



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

TEMA:

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PENSADO PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE LA HARINA DE PESCADO EN LA EMPRESA ROSMEI S.A, PARROQUIA CHANDUY – ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

APOLINARIO FLOREANO WELLINGTON SLATTER

TUTOR:

ING. HERRERA BRUNETT GERARDO ANTONIO., PHD

LA LIBERTAD, ECUADOR

2024

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

TEMA:

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRENSADO PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE LA HARINA DE PESCADO EN LA EMPRESA ROSMEI S.A, PARROQUIA CHANDUY – ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

APOLINARIO FLOREANO WELLINGTON SLATTER

TUTOR:

ING. HERRERA BRUNETT GERARDO ANTONIO., PHD

LA LIBERTAD, ECUADOR


2024

UPSE

CERTIFICACIÓN

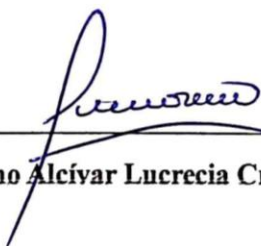
Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Apolinario Floreano Wellington Slatter**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Industrial**.

TUTOR (A)

f.  _____

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD.

DIRECTOR (A) DE CARRERA

f.  _____

Ing. Moreno Alcívar Lucrecia Cristina, PhD.

La Libertad, a los 5 días del mes de julio del 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

Universidad Estatal Península De Santa Elena

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE Prensado para incrementar el Rendimiento de la Harina de Pescado en la Empresa Rosmei S.A, Parroquia Chanduy – Ecuador”, elaborado por el Sr. Apolinario Floreano Wellington Slatter 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 Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haber estudiado y revisado, apruebo en su totalidad el presente trabajo.

La Libertad, a los 5 días del mes de julio del 2024

TUTOR (A)

f.  _____

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Apolinario Floreano Wellington Slatter**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRENSADO PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE LA HARINA DE PESCADO EN LA EMPRESA ROSMEI S.A, PARROQUIA CHANDUY – ECUADOR” previo a la obtención del título de Ingeniero 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 total autoría.

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

La Libertad, a los 5 días del mes de julio del año 2024

AUTOR (A)

f. _____

Apolinario Floreano Wellington Slatter

AUTORIZACIÓN

Yo, **Apolinario Floreano Wellington Slatter**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación “**Optimización del proceso de prensado para incrementar el rendimiento de la harina de pescado en la empresa Rosmei S.A, parroquia Chanduy – Ecuador**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 5 días del mes de julio del año 2024

AUTOR (A)


f. _____



Apolinario Floreano Wellington Slatter

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular con tema “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PENSADO PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE LA HARINA DE PESCADO EN LA EMPRESA ROSMEI S.A, PARROQUIA CHANDUY – ECUADOR”, elaborado por el Sr. Apolinario Floreano Wellington Slatter, egresado de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial me permito declarar que una vez analizado en el Software antiplagio: Compilatio Magister, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, el presente trabajo de titulación, se encuentra con un 5% de similitud, siendo esta valoración permitida, por consiguiente, se procede a emitir el presente informe.



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Optimizaciòn del proceso de prensado para incrementar el rendimiento de la harina de pescado en la empresa Rosmei S.A, parroquia Chanduy - Ecuador.

5%
Textos sospechosos

4% Similitudes
<
1% similitudes entre comillas
2% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS ANTIPLAGIO - APOLINARIO WELLINGTON.docx ID del documento: 0febe93de3a7ec47d5d3403dec6b919aef1dab12 Tamaño del documento original: 8,87 MB Autor: Wellington Apolinario Floreano	Depositante: Wellington Apolinario Floreano Fecha de depósito: 19/6/2024 Tipo de carga: url_submission fecha de fin de análisis: 19/6/2024	Número de palabras: 30.065 Número de caracteres: 197.179
--	---	---

Atentamente,

TUTOR (A)

f. 

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD.

CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec


CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, denominado **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PENSADO PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO DE LA HARINA DE PESCADO EN LA EMPRESA ROSMEI S.A, PARROQUIA CHANDUY – ECUADOR”**, del estudiante: **APOLINARIO FLOREANO WELLINGTON SLATTER**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 21 de Junio del 2024



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
N° DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sempiterna gratitud en primera estancia a Dios, porque cada día me dio una nueva oportunidad para superarme y conseguir esta meta, por brindarme salud y sabiduría en cada peldaño que alcanzaba.

A mis queridos padres Jessica Floreano y Wellington Apolinario, por ayudarme a no desmallar ante la adversidad y por ser mi motivo de superación personal. Sin la labor de ellos no hubiera sido posible este logro.

Agradezco muy encarecidamente a mis compañeros de curso, Nixon Malavé, Evert Infante, Gregory Chiquito, Judith Rodríguez y Daniela Sandoya, sin el apoyo de ellos no hubiera sido posible aprobar cada materia, cada examen, culminar cada proyecto o tarea. De igual manera, a la Ing. Vivian Palomino, quien me brindó su innegable ayuda antes y durante el desarrollo de mi trabajo investigativo. Reconozco y retribuyo el compañerismo y solidaridad que me mostraron en todo momento.

Deseo, además hacer una mención especial al Sr Alejandro Cruz, jefe de mantenimiento de Rosmei S.A, quien sin complejidad alguna me recibió en la empresa y me compartió todo el conocimiento necesario para que mi investigación se lleve a cabo. Agradezco infinitamente la apertura que me brindó para el levantamiento de información, así como la predisposición que siempre tuvo en cada visita a la planta.

