector manufacturero ecuatoriano ha empezado a adoptar metodologías para optimizar sus procesos, es incierto en qué medida estas herramientas se han efectuado en la industria salinera y cuál ha sido su influencia en este campo, además hay pocas investigaciones que analicen como la viabilidad a largo plazo de las organizaciones podría estar en riesgo por la gestión inadecuada de los recursos lo que genera una barrera significativa para comprender su futuro desempeño.

Existen diversas provincias que producen sal en el Ecuador, se distingue la península de Santa Elena con la tradición solidificada en el sector salinero lo cual la convierte en una zona determinante para responder a la demanda del mercado interno y el sector alimentario, las condiciones naturales por su ubicación costera la posicionan como un sitio estratégico para la producción, por otra parte en la región interandina en las ciudades de Imbabura y Bolívar se han hallado restos de salinas en el interior de la superficie terrestre. La sal generada en Santa Elena satisface la demanda nacional a su vez promueve el desarrollo de las industrias relacionadas (Henríquez Tigrero, 2018).

El área principal de producción de sal de la península de Santa Elena se focaliza en su mayoría en la franja costera de Salinas que se extiende desde Mar Bravo hasta el sur de la localidad. Esta zona la es responsable de satisfacer el 70% de la demanda de la sal que consume el país convirtiéndose en la principal productora de este componente alimenticio (Quinapallo García & Ochoa Armijos, 2019). La ausencia de investigaciones especializadas de las empresas en el sector industrial indica que las fábricas salineras en Santa Elena no han optimizado sus procesos de forma adecuada lo que indica una adopción escasa de las herramientas de mejora continua, como lean six sigma considerando que LSS busca optimizar procesos eliminando actividades que no agregan valor junto con la reducción de defectos y variabilidad (Utama & Abirfatin, 2023). Bajo este contexto es crucial llevar a cabo estudios adicionales para evaluar el estado operativo actual de estas industrias y su capacidad para implementar metodologías avanzadas de optimización.

La empresa FAMOSAL S.A. localizada en Salinas en el sector Minas Nuevas ha dedicado más de veinte años a la producción de sal de mesa e industrial, su principal característica es el esfuerzo y dedicación constante para ofrecer productos de calidad sin embargo no cuentan con la aplicación de herramientas para optimizar sus procesos y mejorar la eficiencia productiva, bajo estos contextos se origina la necesidad de realizar la investigación en esta compañía con el propósito de preservar la visión establecida..

Planteamiento del problema:

A nivel mundial, China y Estados Unidos lideran la producción de sal, representando conjuntamente el 39.4% del mercado global. En 2016, China superó a Estados Unidos con una producción de 58 millones de toneladas, frente a los 42 millones de toneladas de EE. UU (Cantu et al., 2018). Sin embargo, un estudio realizado de Kim et al. (2019.) revelan una problemática ambiental significativa: entre 39 marcas de sal analizadas, la mayor contaminación por micro plásticos se encontró en la sal marina, seguida de la sal de lago y, en menor medida, en la sal de roca. La calidad de la sal plantea retos tanto para la industria como para la salud pública ya que los grandes volúmenes de producción afectan a la composición del producto especialmente en términos de contaminación por micro plásticos esto impacta negativamente a la satisfacción del cliente por ende se recalca la necesidad de adoptar técnicas controladas y eficientes para reducir estos efectos (Grosman et al., 2022).

En el año 2016 los países iberoamericanos produjeron 8,9 millones de toneladas de sal de las cuales el 94% de la producción se concentra en los estados mexicanos de Veracruz, Nuevo León y Sonora; aunque México cuenta con industrias robustas la eficiencia operacional es del 47,4%, por otra parte, en Brasil la productividad laboral alcanza un total de 29,9%. Estos datos demuestran la necesidad de que las empresas salineras de la región implementen herramientas avanzadas (Grosman et al., 2022; Kim et al., 2019.)

Ecuador alcanzó alrededor de 370 000 toneladas de sal producidas en el 2020 lo que representa el 2,8% de la producción total en Iberoamérica (13,1 millones de toneladas). No obstante, el sector presenta retos significativos como la falta de optimización de procesos industriales y la persistencia de la producción artesanal que carece de regulación adecuada. Las limitaciones mencionadas afectan a la competitividad, reducen la calidad y fomentan prácticas ineficientes lo que evidencia la urgencia apremiante de fortalecer la gestión y control del sector (Ecuasal, 2020; MPCEIP, 2024).

La localidad clave para la producción de sal en Ecuador se encuentra en la provincia de Santa Elena, concretamente en la costa de Salinas, en esta zona agrupaciones de trabajadores operan en los pozos con bombas para extraer agua de mar y conducirla a los reservorios aprovechando las condiciones climáticas óptimas para la evaporación solar, lo que permite la formación natural de sal en grano, además las operaciones de grandes industrias complementan esta actividad para poder refinar el producto de manera que se comercialice y beneficie a la economía local (Ecuasal, 2020; Henríquez Tigrero, 2018).

Considerando lo anterior el foco de estudio es Famosal S.A. empresa dedicada a la producción de sal de mesa ubicada sector Minas Nuevas de Salinas; aplicar una metodología para optimizar la línea de producción es el objetivo de esta iniciativa que pretende identificar y reducir desperdicios a su vez busca mejorar la eficiencia en fases críticas del proceso como la reducción del tiempo de inactividad de las máquinas y fluctuaciones en la productividad.

En este sentido, lean six sigma es una metodología empleada en diferentes industrias y sectores de servicios. Fusiona dos enfoques claves: lean manufacturing, que se especializa en erradicar desperdicios para mejorar la eficiencia y six sigma orientada a reducir la variabilidad sin comprometer la calidad del producto o servicio, la integración de estos métodos tiene como objetivo mejorar los procesos mediante la identificación y

eliminación de actividades que no agregan valor y también la reducción de defectos y errores a un nivel mínimo (Utama & Abirfatin, 2023).

La metodología, lean six sigma es esencial para abordar la problemática en Famosal S.A. ya que además de optimizar el proceso también promueve una cultura de innovación y aprendizaje continuo; al implementar los principios de LSS las compañías pueden alcanzar mejoras significativas en eficiencia, calidad y satisfacción al cliente, elementos claves para garantizar el éxito a corto y largo plazo de la organización.

Formulación del problema de investigación:

¿La metodología lean six sigma optimizará los procesos en la empresa Famosal S.A., situada en la provincia de Santa Elena, Ecuador?

Alcance de la investigación:

La optimización de procesos tiene un impacto social importante, ya que reduce desperdicios, mejora la calidad del producto y satisface a los clientes, fortaleciendo la reputación de la empresa. Además, al eliminar actividades sin valor, disminuye la carga laboral y mejora el clima organizacional (Maragathasundari et al., 2024). En este sentido el enfoque principal de este estudio será el análisis detallado de operaciones que no generan valor en Famosal S.A, se examinarán los diferentes procesos de producción, desde la recepción de la materia prima hasta el almacenado del producto terminado, se identificarán los tiempos muertos, los cuellos de botella y los desperdicios presentes en la cadena de abastecimiento.

Una vez realizada esta evaluación, se implementará principios y técnicas de lean six sigma para reducir desperdicios generados en la empresa, esto incluirá la identificación y eliminación de actividades que no agregan valor, la reducción de tiempos, la mejora de la eficiencia en el flujo de materiales, la implementación de prácticas de mejora continua y la herramienta principal DMAMC (Shokri & Li, 2020).

Para abordar la investigación en Famosal S.A., se implementará la metodología lean six sigma (LSS), enfocándose en la optimización de procesos y en promover una cultura de innovación y atención al cliente. Este enfoque integrará los principios de lean manufacturing, orientados a la eliminación de desperdicios, y de Six Sigma, que busca reducir la variabilidad. El objetivo es lograr mejoras significativas en eficiencia, calidad y satisfacción del cliente, aspectos fundamentales para garantizar el éxito y la sostenibilidad en el sector económico actual. Este estudio se desarrolló entre agosto y noviembre (Deniz & Tukenmez, 2024).

Justificación de la investigación:

Para enfrentar la creciente demanda de productos de alta calidad y la presión para reducir costos operativos, las organizaciones deben buscar formas más eficientes de gestionar sus recursos. En este contexto, la metodología lean six sigma (LSS), propuesta por Utama & Abirfatin (2023), se presenta como una solución efectiva, ya que facilita la mejora continua de los procesos y reduce la variabilidad para el objeto de estudio, optimizando los procesos para que pueda mantenerse competitivas en un entorno cada vez más exigente.

El enfoque principal está en la implementación de la metodología LSS como eje importante para transformar la productividad en la empresa Famosal S.A. yendo más allá de las aplicaciones convencionales. Esta investigación propone una integración profunda de LSS con prácticas adaptativas específicas para cada proceso, abordando de forma única la eliminación de actividades que no aportan valor y optimizando el uso de los recursos disponibles (Gomaa et al., 2024).

La trascendencia en el objeto de estudio radica en la adopción de herramientas LSS, ya que no solo reduce costos operativos de manera inmediata al eliminar ineficiencias, sino que establece una base para la optimización continua, convirtiéndolo en un catalizador de transformación organizacional, creando una cultura de mejora constante que garantiza la sostenibilidad y competitividad futura de la empresa Famosal S.A, para otras industrias de sal en la provincia de Santa Elena (Mundra & Mishra, 2023).

La viabilidad del proyecto es alta debido a que se sustenta en su capacidad de responder a la necesidad de optimizar procesos en Famosal S.A. y otras empresas del sector salinero mediante la implementación de la metodología lean six sigma, este enfoque mejora la eficiencia operativa y calidad del producto fortaleciendo la competitividad empresarial a su vez puede adaptarse a otros campos promoviendo una cultura de mejora continua y adopción de prácticas eficientes.

El estudio tendrá como beneficiario directo a Famosal S.A y a otras empresas del sector salinero que busquen eliminar residuos y reducir costos de fabricación sin comprometer la calidad del producto. Además de beneficiarios indirectos como instituciones académicas y organismos de capacitación que podrían utilizar estos hallazgos para enriquecer sus programas de formación, promoviendo prácticas sostenibles y eficientes en diversos sectores productivos.

Objetivos:

Objetivos General

Optimizar los procesos aplicando la metodología lean six sigma en la empresa Famosal S.A., Cantón Salinas.

Objetivos Específicos

- Realizar una revisión de la literatura a través de un análisis bibliométrico para evaluar el impacto de la producción científica y adoptar metodologías de referencia.
- Desarrollar un marco metodológico basado en estudios previos que aborden la implementación de lean six sigma.
- Aplicar herramientas a través de la metodología lean six sigma para mejorar los procesos en la empresa.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos.

La optimización de procesos es un desafío constante que tienen las empresas, continuamente deben desarrollar estrategias en sus métodos de producción para incrementar sus niveles de efectividad y eficiencia, de esta manera mantenerse capacitadas con el fin de afrontar retos provenientes de la competencia, innovaciones tecnológicas, y políticas cambiantes, algunas de las técnicas mencionadas son: SED, lean manufacturing, six sigma, control y supervisión, entre otras (Moreno Marcial & Santos Méndez, 2022).

En el artículo elaborado por Tampubolon & Purba (2021) realizó una revisión literaria sistemática de la implementación de la metodología LSS en diversas industrias de varios países del mundo, en base al crecimiento de publicaciones de lean six sigma recalca que su ejecución aporta con resultados positivos a las organizaciones, mejoras en sus productos o servicios, y satisfacen con éxito las exigencias de los clientes en el mercado actual.

Lean six sigma y su herramienta DMAIC (siglas en inglés) y DMAMC (siglas en español), aplicada en los procesos productivos del caso de estudio elaborado por Trubetskaya et al., (2023), como recurso que mejora la calidad y reduce residuos, lo implementó en una fábrica de dispositivos médicos, la aplicación del enfoque LSS dió como resultados 15% de ahorro de espacio en la planta, 44.7% de aumento en espacio libre, y un ahorro de costo de 2.2. millones de euros. Alexis Calla Huayapa et al., (2023) en su investigación dentro de una industria de alimentos, evidenciaron los problemas de variación de los parámetros dentro del proceso, a través de la herramienta principal y los métodos estadísticos con el propósito de disminuir el margen de error en la producción.

En un estudio realizado en una empresa de producción diaria de pan se evidenció que, aunque inicialmente se consideraba que los defectos en el producto era el principal desperdicio, con la aplicación de herramientas de lean six sigma se demostró que la espera produce mayores pérdidas en el ámbito de tiempo y oportunidad. La implementación de esta metodología logró aumentó el rendimiento de la producción en un 5,17% y reducir

las variaciones en el proceso de fabricación, lo que resultó en un aumento de la rentabilidad de la empresa (Widiwati et al., 2024).

Por otra parte, se descubrió los problemas existentes principalmente en procesos de embalaje en productos de briquetas de coco, empleando las técnicas de LSS se usaron varios diagramas, datos recopilados en 6 meses, y aplicando las propuestas de 5S, en consecuencia, redujo fallas hasta en un 50% a su vez son útiles para mejorar la calidad y reducir defectos por la creciente demanda (Faishal et al., 2024).

En la industria de artículos de construcción, se empleó la metodología lean six sigma el enfoque principal se realizó en el área de paneles modulares, a través del análisis de sistema de medición se identificó oportunidades de mejora con el objetivo de disminuir el porcentaje alto de desechos presentados en menos del 8.5%, esta estrategia proporcionó a la empresa una perspectiva distinta orientada a la reducción de costos, a su vez destaca el beneficio medioambiental, ya que la merma de desechos impactará de forma positiva a los índices de huella de carbono que produce la entidad. (Marín-Calderón et al., 2023)

Lean six sigma mejora el rendimiento de los servicios de atención médica. Heuvel aplicó herramientas Six Sigma en la sala de partos de un hospital sugiriendo nuevos procedimientos que permitieron que se reduzca 8.5 horas del tiempo habitual, además establece que es evidente que la metodología está en su etapa de desarrollo y propagación a nivel mundial (Suman & Prajapati, 2021).

En base a los antecedentes mencionados, se procederá a realizar un exhaustivo estado del arte con el fin de comprender la metodología LSS, este análisis permitirá explorar estudios previos y casos de investigación que han implementado diversas herramientas y técnicas de LSS en distintas industrias facilitando una comprensión crítica entre los enfoques adoptados en cada contexto, al realizar esta revisión de literatura este conocimiento contribuirá a fundamentar la propuesta del presente proyecto.

1.2.Estado del arte

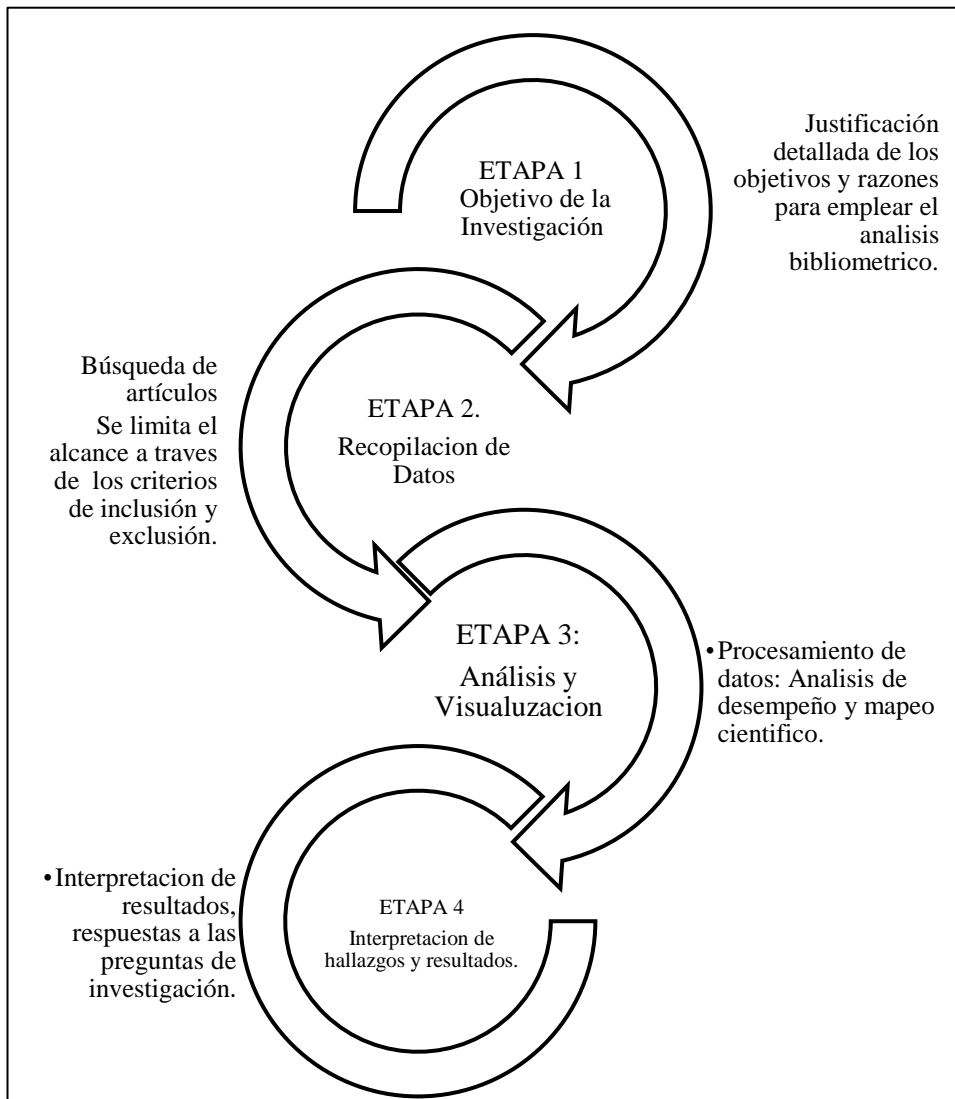
Las revisiones sistemáticas de literatura son de gran aporte para llevar a cabo una investigación exitosa, debido a que se indaga de forma sintetizada del tópico de estudio, además genera una amplia información completa, precisa y transparente de estudios que ya se han realizado (Yepes-Núñez et al., 2021).

Según Donthu et al., (2021) el análisis bibliométrico es una conocida metodología para explorar y analizar gran cantidad de datos científicos a través de diferentes métricas y características; a su vez proporciona una perspectiva amplia sobre el desarrollo del tema en base a los estudios realizados previamente. Arango Pastrana (2023) lo empleó como metodología de su investigación debido a que según Daim et al. (2006) la bibliometría es caracterizada por el estudio analítico y estadístico de artículos de investigación en el cual es factible determinar la evolución investigativa.

Así mismo se enfatiza que el análisis bibliométrico es de gran utilidad al realizar una revisión de la literatura por motivo que Rúa- Barrera et al. (2023) obtuvo resultados que permitieron determinar el crecimiento anual y producción científica a lo largo de los años, en base al análisis de datos cumplieron con su objetivo de identificar las competencias determinantes para mantener el éxito en las empresas de la industria 4.0. A su vez Fuentealba et al., (2023) menciona en su artículo que es una herramienta útil para emplear en las investigaciones y descubrir líneas de investigación actualizadas, con su rendimiento específico para medir el impacto que estos artículos tienen para la comunidad científica y sociedad.

El estado del arte del proyecto de investigación se realizará a través de una revisión de la literatura con análisis bibliométrico en base a Öztürk et al. (2024) con la aplicación de las etapas de su estudio tal como se evidencia en la Figura 1 con el fin de obtener información pertinente sobre la metodología Lean Six Sigma. Con este método es factible determinar tendencias y patrones en la investigación en relación con LSS, mediante la identificación de publicaciones influyentes, autores destacados y principales áreas de estudio de esta forma se tiene una perspectiva precisa sobre la implementación y efectividad en distintos contextos lo que enriquecerá la comprensión del tema

Figura 1: Etapas del Análisis Bibliométrico.



Nota: Elaborado por la autora, en base a Öztürk et al. (2024)

ETAPA 1: Objetivo de la investigación: en el presente análisis bibliométrico se prevé explorar estudios relacionados al tema planteado, mediante investigaciones preliminares que permitan analizar los estudios previos de forma metódica, concisa y razonada con el objetivo de tener argumentos que justifiquen la aplicación del tópico.

ETAPA 2: Recopilación de datos: se realiza la búsqueda de artículos relacionados a las variables de estudio en las bases de datos de Scopus, Dimensiones y ScienceDirect, en esta misma etapa se limita el alcance de la investigación a través de los criterios de inclusión y exclusión, a su vez la descarga de datos con las herramientas de software que se utilizarán para el análisis e interpretación de la información.

ETAPA 3: Análisis y visualización: se aplica el procesamiento de datos a través del registro anual del rendimiento de producción científica a su vez se identifica los países y autores más relevantes que han estudiado del tema y se elabora el mapeo científico de coocurrencia de palabras que implican redes de relaciones de términos más mencionados a través del software VOSviewer que genera las representaciones visuales que facilitan el análisis de datos para la investigación.

ETAPA 4: Interpretación de hallazgos y resultados: luego de obtener la información de los hallazgos es crucial interpretarlos mediante la evaluación del cumplimiento de los objetivos de investigación planteados en la primera etapa, con el fin de clasificar los artículos según la fecha de publicación y se recopila las propuestas y métodos relevantes para poder elaborar la matriz referencial de artículos.

1.2.1. Etapa 1: Objetivo de investigación.

El propósito de extraer información de estudios actuales realizados por investigadores científicos sobre las variables a estudiar se determinan los siguientes objetivos (OB) que son base para formular las preguntas de investigación (PI) detalladas en la Tabla 1, contribuyendo así a la profundidad y rigor del análisis.

OB1: clasificar los artículos de acuerdo con su fecha de publicación para analizar el grado de interés de la comunidad científica en base las variables de investigación

OB2: obtener información sobre propuestas, métodos, procedimientos, y resultados para evaluar el avance de los artículos y aplicarlo en el proyecto.

Tabla 1: Preguntas de investigación.

Preguntas de Investigación	OB
PI1: ¿Qué tiempo tienen los artículos publicados? Alcance: Analizar contenido científico actualizado de los artículos relacionados con las variables de investigación	OB1
PI2: ¿Cuál es la tendencia de aumento/disminución en el número de artículos? Alcance: Analizar la variación de las publicaciones a lo largo del tiempo y evaluar su consistencia en el área de estudio.	
PI3: ¿Qué metodologías han empleado en la aplicación de esta iniciativa? Alcance: Analizar enfoques y técnicas empleadas en la investigación	
PI4: ¿Qué resultados han obtenido al implementar estas iniciativas investigadas? Alcance: Identificar la viabilidad de aplicar la metodología.	OB2

Nota: Elaborado por la autora.

Las preguntas de investigación presentadas con anterioridad en la Tabla 1 refleja un enfoque estructurado para analizar la literatura científica relacionada con lean six sigma, la primera pregunta (P1) se centra en la actualidad de artículos, garantizando que la revisión se base en contenido reciente y relevante; la segunda pregunta (P2) explora las tendencias de publicación lo que ayudará a entender la evolución del interés del área de estudio, la tercera y cuarta pregunta (P3 y P4) se centran en las metodologías utilizadas y resultados obtenidos, ofreciendo una visión clara sobre la aplicabilidad y efectividad de las iniciativas investigadas.

1.2.2. Etapa 2: Recopilación de datos.

Selección de base de datos.

Rivera-Arroyo et al. (2021) menciona en su estudio que para realizar un correcto estudio bibliométrico se debe elegir diligentemente la base de datos que se llevará a cabo la investigación a través de plataformas que validen la calidad de los artículos lo que garantiza la pertinencia y fiabilidad del contenido.

Para la búsqueda de fuentes bibliográficas se revisará la base de datos Dimensions, Scopus y Science Direct debido a que estas plataformas cuentan con citas de literatura que proporcionan una visión más detallada y exhaustiva de producción, también se evidencia el número de publicaciones indexadas en estas bases facilitando la identificación de investigaciones relevantes y actuales.

Identificación de términos de búsqueda.

Tabla 2: Identificación de términos de búsqueda.

TEMA: Optimización de procesos aplicando metodología lean six sigma	
TÉRMINOS EN INGLÉS	TÉRMINOS EN ESPAÑOL
“process optimization” or “Lean Six Sigma” or “Methodology” or “Tools” or “Manufacturing” or “Quality” or “Waste”	“Optimización de procesos” y “Lean Six Sigma” “Metodologías” “Herramientas”, “Manufactura”. “Calidad” “Desperdicios”

Nota: Elaborado por la autora.

En base a lo mencionado en la Tabla 2 se escogieron artículos que aborden específicamente los terminados inmersos en las variables del tema principal a investigar con el fin de recolectar aportes de artículos científicos que estén vinculados con la optimización de procesos y lean six sigma. Se priorizó las palabras claves traducidas al inglés debido a que en este idioma se redactan la mayor cantidad de estudios científicos

a su vez asevera la inclusión de trabajos de alta calidad y relevancia garantizando una base sólida para el análisis y discusión

Filtrado: Criterios de exclusión e inclusión.

Para la selección de artículos científicos, se establecieron criterios tanto de inclusión como exclusión, con el fin de filtrar información relevante y de alta calidad, que permitan seleccionar de manera eficiente el conjunto de publicaciones para la presente investigación, para los criterios detallados en la Tabla 3.

Tabla 3: Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de Evaluación	
Inclusión	Exclusión
Tipo de publicación: Artículos y Revisiones científicas.	Artículos Duplicados.
Campo de Investigación: Ingeniería.	Artículos con acceso restringido.
Año de publicación: desde el 1 enero 2020 al 27 de agosto del 2024.	Literatura gris.
Idioma: inglés y español.	

Nota: Elaborado por la autora.

Los resultados de la búsqueda realizada en cada base de datos aplicando los criterios de inclusión mencionados con anterioridad dieron como resultado 848 artículos en total, desglosado de la siguiente manera: en la base de datos de Dimensions 464, en Scopus 271 y de la base de datos de Science Direct 51. Sin embargo, aplicando los criterios de exclusión mencionados con anterioridad se filtraron los documentos dando un total de 391 investigaciones para lo cual se procederá a descargar la información para su respectivo análisis, detallando los artículos seleccionados en la Tabla 4.

Tabla 4: Selección de artículos por base de datos.

Base de Datos	Cantidad de Artículos	Criterios de Exclusión	Diferencia	Porcentaje
Dimensions	464	178	286	73.14%
Scopus	271	212	59	15.08%
Science Direct	113	67	46	11.76%
TOTAL	848	457	391	100%

Nota: Elaborado por la autora.

La selección de artículos por base de datos determinados en la Tabla 4 registra un total de 848 artículos de los cuales 457 fueron excluidos, resultando en 391 documentos que cumplen con los criterios establecidos, la plataforma de Dimensions presenta la mayor cantidad de publicaciones representadas por el 73.14% indicando que es la base

de datos más rica en contenido relevante para la investigación , en comparación con Scopus y Science Direct tienen menos documentos que comprenden el 15.08% y 11.76% respectivamente, esto indica que a pesar que, contienen menos material científico también ofrecen una selección relevante del tema de estudio.

Descargar el archivo de datos.

En las distintas bases de datos se tipea los criterios de inclusión y exclusión mencionados con anterioridad, una vez que se filtren los resultados iniciales procedemos a descargarlo en un archivo compatible con el software que se usará para el respectivo análisis, en este caso VOSviewer.

1.2.3. Etapa 3: Análisis y visualización.

Análisis de rendimiento.

Para medir la producción científica del tópico a investigar se mide a través de los indicadores de publicación que contemplan el número de artículos totales luego del respectivo filtro y su publicación a lo largo de los años, este enfoque no solo permite evaluar a cantidad de literatura disponible sino identificar tendencias temporales de la producción científica.

Estos indicadores de publicación proporcionan una perspectiva amplia sobre la evolución del conocimiento en el ámbito de lean six sigma a través de la identificación de autores y revistas más influyentes, para enriquecer el entendimiento del tema y tomar de referencia para la presente investigación

En la tabla 5 se muestra la producción de artículos científicos publicados en la base de datos Dimensions, Scopus y Science Direct relacionados al tema lean six sigma y los términos de búsqueda correspondientes, la publicación de investigaciones ha aumentado progresivamente a lo largo de los años. Se recalca que al momento de realizar esta revisión bibliográfica han transcurrido 8 meses del año 2024, lo que justifica que ese periodo solo cuente con menos publicaciones que el periodo anterior, en una diferencia del 23% al año anterior.

Tabla 5: Producción Científica Anual de Lean Six Sigma en base de datos.

Año	BASE DE DATOS		
	DIMENSIONS	SCOPUS	SCIENCE DIRECT
2020	40	9	9
2021	59	12	8
2022	72	13	11
2023	63	16	12
2024	52	9	6
TOTAL	286	59	46

Nota: Elaborado por la autora.

La producción científica de lean six sigma detallada en la Tabla 5, resalta un crecimiento notable en la base de datos de Dimensions en el año 2022 con 72 artículos a pesar de que disminuye la cantidad en el año 2024, por otra parte, Scopus el incremento fue paulatino hasta el año 2023 con 16 publicaciones, mientras que Science Direct con 46 investigaciones en total presenta un declive en el presente año. No obstante, cabe recalcar que los datos para el 2024 corresponden a solo 8 meses de publicación lo que justifica la baja cantidad de investigaciones y sugiere que pueden surgir más en lo que resta del año.

Lean six sigma ha demostrado ser una metodología eficaz para mejorar procesos y reducir desperdicios en varios campos industriales. El creciente grado de interés en su estudio y aplicación se refleja en la producción de literatura académica evidenciada en la Tabla 5, es probable que el estudio de este tema continúe expandiéndose por su impacto positivo en lo que resta del 2024 y los posteriores años, estos datos demuestran la respuesta de instituciones y centros de investigación a la búsqueda de validación y consolidación de LSS como método indispensable para la mejora continua.

La producción de artículos de lean six sigma por países reflejada en la Tabla 6 es fundamental para contextualizar la importancia de este análisis mediante la distribución geográfica de la investigación de este campo, se identifica a los países líderes en la producción científica y áreas de desarrollo para comprender como este enfoque de las dos metodologías se integra en diversos contextos mundiales lo que permite ser guía para futuras iniciativas de indagación.

Tabla 6: Producción de artículos de lean six sigma por países.

DIMENSIONS			SCOPUS			Science Direct		
País	Nº Doc.	Nº Citas	País	Nº Doc	Nº Citas	País	Nº Doc	Nº Citas
Reino Unido	12	505	Reino Unido	8	180	Reino Unido	4	78
India	15	368	Estados Unidos	7	60	Portugal	8	76
Estados Unidos	18	323	Turquía	4	54	China	3	29
Italia	6	232	Países Bajos	4	53	Emiratos Árabe	2	24
China	17	173	Vietnam	3	34	Grecia	2	21
Irlanda	9	164	Brasil	4	26	Alemania	4	15
Emiratos Árabes	5	104	India	7	25	Arabia Saudita	2	12
Egipto	8	36	España	3	23	Finlandia	2	11
España	7	31	Republica Checa	3	21	Estados Unidos	2	8
Arabia Saudita	5	30	Irlanda	3	20	India	2	6

Nota: Elaborado por la autora.

En el análisis del rendimiento por países mencionados en la Tabla 6 están ordenados según el número de citas y de documentos, se observa que Reino Unido lidera la lista en las tres plataformas, seguido por India, Estados Unidos y Portugal en Dimensions, Scopus y Science Direct respetivamente. Reino Unido, destaca en términos de impacto académico con 24 publicaciones, que han acumulado 763 citas entre las distintas bases de datos, lo que lo posiciona como líder en la producción académica global sobre lean six sigma (LSS).

La cantidad alta de citas pretende que los artículos provenientes del Reino Unido han tenido una influencia mayor en el campo científico, evidenciando su utilidad y relevancia para otros investigadores, con una sumatoria de 763 citas en las distintas bases de datos. Las citas son un reflejo de como estas investigaciones han aportado significativamente el avance del conocimiento en LSS, siendo estos referenciados para estudios adicionales. De esta forma, se concluye que este ranking destaca la importancia de las indagaciones en cada uno de los países. De la misma forma se presenta en la Tabla 7 los autores destacados, es imprescindible reconocer su contribución y difusión de la metodología para promover la comprensión del tema y establecer un marco para futuros estudios.

Tabla 7: Autores destacados de lean six sigma.

DIMENSIONS			SCOPUS			Science Direct		
Autor	Nº Doc	Nº Citas	Autor	Nº Doc.	Nº Citas	Autor	NºDoc	Nº Citas
Mcdermott, Olivia	7	147	Antony, Jiju	3	46	Psarommatidis, Foivos	3	121
Antony, Jiju	5	104	Shokri, Alireza	2	40	Besseris, George	2	8
Sonu, Michael	4	84	Garza-Reyes, José Arturo	2	23	de Oliveira Hansen	2	27
Rosa, Angelo	3	58	Cinar, Samet	2	2	Silva	2	18
Mpofu, Khumbulani	3	41	Kuchta, Kerstin	2	2	Ma, Shuaiyin	1	92
García-Alcaraz, Jorge Luis	3	20	butt, Javadd	1	83	Shaqour, E.N.	1	39
Trubestkaya, Anna	3	10	li, gendao	1	38	Titmarsh, Rohin	1	39
Suparno, Adizty	4	7	Farrukh, Amna	1	34	Brito, M.	1	22
Kholil, Muhammad	6	7	Matharani, Sanjay	1	34	Amoozad Mahdiraji, Hannan	1	20
Husin, Albert Eddy	3	0	Taskin, Nazim	1	34	Bokhorst, Jos A.C.	1	19

Nota: Elaborado por la autora.

Los autores más representativos de lean six sigma se detallan en la Tabla 7, tomando información de las bases de datos para nuestro estudio. Mcdermott, Olivia, Antony, Jiju, Sonu, Michael son los más productivos de la plataforma de Dimensions con 7, 5,4 artículos respectivamente. Por otra parte, en la base de datos de Scopus los autores que más resaltan son: Antony, Jiju, Shokri, Alireza, Garza-Reyes, José Arturo, con 3, 2, 2, documentos respectivamente. Por lo que, en Science Direct Psarommatidis, Besseris, y de Oliveria tienen más artículos en esta base.

No obstante, en la tabla 8 se plasma los autores de artículos más citados dentro de las distintas bases de datos, dándole mayor relevancia al contenido del documento y la cantidad de veces que ha sido de referencia para otros estudios e investigaciones. (Fuentealba et al., 2023) describen que los artículos que tienen un mayor número de citas

han tenido un impacto duradero en el área de estudio, así mismo las citas reflejan el valor de su investigación y reconocimiento por otros autores.

Tabla 8: Autores de documentos más citados "Lean Six Sigma".

AUTORES DE DOCUMENTOS MAS CITADOS "LEAN SIX SIGMA"					
DIMENSIONS		SCOPUS		Science Direct	
Autor	Nº Citas	Autor	Nº Citas	Autor	NºCitas
Chianiri (2020)	172	Butt (2020)	83	Shuaiyin (2022)	92
Yadav (2020)	158	Shokri (2020)	38	Psarommatis (2021)	82
Psarommatis (2021)	154	Farrukh (2020)	34	Shaqour (2022)	39
Dai (2020)	116	Lameijer (2021)	23	Titmarsh (2020)	39
Byrne (2021)	54	Psarommatis (2023)	22	Brito (2020)	22
Sony (2020)	49	Pongboonchai (2024)	21	Amoozad Mahdiraji (2022)	20
Titmarsh (2020)	43	Dursun (2022)	16	Bokhorst (2022)	19
Zgodavova (2020)	39	Lameijer (2023)	16	Zahraee (2020)	18
Cresnar (2020)	37	Perera (2021)	15	Fragapane (2020)	18
Mcdermott (2021)	35	Wang (2022)	14	Agostinho (2021)	17

Nota: Elaborado por la autora.

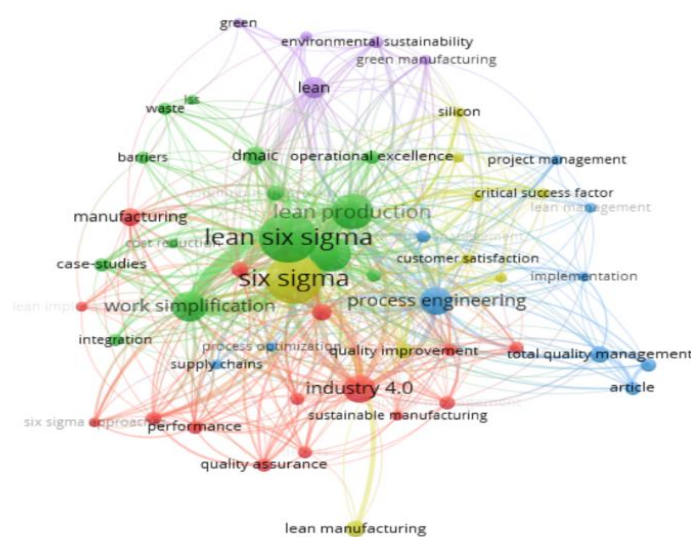
Los autores de los artículos mencionados en la Tabla 8 han sido los más referidos para otras indagaciones, estos suelen tener un impacto positivo en el área de estudio, debido a sus ideas y hallazgos, a su vez la influencia que tienen para el desarrollo de nuevos descubrimientos, los especialistas mencionados han sido citados con mayor frecuencia por la libre disponibilidad del documento destacando el beneficio de la accesibilidad como mecanismo para ampliar la diversidad de la investigación (Huang et al., 2024).

Cartografía científica

Este mapeo científico se usa para analizar las interacciones y colaboraciones entre diferentes elementos, lo permite identificar una literatura relevante. También se puede entender como un proceso de construcción de redes que muestra las relaciones entre autores, países, revistas, etc.

En este caso a través de los filtros de la base de datos, se extrae la información relacionada a las variables de estudio, en todos los artículos que arroja la plataforma se procede a realizar un análisis de red conceptual con coocurrencia de términos o palabras claves que permite identificar las relaciones entre los conceptos y a su vez indica cuales son las principales metodologías empleadas, estas palabras con mayores repeticiones las podemos analizar en la Figura 2.

Figura 2: Concurrencia de palabras.



Nota: Elaborado por la autora.

A través de la Figura 2 se detallan las palabras clave que permite realizar una investigación orientada a lean six sigma representado por el clúster color verde evidentemente el más grande acompañado con términos tales como: *dmaic*, *lean production*, *wok simplification*, el clúster color rojo destaca con la palabra principal: Industria 4.0, mientras que el clúster azul está enfocado a los procesos de ingeniería y promoción de la calidad total, estos son los términos clave en títulos o resúmenes que son de referencia para obtener la información necesaria para la indagación.

1.2.4. Etapa 4: Interpretación de resultados y hallazgos.

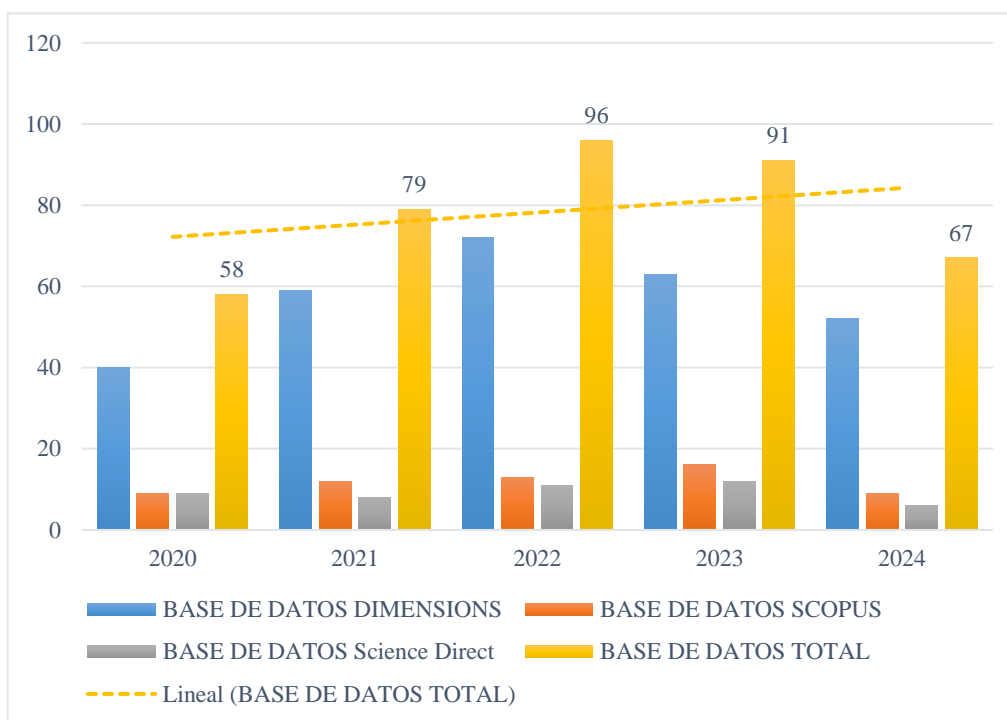
La interpretación de hallazgos será a través de la presentación de la estructura general del campo esta técnica es de mayor utilidad en las investigaciones bibliométricas según Öztürk et al. (2024), permitirán cumplir con los objetivos de investigación determinados con anterioridad

OBI: clasificar los artículos de acuerdo con su fecha de publicación para analizar el grado de interés de la comunidad científica en base las variables de investigación

En la Figura 3 se establece la producción científica anual sobre lean six sigma a lo largo de los últimos 5 años, poniendo en evidencia el creciente interés de los investigadores en esta metodología. Dado que la presente investigación se desarrolla en agosto de 2024, el número de publicaciones de este año es menor en comparación con el periodo anterior. A medida que el año llega a su fin el número de publicaciones aumentará continuando la tendencia ascendente observada en periodos anteriores.

El aumento en la producción científica refleja el esfuerzo de la comunidad investigadora por adaptar esta metodología en varios contextos, que van desde manufactura hasta servicios y sectores emergentes como la tecnología y la salud. Esto se debe a los beneficios de LSS que aporta en la optimización de procesos y mejora continua de la calidad; como resultado ha despertado un creciente interés en una amplia gama de campos industriales y académicos.

Figura 3: Producción científica anual de Lean Six Sigma.



Nota: Elaborado por la autora.

La producción científica anual de artículos sobre lean six sigma denota un incremento considerable en los últimos cinco años, según la ilustración estadística planteada en la Figura 3. En el 2020 se publicaron 58 artículos, pero en el 2022 esta cifra ascendió a 96 lo que indica un incremento de 49.35% en las investigaciones. Este

crecimiento refleja el interés por explorar y validar las aplicaciones de esta metodología en diversos campos por ende resalta su impacto y relevancia en múltiples sectores.

Se evidencia una reducción mínima en el 2023 con 91 artículos en relación con el máximo alcanzado en el 2022, esta caída representa el 5.2% respecto de los 2 periodos mencionados. No obstante, la cantidad de publicaciones se mantiene en la línea en la tendencia general lo que hace asevera que lean six sigma es un enfoque de gran relevancia. Para el 2024 hasta el mes de agosto se han registrado 67 publicaciones siendo el 73.62% del total de artículos publicados en el 2023. En consecuencia, es probable que al finalizar el año la producción científica alcance o incluso supera los niveles de los años anteriores

OB2: obtener información sobre propuestas, métodos, procedimientos, y resultados para evaluar el avance de los artículos y aplicarlo en el proyecto.