Finalmente, ofrezco mis agradecimientos sinceros a mi tutor de tesis, el Ing. Gerardo Herrera, quien gracias a su orientación, sabiduría y dosis de motivación fue posible realizar un excelente trabajo. Así mismo, al Ing. Juan Carlos Muyulema, por su predisposición para la revisión técnica del trabajo de investigación. Sin duda alguna, el desarrollo idóneo de este proyecto no hubiera sido posible sin la guía y recomendación brindada por estos prestigiosos docentes.

Wellington Apolinario Floreano.

DEDICATORIA

Después de la ardua labor empleada en mi trabajo de integración curricular, me permito dedicarle este mérito académico en primer lugar a Dios porque bajo su bendición, guía y protección he culminado con éxito la mejor etapa de mi vida académica.

A mis queridos padres Jessica Floreano y Wellington Apolinario porque me brindaron su amor y apoyo emocional en todo este proceso, a mis hermanos Jesslin, Heidi y Charlie Apolinario que sin lugar a duda fueron el motivo para no desmayar y así convertirme en un reflejo de inspiración para ellos.

A mis queridos abuelitos, mi mami Rosa Béjar, mi papi Heracleo Floreano, mi mami Blanca Apolinario y en especial a mi ángel que está en el cielo, mi papi Freddy Apolinario, que siempre me está protegiendo y guiando por el camino correcto, este logro también es por tí abuelo.

A mis grandes amistades, mis hermanitos Armando Rocafuerte (Junito) y Patricio Cruz (Pato), que me han brindado su apoyo incondicional y han compartido conmigo momentos inolvidables. Sin su refugio y motivación no hubiera conseguido esto.

A mis bellos amigos que me dejó el colegio, mi ñaño Jaya, mi ñaña Sofía, Vallejito, Guale e Ingrid, a los cuales considero y estimo mucho ya que se convirtieron en mi segunda familia por todo lo compartido y superado en equipo, siempre me sentiré orgulloso del gran sacrificio que hicimos durante ese periodo.

Y finalmente, esta tesis me la dedico especialmente a mí, porque nunca decaí, porque me demostré que soy capaz de conseguir mis objetivos incluso con las adversidades interpuestas. Fue un proceso complicado que me lo guardaré siempre, pero la satisfacción de haberlo logrado es ahora más grande, por tal razón me lo agradezco.

Wellington Apolinario Floreano.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Moreno Alcívar Lucrecia Cristina, PhD.
DIRECTORA DE CARRERA

f. 

Ing. Reyes Soriano Franklin Enrique, Mgtr.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD.
DOCENTE TUTOR

f. 

Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos, MEng.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	ii
CERTIFICACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	v
AUTORIZACIÓN	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	vii
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
DEDICATORIA	x
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	xi
ÍNDICE GENERAL	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
Planteamiento del problema	4
Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
Alcance.....	6
Justificación.....	6
CAPÍTULO I.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
1.1 Antecedentes investigativos	8
1.2 Estado del arte.....	11
1.2.1 Mapeo sistemático	12
1.3 Variables de estudio.....	30
1.4 Fundamentos teóricos.....	31
CAPITULO II.....	34

MARCO METODOLÓGICO.....	34
2.1 Enfoque de investigación	34
2.2 Diseño de investigación	34
2.3 Procedimiento metodológico.....	35
2.4 Población y muestra	36
2.4.1 Población	36
2.4.2 Muestra	37
2.5 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos	39
2.5.1 Métodos de recolección de datos.....	39
2.5.2 Técnicas de recolección de los datos	40
2.5.3 Instrumentos de recolección de datos	40
2.6 Variables de estudio.....	41
2.7 Procedimiento para la recolección de los datos	41
2.8 Operacionalización de las variables	42
2.9 Plan de análisis e interpretación de los resultados	43
CAPÍTULO III	45
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
3.1 Contexto organizacional.....	45
3.1.1 Generalidades	45
3.1.2 Misión.....	45
3.1.3 Visión.....	46
3.1.4 Inventario de procesos	46
3.1.5 Mapa de procesos de la empresa	47
3.1.6 Fabricación de harina de pescado.....	48
3.2 Análisis situacional.....	55
3.2.1 Diagnóstico inicial del proceso de prensado	55
3.2.2 Tiempo de cambio actual del proceso de prensado	56
3.2.3 Descripción general de SMED y OEE	59
3.3 Evaluación de OEE antes de aplicación SMED	60
3.4 Presentación de resultados	62
3.4.1 Validez de los resultados obtenidos	62
3.4.2 Prueba de Normalidad de Anderson-Darling.....	64
3.5 Propuesta de mejora	67