Para la obtención de información relacionada la aplicación de lean six sigma en varios campos se adaptará el proceso de selección de Fuentealba et al. (2023) centrandó la atención en los 10 artículos más citados de cada una de las bases de datos. Se incluirán los documentos que contengan las palabras de mayor frecuencia de términos claves en su título principalmente tal como el análisis que realizó Vargas-Fernández et al., (2021) a su vez se prioriza los documentos de los países de mayor producción científica lo que permitirá comprender la aplicación de la metodología en diversos contextos, esta diversidad enriquecerá el análisis y garantizará que se consideren las practicas más efectivas y reconocidas a nivel internacional. La matriz de referencial de artículos se presenta de forma detallada en la Tabla 9 proporcionando una visión clara de la literatura existente esta a su vez facilita la identificación de tendencias y relaciones claves entre los estudios de esta forma contribuyen al desarrollo de la presente investigación.

Tabla 9: Matriz referencial de artículos.

N°	Autor	Título	Metodología	Base de Datos
A1	(Chiarini & Kumar, 2021)	Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies	LSS	Dimensions
A2	(Yadav et al., 2020)	Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies	LM	Dimensions
A3	(Psarommatis et al., 2022)	Zero-defect manufacturing the approach for higher manufacturing sustainability in the era of industry 4.0: a position paper	ZDM	Dimensions
A4	(Ma et al., 2022)	Digital twin and big data-driven sustainable smart manufacturing based on information management systems for energy-intensive industries	GESTIÓN DE INFORMACIÓN	Science Direct
A5	(Butt, 2020)	A conceptual framework to support digital transformation in manufacturing using an integrated business process management approach	BPM	Scopus
A6	(Psarommatis, 2021)	A generic methodology and a digital twin for zero defect manufacturing (ZDM) performance mapping towards design for ZDM	ZDM	Science Direct
A7	(Byrne et al., 2021)	Applying lean six sigma methodology to a Pharmaceutical Manufacturing Facility: A Case Study	LSS	Dimensions
A8	(Sony, 2020)	Design of cyber physical system architecture for industry 4.0	LSS	Dimensions

		through lean six sigma: conceptual foundations and research issues		
A9	(Titmarsh et al., 2020)	Contributions of lean six sigma to sustainable manufacturing require ments: an Industry 4.0 perspective	LSS	Dimensions
A10	(Zgodavova et al., 2020)	Innovative Methods for Small Mixed Batches Production System Improvement: The Case of a Bakery Machine Manufacturer	LSS	Dimensions
A11	(Shaqour, 2022)	The impact of adopting lean construction in Egypt: Level of knowledge, application, and benefits	LM	Science Direct
A12	(Črešnar et al., 2020)	Speeding Up the Implementation of Industry 4.0 with Management Tools: Empirical Investigations in Manufacturing Organizations	SIX SIGMA	Dimensions
A13	(Shokri & Li, 2020)	Green implementation of lean six sigma projects in the manufacturing sector	Modelo matemático	Scopus
A14	(Farrukh et al., 2020)	Investigating the theoretical constructs of a green lean six sigma approach towards environmental sustainability: A systematic literature review and future directions	LSS	Scopus
A15	(McDermott et al., 2021)	Barriers and Enablers for Continuous Improvement Methodologies with in the Irish Pharmaceutical Industry	LSS	Dimensions
A16	(Daniyan et al., 2022a)	Application of lean Six Sigma methodology u sing DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry	LSS	Dimensions
A17	(Adeodu et al., 2021)	Implementation of lean six sigma for production process	LSS	Scopus

		optimization in a paper production company		
A18	(Lameijer et al., 2021)	The implementation of Lean Six Sigma for operational excellence in digital emerging technology companies	LSS	Scopus
A19	(Brito et al., 2020)	Lean and Ergonomics decision support tool assessment in a plastic packaging company	LM	Science Direct
A20	(Pongboonchai-Empl et al., 2024)	Integration of Industry 4.0 technologies into Lean Six Sigma DMAIC: a systematic review	LSS	Scopus
A21	(Abbes et al., 2022)	New Lean Six Sigma readiness assessment model using fuzzy logic: Case study within clothing industry	LSS	Science Direct
A22	(de Oliveira et al., 2020)	Lean Principles in Vertical Farming: A Case Study	LM	Science Direct
A23	(Wang et al., 2022)	Lean Six Sigma with Value Stream Mapping in Industry 4.0 for Human-Centered Workstation Design	LSS	Scopus
A24	(Tran et al., 2020a)	The use of Lean Six-Sigma tools in the improvement of a manufacturing company – Case study	LSS	Scopus
A25	(Baptista et al., 2020)	Applying DMADV on the industrialization of updated components in the automotive sector: a case study	LSS	Science Direct
A26	(Bloj et al., 2020)	Lean Six Sigma in the Energy Service Sector: A Case Study	LSS	Science Direct
A27	(Duc & Thu, 2022)	Application of Lean Six Sigma for Improve Productivity at The Mechanical Plant. A Case Study	LSS	Scopus
A28	(Nedra et al., 2022)	An Integrated Lean Six Sigma Approach to Modeling and Simulation: A Case Study from Clothing SME	LSS	Scopus

A29	(Iyer et al., 2023)	Digitalization: a tool for the successful long-term adoption of lean manufacturing	LM	Science Direct
A30	(Widiwati et al., 2024b)	The implementation of Lean Six Sigma approach to minimize waste at a food manufacturing industry	LSS	Science Direct

Nota: Elaborado por la autora.

Según la Tabla 9, en los estudios que utilizan lean six sigma (LSS), sobresalen instrumentos esenciales como el ciclo DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Este ciclo se aplica extensamente en situaciones como la de Byrne et al. (2021), en el ámbito farmacéutico (A7) y la de Daniyan et al. (2022) en el sector ferroviario (A16). Esta técnica contribuye a incrementar la calidad y uniformidad de los procesos, suprimiendo fallos y potenciando la eficacia. En el marco de la manufactura lean, instrumentos como el mapeo del flujo de valor (VSM) y 5S se utilizan para identificar y optimizar el flujo de valor y la organización en el entorno laboral, tal como se destaca en las investigaciones de Widiwati et al., (2024) A30 en la producción de alimentos.

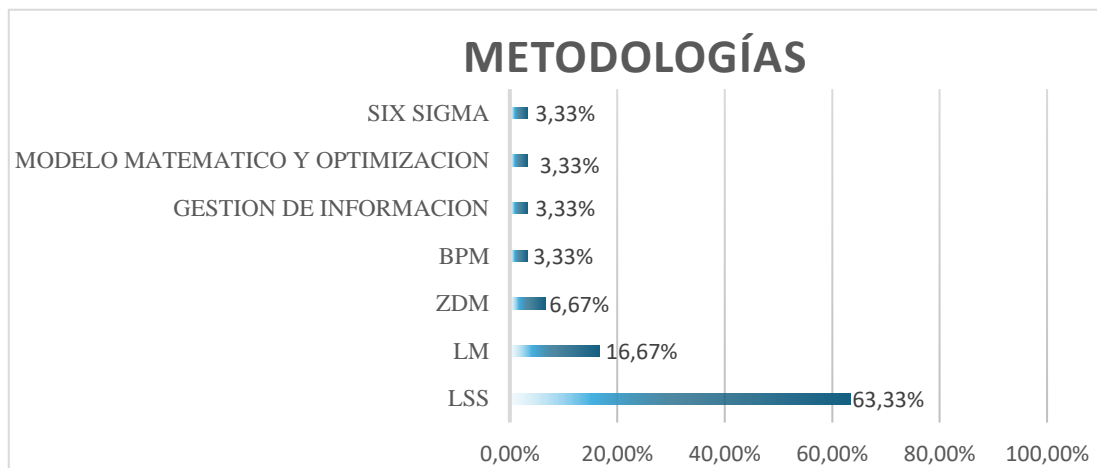
Complementariamente, se analiza la implementación de Zero-Defect Manufacturing (ZDM) en trabajos como los de Psarommatis et al., (2022) en el A3 y Psarommatis, (2021) en el A6. En estos, herramientas sofisticadas como el Digital Twin facilitan la simulación y supervisión del proceso en tiempo real con el fin de minimizar errores y garantizar la sostenibilidad del sistema en el marco de la Industria 4.0. Estas herramientas de simulación y control en tiempo real sobresalen como eficaces para lograr una producción sin fallos en áreas industriales de gran exactitud.

En última instancia, en el campo de la gestión de procesos de negocio (BPM) y los sistemas de administración de información, se nota cómo la incorporación de instrumentos digitales promueve la conversión de procesos en ambientes altamente tecnológicos. Por ejemplo, el artículo de Butt (2020) A5 examina la incorporación de BPM para respaldar la transformación digital en la producción, garantizando una sincronización efectiva de los procesos con los objetivos estratégicos de la entidad.

PI3: ¿Qué metodologías han empleado en la aplicación de esta iniciativa?

La industria manufacturera ha experimentado en los últimos años un constante crecimiento y cambios constantes, por ende, ha tenido que mejorar su capacidad para satisfacer las necesidades de los clientes (Psarommatis 2021). Por ende, se debe seleccionar la metodología y herramientas óptimas para aplicarlo en diversos problemas que se presenten en una empresa (Tran et al., 2020b). En la Figura 4 se representa el porcentaje de metodologías aplicadas en la matriz referencial de artículos, para reducir defectos y mejorar la calidad de los productos dando como resultado la optimización de procesos.

Figura 4: Metodologías empleadas para optimización de procesos.



Nota: Elaborado por la autora.

Según los datos evidenciados en la Figura 4 la metodología más empleada es LSS (lean six sigma) con un 63.33%, de todos los artículos de la matriz de referencia los autores que aplicaron los métodos relacionados a LSS, considera que esta combinación es comúnmente usada para la mejora en procesos de producción, a su vez se implementa para detectar errores y equivocaciones antes que se conviertan en defectos.

LSS ha sido aplicado en varios sectores en el A1, la relacionan a la creciente Industria 4.0, de esta manera (Chiarini & Kumar (2021) fusionan herramientas de LSS junto al uso de herramientas tecnológicas desde lo simple hasta lo más sofisticado para lograr estandarización, minimización de errores y automatización de la logística. En los artículos (A7, A8, A9, A10, A14, A15, A16, A17, A18, A20, A21, A23, A24, A25, A26, A27, A28, A30) también promueven la aplicación de LSS, en varios casos como en industrias farmacéuticas, sistemas arquitectónicos, entre otras, los hallazgos claves en

cada uno de los artículos fue demostrar los beneficios de implementar cambios que eliminen desperdicios a su vez mejoren la experiencia de los clientes sin comprometer la calidad del producto y/o servicio.

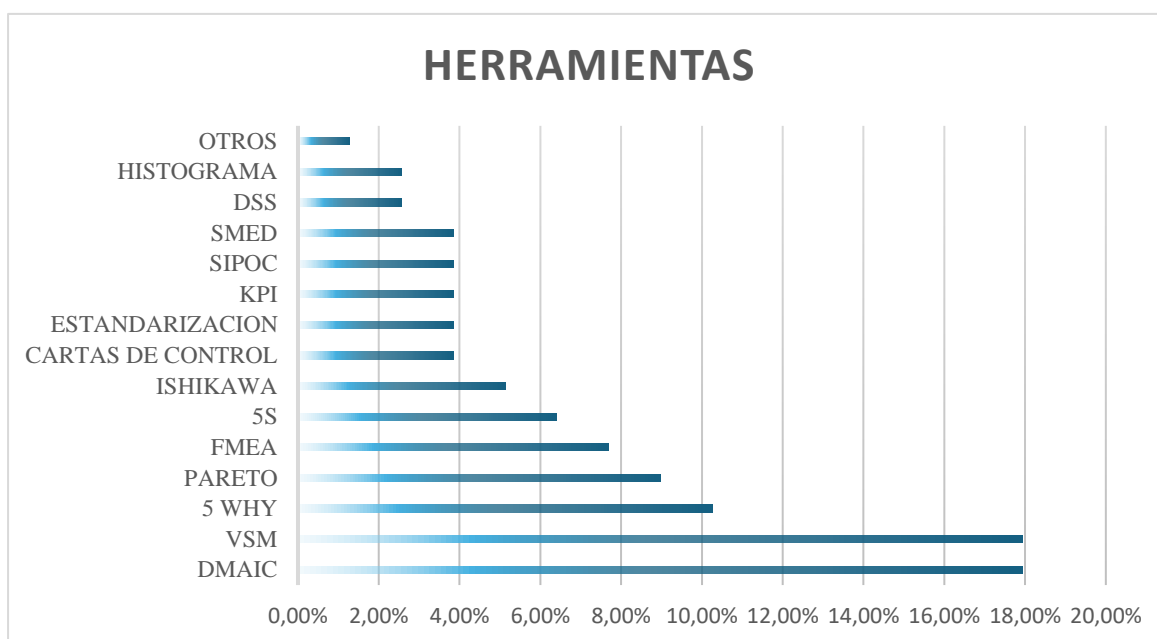
Luego de LSS con él con el 16.67% la metodología de lean manufacturing (LM) es que se aplica para optimizar procesos, esto lo afirman los artículos (A2, A11, A19, A22, A29). En el artículo de Shaqour (2022) recalca que los principales beneficios de adoptar las herramientas de LM es el control de procesos, mejora de planificación y reducción de tiempos. Estas investigaciones son de utilidad para el presente proyecto debido a que las herramientas que componen lean manufacturing se aplican en el modelo principal de LSS, ya que forma de parte de la combinación de dicha metodología.

Con el 6.67% la metodología ZDM (*Zero Deffect Manufacturing*) en el A3 Y A6, con las nuevas actualizaciones y tecnologías, los autores proponen que los métodos tradicionales como los antes mencionados deberían migrar para plantear nuevas alternativas sostenibles de fabricación Psarommatis et al. (2022) plantea que, con el uso de herramientas correctivas, preventivas y predictivas asistidas por tecnologías de la nueva era, de esta manera se garantiza que los productos no tengan defectos.

Six sigma, modelo matemático y optimización, gestión de información y bussinnes process management (BPM), cada una representan el 3.33% de las metodologías usadas en la revisión literaria realizada con anterioridad, poseen herramientas que conducen a la mejora de los procesos de producción, en la investigación de Butt, 2020), acerca de BPM busca la transición adecuada de métodos tradicionales a la Industria 4.0, con el fin de evitar miedo a los cambios y a lo desconocido.

Las metodologías mencionadas destacan por poseer herramientas que permiten que su aplicación en varios campos sea eficiente. Estas técnicas al ser adoptadas en diferentes contextos industriales mejoran la productividad y control de los procesos, en la Figura 5 se ordenan las más utilizadas, cabe recalcar que se repiten en varias metodologías o se han aplicado diversas a la vez.

Figura 5: Herramientas de las metodologías.



Nota: Elaborado por la autora.

En la Figura 5 se especifica que la herramienta DMAIC por sus siglas en inglés (define, measure, analyze-improve, control) o por sus siglas en español DMAMC que significa (definir, medir, analizar, mejorar, controlar) es la más usada en todos los artículos con un 17,95%, destaca por su proceso de 5 fases para abordar problemas de procesos existentes basados en métodos científicos y corresponde metodología six sigma (Wang et al., 2022) VSM (*Value Stream Map*) el mapa de flujo de valor con el mismo porcentaje de 17,95% es otra de las herramientas que se ha usado con más frecuencia, es útil para identificar variabilidad, desperdicios económicos, sociales y ambientales, a su vez también garantizar que su implementación sea eficiente y eficaz (Jamil et al., 2020).

5 *Why* que traducido es “5 Por qué” con el 10,26% la herramienta es considerada como método de resolución de problemas indagando la causa-raíz para identificar los causales del conflicto, uno de los artículos que lo empleó fue el elaborado por Byrne et al (2021). El diagrama de Pareto con el 8,97% se posiciona como herramienta principal para optimizar procesos esto debido a que permite clasificar los problemas de mayor a menor relevancia, centrando el análisis y enfoque en las complicaciones más frecuentes (Bloj et al., 2020).

FMEA por sus siglas en inglés (failure modes and effect analysis) con el 7,69% es de aporte significativo en los procesos de producción debido a que es aplicada para identificar peligros y evaluar riesgos dentro de un proceso o sistema. (Ouyang et al.,

2021). La herramienta 5S con 6.41% es un acrónimo que por las palabras en japones (seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke), cuyo significado es (clasificación, orden, limpieza, estandarización, disciplina), se emplea para eliminar errores eficazmente que puedan generar paradas en la producción. (Daniyan et al., 2022b)

El diagrama de Ishikawa también conocido como espina de pescado, ocupa la sexta posición en las herramientas más usadas en la revisión literaria con el 5.13%, sirve para visualizar causa y efecto de un problema, en el caso de la investigación de Widiwati et al. (2024) analizaron en residuos generados en el proceso de producción.

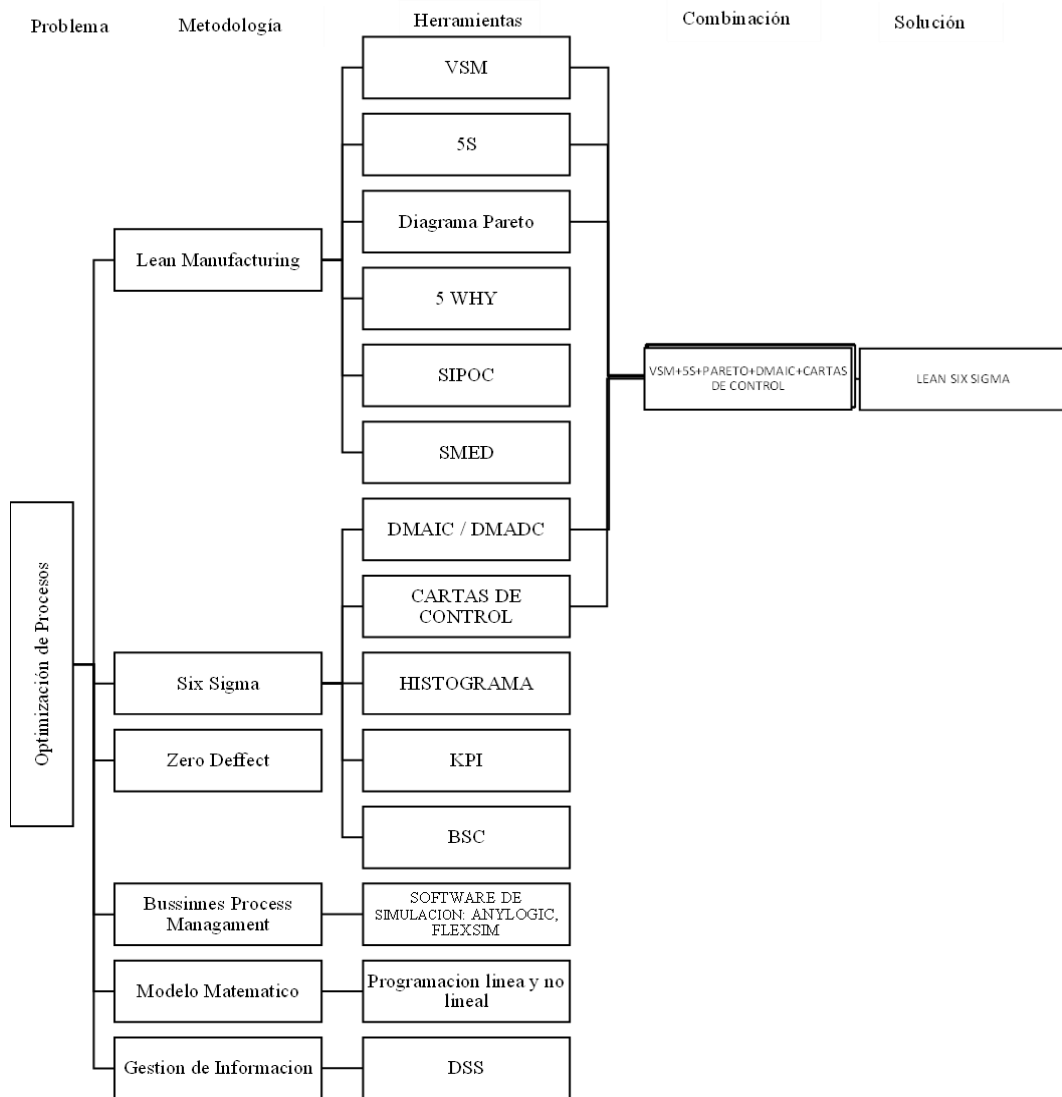
Las cartas de control, KPI, SIPOC, SMED, DSS, BSC, histograma, entre otras, también fueron aplicadas en varias investigaciones en una menor frecuencia entre aproximadamente 50 herramientas representan el 25.64% a pesar de su poca periodicidad en la revisión literaria, su aplicación y uso generan resultados positivos. No obstante, la combinación de metodologías de lean manufacturing y six sigma, permiten que sus herramientas interactúen promoviendo una mejora continua, reducción de desperdicios, y mayor satisfacción del cliente.

1.3. Protocolo de investigación.

Luego de la revisión detallada de las metodologías aplicadas para optimizar procesos como lean manufacturing, six sigma, zero defect, BPM, gestión informática, todas están enfocadas en mejorar eficiencia, calidad y disminuir errores en varios entornos industriales. Cada una de ellas emplean herramientas, las más mencionadas: VSM, DMAIC, Pareto, Ishikawa, 5S, cartas de control, entre otras que permiten identificar problemas en el flujo de trabajo, minimizar desperdicios y reducir variabilidad.

En la mayoría de los artículos aplicaron la combinación de dos reconocidas metodologías como es lean six sigma, que aprovecha lo mejor de cada una de sus herramientas para ofrecer soluciones integrales y eficaces, es decir reducen desperdicios mejorando la eficiencia, enfocándose en el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos del producto o servicio. En la Figura 6 se detalla los 5 niveles del protocolo de investigación de la metodología.

Figura 6: Protocolo de investigación.



Nota: Elaborado por la autora.

En el Figura 6, se detalla el problema principal como nivel 1 que es la optimización de procesos, seguido del nivel 2 que especifica las metodologías empleadas tales como lean manufacturing caracterizada por eliminar desperdicios, six sigma cuyo enfoque es reducir la variabilidad, BPM direccionado al ámbito empresarial para mejorar procesos de negocios, zero deffect pretende la perfección en procesos a su vez eliminación total de defectos, gestión de información por su parte integra soluciones tecnológicas

Estas metodologías tienen herramientas que se posicionan en el nivel 3, VSM identifica áreas de desperdicio, el ciclo DMAMC caracterizado por ser el núcleo de six sigma, el diagrama de Pareto facilita identificación de causas principales a los problemas, Ishikawa analiza causa-raíz de problemas, 5s mejora la eficiencia a través de principios japoneses, SIPOC visualiza e interpreta todos los elementos desde proveedores a clientes,

SMED empleada para reducir tiempos de cambio, los KPI aplicados como indicadores de rendimiento, la programación lineal y no lineal formas matemáticas para optimizar procesos, y finalmente DSS es un sistema analítico para decisiones empresariales.

En el nivel 4 se filtran las herramientas más aplicadas dentro de la revisión de la literatura en la cual combinan las pertenecientes a lean manufacturing y six sigma, en este caso las más frecuentadas y útiles al fusionarlas son: Dmaic, vsm, 5s, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa y cartas de control.

Discusiones del estado del arte

Según el estudio de Öztürk et al. (2024) el cual lleva a cabo una guía para revisión de bibliométrica en cuatro etapas para examinar artículos científicos y seleccionar aquellos que cumplen con criterios específicos y variables como los relacionados con "optimización de procesos" y "lean six sigma", se realizó un análisis exhaustivo de todos los artículos seleccionados. Estos artículos aplicados los términos de exclusión e inclusión entre ellos de acceso abierto para asegurar la accesibilidad de la información. Como resultado de este análisis, se identificaron y seleccionaron un total de 30 artículos para incluir en el estudio.

La revisión sistemática con análisis bibliométrico se ha caracterizado por brindar una comprensión completa del área de investigación, mostrando tendencias actuales y proporcionando una visión detallada de los autores y países más influyentes en el campo además permite evidenciar el índice del creciente interés de lean six sigma, con una tendencia en aumento de los últimos 5 años.

La elección de la metodología lean six sigma es especialmente adecuada debido a las características de la investigación que tiene como objetivo mejorar la optimización de los procesos y la calidad del producto, las cualidades principales de LSS además de mejorar la eficiencia operativa, reduce la variabilidad y defectos junto a ello garantiza resultados consistentes lo cual es determinante en cualquier entorno productivo, al incorporar sus herramientas esta estrategia ofrece una ruta técnica para contrarrestar problemas complejos y promover la mejora continua.

Finalmente, la interpretación de resultados corrobora la decisión de incorporar DMAMC como herramienta central de la investigación, reforzada de VSM, ishikawa,5S, cartas de control, FMEA la evidencia de su aplicación y eficacia en los artículos respalda

la selección como enfoque metodológico principal para el proyecto. Su uso permitirá abordar problemas de manera estructurada y sistemática, asegurando de los resultados sean relevantes y aplicables.

En este contexto la investigación se centra en la mejora de procesos y la reducción de variabilidad mediante herramientas de lean manufacturing como DMAMC, VSM, entre otras; los autores Shannon et al., (2023) resaltan la herramienta del TPM (*Total Productive Maintenance*) en su estudio proporcionan resultados cuantitativos, en reducción del 33 % en el mantenimiento planificado, disminución del 70 % en los mantenimientos correctivos, y un aumento del 20 % en la eficiencia de los equipos que está orientado al mantenimiento de las maquinarias y la fiabilidad operativa, a su vez busca involucrar a todos los empleados en la mejora continua para maximizar la eficiencia siendo otro elemento importante aplicable en LSS que aborda una amplia variedad de problemas organizacionales, incluidos la calidad del producto y la optimización de procesos.

Así mismo Javaid et al. (2024) en su estudio de lean 4.0 resalta su aplicación en el ámbito de la salud, donde la optimización de la gestión de residuos y la reducción de errores son cruciales. En contraste, los enfoques tradicionales de LSS y TPM se centran en la optimización de procesos y en el mantenimiento de equipos, sin poner énfasis en el desarrollo de habilidades de liderazgo tecnológico. Por lo tanto, lean 4.0 podría ser más beneficioso en organizaciones que buscan no mejorar la eficiencia sino también desarrollar una cultura de liderazgo adaptada a la era digital.

1.4.Estado conceptual.

Sal.

La sal o cloruro de sodio, es un compuesto natural que se encuentra en el agua del mar y en depósitos minerales. Es esencial para el cuerpo humano, interviniendo en funciones vitales, aunque es importante mantener su consumo en cantidades adecuadas (Guirao, 2021). Es la única roca comestible en su estado natural, aunque en Ecuador no hay afloramientos naturales, pero en la época colonial se importaba desde el cerro Chanchamayo en Perú. Inicialmente, los indios Campas controlaban su explotación, pero con el tiempo se permitió el acceso libre. Su consumo es esencial para la alimentación y la conservación de alimentos (Henríquez Tigrero, 2018).

Six sigma.

Six sigma es una metodología orientada a minimizar las variaciones en los procesos dentro de las empresas a través de un conjunto de herramientas distribuidas en cinco etapas, tiene como propósito principal mejorar la calidad tanto como la productividad, empleando datos y herramientas estadísticas para optimizar los procesos, incrementar la satisfacción del cliente y aumentar las utilidades (Montiel-Pérez et al., 2023).

Lean manufacturing.

Lean manufacturing es un sistema de gestión enfocado en eliminar desperdicios y demoras en todas las etapas del proceso de producción, maximiza el valor agregado de los productos y fomenta la mejora continua, lo que lo convierte en una estrategia esencial para optimizar la eficiencia y efectividad en los procesos productivos (Muñoz-Guevara et al., 2022).

DMAMC

DMAMC es un método estructurado y riguroso utilizado en la gestión de procesos dentro del marco de six sigma, su nombre se deriva de las etapas que lo componen: definir, medir, analizar, mejorar y controlar, consiste en identificar un problema, recopilar datos importantes relevantes, analizar la información obtenida, proponer soluciones y, finalmente establecer controles para garantizar que los cambios implementados se mantengan a lo largo del tiempo (Carillo et al., 2022).

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico implica detallar todas las actividades desde la identificación del objeto de estudio hasta la definición de sus componentes culminando con la implementación, a través de un proceso iterativo e incremental para establecer criterios claros y lineamientos definidos para determinar tanto las etapas a seguir como los componentes involucrados (Neil et-al., 2022).

Luego de realizar el estado del arte a través del análisis bibliométrico en el capítulo 1, en el cual demostró que la aplicación de la metodología denominada *lean six sigma* es útil para optimizar procesos, empleando la combinación de las herramientas: DMAIC, VSM, 5S, cartas de control, diagrama de Pareto. Se emplearán los métodos, técnicas e instrumentos del artículo de Widiwati et-al. (2024) de la matriz de referencias de artículos con el propósito de implementar propuestas para optimizar procesos en la producción de Sal de Mesa de 500g de la empresa Famosal S.A.

2.1. Enfoque de investigación

Según Mollo (2023) la investigación cuantitativa es aquella cuyos datos son cuantificables, estos responden a expresiones ¿Cómo? ¿Cuánto? ¿Hasta qué punto?, para desarrollarlo en base a las variables independientes y dependientes, para obtener datos exactos de la investigación. Por otra parte, el autor (Aguilar Bernal, 2023) menciona que la investigación cualitativa se fundamenta en la exploración detallada de las perspectivas de los individuos basada en sus experiencias a través de una triangulación que involucra teoría, investigador y testimonio para comprender una determinada situación estos temas se analizan.

Bajo estos contextos en el presente proyecto se realizará una investigación con un enfoque mixto, Bagur-Pons et al., (2021) menciona que permite fusionar la perspectiva cualitativa y cuantitativa, a través de la integración metodológica en todos los aspectos de estudio desde el diseño hasta el análisis de datos, esto a que según Mendizábal-Anticona et al., (2023) permite tener una comprensión completa y profunda de los fenómenos, examinando ambas dimensiones que validen la consistencia de los resultados.

En la empresa Famosal S.A. se implementó el enfoque mixto por medio de los direccionamientos cuantitativos y cualitativos. La recopilación de datos cuantificables está relacionados al tiempo de producción, cantidad de unidades producidas, eficiencia

operativa, entre otras. Por otra parte, se aplicará el enfoque cualitativo por la revisión de la literatura realizada con anterioridad en donde se encontraron a través de los artículos analizados teorías relacionadas que puedan respaldar los hallazgos de este estudio, todo lo mencionado para obtener una comprensión integral del problema a investigar.

2.2. Diseño de investigación.

Luego de determinar el enfoque de la investigación y teniendo en cuenta el uso de datos cualitativos y cuantitativos, en diseño de la investigación es de carácter no experimental, García Monsalve et-al, (2021) lo aplica en su artículo recalca que este diseño es sistemático y empírico en el cual no se alteran las variables de estudio; esto con el fin de examinar los fenómenos en su contexto natural para luego proceder a su análisis (Valle, 2006).

Se optó por realizar un estudio con un diseño no experimental debido a la naturaleza del problema de optimizar de procesos evitando la manipulación de las variables, para realizar un estudio de carácter transversal ya que los datos fueron tomados en un único momento temporal en este caso los datos fueron recopilados el en octubre del 2024. De esta manera implica que la recolección de datos y relación de variables está compuesta por:

Investigación descriptiva: expresa las cualidades y características principales del caso de estudio, relacionando la conexión en las variables de estudio (optimización de procesos y metodología lean six sigma), con el propósito de detallar los procesos, actividades y herramientas que componen el marco metodológico.

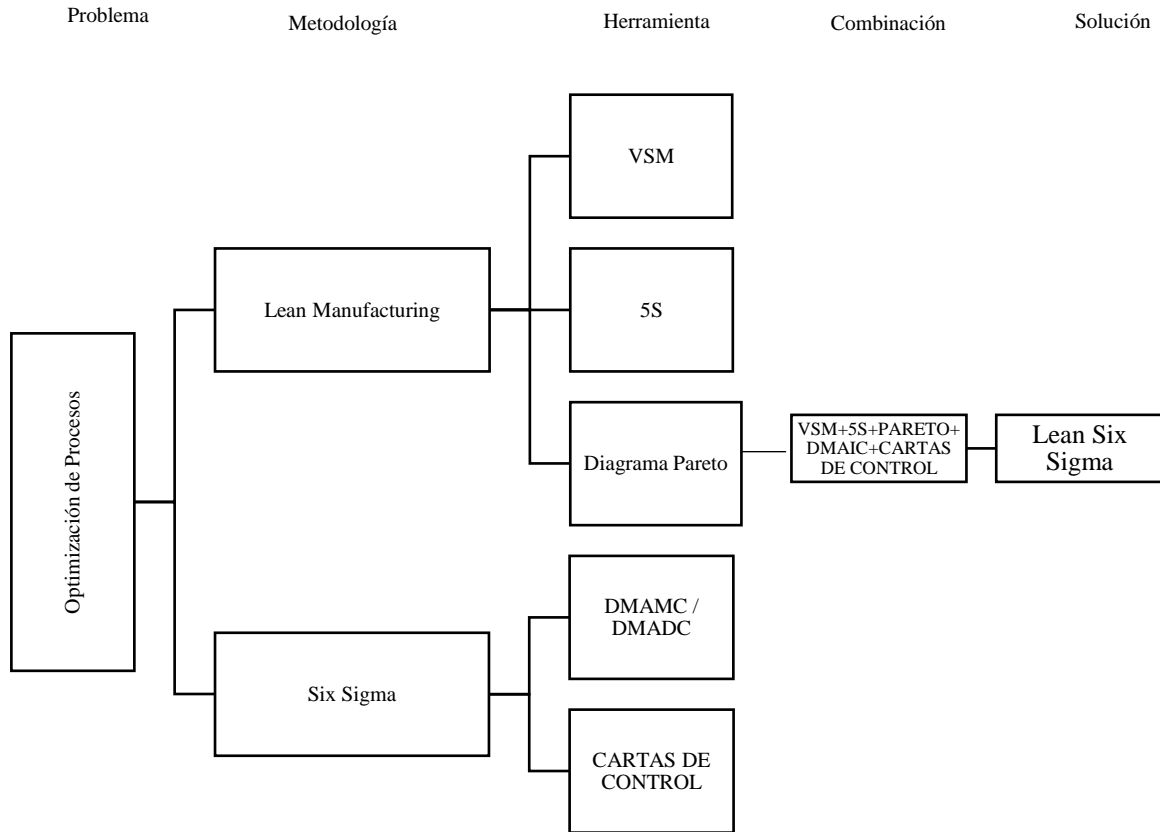
Investigación correlacional: relaciona las variables dependientes (optimización de procesos) e independientes (metodología lean six sigma) a través de una guía predecible para una población o grupo específico, con este enfoque se analizan resultados que permiten implementar soluciones específicas y alcanzar mejoras en el rendimiento.

2.3. Procedimiento metodológico.

A través del estado del arte realizado en el capítulo anterior se ha definido la ruta metodológica en la Figura 7 empleada a través del protocolo de investigación que permite identificar el problema principal, se seleccionaron dos metodologías para abordar este problema desde múltiples perspectivas y se agruparon las herramientas

correspondientes a cada una de ellas, como resultado la combinación de esta metodología en un enfoque integrado de Lean Six Sigma que busca mejorar y optimizar los procesos.

Figura 7: Ruta metodológica del protocolo de investigación.

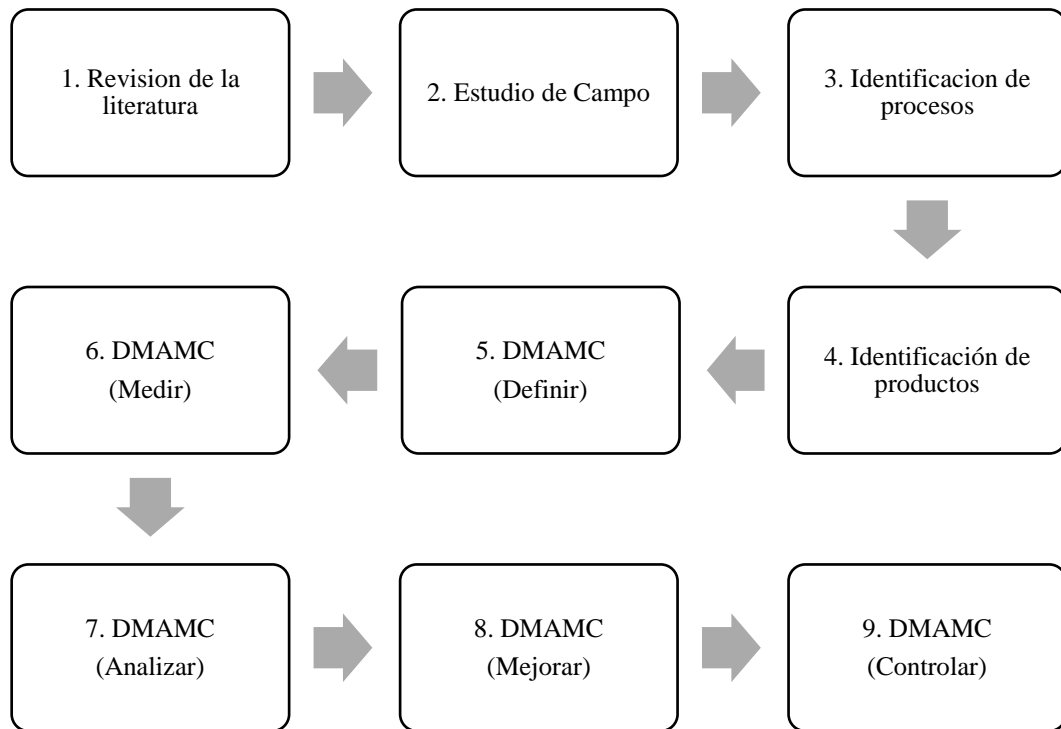


Nota: Elaborado por la autora.

En la Figura 7 como solución al protocolo de investigación dio como resultado la aplicación de la combinación de dos metodologías como lo son lean manufacturing y six sigma. En base al artículo de Widiwati et al. (2024) resalta el beneficio de aplicar lean six sigma en procesos productivos, su estructura de procedimiento facilita el manejo de registro de datos, a su vez proporciona un estudio detallado que dan resultados favorables aplicando el ciclo DMAMC y varias herramientas para aplicar de acuerdo al requerimiento de la fase, se especifica las etapas de recopilación y procesamiento de datos en la Figura 8 ; para la presente investigación se requirió el aporte diversas fuentes incluyendo los libros de control estadístico de calidad y six sigma de Gutiérrez & De la Vara, 2009) e ingeniería industrial: metodos y tiempos con manufactura ágil de Escalante

Lago & González Zúñiga, (2015), las técnicas de estos textos reforzaron al proceso metódico para realizar el presente proyecto.

Figura 8: Recopilación y procesamiento de datos.



Nota: Elaborado por la autora.

- 1. Revisión de la Literatura:** mediante un análisis bibliométrico se indagó la producción científica de LSS en los últimos 5 años, a través de estadísticas que comparan las citas, artículos de cada uno de los autores, para determinar las herramientas y técnicas que cada uno ha empleado de esta forma tomarlas de referencia en el presente estudio.
- 2. Estudio de campo:** se realizó una visita a la empresa Famosal S.A. , a través de la observación directa de los procesos productivos para identificar de forma generalizada las oportunidades de mejora dentro del campo de estudio, los hallazgos de la visita sirven como base para el desarrollo de estrategias que optimicen los procesos.
- 3. Identificación de procesos:** se identifican los procesos productivos que realiza la planta de fabricación de Famosal S.A, para comprender a un nivel general los elementos que intervienen para la transformación del producto e identificar posibles oportunidades de mejora.

4. **Identificación del producto:** en base a la información adquirida por parte de la empresa, se elige un producto para evaluarlo a través de la categorización ABC en esta investigación, de esta forma explicar las razones por las cuales el producto es seleccionado.
5. **Implementar DMAMC:** se comprende el ciclo DMAMC con ayuda de la revisión literaria y los conocimientos adquiridos por la lectura de los artículos que se seleccionaron, para realizar un correcto procedimiento del ciclo y obtener resultados favorables en la empresas.
6. **DMAMC (definir):** esta etapa se centra en definir y enfocar el proyecto explicando las razones que justifican su implementación y los beneficios esperados mediante las herramientas a emplear tales como marco del proyecto seis sigma y diagrama PEPSU que permitirán estructurar la información y clarificar los procesos involucrados.
7. **DMAMC (medir):** en esta fase se comprende y cuantifica la magnitud del problema del proyecto, a través de un sistema de medición adecuado que asegure la fiabilidad de los datos, se empleará herramientas como el diagrama de operaciones, diagrama de flujo de procesos además se miden los factores que afectan a la productividad, con el fin de clarificar el funcionamiento del sistema actual.
8. **DMAMC (analizar):** en esta etapa se identifican y confirman las causas del problema, analizando como estas contribuyen a la situación actual, a través de herramientas estadísticas como correlación de Pearson y ANOVA para evaluar la relación entre variables, con el fin de validar la hipótesis y comprender mejor los factores involucrados, lo que facilitará la identificación de intervenciones específicas a su vez establecer una base sólida para implementar mejoras en el proyecto.
9. **DMAIC (mejorar):** en esta etapa se propone soluciones que aborden las causas raíz del problema, mediante diversas alternativas de solución que se enfoquen en las diferentes causas identificadas con la aplicación de herramientas de lean manufacturing para contrarrestar los factores analizados previamente con el fin de no solo resolver el problema inmediato sino optimizar los procesos a largo plazo.
10. **DMAIC (Controlar):** en esta última etapa se diseña un sistema para asegurar la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas controlando las variables críticas, a través de un sistema de control que prevenga la repetición de problemas, preserve

el conocimiento adquirido y promueva la mejora continua mediante la herramienta de cuadro de mando integral para garantizar que las mejoras perduren en el tiempo asegurando cultura de mejora continua.

2.4. Población y muestra.

2.4.1. Población.

En el campo investigativo la población está definida por el conjunto de elementos seleccionados junto al objeto de estudio, se trata de los componentes totales como personas, puntuaciones, mediciones a estudiar, ya que es el compendio de todos los factores que cumplen con los requisitos para ser estudiados, la característica de la población es de contenido, al poseer información requerida para el proyecto (Del Cid et al. (2011). La población diana se refiere a la selección de individuos que comparten características específicas, estos criterios permiten centrar el análisis en una población particular(Arias-Gómez et al., 2016). En base a lo mencionado la población diana está conformada por el departamento de producción de la empresa Famosal S.A dedicada a la refinación de sal.

2.4.2. Muestra.

Una muestra es un subconjunto de la población o universo de interés, en el cual se recopilan los datos necesarios, para reflejar adecuadamente las características de dicha población (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). El tipo de muestra de la investigación fue no probabilística por conveniencia debido a que la selección de elementos fue intencional por su relevancia en el estudio para obtener características y datos específicos en la indagación. (Hernández Sampieri et al., 2014b).

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

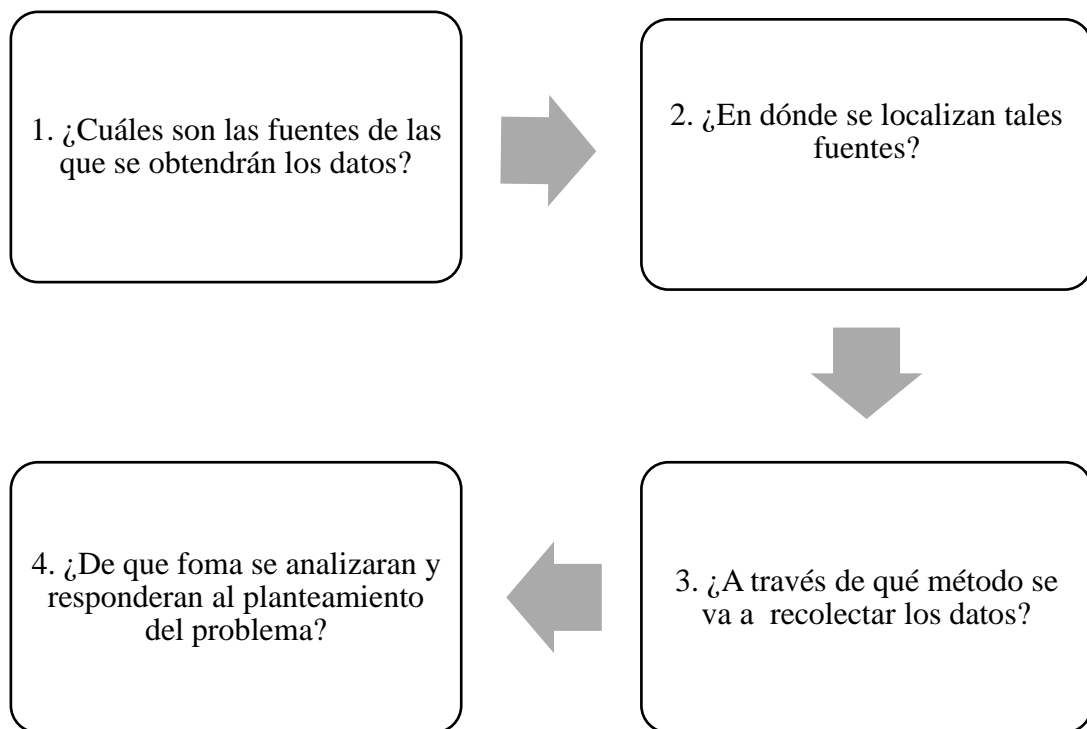
2.5.1. Métodos de recolección de los datos

Del Cid et al. (2011), menciona que el método analítico es el estudio por partes del objeto de investigación, recalca su importancia en la investigación debido a que se profundiza de forma ordenada, específica y detallada cada una de las variables para ser comprendidas. Luego de seleccionar el diseño de investigación y la muestra adecuada en función al tema de estudio, se debe recopilar los datos relevantes sobre las variables a través de un plan detallado que describa los procedimientos a seguir para obtener

información necesaria asegurando que lo recolectado sea adecuado y oportuno para el análisis (Hernández Sampieri et al., 2014).

Para asegurar la validez de la información, es fundamental diseñar un plan de recolección de datos que contemple todos los procedimientos necesarios y los criterios específicos a seguir, a través de este procedimiento se garantiza que los datos obtenidos sean precisos y pertinentes lo que contribuye a una comprensión clara y fiable de las variables estudiada bajo estos contextos en la Figura 9 se evidencia el plan detallado para la recolección de datos.

Figura 9: Plan de Recolección de datos.



Nota: Elaborado por autora basado en (Hernández Sampieri et al., 2014a).

En la Figura 9. se detallan cuatro preguntas claves que guían el proceso para obtener información relevante del tema de estudio, sirven para dar claridad al enfoque además define que se desea investigar y como se obtendrán los datos y su proveedor. A continuación, se explica cada interrogante.

- 1. ¿Cuáles son las fuentes?:** fichas técnicas, datos históricos y procesos de producción.

2. **¿En dónde se localizan las fuentes?:** en la empresa Famosal S.A.
3. **¿A través de que método se va a recolectar los datos?:** observación directa.
4. **¿De qué forma se analizarán y responderán al planteamiento del problema?:** evaluación e indicadores.

2.5.2. Técnicas de recolección de los datos.

La técnica de investigación consiste en el conjunto de procedimientos y herramientas empleadas para recopilar información de las fuentes necesarias, alineados con el objeto de estudio, con el objetivo de obtener datos relevantes para la investigación. Estas técnicas se eligen en base a las variables definidas con anterioridad a su vez están relacionados con el método científico, permitiendo obtener información esencial para la implementación del método de investigación. (Del Cid et al., 2011.).

Baena Paz (2017) define a la técnica como los pasos que aportan al método para alcanzar su objetivo, está dividido en técnicas de investigación documental y técnicas de investigación de campo, plantea la parte operativa que está estrechamente ligada al método simulando el camino del pensamiento a la realidad.

El estudio se empleó dentro de la fábrica de Famosal S.A., implementando técnica de investigación de campo caracterizada por recabar información de fuentes primarias, a través del acercamiento a la realidad, la cantidad de proveedores para este nivel de información es ilimitada, para lo cual se empleará la técnica de observación directa.

Observación directa: consiste en acercarse al fenómeno estudiado para observar lo que sucede en su entorno natural. Es crucial que observador debe pase desapercibido, ya que, de no ser así los sujetos de estudio podrían alterar su comportamiento, sirve para recabar información variada en contextos distintos cabe destacar que la técnica se ha empleado desde hace mucho tiempo. Para asegurar su validez la observación debe ser sistemática y controlada (Del Cid et al., 2011). En la planta de producción de Famosal se desarrolló la técnica de observación, con el fin de recabar la información necesaria en el lugar de estudio.

2.5.3. Instrumentos de recolección de los datos

Un instrumento es una herramienta que emplea el investigador para capturar datos sobre las variables de interés, con el fin de describir de manera precisa las variables en estudio; estos instrumentos deben cumplir con varios requisitos los cuales son: confiabilidad, validez y objetividad. (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). Los instrumentos empleados en la presente investigación en base a la técnica de recolección de datos como es la observación están relacionados con la metodología lean six sigma.

Cuadros: son diagramas con casillas organizadas en filas y columna, se emplean en el campo para registrar exhaustivamente la información relevante para la investigación, se pueden registrar datos de distintos tipos: opiniones, hechos objetivos, funcionamiento de organizaciones (Baena Paz, 2017). En la presente investigación se empleó para anotar datos precisos u objetivos, a través de una ficha de registro de actividades que aportan y no aportan valor en el proceso que permitan elaborar el VSM y diagrama de procesos actual

2.6. Procedimiento para la recolección de los datos.

Taherdoost (2021) menciona que el procedimiento de recolección de datos se refiere a los pasos y métodos utilizados para obtener información relevante de manera organizada; inicia por la definición del tipo de datos necesarios junto a la elección de métodos, técnicas y herramientas adecuados, posteriormente se ejecuta asegurando la fiabilidad, y finalmente se analizan los resultados. En la Tabla 10 se detallan las dos etapas del procedimiento de la investigación.

Para asegurar la efectividad en la recolección de datos, cada etapa del proceso se implementa con rigor, desde la planificación inicial hasta la aplicación de herramientas específicas que faciliten la organización y el análisis de la información. La estructura del procedimiento se establece en la Tabla 10 que permite obtener resultados confiables y precisos, facilitando una interpretación coherente y alineada con los objetivos del estudio.

Tabla 10: *Procedimiento de recolección de datos.*

Nº	Plan	Procedimiento
1	Recopilación de datos	Registrar datos obtenidos de los procesos Organización de forma sistemática de los datos
2	Análisis de datos	Aplicar técnicas estadísticas Identificar patrones y tendencias en los datos

Nota: Elaborado por la autora.

2.7. Plan de análisis e interpretación de resultados.

El plan de análisis facilita la identificación de áreas de mejora y posibles ajustes en los métodos aplicados durante el proceso de investigación, promoviendo un ciclo continuo de refinamiento y precisión. Este enfoque completo admite realizar una evaluación exhaustiva de los datos recopilados, además asegura que los resultados reporten con precisión la realidad del problema mediante la adherencia de cada paso del análisis con los objetivos específicos de esta forma la investigación se fortalece en coherencia y cohesión, ofreciendo conclusiones firmemente fundamentadas que puedan sustentar futuros estudios o aplicaciones prácticas.

De la misma manera se asegura que cada objetivo este respaldado por una metodología sólida y apropiada certificando que los procedimientos aplicados aborden efectivamente a las interrogantes de investigación para que los resultados obtenidos sean precisos y acordes con la línea de investigación brindando una base sólida para la interpretación de hallazgos.

Este plan de análisis es fundamental para identificar áreas de mejora con los métodos utilizados durante la investigación, facilita un ciclo continuo de perfeccionamiento y precisión al proporcionar una revisión detallada de los datos recolectados y que estos representen con exactitud la naturaleza del problema investigado.

Al conectar cada fase del análisis con los objetivos establecidos, se fortalece la consistencia y la validez del estudio, permitiendo llegar a conclusiones sólidas que pueden ser útiles para futuras investigaciones o aplicaciones prácticas en el área correspondiente.

El plan de análisis evalúa el cumplimiento de los objetivos específicos del estudio, detallando las herramientas necesarias para alcanzar cada uno de los objetivos trazados. En la Tabla 11 se detalla la ejecución de los tres objetivos de investigación, a su vez los procedimientos, herramientas y resultados de cada uno de ellos.

Tabla 11: Plan de análisis e interpretación de datos.

N°	Objetivos Específicos.	Procedimientos	Herramientas	Resultados
1	Realizar una revisión de la literatura a través de un análisis bibliométrico para evaluar el impacto de la producción científica y adoptar metodologías de referencia.	Análisis bibliométrico.	VOSVIEWER Índice de Citas y autores.	Determinación de metodologías, herramientas y combinación de estas para la investigación Establecimiento del protocolo
2	Establecer un marco metodológico que se centre en estudios previos relacionados con la implementación de la Lean Six Sigma.	Diseño metodológico . Selección de técnica e instrumento	Enfoque mixto diseño no experimental de tipo transversal . Observación directa.	Procedimiento metodológico para la recolección de datos.
3	Emplear las herramientas de la metodología Lean Six Sigma para optimizar los procesos de la empresa.	Aplicar el diseño metodológico a través del ciclo DMAMC.	Project Charter, VSM, Diagrama de Procesos, Analisis ANOVA, 5s, TPM, BSC.	Registro de datos y análisis de la aplicación de LSS.

Nota: Elaborado por la autora.

En la Tabla 11 se presenta información detallada de la estrategia para cumplir con los objetivos específicos de esta investigación. El primer objetivo se enfoca en examinar la literatura disponible de lean six sigma mediante un análisis bibliométrico con la herramienta VOSviewer, de este modo se evidencian los patrones de citas y autores destacados, lo que facilita la elección de metodologías y herramientas claves para el estudio, con la bibliometría se puede construir un marco teórico sólido que proporciona una sólida para abordar el tema de manera adecuada.

El segundo objetivo establece un marco metodológico basado en estudios previos de Lean Six Sigma utilizando un diseño no experimental de tipo transversal con un enfoque mixto a través de la observación directa como parte del diseño del procedimiento eficiente para la recolección de datos corroborando que la información sea pertinente para el análisis.

Finalmente, el tercer objetivo emplea el ciclo DMAMC junto con herramientas como Project Charter, VSM, diagrama de procesos, análisis ANOVA, 5s, TPM, BSC, la aplicación de estas herramientas permitirá identificar áreas de mejora, establecer métricas y facilitar la toma de decisiones, este enfoque se proyecta a alcanzar los objetivos planteados y promover una cultura de mejora continua.

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Situación actual.

3.1.1. Generalidades de la empresa.

Famosal S.A. lleva más de veinte años de esfuerzo, trabajo y dedicación inquebrantable, que día a día ofrece lo mejor de sí para fabricar un producto de calidad. La sal es un condimento indispensable en la industria y en los hogares, por lo cual el trabajo es arduo y preciso en materia de calidad para satisfacer a todos los clientes.

La empresa cuenta con una amplia trayectoria en el mercado ecuatoriano, ofertando una gama de productos de consumo humano e industrial, se encuentra entre las empresas de mayor demanda en el sector de la sal. Se rige a los estándares y normas técnicas para su elaboración contando con la aprobación de las normativas NTE e INEN del Ecuador.

Figura 10: Logotipo de marca comercial.



Nota: Emitido por la empresa Famosal S.A.

3.1.2. Misión

La empresa Famosal S.A. tiene como misión ofrecer productos de alta calidad, cuidando siempre la salud del consumidor.

3.1.3. Visión

Nuestra visión es ser líder de producción y venta de sal en el país, apoyada en una moderna tecnología y en un recurso humano altamente calificado.

3.1.4. Ubicación de la empresa

La planta de la empresa Famosal S.A. está ubicada en la provincia de Santa Elena, cantón Salinas en el sector Minas Nuevas. Está relativamente cerca de la vía Mar Bravo, pero el ingreso a las instalaciones es por otra ruta en la cual tenemos como referencia la empresa de Naturagua.

Figura 11: Ubicación planta Famosal



Nota: Adquirido de google maps (2024).

3.1.5. Productos de las empresas

Línea de Sal de Consumo.

- Sal de Mesa de 500g.
- Sal de Mesa de 1kg.
- Sal de Mesa 2kg.

Línea de Sal Industrial.

- Sal Industrial #1, #3, #5, #7.

3.2. Marco de resultados.

En el capítulo II se describe el proceso metodológico para realizar el presente proyecto, esta caracterizada por tener un enfoque de investigación mixta a través de direccionamientos cuantitativos y cualitativos, el diseño es no experimental de

carácter descriptivo- transversal, bajo estos contextos se procederá a aplicar el procedimiento metodológico que consta de once pasos.

3.2.1. Revisión de la literatura.

El análisis bibliométrico realizado en el capítulo 1 evidencia el crecimiento significativo de la investigación y aplicación de la metodología lean six sigma, destacando su relevancia en la mejora de los procesos y eficiencia organizacional. Se identificó la creciente aplicación de LSS evidenciando su aplicación en varios sectores como la manufactura, salud y servicios. Además, se destaca los principales autores que han contribuido a este campo proporcionando una base sólida para investigaciones futuras, adicional se proporciona la ruta metodológica, de problema, metodología, herramienta, combinación y solución.

3.2.2. Estudio de campo.

El estudio de campo se realizó en las instalaciones la empresa Famosal S.A. a través de la observación directa de cada uno de los procesos, permitió obtener una comprensión profunda de las dinámicas internas de la empresa y la interacción entre departamentos y etapas de flujo de trabajo. Mediante la visita a la fábrica se identificó oportunidades de mejora proponiendo la aplicación de las 5s y TPM que permitirán incrementar la productividad a través de la metodología LSS. Este estudio de campo permitió recopilar información valiosa, ofreciendo una visión integral de la situación actual.

3.2.3. Identificación del problema.

Después de la visita de campo y de observar detenidamente los procesos de producción de la empresa, se ha evidenciado variabilidad en la productividad ocasionadas por diversos factores como paradas no programadas de las maquinarias, desorden en el espacio de trabajo, los cuales perturban el proceso de trabajo y ocasionan demoras en la producción. Estas interrupciones están vinculadas a métodos de trabajo incorrectos con relación a la reacción inmediata ante fallos en la instalación, resultado de la insuficiente formación del personal para manejar circunstancias inesperadas y la cultura de mejora constante.

3.2.4. Identificación del producto.

La selección del producto se realiza a través de un enfoque técnico elaborando una matriz ABC, con datos históricos de 3 meses de la demanda de productos en la empresa

Famosal S.A. a través de la clasificación ABC se categoriza los productos clase A, como los que requieren un control cercano, clase B como los principales y clase C los generales. (Gong et al., 2022). La clasificación ABC tradicional se lleva a cabo a través del uso de diagrama de Pareto para identificar las oportunidades de mejora (Khanorkar & Kane (2023)., se detalla este procedimiento en la Tabla 12.

Tabla 12: Análisis ABC de productos.

PACAS/MES	Agosto	Septiembre	Octubre	Total	%	% Acumulado	ABC
Sal de Mesa 500g	530	1145	770	2445	32.74%	32.74%	A
Sal de Mesa 2kg	490	1154	460	2104	28.17%	60.91%	B
Sal de Mesa 1kg	240	530	390	1160	15.53%	76.44%	B
SAL INDUSTRIAL #3	300	200	400	900	12.05%	88.49%	C
SAL INDUSTRIAL #5	0	660	0	660	8.84%	97.32%	C
SAL INDUSTRIAL #7	200	0	0	200	2.68%	100.00%	C
				7469	100.00%		

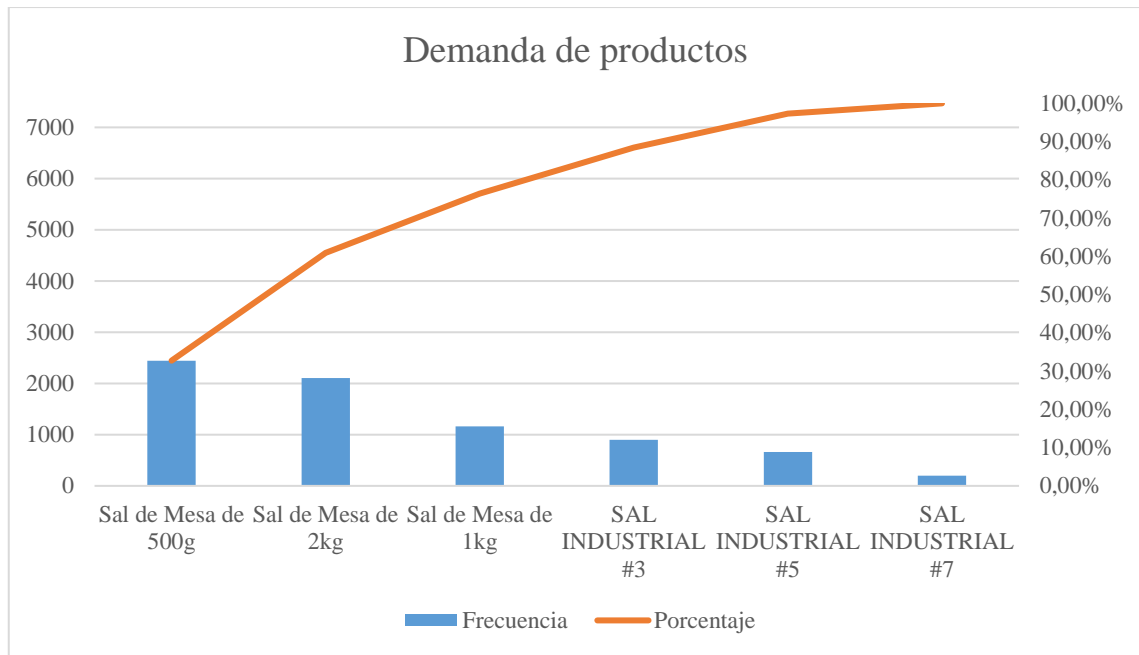
Nota: Elaborado por la autora.

En la Tabla 12 se registra la cantidad de productos despachados en los últimos tres meses, destacando la sal de mesa de 500g con el 32.74%, este porcentaje indica la preferencia de los clientes ante la demanda total por ende lo posiciona como el producto mayor pedido de la empresa siendo así de categoría A, la preside la presentación de sal de 2kg con un total de 2104 pacas vendidas representado por 28.17% este producto se añade a la categoría B, luego en la tercera posición está la sal de 1kg con el 15.53% la indicando que tiene un volumen considerable de ventas de esta forma se ubica en producto de categoría B, finalmente al analizar la sal industrial #3,#5 y#7 estas tres variedades se agrupan en la categoría C con una sumatoria de 23.57% en términos de participación en el mercado, esto debido a que este producto tiene mercado específico donde su demanda está limitada a factores específicos de diversos clientes.

El diagrama de Pareto es una herramienta que facilita la visualización de la distribución factores de un conjunto de datos, destacando los elementos más relevantes que contribuyen a una situación específica, como la demanda de productos. En la Figura 12 se presenta el diagrama de Pareto del análisis ABC de los productos de la empresa Famosal S.A., el cual permite identificar el artículo clave que genera el mayor impacto en términos de valor. Este análisis clasifica los productos en tres categorías: la categoría A, que agrupa a un pequeño porcentaje de los productos pero que contribuyen a los requerimiento de los clientes a mayor escala; la categoría B que incluye productos de impacto moderado; y la categoría C, que comprende la mayoría de los productos con

menor valor individual. Así es posible priorizar los esfuerzos de gestión y recursos en los productos de categoría A, optimizando el control su y la eficiencia operativa.

Figura 12: Diagrama de Pareto de demanda de productos de FAMOSAL S.A.



Nota: Elaborado por la autora.

En base al análisis del diagrama de Pareto y su principio 80/20 detallado en la Figura 12, en el que el 80% de los resultados provienen de 20% de los esfuerzos, en este caso el producto de “Sal de Mesa de 500g” es clave en el total de ventas de la empresa. Su demanda está caracterizada por su uso cotidiano en hogares y restaurantes. Es crucial analizar e identificar oportunidades de mejora en este producto para maximizar la satisfacción a los clientes, e incrementar la optimización de procesos de producción de esta forma garantizar la sostenibilidad del producto.

3.2.5. Definir.

Marco del proyecto.

En la etapa inicial se establece el enfoque del proyecto, se delimitan sus parámetros y se establecen bases para el éxito en donde se definen claramente sus objetivos, las métricas para evaluar su éxito y el alcance de las actividades a realizar, a través de reuniones con los interesados y observación de los datos necesarios, el propósito es asegurar que todos los involucrados tengan una comprensión común del proyecto lo que facilitará la colaboración y aumentara las posibilidades de lograr resultados deseados, este contenido se resume en la Tabla 13 que detalla el marco del proyecto como guía.

Tabla 13: Marco del proyecto seis sigma.

MARCO DEL PROYECTO SEIS SIGMA	
Título	Disminución de variabilidad del proceso de producción en Famosal S.A.
Necesidades del negocio a ser atendidas	La fábrica de Famosal S.A., encargada de producir sal de mesa ha tenido variaciones en la productividad debido a diversos factores que ha generado incremento en el tiempo de ciclo.
Declaración del problema	El tiempo de ciclo de pacas de 500g es de 1236 s este tiempo puede variar en base a las atipicidades que han presentado en la fábrica debido a paras de maquinarias no programadas, e inconvenientes con el personal.
Objetivo	Disminuir variabilidad de productividad del proceso de producción de pacas de sal de mesa de la fábrica de Famosal S.A.
Alcance	Mejora de los procesos de la empresa Famosal S.A.
Roles y Responsabilidades	
Propietarios	Departamento de producción de Famosal S.A.
Patrocinador o	Gerente Financiero de Famosal S.A.
Champion	Danitza Méndez líder del proyecto, jefe de producción y operarios de la fábrica de Famosal S.A.
Equipo	Fichas de observación, datos históricos.
Recursos	Tiempo de Ciclo, Índice de factores que afectan a la productividad, Eficiencia de ciclo de proceso.
Métricas	27 agosto de 2024.
Fecha de Inicio	4 noviembre de 2024.
Fecha de Finalización	

Nota: Elaborado por la autora.

El marco del proyecto o también denominado *Project Chárter* presentado en la Tabla 13 del proyecto six sigma en la empresa Famosal S.A., aborda de manera clara y estructurada la problemática relacionada a la variabilidad en el proceso de producción de sal de mesa, la necesidad de la empresa se identifica en las fluctuaciones de productividad que han incrementado el tiempo de ciclo lo cual se detalla en la declaración del problema que señala un tiempo de ciclo de 1236 segundos expuesto en los registros de la empresa

a paradas no programadas de maquinarias e inconvenientes con el personal. En cuanto al orden y limpieza en el área de trabajo.

El objetivo de esta iniciativa está enfocado a disminuir la variabilidad que lleva consigo mejoras en la eficiencia del proceso; el alcance está definido a la producción de pacas de sal de mesa de 500g lo que permite tener un enfoque detallado; los roles y responsabilidades están asignados adecuadamente asegurando su participación , cabe recalcar que por motivos de precautelar la identidad no se han expuestos nombres solo cargos; a su vez se especifica las métricas que facilitarían la medición del éxito del proyecto; junto a las fechas de inicio y finalización que establecen el marco temporal claro para el desarrollo de la iniciativa.

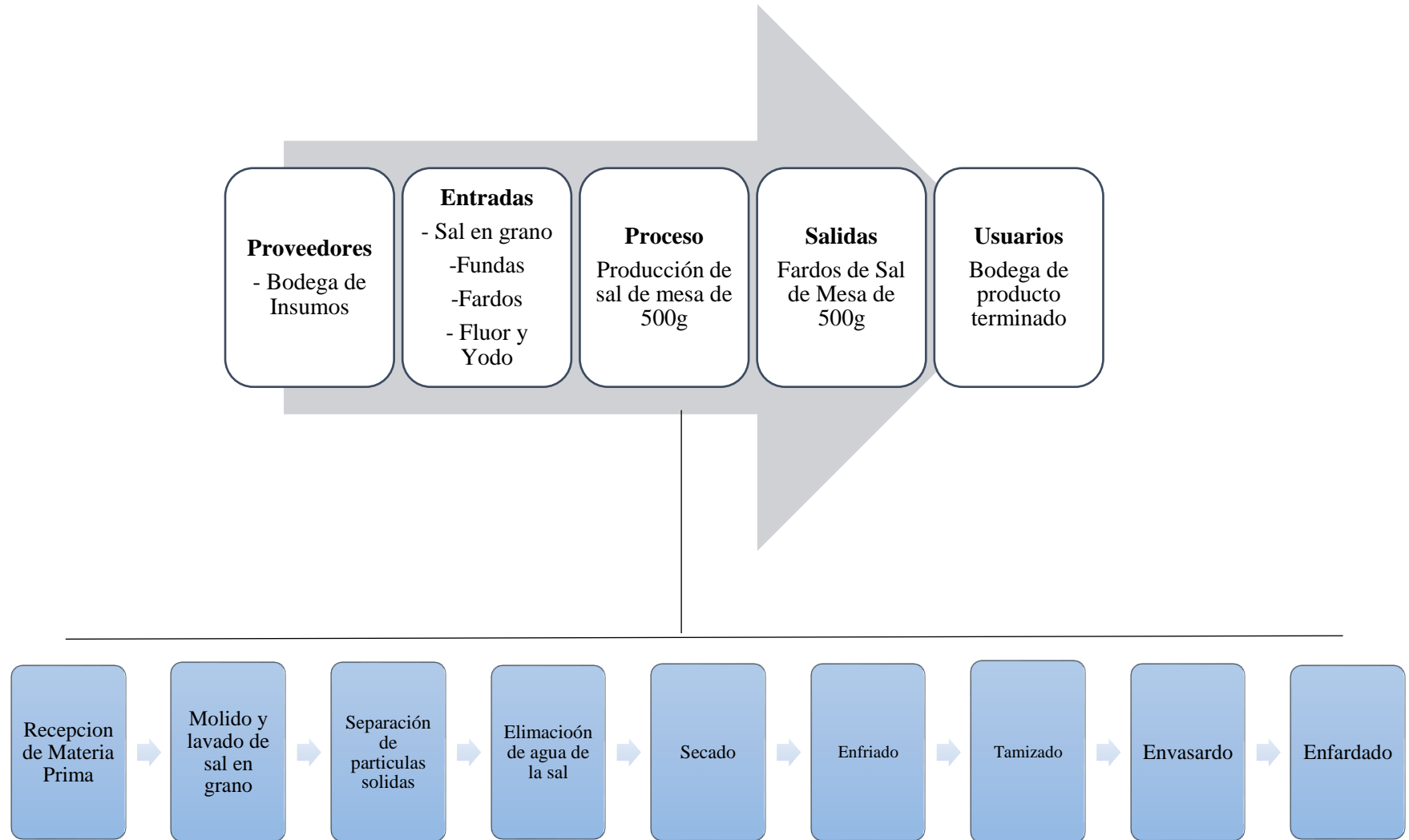
Diagrama PEPSU.

El diagrama PEPSU (proveedores, entradas, procesos, salidas y usuarios) analiza el proceso productivo y su entorno al identificar de manera clara cada uno de sus componentes, mediante esta representación gráfica se lleva a cabo un análisis exhaustivo entre los diferentes elementos que componen el proceso con el fin de desarrollar y aplicar mejoras en cada etapa del flujo operativo favoreciendo el rendimiento interno y el externo contribuyendo a un ciclo de mejora continua (Chyon et al., 2020).

Con el diagrama PEPSU se determinó las relaciones entre los elementos del proceso productivo, además ofreció una visión estructurada del proceso de producción necesaria para implementar mejoras efectivas en cada etapa del flujo operativo. En este diagrama se identifican los elementos clave que componen el proceso tales como: proveedores, entradas, proceso, salidas y usuarios, a través de este análisis se proporciona una estructura clara con el fin de mapear las interacciones y relaciones entre componentes al emplearlo se identifican las áreas de oportunidades de mejora, en la Figura 13 se detalla el PEPSU del proceso de producción de sal de mesa de 500g.

Entre las oportunidades de mejora encontradas destacan la optimización de los tiempos en el área de enfardado y envasado, la disminución de desperdicios durante el tamizado y la necesidad de mejorar la organización del flujo de materiales para evitar cuellos de botella. También se detectaron problemas en la coordinación entre los operarios en el área de producción, lo que afecta la continuidad de las operaciones.

Figura 13: PEPSU del proceso de sal de mesa de 500g.



Nota: Elaborado por la autora.

En la Figura 13 se detalla en PEPSU del proceso de producción de la sal de mesa de 500g, producto identificado en base a la categorización ABC, el proveedor del proceso es la bodega de insumos como la responsable de suministrar los recursos necesarios, en las entradas se describe los materiales que emplean en el proceso que se detalla de forma generalizada, en la etapa de medir se especifica con más profundidad este proceso, las salidas es el producto final en este caso la unidad mínima de empaque son los fardos de 50 fundas de sal de mesa de 500g, para ser entregadas al cliente que es la bodega de producto terminado de la empresa.

En la Tabla 14 se registra la información proporcionada por la empresa de la producción de pacas en un periodo de 14 días, mostrando la cantidad de pacas producidas, tiempo invertido en horas, y la productividad mono factorial en función del tiempo, a través de estos datos se realiza un análisis sobre las tendencias de productividad y las oportunidades de mejora en el proceso de producción de Famosal S.A.

Tabla 14: Producción diaria de sal de mesa de 500g.

DIA	PACAS	TIEMPO (H)	PRODUCTIVIDAD PACAS/HORA
1	367	4	91.75
2	559	4.5	124.22
3	434	4.5	96.44
4	277	2.65	104.53
5	587	5	117.40
6	457	4.5	101.56
7	591	5	118.20
8	125	5	25.00
9	404	3.5	115.43
10	445	5	89.00
11	368	4.5	81.78
12	101	4.5	22.44
13	431	4	107.75
14	347	4	86.75

Nota: Elaborado por la autora.

En la Tabla 14 se detalla las pacas producidas de 14 días de producción, cabe recalcar que la empresa se dedica a la fabricación de varios productos durante la jornada laboral en esta ocasión el estudio se enfocará en la sal de mesa de 500g, en base a estos datos se evidencia que la productividad es altamente variable con valores que oscilan entre 22.44 pacas/hora y 124.22 pacas/hora determinando que la productividad es altamente variable y está ligada a diversos factores por esta razón se subraya la

importancia de identificar y abordar factores que afectan a la eficiencia del proceso productivo

Los datos sobre la producción de pacas durante 14 días indican variaciones significativas en la productividad que se mide en pacas por hora, esta información incluye cantidad de pacas producidas y tiempo dedicado a la producción lo que permite observar patrones y posibles inconsistencias, a través del gráfico de líneas detallado en la Figura 14 que al trazar datos se visualizan claramente los picos y valles en la productividad para interpretar los datos de forma visual a su vez permite a los responsables establecer estrategias para estandarizar los proceso

Figura 14: Gráfico de líneas de la productividad.



Nota: Elaborado por la autora.

La Figura 14 revela picos en días específicos que indica periodos de condiciones favorables para la producción mientras que en los valles se puede identificar caídas bruscas en la productividad posiblemente causadas por factores como fallas en las maquinarias, métodos inadecuados de trabajo o por diversos factores que se lo determinarán en la etapa de medición, esta representación gráfica permite discernir la tendencia general de la productividad y sus variaciones a lo largo del periodo para implementar estrategias que estandaricen la producción diaria del producto seleccionado y por consecuencia maximice la evidencia operativa a su vez minimice el impacto de las caídas de producción.

3.2.6. Medir.

Diagrama de operaciones.

El levantamiento de información del diagrama de operaciones se realizó a través de una observación preliminar del tiempo de ciclo en base al tiempo establecido se usa como referencia para establecer las cifra de observaciones según el criterio de general electric que se muestra en el anexo A, resultando una muestra de 8 ciclos a cronometrar por el tiempo de ciclo. Esta metodología asegura que el levantamiento de datos sea representativo permitiendo un análisis más preciso a la variabilidad del proceso. Los ciclos cronometrados se visualizan en el Anexo B y la fiabilidad de los datos según el alpha de cronbach está muestra en el anexo C.

El enfoque sistemático en la recolección de datos es relevante y la observación preliminar desempeñó un papel crucial para comprender el funcionamiento del actual PEPSU lo que permitió identificar áreas claves para llevar a cabo mejoras significativas. Además, el diagrama de operaciones facilitó una representación clara de las interacciones entre las actividades del proceso ayudando a comprender las dinámicas del proceso operativo.

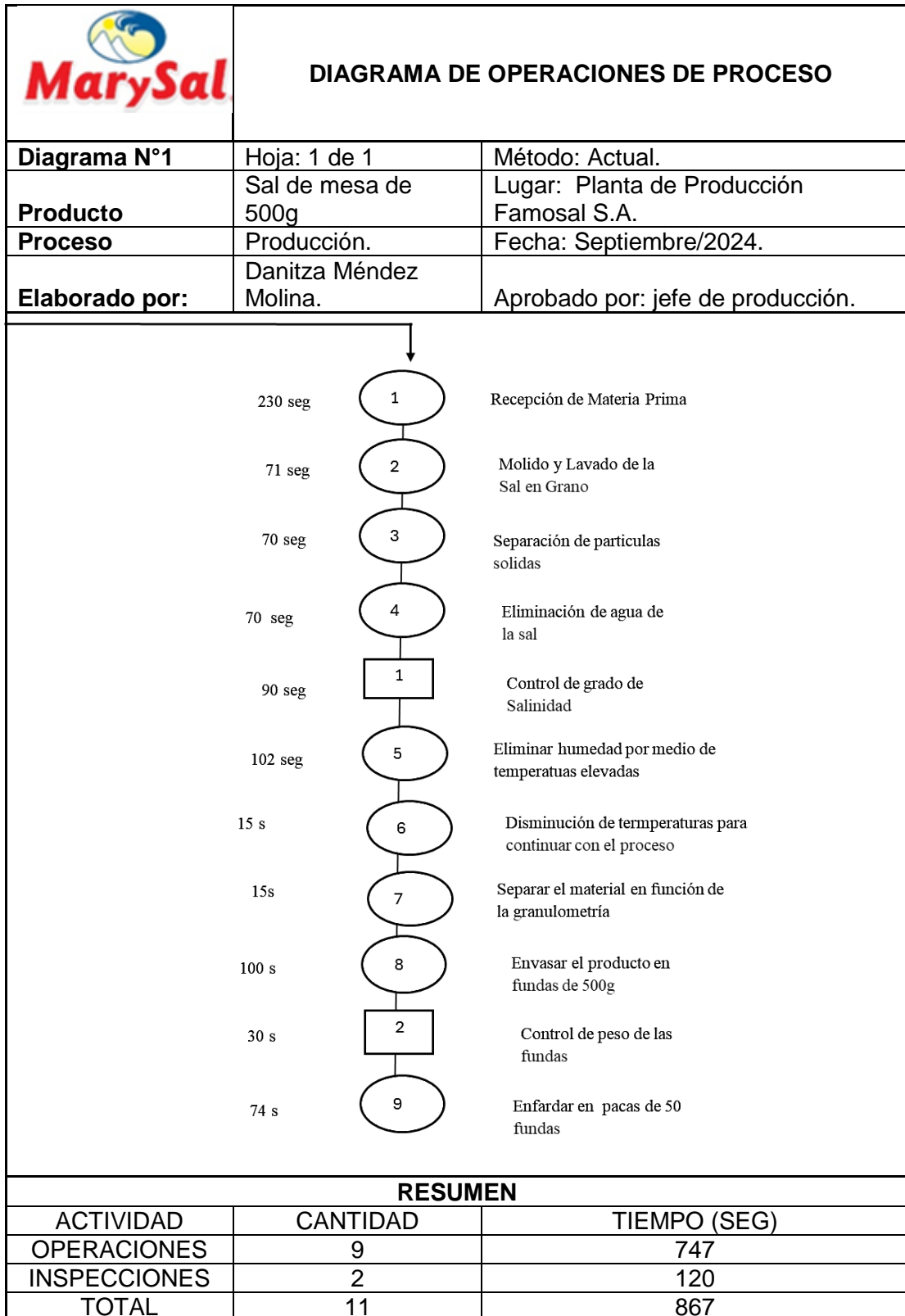
El diagrama de operaciones es una herramienta gráfica que ilustra la secuencia de operaciones e inspecciones en un proceso detallando cada etapa y resaltando las interrelaciones entre cada parte de la producción, esta representación facilita un análisis exhaustivo de las actividades que generan valor proporcionando una comprensión detallada del tiempo de ciclo

Con la comprensión del flujo de trabajo en el proceso productivo se puede identificar áreas de mejora en la optimización de la secuencia de operaciones e inspecciones. La representación grafica detallada detecta ineficiencias o cuellos de botella que impactan en la productividad proveyendo un fundamento confiable para tomar decisiones cruciales en relación con el ajuste del procedimiento

Bajo estos contextos el diagrama de operaciones de la elaboración de sal de mesa en sus empaques de 500g se muestra en la Figura 15 lo que contribuye al desarrollo de estrategias para optimizar la producción y asegurar la calidad en cada etapa.

Figura 15: DOP sal de mesa de 500g.

Nota: Elaborado por la autora.



En la Figura 15 a través de la herramienta de diagrama de operaciones se muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones en las maquinarias en este caso son 9 junto a 2 inspecciones, la suma total de las actividades de operaciones representadas por el círculo indican procesos que modifican a la materia prima para llegar a su final es de 747 segundos, mientras que la inspección representada por cuadrado en este caso es el control de salinidad con 90 segundos y control peso del producto con 30 segundos, el tiempo total es de 867 segundos.


La información del proceso es ampliada con el diagrama de flujo de procesos que extiende la perspectiva ya que además de las operaciones e inspecciones registra cada movimiento, traslado, demora y almacenamiento que se presenta en el ciclo de producción, con esta herramienta de medición se profundiza la problemática planteada teniendo un concepto extenso y preciso del recorrido de la materia prima durante su transformación desde su recepción hasta el almacenamiento.

. La representación gráfica facilita la identificación de retrasos o almacenamientos que generan tiempos improductivos, estos factores al ser detectados se convierten en puntos cruciales para ser atendidos ya que disminuyen la efectividad del proceso, en este caso el esquema resalta las tareas fundamentales y aquellas que no son significativas las cuales deben ser evaluadas y mejoradas para mejorar su desempeño.

La empresa puede priorizar acciones correctivas para la eliminación de cuellos de botella, reestructuración de flujos de trabajo con la implementación de controles estrictos en las etapas conflictivas del proceso, con la identificación de oportunidades de mejora este enfoque promueve la cultura de mejora continua al estimular al personal a estar constantemente pendientes de sus operaciones para detectar inmediatamente acciones que generen desperdicios. En este sentido el esquema se transforma en la herramienta estratégica que analiza el estado actual para orientar a la organización a un modelo operativo más eficiente.

. Como se ha mencionado con anterioridad el diagrama de flujo de procesos, detalla todos los movimientos, traslados, retrasos y almacenamientos que experimenta el producto durante el ciclo de producción esta herramienta ofrece una perspectiva integral del proceso, facilitando la identificación de las actividades esenciales y aquellas que podrían generar ineficiencias. En la Figura 16, se muestra el cursograma analítico del proceso productivo de la sal de mesa en su presentación de 500g en la empresa Famosal S.A.

Figura 16: Diagrama de proceso de flujo.

		Diagrama de proceso de flujo									
Diagrama N°2	Condiciones de trabajo			Normales	ACTIVIDAD		Total	Tiempo			
Producto	Sal de Mesa de 500g				○	Operación	9	747			
Lugar	Planta FAMOSAL S.A.				□	Inspección	2	120			
Departamento	Producción				⇒	Transporte	10	241			
Fecha	Septiembre/2024				D	Demora	1	120	Elaborado por: Danitza Mendez		
Metodo	ACTUAL	X	PROPUESTO		▽	Almacenamiento	2	8	Supervisado por: Jefe de Producción		
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	○	□	⇒	D	▽	Unidad Mínima de Empaque	Tiempo (seg)	Distancia	Observaciones		
Recepcion de Materia Prima	●					1	230				
Cambio de maquinaria			●			1	15	20			
Molienda y lavado de sal en grano	●					1	71				
Cambio de maquinaria			●			1	7	5			
Separación de partículas	●					1	70				
Cambio de maquinaria			●			1	8	3			
Eliminación de agua de la sal	●					1	70				
Control grado de salinidad	●					1	90				
Cambio de maquinaria			●			1	11	6			
Eliminación de humedad	●					1	102		Configuraciones frecuentes en maquinaria		
Cambio de maquinaria			●			1	30		Configuraciones frecuentes en maquinaria		
Disminución de temperatura	●					1	15				
Cambio de maquinaria			●			1	10	14			
Separacion de material de acuerdo a la glanulometria	●					1	15				
Cambio de maquinaria			●			1	40	21			
Almacenado en tolvas					●	1	8				
Descarga de producto					●	1	120		Producto almacenado en la tolva en espera de la maquina de envasado		
Cambio de maquinaria			●			1	40	3			
Envasar sal de mesa en presentación de 500g	●					1	100		Averías en maquina de envasado		
Control peso de fundas	●					1	30				
Cambio de maquinaria			●			1	55	2	Averías en maquina de envasado		
Enfardadar en pacas de 50 fundas la sal de mesa de 500g	●					1	74				
Llevar fardos a la bodega					●	1	25	5	Falta de organización e inconvenientes para trasladar productos la bodega		
Almacenamiento en bodega					●	1	0				
TOTAL	9	2	8	1	2	1	1236	79			

Nota: Elaborado por la autora.

En el diagrama de proceso de flujo de materiales de la Figura 16 se muestran todas las actividades detalladas, incluyendo los tiempos de cambio de maquinaria, almacenamiento temporales y demora. Dentro del proceso de producción se detalla en observaciones que la maquinaria principal que tiene averías es la del secado, junto con la notable demora en la actividad previa al envasado, esto genera tiempos de ociosidad a los operadores para llevar el producto a la bodega de almacenamiento área que también presenta conflictos debido al orden del espacio de trabajo.

En la fase de medición el reporte de las observaciones directas y los datos recogidos proporciona una visión clara y estructurada de cada actividad que compone el proceso de producción. Los registros ofrecen un detalle exhaustivo de cada etapa del proceso lo que agiliza la categorización de las actividades según su contribución al valor del producto, la clasificación incluye actividades de valor agregado (VA), actividades de valor no agregado (NVA) y actividades que, aunque son necesarias no agregan valor. Esta diferenciación es fundamental para entender qué acciones son esenciales para el proceso y detectar aquellas que no cooperan directamente al producto final.

La evaluación de las actividades empleando la herramienta de VSM (*Value Stream Mapping*) permite identificar de manera precisa los puntos de desperdicio dentro del proceso de producción, con este enfoque se plantea una perspectiva integral del proceso al resaltar las áreas problemáticas como la identificación de cuellos de botella que inciden en la eficiencia general. Mediante el mapa de flujo de valor se despliega el desarrollo de estrategias para minimizar o eliminar los residuos potenciales que conduzcan a la mejora progresiva con el uso ideal de los recursos.

En la Tabla 15 se presentan los resultados de esta clasificación que muestran cómo cada actividad ha sido evaluada conforme a su aportación de valor esta apreciación posibilita la priorización de áreas que requieren intervención inmediata

Tabla 15: Clasificación de actividades para VSM.