3.5.1 Tema	67
3.5.2 Introducción.....	67
3.5.3 Aplicación de la metodología SMED	68
3.6 Evaluación de OEE después de aplicación SMED	87
3.7 Simulación del proceso productivo en el software FlexSim	89
3.8 Presupuesto.....	93
3.9 Marco de discusión.....	95
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFÍA	101
ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Preguntas de investigación	12
Tabla 2. Descriptores de búsqueda	13
Tabla 3. Criterios de inclusión	13
Tabla 4. Criterios de exclusión	14
Tabla 5. Criterios de evaluación de la calidad	14
Tabla 6. Matriz de artículos más relevantes.....	16
Tabla 7. Metodologías aplicadas	25
Tabla 8. Número de operadores por área y estratificación poblacional.....	37
Tabla 9. Actividades del cambio de formato en el PP	38
Tabla 10. Técnicas de recolección de datos.....	40
Tabla 11. Tiempo de cambio antes de la aplicación de SMED.....	41
Tabla 12. Fases para el procesamiento de datos	42
Tabla 13. Operacionalización de las variables.....	42
Tabla 14. Plan de análisis e interpretación de datos	44
Tabla 15. Información general de la empresa Rosmei S.A.	45
Tabla 16. Inventario de procesos	46
Tabla 17. Especies de cardúmenes por proteína.	56
Tabla 18. Tiempo de cambio antes de la aplicación de SMED	57
Tabla 19. Matriz referencial del cambio de formato.....	63
Tabla 20. Cantidad de labores por subprocesos.....	68
Tabla 21. Actividades para el cambio de formato en el proceso de prensado	69
Tabla 22. Separación de las AI y AE	71
Tabla 23. Transformación de operaciones internas en externas	72
Tabla 24. Optimización de AI.....	75
Tabla 25. Tiempo de cambio después de la aplicación de SMED	76
Tabla 26. Optimización del tiempo de cambio de formato.....	77
Tabla 27. Matriz de alternativas de mejora.....	79
Tabla 28. Beneficios de implementar un tablero de herramientas.....	81
Tabla 29. Programa de capacitación SMED	82
Tabla 30. Descripción del variador de frecuencia	84
Tabla 31. Componentes de simulación del proceso.....	89
Tabla 32. Configuración de máquinas	91
Tabla 33. Presupuesto del proyecto	93
Tabla 34. Cálculo del flujo de fondo	94

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Flujograma de la problemática investigada.....	3
Gráfico 2. Diagrama de Ishikawa por estratificación.....	4
Gráfico 3. Pasos del Mapeo Sistemático	11
Gráfico 4. Ejecución de la búsqueda	16
Gráfico 5. Distribución temporal de artículos	23
Gráfico 6. Calificación de Calidad de artículo	24
Gráfico 7. Herramientas de optimización propuestas.....	25
Gráfico 8. Enfoques de investigación utilizados	27
Gráfico 9. Métodos de investigación utilizados	27
Gráfico 10. Técnicas utilizadas.....	28
Gráfico 11. Instrumentos de recolección de datos.....	29
Gráfico 12. Visualización del tiempo de cambio.....	32
Gráfico 13. Comportamiento del tiempo de cambio en las etapas del SMED	33
Gráfico 14. Etapas del método SMED	35
Gráfico 15. Plan de recolección de datos	39
Gráfico 16. Mapa de procesos de Rosmei S.A	47
Gráfico 17. Diagrama de flujo del proceso de harina de pescado	54
Gráfico 18. Duración de las actividades internas y externas durante el cambio antes del SMED.	59
Gráfico 19. Resumen de Prueba de Normalidad de SP4 – A6	65
Gráfico 20. Resumen de Prueba de Normalidad de SP5 – A2	66
Gráfico 21. Tiempo de ejecución por subprocesos.....	70
Gráfico 22. Comparación de actividades transformadas	74
Gráfico 23. Comparativo del antes y después de la aplicación SMED.	78
Gráfico 24. Diagrama de flujo del proceso de producción incluido el variador de frecuencia SINAMICS G120	86
Gráfico 25. Comparación de Disponibilidad y OEE antes y después de aplicar el SMED..	88
Gráfico 26. Diagrama de Gantt del desempeño operativo.....	92

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Poza de recepción de materia prima	48
Imagen 2. Cocinador.....	49
Imagen 3. Prensa de doble husillo	49
Imagen 4. Secador rotativo	50
Imagen 5. Molino	50
Imagen 6. Extractor de harina.....	51
Imagen 7. Tolva de ensaque.....	51
Imagen 8. Ensacado	52
Imagen 9. Bodega de reposo.....	52
Imagen 10. Almacenamiento de producto terminado	53
Imagen 11. Prensa de doble husillo	55
Imagen 12. Organigrama propuesto en el cambio de formato.....	80
Imagen 13. Tablero colgante.....	81
Imagen 14. Guía de selección general para secuencia de movimiento continuo	85
Imagen 15. Modelo del proceso de fabricación de harina de pescado	90
Imagen 16. Simulación del modelo del proceso de prensado.....	90
Imagen 17. Desempeño del proceso productivo.....	92

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ingreso de artículos a software Rayyan	107
Anexo 2. Exclusión de artículos mediante palabras claves	107
Anexo 3. Aplicación de criterios de elegibilidad.....	108
Anexo 4. Tendencia de artículos publicados	108
Anexo 5. Evaluación de calidad de artículos.....	109
Anexo 6. Herramientas de optimización	110
Anexo 7. Enfoque y método utilizados	111
Anexo 8. Técnicas e instrumentos utilizados	111
Anexo 9. Resumen de Prueba de Normalidad de SP1	112
Anexo 10. Resumen de Prueba de Normalidad de SP2.....	113
Anexo 11. Resumen de Prueba de Normalidad de SP3	113
Anexo 12. Resumen de Prueba de Normalidad de SP4.....	114
Anexo 13. Resumen de Prueba de Normalidad de SP5.....	116
Anexo 14. Resumen de Prueba de Normalidad de SP6.....	117
Anexo 15. Hoja de registro de toma de tiempos 1.....	118
Anexo 16. Hoja de registro de toma de tiempos 2.....	119
Anexo 17. Base de datos para prueba de normalidad en Minitab 19 (1).....	120
Anexo 18. Base de datos para prueba de normalidad en Minitab 19 (2).....	121
Anexo 19. Base de datos para prueba de normalidad.....	122
Anexo 20. Formato de ficha de observación antes del SMED.....	123
Anexo 21. Formato de ficha de observación con los subprocesos	124
Anexo 22. Guía de entrevista 1	125
Anexo 23. Guía de entrevista 2	126
Anexo 24. Carta de aceptación de tema de tesis.....	127
Anexo 25. Cálculos de los indicadores financieros.....	128
Anexo 26. Formato de hoja de registro	129
Anexo 27. Evidencias de recolección de información	131
Anexo 28. Cotización de Variador de frecuencia	134

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PENSADO PARA INCREMENTAR EL
RENDIMIENTO DE LA HARINA DE PESCADO EN LA EMPRESA ROSMEI S.A,
PARROQUIA CHANDUY – ECUADOR”

Autor: Apolinario Floreano Wellington Slatter

Tutor: Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio., PhD.