REGISTRO DE ACTIVIDADES PARA VSM

Actividad	Descripción de la actividad	Clasificación de la actividad			TIEMPO S
		VA	NVA	NNVA	
Recepción de materia prima	Recepción de materia prima.	1			230
	Cambio de maquinaria.			1	15
Molienda y lavado	Molienda y lavado de sal en grano.	1			71
	Cambio de maquinaria.			1	7
Separación de sólidos	Separación de partículas.	1			70
	Cambio de maquinaria.			1	8
Centrifugado	Eliminación de agua de la sal.	1			70
	Control grado de salinidad.		1		90
	Cambio de maquinaria.			1	11
Secado	Eliminación de humedad.	1			102
	Cambio de maquinaria.			1	30
Enfriado	Disminución de temperatura.	1			15
	Cambio de maquinaria.			1	10
Tamizado	Separación de material de acuerdo con la granulometría.	1			15
	Cambio de maquinaria.			1	40
Recepción en tolvas	Almacenamiento en tolva.			1	8
	Descarga del producto.		1		120
	Cambio de maquinaria.			1	40
Envasado	Envasar sal de mesa en presentación de 500g.	1			100
	Control peso de fundas.		1		30
	Cambio de maquinaria.			1	55
Enfardado	Enfardar en unidad mínima de empaque (50) las fundas de sal de mesa de 500g.	1			74
	Llevar fardos a bodega.		1		25
Almacenamiento	Almacenamiento en bodega .			1	0
TOTAL	ACTIVIDADES	9	4	11	1236
	TIEMPO	747	153	336	1236
	%	60.44	12.38	27.18	100

Nota: Elaborado por la autora.

En la Tabla 15 adicional se detallan los valores de tiempo necesario para crear el VSM en base a estos datos se requiere calcular tiempo de ciclo (C/T) es decir el tiempo de VA de cada actividad, tiempo de cambio (C/O) sumatoria de tiempo de NVA y NNVA de cada actividad, tiempo total de entrega y tiempo total de VA. A partir de estos tiempos se calcula la eficiencia del ciclo del proceso (PCE), como indicador del proceso de producción de estudio.

$$PCE = \frac{\textit{Tiempo de valor a\u00f1adido}}{\textit{Plazo de entrega total}} * 100$$

$$PCE = \frac{747}{1236} * 100$$

$$PCE = 60.44\%$$

Luego de la clasificaci\u00f3n de actividades se puede graficar el VSM. Se debe calcular el takt time. La cantidad de sal de mesa de 500g en las jornadas de producci\u00f3n ha tenido varianzas, para esta investigaci\u00f3n el autor utiliz\u00f3 los datos promedios de sal de mesa de 500g en el mes de septiembre. La media de hora de producci\u00f3n es de 4h para esta presentaci\u00f3n cabe recalcar que la planta produce varios insumos, y el promedio de unidades m\u00ednimas de empaque de sal de mesa de 500g producidos en este tiempo es de 467. Por lo tanto, el takt time para la jornada de producci\u00f3n de este producto es de 31.03 s/paca.

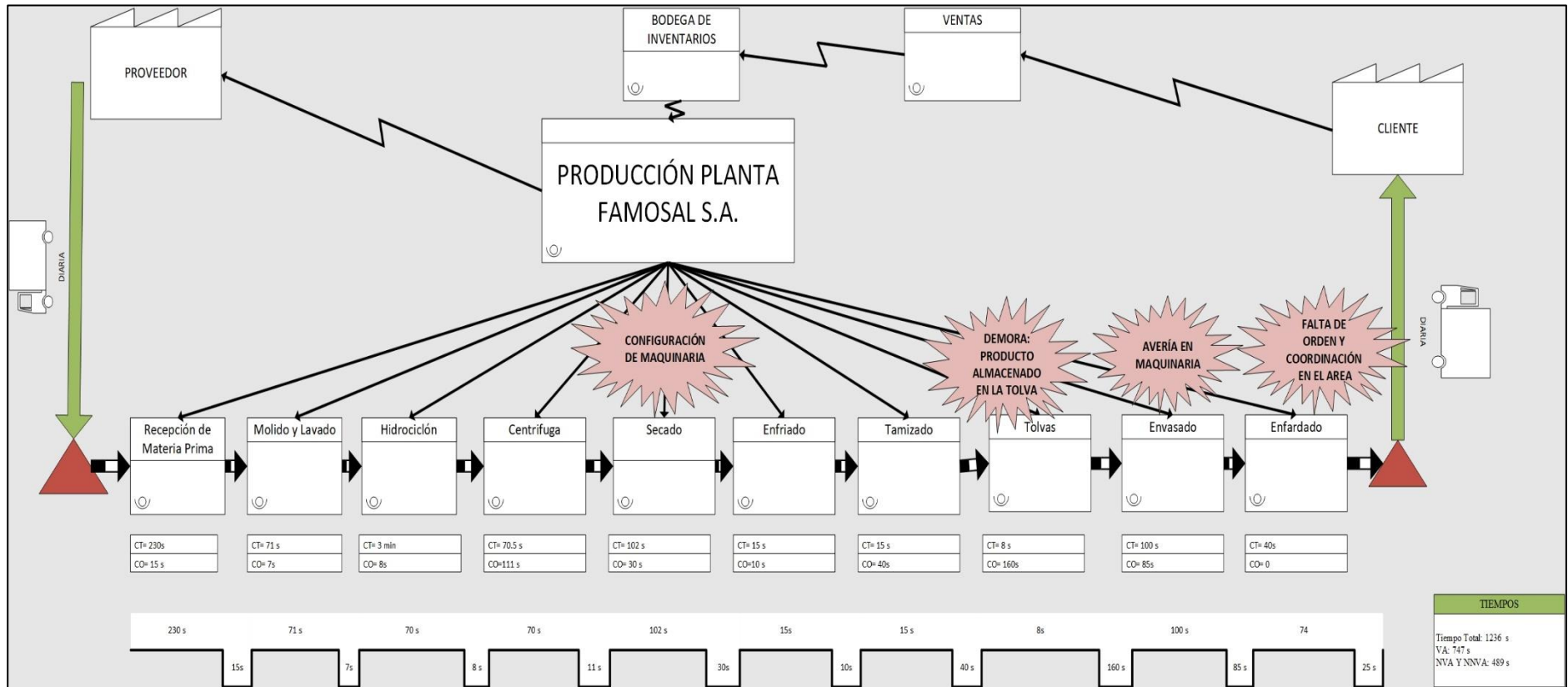
$$\textit{Takt time} = \frac{\textit{Tiempo de producci\u00f3n trabajables}}{\textit{Unidades requeridas}}$$

$$\textit{Takt time} = \frac{14\ 400\ s}{464\ pacas}$$

$$\textit{Takt time} = 31.03\ s/paca$$

El VSM se elabora a partir de estos c\u00e1lculos en cada proceso, para visualizar de manera clara y estructurada el flujo de procesos en la producci\u00f3n de sal de mesa de 500g. En la Figura 17 se ilustra como se integran cada una de las fases del proceso desde la recepci\u00f3n de materia prima hasta el almacenamiento en bodega.

Figura 17: Mapa de flujo de valor de sal de mesa de 500g.



Nota: Elaborado por la autora, en base al software Visio.

En la Figura 17 se detalla cada parte del proceso esto permite observar los tiempos de ciclo de cada actividad y tiempos de cambio es decir aquellos tiempos que no agregan valor al producto, adicional se especifica en el VSM las novedades de diversos procesos, tales como las configuraciones y reparaciones identificadas en las observaciones de las maquinarias especialmente en la del secado y envasado, en el espacio de trabajo de envasado y enfardado se evidencia falta de orden y coordinación entre operarios.

En un periodo de 14 días a través de las observaciones se evidenciaron sucesos atípicos que afectaron a la productividad, estos están relacionados con los imprevistos en inactividad de tiempos y la recurrencia de inconsistencias técnicas en las maquinarias, especialmente en el secador, además la desorganización en el puesto de trabajo de los operarios que incide en la secuencia de actividades, por medio de las herramientas empleadas: diagrama de operaciones, cursograma analítico, y mapa de flujo de valor se logró medir de forma detallada la etapa del proceso definido en PEPSU. Estos hallazgos resaltan la importancia de implementar mejoras efectivas, alineadas con el compromiso de la alta gerencia en reducir la variabilidad operativa y asegurar un flujo de trabajo más eficiente y continuo.

Factores que afectan a la productividad.


Del libro de ingeniería industrial de (Escalante Lago & González Zuñiga, 2015), se toma la herramienta para diagnosticar y medir los que factores afectan a la productividad a través de un muestreo de trabajo o también conocido como muestreo de actividades o incidencias, este método es utilizado para establecer el porcentaje de ocurrencia mediante técnicas estadísticas y observaciones aleatorias para posteriormente determinar las acciones necesarias, de esta forma abordar deficiencias identificadas y optimizar la productividad.

Este procedimiento se realiza eligiendo un proceso o actividad de interés, en este caso el proceso de producción de sal de mesa de 500g, posteriormente determinar detalles del muestreo es decir el periodo de observación para este estudio es de siete días, las rutas y puntos a seguir fue todo el proceso desde recepción de materia prima hasta el almacenamiento, se debe tener la hoja de registro de observación para registrar los datos adjuntada en el anexo D.

Con la hoja de observación se realiza un muestreo preliminar detallado en el anexo E, esto implica llevar a cabo un número de observaciones determinado según el criterio del analista encargado del estudio, con los resultados obtenidos de este análisis preliminar

se calcula “p” que representa el porcentaje de ocurrencia de la actividad que queremos investigar y “q” corresponde a la parte complementaria de “p” es decir las actividades que no se están estudiando. La Tabla 16 detalla el resumen de las observaciones preliminares para realizar los respectivos cálculos.

Tabla 16: Resumen de observaciones preliminares.

 RESUMEN OBSERVACIONES PRELIMINARES		
Clave	Descripción	SUMA
Cb	Trabajo Correcto	41
CONTENIDO BASICO		41
A1	Exceso de trabajo por deficiencias.	6
A2	Falta de Normalización.	8
A3	Normas de calidad erróneas.	4
A4	Eliminar demasiado material.	3
B1	Maquinaria Inadecuada.	3
B2	Proceso mal ejecutado.	7
B3	Herramientas inadecuadas.	6
B5	Métodos inadecuados de trabajo.	38
B6	Mal manejo de materiales.	4
CONTENIDO SUPLEMENTARIO		79
C1	Variedad excesiva de productos.	1
C2	Inactividad por falta de normalización.	3
C4	Mala planeación en los trabajos y pedidos.	2
C6	Averías en las instalaciones.	46
C8	Malas condiciones de trabajo.	4
D1	Ausentismo, retrasos y ociosidades.	34
TIEMPO IMPRODUCTIVO		90
TOTAL		210

Nota: Elaborado por la autora.

De la tabla anterior se deduce, que 41 de las 210 observaciones preliminares que se realizaron en la fábrica en el proceso de producción de sal de mesa de 500g, indica que las actividades que se ejecutaron si contribuyeron en la transformación de la materia prima, 79 observaciones indicaron que se incurría en causas de baja productividad por el trabajo suplementario, es decir se ejecutan actividades de más y 90 observaciones indicaron que se incurría en tiempo improductivo, es decir, no se labora durante el tiempo disponible del turno. Se calcula el porcentaje de ocurrencia de las causas de baja productividad por tiempos suplementarios e improductivo:

$$p = \frac{\text{numero de observaciones que registra la actividad de mayor interes}}{\text{Numero total de observaciones}} * 100$$

$$p = \frac{79 + 90}{210} * 100$$

$$p = 80.47 \%$$

$$q = 1 - p = 1 - 80.47 \% = 19.53\%$$

Lo anterior significa que el 80.47% de las actividades que se han realizado causan desperdicio de tiempo, materiales, mano de obra y recursos financieros, y solo el 19.53% de las actividades efectuadas han sido productivas. Pero estos datos deben ser interpretados en su justa dimensión, no se debe olvidar que son los datos que arroja el muestreo preliminar, es decir, una muestra que aún no es representativa.

Ahora bien, con base en los resultados preliminares se calculará el número total de observaciones, es decir, el tamaño de la muestra. Para ello se considerará un nivel de actividad media, si el nivel de confianza seleccionado es de 90% y el grado de error es de 10%, entonces el tamaño de la muestra será, según el método del libro mencionado.

$$N = \frac{Z^2 pq}{S^2}$$

$$N = \frac{(1.64)^2 (80.47\%)(19.53\%)}{(10\%)^2}$$

$$N = 42 \frac{\text{observaciones}}{\text{actividad}}$$

Para un valor de confianza del 90% el valor de Z correspondiente a la curva de distribución normal es de 1.64 Estas observaciones corresponden a una sola actividad, pero como este proceso incluye nueve, entonces el número de observaciones totales será de 380. Si se toma en cuenta que ya se realizaron 210 observaciones previamente, entonces solo hace falta realizar otras 170 observaciones, se realizaron estas observaciones en 7 días más, para este estudio se completaron las 400 observaciones, resumidas en el anexo F, que demuestran la estabilidad y confiabilidad de las observaciones.

En base a los datos históricos proporcionados por la empresa de 14 días de producción de sal de mesa de 500g se evidencia una variación en la productividad, a pesar de que el producto cumple con los estándares de calidad y se libera en óptimas condiciones la cantidad de pacas producidas en cada día presenta fluctuaciones notables,

esto debido a diversos factores que afectan a la productividad que se miden en la Tabla 17, en base a las observaciones realizadas.

Tabla 17: Factores que afectan a la productividad.

Nº	Cod	ELEMENTOS	FRECUENCIA	%	% ACUMULADO
1	C6	Averías en las instalaciones	92	0.272	27.22%
2	B5	Métodos inadecuados de trabajo	76	0.225	49.70%
3	D1	Ausentismo, retrasos y ociosidades	68	0.201	69.82%
4	A2	Falta de Normalización	16	0.047	74.56%
5	B2	Proceso mal ejecutado	14	0.041	78.70%
6	A1	Exceso de trabajo por deficiencias	12	0.036	82.25%
7	B3	Herramientas inadecuadas	12	0.036	85.80%
8	A3	Normas de calidad erróneas	8	0.024	88.17%
9	B6	Mal manejo de materiales	8	0.024	90.53%
10	C8	Malas condiciones de trabajo	8	0.024	92.90%
11	A4	Eliminar demasiado material	6	0.018	94.67%
12	B1	Maquinaria Inadecuada	6	0.018	96.45%
13	C2	Inactividad por falta de normalización	6	0.018	98.22%
14	C4	Mala planeación en los trabajos y pedidos	4	0.012	99.41%
15	C1	Variedad excesiva de productos	2	0.006	100.00%

Nota: Elaborado por la autora.

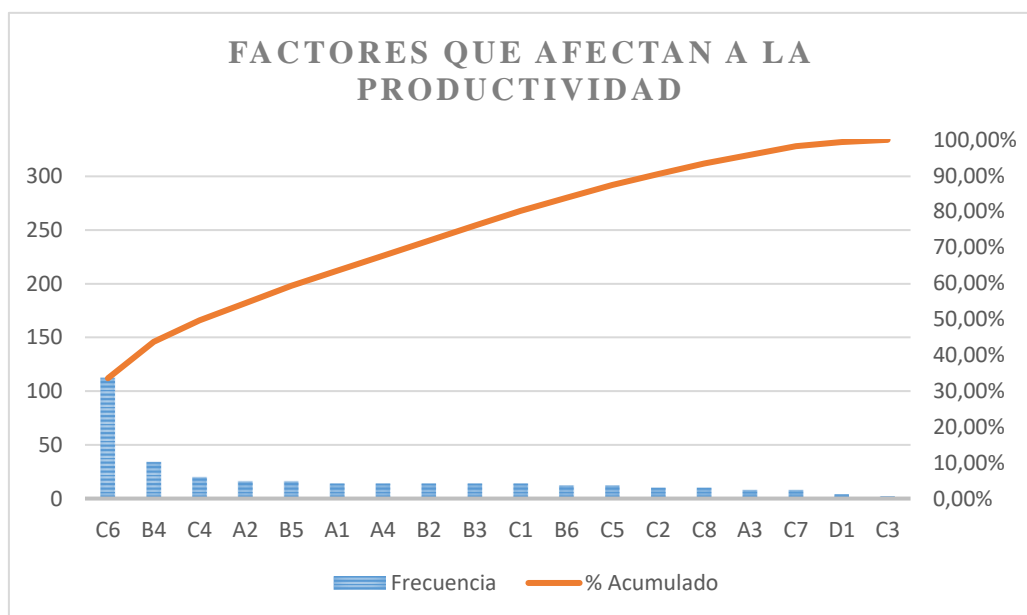
El registro de incidencias de factores que afectan a la productividad se detalla con anterioridad en la Tabla 14, estos resultados revelan tres aspectos principales que abordan el 70% de todos los problemas identificados. Con el 27,22% averías en las instalaciones (C6) es el más crítico como causas que ralentizan el proceso productivo, se interpreta que la ineficiencia operativa es proveniente de los fallos en las maquinarias por lo cual se sugiere dar mantenimiento a los equipos o renovarlos ; los métodos inadecuados de trabajo (B5) con el 22,5% es el segundo factor más relevante lo que pone en evidencia que los procedimientos actuales no son efectivos y requieren ser mejorados. Con el 20,1% el ausentismo, retrasos y ociosidades (D1) reflejan inconvenientes en la comunicación y ambiente laboral que impactan directamente al rendimiento.

Los factores mencionados afectan negativamente a la productividad con el 69,82% de incidencias. Esto significa que priorizar la solución de estos problemas tendrá un impacto significativo en la mejora de la eficiencia operativa. Factores menores, como la falta de normalización y procesos mal ejecutados, también contribuyen a la baja productividad, pero deben ser abordados después de resolver los problemas más urgentes.

Al enfocarse en las áreas más críticas, la empresa podrá optimizar sus recursos y mejorar su competitividad en el mercado.

La representación visual de los datos a través del diagrama de parto se presenta en la Figura 18, una herramienta que facilita la identificación y priorización de factores que afectan a la productividad a través de combinación de barras dispuestas en orden descendente y la línea de tendencia esto con el propósito de discernir inmediatamente que elementos críticos requieren atención inmediata.

Figura 18: Diagrama de Pareto de factores que afectan a la productividad.



Nota: Elaborado por la autora.

El diagrama de Pareto de la Figura 18 se determinan visualmente los tres principales factores que afectan a a la productividad, estos representan aproximadamente el 70% de las complicaciones del sistema de produccion de la fábrica, las averías en las instalaciones (C6) con un valor porcentual de 27,22% lidera la lista lo que muestra que es una causa reiterativa que esta aportando a la baja eficiencia por ende debe ser atendida con urgencia para lograr mejoras significativas.

Con el 22,5% preside los métodos inadecuados de trabajo como segundo factor influyente, las formas de trabajo ineficaces incrementan tiempos y errores operativos que inciden en la disminución de la eficiencia global, finalmente el ausentismo, retrasos y ociosidades comprenden el 20,1% intensificando las dificultades mencionadas en las causas mencionadas con anterioridad.

3.2.7. Analizar.

A partir del problema propuesto, se realizará un estudio para detectar las diferencias fundamentales entre los elementos que influyen en el proceso de producción de la compañía. Este análisis estadístico permitirá entender cómo factores como el sobreesfuerzo laboral, el uso incorrecto de materiales, las fallas en las instalaciones y otros elementos afectan directamente el desempeño productivo. Mediante el análisis ANOVA, se identificará qué elementos poseen un impacto considerable y necesitan ser tratados de inmediato para potenciar su rendimiento.

El análisis se llevará a cabo utilizando el programa IBM SPSS, utilizando los datos de la Tabla 18. Esto nos proporcionará una perspectiva precisa y detallada de la situación presente. La meta es reconocer los sectores más críticos para sugerir soluciones eficaces que disminuyan la variabilidad y el derroche en los procedimientos. Así, el objetivo es incrementar la productividad y asegurar un control más efectivo de la calidad en las actividades de la compañía.

Tabla 18: Observaciones de factores que afectan a la productividad.

Clave	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL
Cb	Trabajo correcto	6	6	5	5	6	8	5	41
A1	Exceso de trabajo por deficiencias.	1	0	1	2	1	0	1	79
A2	Falta de Normalización.	1	1	0	1	2	2	1	
A3	Normas de calidad erróneas.	0	0	1	0	1	1	1	
A4	Eliminar demasiado material.	1	1	1	0	0	0	0	
B1	Maquinaria inadecuada.	0	0	1	1	0	0	1	
B2	Proceso mal ejecutado.	2	0	0	1	1	2	1	
B3	Herramientas inadecuadas.	1	2	1	1	0	0	1	
B4	Mala disposición de la planta.	0	0	0	0	0	0	0	
B5	Métodos inadecuados de trabajo .	5	6	5	5	5	6	6	
B6	Mal manejo de materiales.	2	0	0	0	1	0	1	
C1	Variedad excesiva de productos.	0	1	0	0	0	0	0	90
C2	Inactividad por falta de normalización.	0	0	1	0	2	0	0	
C3	Cambios de trabajo por cambios de diseño.	0	0	0	0	0	0	0	
C4	Mala planeación en los trabajos y pedidos.	0	1	0	1	0	0	0	
C5	Falta de Materiales.	0	0	0	0	0	0	0	
C6	Averías en las instalaciones.	7	7	7	7	6	7	5	
C7	Instalación en mal estado.	0	0	0	0	0	0	0	
C8	Malas condiciones de trabajo.	0	0	2	1	1	0	0	
C9	Accidentes.	0	0	0	0	0	0	0	
D1	Ausentismo, retrasos y ociosidades.	4	5	5	5	4	4	7	
D2	Negligencia y descuido	0	0	0	0	0	0	0	
D3	Accidentes por ignorancia	0	0	0	0	0	0	0	

210

Nota: Elaborado por la autora.

La Tabla 18 recoge los datos obtenidos tras una semana de observación directa, con el propósito de identificar los factores que afectan el proceso productivo de la empresa. Durante este periodo, se registraron diversos eventos que impactan tanto la calidad del trabajo como la eficiencia operativa.

Entre los resultados, destaca que hubo 41 casos clasificados como "trabajo correcto", lo que refleja que en varias ocasiones las tareas se completaron sin problemas. Sin embargo, las "averías en las instalaciones" registraron 46 incidencias, posicionándose como uno de los principales obstáculos que interrumpen la continuidad y fluidez del proceso productivo. Este hallazgo señala un área crítica que requiere atención inmediata para minimizar el impacto negativo en el rendimiento general.

Se observan altos registros en "métodos inadecuados de trabajo" con un total de 38 incidencias, y en "Ausentismo, retrasos y ociosidades", con 34 casos. Otros problemas críticos incluyen el "Exceso de trabajo por deficiencias", que acumula 6 incidencias, y el "Mal manejo de materiales", con 4 registros. Estos datos se procesan a través del análisis de varianza ANOVA detallado en la Tabla 19.

Tabla 19: Análisis de varianza ANOVA.

Problema	Suma de cuadrados (Entre grupos)	de gl (Entre grupos)	Media cuadrática (Entre grupos)	F	Sig.
Averías en las instalaciones	0.381	2	0.190	0.229	0.805
Métodos de trabajo inadecuado	0.381	2	0.190	0.571	0.605
Ausentismo, retrasos y ociosidades	0.381	2	0.190	0.571	0.605

Nota: Elaborado por autora en base al software IBM SPSS.

En la Tabla 19, se presentan los valores de F y p para cada factor, resaltando los puntos donde los efectos negativos son más pronunciados y requieren intervención. Estos hallazgos facilitan una planificación enfocada en reducir las variaciones negativas mediante mejoras en el mantenimiento y ajustes en los procedimientos, con el fin de estabilizar el flujo de trabajo y maximizar la productividad en toda la planta.

1. Averías en las instalaciones: con un valor de F de 0.229, se nota que este factor no muestra una variabilidad considerable entre los grupos, lo que señala que, a pesar de ser un problema reconocido, no parece impactar de forma crítica la operación desde un punto de vista estadístico. No obstante, las averías continúan siendo una inquietud en cuanto a gastos operativos y pausas imprevistas, por lo que se requiere poner en

marcha un plan de mantenimiento preventivo para reducir su repercusión y asegurar una mayor disponibilidad de los equipos.

2. **Métodos de trabajo inadecuadas:** el valor de F es de 0.571, indicando que este problema no presenta una variabilidad considerable entre los grupos involucrados. A pesar de que este análisis no señala los métodos laborales como un problema apremiante, es aconsejable continuar con la optimización y normalización de los procedimientos operativos para garantizar que el personal mantenga prácticas eficaces y productivas, previniendo posibles problemas de congestión o ineficacias en el futuro.
3. **Ausentismo, retrasos y ociosidades:** este factor, con un valor de F de 0.571, tampoco muestra una diferencia significativa entre los grupos. A pesar de que no parece ser un inconveniente crucial en la operación actual, la falta de asistencia y los retrasos son elementos que pueden impactar la eficacia a largo plazo. Se aconseja continuar con la implementación de políticas que promuevan la puntualidad y el compromiso de los trabajadores.
4. **Análisis de correlación:** la Tabla 18 recopila la información recogida después de una semana de observación directa, con el objetivo de detectar los elementos que inciden en el proceso de producción de la compañía. En este periodo, se contabilizaron varios sucesos que afectan tanto la calidad laboral como la eficacia en las operaciones.

Dentro de los hallazgos, sobresale que se registraron 41 casos categorizados como "trabajo correcto", lo que evidencia que en múltiples ocasiones las tareas se finalizaron sin dificultades. No obstante, las "Averías en las instalaciones" registraron 46 eventos, estableciéndose como uno de los mayores impedimentos que obstaculizan la continuidad y el flujo del proceso de producción. Este descubrimiento indica un sector crucial que necesita atención inmediata para reducir el efecto adverso en el desempeño global.

Tabla 20: Criterio de fiabilidad de correlación.

R	Descripción
1	Correlación perfecta
$0.8 < r < 1$	Correlación muy alta
$0.6 < r < 0.8$	Correlación alta
$0.4 < r < 0.6$	Correlación moderada
$0.2 < r < 0.4$	Correlación baja
$0 < r < 0.2$	Correlación muy baja
$r = 0$	Correlación nula

Nota: Elaborado por la autora basado en (Rodríguez & Reguant Alvarez, 2020).

La Tabla 20, presenta los niveles de confiabilidad de la correlación. Estos intervalos facilitan el análisis del nivel de correlación entre dos variables en un estudio de correlación. La tabla categoriza los valores de r (coeficiente de correlación) desde 1, que señala una correlación perfecta, hasta 0, que muestra una correlación cero, lo que significa que no existe ninguna relación entre las variables.

Cada rango posee una interpretación particular, tal como se explica a continuación: los valores entre 0.8 y 1 representan una correlación sumamente alta, en cambio, los valores entre 0.6 y 0.8 señalan una correlación elevada. Los rangos más bajos, como los comprendidos entre 0.2 y 0.4, reflejan una correlación baja, y por debajo de 0.2 la correlación es muy baja o nula. Estos rangos son esenciales para evaluar la fuerza de la relación en estudios estadísticos, ayudando a comprender la interacción entre las variables analizadas.

Correlación de Pearson.

La correlación de Pearson es una medida estadística que indica la relación lineal entre dos variables cuantitativas. Su valor varía entre -1 y 1, en el que un valor próximo a 1 señala una correlación positiva intensa (esto es, cuando una variable se incrementa, la otra tiende a reducirse), mientras que un valor próximo a -1 sugiere una correlación negativa (cuando una variable se incrementa, la otra suele reducirse). Un resultado de 0 significa que no existe correlación lineal entre las variables. Esta medida resulta beneficiosa para detectar patrones y vínculos en los datos, simplificando el entendimiento de cómo pueden estar vinculados los cambios en una variable con los de otra, aspecto crucial en investigaciones de regresión y predicción. En la Tabla 21 se describen los hallazgos de la correlación entre las variables.

Tabla 21: Resultados de correlación de Pearson.

Problema	Averías en las instalaciones	de	Métodos de trabajos inadecuados	Ausentismo, retrasos y ociosidades
Averías en las instalaciones	Correlación de Pearson: 1.000 Sig. (bilateral): - N: 7		Correlación de Pearson: -0.283 Sig. (bilateral): 0.538 N: 7	Correlación de Pearson: 0.311 Sig. (bilateral): 0.497 N: 7
Métodos de trabajos inadecuados	Correlación de Pearson: -0.283 Sig. (bilateral): 0.538 N: 7	de	Correlación de Pearson: 1.000 Sig. (bilateral): - N: 7	Correlación de Pearson: -0.679 Sig. (bilateral): 0.093 N: 7
Ausentismo, retrasos y ociosidades	Correlación de Pearson: 0.311 Sig. (bilateral): 0.497 N: 7	de	Correlación de Pearson: -0.679 Sig. (bilateral): 0.093 N: 7	Correlación de Pearson: 1.000 Sig. (bilateral): - N: 7

Nota: Elaborado por la autora en base al software IBM SPSS.

El análisis de los resultados de correlación que se muestra en la Tabla 21 de correlaciones revela relaciones clave entre los problemas laborales analizados. En primer lugar, se identifica una correlación positiva moderada entre las averías en las instalaciones y el ausentismo, los retrasos y la ociosidad del personal ($r = 0.311$, Sig. = 0.497). Esto indica que, aunque no es estadísticamente significativa, existe una tendencia en la que las fallas en las instalaciones podrían estar relacionadas con tiempos de inactividad, posiblemente debido a la interrupción de las actividades regulares del personal.

Por otro lado, se observa una correlación negativa débil entre las averías en las instalaciones y los métodos de trabajos inadecuados ($r = -0.283$, Sig. = 0.538). Este resultado sugiere que no hay una relación directa entre estos factores, aunque las averías podrían contribuir de manera marginal a pequeñas pérdidas en la eficiencia operativa.

En relación con los métodos de trabajos inadecuados, hay una correlación negativa moderada con el ausentismo, los retrasos y la ociosidad ($r = -0.679$, Sig. = 0.093). Si bien no alcanza significancia estadística, esta tendencia indica que métodos ineficientes pueden estar relacionados con tiempos de inactividad, lo que resalta la necesidad de prestar atención a la calidad de los procedimientos laborales.

Finalmente, las averías en las instalaciones también presentan una correlación negativa débil con los métodos de trabajos inadecuados ($r = -0.283$, Sig. = 0.538). Esto refuerza la idea de que las averías no están estrechamente vinculadas a la manera en que se ejecutan las tareas diarias, aunque optimizar la infraestructura podría tener un impacto indirecto en la eficiencia operativa.

Comprobación de hipótesis

La correlación de Pearson es un instrumento estadístico empleado para evaluar la conexión entre dos variables continuas, valorando tanto el sentido como la intensidad de dicha relación. En esta investigación, se ha utilizado para examinar los principales problemas que impactan el rendimiento de la compañía, tales como las fallas en las instalaciones, los métodos de trabajo ineficientes y la falta de asistencia ociosa. Este análisis nos ha permitido identificar las áreas críticas que necesitan mejoras para optimizar la productividad.

Según (Santabarbara, 2019) la correlación de Pearson se basa en los datos obtenidos de una muestra, y su valor refleja cómo estas variables se relacionan entre sí dentro del mismo conjunto de casos. Se verificó la fiabilidad de los datos antes de aplicar el coeficiente, garantizando la precisión de los resultados obtenidos.

En este contexto, se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (Ho):

Los elementos detectados no influyen de manera notable en la productividad de la compañía, por lo que no sería imprescindible aplicar un plan de mejora específico.

Hipótesis alternativa (Ha):

Los elementos detectados impactan de forma considerable en la productividad de la compañía, por lo que resulta esencial implementar un plan de mejora.

Para verificar estas hipótesis, se empleó el programa IBM SPSS Statistics, y el análisis de correlación de Pearson permitió determinar si hay una correlación relevante entre las variables analizadas. Este análisis nos ayudará a determinar si es necesario tomar medidas para mejorar la eficiencia y productividad dentro de la empresa. La autora Santabarbara, (2019) recomienda interpretar los resultados de la correlación de Pearson según los siguientes rangos detallados en la Tabla 22.

Tabla 22: Rangos de la correlación en los factores más críticos.

Rango de valores		Interpretación
$0.00 \leq r$	< 0.10	Correlación nula
$0.10 \leq r$	< 0.30	Correlación débil
$0.30 \leq r$	< 0.50	Correlación moderada
$0.50 \leq r$	< 1.00	Correlación fuerte

Nota: Elaborado por la autora basado en Santabarbara, (2019)

En la Tabla 22 se presenta la interpretación de diferentes rangos de valores de correlación r , de 0.00 a 0.10 indica una correlación nula, 0.10 a 0.30 sugiere una correlación débil, los valores de 0.30 a 0.50 reflejan una correlación moderada, mientras que de 0.50 a 1.00 indica una correlación fuerte evidenciando la relación entre variables.

Resultados de la correlación

La Tabla 23 presenta los coeficientes de correlación obtenidos a través del programa IBM SPSS, que ilustran las conexiones lineales entre las variables estudiadas en la investigación. Estos coeficientes facilitan la identificación de la intensidad y orientación de las conexiones entre pares de variables, ofreciendo una perspectiva nítida de su interacción mutua. Un coeficiente positivo alrededor de 1 señala una relación directa y significativa, en la que el crecimiento de una variable se relaciona con un aumento de otra; por otro lado, un coeficiente negativo alrededor de -1 muestra una relación inversa, en la que el aumento de una variable se relaciona con la reducción de la otra; por otro lado, un coeficiente negativo alrededor de -1 muestra una relación inversa, en la que el incremento de una variable se relaciona con la reducción de la otra.

Tabla 23: Correlación de Pearson.

Problema	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	N
Averías en las instalaciones	0.311	0.497	7
Métodos de trabajos inadecuados	0.417	0.352	7
Ausentismo, retrasos y ociosidades	-0.458	0.301	7

Nota: Elaborado por la autora en base al software IBM SPSS.

El estudio de correlación de la Tabla 23 muestra la conexión entre las fallas en las instalaciones y el ausentismo, demoras y ociosidades, presentando un coeficiente de Pearson de 0.311, lo que señala una relación mínima entre estas dos variables. Con un valor de significancia $p = 0.497$, no se llega al nivel de significancia requerido para determinar una correlación de significación estadística entre ambas. Por lo tanto, a pesar de que hay una ligera correlación positiva, esta no es definitiva.

Por otro lado, el análisis entre los malos métodos de trabajo y el ausentismo, retrasos y ociosidades arrojó un coeficiente de Pearson de -0.458, lo que indica una correlación negativa moderada. Esto indica que conforme se deterioran los métodos laborales, se incrementa la falta de asistencia y la ociosidad. Se sustenta en un valor de significancia de $p = 0.301$, que no llega a un nivel de significancia estadísticamente significativo.

Con base en estos resultados, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), lo que implica que los factores de averías en las instalaciones, métodos de trabajo inadecuados y ausentismo, retrasos y ociosidades están relacionados con la productividad de la empresa. Aunque las correlaciones no son altamente significativas, se observa una tendencia que justifica la necesidad de implementar mejoras en estas áreas para optimizar los procesos dentro de la empresa.

3.2.8. Mejorar.

Una vez analizado los datos de factores que afectan a la productividad y validar la incidencia que tienen en el desempeño de la fábrica, en esta cuarta etapa de la metodología lean six sigma se desarrollan estrategias y soluciones que contrarresten al problema planteado, a través de las herramientas de lean manufacturing se mitigará los factores que afectan a la productividad de la empresa para obtener mejoras significativas en el proceso, en la Tabla 24 se describe los factores identificados junto a la descripción del problema identificado y que herramientas se sugiere implementar.

Tabla 24: Herramientas para optimizar la productividad.

	Factor	Problema Identificado	Herramienta	Frecuencia	Ponderación
1	Averías en la instalación.	Reparaciones repetitivas en las maquinarias .	TPM	92	38.98%
2	Métodos de trabajo inadecuado.	Tiempo de espera en almacenamiento de tolvas previo al envasado y falta de coordinación de operarios.	TPM y 5s	76	32.20%
3	Ausentismo, retrasos y ociosidades.	Personal en espera para llevar fardos al almacenamiento y puestos rotativos.	5S	68	28.81%

Nota: Elaborado por la autora.

Los problemas identificados en la Tabla 24 reflejan la frecuencia de aparición observada en estudios previos junto a su valor porcentual correspondiente, los tres principales factores que afectan a la productividad son, en primer lugar las averías en las instalaciones que representan el 38.98% de la incidencias, en segundo lugar los métodos de trabajo inadecuado que afectan en 23.20% estos están relacionados con el ausentismo, retrasos y ociosidades que impactan en un 28.81%, estos tiempos de inactividad son provocados por paradas inesperadas de las maquinarias. Para enfrentar estos retos, el libro de ingeniería industrial propone: El análisis temporal y la fabricación ágil proponen la implementación de herramientas de lean manufacturing, como el mantenimiento productivo total (TPM) y las 5s.

Estas herramientas son relevantes debido a su capacidad de mejorar la eficiencia operativa y minimizar los desperdicios. El TPM se enfoca en maximizar la disponibilidad de los equipos mediante un enfoque proactivo en el mantenimiento lo que permitirá reducir averías. Por otra parte, las 5s es una herramienta que promueve y optimiza el espacio de trabajo en el estudio se requiere aplicarlo en el área de envasado y enfardado, con el fin de contribuir a mejores métodos de trabajo y disminuir tiempos de espera. La aplicación de ambas herramientas ofrece un enfoque integral para enfrentar los problemas de productividad.

Mejorar: Herramienta 5s.

Evaluación 5S.

La valoración de las 5S es un procedimiento organizado que evalúa el nivel de aplicación de cada uno de los principios de la metodología 5S en un ambiente laboral. Esta metodología, procedente de Japón, se enfoca en cinco aspectos fundamentales: según el artículo de Shahriar et al., 2022, se definen como: seiri (clasificación), seiton (orden), seiso (limpieza), seiketsu (estandarización) y shitsuke (disciplina). Cada uno de estos componentes aspira a generar un lugar de trabajo ordenado, limpio y eficaz, lo que simplifica las tareas cotidianas y disminuye los residuos (Manzanares-Cañizares et al., 2022). En estos escenarios, la evaluación inicial posibilita determinar el grado de cumplimiento en cada etapa, estableciendo cuánto se alinea el equipo con los estándares esperados y dónde hay posibilidades de mejora.

Mediante la valoración de las 5S, se puede adquirir una perspectiva nítida de las fortalezas y debilidades en el entorno laboral. Por ejemplo, al analizar seiri, se verifica si se están suprimiendo componentes superfluos, mientras que en seiton se evalúa el grado de organización del equipo y los materiales. seiso se enfoca en los niveles de limpieza, asegurando que el espacio esté libre de residuos y en condiciones óptimas para trabajar. En seiketsu, se verifica si las prácticas de limpieza y organización se han estandarizado, es decir, si se han convertido en una rutina para todos los empleados. Finalmente, shitsuke evalúa la disciplina, o el compromiso del equipo con la metodología, para garantizar la sostenibilidad de las 5S en el largo plazo.

Esta valoración evalúa la conformidad técnica y contribuye a robustecer la cultura de la organización al involucrar de manera activa a todos los trabajadores en el proceso de mejora constante. Al poner en práctica y valorar las 5S, el equipo fomenta costumbres de orden y limpieza que influyen de manera positiva en la productividad y seguridad en el entorno laboral. Además, el proceso de evaluación facilita la identificación de áreas de oportunidad y la organización de acciones correctivas, promoviendo un entorno de trabajo donde cada integrante tiene responsabilidad por el orden y la eficacia del espacio, aportando de esta manera a un ambiente más cooperativo y profesional.

La implementación de esta filosofía se basa en una evaluación exhaustiva de las observaciones previamente realizadas, mediante un checklist detallado en el anexo G que ha permitido identificar diversos inconvenientes en el área de enfardado y envasado hacia la bodega. Según la Tabla 25 a través del resumen inicial estos problemas serán abordados aplicando la metodología 5S, con el objetivo de optimizar la organización, limpieza y

eficiencia operativa. Esta metodología proporcionará un marco estructurado para mejorar las condiciones del área de trabajo y aumentar la efectividad en las operaciones.

Tabla 25: Resumen de evaluación inicial 5s.

	INICIAL	Puntaje	%
1	SEIRI (Clasificar).	2.40	48.00%
2	SEITON (Ordenar).	2.60	60.00%
3	SEISO (Limpiar).	3.20	64.00%
4	SEIKETSU (Estandarizar).	2.40	48.00%
5	SHITSUKE (Disciplina).	3.00	44.00%
Calificación promedio de auditoría		2.72	52.80%

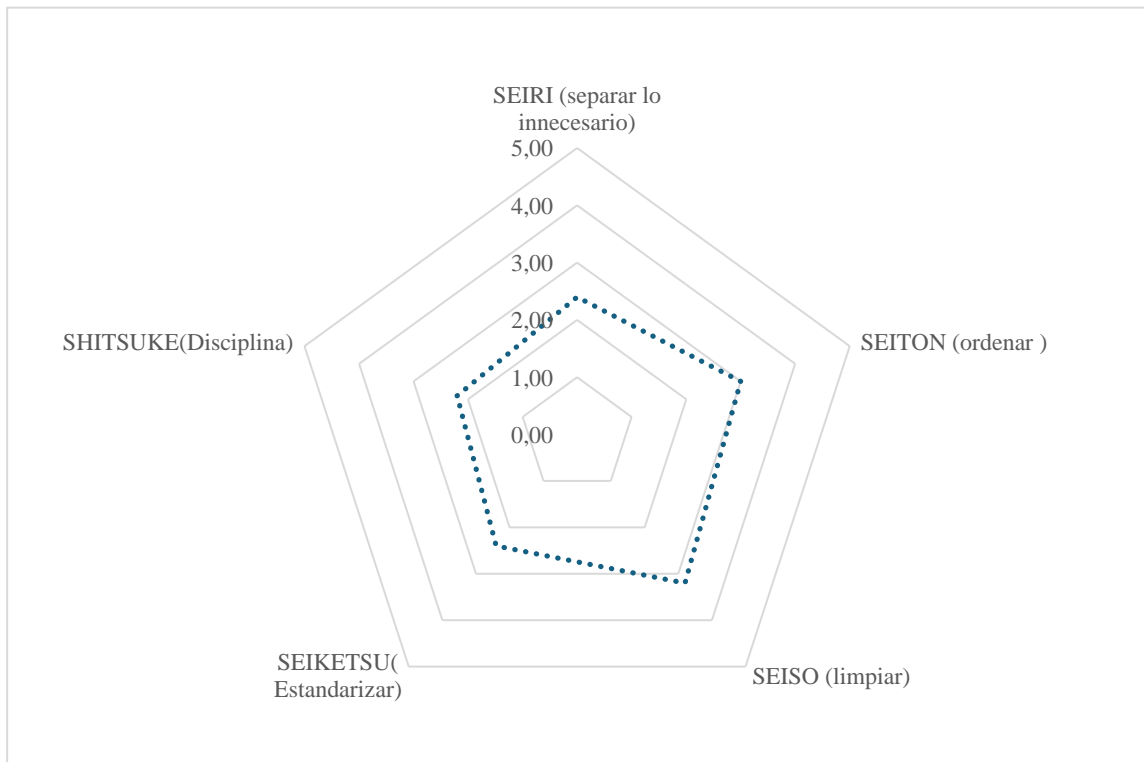
Nota: Elaborado por la autora.

En base a los datos expuestos con anterioridad en la Tabla 25 se evidencian los porcentajes de cumplimiento de las 5s en el área de envasado-bodega en la refinación de sal a través de la evaluación por categoría se identifica que el cumplimiento de clasificar se pondera con un 48% indicando que existe un esfuerzo en identificar y eliminar elementos innecesarios como los fardos defectuosos que quedan apilados a un costado luego del envasado, la participación limitada del personal en separar insumos útiles y desechos debido a la ausencia del registro y documentación de los artículos del área, mientras que en el ordenar con el 52% la disposición de materiales no está organizados de forma efectiva teniendo pallets y fardos debido a que tienen una ubicación preliminar y cotidiana pero no está señalizada lo mismo sucede con las herramientas que no hay un registro de quien las usa por lo que se han presentado pérdidas.

Por otra parte, limpiar con el 64% determina el puntaje mayor de la evaluación determinando la consistencia en la practicas de limpieza con oportunidades de mejora en la determinación de roles de limpieza, el procedimiento es empírico por lo que se requiere establecer un protocolo de seguimiento para el personal, en cuanto a la categoría de estandarización el índice de cumplimiento es de 48% menor a toda la auditoria debido a que los procedimientos no están definidos esto contribuye a confusiones y errores operativos adicional los procesos están documentados pero tienen un acceso limitado al personal, además las auditorias no son regulares para evidenciar el cumplimiento de las 3s anteriores, finalmente la disciplina con el 44% refleja una baja adherencia a las prácticas de mejora continua, debido no existen capacitaciones regulares al personal que puede afectar al sistema al no implementar la cultura de las 5s.

La Figura 19 complementa la información de la Tabla 25 a través de un gráfico radial que ilustra de manera efectiva el nivel inicial de las 5s en la empresa, a su vez proporciona una representación visual, clara y concisa de los distintos indicadores evaluados para facilitar la interpretación de los datos a su vez contribuye a un análisis más profundo para tomar decisiones sobre futuras acciones y estrategias de mejora continua.

Figura 19: Diagrama radar 5s actual.



Nota: Elaborado por la autora.

Con lo expuesto con anterioridad en la Figura 19 se revela que SEISO se destaca con un 64% indicando un buen nivel de limpieza en el área estudiada, no obstante, se muestran debilidades significativas, como lo es SEIRI y SEIKETSU, sugiere que hay elementos innecesarios y falta de procedimientos claros, mientras de SEITON alcanza un 60% indicando que existe un margen de mejora para la organización, sin embargo el área más crítica es SHITSUKE que evidencia una carencia de compromiso en la aplicación de las 5s, destacando la necesidad de fomentar una cultura de responsabilidad a su vez desarrollar un plan de acción enfocado a la mejora continua de cada área.

Clasificar- Seri.

En el área de envasado y enfardado, la primera “S” esta direccionada a erradicar materiales o herramientas innecesarias. Se debe clasificar y sacar objetos que no aportan

o añaden valor al proceso, de esta forma se podrán optimizar espacios, tiempo y aportar a la mejora de la eficiencia de la empresa. Se constató la presencia de empaques defectuosos, herramientas duplicadas y materiales en desuso almacenados en áreas clave del proceso. Estos elementos estaban generando obstrucciones y dificultando la fluidez del trabajo, lo que evidencia la necesidad de aplicar esta etapa de clasificación para reorganizar los recursos y liberar espacios útiles.

Es necesario identificar los objetos o materiales innecesarios mediante una herramienta que otorga información clave para clasificarlos, la Figura 20 muestra el modelo sugerido de diseño de la tarjeta roja para emplear de acuerdo con las especificaciones requeridas de esta forma tener un mejor manejo y control de los insumos con el fin de separar lo innecesario a su vez detallar que acciones tomar.

Figura 20: Tarjeta Roja.

TARJETA ROJA						
N°			RESPONSABLE			
FECHA			VIGENCIA			
AREA						
DESCRIPCIÓN DE ARTICULO						
Categoría	Herramienta		Razon de la tarjeta	Innecesario		
	Materia Prima					
	Material			Defectuoso		
	Maquinaria					
	Producto terminado				Obsoleto	
	EPP					
	Otros				Otros	
Accion Sugerida						
Eliminar			Reciclar			
Reubicar			Reparar			
Donar a otra área			Otros			
Observaciones						

Nota: Elaborado por la autora.

Diversos ítems como categoría, razón de tarjeta y acción sugerida se detallan en la aplicación de la tarjeta roja tal como se ilustra en la Figura 20, a través de estos rubros se establece un marco claro para identificar y clasificar insumos innecesarios en el puesto de trabajo, la categoría permite agrupar los elementos según su tipo o función, la razón de la tarjeta proporciona un contexto específico sobre por qué cada ítem ha sido marcado como no apto lo que ayuda a los operarios comprender la importancia de mantener el espacio despejado, finalmente la acción sugerida ofrece directrices claras sobre cómo proceder con los elementos clasificados ya sea a través de su eliminación, reciclaje o reubicación. Dentro del área de enfardado y bodega en el proceso de la “Sal de Mesa de 500g” se identifican los elementos detallados en la Tabla 26

Tabla 26: *Artículos del área de envasado y enfardado.*

Nº	ARTICULO	CANTIDAD
1	ROLLO DE FARDOS (30KG)	1
2	ROLLOS ENVASE PRIMARIO (20KG)	4
3	PALLETS MADERA	6
4	HERRAMIENTAS (VARIAS)	5

Nota: Elaborado por la autora.

En la Tabla 26, se enlistan los materiales y herramientas clave empleados en la producción de lotes del producto analizado. Estos artículos incluyen un rollo de fardos de 30 kg, cuatro rollos de envase primario de 20 kg, seis pallets de madera y diversas herramientas que permiten realizar las tareas de manera eficiente y organizada.

Dentro de las herramientas específicas se encuentran elementos esenciales como juegos de llaves hexagonales, alicates planos, cortafríos, multímetros y cables, cada uno de los cuales cumple un rol particular en el proceso de enfardado. Por ejemplo, el uso de juegos de llaves hexagonales simplifica la sincronización de componentes y maquinaria, mientras que el cortafrío y el alicate plano posibilitan la realización de cortes exactos y el manejo seguro de materiales. El multímetro, esencial en labores de comprobación eléctrica, garantiza el correcto funcionamiento de todos los aparatos antes de iniciar el procedimiento.

La correcta provisión y disposición de estos productos en el espacio laboral aporta considerablemente a la eficacia del proceso productivo, dado que permite un acceso ágil y ordenado a cada material o herramienta. La existencia de pallets de madera también facilita un manejo seguro y eficaz de los lotes de productos, mejorando el tránsito de materiales hacia el almacén y reduciendo la posibilidad de daños o demoras.

En el proceso de producción en esta zona, a veces algunos fardos y rollos muestran imperfecciones y requieren ser eliminados. Estos elementos se acumulan de manera temporal en una esquina del espacio hasta el final del día, generando un ambiente desordenado en el que se combinan elementos útiles con residuos. Para mejorar la estructura, se sugiere establecer un sistema de categorización para estos plásticos defectuosos, lo que facilitará su eliminación o reciclaje de manera organizada. Además, se aconseja reunir todas las herramientas en un contenedor común, descartando las herramientas flojas que actualmente están dispersas en una mesa. Esta modificación permitiría su almacenaje en un lugar concreto, aportando a un lugar de trabajo más organizado y eficaz.

La Tabla 27 detalla las acciones para categorizar y ordenar los elementos en el sector de embalaje y enfardado. Se ha establecido que, para el rollo de fardos de 30 kg, los desechos plásticos deben ser identificados con una "tarjeta roja" para su eliminación, mientras que los fardos y rollos en óptimas condiciones deben ser ordenados de manera apropiada. Esto facilitará una distinción precisa entre materiales valiosos y residuos.

Respecto a los rollos de envase primario de 20 kg, se aconseja ordenar aquellos que se encuentran en excelente estado, permitiendo un acceso rápido y seguro durante el proceso de producción. Se determina que los pallets de madera deben ser ordenados y los que están deteriorados deben ser removidos o restaurados, lo que contribuirá a mantener el espacio libre de componentes defectuosos. En relación con las distintas herramientas, la propuesta es moverlas a otra zona y agruparlas en una caja específica. Esta acción previene su dispersión y promoverá el control y orden en el área laboral, asegurando que cada herramienta esté a disposición y al alcance cuando se requiera.

Tabla 27: Acciones propuestas SEIRI.

Nº	ARTICULO	ACCION A IMPLEMENTAR
1	ROLLO DE FARDOS (30KG)	Los residuos de plástico (tarjeta roja y eliminarlos) / Organizar fardos y rollos en buen estado.
2	ROLLOS ENVASE PRIMARIO (20KG)	
3	PALLETS MADERA	Organizar / Eliminar o arreglar defectuosos.
4	HERRAMIENTAS (VARIAS)	Colocar en otra area / organizar en la caja.

Nota: Elaborado por la autora.

De acuerdo con la Tabla 27, los fardos en óptimas condiciones y preparados para su uso deben ser ordenados correctamente, mientras que los fardos deteriorados deben ser categorizados para su eliminación. Es necesario ordenar y descartar los pallets de madera

que han finalizado su vida útil, dado que sus astillas podrían perjudicar el producto al situarlo en ellos. Respecto a las herramientas, se aconseja colocarlas en otra zona para prevenir distracciones y posibles malentendidos entre los trabajadores, asegurando de esta manera un ambiente laboral más organizado y eficaz.

Ordenar- Seiton.

Tras implementar la primera S y contar únicamente con los materiales requeridos en el lugar de trabajo, se propone un procedimiento que facilitará la organización eficaz del área. Este procedimiento, fundamentado en la evaluación inicial, se centra en satisfacer los parámetros de orden, definiendo posiciones concretas para cada elemento bajo el lema "un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio".

Así, cada instrumento, material y equipo contará con una localización asignada, lo que simplificará el acceso inmediato y disminuirá los tiempos de búsqueda durante el día de trabajo. Esta entidad también ayuda a preservar un ambiente laboral seguro y operativo, en el que cada trabajador puede realizar sus labores con claridad y eficacia.

- Para una correcta organización del espacio laboral, se sugiere señalar de manera precisa las localizaciones de las zonas asignadas a los distintos elementos, tales como fardos, pallets, herramientas y maquinaria. Mediante el uso de etiquetas visibles, cada trabajador podrá determinar de forma rápida y exacta dónde ubicar y localizar cada objeto, disminuyendo los tiempos de búsqueda y optimizando el proceso de trabajo. Este sistema de rotulación garantiza que cada componente esté en su posición correspondiente, previniendo malentendidos y preservando el orden en el área de producción.
- El uso de herramientas que son necesarias ante cualquier eventualidad en el área de enfardado y envasado para mantener el orden se propone la bitácora del uso de herramientas con el registro solo nombre de operario que la tome, y una firma para evitar pérdidas de tiempo cuando el uso de la herramienta es urgente. En la Figura 21 se detalla la ficha de información del uso de las herramientas.

Un ambiente ordenado no solo incrementa la seguridad en el trabajo al reducir los riesgos de incidentes, sino que también optimiza la ergonomía del espacio, lo que conlleva un mayor confort para los empleados. La disposición ordenada de los materiales disminuye la necesidad de movimientos superfluos y disminuye las posturas incómodas, lo que favorece la prevención de lesiones.

Limpiar - Seiso.

La tercera S se enfoca en la higiene de los lugares de trabajo, lo cual es crucial para preservar un entorno de trabajo ordenado y eficaz. Seiso implica definir normas de limpieza y orden que cada trabajador debe acatar, mediante procesos concretos para equipos y herramientas para garantizar la calidad de los procesos. Aunque la empresa presenta un porcentaje aceptable en esta área es vital continuar mejorando para alcanzar niveles óptimos e ideales de limpieza.

En la Tabla 28 se registra la frecuencia de limpieza que se propone implementar en la planta, abarcando diversas tareas, a través de la clasificación de actividades diarias, semanales y mensuales con el fin de mantener un entorno de trabajo higiénico y seguro que garantice la calidad del producto.

Tabla 28: Frecuencia de limpieza.

FRECUENCIA	ACTIVIDADES DE LIMPIEZA
DIARIA	SUPERFICIE DE TRABAJO, SUELO, HERRAMIENTAS
SEMANAL	MAQUINARIAS (ENVASADO Y ENFARDADO)
MENSUAL	REVISIONES DE FILTROS DE AIRE

Nota: Elaborado por la autora.

En base a lo mencionado en la Tabla 28 se presenta la programación de limpieza que se plantea llevar a cabo en la planta con acciones específicas para cada periodo de tiempo, las actividades diarias ayudan a prevenir la acumulación de residuos y contaminantes; en cuanto a las actividades semanales esta direccionada a las maquinarias para garantizar su funcionamiento y prolongar su vida útil, finalmente las actividades mensuales están enfocadas a la limpieza interna de la maquinaria específicamente en revisiones de filtros de aire para prevenir contaminación del producto a su vez refleja el compromiso con las buenas prácticas de higiene lo que es vital en la industria alimentaria.

Para gestionar la limpieza en el área de enfardado y envasado, se ha diseñado un registro detallado, ilustrado en la Figura 22, que permite documentar de manera sistemática todas las actividades de limpieza realizadas. Este registro no solo garantiza

que se cumplan los protocolos establecidos, sino que también refuerza el compromiso con altos estándares de higiene.

Esta herramienta establece pautas claras y consistentes para el mantenimiento del orden y la limpieza en el espacio de trabajo, asegurando un entorno más seguro y eficiente. Además, su implementación fomenta una cultura de calidad y responsabilidad entre los empleados, promoviendo hábitos de trabajo enfocados en la pulcritud. La documentación sistemática ayuda a prevenir riesgos asociados con la falta de higiene y desorden, al tiempo que optimiza los procesos de producción.

Figura 22: Registro de Limpieza.

 REGISTRO DE PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA		AREA
		ENVASADO Y ENFARDADO
OPERARIO		FECHA
TIPO DE LIMPIEZA		
DIARIA	SUPERFICIE DE TRABAJO, SUELO, HERRAMIENTAS	
SEMANAL	MAQUINARIAS (ENVASADO Y ENFARDADO)	
MENSUAL	REVISIONES DE FILTROS DE AIRE	
CANTIDAD	RECURSOS A EMPLEAR	
	ESCOBAS O TRAPEADORE	
	FRANELAS O TOALLAS	
	PRODUCTOS DE LIMPIEZA	
	GUANTES	
	MASCARILLAS	
	TOALLAS	
	OTROS	
OBSERVACIONES		

Nota: Elaborado por la autora.

El registro de limpieza de la Figura 22 incluye información como fecha, responsable, checklist de tarea e insumos a emplear, además un espacio de observaciones en caso de requerir añadir otro detalle en la operación, la implementación de este registro contribuye a mantener un ambiente de trabajo higiénico y ordenado, esencial para garantizar la calidad del producto.

Limpiar todos los artículos y el área de trabajo es esencial para mantener los espacios, equipos y herramientas en condiciones adecuadas para su uso inmediato, mediante el fomento de una cultura de limpieza entre los operarios, promoviendo la responsabilidad individual en sus respectivos puestos de trabajo a través de prácticas diarias, el fin de estas acciones es garantizar que los espacios y herramientas estén siempre listos para su uso, mantener un entorno agradable para los clientes y cultivar un sentido de responsabilidad entre el personal, lo que contribuye a la calidad del trabajo.

Estandarizar – Seiketsu.

La fase de estandarizar asegura que los logros alcanzados en las primeras “s” se mantengan de manera efectiva y constante, a través de procedimientos y practicas consistentes que garanticen el orden y limpieza, mediante capacitaciones periódicas para asegurar que el personal comprenda y aplique los procedimientos planteados, el propósito de la estandarización es crear un entorno sostenible y eficiente; asegurando la optimización de procesos dentro de la empresa. Para la compañía estudiada, se observó una falta de uniformidad en la implementación de las prácticas de orden y limpieza, con áreas donde no se cumplían reglas claras en la disposición de herramientas y recursos. Además, no se disponía de registros consistentes que garantizaran que las tareas de mantenimiento y organización se realizaran de acuerdo con lo planificado, lo que subrayó la necesidad de establecer procedimientos estandarizados y capacitar al personal para asegurar su cumplimiento. Los siguientes estándares se proponen para tratar estas carencias y fortalecer un ambiente de trabajo más organizado y eficaz:

1. Asignar roles y responsabilidades: asignar roles y responsabilidades implica definir claramente quien es el responsable de cada tarea relacionada con el orden y limpieza, a través de una lista de responsabilidades que detalle las funciones de cada operario que a su vez estén informados de sus roles y comprendan la importancia de cumplir con aquello; de esta forma las tareas serán atendidas de forma adecuada y eficaz.
2. Documentación de procedimientos: la documentación de procedimientos es fundamental para crear y mantener documentos que detallen todos los procedimientos estandarizados de limpieza y mantenimiento, mediante guías manuales con el propósito de tener un seguimiento efectivo de las actividades mejorando su trazabilidad.

3. Supervisiones periódicas: estas supervisiones consisten en realizar auditorías y revisiones regulares para verificar el cumplimiento de los procedimientos estandarizados, a través de una programación en un lapso de 3 meses en el que se inspeccione con regularidad el área de trabajo.

Disciplina - Shitsuke.

La quinta "S" se incorporó a la estandarización para su aplicación en las actividades cotidianas de la planta, subrayando la relevancia de las 5S. Este último pilar se enfocó en un cambio cultural, buscando que la clasificación, el orden y la limpieza se transformaran en hábitos profundamente arraigados entre los trabajadores, considerándolos como elementos indispensables en el ambiente laboral. En la situación actual de la empresa, se identificó que estas prácticas no están completamente interiorizadas por el personal, ya que, aunque se realizaron esfuerzos iniciales para implementar las primeras etapas de las 5S, no se han mantenido de forma consistente.


Se notó una ausencia de compromiso de ciertos empleados en el seguimiento de las rutinas de orden y limpieza, lo que ha originado zonas donde el desorden persiste y pone en riesgo la eficacia del procedimiento.

La disciplina se fundamentó en la dedicación de los empleados hacia el cambio, la participación de todos los trabajadores y el fomento de una cultura de responsabilidad colectiva, avalada por la dirección superior. El objetivo de esta fase final fue asegurar la sostenibilidad y el perfeccionamiento constante de las modificaciones aplicadas.

Para evaluar los resultados, se llevó a cabo una auditoría al concluir el plan de implementación de las 5S, alineándose con la búsqueda constante de mejoras y la coherencia con las etapas anteriores, siempre bajo el apoyo y la supervisión de la alta dirección.

De esta forma se plantea un programa capacitación detallado en la Tabla 29, el constante aprendizaje es esencial para garantizar que todos los operarios estén al tanto de las prácticas y procedimientos estandarizados; a través de sesiones de capacitación con actualizaciones periódicas para el personal de planta abordando temas de técnicas de limpieza y uso adecuado de herramientas esto permitirá que se el cumplimiento de lo planteado con anterioridad.

Tabla 29: Plan de capacitación: Metodología 5s.

		FAMOSAL S.A.			Elaborado por:	
					Revisado por:	
PLAN DE CAPACITACION PARA OPERARIOS: METODOLOGIA 5S						
DIA	TEMA	OBJETIVO	ACTIVIDAD	DURACION	RECURSOS	RESPONSABLE
1	Introducción de metodología 5s	Conocer el concepto de las 5s a través de material digital para entender su importancia en la mejora del entorno laboral.	Dinámicas grupales: Identificación y reflexión del estado actual del área de trabajo.	2 horas	Diapositivas, Folletos informativos y didácticos.	Capacitador
2	Seiri (Clasificar)	Aprender a clasificar materiales mediante un taller practico para eliminar lo innecesario y facilitar el acceso a lo esencial.	Explicación de Seiri y Taller practico: a través de recursos didácticos luego pasar a la realidad con recursos del área de trabajo.	2 horas	Etiquetas, cajas, legos, modelo de tarjeta roja, folletos informativos y didácticos	Capacitador
3	Seiton (Ordenar)	Aprender a organizar el area de trabajo realizando un ejercicio de diseño del espacio para mejorar la eficiencia y flujo de trabajo.	Explicación de Seiton y Taller practico: crear un plano área de trabajo y proponer nuevo orden.	2 horas	Papelógrafos, marcadores, cinta adhesiva, folletos informativos y didácticos.	Capacitador
4	Seiso (Limpiar)	Aprender a mantener la limpieza en el área de trabajo, a través de una jornada de limpieza en equipo para asegurar un ambiente de trabajo seguro y pulcro.	Explicación de Seiso y Taller practico: capacitación de los diversos tipos de limpieza y los recursos a emplear en el área, establecer responsabilidades .	2 horas	Productos de limpieza, folletos informativos y didácticos.	Capacitador

5	Seiketsu (Estandarizar)	Aprender a establecer y documentar estándares que mantengan el orden en el lugar de trabajo, mediante la creación de procedimientos, checklist, guías visuales para garantizar que los operarios sigan un enfoque uniforme promoviendo un entorno laboral eficiente	Explicación de Seiketsu y Taller Practico: guía de documentos de procesos, como seguir paso a paso para cumplir el objetivo y mantener las 3s anteriores	2 horas	Diapositivas, Folletos informativos didácticos y	Capacitador
6	Shitsuke (Disciplina)	Aprender a fomentar la autodisciplina y compromiso de todos los operarios con las 5s a través de la implementación de un sistema de seguimiento que realicen sesiones de retroalimentación para desarrollar hábitos de trabajo que perduren en los operarios	Explicación de Shitsuke y Taller Practico: los operarios documentan y comparten sus experiencias para mantener su disciplina en el cumplimiento de las 5s	2 horas	Diapositivas, Folletos informativos didácticos y	Capacitador
7	Evaluación	Evaluar el conocimiento y aplicación de las 5s a través de un examen práctico y teórico que mida la comprensión de habilidades para identificar el nivel de competencia adquiridas	Realizar un examen teórico y práctico en el área de trabajo observando la aplicación de las 5s	2 horas	Exámenes impresos, checklist de observación, materiales evaluativos	Capacitador

Nota: Elaborado por la autora.

Evaluación final.

La implementación de la metodología 5S busca proporcionar a la empresa una evaluación integral sobre el grado de cumplimiento y efectividad de cada una de sus etapas en el área de trabajo, como se detalla en el anexo H. Esta auditoría analiza elementos fundamentales como la organización, limpieza, estandarización y disciplina, con el objetivo de fomentar un entorno laboral más seguro, eficiente y bien estructurado.

Los resultados, resumidos en la Tabla 30, destacan los esfuerzos realizados por el equipo para incorporar prácticas que optimizan el uso del espacio y simplifican las tareas diarias. Además de reflejar los avances, la evaluación permite identificar áreas específicas que requieren atención y mejoras. Este enfoque ofrece una guía clara para reforzar la metodología 5S y garantizar su sostenibilidad en el tiempo, promoviendo una cultura organizacional basada en la mejora continua.

Tabla 30: Calificación final de auditoría 5S

	PROPUESTO	Cal fin	%
1	SEIRI (separar lo innecesario).	3.8	76.00%
2	SEITON (ordenar).	4.00	80.00%
3	SEISO (limpiar).	4.40	88.00%
4	SEIKETSU(Estandarizar).	3.40	68.00%
5	SHITSUKE(Disciplina).	3.60	72.00%
	Calificación promedio de auditoría.	3.84	76.80%

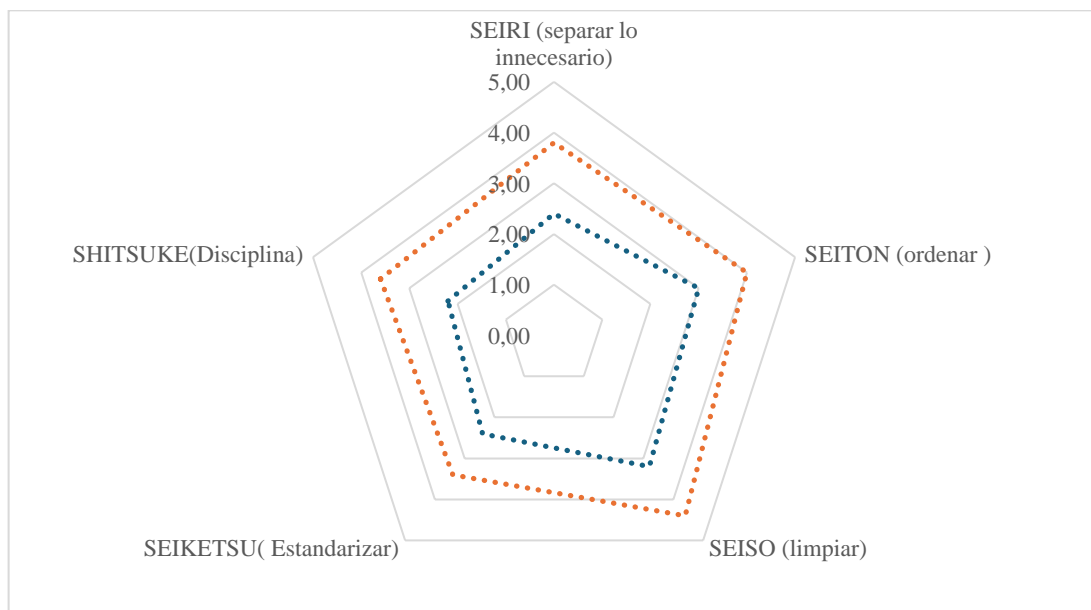
Nota: Elaborado por la autora.

La Tabla 30 refleja los resultados de la implementación de cada fase de la metodología 5S en el área evaluada en este caso la del enfardado y envasado. La fase seiso (limpiar) obtuvo la calificación más alta, con un puntaje de 4.40, lo que equivale a un 88% de cumplimiento. Este resultado indica que se han alcanzado altos estándares de limpieza y un entorno libre de residuos. La fase seiton (ordenar) también mostró un desempeño sobresaliente, con una calificación de 4.00 (80%), evidenciando una organización eficaz en el espacio de trabajo, facilitando el acceso y la disposición de herramientas y materiales.

Es importante recalcar que el área de evaluación se centra en el enfardado y envasado, ya que tanto el diagrama de flujo de procesos como el mapa de flujo de valor (VSM) identificaron problemas relacionados con la organización entre los operarios y dificultades para trasladar el producto al área de bodega. Estas situaciones aumentan el tiempo de ciclo y resaltan la necesidad de fortalecer las fases de clasificación y orden en esta sección del proceso, con el fin de optimizar los flujos internos y reducir los tiempos improductivos.

Respecto al seiri (separar lo innecesario), se obtuvo un 76%, evidenciando una eficiente gestión en la supresión de elementos superfluos para mejorar el área laboral. No obstante, seiketsu (estandarizar) y shitsuke (disciplina) consiguieron los puntajes más bajos, con un 68% y 72%, respectivamente, lo que señala áreas de mejora, en particular en la normalización de procedimientos y la promoción de costumbres disciplinarias en el equipo. El promedio global de la auditoría fue de 3.84, lo que equivale a un 76.80%, lo que evidencia un gran compromiso con la metodología 5S y una base firme para preservar un entorno laboral eficaz y ordenado, tal como se muestra visualmente en la Figura 23.

Figura 23: Diagrama radar 5s propuesto.



Nota: Elaborado por la autora.

La Figura 23 muestra el rendimiento de cada fase de la metodología 5S en el área que se evaluó. Cada punto en el diagrama simboliza el grado de implementación logrado en las cinco dimensiones. seiton (organizar), seiso (limpiar), seiketsu (estandarizar) y shitsuke (disciplina).

En la evaluación final, se observa que seiso (limpiar) mantiene un desempeño destacado con un valor de 4.40, evidenciando un entorno limpio y libre de residuos que favorece la operación. Seiton (ordenar) y seiri (separar lo innecesario) han logrado mejoras significativas en comparación con la evaluación inicial, alcanzando calificaciones de 4.20 y 4.00, respectivamente. Esto muestra un avance en la organización del espacio laboral y en la adecuada categorización y supresión de materiales superfluos, maximizando la utilización del espacio y simplificando las operaciones.

Los indicadores de seiketsu (estandarizar) y shitsuke (disciplina) muestran avances importantes en comparación con la evaluación inicial, alcanzando puntuaciones de 3.80 y 3.90. Sin embargo, todavía existen áreas donde se puede mejorar. La consolidación de los procedimientos estandarizados y el fortalecimiento de la disciplina del equipo son aspectos esenciales para asegurar que los beneficios de la metodología 5S perduren a largo plazo y se integren de manera natural en las operaciones diarias.

La correcta implementación de las 5S en el área evaluada no solo contribuye a mejorar el orden y la limpieza, sino que también impacta directamente en la eficiencia del proceso. Esto se traduce en una reducción del tiempo de ciclo y en una menor variabilidad en la productividad. De esta manera, se resuelven problemas como demoras o interrupciones, garantizando que el traslado de los fardos de sal de mesa de 500 g sea fluido y constante. Este enfoque permite un flujo de producción más estable y competitivo, beneficiando tanto al equipo de trabajo como a la organización en su conjunto.

Mejorar: Herramienta TPM.

El TPM es un método orientado a incrementar la eficacia de los equipos y minimizar las fallas en las instalaciones mediante un enfoque preventivo y de colaboración. Esta táctica, proveniente de Japón en los años setenta, ha sido ampliamente utilizada en las industrias manufactureras debido a su habilidad para evitar errores antes de que se transformen en paradas costosas o interrupciones en la producción. Involucra a todo el personal, desde operarios hasta directivos, en tareas de mantenimiento básicas, creando una cultura de responsabilidad compartida y mejora continua (Solís-Meza & Torres-Rodríguez, 2021)

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento por lo cual se presenta la propuesta del TPM dentro de la fábrica se plantea que se lleve a cabo a través de un procedimiento que inicia con la socialización y explicación del tema a la alta dirección así como comunicación a los operarios sobre la necesidad de poner en práctica esta herramienta en base a las necesidades de la fábrica, posteriormente se realiza el análisis correspondiente eficacia global de los equipos, se elaborará el inventario de las maquinarias, se detallará las fichas técnicas y se utilizará la matriz de análisis de modo de falla y efectos, en base a estos datos se registra la gama de mantenimiento de cada uno y se establece el cronograma de los planes de mantenimiento preventivo.

Se utilizará una Matriz de Análisis de Modo de Falla y Efectos (AMFE) para cada equipo, lo que facilitará la identificación de posibles fallos, las razones que los originan y sus impactos en el proceso de producción.

Con la información recabada de estas matrices, se establecerá un espectro de mantenimiento particular para cada maquinaria, especificando las acciones preventivas requeridas y su frecuencia. Finalmente, se definirá un calendario de mantenimiento preventivo, concebido para reducir las interrupciones en el proceso productivo, maximizar los recursos y asegurar la continuidad de las operaciones. La aplicación de estas herramientas asegurará un control más riguroso del estado de los equipos, reducirá tiempos de inactividad no programada y mejorará la eficiencia global de la producción.

Decisión y socialización con la dirección.

En reunión con la alta dirección e involucrados en el marco del proyecto six sigma, se presentó una propuesta para abordar el problema de la variabilidad en los procesos de producción, identificando que las averías en las instalaciones representan un factor clave que provoca paradas inesperadas de maquinarias. Durante la etapa de medición y análisis, se evaluó la posibilidad de introducir un plan fundamentado en los principios del mantenimiento productivo total (TPM) como una estrategia preventiva para abordar los problemas identificados y favorecer la continuidad operativa. Esta propuesta tiene como objetivo ofrecer una herramienta práctica que permita reducir las interrupciones en los procesos y optimizar la eficiencia en las operaciones.

Es importante aclarar que esta idea no implica la implementación inmediata del TPM, sino que plantea una alternativa viable que podría ser aplicada en el futuro, dependiendo de las necesidades y prioridades de la empresa. Valoramos la apertura de la dirección para analizar esta posibilidad y considerar su aprobación, lo cual representaría un paso importante hacia la mejora continua en la gestión de los procesos productivos.

Campaña de información.

Se realizó una campaña de información destinada a los trabajadores acerca de la propuesta aprobada por la dirección superior, centrada en la implementación del plan de mantenimiento productivo total (TPM). En la campaña, se detalló el objetivo del TPM y su relevancia para incrementar la eficacia de los procesos mediante la disminución de las paradas imprevistas de los equipos. La escritora del estudio será la encargada de encabezar esta campaña, garantizando que los trabajadores entiendan de forma clara las metas y obtengan la información requerida para aportar activamente al triunfo de este proyecto.

Análisis OEE.

Las fallas en las instalaciones son un elemento crucial que impacta en la productividad de la compañía al provocar interrupciones imprevistas en los procedimientos. Para resolver este inconveniente, se sugiere implementar un plan de mantenimiento productivo total (TPM) en toda la planta, en consonancia con los fundamentos de Lean Manufacturing, que persigue asegurar el rendimiento óptimo de todos los equipos.

Como parte de esta propuesta, se procederá a calcular el OEE (Overall Equipment Effectiveness), que mide la eficiencia global de los equipos en términos de tiempo efectivo, rendimiento y calidad de producción. Los datos recopilados en condiciones normales de operación, presentados en la Tabla 31, permiten determinar el estado actual de los equipos y establecer acciones concretas para mejorar la estabilidad y la eficiencia de los procesos.

Tabla 31: OEE Famosal S.A.

DISPONIBILIDAD	75.00%
Tiempo Funcionamiento (h)	4.5
Tiempo de producción planificado (h)	6
RENDIMIENTO	82.83%
Unidades producidas	497
Unidades programadas	600
CALIDAD	96.94%
Unidades sin defectos	380
Unidades producidas	392
OEE	60.22%

Nota: Elaborado por la autora.

El OEE de la producción de la empresa Famosal S.A, detallada anteriormente en la Tabla 31, es de 60.22%, este cálculo se realizó en base al producto del índice de disponibilidad, rendimiento y calidad, las fórmulas de cada indicador y operaciones matemáticas se registran en el anexo I.

La disponibilidad está en función de las horas productivas entre las horas disponibles, en este caso 6 horas de tiempo de producción planificadas de las cuales solo se produjeron 4.5 horas dando como resultado un 75.00%; en cuanto al rendimiento las unidades programadas son 600 pacas de sal de mesa de 500g sin embargo en los datos obtenidos del periodo estudiado solo producen 497 pacas teniendo un rendimiento de 82.83%, finalmente en cuanto a calidad del producto las unidades en buen estado se

relacionan con el total de unidades producidas teniendo el máximo valor en índice de calidad con el 96.94%.

Para determinar el OEE se emplea los tres valores porcentuales calculados con anterioridad se multiplican los datos dando como resultado 60.22% clasificándose como “Inaceptable” según la métrica de calificación detallada en la Tabla 31 basada en el artículo de (Varela Pérez et al., 2023).

Tabla 31: Métrica de calificación para valores OEE

OEE	Calificativo	Descripción
< 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas
65% < OEE < 75%	Regular	Aceptable si está en proceso de mejora
75% < OEE < 85%	Aceptable	Debe continuar con la mejora
85% < OEE < 95%	Buena	Buena competitividad
OEE > 95%	Excelente	Alta Competitividad

Nota: Elaborado por la autora.

En base a lo expuesto con anterioridad en la Tabla 31, la empresa, en función de la productividad de los equipos, se encuentra en un calificativo de "Inaceptable". El factor de disponibilidad registra el valor más bajo, lo que indica que las máquinas no están operativas durante gran parte del tiempo planificado por las averías frecuentes y la falta de un mantenimiento preventivo adecuado.

La baja disponibilidad de los equipos refleja un uso ineficiente, con paradas prolongadas que interrumpen los procesos productivos. Estas interrupciones afectan tanto la cantidad de unidades producidas como los costos, incrementados por reparaciones y la pérdida de tiempo operativo.

Para solucionar este problema, se propone un plan de mantenimiento más eficiente basado en el mantenimiento productivo total (TPM). Este enfoque no se limita a reparar los equipos cuando fallan, sino que prioriza la prevención a través de inspecciones periódicas, ajustes y reemplazo de piezas antes de que se deterioren. Este plan, actualmente en fase de diseño, forma parte de la estrategia definida en la etapa de mejora del ciclo DMAIC dentro del proyecto six sigma, y busca garantizar una mayor disponibilidad de las máquinas, reduciendo paradas y mejorando la continuidad operativa. En esta etapa, tras haber identificado las averías de las instalaciones como un factor crítico que afecta la productividad durante las fases de medición y análisis, se desarrolla esta propuesta para mitigar dichos problemas.

Inventario de maquinarias

Luego de determinar el OEE se procede a realizar un inventario de las maquinarias principales descritas en la Tabla 32 a través del registro que incluye código y nombre de cada maquinaria con el propósito de crear la base de datos integral que permita la aplicación del TPM en cada una de ellas.

Tabla 32: Inventario de maquinarias.

Nº	CODIGO	MAQUINARIA	CANTIDAD
1	MAQ-LAV001	LAVADORA	1
2	MAQ-HID001	HIDROCICLÓN	1
3	MAQ-CEN001	CENTRIFUGA	1
4	MAQ-SEC001	SECADOR	1
5	MAQ-ENF001	ENFRIADOR	1
6	MAQ-CRI001	CRIBAS	1
7	MAQ-TOL001	TOLVA	1
8	MAQ-ENV001	ENVASADORA	1
9	MAQ-ENF002	ENFARDADORA	1

Nota: Elaborado por autora.

En la Tabla 32 se especifica las nueve maquinarias que comprenden el proceso de producción de sal de mesa de 500g de la empresa, junto al código de identificación y cantidad de cada una ellas, en el siguiente apartado se especificaran los detalles técnicos para un mejor nivel de comprensión.

Fichas técnicas.

Tras registrar cada máquina con su código identificativo único, se procedió a elaborar fichas técnicas que recopilan información clave de cada equipo, necesaria para su monitoreo y mantenimiento, con el objetivo de optimizar los procesos productivos. Estas fichas permiten un control más detallado del estado y las necesidades específicas de cada máquina.

No obstante, en cumplimiento con las políticas internas de la empresa y para proteger información sensible, las fichas técnicas originales y las fotografías de los equipos no se incluyen en este informe. Esta medida garantiza la confidencialidad y el resguardo de datos críticos, respetando la normativa y el recelo profesional asociados al manejo de información técnica de la organización.

Las Tablas 33 a 41 presentan fichas técnicas adaptadas que ofrecen una descripción general de los equipos utilizados, con datos representativos que permiten

comprender las características esenciales del proceso productivo sin comprometer la integridad de la información de la empresa.

Estas fichas incluyen detalles generales como las especificaciones operativas estándar y las funciones principales de cada tipo de maquinaria directamente relacionado con la empresa, permitiendo un análisis adecuado para el desarrollo del plan de mantenimiento relacionado directamente con la empresa en donde se realiza el estudio.

Tabla 33: Ficha técnica de la lavadora de sal.

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SAL - FAMOSAL S.A.			
FICHA TÉCNICA			
FICHA N°	1	FICHA DE:	LAVADORA DE SAL
ÁREA	PRODUCCIÓN	CÓDIGO	MAQ-LAV001
DESCRIPCIÓN	LAVADORA DE SAL EN GRANO	PROCEDENCIA	CHINA
MODELO	N/D	N° DE SERIE	N/D
MARCA	N/D	ESTADO	REGULAR
FOTO DE MÁQUINA-EQUIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
		MATERIAL: ACERO INOXIDABLE (SS304/SS316)	
		VOLTAGE: PERSONALIZADO	
		FRECUENCIA: 50/60 HZ	
		CAPACIDAD: 0.5-50t/h o personalizado	
		MATERIA PRIMA: Sal en Grano	
		PRODUCTO FINAL: Sal alimentaria, industrial, ganadera	
PAQUETE DE TRANSPORTE: Palets de madera estándar			
FUNCIÓN	Lavar sal en grano mediante sistema de aspersión y cepillos.		

Nota: Realizado por la autora.

La lavadora de sal procesa sal en grano mediante un sistema de aspersión y cepillos, eliminando impurezas con eficacia. Fabricada en acero inoxidable, tiene una capacidad de hasta 50 toneladas por hora y admite distintos tipos de sal. Su condición actual, categorizada como "regular", presenta indicios de deterioro que podrían impactar su desempeño si no se actúa a tiempo. Es esencial incorporar este dispositivo en el plan de mantenimiento preventivo para asegurar su operatividad. Revisión constante y modificaciones particulares garantizarán su eficacia y garantizarán su aporte al proceso de producción.


Tabla 34: Ficha técnica del hidrociclón.

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SAL - FAMOSAL S.A.			
FICHA TÉCNICA			
FICHA N°	2	FICHA DE:	HIDROCICLÓN SERIE 2000
ÁREA	PRODUCCIÓN	CÓDIGO	MAQ-HID001
DESCRIPCIÓN	SEPARADOR DE ARENA HIDROCICLÓN	PROCEDENCIA	TURQUÍA
MODELO	SERIE 2000	N° DE SERIE	N/D
MARCA	ARMAŞ	ESTADO	REGULAR
FOTO DE MÁQUINA- EQUIPO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
	MATERIAL: St37-2 (DIN 17100)		
	PRESIÓN DE OPERACIÓN: 0.3 – 8 bar (4 – 120 psi)		
	PRESIÓN MÁXIMA: 8 bar (120 psi)		
	TEMPERATURA DE OPERACIÓN: -10 °C a 80 °C		
	TIPO DE CONEXIÓN: Bridada ISO-ANSI, Roscada BSPT-NPT		
	RECUBRIMIENTO: Fosforización y pintura electrostática (epoxi y poliéster)		
MODOS: Manual y automático			
FUNCIÓN	Separación de partículas pesadas del agua mediante fuerza centrífuga para sistemas de filtración.		

Nota: Elaborado por la autora.

La hidrociclón serie 2000 es un equipo utilizado en la planta para separar partículas pesadas del agua mediante fuerza centrífuga, optimizando el proceso de filtración. Este hidrociclón, fabricado en St37-2, tiene la capacidad de funcionar a presiones de hasta 8 bar y temperaturas que oscilan entre -10 °C y 80 °C, lo que lo convierte en flexible y robusto para diferentes situaciones. Su condición actual, categorizada como "regular", subraya la relevancia de llevar a cabo un mantenimiento preventivo cada tres meses, centrado en la revisión de las boquillas, la limpieza interna y el examen de las uniones y sellos. Este periodo de mantenimiento es crucial para prevenir inconvenientes en la eficacia de la separación, evitar deterioros anticipados y asegurar el funcionamiento constante del sistema de filtrado.



Tabla 35: Ficha técnica de la máquina centrífuga.

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SAL - FAMOSAL S.A.			
FICHA TÉCNICA			
FICHA N°.	3	FICHA DE:	CENTRÍFUGA
ÁREA	PRODUCCIÓN	CÓDIGO	MAQ-CEN001
DESCRIPCIÓN	CENTRÍFUGA INDUSTRIAL	PROCEDENCIA	N/D
MODELO	N/D	N.º DE SERIE	N/D
MARCA	N/D	ESTADO	BUENA
FOTO DE MÁQUINA-EQUIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
		MATERIAL: Acero inoxidable SS304 o SS316	
		CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO: N/D	
		VELOCIDAD DE GIRO: Personalizado	
		TIPO DE OPERACIÓN: Automático y manual	
		TEMPERATURA MÁXIMA: N/D	
		TIPO DE DESCARGA: Descarga continua o por lotes	
FUNCIÓN	Separación y secado de partículas sólidas mediante fuerza centrífuga para reducir la humedad de la sal.		

Nota: Elaborado por la autora.