RESUMEN

La producción de harina de pescado enfrenta relativamente desafíos vinculados con la eficiencia operativa, es allí, donde surge la necesidad de contar con estrategias y herramientas de optimización para hacer más eficientes sus procesos. El estudio se direcciona al proceso de prensado, con el objetivo de optimizar el cambio de formato de la prensa de doble husillo mediante la aplicación de la metodología SMED para incrementar el rendimiento de la harina de pescado en la empresa Rosmei S.A. Se adopta un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y orientación descriptiva correlacional, donde las técnicas para la obtención de información abarcaron la observación directa y la entrevista, esta última no influyó en la recolección de datos cuantitativos. Por tanto, para el análisis de datos se implementaron fichas de observación sustentadas por artículos científicos. Los resultados fueron validados mediante la prueba de normalidad Anderson-Darling, garantizando la fiabilidad de los tiempos registrados en cada réplica. Estos datos posibilitaron el desarrollo de una propuesta de mejora que logró una reducción de 30,3 minutos en el tiempo total de cambio, resultando en un incremento del 6% en la OEE, superando la categoría *regular* en la cual fluctuaba antes de aplicarse SMED. En particular, se logró cumplir con los objetivos propuestos y comprobar que la reducción de los tiempos de cambio no solo eleva la OEE, también contribuyen en la estabilidad y control del proceso de fabricación de harina de pescado.

Palabras claves: *optimización, proceso de prensado, cambio de formato, prensa de doble husillo, SMED, rendimiento.*

"OPTIMIZATION OF THE PRESSING PROCESS TO INCREASE THE YIELD OF FISHMEAL IN THE COMPANY ROSMEI S.A., CHANDUY PARISH - ECUADOR".

Author: Apolinario Floreano Wellington Slatter

Tutor: Eng. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD.

ABSTRACT

The production of fishmeal faces relative challenges related to operational efficiency, which is where the need for optimization strategies and tools to make its processes more efficient arises. The study is directed to the pressing process, with the objective of optimizing the format change of the double screw press by applying the SMED methodology to increase the yield of fishmeal in the company Rosmei S.A. A quantitative approach is adopted, non-experimental design and descriptive correlational orientation, where the techniques for obtaining information included direct observation and interview, the latter did not influence the collection of quantitative data. Therefore, for data analysis, observation sheets supported by scientific articles were implemented. The results were validated by means of the Anderson-Darling normality test, guaranteeing the reliability of the times recorded in each replicate. These data made it possible to develop an improvement proposal that achieved a reduction of 30.3 minutes in the total changeover time, resulting in a 6% increase in the OEE, surpassing the regular category in which it fluctuated before SMED was applied. In particular, we were able to meet the proposed objectives and prove that the reduction of changeover times not only increases the OEE, but also contributes to the stability and control of the fishmeal manufacturing process.

Keywords: *optimization, pressing process, changeover, twin screw press, SMED, performance.*

INTRODUCCIÓN

La industria acuícola ha sido objeto de evolución constante. Con el rápido aumento de la población mundial y su demanda de productos del mar, la acuicultura es la mejor manera de producir proteína animal, esta industria está produciendo alimentos acuáticos a una tasa de crecimiento del 7,5% anual desde 1970 (Hussain et al., 2024). En particular, por medio de la producción de harina de pescado se ha constituido una fuente nutricionalmente enriquecida de proteína animal de alta calidad con mayor digestibilidad, palatabilidad, sabor atractivo y efectos promotores del crecimiento e inmunitarios (Mahamud et al., 2022). Debido a esto y al entorno cada vez más competitivo, las empresas tienen que cumplir los requisitos de los clientes para garantizar la calidad, flexibilidad y plazos de entrega (Kumar et al., 2022).

A nivel global, según Sarker (2020), alrededor de 19 millones de toneladas de pescado silvestre, cerca del 20% de la cantidad total capturada en todo el mundo, se convierten cada año en harina y aceite de pescado, aunque el 90% de este pescado capturado puede ser apto para el consumo humano. A pesar de aquello, la industria de la harina de pescado ha experimentado cambios notables. Según The Marine Ingredients Organisation (2024), en el transcurso de los primeros 11 meses de 2023, la producción mundial de harina de pescado experimentó una disminución de alrededor del 16% en comparación con el mismo periodo del año anterior. Esta reducción se atribuye principalmente a la caída del 41% en la producción de Perú, marcando un factor significativo en la disminución global de la producción. En la actualidad, Perú es el pionero en la producción mundial de harina de pescado, le sigue Tailandia, China y Estados Unidos, de acuerdo con el último Anuario Estadístico de la Organización Internacional de la Harina y el Aceite de Pescado (IFFO).

Por otro lado, en los países de América del sur, los avances tecnológicos están impulsando la necesidad de mecanismos para la mejora de procesos. Por lo cual, se están incorporando estrategias complejas de toma de decisiones basadas en rigurosas herramientas de optimización a gran escala para garantizar una comprensión adecuada de las interacciones no intuitivas de nuevas tecnologías potenciales (Biegler, 2024). En correspondencia a la industria de la harina de pescado se ha mantenido un crecimiento significativo a pesar de la reducción en la producción mundial peruana. Esto se debe a que se han destacado otros dos países productores como Chile y Ecuador, que junto con Perú son los principales productores

de harina de pescado en la región, representando entre ellos más del 60% de la producción mundial (The Marine Ingredients Organisation, 2024).

Con un enfoque sostenible y una gestión responsable de los recursos marinos, Ecuador ha experimentado un notable aumento en la producción de harina de pescado. De acuerdo con un estudio realizado por la Cámara Nacional de Pesquería (2020), la harina de pescado es la segunda industria pesquera más relevante después de la producción de atún en conserva. El suministro local de harina de pescado ha respaldado el aumento en la producción de camarones, tilapia y otros cultivos acuícolas, fomentando la inversión nacional y extranjera para fabricar alimentos balanceados.

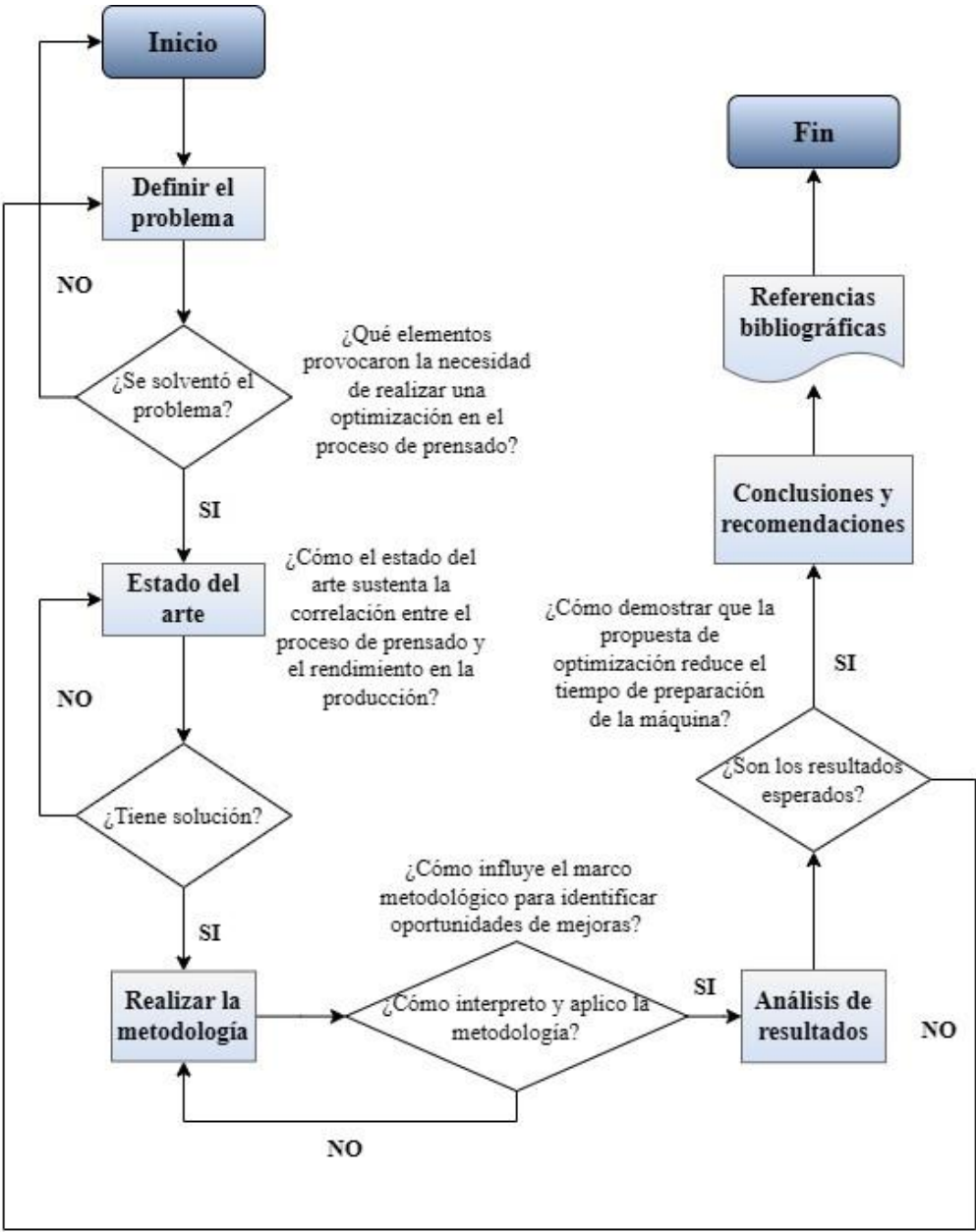
Las provincias productoras de harina de pescado son Guayas, Santa Elena y Manabí, siendo representados por los cantones de Guayaquil, Santa Elena y Manta (Cámara Nacional de Pesquería, 2020). Para el proyecto de investigación, el enfoque está dirigido a la provincia de Santa Elena, conocida por ser una región óptima para albergar industrias y empresas que elaboran productos derivados del mar, especialmente empresas harineras. De acuerdo con un informe del Ministerio de Producción, Comercio exterior, Inversiones y Pesca (2022) existe legalmente registradas y aprobadas 13 plantas harineras, de las cuales 6 de ellas se encuentran emplazadas en la Parroquia Chanduy, perteneciente al cantón Santa Elena, zona con mayor cantidad de plantas dedicadas al procesamiento de productos derivados del mar. Una de las empresas que se destaca es Rosmei S.A, siendo la industria objetivo de la investigación, y una de las que mayor trayectoria y crecimiento local ha tenido en la industria.