La centrífuga industrial resulta imprescindible en el procedimiento de secado y separación de partículas sólidas en la fábrica, empleando fuerza centrífuga para disminuir de manera eficaz la humedad de la sal. Desarrollada en acero inoxidable (SS304 o SS316), asegura longevidad y resistente a la corrosión, perfecta para entornos industriales de alta demanda. Este equipo ofrece una operación adaptable, con alternativas automáticas y manuales, lo que simplifica su ajuste a diferentes requerimientos de procesamiento. Su adecuada conservación garantiza un desempeño ininterrumpido y reduce el peligro de errores en la cadena productiva.

Tabla 36: Ficha técnica del secador industrial.

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SAL - FAMOSAL S.A.			
FICHA TÉCNICA			
FICHA N.º	4	FICHA DE:	SECADOR INDUSTRIAL
ÁREA	PRODUCCIÓN	CÓDIGO	MAQ-SEC001
DESCRIPCIÓN	SECADOR DE SAL	PROCEDENCIA	CHINA
MODELO	VARIOS MODELOS/ Especificado el de fabrica Famosal S.A.	N.º DE SERIE	N/D
MARCA	N/D	ESTADO	REGULAR
FOTO DE MÁQUINA-EQUIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
		DIÁMETRO DEL TAMBOR: 2800 mm	
		CAPACIDAD: 0,5 - 50 t/h	
		RANGO DE TEMPERATURA: 100 - 800 °C	
		CERTIFICACIÓN: ISO9001:2000, CE, CCC	
		GARANTÍA: 2 años	
		EFICIENCIA ENERGÉTICA: Ahorro de energía	
		CONDICIÓN: Secador	
MATERIALES: Acero inoxidable AISI-316			
FUNCIÓN	Secado de sal mediante control de temperatura y tambor giratorio para reducir el contenido de humedad.		

Nota: Elaborado por la autora.

El secador industrial se utiliza para el secado de sal, disminuyendo su humedad a través de un sistema de tambor rotativo y regulación de la temperatura. Con un tamaño de 2800 mm y una capacidad para procesar de 0,5 a 50 toneladas por hora, funciona en un intervalo de temperatura de 100 a 800 °C, ajustándose a diferentes requerimientos de producción. Pese a tener certificaciones de calidad (ISO9001:2000, CE, CCC) y eficiencia energética, su condición actual, caracterizada por problemas constantes, señala la necesidad de reparaciones y mantenimiento para recuperar su rendimiento máximo y prevenir posibles interrupciones en el proceso de secado.

Tabla 37: Ficha técnica del enfriador.

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SAL - FAMOSAL S.A.			
FICHA TÉCNICA			
FICHA N°	5	FICHA DE:	ENFRIADOR INDUSTRIAL
ÁREA	PRODUCCIÓN	CÓDIGO	MAQ-ENF001
DESCRIPCIÓN	ENFRIADOR DE SAL	PROCEDENCIA	LIAONING, CHINA
MODELO	N/D	N° DE SERIE	N/D
MARCA	N/D	ESTADO	BUENO
FOTO DE MÁQUINA-EQUIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
		PESO: 200 kg	
		DIMENSIONES (L/W/H): 3850x800x2300 mm	
		VOLTAJE: 220V - 480V	
		POTENCIA: 4 HP	
		MATERIAL: Acero inoxidable (SUS304, SUS316)	
		RANGO DE TEMPERATURA: Ajustable de ambiente a 120 °C	
		NIVEL DE RUIDO: ≤75 dB	
		TIEMPO DE OPERACIÓN: 15-30 min (depende del material)	
		CONTENIDO FINAL DE HUMEDAD: -0.2% (depende del material)	
MÉTODO DE CALEFACCIÓN: Calefacción de vapor			
FUNCIÓN	Enfriamiento de sal y productos alimenticios mediante control de temperatura para asegurar estabilidad en el almacenamiento.		

Nota: Elaborado por la autora.

El Enfriador Industrial es un dispositivo creado para disminuir la temperatura de la sal y otros artículos, garantizando su estabilidad y calidad para su almacenaje. Este dispositivo, fabricado en acero inoxidable, permite modificar la temperatura de refrigeración entre el ambiente y 120 °C, ajustándose a diferentes requerimientos de procesamiento. Con una duración de funcionamiento de 15 a 30 minutos, una potencia de 4 HP y un nivel de ruido máximo de 75 dB, su estado actual óptimo asegura un desempeño eficaz y fiable en el proceso de refrigeración dentro de la planta.

Tabla 38: Ficha técnica de las cribas.

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SAL - FAMOSAL S.A.			
FICHA TÉCNICA			
FICHA N°	6	FICHA DE:	CRIBAS INDUSTRIALES
ÁREA	PRODUCCIÓN	CÓDIGO	MAQ-CRI001
DESCRIPCIÓN	CRIBAS VIBRATORIAS PARA SAL	PROCEDENCIA	N/D
MODELO	N/D	N° DE SERIE	N/D
MARCA	N/D	ESTADO	REGULAR
FOTO DE MÁQUINA-EQUIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
		TIPO: Vibratoria	
		CAPACIDAD: 0.5 - 20 t/h (variable según el modelo)	
		TAMAÑO DE MALLA: Personalizable (mallas intercambiables para diferentes granulometrías)	
		NIVELES DE SEPARACIÓN: Hasta 4 niveles	
		MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN: Acero inoxidable (SS304 o SS316)	
		DIMENSIONES: Variable según requerimiento	
		FRECUENCIA DE VIBRACIÓN: Ajustable	
		POTENCIA: 5 HP	
		TIPO DE MOTOR: Motores eléctricos de alta eficiencia	
		NIVEL DE RUIDO: ≤75 Db	
FUNCIÓN	Separar y clasificar sal en diferentes tamaños de partículas para su procesamiento o empaque, mediante vibración controlada.		

Nota: Elaborado por la autora.

Las cribas industriales resultan indispensables para la separación y categorización de la sal en diversos tamaños de partículas, mejorando el proceso y el empaquetado a través de un sistema regulado de vibración. Desarrolladas en acero inoxidable, proporcionan una capacidad de procesamiento de 0.5 a 20 toneladas por hora y posibilitan hasta 4 grados de separación con mallas intercambiables para ajustarse a diversas granulometrías. Con una potencia de 5 HP y una frecuencia de vibración regulable, su estado regular actual señala la necesidad de un mantenimiento regular para garantizar un funcionamiento eficaz y reducir el peligro de interrupciones en la línea de producción.



Tabla 39: Ficha Técnica de la Tolva Industrial.

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SAL - FAMOSAL S.A.			
FICHA TÉCNICA			
FICHA N°	7	FICHA DE:	TOLVA INDUSTRIAL
ÁREA	PRODUCCIÓN	CÓDIGO	MAQ-TOL001
DESCRIPCIÓN	TOLVA PARA PROCESAMIENTO DE SAL	PROCEDENCIA	ZHEJIANG, CHINA
MODELO	N/D	N° DE SERIE	N/D
MARCA	N/D	ESTADO	REGULAR
FOTO DE MÁQUINA-EQUIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
		CAPACIDAD: 200 kg/h	
		PESO: 13 kg	
		DIMENSIONES (LWH): 345x355x610 mm	
		GARANTÍA: 2 años	
		COMPONENTES PRINCIPALES: Motor	
		CONTROL DE CALIDAD: Pruebas de resistencia estructural y verificación de uniformidad en la dosificación	
		CONDICIÓN DE COMPRA: Nuevo	
FUNCIÓN	Almacenamiento temporal y dosificación de sal en el proceso de producción, permitiendo un flujo controlado hacia las etapas de procesamiento.		

Nota: Elaborado por la autora.

La tolva industrial se emplea para el almacenamiento transitorio y la dosificación regulada de sal durante el proceso productivo, garantizando un flujo continuo hacia las fases de procesamiento. Con un rendimiento de 200 kg por hora y un peso de 13 kg, está concebida para garantizar una dosificación homogénea y estable. Equipado con elementos de gran resistencia, como un motor principal, su condición regular exige un mantenimiento regular para prevenir interrupciones en el paso del material y garantizar la exactitud en la dosificación.

Tabla 40: Ficha técnica de la envasadora.

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SAL - FAMOSAL S.A.			
FICHA TÉCNICA			
FICHA N°	8	FICHA DE:	ENVASADORA
ÁREA	ENFARDADO Y ENVASADO	CÓDIGO	MAQ-ENV001
DESCRIPCIÓN	MÁQUINA ENVASADORA AUTOMÁTICA PARA SAL	PROCEDECENCIA	N/D
MODELO	SF-2.0T / SF-3.0T	N° DE SERIE	N/D
MARCA	N/D	ESTADO	REGULAR
FOTO DE MÁQUINA-EQUIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
		TAMAÑO DE BOLSAS: SF-2.0T: L 80-400 mm, W 80-250 mm / SF-3.0T: L 100-480 mm, W 150-350 mm	
		VELOCIDAD DE EMPAQUE: SF-2.0T: 5-80 bolsas/min / SF-3.0T: 5-35 bolsas/min	
		RANGO DE MEDICIÓN: SF-2.0T: 100-3000 ml / SF-3.0T: 300-5000 ml	
		MATERIAL DE EMPAQUE: OPP/PPP, OPP/PE, PET/PE, PE	
		CONSUMO DE AIRE: 6-8 kgf/cm ² , 0.15 m ³ /min	
		POTENCIA Y VOLTAJE: SF-2.0T: AC380V, trifásico, 50-60Hz, 5KW / SF-3.0T: AC380V, trifásico, 50-60Hz, 5.75KW	
		SISTEMA DE SELLADO: Térmico para asegurar la integridad del empaque	
FUNCIÓN	Empaque automático de sal en bolsas de diferentes tamaños y capacidades, garantizando precisión en el peso y sellado seguro para alta eficiencia en producción.		

Nota: Elaborado por la autora.

La envasadora automática es esencial para el envasado exacto y eficaz de sal en la planta, funcionando en una extensa variedad de tamaños de bolsas y capacidades de empaquetado. Con un sistema de sellado térmico y una velocidad regulable de hasta 80 bolsas por minuto, garantiza empaquetados precisos y herméticos, mejorando la protección y la presentación del producto. Su adaptabilidad a diferentes materiales de envasado y su diseño trifásico facilitan la conservación de elevados niveles de producción, aunque su condición regular indica la necesidad de mantenimiento para mantener su exactitud y eficiencia.

Tabla 41: Ficha técnica de la enfardadora.

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SAL - FAMOSAL S.A.			
FICHA TÉCNICA			
FICHA N°	9	FICHA DE:	ENFARDADORA
ÁREA	ENVASADO Y ENFARDADO	CÓDIGO	MAQ-ENF002
DESCRIPCIÓN	ENFARDADORA PARA EMPAQUE DE SAL	PROCEDENCIA	N/D
MODELO	N/D	N° DE SERIE	N/D
MARCA	N/D	ESTADO	REGULAR
FOTO DE MÁQUINA-EQUIPO		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
		EMBALAJE: Film de polietileno	
		DIMENSIONES (LxAxH): 8102 x 1570 x 2108 mm	
		VELOCIDAD DE ENVASADO: Pista simple: 30 paquetes/min, Doble pista: 60 paquetes/min, Triple pista: 90 paquetes/min	
		ALIMENTACIÓN: En línea (4 canales), opciones de doble y triple pista, 90° opcional, con derivador solo en línea	
		SEPARACIÓN: Traviesa larga para mayor estabilidad de paquetes	
		HORNO: Túnel de termorretracción para asegurar la compresión y ajuste del embalaje	
FUNCIÓN	Embalaje de pacas de sal con capacidad de alta velocidad y múltiples configuraciones de pista para adaptarse a diferentes demandas de producción.		

Nota: Elaborado por la autora.

Es crucial la enfardadora industrial en el procedimiento de empaquetado de paquetes de sal, empleando film de polietileno y un túnel de termorretracción para garantizar un ajuste sólido y estable del empaque. Con la capacidad de entregar hasta 90 paquetes por minuto en una configuración de triple pista, brinda versatilidad en el diseño de la alimentación y alternativas de derivación para ajustarse a diferentes requerimientos productivos. Su diseño facilita un empaquetado eficaz y firme a través de una separación con largas barras, aunque su condición regular exige un mantenimiento constante para garantizar la continuidad y la calidad en el empaquetado.

Sistemas y elementos de cada máquina.

Se presentan en la Tabla 42 con los sistemas y componentes de cada máquina, con el propósito de identificarlos claramente y tenerlos en cuenta al momento de realizar el análisis AMFE. Esto facilita la evaluación y priorización de acciones correctivas para mejorar la eficiencia y confiabilidad del proceso productivo.

Tabla 42: Sistema y elementos de cada máquina,

Máquina	Sistema	Elementos Principales
Lavadora	Limpieza y Procesamiento	Sistema de aspersión, Cepillos rotativos, Motor eléctrico, Estructura de acero inoxidable, Sistema de drenaje, Conexiones de entrada y salida de agua.
Hidrociclón	Filtración y Separación	Cuerpo cilíndrico, Colector de partículas, Tubo de abastecimiento, Tubo de salida de agua limpia, Válvula de drenaje, Brida de conexión, Recubrimiento anticorrosivo.
Centrífuga	Separación y Secado	Tambor de centrifugado, Motor de alta velocidad, Estructura de soporte, Sistema de control de velocidad, Descarga de sólidos, Sistema de amortiguación de vibraciones.
Secador	Secado y Reducción de Humedad	Tambor giratorio, Sistema de calentamiento (a vapor), Ventiladores, Sistema de control de temperatura, Estructura de acero inoxidable, Sistema de escape de vapor.
Enfriador	Enfriamiento Controlado	Cámara de enfriamiento, Motor de bombeo, Sistema de ventilación, Estructura de acero inoxidable, Control de temperatura, Salida de producto enfriado.
Cribas	Clasificación y Separación	Estructura de soporte, Mallas intercambiables, Sistema de vibración, Motores eléctricos, Ejes de soporte, Sistema de ajuste de frecuencia de vibración, Bandeja de recolección.
Tolvas	Almacenamiento y Dosificación	Contenedor de almacenamiento, Motor de dosificación, Sistema de alimentación, Sistema de descarga, Estructura de acero inoxidable, Válvulas de control de flujo.
Envasadora	Empaque y Sellado	Sistema de alimentación de bolsas, Mecanismo de sellado térmico, Sensores de peso, Motor de alimentación, Control de velocidad de empaquetado, Sistema de corte de bolsas.
Enfardadora	Embalaje Termorretráctil	Túnel de termorretracción, Sistema de alimentación de film, Rieles de soporte, Control de velocidad de enfardado, Sistema de ajuste de temperatura, Sistema de derivación.

Nota: Elaborado por la autora.

La Tabla 42 proporciona un análisis detallado de las maquinarias utilizadas en el proceso a través de la especificación de su sistema y elementos principales que describen los componentes internos de cada equipo, de esta forma se obtiene una comprensión integral que permite evaluar las posibles fallas de cada maquinaria.

Matriz AMFE.

La matriz AMFE (análisis, modal de fallos y efectos), servirá como un sistema estructurado que facilitará la evaluación de cada posible fallo, permitiendo un enfoque metodológico para tomar decisiones e implementar mejoras esenciales en el proceso productivo. Con ello, se busca reducir al mínimo los efectos de las fallas y lograr una mayor eficiencia en los resultados operativos.

Para la ponderación de la severidad, ocurrencia, detección e índice de prioridad de riesgo, se basó en los criterios establecidos por (Velásquez-García & Torres-Rodríguez (2024) , adaptándolo al contexto del presente estudio con el propósito que sea aplicable a las características de la investigación, en la Tabla 43 se detallan las valorizaciones para determinar el grado de severidad en relación con la gravedad de las consecuencias, la ocurrencia se enfoca en la probabilidad de que un fallo ocurra, y la detección se refiere a la capacidad del sistema para identificar anomalías, el producto de estas tres valorizaciones se calculará el IPR lo que facilitará la priorización de acciones para mitigar riesgos identificados.

Tabla 43: Clasificación de riesgos y criterios de evaluación.

CALIFICACION	DESCRIPCION	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION
1	Menor	Sin impacto: no afecta a la operación.	Muy poco probable, casi nunca ocurre.	Muy fácil de detectar, el sistema de control es efectivo.
2-3	Baja	Impacto menor: el fallo provoca efecto insignificante.	Poco probable, puede ocurrir ocasionalmente.	Fácil de detectar: la detección de fallos es común.
4-6	Moderado	Impacto moderado: el fallo causa retrasos.	Moderadamente probable, se puede presentar en diversas ocasiones.	Moderadamente fácil de detectar: existen limitaciones en la detección de fallos
7-8	Alta	Impacto significativo: ocasiona pérdidas y compromete la calidad.	Probable: el fallo es frecuente puede ocurrir muy a menudo.	Difícil de detectar: efectividad en detectar fallos es baja.
9-10	Muy Alta	Impacto crítico: consecuencias severas, daños en maquinarias.	Muy probable: el fallo ocurre en todos los ciclos de operación.	Muy difícil de detectar: las fallas no se identifican a tiempo representa un riesgo alto.

Nota: Elaborado por la autora.

Bajo estos contextos, se elabora la matriz AMFE para las maquinarias de la planta, presentada en la Tabla 44. Esta herramienta facilita el análisis metódico de los posibles patrones de fallo de cada equipo, considerando factores como la gravedad, la incidencia y la identificación, con la finalidad de otorgar prioridad a los riesgos más críticos. Este procedimiento simplifica la detección de problemas específicos que podrían poner en riesgo la continuidad de las operaciones y permite la puesta en marcha de acciones preventivas y correctivas. La información obtenida es crucial para mejorar el plan de mantenimiento y reducir el impacto de las averías en el sistema productivo.

Tabla 44: Matriz AMFE maquinarias.

N°	Maquina	Falla Potencial	Efecto Potencial	Causa Potencial	Severidad (SEV)	Ocurrencia (OCC)	Detección (DET)	Numero de prioridad de riesgo (NPR)	Acciones recomendadas
1	Lavadora	Fallas en el sistema de bombeo	Aumento de impurezas en la sal	Obstrucción de tuberías.	8	3	3	72	Inspección regular de conexiones.
2	Hidrociclón	Obstrucción de entrada	Acumulación de sólidos	Reducción de eficiencia de separador.	6	4	4	96	Revisión periódica de válvulas y controles y mantenimiento regular.
3	Centrifuga	Desbalanceo de rotor	Pérdida de producto o contaminación	Desgaste en mallas internas.	5	3	3	45	Calibración y balanceo.
4	Secador	Deficiencia en el calentador y obstrucción de ductos	Contenido alto de humedad en la sal.	Problemas eléctricos o mecánicos.	7	7	8	392	Inspección del sistema y limpieza.
5	Enfriador	Daño en el motoreductor	Paro en el sistema de cangilones.	Área expuesta a condiciones climáticas.	4	2	4	32	Control de y protección de maquinaria.
6	Cribas	Obstrucción por sal acumulada	Reducción de flujo de material.	Uso de mallas por prolongado tiempo.	6	3	4	72	Reemplazo programado de malla y monitoreo regular de cribas.
7	Tolvas	Desbordamiento del producto	Contaminación del producto.	Acumulación del producto en la tolva.	9	4	10	360	Adaptación de tapas que impidan que el producto este expuesto.
8	Envasadora	Fallos en el sistema de sellado	Productos sellados incorrectamente.	Mala configuración en la maquinaria.	7	4	6	168	Ajuste de máquinas programadas.
9	Enfardadora	Fallos en el sistema de sellado	Productos sellados incorrectamente.	Mala configuración en la maquinaria.	6	3	3	54	Ajuste de máquinas programadas.

Nota: Elaborado por la autora.

El análisis AMFE llevado a cabo en la planta, detallado en la Tabla 44, permitió identificar posibles fallos en las máquinas y establecer un plan de mantenimiento dirigido a reducir los riesgos asociados a las averías más críticas. Este análisis proporcionó un enfoque estructurado para priorizar las acciones necesarias en función del impacto y la probabilidad de los problemas detectados.

El secador industrial, utilizado para reducir la humedad de la sal, presentó como fallos potenciales la deficiencia en el sistema de calentamiento y la obstrucción de ductos, problemas que afectan directamente el porcentaje de humedad en el producto final. Las causas de estas fallas incluyen sobrecargas eléctricas en el sistema de calefacción y acumulación de residuos en los ductos de ventilación. Con un número de prioridad de riesgo (NPR) de 392, el secador se clasifica como la máquina de mayor prioridad dentro del plan de mantenimiento.

Para abordar estos problemas, se recomienda implementar inspecciones regulares y limpiezas programadas del sistema, lo que garantizará un funcionamiento óptimo del equipo y preservará la calidad del producto final. Estas medidas permitirán reducir significativamente las interrupciones en el proceso productivo y los riesgos asociados a fallos recurrentes.

En las tolvas de almacenamiento el fallo potencial es el desbordamiento del producto que puede ocasionar contaminación al mismo, causado principalmente por la acumulación del material dentro de la maquinaria expuesta al aire libre, se sugiere adaptación de tapas que impidan que el producto este expuesto el NPR es de 360 requiere de acciones inmediatas. Del mismo modo, en el hidrociclón con NPR de 96, se identificó la obstrucción de entrada como una falla potencial que tiene efecto sobre la acumulación de sólidos ocasionado por la eficiencia del separador con la recomendación de revisar periódicamente las válvulas y establecer y mantenimiento regular.

La lavadora y las cribas fueron calificadas con un NPR de 72, en el caso de la lavadora, una de las fallas más críticas identificadas fue el riesgo de obstrucción en el sistema de bombeo debido a acumulación de residuos, lo cual podría incrementar las impurezas en la sal se estableció como medida correctiva la inspección regular de las conexiones para evitar bloqueos en el sistema y asegurar una mayor consistencia en la pureza del producto. En cuanto a las cribas, maquinaria empleada para el proceso de tamizado puede llegar a tener obstrucción por la sal acumulada, que genera la reducción

del flujo de material esto ocasionado por el uso de mallas por un tiempo prolongado, su NPR es de 72 se recomienda reemplazo programado de malla y monitoreo regular de las cribas.

La envasadora y enfardadora con un NPR de 168 y 54 respectivamente, presentan fallos en el sistema de sellado ocasionadas por la configuración inadecuada de la maquinaria que genera que el producto final contenga defectos en el empaque se sugiere que en ambas maquinarias se establezca un ajuste de máquinas programadas, la diferencia de NPR radica en que la envasadora presenta problemas de demora para su operación y su ocurrencia es mayor.

En la maquinaria de la centrifuga, el desbalanceo del rotor debido al desgaste de mallas internas puede generar un efecto sobre el producto en pérdidas o contaminación con en esta evaluación se determinó un NPR de 45, para controlar esta situación, se establece que el calibrado y balanceo periódico de las piezas es esencial para reducir las vibraciones y evitar pérdidas de producto.

El enfriador con un NPR de 32 como falla potencial se determina el daño en el motorreductor esto ocasionado porque este espacio está expuesto a condiciones ambientales, que como se ha estado mencionando el medio es de producción de sal cuyas propiedades corroen los materiales, esto produce paro en sistemas de cangilones, se establece como acción recomendada un control y protección de la maquinaria.

Gamas de mantenimiento.

El mantenimiento en la planta de procesamiento se fundamenta en el cumplimiento de gamas específicas, que consisten en un conjunto organizado de tareas de mantenimiento con características o elementos comunes entre sí. Están concebidas para minimizar y evitar posibles errores en las máquinas, asegurando de esta manera un funcionamiento constante y eficaz en cada fase del proceso de producción.

Las actividades se organizan en una serie de mantenimiento general que abarca cada equipo con sus sistemas y componentes correspondientes, definiendo las medidas concretas requeridas para preservar la funcionalidad y extender la durabilidad de los equipos. Luego, se categorizan en función de la frecuencia con la que deben llevarse a cabo, lo que facilita la optimización de recursos y garantiza que las revisiones y modificaciones se efectúen correctamente en cada periodo de tiempo. De esta forma, se establecen frecuencias que abarcan desde revisiones diarias hasta mantenimientos anuales, según la importancia y desgaste de cada máquina y sus componentes. A

continuación, se muestra en la Tabla 45 los códigos y frecuencias de mantenimiento que se utilizarán en la planta.

Tabla 45: *Frecuencia de mantenimiento.*

Código	Frecuencia
1D	Diario
1S	Semanal
1M	Mensual
3M	Trimestral
6M	Semestral
1A	Anual

Nota: Elaborado por la autora.

La Tabla 45 detalla los códigos y frecuencias del mantenimiento programado de los equipos de la planta, estableciendo intervalos que van desde diario (1D) hasta anual (1A). Estos códigos especifican las periodicidades necesarias para inspecciones, ajustes y otras intervenciones que aseguren el óptimo funcionamiento de cada máquina.

Adicionalmente, se cuenta con un registro específico de mantenimiento para cada equipo, que desglosa las tareas técnicas y los requerimientos particulares según sus características y necesidades operativas. Este nivel de detalle proporciona al personal de mantenimiento una guía clara y práctica para llevar a cabo inspecciones rutinarias y ajustes más complejos. Esta planificación optimiza los tiempos de intervención, disminuye las interrupciones en la producción y mejora la eficiencia del mantenimiento.

El enfoque también permite identificar patrones de fallos recurrentes en los equipos, lo que facilita ajustes en la frecuencia de mantenimiento y en los procedimientos establecidos. El historial detallado de intervenciones ayuda a prever necesidades futuras, reduce el riesgo de paradas imprevistas y asegura una asignación más eficiente de los recursos. Con esta planificación, las máquinas operan dentro de sus parámetros ideales, lo que contribuye directamente al cumplimiento de los objetivos de productividad de la planta. En las Tablas 46 a la 54, se presentan la gama de mantenimiento de cada maquinaria, detallando los requerimientos de cada una de ellas.


Tabla 46: Gama de mantenimiento de lavadora.

FAMOSAL S.A.						
GAMA DE MANTENIMIENTO						
MÁQUINA	COMPONENTE	ACTIVIDAD QUE REALIZAR	FRECUENCIA	DURACIÓN	#PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS
Lavadora	Sistema de bombeo.	Inspeccionar conexiones y verificar obstrucciones.	1M	30 min	1	Caja de herramientas, limpiador, guantes.
	Tuberías.	Limpiar y verificar flujo de agua.	3M	25 min	1	Cepillo, limpiador, caja de herramientas.
	Motor.	Chequear funcionamiento, voltaje y ruidos.	1M	20 min	1	Multímetro, caja de herramientas.
	Sistema de filtros.	Inspeccionar y limpiar para evitar acumulación de residuos.	1M	15 min	1	Caja de herramientas, limpiador.
	Estructura de soporte.	Revisar y ajustar pernos, inspeccionar corrosión.	6M	20 min	1	Llave ajustable, lubricante.
	Válvulas.	Inspeccionar funcionamiento y fugas.	3M	20 min	1	Caja de herramientas, ajustador.

Nota: Elaborado por la autora.

Los hallazgos de la gama de mantenimiento de la Tabla 46 referente a la lavadora de sal indican que las tareas regulares de inspección, limpieza y ajuste de componentes disminuyen considerablemente el peligro de obstrucciones y errores en el sistema. Este control constante garantiza un flujo de agua ininterrumpido y un desempeño eficaz del motor y del sistema de bombeo. Igualmente, se reducen las interrupciones en el funcionamiento, lo que ayuda a extender la durabilidad y a optimizar la eficacia del equipo en el proceso de lavado.


Tabla 47: Gama de mantenimiento de hidrociclón.

FAMOSAL S.A.						
GAMA DE MANTENIMIENTO						
MÁQUINA	COMPONENTE	ACTIVIDAD QUE REALIZAR	FRECUENCIA	DURACIÓN	# PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS
Hidrociclón	Entrada de sólidos	Revisar y limpiar para evitar obstrucción	1M	25 min	1	Cepillo, caja de herramientas
	Válvulas de control	Inspección y ajuste de válvulas	3M	20 min	1	Caja de herramientas, ajustador
	Tubería de salida	Verificar acumulación de sólidos	1M	20 min	1	Cepillo, guantes
	Colector de sólidos	Limpieza y verificación de estado	6M	30 min	1	Caja de herramientas, limpiador
	Conexiones	Inspección de fugas y reemplazo de juntas	6M	20 min	1	Caja de herramientas, sellador
	Brida de conexión	Revisión de ajuste y verificar corrosión	3M	15 min	1	Llave ajustable, lubricante

Nota: Elaborado por la autora.

El análisis de la gama de mantenimiento de la Tabla 47 para el hidrociclón revela que las actividades regulares de revisión, limpieza y ajuste de sus componentes son fundamentales para prevenir bloqueos y garantizar un flujo continuo en el sistema de filtración. Las intervenciones realizadas en puntos críticos, como la entrada de sólidos y las válvulas de control, ayudan a evitar la acumulación de partículas que podría afectar el rendimiento del equipo.

Tabla 48: Gama de mantenimiento de centrífuga.

FAMOSAL S.A.						
GAMA DE MANTENIMIENTO						
MÁQUINA	COMPONENTE	ACTIVIDAD PARA REALIZAR	FRECUENCIA	DURACIÓN	#PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS
Centrífuga	Rotor	Inspección de balance y calibración	6M	40 min	1	Calibrador, caja de herramientas
	Mallas internas	Revisar desgaste y reemplazar	1M	30 min	1	Caja de herramientas, mallas de repuesto
	Estructura de soporte	Ajuste y revisión de pernos y vibraciones	3M	20 min	1	Llave ajustable, lubricante
	Sistema de amortiguación	Verificación y ajuste del sistema	6M	25 min	1	Caja de herramientas, ajustador
	Motor de alta velocidad	Chequeo de funcionamiento y ruido	1M	30 min	1	Multímetro, caja de herramientas
	Conexiones eléctricas	Inspección de conexiones y ajuste	6M	15 min	1	Caja de herramientas, multímetro

Nota: Elaborado por la autora.

El estudio del espectro de mantenimiento de la Tabla 48 para la centrífuga revela que la revisión regular de elementos como el rotor y las mallas internas son vitales para preservar el balance y el desempeño del equipo. Las revisiones regulares del rotor y el sistema de amortiguación disminuyen la posibilidad de desequilibrio y vibraciones excesivas, mejorando la estabilidad del equipo. La comprobación del motor de alta velocidad y las conexiones eléctricas garantiza un funcionamiento seguro y disminuye la probabilidad de paradas imprevistas por averías eléctricas.


Tabla 49: Gama de mantenimiento de secador.

FAMOSAL S.A.						
GAMA DE MANTENIMIENTO						
MÁQUINA	COMPONENTE	ACTIVIDAD PARA REALIZAR	FRECUENCIA	DURACIÓN	#PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS
Secador	Calentador	Inspección del sistema de calentamiento	1M	30 min	1	Termómetro, caja de herramientas
	Ductos de ventilación	Limpieza de ductos y verificación de flujo	3M	45 min	1	Caja de herramientas, limpiador
	Estructura	Inspección y ajuste de componentes	6M	20 min	1	Caja de herramientas, lubricante
	Ventiladores	Revisión de funcionamiento y limpieza	1M	25 min	1	Caja de herramientas, cepillo
	Control de temperatura	Verificación y calibración del sistema de control	6M	30 min	1	Calibrador, caja de herramientas
	Motor	Chequeo de funcionamiento y revisión de ruidos	3M	20 min	1	Multímetro, caja de herramientas

Nota: Elaborado por la autora.

El estudio de la gama de mantenimiento de la Tabla 49 para el secador destaca la importancia de realizar inspecciones y limpiezas periódicas para asegurar un funcionamiento estable y prolongar la vida útil del equipo. Las funciones del calentador y los conductos de ventilación facilitan la conservación de una temperatura estable y un caudal de aire ideal, elementos cruciales para un secado eficaz de la sal. Las revisiones de la estructura y la exacta calibración del sistema de control de temperatura previenen irregularidades que puedan poner en riesgo tanto el funcionamiento constante del equipo como la calidad del producto final.


Tabla 50: Gama de mantenimiento de enfriador.

FAMOSAL S.A.						
GAMA DE MANTENIMIENTO						
MÁQUINA	COMPONENTE	ACTIVIDAD PARA REALIZAR	FRECUENCIA	DURACIÓN	#PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS
Enfriador	Motorreductor	Inspección y protección contra condiciones climáticas	1M	20 min	1	Caja de herramientas, protector de motor
	Cangilones	Revisar alineación y fijación	3M	30 min	1	Caja de herramientas, lubricante
	Estructura de soporte	Inspección y ajuste de tornillos	6M	25 min	1	Llave ajustable, caja de herramientas
	Rodillos	Lubricación y revisión de desgaste	3M	20 min	1	Lubricante, caja de herramientas
	Ventilador	Verificación de funcionamiento y limpieza	1M	20 min	1	Cepillo, caja de herramientas
	Panel de control	Verificar conexiones eléctricas	6M	15 min	1	Multímetro, caja de herramientas

Nota: Elaborado por la autora.

La investigación de la Tabla 50 indica que el mantenimiento regular del refrigerador contribuye a evitar errores en el motorreductor y los cangilones, preservando la alineación y la protección frente a las condiciones meteorológicas, garantizando así un flujo continuo de material. La revisión y modificación de la estructura de apoyo, junto con la lubricación constante de los rodillos, favorecen la estabilidad del equipo y disminuyen su deterioro. Estas medidas posibilitan extender la durabilidad del refrigerador y asegurar su operación dentro de los parámetros fijados, previniendo interrupciones en el proceso de producción y optimizando la eficiencia en las operaciones.

Tabla 51: Gama de mantenimiento de cribas.

FAMOSAL S.A.						
GAMA DE MANTENIMIENTO						
MÁQUINA	COMPONENTE	ACTIVIDAD PARA REALIZAR	FRECUENCIA	DURACIÓN	#PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS
Cribas	Malla	Reemplazo y monitoreo de desgaste	6M	25 min	1	Caja de herramientas, malla de repuesto
	Sistema de vibración	Verificación de frecuencia y ajuste	1M	20 min	1	Caja de herramientas, calibrador
	Estructura de soporte	Inspección y ajuste de componentes	3M	20 min	1	Llave ajustable, lubricante
	Motor	Revisión de funcionamiento y ruidos	1M	20 min	1	Multímetro, caja de herramientas
	Colector de material	Limpieza y verificación de obstrucciones	3M	30 min	1	Caja de herramientas, limpiador
	Rodamientos	Lubricación y revisión de estado	6M	25 min	1	Lubricante, caja de herramientas

Nota: Elaborado por la autora.

La investigación de la Tabla 51 señala que el cuidado constante de las cribas es esencial para preservar su funcionalidad y disminuir la probabilidad de errores en el sistema de vibración y otros componentes relevantes. Tareas como la sustitución y monitorización del deterioro de la malla, así como la modificación de la frecuencia de vibración, facilitan una separación eficaz de los materiales. Las revisiones de la estructura de apoyo y la limpieza del colector evitan bloqueos y reducen el desgaste, mientras que la lubricación de los rodamientos y las revisiones regulares del motor potencian la estabilidad y extienden la durabilidad del equipo durante el proceso de cribado.


Tabla 52: Gama de mantenimiento de tolva.

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE SAL - FAMOSAL S.A.						
GAMA DE MANTENIMIENTO						
MÁQUINA	COMPONENTE	ACTIVIDAD PARA REALIZAR	FRECUENCIA	DURACIÓN	#PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS
Tolvas	Estructura de soporte	Inspección de estabilidad y ajuste de pernos	3M	15 min	1	Llave ajustable, caja de herramientas
	Salida de producto	Verificación de acumulación y limpieza	1M	20 min	1	Guantes, cepillo
	Tapa de tolva	Revisión y ajuste para evitar contaminación	6M	10 min	1	Caja de herramientas, limpiador
	Sensor de nivel	Verificación de funcionamiento	3M	15 min	1	Multímetro, caja de herramientas
	Motor de dosificación	Inspección y limpieza para evitar bloqueos	1M	30 min	1	Caja de herramientas, limpiador
	Válvulas de descarga	Revisión y lubricación de válvulas	6M	20 min	1	Lubricante, caja de herramientas

Nota: Elaborado por la autora.

El estudio de la Tabla 52 muestra que es crucial el mantenimiento constante de las tolvas para garantizar su estabilidad y prevenir inconvenientes de acumulación y bloqueos en el tráfico de producto. La revisión de la estructura de apoyo y la modificación de los pernos ayudan a preservar la estabilidad del equipo, mientras que la limpieza de la salida de producto previene obstrucciones. El examen de la tapa del recipiente y del sensor de nivel asegura un control exacto y evita la polución del material.


Tabla 53: Gama de mantenimiento de envasadora.

FAMOSAL S.A.						
GAMA DE MANTENIMIENTO						
MÁQUINA	COMPONENTE	ACTIVIDAD PARA REALIZAR	FRECUENCIA	DURACIÓN	#PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS
Envasadora	Sistema de sellado	Inspeccionar, limpiar y ajustar sellado	1M	25 min	1	Caja de herramientas, calibrador
	Sensores de peso	Verificación y calibración	6M	20 min	1	Multímetro, caja de herramientas
	Banda transportadora	Inspección de desgaste y limpieza	3M	30 min	1	Cepillo, lubricante, caja de herramientas
	Motor de transporte	Revisión de funcionamiento y ruido	1M	20 min	1	Multímetro, caja de herramientas
	Estructura	Inspección y ajuste de tornillería	6M	20 min	1	Llave ajustable, caja de herramientas
	Sistema de alimentación	Verificación y ajuste de alineación	3M	25 min	1	Caja de herramientas, ajustador

Nota: Elaborado por la autora.

El estudio de la Tabla 53 demuestra que el mantenimiento programado de la envasadora es fundamental para asegurar la precisión en el empaque y el funcionamiento continuo del equipo. La limpieza y ajuste del sistema de sellado previenen fallos en el empaquetado, mientras que la calibración periódica de los sensores de peso garantiza exactitud en la dosificación. La revisión de la estructura y el sistema de alimentación contribuye a la estabilidad y alineación, optimizando el proceso de empaque y reduciendo el riesgo de paradas inesperadas.

Tabla 54: Gama de mantenimiento de enfardadora.

FAMOSAL S.A.						
GAMA DE MANTENIMIENTO						
MÁQUINA	COMPONENTE	ACTIVIDAD PARA REALIZAR	FRECUENCIA	DURACIÓN	#PERSONAS	MATERIALES Y EQUIPOS
Enfardadora	Sistema de sellado	Mantenimiento preventivo y ajuste	1M	20 min	1	Caja de herramientas, calibrador
	Túnel de termorretracción	Limpieza y revisión de temperatura	3M	30 min	1	Termómetro, caja de herramientas
	Rodillos de transporte	Inspección de desgaste y lubricación	3M	20 min	1	Lubricante, caja de herramientas
	Motor del túnel	Chequeo de funcionamiento y ruido	1M	25 min	1	Multímetro, caja de herramientas
	Estructura	Verificación de estabilidad y ajuste	6M	15 min	1	Llave ajustable, caja de herramientas
	Panel de control	Inspección de conexiones y revisión de parámetros	6M	15 min	1	Multímetro, caja de herramientas

Nota: Elaborado por la autora.

La investigación de la Tabla 54 señala que el mantenimiento constante de la enfardadora es crucial para garantizar su efectividad y la calidad del empaque. La revisión y modificación del sistema de sellado contribuyen a preservar la integridad del empaque, mientras que la limpieza y regulación de la temperatura en el túnel de termorretracción aseguran un ajuste exacto del film. La inspección y lubricación de los rodillos de transporte, junto con la inspección del motor del túnel, favorecen un movimiento suave y sin interrupciones.

Cronograma de mantenimientos propuestos.

Un cronograma de mantenimiento es una herramienta fundamental que permite organizar y programar las actividades necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos, instalaciones y procesos en una empresa. Su principal objetivo es prevenir fallos, reducir los tiempos de inactividad no planificados y maximizar la eficiencia operativa mediante una programación ordenada de intervenciones distribuidas a lo largo del tiempo. Este enfoque permite adelantarse a posibles problemas, disminuyendo los costos derivados de reparaciones de emergencia y prolongando la vida útil de los equipos.

Al tener un cronograma bien estructurado, la empresa obtiene una visión clara y completa de las necesidades de mantenimiento. Esto facilita la asignación de periodicidades específicas a cada equipo o proceso, considerando su importancia y el nivel de uso. Seguir esta planificación permite no solo optimizar los recursos disponibles, sino también evitar interrupciones innecesarias en la operación. Fomenta una cultura preventiva y de cuidado en el lugar de trabajo, lo que contribuye a un ambiente más seguro y productivo.

La implementación de un cronograma de mantenimiento es esencial para garantizar la sostenibilidad de las operaciones. Al evitar fallos inesperados, se asegura la continuidad de la producción, el cumplimiento de los plazos de entrega y, en consecuencia, la satisfacción del cliente. Esta herramienta también ayuda al equipo técnico a priorizar intervenciones en equipos críticos, optimizando el uso del tiempo y los recursos, y asegurando que los activos se mantengan en óptimas condiciones.


Por otro lado, contar con un registro detallado de cada intervención realizada permite identificar patrones de desgaste o fallos recurrentes. Esto resulta clave para tomar decisiones sobre la renovación de equipos, ajustes en las frecuencias de mantenimiento o la incorporación de nuevas tecnologías. De esta manera, un cronograma de mantenimiento bien diseñado no solo mejora la operación diaria, sino que también respalda decisiones estratégicas que impactan positivamente en el rendimiento a largo plazo de la empresa. La Tabla 55 detalla el cronograma de mantenimiento preventivo anual propuesto, diseñado para atender la necesidad de minimizar las interrupciones no programadas, garantizar la continuidad operativa de los procesos y reducir los costos asociados a las averías recurrentes y al desgaste de los equipos.

Tabla 55: Cronograma de mantenimiento.

Maquinaria	Actividad	Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Lavadora de Sal	Inspeccionar el sistema de bombeo																																																
	Verificar conexiones y tuberías																																																
	Limpiar y revisar el filtro																																																
Hidrociclón	Limpiar entrada de sólidos																																																
	Revisar válvulas de control																																																
	Ajustar conexiones																																																
Centrífuga	Inspeccionar el rotor																																																
	Revisar desgaste de mallas internas																																																
	Verificar motor y conexiones																																																
Secador	Limpiar ductos de ventilación																																																
	Inspeccionar el calentador																																																
	Revisar ventiladores																																																
Enfriador	Revisar el motoreductor																																																
	Inspeccionar cangilones																																																
	Limpiar y lubricar rodillos																																																

Para concluir con la etapa de mejorar se establece el VSM propuesto junto al diagrama de flujo de proceso que determinan que evidencian que la metodología aplicada ha tenido un impacto positivo en la optimización de procesos, disminuyendo el tiempo de ciclo. A través de estas herramientas se identificó las ineficiencias y áreas conflictivas del proceso. En la Figura 24 se ilustra el diagrama de flujo de proceso propuesto.

Figura 24: Diagrama de flujo de proceso propuesto.