Con lo ya mencionado, se sabe que la industria de producción de harina de pescado es esencial para suministrar proteínas destinadas a la alimentación animal en el sector de la acuicultura, sin embargo, se enfrenta a desafíos vinculados con la eficiencia operativa (Tung et al., 2023). Por ello, se debe contar con estrategias y herramientas de optimización para hacer más eficientes los procesos.

Para llevar a cabo un análisis exhaustivo de la optimización del proceso de prensado, resulta imperativo profundizar en las metodologías aplicadas para mejorar los procesos en términos de rendimiento, relacionados con la acuicultura y con industrias de manufacturas que integren procesos similares. La falta de exploración en este campo resalta la necesidad de contribuir con un enfoque metodológico sólido y comprensivo que permita una evaluación más completa y precisa de la optimización de procesos en la industria de harina de pescado.

Dadas las condiciones actuales, surge la siguiente interrogante, ¿De qué manera la optimización del proceso de prensado incide en el rendimiento de la harina de pescado en la empresa Rosmei S.A? La investigación gira en torno a esta pregunta, con el objetivo claro de presentar una propuesta para la optimización del proceso de prensado. El propósito es que la propuesta sea efectiva no solo dentro de la empresa en cuestión, sino que también pueda ser implementada en otras empresas del mismo sector. Con la intención de clarificar la respuesta a la problemática, se elabora un flujograma, como se muestra en el gráfico 1.

Gráfico 1. Flujograma de la problemática investigad

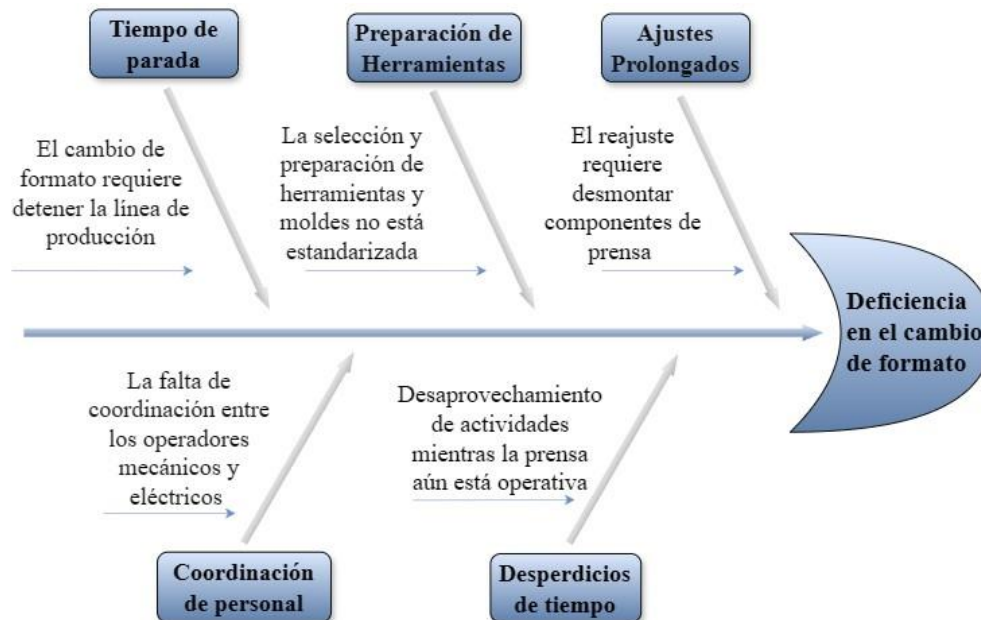


Nota: Elaborado por autor

Planteamiento del problema

En este caso, el estudio se centra en el proceso de prensado o extrusión de la pasta de pescado, siendo un responsable directo para obtener un producto de calidad. En este particular, se estudia la extrusión de doble husillo, la cual combina acciones mecánicas, térmicas y químicas en un solo paso y en modo continuo, y está ampliamente integrado en la producción de alimentos (Vandenbossche et al., 2019). De hecho, un prensado eficaz genera mayores rendimientos de la producción a partir de una cantidad dada de materia prima, reduce los desperdicios y mejora la eficiencia del proceso (Cathcart et al., 2023). Sin embargo, se tiene presente que toda cadena productiva presenta desperdicios que retrasan la producción. Tal es el caso que se logró determinar tiempos de espera en la etapa del prensado, especialmente al momento de ejecutar los cambios de formato en la prensa. Según Guevara et al. (2022) el desperdicio por tiempos de espera se refiere al tiempo improductivo generado por una secuencia de trabajo o proceso ineficiente. En este sentido, se desarrolló un diagnóstico mediante el diagrama de Ishikawa por el método de estratificación para detallar las causas potenciales de los tiempos improductivos generados en esta etapa.

Gráfico 2. Diagrama de Ishikawa por estratificación



Fuente: Investigación

Bajo esta óptica, el problema identificado es generado especialmente por las 5 causas detalladas en el diagrama. En primer lugar, según el tipo de materia prima a procesar se

efectúa un cambio de formato en la prensa, donde se aumenta o disminuye las revoluciones de los husillos. Este cambio es prolongado debido a la necesidad de sustituir poleas y ajustar el funcionamiento del motor, lo que implica un reajuste completo del sistema. Para llevar a cabo este proceso, es necesario detener toda la cadena de producción. Estos reequipamientos frecuentes aumentan considerablemente los tiempos de preparación, afectando negativamente el rendimiento de la producción de harina de pescado.

En ese sentido, numerosas empresas adoptan una producción ajustada al combinar diversas técnicas, mejorando no solo la eficiencia en la cadena de producción, sino también impulsando una mejora continua en todas las fases del proceso productivo, así como el aumento de los indicadores clave de rendimiento, calidad, entrega y productividad (Martínez & Arboleda, 2021). Existen varias herramientas de optimización que pueden mejorar el nivel de producción de una máquina, con la finalidad de mejorar su eficacia general y rendimiento (Bhade & Hegde, 2020).

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar la propuesta para reducir el tiempo de cambio en la prensa de doble husillo de la planta Rosmei S.A, para optimizar el rendimiento operativo de la etapa prensado, es decir, conseguir una mejora en la eficiencia de la producción de harina de pescado, destacando siempre que las metodologías a aplicarse garanticen soluciones viables en los diferentes sectores industriales altamente competitivos.

Según lo anterior, se formula el objetivo de la investigación para abordar la problemática presentada, junto con las actividades que permitan alcanzar la propuesta deseada.

Objetivo general

Optimizar el proceso de prensado para el incremento del rendimiento de la harina de pescado en la empresa Rosmei S.A, parroquia Chanduy – Ecuador.

Objetivos específicos

- Desarrollar un estado del arte, a través de un mapeo sistemático y el software Rayyan, para el sustento de las variables de investigación.
- Estructurar un marco metodológico, mediante estudios enfocados en la optimización de procesos, para determinar oportunidades de mejora aplicables.
- Presentar una propuesta para la optimización del cambio de formato en el proceso de prensado en la planta Rosmei S. A.

Alcance

El enfoque principal de este estudio se centra en la etapa de prensado, dentro del área de producción de la empresa Rosmei S.A, siendo el equipo responsable una prensa de doble husillo de capacidad para 20 T de materia prima. El estudio se realiza en base a las metodologías y herramientas de mejora de procesos, que buscan maximizar la eficiencia y rendimiento de la harina de pescado. El alcance de la investigación aborda los siguientes aspectos:

- Identificación y análisis de la problemática identificada en el proceso de prensado mediante una investigación de campo para analizar los factores relacionados al funcionamiento en esta etapa.
- Investigación exhaustiva de las causas subyacentes de los problemas detectados, incluyendo factores relacionados con la operación de la maquinaria de prensado y otros elementos que contribuyan a la eficiencia del proceso.
- Propuesta de soluciones prácticas y mejoras que aborden los problemas identificados y optimicen el proceso de prensado. Estas soluciones pueden incluir cambios en la maquinaria, ajustes operativos, mejoras en el manejo de la materia prima y otras estrategias relevantes.
- Definición de estrategias para la implementación de las mejoras propuestas, teniendo en cuenta los recursos necesarios, el tiempo requerido y los posibles obstáculos que puedan surgir durante el proceso de cambio.

Justificación

La importancia del presente trabajo de investigación radica en reducir el tiempo de cambio en la máquina, para medir y optimizar el rendimiento operativo de la etapa prensado. De acuerdo con Raju et al. (2022), esta medición se puede utilizar para el equipo, las personas o los materiales, lo que resulta en un mejor rendimiento del producto.

Desde esta óptica, la trascendencia que ha tenido particularmente la extrusión en diferentes industrias la convierten en una tecnología esencial para procesar alimentos, polímeros, entre otros. Se utiliza ampliamente para la producción de películas, láminas, tuberías y perfiles, y para operaciones especiales, como composición, mezcla, paletización, etc. La optimización de una extrusión es un problema conflictivo y multiobjetivo (Nastaj & Wilczyński, 2021).

El estudio de investigación destaca por su carácter innovador, ya que hasta el momento no se ha realizado un análisis en la provincia de Santa Elena específicamente en la parroquia de Chanduy utilizando metodologías de producción ajustada para abordar los problemas presentes en el proceso de prensado. Además, se examinan soluciones adecuadas para promover la mejora continua, con el propósito de optimizar la eficiencia y rendimiento en el proceso productivo.

La viabilidad se fundamenta en la autorización otorgada por el jefe de mantenimiento de la planta Rosmei S.A para llevar a cabo la investigación y la propuesta de implementación de la metodología. Esta empresa se destaca por su fuerte competencia en el sector, lo que implica la necesidad constante de mejorar sus métodos para asegurar una respuesta rápida y eficiente en todos sus procesos productivos.

Por consiguiente, los beneficiarios directos del trabajo de investigación son los operarios del área de producción y de mantenimiento, ya que las actividades desempeñadas adaptan una mejora para el procesamiento del producto, lo que busca reducir el tiempo y esfuerzo empleado por el personal. Además, con la propuesta se busca mejorar el rendimiento general del equipo de prensa, permitiendo aumentar la productividad y garantizando un mejor desempeño de las actividades operativas.

Dentro del marco de investigación, se distinguen tres capítulos de la siguiente manera:

En el **Capítulo I**, la atención se dirige hacia la recopilación de información obtenida de artículos científicos y casos de estudio mediante un mapeo sistemático de la literatura. El propósito de este análisis es respaldar la revisión del conocimiento actual, destacando especialmente las variables de investigación.

El **Capítulo II**, organizado conforme al marco metodológico, presenta de manera minuciosa los enfoques, técnicas e instrumentos utilizados en la investigación. Asimismo, aborda aspectos como la población de estudio, diseño de este, estrategias para recopilar datos y definir las variables.