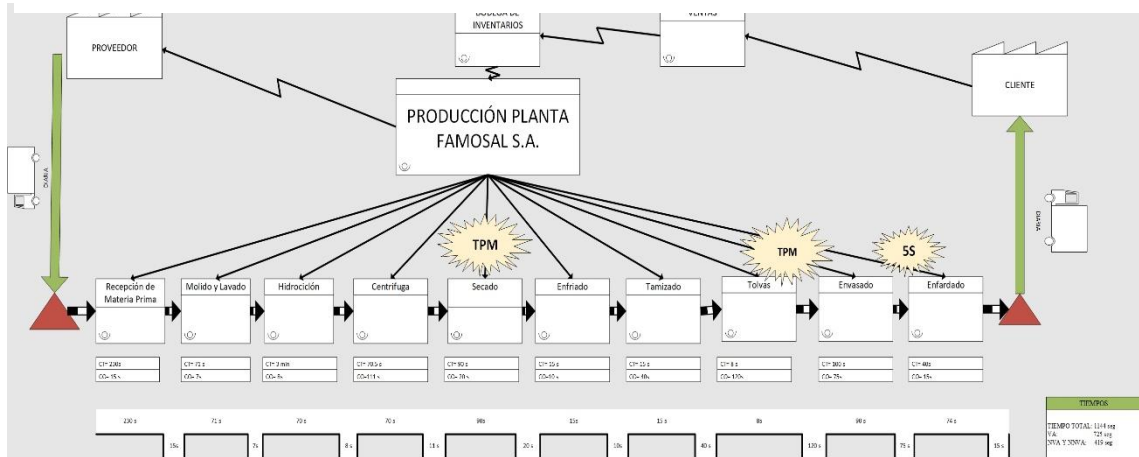
 Diagrama de proceso de flujo									
Diagrama N°2	Condiciones de trabajo			Normales	ACTIVIDAD		Total	Tiempo	
Producto	Sal de Mesa de 500g				○	Operación	9	725	
Lugar	Planta FAMOSAL S.A.				□	Inspección	2	120	
Departamento	Producción				⇒	Transporte	8	211	
Fecha	Octubre/2024				D	Demora	1	80	Elaborado por: Danitza Mendez
Metodo	ACTUAL		PROPUESTO	X	▽	Almacenamiento	2	8	Supervisado por: Jefe de Producción
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	○	□	⇒	D	▽	Unidad Mínima de Empaque	Tiempo (seg)	Distan	Observaciones
Recepcion de Materia Prima	●					1	230		
Cambio de maquinaria			●			1	15	20	
Molienda y lavado de sal en grano	●					1	71		
Cambio de maquinaria			●			1	7	5	
Separación de partículas	●					1	70		
Cambio de maquinaria			●			1	8	3	
Eliminación de agua de la sal	●					1	70		
Control grado de salinidad	●					1	90		
Cambio de maquinaria			●			1	11	6	
Eliminación de humedad	●					1	90		APLICACIÓN DE TPM
Cambio de maquinaria			●			1	20		APLICACIÓN DE TPM
Disminución de temperatura	●					1	15		
Cambio de maquinaria			●			1	10	14	
Separación de material de acuerdo a la granulometría	●					1	15		
Cambio de maquinaria			●			1	40	21	
Almacenado en tolvas				●		1	8		
Descarga de producto				●		1	80		APLICACIÓN DE TPM
Cambio de maquinaria			●			1	40	3	
Envasar sal de mesa en presentación de 500g	●					1	90		APLICACIÓN DE TPM
Control peso de fundas	●					1	30		
Cambio de maquinaria			●			1	45	2	APLICACIÓN DE TPM
Enfardar en pacas de 50 fundas la sal de mesa de 500g	●					1	74		
Llevar fardos a la bodega				●		1	15	5	APLICACIÓN DE 5S
Almacenamiento en bodega				●		1	0		
TOTAL	9	2	8	1	2	1	1144	79	

Nota: Elaborado por la autora.

En el diagrama de flujo de procesos tal como se muestra en la Figura 24 se puede identificar la aplicación de las herramientas de lean manufacturing para abordar los problemas identificados en los procesos que durante la observación tuvieron situaciones atípicas, en la actividad de eliminación de humedad y cambio de maquinaria que están relacionadas con el secador se aplica el TPM destacando que este equipo es de principal atención según los análisis realizados con anterioridad, en la maquinaria de tolva y envasado se aplica el TPM ante los sucesos de tiempos de demora en esta actividad, finalmente en el área de envasado y enfardado se aplica la filosofía de las 5s para mejorar el espacio de trabajo para los operarios y que puedan llevar las pacas de sal de mesa sin inconvenientes.

Con la herramienta del VSM o mapa de cadena de valor de la Figura 25 se detalla gráficamente las mejoras mencionadas anteriormente, facilitando la visualización de cada etapa esto permite establecer el nuevo tiempo de ciclo propuesto para el proceso de producción optimizando la eficiencia del sistema.

Figura 25: VSM propuesto.



Nota: Elaborado por la autora.

El tiempo de ciclo para las actividades que se han implementado directamente las propuestas de mejora han reducido, permitiendo que el tiempo de ciclo de todo el proceso disminuya, el proceso de secado pasó de 132 segundos a 120 segundos, mientras que el proceso de aplicación de TPM en el envasado repercute al tiempo de demora de la descarga en las tolvas que 120 segundos disminuyó a 80 segundos, en la maquinaria de envasado se redujo de 155 segundos a 135 segundos, y en cuanto a la aplicación de las 5s tiene como resultado la diferencia de 10s ante un espacio clasificado, ordenado y limpio, bajo este contexto el tiempo de ciclo mejoró en un 7.73%, pasando de 1236 segundos a 1144 segundos

3.2.9. Controlar

En esta etapa se establece un sistema de control a través de la herramienta de balance scorecard o cuadro de mando integral que tiene como objetivo preservar las mejoras y conocimiento adquirido y fomentar la mejora continua. Cabe recalcar que en el capítulo 1 esta herramienta fue empleada en limitadas investigaciones no obstante en el presente estudio se considera altamente aplicable para esta fase por su potencial para estructurar y monitorear el proceso.

BSC (Balance Scorecard o Cuadro de Mando Integral).

El BSC (Balance Scorecard o BSC) es una herramienta de gestión estratégica que permite a las organizaciones medir y monitorear su desempeño en función de objetivos clave. Desarrollado por Robert Kaplan y David Norton, el BSC se basa en cuatro perspectivas fundamentales: financiera, cliente, procesos internos y aprendizaje y crecimiento. Cada perspectiva establece indicadores de desempeño (KPIs) que reflejan áreas críticas para el logro de las metas estratégicas de la empresa (S. Kumar et al., 2023).

El BSC se destaca como una herramienta integral porque permite a las organizaciones traducir su visión estratégica en objetivos claros y cuantificables, distribuidos en cada una de las cuatro perspectivas. Este enfoque ayuda a crear un equilibrio entre el rendimiento a corto plazo y las metas de crecimiento a largo plazo, fomentando una cultura de responsabilidad y compromiso en todos los niveles de la organización. Con el BSC, cada equipo puede comprender cómo sus esfuerzos influyen en el éxito global de la compañía, lo que propicia una mayor unión en torno a la misión de la empresa y una dirección conjunta hacia el perfeccionamiento constante. adicionalmente, simplifica el monitoreo y la valoración del rendimiento organizacional a través de indicadores clave que se corresponden con las prioridades estratégicas. Este método facilita la identificación precoz de áreas de oportunidad o posibles desviaciones, lo que contribuye a tomar decisiones fundamentadas y a tiempo. El BSC, al incorporar las cuatro visiones (financiera, del cliente, de procesos internos y de aprendizaje y crecimiento), garantiza un equilibrio y concentración de los esfuerzos en elementos esenciales para el triunfo de la organización.

En contraposición a los sistemas convencionales de evaluación, se centra en los resultados económicos e incluye también elementos operativos y de crecimiento organizacional que favorecen el desarrollo sostenido y la mejora constante. Este enfoque equilibrado facilita la alineación de todos los niveles de la organización con la visión y estrategia corporativas, mejorando la toma de decisiones y optimizando el uso de recursos. La Tabla 56 presenta el cuadro de mando integral para Famosal S.A.

Tabla 56: Cuadro de mando integral Famosal S.A.

Perspectiva	Objetivo Estratégico	Indicador de Desempeño	Indicador	Meta	Acciones Estratégicas
Financiera	Generar máxima rentabilidad	Aumentar ingresos	Ingresos Totales	15% anual	Reducción de costos operativos
		Control de costos	Costos Totales	90%	Optimizar la gestión de inventario de repuestos y herramientas
		Mejorar rentabilidad	Rentabilidad (%)	20%	Extender programas de mantenimiento planificado
Cliente	Satisfacer a los clientes	Cumplimiento de entrega	Tiempo de Ciclo	95%	Minimizar paradas y fallos mediante mantenimientos regulares
		Calidad percibida	Nivel de Rechazos	98%	Reducir tiempos de inactividad y averías en maquinarias
Procesos Internos	Optimizar proceso de producción	Mejorar Proceso	Productividad pacas/hora	20%	Implementar herramientas lean que optimicen el proceso
		Mantenimiento preventivo	Mantenimientos programados realizados	100%	Desarrollar calendario de mantenimiento y auditoría de tiempos
Aprendizaje y Crecimiento	Fomentar el desarrollo del personal	Capacitación continua	Horas de Capacitación	100%	Programar capacitaciones y evaluación de desempeño
		Compromiso con la mejora continua	Participación en Mejora	20 horas/año	Implementar programa de entrenamiento técnico especializado
			(Operarios en Mejora / Total Empleados) × 100	25%	Crear reuniones y canales de comunicación para reportes

Nota: Elaborado por la autora.

El balance scorecard se muestra en la tabla 56, mostrando una clara dirección hacia la mejora de la rentabilidad, la satisfacción del cliente, la eficacia en las operaciones y el crecimiento del personal. Desde el punto de vista financiero, el énfasis en incrementar los ingresos y gestionar los costos promueve un crecimiento económico, sustentado en la disminución de los gastos operativos mediante el mantenimiento preventivo y la optimización de inventarios que incrementan la eficiencia y la rentabilidad de la compañía.

Para la compañía en análisis, este método influye directamente en la reducción de costos vinculados a interrupciones no planificadas y fallos recurrentes, reconocidos como elementos clave que impactan la productividad. Una administración eficaz de inventarios previene acumulaciones superfluas y optimiza el flujo de materiales, garantizando la estabilidad en las operaciones. Estas medidas robustecen la estructura económica de la compañía y ayudan a alcanzar las metas estratégicas establecidas, asegurando un rendimiento duradero y fiable a lo largo del tiempo.

La orientación hacia el cliente se basa en garantizar tiempos de entrega y calidad del producto mediante indicadores clave como el tiempo de ciclo y el nivel de rechazos. Estas métricas evalúan la capacidad de la empresa para satisfacer las expectativas de los clientes, minimizando paradas de producción y realizando ajustes los equipos que aseguran la estabilidad en los procesos.

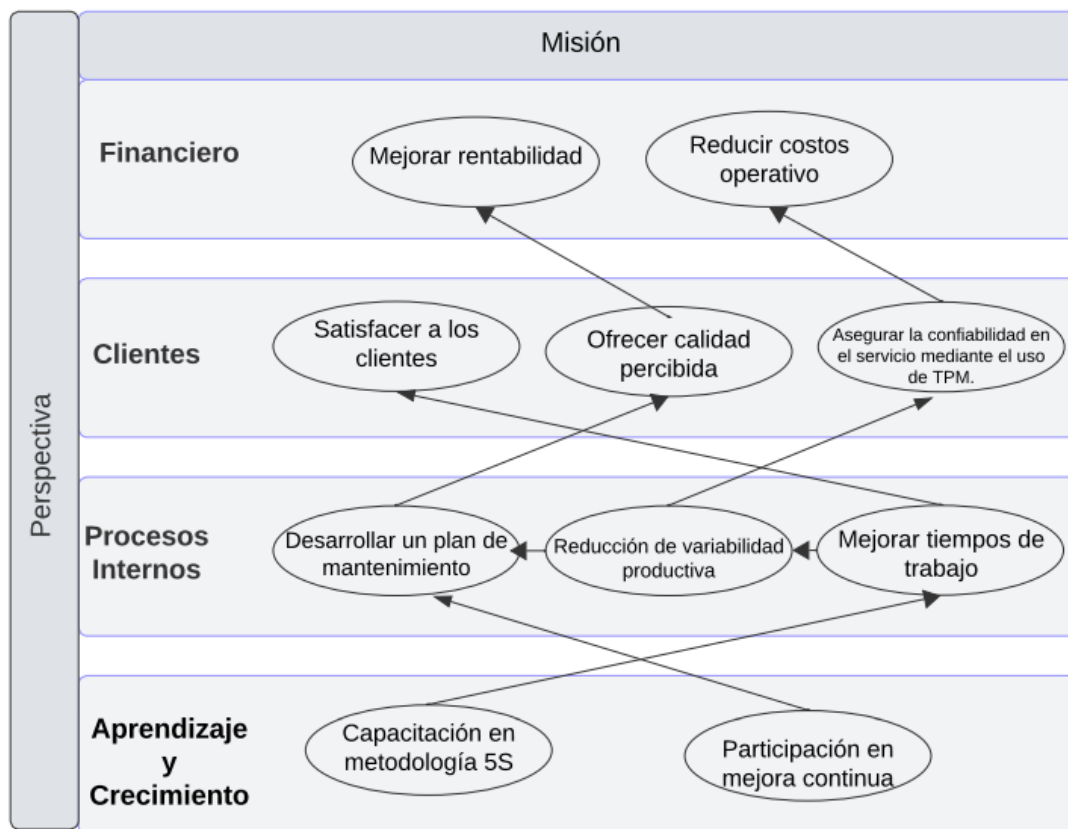
En cuanto a los procesos internos, el enfoque en optimizar el proceso de producción, teniendo como indicador las pacas por horas aplicando las herramientas lean manufacturing para mejorar los procesos a su vez con los mantenimientos preventivos reducir tiempos de inactividad y mejorar la confiabilidad de los equipos. Los protocolos de mantenimiento y un programa de auditorías garantizan una planificación apropiada de las intervenciones, promoviendo la continuidad de las operaciones

Finalmente, el crecimiento del personal es esencial para promover una cultura de perfeccionamiento constante. La formación y la implicación en proyectos de mejora potencian las competencias del equipo, como la herramienta de las 5s, lo que mejora el desempeño. Además, fomenta un ambiente laboral seguro y productivo, fortaleciendo un equipo dedicado a los objetivos estratégicos de la organización.

La Figura 24 ilustra el mapa estratégico de la empresa como herramienta fundamental para visualizar las metas y objetivos estratégicos que se plantean para la empresa, este mapa permite identificar las relaciones entre las diversas perspectivas resaltando como cada una se interrelacionan y tienen influencia e impacto una con otra,

la implementación efectiva de estas estrategias es crucial para mantener un control ante las herramientas de mejora presentadas con anterioridad.

Figura 26: Mapa estratégico de FAMOSAL S.A.



Nota: Elaborado por la autora.

La Figura 24 presenta el mapa estratégico que ilustra la concordancia entre las distintas visiones del cuadro de gestión integral (BSC) para alcanzar la misión de la planta de procesamiento de sal. En el fundamento, la perspectiva de aprendizaje y crecimiento promueve la formación en metodología 5S y la implicación en la mejora continua, lo que establece los cimientos para la optimización de los procesos internos. Estos procedimientos comprenden la elaboración de un plan de conservación, la disminución de la variabilidad en la productividad y la optimización de los tiempos laborales. Todo esto busca potenciar la calidad perceptible y satisfacer a los clientes, estableciendo un servicio fiable a través de la implementación de TPM.

Estos avances internos robustecen las metas económicas de la fábrica, tales como la mejora de la rentabilidad y la disminución de los gastos operacionales, fomentando la sostenibilidad y la competitividad en el mercado. El mapa estratégico explica cómo disminuir la variabilidad en la productividad producirá ventajas en diferentes sectores de

la compañía. Este método tiene un impacto directo en la estabilidad de los procesos de producción, reduciendo las interrupciones y potenciando la habilidad para responder a las exigencias del mercado.

La reducción de la variabilidad es el núcleo del control estratégico que favorece el acatamiento de los criterios de calidad, lo que fortalece la satisfacción del cliente al obtener un producto consistente y fiable. Estas acciones aseguran que cada área de la organización opere en sinergia hacia una misión común, generando mejoras significativas en la eficiencia de los procesos y fortaleciendo la posición de la empresa en el mercado.

Evaluación de resultados mediante el balance scorecard (BSC).

Se propone establecer un balance scorecard (BSC) como herramienta para evaluar el impacto potencial de las estrategias de mejora en mantenimiento y optimización de procesos. Este estudio, organizado en cuatro enfoques (financiero, del cliente, de los procesos internos y de aprendizaje y crecimiento), facilita la proyección de los resultados previstos en diferentes sectores esenciales de la compañía. El propósito de la implementación del BSC es ofrecer una perspectiva minuciosa del desempeño operativo y la eficacia de las medidas sugeridas, funcionando como un fundamento firme para la planificación y evaluación de los progresos en la administración de los procesos de producción. (S. Kumar et al., 2023).

Las proyecciones indican avances importantes en indicadores esenciales como el costo de operación, la ejecución de entregas, la eficacia de los procedimientos y el grado de formación del personal. Estas estimaciones subrayan el efecto beneficioso previsto de las prácticas de mantenimiento preventivo y la formación constante, favoreciendo un desempeño más constante y eficaz de las operaciones.

La incorporación de indicadores facilita el seguimiento preciso de los progresos y la identificación de áreas de oportunidad que pueden ser tratadas para continuar potenciando la eficiencia y la sostenibilidad del proceso de producción. La reducción anticipada en los costos de mantenimiento correctivo y el incremento en la satisfacción del cliente, reflejado en una mejora del nivel de cumplimiento de entregas, evidencian el potencial de optimización en los recursos y procesos de la empresa. En las Tablas 57 a la 60 se detallan los indicadores seleccionados para monitorear y mejorar cada perspectiva clave dentro de la organización.

Tabla 57: Control perspectiva financiera.

Objetivo Estratégico	Factor clave	Indicador	Responsable	Fórmula	Frecuencia de Medición
Generar máxima rentabilidad	Aumentar ingresos	Ingresos Totales	Jefe Financiero	$\text{Pacas Totales} \times \text{Precio por Paca}$	Mensual y Anual
	Control de costos	Costos Totales	Jefe Financiero	$\text{Pacas Totales} \times \text{Costo Unitario}$	Mensual
	Mejorar rentabilidad	Rentabilidad (%)	Jefe Financiero	$\frac{((\text{Ingresos Totales} - \text{Costos Totales}) / \text{Ingresos Totales}) \times 100}{100}$	Anual

Nota: Elaborado por la autora.

El estudio estratégico de la visión financiera se enfoca en potenciar el rendimiento económico a través del incremento de ingresos y la gestión de costos. Los indicadores establecidos posibilitan el seguimiento sistemático de los resultados, favoreciendo la detección de oportunidades para la optimización de recursos. La regularidad en la medición garantiza un monitoreo apropiado y acorde a los objetivos fijados.

Tabla 58: Control perspectiva del cliente.

Objetivo Estratégico	Factor clave	Indicador	Responsable	Fórmula	Frecuencia de Medición
Satisfacer a los clientes	Cumplimiento de entrega	Tiempo de Ciclo	Jefe de Producción	$\frac{\text{Tiempo Total Producción (min)}}{\text{Pacas Totales}}$	Mensual
	Calidad percibida	Nivel de Rechazos	Jefe de Calidad	$\frac{\text{Pacas Rechazadas}}{\text{Pacas Totales}} \times 100$	Mensual

Nota: Elaborado por la autora.

El análisis estratégico de la perspectiva del cliente está orientado a garantizar la satisfacción de los usuarios mediante el cumplimiento de las entregas y la calidad del producto. Los indicadores definidos permiten evaluar la eficiencia operativa y detectar oportunidades de mejora en la producción con el propósito de incrementar el grado de

aceptación de los consumidores, adicional la medición mensual proporciona información clave para realizar ajustes oportunos y mantener estándares altos en el servicio

Tabla 59: Control perspectiva de procesos internos.

Objetivo Estratégico	Factor clave	Indicador	Fórmula	Responsable	Frecuencia de Medición
Optimizar la eficiencia	Producción diaria de la fábrica.	Productividad	$\text{Pacas Totales} / \text{Tiempo Total (h)}$	Jefe de producción .	Semanal
	Mantenimiento preventivo de maquinarias.	Cumplimiento de cronogramas	$\text{Mantenimientos realizados} / \text{Mantenimiento programados}$	Jefe de producción .	Mensual

Nota: Elaborado por la autora.

El análisis estratégico de la perspectiva de procesos internos busca optimizar la eficiencia operativa mediante el monitoreo de la productividad diaria y el cumplimiento de los cronogramas de mantenimiento preventivo. Los indicadores permiten evaluar el rendimiento de la planta y la efectividad del mantenimiento planificado. La frecuencia de medición asegura un control constante para tomar decisiones oportunas y mantener el desempeño esperado.

Tabla 60: Control de perspectiva de aprendizaje y crecimiento.

Objetivo Estratégico	Factor clave	Indicador	Responsable	Fórmula	Frecuencia de Medición
Fomentar el desarrollo del personal.	Capacitación continua.	Horas de Capacitación.	RRHH	$\# \text{ de Operarios capacitados} / \text{Número de Operarios}$	Semestral
	Compromiso con la mejora continua.	Participación en Mejora.	Jefe de Producción	$(\text{Operarios en Mejora} / \text{Total Empleados}) \times 100$	Anual

Nota: Elaborado por la autora.

El estudio estratégico de aprendizaje y crecimiento se centra en impulsar el crecimiento del personal a través de la formación constante y la implicación en proyectos de optimización. Los indicadores sugeridos facilitan la evaluación del impacto de las formaciones y el compromiso del equipo con las metas de mejora. La regularidad en la medición permite el monitoreo del avance y garantiza el logro de los objetivos vinculados al crecimiento humano en la organización.

El método del semáforo es un enfoque visual empleado para valorar el rendimiento de indicadores, categorizándolos en tres grados de cumplimiento a través de colores: rojo, amarillo y verde. Este método permite una interpretación rápida del nivel de éxito logrado en comparación con los objetivos fijados, lo que posibilita la priorización de acciones correctivas o preventivas según se requiera.

De acuerdo con Nashihuddin & Mubin, (2022) este método se emplea extensamente en la administración estratégica ya que ofrece una perspectiva clara y comprensible de los progresos, promoviendo una toma de decisiones más rápida y basada en fundamentos. Para el BSC, los niveles establecidos en la Tabla 61 facilitan la identificación de áreas críticas (rojo), el seguimiento de elementos con cumplimiento medio (amarillo) y el fortalecimiento de buenas prácticas en metas alcanzadas o superadas (verde), asegurando un monitoreo constante y una mejora continua en el rendimiento de la organización.

Tabla 61: Técnica del semáforo para la calificación en el BSC.

Color	Rango de Cumplimiento	Interpretación	Acciones Recomendadas
Rojo	< 50%	Cumplimiento Mínimo	Requiere intervención urgente para mejorar el desempeño
Amarillo	50% a 75%	Satisfactorio (Alerta)	Monitorear y aplicar mejoras para alcanzar el objetivo completo
Verde	75% a 100%	Sobresaliente	Mantener el desempeño, fomentar prácticas efectivas

Nota: Elaborado por la autora.

Esta técnica presentada con anterioridad en la Tabla 61 permite visualizar de manera clara y rápida el estado de cada indicador, facilitando la toma de decisiones y priorización de acciones correctivas en función del desempeño observado. Para asegurar un registro objetivo, se recomienda el uso de una ficha técnica específica para cada indicador, que permita documentar su evaluación de manera precisa y consistente, promoviendo así una medición objetiva y transparente, este método de evaluación será empleado en los planes operativos de cada perspectiva.

Plan Operativo.

El plan operativo es una herramienta clave para la gestión y el logro de resultados dentro de una organización. Define programas, proyectos, acciones, objetivos y metas específicas a desarrollarse en un periodo determinado, generalmente anual. Este plan se diseña en alineación con los lineamientos estratégicos, permitiendo que las acciones diarias contribuyan directamente a la misión y visión de la empresa. Además, busca

maximizar los recursos disponibles, garantizando eficiencia y efectividad en los procesos internos.

En este proyecto, el plan operativo se basará en el balance scorecard (BSC) y el mapa estratégico previamente definido. Esta metodología asegura que cada área de la empresa tenga un rol claro y una contribución directa hacia los objetivos estratégicos. Al estructurar su planificación, cada departamento enfoca sus esfuerzos en acciones concretas que optimicen la productividad y el rendimiento general de la organización.

La estrategia empresarial se organiza en cuatro perspectivas fundamentales que reflejan el desarrollo integral de la empresa:

1. **Perspectiva de aprendizaje y crecimiento:** se enfoca en capacitar al personal y promover una cultura de mejora continua. La formación y el desarrollo de habilidades fortalecen la competencia técnica del equipo y generan compromiso con los objetivos empresariales. Un equipo capacitado no solo es más eficiente, sino que también impulsa la innovación y enfrenta los desafíos con mayor efectividad.
2. **Perspectiva de procesos internos:** busca optimizar los procesos críticos, como el mantenimiento preventivo y la reducción de variabilidad en la producción. La aplicación de la metodología 5S organiza los espacios de trabajo, disminuye tiempos de inactividad y aumenta la eficiencia operativa. Esto permite reducir desperdicios, mejorar el flujo de trabajo y garantizar una operación más confiable y eficaz.
3. **Perspectiva del cliente:** centra sus esfuerzos en mejorar la satisfacción del cliente a través de entregas puntuales y productos de alta calidad. Una atención constante a las expectativas del cliente fortalece su relación con la empresa y asegura su fidelidad. Este enfoque no solo mejora la reputación de la organización, sino que también la posiciona como un competidor sólido en un mercado exigente.

Finalmente, la perspectiva financiera se orienta hacia la maximización de la rentabilidad mediante el control de costos y la mejora continua en la eficiencia operativa. Estas acciones permiten asegurar la estabilidad financiera de la organización, reduciendo gastos innecesarios y optimizando los recursos disponibles. Además, al implementar análisis financiero y establecer sus indicadores permite la factibilidad de la toma de decisiones lo que contribuye a un uso eficaz de recursos económicos y fortalece la competitividad de la empresa.

Tabla 62: Plan operativo de la perspectiva financiera.

Objetivo estratégico	Mejorar rentabilidad y optimizar costos operativos.						
Objetivo General	Incrementar los ingresos mediante optimización de costos y una eficiente gestión de recursos.						
Factores clave	Control de costos y gestión de recursos.						
N°	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	CRONOGRAMA		Evaluación		
			DURACIÓN	INICIO – FIN	<50%	De 50% a 75%	>75%
1	Aumentar ingresos.	Jefe Financiero	12 meses	Ene 25 – ene 26			
2	Control de costos.	Jefe Financiero	6 meses	Ene 25 – Jun 25			
3	Mejorar rentabilidad.	Jefe Financiero	12 meses	Ene 25 - ene 26			
PRESUPUESTO (anual)							
Consultoría en reducción de costos: \$1,200							
Costos de auditorías internas: \$600							
TOTAL: \$1,800							
INDICADORES							
% de reducción en costos operativos							
% de aumento en ingresos							

Nota: Elaborado por la autora.

La Tabla 62 muestra el plan de operación desde el punto de vista financiero, cuyo propósito estratégico es incrementar la rentabilidad y maximizar los gastos operativos en la entidad. Este plan contempla acciones concretas como incrementar los ingresos, regular los costos y potenciar la rentabilidad, todas estas tareas están bajo la responsabilidad del director financiero.

Estas tareas se llevarán a cabo en lapsos de 6 a 12 meses, con evaluaciones fundamentadas en el nivel de cumplimiento (representado en tres categorías: <50%, 50%-75%, y >75%). La inversión anual para dichas actividades comprende una inversión en asesoría para disminuir costos (\$1,200) y auditorías internas (\$600), lo que totaliza \$1,800. Los indicadores de rendimiento vinculados se enfocan en la disminución de los gastos operativos y el incremento de los ingresos obtenidos a partir de la mejora de estos costos.

Tabla 63: Plan operativo de la perspectiva cliente.

Objetivo estratégico		Garantizar la satisfacción y fidelización de clientes mediante calidad y tiempos de entrega confiables.					
Objetivo General		Mejorar la percepción de calidad y asegurar el cumplimiento de entregas a tiempo.					
Factores clave		Cumplimiento de tiempos de entrega, calidad en el servicio.					
N°	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	CRONOGRAMA		EVALUACIÓN		
			DURACIÓN	INICIO – FIN	<50%	De 50% a 75%	>75%
1	Cumplimiento de entrega.	Jefe de Producción	12 meses	Ene 25 – Ene 26			
2	Calidad percibida.	Jefe de Calidad	12 meses	Ene 25 – Ene 26			
PRESUPUESTO (anual) Sistema de seguimiento de entregas: \$900 Materiales para encuestas de satisfacción: \$400 TOTAL: \$1,300							
INDICADORES % de cumplimiento de tiempos de entrega % de satisfacción de clientes							

Nota: Elaborado por la autora.

La Tabla 63 muestra el plan operativo desde el punto de vista del cliente, cuyo propósito es asegurar la satisfacción y lealtad mediante la calidad y la adherencia a los plazos de entrega. Las tareas comprenden el monitoreo del cumplimiento de entrega, la eficiencia productiva y la percepción de calidad, cada una con encargados y un calendario establecido. La asignación anual de presupuesto es de \$1,300, destinado a financiar un sistema de monitoreo de entregas y materiales para cuestionarios de satisfacción. Los principales indicadores son el porcentaje de cumplimiento con los plazos de entrega y el grado de satisfacción del cliente.

Tabla 64: Plan operativo de la perspectiva de procesos internos.

Objetivo estratégico		Optimizar los procesos de producción y mantenimiento para maximizar eficiencia y minimizar tiempos de inactividad.					
Objetivo General		Reducir la variabilidad en productividad mediante el mantenimiento preventivo y mejora de los procesos internos.					
Factores clave		Mantenimiento efectivo, reducción de paradas inesperadas, mejora de tiempos de ciclo.					
N°	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	CRONOGRAMA		EVALUACIÓN		
			DURACIÓN	INICIO – FIN	<50%	De 50% a 75%	>75%
1	Estandarizar procesos de producción.	Jefe de producción	12 meses	Ene 25 – Ene 26			
2	Mantenimiento preventivo.	Jefe de producción	6 meses	Ene 25 – Jun 25			
PRESUPUESTO (anual)							
Capacitación en mantenimiento autónomo: \$1,100							
Auditorías mensuales: \$600							
TOTAL: \$1,700							
INDICADORES							
% de reducción en tiempos de inactividad							
% de cumplimiento de programas de mantenimiento							

Nota: Elaborado por la autora.

La Tabla 64 muestra el esquema operativo de la perspectiva de procesos internos, concebido para maximizar la producción y disminuir la variabilidad a través de la aplicación del instrumento TPM (mantenimiento productivo total). Este método se enfoca en normalizar las tareas fundamentales del mantenimiento, tales como la revisión del sistema de bombeo, el mantenimiento preventivo de los ventiladores y la gestión del sistema de sellado. Cada tarea posee un calendario establecido y responsables designados, garantizando así una realización ordenada y eficaz.

El plan, con un presupuesto anual de \$1,700 destinado a la formación en mantenimiento autónomo y auditorías mensuales, tiene como objetivo potenciar la proactividad en las labores de mantenimiento, reduciendo los periodos de parada y potenciando la estabilidad operativa. Las señales de éxito comprenden la disminución de los periodos de inactividad y la observancia del programa de mantenimiento, elementos cruciales para asegurar la continuidad del proceso de producción y potenciar la eficiencia en la planta.

Tabla 65: Plan Operativo de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento.

Objetivo estratégico		Fortalecer las habilidades del personal y fomentar la mejora continua.					
Objetivo General		Desarrollar competencias en 5S, TPM y promover una cultura organizacional orientada a la calidad.					
Factores clave		Formación continua y motivación del personal.					
N°	ACTIVIDADES	RESPONSABLE	CRONOGRAMA		EVALUACIÓN		
			DURACIÓN	INICIA	<50%	De 50% a 75%	>75%
1	Capacitación continua	RRHH	12 meses	Ene 25 – Ene 26			
2	Compromiso con la mejora continua.	Jefe de Producción	12 meses	Ene 25 – Ene 26			
			12 meses	Ene 25 – Ene 26			
PRESUPUESTO (anual)							
Programa de capacitación en 5S y TPM: \$1,000							
Talleres y materiales para sesiones motivacionales: \$800							
TOTAL: \$1,800							
INDICADORES							
% de empleados capacitados en 5S y TPM							
% de participación en talleres de mejora continua							

Nota: Elaborado por la autora.

El plan operativo para la perspectiva de aprendizaje y crecimiento se muestra en la Tabla 65, enfocado en potenciar las capacidades del personal y promover una cultura de perfeccionamiento constante. Este plan se enfoca en fomentar habilidades esenciales a través de formación en metodologías 5S y TPM, fomentando una cultura de calidad y eficacia. Las tareas fundamentales comprenden la formación constante, encabezada por el departamento de recursos humanos, y la dedicación a la mejora constante, bajo la dirección del jefe de producción, ambas con un periodo de 12 meses respectivamente. Con un presupuesto anual de \$1,800, que incluye el programa de formación y los talleres de motivación, se pretende garantizar que el personal obtenga y conserve las competencias requeridas para promover las metas de la organización.

El objetivo de esta inversión es robustecer el compromiso y el conocimiento de los empleados, equipándolos con herramientas que incrementen la eficiencia y orden en

las operaciones. La metodología 5S permitirá a la empresa mejorar el entorno de trabajo a través de prácticas que fomenten la limpieza, el orden y la estandarización, elementos cruciales para mantener una producción constante y minimizar tiempos de inactividad. Por otro lado, el enfoque en TPM asegura que el personal esté capacitado en técnicas de mantenimiento preventivo, con el fin de reducir los tiempos de parada y asegurar la disponibilidad de los equipos productivos.

Este enfoque alineado con el BSC impulsa a un modelo de operación competitivo, donde el aprendizaje continuo y la mejora de los procesos internos incrementan la eficiencia, y generan una base sólida para el crecimiento sostenible a largo plazo. La capacitación y motivación del personal contribuyen a reducir la variabilidad en la productividad, permitiendo a la empresa cumplir con las expectativas de los clientes y mejorar su rentabilidad en el mercado. Para concluir con la etapa de control en la Tabla 66 se presenta de forma general los indicadores de evaluación los cuales permiten mantener un monitoreo continuo y eficaz de cada perspectiva.

Tabla 66: Indicadores de evaluación.

Perspectiva	Indicador	Responsable	Fórmula	Frecuencia de Medición
FINANCIERA	Ingresos Totales	Jefe Financiero	$\frac{\text{Pacas Totales}}{\text{Precio por Paca}} \times$	Mensual y Anual
	Costos Totales	Jefe Financiero	$\frac{\text{Pacas Totales}}{\text{Costo Unitario}} \times$	Mensual
	Rentabilidad (%)	Jefe Financiero	$\frac{((\text{Ingresos Totales} - \text{Costos Totales}) / \text{Ingresos Totales}) \times 100}{}$	Anual
CLIENTES	Cumplimiento de entrega	Jefe de Producción	$\frac{\text{Tiempo Total (min)}}{\text{Pacas Totales}}$	Mensual
	Nivel de Rechazos	Jefe de Calidad	$\frac{(\text{Pacas Rechazadas} / \text{Pacas Totales}) \times 100}{}$	Mensual
PROCESOS INTERNOS	Productividad (pacas/h)	Jefe de producción	$\frac{\text{Toneladas Totales}}{\text{Tiempo Total (h)}}$	Semanal
	Tiempo de Mantenimiento	Jefe de producción	$\frac{\text{Suma de Tiempos de Mantenimiento}}{\text{Número de Incidencias}}$	Mensual
APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO	Horas de Capacitación	RRHH	$\frac{\text{Suma de Horas de Capacitación}}{\text{Número de Empleados}}$	Semestral
	Participación en Mejora	Jefe de Producción	$\frac{(\text{Empleados en Mejora} / \text{Total Empleados}) \times 100}{}$	Anual

Nota: Elaborado por la autora.

3.3. Análisis financiero.

Presupuesto de inversión.

El presupuesto de la implementación del BSC, 5s y TPM presenta en la Tabla 67, con una inversión de \$6,600.00 USD destinada a programas de formación, optimización operativa y actividades relacionadas con las cuatro perspectivas del modelo. Para cubrir este presupuesto, se plantea financiar la inversión mediante un préstamo bancario con una tasa de interés anual del 15% y un plazo de amortización de cinco años

Tabla 67: Presupuesto de inversión.

Rubros	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
1. Personal				
Consultoría en reducción de costos	Persona	1	\$500,00	\$500,00
Jefe de Logística para seguimiento de entregas	Persona	1	\$600,00	\$600,00
Consultoría para implementación de 5S y TPM	Persona	1	\$700,00	\$700,00
Asistente de capacitación en mantenimiento	Persona	1	\$500,00	\$500,00
2. Equipos y Herramientas				
Kit de herramientas para mantenimiento	Unidad	2	\$150,00	\$300,00
Sistema de lubricación para maquinaria	Unidad	1	\$200,00	\$200,00
Sistema de monitoreo de vibraciones	Unidad	1	\$400,00	\$400,00
3. Gastos de Transportación				
Transporte para visitas de control de calidad	Meses	2	\$150,00	\$300,00
Viáticos para equipo técnico en capacitación	Persona	2	\$100,00	\$200,00
4. Materiales e Insumos				
Material de oficina para capacitaciones TPM	Lote	1	\$100,00	\$100,00
Encuestas de satisfacción para clientes	Unidad	5	\$4,00	\$20,00
Señalización en planta para zonas de seguridad	Unidad	8	\$10,00	\$80,00
5. Servicio Técnico				
Mantenimiento de equipos de producción	Cantidad	1	\$400,00	\$400,00
Calibración de equipos de control de calidad	Cantidad	1	\$400,00	\$400,00

Consultoría externa en ergonomía y TPM	Cantidad	1	\$400,00	\$400,00
6. Otras Actividades				
Talleres de sensibilización en calidad	Sesiones	2	\$300,00	\$600,00
Evaluación de puestos de trabajo TPM	Cantidad	1	\$200,00	\$200,00
Campaña de concienciación interna	Unidad	1	\$400,00	\$400,00
Elaboración de manuales y distribución	Cantidad	1	\$200,00	\$200,00
Subtotal				\$6,500.00
Imprevistos				\$100
Total				\$6,600.00

Nota: Elaborado por la autora.

El presupuesto de \$6,600.00 en base a la Tabla 67 en la empresa se distribuye estratégicamente en áreas clave orientadas a la optimización de la eficiencia y la reducción de costos. La inversión principal se concentra en la adquisición de sistemas de monitoreo y mantenimiento, así como herramientas de lubricación y calibración, esenciales para minimizar los tiempos de inactividad y asegurar un funcionamiento continuo de los equipos.

Tabla 68. Cálculos del flujo de fondo.

Año	Flujo Fondo (\$)	Saldo Actual al 10% (\$)	Saldo Actualizado Acumulado (\$)
0	-6,600	-6,600	-6,600
1	1,500	1,363.64	-5,236.36
2	1,500	1,239.67	-3,996.69
3	1,500	1,127.88	-2,868.81
4	1,500	1,025.34	-1,843.47
5	1,500	931.22	-912.25

Nota: Elaborado por la autora.

1. Datos iniciales:

- Inversión inicial: -\$6,600.
- Flujos anuales: \$1,500 (constantes durante 5 años).
- Tasa de descuento: 10% (0.1).

2. **Cálculo de los flujos descontados:** Los flujos anuales se actualizan a valor presente utilizando la fórmula del descuento:

$$\text{Flujo descontado} = \frac{\text{Flujo Anual}}{(1 + \text{Tasa de descuento})^t}$$

Donde t es el año correspondiente.

$$\text{Año 1} = \frac{1500}{(1 + 0.1)^1} = 1,363.64$$

$$\text{Año 1} = \frac{1500}{(1 + 0.1)^2} = 1,239.67$$

$$\text{Año 1} = \frac{1500}{(1 + 0.1)^3} = 1,127.88$$

$$\text{Año 1} = \frac{1500}{(1 + 0.1)^4} = 1,025.34$$

$$\text{Año 1} = \frac{1500}{(1 + 0.1)^5} = 931.22$$

3. **Cálculo del Valor Neto Actual (VNA):** El VNA se obtiene sumando los flujos descontados:

$$\text{VNA} = 1,363.64 + 1,239.67 + 1,127.88 + 1,025.34 + 931.22 = 5,681.81$$

4. **Cálculo del Valor Actual Neto (VAN):** El VAN se calcula sumando la inversión inicial al VNA:

$$\text{VAN} = \text{VNA} + \text{Inversión inicial} = 5,681.81 - 6,600 = -918.19$$

5. **Aproximación de la Tasa Interna de Retorno (TIR):** La TIR se define como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. En este caso, se aproxima a:

$$\text{TIR} = 15.24\% \text{ (según la evaluación de los flujos)}$$

6. Cálculo del *Payback Ratio* (PR): El PR indica cuántos años son necesarios para recuperar la inversión inicial:

$$PR = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Flujo Anual}} = \frac{6,600.00}{1,500.00} = 4.4 \text{ años}$$

Luego de realizar los cálculos financieros, los resultados demuestran que la propuesta es viable y rentable para la empresa. El valor neto actual (VNA) de \$5,681.81 refleja que los flujos de efectivo descontados generan un rendimiento significativo a lo largo del periodo de cinco años. Aunque el valor actual neto (VAN) es ajustado, con una mejora en los flujos proyectados se asegura la recuperación de la inversión. El período de recuperación (PR) de 4.4 años indica que la inversión inicial será recuperada antes de finalizar el plazo de cinco años, asegurando que los beneficios netos comiencen a generarse en el corto plazo. En conjunto, estos resultados respaldan la propuesta como una estrategia que no solo optimizará los procesos productivos, sino que también contribuirá de manera positiva al desempeño financiero y al crecimiento sostenible de la empresa.

CONCLUSIONES

A través de un análisis bibliométrico de 392 publicaciones dispersas en los repositorios de información: Dimensions, Scopus y Science Direct permitieron identificar las tendencias de crecimiento anual y producción científica del asunto principal, junto con los autores y países de origen. Se realizó el procesamiento e interpretación de datos mediante diversos criterios de exclusión e inclusión, resaltando la oportunidad de mejoras en las compañías mediante la optimización de procesos. Esto permitió el reconocimiento de diversas metodologías y herramientas relevantes.

En este marco, se estableció el diseño de la investigación, que optó por un método cuantitativo no experimental con un enfoque descriptivo y correlacional, apropiado para el estudio del proceso. La recopilación de datos se fundamentó en la observación directa, y la metodología siguió un camino preestablecido que destaca a Lean Six Sigma como método más eficaz. A través de la adopción de un artículo que utiliza esta metodología, se describen las fases del proceso donde se incorpora el ciclo DMAMC, proporcionando una orientación precisa para el desarrollo de la investigación, además de los libros: Ingeniería de Proceso: La manufactura ágil, el análisis de tiempos y el control estadístico de calidad y six sigma contribuyeron a la implementación de estos instrumentos.

De esta forma el marco de resultados se realizó en base a las etapas determinadas en el que retroalimenta la revisión de la literatura, se identifican procesos y productos, y se inicia el ciclo DMAMC, en la etapa de definir se establece las métricas y problemas a solucionar con el marco de proyecto, en medir se procesan los datos de tiempos de ciclo a través de diagrama de operaciones y flujo de procesos acompañado de la medición de factores que afectan a la productividad, en la fase de análisis de corrobora la información medida para establecer estrategias en la etapa de mejorar que se propone la aplicación de las 5s y TPM en la empresa estableciendo las mejoras propuestas, y para controlar estas acciones se establece un cuadro de mando integral acompañado de los planes operativos para cada perspectiva.

RECOMENDACIONES

Es fundamental analizar los temas de estudio mediante bases de datos confiables que garanticen la autenticidad del contenido. Así se corrobora la información y se permite su replicación en investigaciones futuras. Esto facilita la toma de decisiones correctas, la creación de enfoques innovadores y la ampliación de la comprensión del asunto a estudiar.

Establecer el marco metodológico es un componente indispensable para el desarrollo de la investigación debido a que proporciona la guía para el desarrollo del estudio, para asegurar la obtención de información relevante es crucial definir con precisión la ruta del procedimiento metodológico lo que implica determinar las metodologías, herramientas y combinación de cada una de ellas, además para llegar a ruta metodológica ideal se debe seleccionar de forma sistemática y crítica los artículos científicos de confianza que ofrezcan fundamentos teóricos sólidos que permitan alcanzar los objetivos de investigación y facilite la interpretación de datos.

La empresa debe realizar revisiones periódicas del cuadro de mando integral para evaluar el progreso de las métricas de productividad y determinar la efectividad de las estrategias implementadas como las 5s y TPM. Estas revisiones permitirán hacer ajustes oportunos en las prácticas de mantenimiento y cultura de orden, optimizando los procesos garantizando que las mejoras prevalezcan en el tiempo. De la misma manera se recomienda implementar las auditorías regulares y sesiones de retroalimentación. Implementar auditorías regulares y sesiones de retroalimentación tras cada revisión, esta práctica fortalecerá la capacidad de respuesta de la empresa ante posibles desajustes, asegurando que objetivos estratégicos y operativos se mantengan alineados lo que contribuye a obtener mejor desempeño.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbes, N., Sejri, N., Xu, J., & Cheikhrouhou, M. (2022). New Lean Six Sigma readiness assessment model using fuzzy logic: Case study within clothing industry. *Alexandria Engineering Journal*, 61(11), 9079–9094. <https://doi.org/10.1016/J.AEJ.2022.02.047>
- Adeodu, A., Kanakana-Katumba, M. G., & Rendani, M. (2021). Implementation of lean six sigma for production process optimization in a paper production company. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(3), 661–680. <https://doi.org/10.3926/JIEM.3479>
- Aguilar Bernal, L. A. (2023). Investigación cualitativa y cuantitativa: complementos brillantes. *Paradigmas Socio-Humanísticos*, 5(1). <https://doi.org/10.26752/revistaparadigmash.v5i1.691>
- Alexis Calla Huayapa, M., Aníbal Maldonado Mamani, R., Andina Néstor Cáceres-Perú Carlos Manuel Rodríguez San Román, U., Andina Néstor Cáceres Velásquez-Perú Juan Wilbert Farfán Casapino, U., & Haydee Quispe Bellido, N. (2023). Análisis de la aplicación de metodología DMAIC en procesos de producción de una empresa de alimento. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 6907–6932. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V7I3.6678
- Arango Pastrana, C. A. (2023). Análisis bibliométrico y temático en investigaciones sobre logística humanitaria*. *Ingeniería y Desarrollo*, 41(01). <https://doi.org/10.14482/inde.41.01.618.123>
- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., & Miranda-Navales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201–206. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>
- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*. https://books.google.com/books/about/Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n.html?hl=es&id=6aCEBgAAQBAJ
- Bagur Pons, S., Rosselló Ramon, M. R., Paz Lourido, B., & Verger, S. (2021). El Enfoque integrador de la metodología mixta en la investigación educativa. *RELIEVE - Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 27(1). <https://doi.org/10.30827/relieve.v27i1.21053>

- Bakon, K., Holczinger, T., Sule, Z., Jasko, S., & Abonyi, J. (2022). Scheduling Under Uncertainty for Industry 4.0 and 5.0. *IEEE Access*, *10*, 74977–75017. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3191426>
- Baptista, A., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, S., & Pinto, G. (2020). Applying DMADV on the industrialization of updated components in the automotive sector: a case study. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1332–1339. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.186>
- Bloj, M. D., Moica, S., & Veres, C. (2020). Lean Six Sigma in the Energy Service Sector: A Case Study. *Procedia Manufacturing*, *46*, 352–358. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.03.051>
- Brito, M., Vale, M., Leão, J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Gonçalves, M. A. (2020). Lean and Ergonomics decision support tool assessment in a plastic packaging company. *Procedia Manufacturing*, *51*, 613–619. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.086>
- Butt, J. (2020). A Conceptual Framework to Support Digital Transformation in Manufacturing Using an Integrated Business Process Management Approach. *Designs 2020*, *Vol. 4*, *Page 17*, *4*(3), 17. <https://doi.org/10.3390/DESIGNS4030017>
- Byrne, B., McDermott, O., & Noonan, J. (2021). Applying Lean Six Sigma Methodology to a Pharmaceutical Manufacturing Facility: A Case Study. *Processes 2021*, *Vol. 9*, *Page 550*, *9*(3), 550. <https://doi.org/10.3390/PR9030550>
- Cantu, A., Montenegro, E., & Ortiz, A. (2018). *ÍNDICE RESUMEN EJECUTIVO*.
- Carillo, M., Vargas, E., Severiche, C., & Peralta, J. (2022). Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *6*(2), 3148–3163. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.2081
- Chiarini, A., & Kumar, M. (2021). Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies. *Production Planning and Control*, *32*(13), 1084–1101. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1784485>
- Chyon, BSc, F. A., Ahmmed, BSc, M. S., Shuvo, BSc, M. K. A., Suman, BSc, M. N. H., & Hossain, PhD, M. M. (2020). Measuring Process Capability in a Hospital by Using Lean Six Sigma Tools—A Case Study in Bangladesh. *Global Advances In Health and Medicine*, *9*. <https://doi.org/10.1177/2164956120962441>

- Coello, R., & Espin, R. (2022). Optimización de los procesos operativos de la empresa Promacero de la ciudad de Pelileo, mediante la aplicación de la metodología 5's. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 1241–1251. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.1949
- Črešnar, R., Potočan, V., & Nedelko, Z. (2020). Speeding Up the Implementation of Industry 4.0 with Management Tools: Empirical Investigations in Manufacturing Organizations. *Sensors (Switzerland)*, 20(12), 1–25. <https://doi.org/10.3390/S20123469>
- Cruz-Oliver, R., Monzon, L., Ramirez-Laboreo, E., & Rodriguez-Fortun, J. M. (2024). ROM-based stochastic optimization for a continuous manufacturing process. *ISA Transactions*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.ISATRA.2024.08.010>
- Daim, T. U., Rueda, G., Martin, H., & Gerd Sri, P. (2006). Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(8), 981–1012. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2006.04.004>
- Daniyan, I., Adeodu, A., Mporu, K., Maladzhi, R., & Kana-Kana Katumba, M. G. (2022a). Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3), e09043. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E09043>
- Daniyan, I., Adeodu, A., Mporu, K., Maladzhi, R., & Kana-Kana Katumba, M. G. (2022b). Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3), e09043. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E09043>
- de Oliveira, F. B., Forbes, H., Schaefer, D., & Syed, J. M. (2020). Lean Principles in Vertical Farming: A Case Study. *Procedia CIRP*, 93, 712–717. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2020.03.017>
- Del Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (n.d.). *Investigación. Fundamentos y metodología Segunda edición*.
- Deniz, N., & Tukenmez, I. (2024). Lean Six Sigma Studies in Türkiye: A Literature Review. *Gazi University Journal of Science*, 37(2), 875–893. <https://doi.org/10.35378/gujs.1176313>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>

- Duc, M. L., & Thu, M. N. (2022). Application of Lean Six Sigma for Improve Productivity at The Mechanical Plant. A Case Study. *Manufacturing Technology*, 22(2), 124–138. <https://doi.org/10.21062/MFT.2022.028>
- Ecuasal. (2020). *Piscinas Artificiales de ECUASAL – WHSRN*. https://whsrn.org/es/whsrn_sites/piscinas-artificiales-de-ecuasal/
- Escalante Lago, A., & Gonzalez Zuñiga, J. F. (2015). *Ingeniería Industrial: Métodos y tiempos con manufactura ágil* (F. J. Rodríguez Cruz & M. G. Giannetto, Eds.; Alfaomega).
- Expósito-Márquez, A., López-Plata, I., Expósito-Izquierdo, C., Melián-Batista, B., & Moreno-Vega, J. M. (2024). Optimization of the production planning process in a nuts and dried fruits industry. *Computers & Industrial Engineering*, 193, 110261. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2024.110261>
- Faishal, M., Mohamad, E., Asih, H. M., Rahman, A. A. A., Ibrahim, A. Z., & Adiyanto, O. (2024). The use of Lean Six Sigma to improve the quality of coconut shell briquette products. *Multidisciplinary Science Journal*, 6(2). <https://doi.org/10.31893/MULTISCIENCE.2024005>
- Farrukh, A., Mathrani, S., & Taskin, N. (2020). Investigating the theoretical constructs of a green lean six sigma approach towards environmental sustainability: A systematic literature review and future directions. *Sustainability (Switzerland)*, 12(19), 8247. <https://doi.org/10.3390/su12198247>
- Fuentealba, D., Flores-Fernández, C., & Carrasco, R. (2023a). Análisis bibliométrico y de contenido sobre VUCA. *Revista Española de Documentación Científica*, 46(2), e354–e354. <https://doi.org/10.3989/REDC.2023.2.1968>
- García Monsalve, J. J., Tumbajulca Ramírez, I. A., & Cruz Tarrillo, J. J. (2021). Innovación organizacional como factor de competitividad empresarial en mypes durante el Covid-19. *Comuni@cción: Revista de Investigación En Comunicación y Desarrollo*, 12(2). <https://doi.org/10.33595/2226-1478.12.2.500>
- Gomaa, S., Fahmy, M., & Mosallam, E. (2024). The impact of integrating LSS and BPR on manufacturing organizational performance. *The Egyptian Statistical Journal*, 68(1), 45–58. <https://doi.org/10.21608/ESJU.2024.246070.1021>
- Gong, J., Luo, Y., Qiu, Z., & Wang, X. (2022). Determination of key components in automobile braking systems based on ABC classification and FMECA. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 9(1), 69–77. <https://doi.org/10.1016/J.JTTE.2019.01.008>

- Grosman, N., Braude, H., Rovira, S., & Patiño, A. (2022). *Hecho en América Latina: fabricación inteligente y una nueva esperanza de industrialización en la región*. www.cepal.org/apps
- Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2009). *CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA*. <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>
- Henríquez Tigrero, Y. (2018). Salinas en la Provincia de Santa Elena, Ecuador. Caracterización e impactos por la expansión urbana = Salt Flats in Santa Elena's province, Ecuador. Characterization and impacts of urban expansion. *Territorios En Formación*, 14, 40. <https://doi.org/10.20868/tef.2019.14.3891>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas: cuantitativa, cualitativa y mixta*. <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
- Hernandez Chavez, G., Jaramillo Villanueva, J. L., & Hernández Chávez, Y. (2022). La Relación entre Cultura Organizacional y Gestión de la Calidad Total en las PyMES. *Estudios de Administración*, 29(2). <https://doi.org/10.5354/0719-0816.2022.67726>
- Hernández Sampieri et al., R. (2014a). *Metodologia de la Investigacion_Sampieri. Sexta Edición*. https://www.academia.edu/24753853/Metodologia_de_la_Investigacion_Sampieri_6ta_edicion_
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. P. (2014b). Metodología de la investigación. *Metodología de La Investigación*, 91. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008&info=resumen&idioma=SPA>
- Huang, C. K., Neylon, C., Montgomery, L., Hosking, R., Diprose, J. P., Handcock, R. N., & Wilson, K. (2024). Open access research outputs receive more diverse citations. *Scientometrics*, 129(2), 825–845. <https://doi.org/10.1007/S11192-023-04894-0/FIGURES/3>
- Iyer, S. V., Sangwan, K. S., & Dhiraj. (2023). Digitalization: a tool for the successful long-term adoption of lean manufacturing. *Procedia CIRP*, 116, 245–250. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2023.02.042>
- Jamil, N., Gholami, H., Saman, M. Z. M., Streimikiene, D., Sharif, S., & Zakuan, N. (2020). DMAIC-based approach to sustainable value stream mapping: towards a

- sustainable manufacturing system. *Economic Research-Ekonomiska Istrazivanja* , 33(1), 331–360. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2020.1715236>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Gupta, S. (2024). Leveraging lean 4.0 technologies in healthcare: An exploration of its applications. *Advances in Biomarker Sciences and Technology*, 6, 138–151. <https://doi.org/10.1016/j.abst.2024.08.001>
- Khanorkar, Y., & Kane, P. V. (2023). Selective inventory classification using ABC classification, multi-criteria decision making techniques, and machine learning techniques. *Materials Today: Proceedings*, 72, 1270–1274. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.09.298>
- Kim, J.-S., Lee, H.-J., Kim, S.-K., & Kim, H.-J. (n.d.). *Supporting information prepared for publication in Environmental Science and Technology Global Pattern of Microplastics (MPs) in Commercial Food-grad Salts: Sea salt as an indicator of seawater MPs pollution.*
- Kumar, N., Shahzeb Hasan, S., Srivastava, K., Akhtar, R., Kumar Yadav, R., & Choubey, V. K. (2022). Lean manufacturing techniques and its implementation: A review. *Materials Today: Proceedings*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481>
- Kumar, S., Lim, W. M., Sureka, R., Jabbour, C. J. C., & Bamel, U. (2023). Balanced scorecard: trends, developments, and future directions. *Review of Managerial Science 2023 18:8*, 18(8), 2397–2439. <https://doi.org/10.1007/S11846-023-00700-6>
- Lameijer, B. A., Pereira, W., & Antony, J. (2021). The implementation of Lean Six Sigma for operational excellence in digital emerging technology companies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(9), 260–284. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2020-0373/FULL/PDF>
- Ma, S., Ding, W., Liu, Y., Ren, S., & Yang, H. (2022). Digital twin and big data-driven sustainable smart manufacturing based on information management systems for energy-intensive industries. *Applied Energy*, 326, 119986. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2022.119986>
- Manzanares-Cañizares, C., Sánchez-Lite, A., Rosales-Prieto, V. F., Fuentes-Bargues, J. L., & González-Gaya, C. (2022). A 5S Lean Strategy for a Sustainable Welding Process. *Sustainability (Switzerland)*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/su14116499>
- Maragathasundari, S., Sudhakar, P. K., Vignesh, P., Balamurugan, B., Swedheetha, C., & Vanalakshmi, R. (2024). Queuing process optimization in software-defined radio:

- Enhancing system performance and adaptability. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(10), 102976. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2024.102976>
- Marín-Calderón, A. V., Valenzuela-Galván, M., Cuamea-Cruz, G., Brau-Ávila, A., Marín-Calderón, A. V., Valenzuela-Galván, M., Cuamea-Cruz, G., & Brau-Ávila, A. (2023). Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para disminuir desperdicios en una unidad de fabricación de paneles modulares de poliestireno. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 24(1), 1–12. <https://doi.org/10.22201/FI.25940732E.2023.24.1.007>
- McDermott, O., Antony, J., Sony, M., & Daly, S. (2021). Barriers and Enablers for Continuous Improvement Methodologies within the Irish Pharmaceutical Industry. *Processes* 2022, Vol. 10, Page 73, 10(1), 73. <https://doi.org/10.3390/PR10010073>
- Mendizábal Anticona, W. J., Huanca Frías, J. O., Huanca Frías, R. E., & Quispe Ticona, I. L. (2023). Investigación cualitativa y mixta en derecho. tipología y la aplicación del metaanálisis cualitativo. *Revista de Climatología*, 23. <https://doi.org/10.59427/rcli/2023/v23cs.255-268>
- Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>
- Mollo, S. E. C. (2023). Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 1865–1879. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V7I4.7016
- Montiel-Pérez, D., Anaya-Fuentes, G. E., & Ramírez-Reyna, S. B. (2023). Proceso para la toma de decisiones en la fase de definición de la metodología seis sigma. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9121–9136. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5040
- Montilla, L. (2021). *Estado de arte*.
- Moreno Marcial, P. E., & Santos Méndez, M. M. (2022). Optimización de procesos de producción en medianas empresas del sector textil. *RECIAMUC*, 6(1). [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(1\).enero.2022.226-234](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(1).enero.2022.226-234)
- Moreno-Morales, A., Navarrete-Fonseca, M., Molina-Herrera, J., & Osorio-Jiménez, K. (2024). Contribution of the manufacturing industrial sector to the Gross Domestic Product of Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(105), 417–432. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.105.26>

- MPCEIP. (2024). *Boletín de cifras del sector productivo 2024*. www.produccion.gob.ec
- Mundra, N., & Mishra, R. P. (2023). Development of a model of critical failure factors for integrated LSS–AM practices in Indian manufacturing industries: a fuzzy TISM approach. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, *14*(4), 1479–1491. <https://doi.org/10.1007/S13198-023-01954-9>
- Muñoz-Guevara, J. A., Zapata-Urquijo, C. A., & Medina-Varela, P. D. (2022). *Lean Manufacturing Modelos y herramientas*.
- Nashihuddin, F., & Mubin, A. (2022). Penerapan Konsep Balanced Scorecard dan Objective Matrix Untuk Perancangan Sistem Pengukuran Kinerja Perusahaan. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, *3*(02). <https://doi.org/10.36418/jist.v3i2.366>
- Nedra, A., Néjib, S., Boubaker, J., & Morched, C. (2022). An Integrated Lean Six Sigma Approach to Modeling and Simulation: A Case Study from Clothing SME. *Autex Research Journal*, *22*(3), 305–311. <https://doi.org/10.2478/AUT-2021-0028>
- Neil, C., Battaglia, N., & De Vincenzi Zemborain, M. E. (2022). Marco metodológico para el diseño de rúbricas analíticas. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, *80*. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.80.2425>
- Ouyang, L., Zhu, Y., Zheng, W., & Yan, L. (2021). An information fusion FMEA method to assess the risk of healthcare waste. *Journal of Management Science and Engineering*, *6*(1), 111–124. <https://doi.org/10.1016/J.JMSE.2021.01.001>
- Öztürk, O., Kocaman, R., & Kanbach, D. K. (2024). How to design bibliometric research: an overview and a framework proposal. *Review of Managerial Science*. <https://doi.org/10.1007/s11846-024-00738-0>
- Pongboonchai-Empl, T., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Komkowski, T., & Tortorella, G. L. (2024). Integration of Industry 4.0 technologies into Lean Six Sigma DMAIC: a systematic review. *Production Planning & Control*, *35*(12), 1403–1428. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2188496>
- Psarommatis, F. (2021). A generic methodology and a digital twin for zero defect manufacturing (ZDM) performance mapping towards design for ZDM. *Journal of Manufacturing Systems*, *59*, 507–521. <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2021.03.021>
- Psarommatis, F., Sousa, J., Mendonça, J. P., & Kiritsis, D. (2022). Zero-defect manufacturing the approach for higher manufacturing sustainability in the era of industry 4.0: a position paper. *International Journal of Production Research*, *60*(1), 73–91. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1987551>

- Quinapallo García, C., & Ochoa Armijos, K. E. (2019). La diversificación de producción de sal en el Ecuador. *Observatorio de La Economía Latinoamericana*, junio.
- Rivera-arroyo, j. K., Araya-castillo, l., Ganga-contreras, f., Torres, j. P., & Morales, f. S. (2021). Bibliometric analysis of service quality research [análisis bibliométrico de la investigación en calidad de servicio]. *Interciencia*, 46(11).
- Rodríguez Rodríguez, J., & Reguant Alvarez, M. (2020). Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach. *REIRE: Revista d'innovació i Recerca En Educació*, ISSN-e 2013-2255, Vol. 13, N°. 2, 2020, 13(2), 8. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7672166&info=resumen&idioma=SPA>
- Rúa Barrera, S., Gaviria Yepes, L. M., & Moná Martínez, H. de J. (2023). Competencias requeridas en la industria 4.0 en el entorno organizacional. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 10(1). <https://doi.org/10.26495/icti.v10i1.2396>
- Santabarbara, J. (2019). Cálculo del intervalo de confianza para los coeficientes de correlación mediante sintaxis en SPSS. *REIRE: Revista d'innovació i Recerca En Educació*, ISSN-e 2013-2255, Vol. 12, N°. 2, 2019, 12(2), 12. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7057077&info=resumen&idioma=CAT>
- Shahriar, M. M., Parvez, M. S., Islam, M. A., & Talapatra, S. (2022). Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study. *Cleaner Engineering and Technology*, 8, 100488. <https://doi.org/10.1016/J.CLET.2022.100488>
- Shannon, N., Trubetskaya, A., Iqbal, J., & McDermott, O. (2023). A total productive maintenance & reliability framework for an active pharmaceutical ingredient plant utilising design for Lean Six Sigma. *Heliyon*, 9(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20516>
- Shaqour, E. N. (2022). The impact of adopting lean construction in Egypt: Level of knowledge, application, and benefits. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(2), 101551. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2021.07.005>
- Shokri, A., & Li, G. (2020). Green implementation of Lean Six Sigma projects in the manufacturing sector. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(4), 711–729. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2018-0138>
- Solís-Meza, M., & Torres-Rodríguez, R. (2021). Contribuciones del TPM en la mejora de la gestión del mantenimiento. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería*,

- Tecnología e Investigación. ISSN: 2737-6249.*, 4(8 Ed. esp.), 58–78.
<https://doi.org/10.46296/IG.V4I8EDESPLIC.0051>
- Sony, M. (2020). Design of cyber physical system architecture for industry 4.0 through lean six sigma: conceptual foundations and research issues. *Production and Manufacturing Research*, 8(1), 158–181.
<https://doi.org/10.1080/21693277.2020.1774814>
- Suman, G., & Prajapati, D. R. (2021). Utilization of Lean & Six Sigma quality initiatives in Indian healthcare sector. *PLoS ONE*, 16(12 December).
<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0261747>
- Taherdoost, H. (2021). Data Collection Methods and Tools for Research; A Step-by-Step Guide to Choose Data Collection Technique for Academic and Business Research Projects. *International Journal of Academic Research in Management (IJARM)*, 10(1), 10–38. <https://hal.science/hal-03741847>
- Tampubolon, S., & Purba, H. H. (2021). Lean six sigma implementation, a systematic literature review. In *International Journal of Production Management and Engineering* (Vol. 9, Issue 2). <https://doi.org/10.4995/IJPM.2021.14561>
- Titmarsh, R., Assad, F., & Harrison, R. (2020). Contributions of lean six sigma to sustainable manufacturing requirements: an Industry 4.0 perspective. *Procedia CIRP*, 90, 589–593. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2020.02.044>
- Tran, T. A., Luu-Nhan, K., Ghabour, R., & Daroczi, M. (2020b). The use of Lean Six-Sigma tools in the improvement of a manufacturing company – Case study. *Production Engineering Archives*, 26(1), 30–35.
<https://doi.org/10.30657/PEA.2020.26.07>
- Trubetskaya, A., McDermott, O., & Ryan, A. (2023). Application of Design for Lean Six Sigma to strategic space management. *TQM Journal*, 35(9).
<https://doi.org/10.1108/TQM-11-2022-0328>
- Utama, D. M., & Abirfatin, M. (2023). Sustainable Lean Six-sigma: A new framework for improve sustainable manufacturing performance. *Cleaner Engineering and Technology*, 17, 100700. <https://doi.org/10.1016/J.CLET.2023.100700>
- Valle, W. (2006). Diseños de investigación no experimental 1 ¿Qué es la investigación no experimental? *Psicología Experimental*.
http://files.uladech.edu.pe/docente/43342417/Psicologia_experimental/sesión_9/sesión_9.pdf

- Varela Pérez, J., Gabriela, A., Ortega, L., & Romero García, R. (2023). Medición de la productividad mediante el Overall Equipment Effectiveness (OEE) para operaciones no cíclicas: Productivity measurement using Overall Equipment Effectiveness (OEE) for non-cyclical operations. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(6), 1273-1285–1273 – 1285. <https://doi.org/10.56712/LATAM.V4I6.1522>
- Vargas-Fernández, R., Visconti-Lopez, F. J., Barón-Lozada, F. A., & Basualdo-Meléndez, G. W. (2021). Análisis bibliométrico de la producción científica peruana en cardiología y medicina cardiovascular. *Archivos Peruanos de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*, 2(3), 167. <https://doi.org/10.47487/APCYCCV.V2I3.157>
- Velásquez-García, P. A., & Torres-Rodríguez, R. M. (2024). Análisis Modal Falla – Efecto de los equipos principales de una Estación de Bombeo de Hidrocarburos. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 7(13), 102–118. <https://doi.org/10.46296/IG.V7I13.0155>
- Vera Mendoza, M. B., Indacochea Vásquez, A. M., Reyes Solórzano, S. J., Veloz Párraga, F. J., Vera Mendoza, M. B., Indacochea Vásquez, A. M., Reyes Solórzano, S. J., & Veloz Párraga, F. J. (2021). Estudio técnico y operacional en una asociación de productores de sal del Ecuador, Manta 2020. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(SPE2). <https://doi.org/10.46377/DILEMAS.V8I.2601>
- Wang, F. K., Rahardjo, B., & Rovira, P. R. (2022). Lean Six Sigma with Value Stream Mapping in Industry 4.0 for Human-Centered Workstation Design. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 11020, 14(17), 11020. <https://doi.org/10.3390/SU141711020>
- Widiwati, I. T. B., Liman, S. D., & Nurprihatin, F. (2024c). The implementation of Lean Six Sigma approach to minimize waste at a food manufacturing industry. *Journal of Engineering Research*. <https://doi.org/10.1016/J.JER.2024.01.022>
- Yadav, G., Luthra, S., Huisingh, D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., & Liu, Y. (2020). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal of Cleaner Production*, 245. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118726>
- Yepes-Nuñez, J. J., Urrútia, G., Romero-García, M., & Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/J.RECESP.2021.06.016>

Zgodavova, K., Bober, P., Majstorovic, V., Monkova, K., Santos, G., & Juhaszova, D. (2020). Innovative Methods for Small Mixed Batches Production System Improvement: The Case of a Bakery Machine Manufacturer. *Sustainability (Switzerland)*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/SU12156266>

ANEXOS

Anexo A: Tabla general electric.

Tabla de la General Electric	
Tiempo de ciclo en minutos	Numeros de ciclos recomendados
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00 - 5.00	15
5.00 - 10.00	10
10.00 - 20.00	8
20.00 - 40.00	5
40.00 - en adelante	3

Anexo B: Ciclos cronometrados.

Descripción de la actividad	PRODUCTO: Sal de Mesa de 500g								TIEMPO OBSERVADO POR DIA EN EL MES DE SEPTIEMBRE	
	5	6	9	10	11	12	13	Tempo total observado	Tempo promedio Observado	
1 Recepcion de materia prima	227	233	228	231	229	231	240	221	1840	230
2 Molido y lavado de sal en grano	70	73	71	75	71	69	68	70	567	71
3 Separacion de particulas solidas	70	69	71	70	68	69	71	72	560	70
4 Eliminación de agua de sal	70	69	73	69	71	70	69	69	560	70
5 control grado de salinidad	88	90	91	88	92	92	87	92	720	90
5 Eliminar humedad por temperaturas altas	100	102	107	99	102	102	103	101	816	102
6 Disminucion de temperatura	15	12	16	14	16	14	18	15	120	15
7 Separar el material por granulometria	12	16	15	16	14	18	15	14	120	15
8 Envasar el producto en fundas de 500g	99	101	104	99	105	96	96	100	800	100
9 Control de peso de fundas	28	31	31	30	31	31	29	29	240	30
10 Enfardar en pacas de 50 fundas	73	76	75	74	74	76	74	70	592	74
										867

Anexo C: Confiabilidad de ciclos cronometrados.

Scale: ALL VARIABLES

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	8	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	8	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.


Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.901	11


Anexo D: Hoja de observación.

		HOJA DE OBSERVACIONES DE MUESTREO DE TRABAJO																													
		FACTORES QUE AFECTAN A LA PRODUCTIVIDAD																													
Departamento		Producción			Producto			Sal de mesa de 500g			Observado por:															Danitza Mendez					
Instalación		Planta Famosal			Estudio núm:			Fecha															Día								
Cod	Descripción	Observaciones																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Cb	Trabajo Correcto																														
A1	Exceso de trabajo por deficiencias																														
A2	Falta de Normalización																														
A3	Normas de calidad erróneas																														
A4	Eliminar demasiado material																														
B1	Maquinaria Inadecuada																														
B2	Proceso mal ejecutado																														
B3	Herramientas inadecuadas																														
B4	Mala disposición de la planta																														
B5	Métodos de trabajo inadecuados																														
B6	Mal manejo de materiales																														
C1	Variedad excesiva de productos																														
C2	Inactividad por falta de normalización																														
C3	Cambios de trabajo por cambios de diseño																														
C4	Mala planeación en los trabajos y pedidos																														
C5	Falta de Materiales																														
C6	Averías en las instalaciones																														
C7	Instalación en mal estado																														
C8	Malas condiciones de trabajo																														
C9	Accidentes																														
D1	Ausentismo, retrasos y ociosidades																														
D2	Negligencia y descuido																														
D3	Accidentes por ignorancia																														


Anexo E: Muestreo preliminar.

		RESUMEN DE MUESTREO DE TRABAJO										
		FACTORES QUE AFECTAN A LA PRODUCTIVIDAD										
		DEPARTAMENTO	Produccion				PRODUCTO				SAL DE MESA DE 500G	
		INSTALACION	FAMOSAL S.A.				OBSERVADO POR				DANITZA MENDEZ	
OBSERVACIONES PRELIMINARES												
Clave	Descripcion	1	2	3	4	5	6	7	SUMATORIA	TOTAL	%	
Cb	Trabajo Correcto	6	6	5	5	6	8	5	41	41	19.52%	
A1	Exceso de trabajo por deficiencias	1	0	1	2	1	0	1	6	79	37.62%	
A2	Falta de Normalizacion	1	1	0	1	2	2	1	8			
A3	Normas de calidad erroneas	0	0	1	0	1	1	1	4			
A4	Eliminar demasiado material	1	1	1	0	0	0	0	3			
B1	Maquinaria Inadecuada	0	0	1	1	0	0	1	3			
B2	Proceso mal ejecutado	2	0	0	1	1	2	1	7			
B3	Herramientas inadecuadas	1	2	1	1	0	0	1	6			
B4	Mala disposicion de la planta	0	0	0	0	0	0	0	0			
B5	Métodos de trabajo inadecuados	5	6	5	5	5	6	6	38			
B6	Mal manejo de materiales	2	0	0	0	1	0	1	4			
C1	Variedad excesiva de productos	0	1	0	0	0	0	0	1			
C2	Inactividad por falta de normalizacion	0	0	1	0	2	0	0	3			
C3	Cambios de trabajo por cambios de diseño	0	0	0	0	0	0	0	0			
C4	Mala planeacion en los trabajos y pedidos	0	1	0	1	0	0	0	2			
C5	Falta de Materiales	0	0	0	0	0	0	0	0			
C6	Averias en las instalacioness	7	7	7	7	6	7	5	46			
C7	Instalacion en mal estado	0	0	0	0	0	0	0	0			
C8	Malas condiciones de trabajo	0	0	2	1	1	0	0	4			
C9	Accidentes	0	0	0	0	0	0	0	0			
D1	Ausentismo, retrasos y ociosidades	4	5	5	5	4	4	7	34			
D2	Negligencia y descuido	0	0	0	0	0	0	0	0			
D3	Accidentes por ignorancia	0	0	0	0	0	0	0	0			
									210	210	100.00%	


Anexo F: Resumen muestreo final.

		HOJA DE OBSERVACIÓN: RESUMEN DEL MUESTREO		
		FACTORES QUE AFECTAN A LA PRODUCTIVIDAD		
DEPARTAMENTO	PRODUCCIÓN	OBSERVADO POR	DANITZA MENDEZ	
CLAVE	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	%	
Cb	Trabajo Correcto	82	19.52%	
A1	Exceso de trabajo por deficiencias	12	2.86%	
A2	Falta de Normalizacion	16	3.81%	
A3	Normas de calidad erroneas	8	1.90%	
A4	Eliminar demasiado material	6	1.43%	
B1	Maquinaria Inadecuada	6	1.43%	
B2	Proceso mal ejecutado	14	3.33%	
B3	Herramientas inadecuadas	12	2.86%	
B4	Mala disposicion de la planta	0	0.00%	
B5	Métodos de trabajo inadecuados	76	18.10%	
B6	Mal manejo de materiales	8	1.90%	
C1	Variedad excesiva de productos	2	0.48%	
C2	Inactividad por falta de normalizacion	6	1.43%	
C3	Cambios de trabajo por cambios de diseño	0	0.00%	
C4	Mala planeacion en los trabajos y pedidos	4	0.95%	
C5	Falta de Materiales	0	0.00%	
C6	Averias en las instalacioness	92	21.90%	
C7	Instalacion en mal estado	0	0.00%	
C8	Malas condiciones de trabajo	8	1.90%	
C9	Accidentes	0	0.00%	
D1	Ausentismo, retrasos y ociosidades	68	16.19%	
D2	Negligencia y descuido	0	0.00%	
D3	Accidentes por ignorancia	0	0.00%	
TOTAL		420		

Anexo G: Evaluación inicial 5s.

		EVALUACIÓN INICIAL DE LAS 5S			AREA	PRODUCCIÓN	
					RESPONSABLE	DANITZA MENDEZ	
*Calificar sobre 5 de manera proporcional al número de observaciones en donde se utilizará los siguientes criterios de evaluación.							
5 siempre aplica; 4 casi siempre aplica; 3 a veces aplica; 2 casi nunca aplica; 1 nunca aplica							
Auditor: Danitza Mendez		Área auditada : Enfardado y Bodega			Fecha: Septiembre/2024		
1	SEIRI (separar lo innecesario)	1	2	3	4	5	Observaciones
1	¿Se han eliminado los elementos innecesarios del área de enfardado?			x			Fardos se quedan apilados a un costado
2	¿Se realizan revisiones periódicas para identificar materiales y herramientas que no se utilizan?			x			No hay un control periódico de materiales que no se utilizan
3	¿Existen criterios claros para determinar lo que se considera innecesario?		x				Los criterios son generalizados, no específicos
4	¿El personal participa en la identificación y eliminación de elementos superfluos?			x			La participación del personal es limitada
5	¿Se documentan y gestionan adecuadamente los artículos que ya no se utilizan?	x					No hay registro ni documentación
		1	2	9	0	0	
PROMEDIO		2.40					
2	SEITON (ordenar)	1	2	3	4	5	Observaciones
1	¿Los materiales están organizados y etiquetados de forma accesible?		x				Fardos y pallets organizados parcialmente
2	¿Se sigue un sistema efectivo para devolver las herramientas a su lugar después de usarlas?		x				No hay control en el uso de herramientas
3	¿El diseño del área permite un flujo de trabajo eficiente?				x		El área esta distribuida para que exista el flujo de trabajo
4	¿Se realizan revisiones para mantener el orden en el área de trabajo?			x			Las revisiones no son frecuentes ni documentadas
5	¿Las áreas de ubicación están claramente definidas y señalizadas?				x		Estan definidas pero la señalizacion es ambigua
		0	4	3	8	0	
PROMEDIO		3.00					
3	SEISO (limpiar)	1	2	3	4	5	Observaciones
1	¿Se lleva a cabo la limpieza del área de enfardado y bodega de manera regular?			x			Se realiza semanalmente
2	¿Se han asignado responsabilidades específicas para la limpieza diaria?		x				No hay roles específicos par limpieza del área (rotativos)
3	¿Existen procedimientos claros para la limpieza de equipos y herramientas?				x		Los procedimientos son limitados a menudo no se sigue
4	¿Se abordan las causas de suciedad recurrentes en el área?				x		Las causas de suciedad son abordadas con frecuencia
5	¿El espacio de trabajo se mantiene libre de obstrucciones y desechos?		x				El espacio tiene acumulado fardos y fundas
		1	4	3	8	0	
PROMEDIO		3.20					
4	SEIKETSU(Estandarizar)	1	2	3	4	5	Observaciones
1	¿Se han establecido procedimientos estandarizados para todas las actividades en el área?		x				No existe procedimientos estandarizados para las actividades
2	¿Los procedimientos están documentados y son accesibles para todo el personal?			x			Estan documentados, pero no es de facil acceso
3	¿Se realizan auditorías para verificar el cumplimiento de los estándares establecidos?			x			Las auditorias se realizan pero no hay una programación establecida
4	¿El personal está involucrado en la creación y revisión de estos procedimientos?		x				La participación del personal es limitada
5	¿Los procedimientos se actualizan regularmente para adaptarse a cambios?		x				Las actualizaciones se realizan en caso de un incidente
		0	6	6	0	0	
PROMEDIO		2.40					
5	SHITSUKE(Disciplina)	1	2	3	4	5	Observaciones
1	¿Se proporciona capacitación regular a los operarios sobre mejores practicas en el área?	x					Se realizan capacitaciones iniciales a nuevos operarios pero no hay sesiones de actualizacion para el personal
2	¿Se fomenta la cultura de autoevaluación entre los empleados ?			x			A pesar de fomentar la autoevaluacion no produce de forma regular
3	¿Se implementan incentivos para motivar a los empleados?		x				Los incentivos son en temporadas determinadas, no siempre
4	¿El equipo de liderazgo respalda las iniciativas de mejora?			x			El liderazgo muestra interés en las iniciativas de mejora, pero la comunicación sobre estas iniciativas a veces es insuficiente
5	¿Se llevan a cabo reuniones periódicas para evaluar la mejora continua del área?		x				Las reuniones se realizan, pero no tienen una frecuencia fija y a menudo carecen de un seguimiento claro.
		1	4	6	0	0	
PROMEDIO		2.20					
Firma Auditor		Danitza Mendez Molina					
Calificación promedio de auditoría		2.64					

Anexo H: Evaluación final de las 5s.

	EVALUACIÓN FINAL DE LAS 5S				AREA	PRODUCCIÓN
					RESPONSABLE	DANITZA MENDEZ
*Calificar sobre 5 de manera proporcional al número de observaciones en donde se utilizará los siguientes criterios de evaluación.						
5 siempre aplica; 4 casi siempre aplica; 3 a veces aplica; 2 casi nunca aplica; 1 nunca aplica						
Auditor: Danitza Mendez		Área auditada : Enfardado y Bodega			Fecha: Septiembre/2024	
SEIRI (separar lo innecesario)	1	2	3	4	5	Observaciones
¿Se han eliminado los elementos innecesarios del área de enfardado y envasado?					x	Siempre eliminan elementos innecesarios
¿Se realizan revisiones periódicas para identificar materiales y herramientas que no se utilizan?				x		Las revisiones son diarias para identificar elementos que no se usan
¿Existen criterios claros para determinar lo que se considera innecesario?			x			Con la tarjeta roja se especifican los criterios, pueden existir otros
¿El personal participa en la identificación y eliminación de elementos superfluos?				x		El personal en su mayoría participa en la eliminación de elementos
¿Se documentan y gestionan adecuadamente los artículos que ya no se utilizan?			x			A través de la tarjeta roja se gestionan adecuadamente los artículos
PROMEDIO	0	0	6	8	5	
3.80						
SEITON (ordenar)	1	2	3	4	5	Observaciones
¿Los materiales están organizados y etiquetados de forma accesible?				x		Se identifican los materiales y se encuentran organizados
¿Se sigue un sistema efectivo para devolver las herramientas a su lugar después de usarlas?				x		Con la bitacora de uso de herramientas se tiene un sistema efectivo de devolución
¿El diseño del área permite un flujo de trabajo eficiente?				x		Se puede trabajar en óptimas condiciones, pero hay oportunidades de mejora
¿Se realizan revisiones para mantener el orden en el área de trabajo?			x			Se realizan revisiones periódicas
¿Las áreas de ubicación están claramente definidas y señalizadas?					x	Se determina el espacio y ubicación de cada artículo
SUMA	0	0	3	12	5	
PROMEDIO 4.00						
SEISO (limpiar)	1	2	3	4	5	Observaciones
¿Se lleva a cabo la limpieza del área de enfardado y bodega de manera regular?				x		Se realiza forma regular de acuerdo al tipo de limpieza
¿Se han asignado responsabilidades específicas para la limpieza diaria?			x			Se han determinado roles para la limpieza
¿Existen procedimientos claros para la limpieza de equipos y herramientas?					x	Con el registro de limpieza se establece los procedimientos
¿Se abordan las causas de suciedad recurrentes en el área?					x	Mediante la programación de limpieza las causas de suciedad son abordadas inmediatamente
¿El espacio de trabajo se mantiene libre de obstrucciones y desechos?					x	Aplicando los métodos anteriores el espacio está libre de desechos y obstrucciones
PROMEDIO	0	0	3	4	15	
4.40						
SEIKETSU(Estandarizar)	1	2	3	4	5	Observaciones
¿Se han establecido procedimientos estandarizados para todas las actividades en el área?			x			Se han establecido los procedimientos pero no en su totalidad
¿Los procedimientos están documentados y son accesibles para todo el personal?				x		Están documentados pero no fácil acceso para todo el personal
¿Se realizan auditorías para verificar el cumplimiento de los estándares establecidos?				x		Se realizan periódicamente las auditorías correspondientes
¿El personal está involucrado en la creación y revisión de estos procedimientos?			x			El personal está interesado en la creación y revisión de nuevos procedimientos
¿Los procedimientos se actualizan regularmente para adaptarse a cambios?			x			Los procedimientos no se actualizan con frecuencia, permanecen por tiempos prolongados
PROMEDIO	0	0	9	8	0	
3.40						
SHITSUKE(Disciplina)	1	2	3	4	5	Observaciones
¿Se proporciona capacitación regular a los operarios sobre mejores prácticas en el área?				x		Las capacitaciones son constantes para motivar a la mejora de prácticas
¿Se fomenta la cultura de autoevaluación entre los empleados?				x		Se impulsa la autoevaluación entre los empleados
¿Se implementan incentivos para motivar a los empleados?			x			Los incentivos se realizan en periodos específicos no siempre
¿El equipo de liderazgo respalda las iniciativas de mejora?				x		El equipo de liderazgo respalda las iniciativas de mejora
¿Se llevan a cabo reuniones periódicas para evaluar la mejora continua del área?			x			Las reuniones son periódicas para evaluar las mejoras realizadas
PROMEDIO	0	0	6	12	0	
3.60						
Firma Auditor	Danitza Mendez Molina					
Calificación promedio de auditoría						3.84

Anexo I: Cálculo de OEE.

CALCULO DE OEE

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\textit{Tiempo de funcionamiento}}{\textit{Tiempo de producción planificado}} * 100 = \frac{4.5 \textit{ h}}{6 \textit{ h}} * 100 = 75.00\%$$

$$RENDIMIENTO = \frac{\textit{Unidades Producidas}}{\textit{Unidades Programadas}} * 100 = \frac{497 \textit{ u}}{600 \textit{ u}} * 100 = 82.83\%$$

$$CALIDAD = \frac{\textit{Unidades sin defectos}}{\textit{Unidades Producidas}} * 100 = \frac{380 \textit{ u}}{392 \textit{ u}} * 100 = 96.94\%$$

$$OEE = DISPONIBILIDAD * RENDIMIENTO * CALIDAD = 75\% * 82.83\% * 96.94\%$$

$$OEE = 60.22\%$$

Anexo J: Carta de aceptación.

GRUPO MOLINA



Salinas, 27 de Junio del 2024

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD
DIRECTORA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

Presente. -

CARTA DE ACEPTACIÓN.

Reciba un cordial saludo, a través de la presente, la empresa FAMOSAL S.A. del GRUPO MOLINA tiene el agrado de notificarle la aceptación del trabajo de integración curricular "**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA EN LA EMPRESA FAMOSAL S.A. CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA**", desarrollado por la Srta. Danitza Dayana Méndez Molina con CI: 0928022557, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial

Sin más que agregar, esperamos que el proyecto inicie según lo esperado y sea llevado a cabo con completo éxito.

Atentamente,


Econ. Daniel Crosby
GERENTE FINANCIERO GRUPO MOLINA

www.marysal.
@marysal.