En el **Capítulo III**, se exponen de forma detallada los resultados alcanzados conforme a los objetivos predefinidos. Además, se realiza un análisis exhaustivo de toda la investigación con la finalidad de formular una propuesta de mejora.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

La aplicación de herramientas de producción ajustada ha demostrado ser una estrategia eficaz para aumentar la eficiencia y disminuir los desperdicios en los procesos de fabricación (Haddad et al., 2021) Diversas investigaciones han resaltado los beneficios asociados con la incorporación de Single-Minute Exchange of Die (SMED) en la mejora de los tiempos de ajustes de máquinas. Vale mencionar que la aplicación de esta herramienta aún no se aplica en la industria de harina de pescado, sin embargo, es muy relevante en otros sectores manufactureros. Los cuales se detallan en las siguientes investigaciones:

Según Vieira et al. (2019), se realizó un estudio en la industria metalmeccánica, integrada en uno de los mercados más competitivos de Portugal. Ante esto, fue fundamental reducir el desperdicio en todos los sectores del proceso productivo, utilizando los buenos principios y prácticas Lean, como el Single Minute Exchange of Die. Su estudio presentó un proyecto de implementación de la metodología SMED en el proceso de perfilado en frío, en una población de cinco perfiladoras diferentes. Los resultados de la implementación del SMED muestran una mejora promedio de la OEE del 10,8%.

De igual manera Miranda et al. (2022), en su estudio dentro del sector del plástico se centró en la creación de un modelo de optimización para aumentar la eficiencia del proceso de producción de envases flexibles aplicando varios métodos, entre ellos: el método Johnson, SMED y TPM en una PYME. Los resultados que obtuvo fueron muy favorables. Se mejoró la producción del 63,75 % al 79,30% por la reducción del 23,13 % del tiempo total de procesamiento de las órdenes de trabajo, del 51,10% y 36,27% en el tiempo de preparación de la máquina extrusora y la impresora flexográfica, y del 20,63 % y el 17,55% del tiempo medio de producción.

En la industria automotriz Niekurzak et al., (2023), se centraron en la creación de un modelo para reducir el tiempo de cambio de máquina y mejorar la eficiencia de la producción en una organización de fabricación de automóviles. Se observó una mejora en la utilización del tiempo de trabajo efectivo de la unidad de producción del el 63,4% inicial al 84,7%. La aplicación de las medidas correctoras dio lugar a una reducción del tiempo total empleado por los operarios para cambio de 899,4 seg a 473,4 seg.

De igual manera Santos et al. (2022), llevaron a cabo una investigación en donde presentaron una mejora en las actividades de mantenimiento realizadas en equipos que producen neumáticos de gran tamaño. De igual manera, se discutió la implementación de la metodología SMED en los procedimientos de calibración, ya que este método se aplica comúnmente a las configuraciones de las máquinas para reducir el tiempo de inactividad. Al final del estudio, se logró una disminución del 31% en la duración de las actividades de verificación de tolerancia de la máquina, lo que condujo a un aumento significativo en la disponibilidad del equipo.

Así mismo, una empresa palestina líder de perfiles y aluminio (Haddad et al., 2021), SMED se implementó a través de procedimientos experimentales reales aplicados a los procesos de la línea de extrusión para investigar su efecto en la disminución del tiempo de configuración y la mejora de la efectividad general del equipo (OEE) de la máquina, además de presentar una guía para que los profesionales mejoren el proceso de extrusión. En general, la implementación exitosa de SMED aumentó el OEE del 3,26 % por el aumento de la disponibilidad de la máquina del 4,86 %.

En la industria de confección Mohammad et al. (2023) demostró el potencial de la metodología SMED. El artículo investiga tres casos de implantación de SMED integradas con matrices de responsabilidad, rendición de cuentas, consulta e información (RACI) en fábricas de confección con un enfoque de investigación-acción. Se aplican métodos cuantitativos y cualitativos. El estudio mostró una reducción del 50 % al 64 % del tiempo de cambio con la implementación de SMED medida con dos indicadores clave: a lo largo del tiempo y el tiempo para alcanzar la producción máxima.

Con relación a la industria de harina de pescado y la aplicación de herramientas de producción ajustada, según Calderón & García (2020) se demostró mediante las herramientas SMED y TPM una reducción de tiempo de secado de 45 minutos a 30 minutos, asimismo con el TPM, la eficiencia total del equipo (OEE) logró un aumento de 32.19% a 42.27% y finalmente se estimó una variación de la productividad correspondiente a la materia prima de 11.47%. Por lo cual, los resultados en el proceso de elaboración de harina de pescado fueron positivos, como el incremento de la producción, disminución del tiempo ciclo de proceso y reducción de fallas del secador principal.

De igual modo, con la aplicación de la metodología TPM, Obeso et al. (2020) determinaron que la productividad creció un 6 %, de los 15 sacos por hora que producían,

aumentaron a 17 sacos/hora, debido a la reducción de fallas en las maquinarias y equipos, lo que provocaba tiempos muertos en la producción. En consecuencia, la eficiencia general de los equipos aumentó un 0,68% con una expectativa de incremento del 16,32 % en un año. También Cathcart et al. (2023), se centró en el estudio de máquinas presentes en el proceso de producción de harina de pescado, como son las centrífugas decantadoras y prensas. Su investigación buscó la optimización de la separación mecánica del digestato anaeróbico para la eliminación de sólidos totales y nutrientes. En este marco, La centrifugadora decantadora tuvo una mayor eficacia de separación del fósforo en todos los casos, oscilando entre el 51% y el 71,5%, mientras que la prensa de tornillo tuvo una eficacia de separación del fósforo que osciló entre el 8,5% y el 10,9% para digestato con un 5% de sólidos (mezcla de purines y ensilado de hierba).

Por último, Aguilar & Salazar (2022) demostraron un aumento en la productividad del proceso de prensado del pet blanco al examinar los registros de productividad, eficiencia y eficacia. Al comparar los resultados del análisis inicial donde la productividad era del 69.38%, la eficiencia del 94.84%, y la eficacia del 65.83%, con los resultados posteriores donde la productividad alcanzó el 83.99%, la eficiencia llegó al 97.16%, y la eficacia alcanzó el 81.67%, se observó una mejora del 14.61% en la productividad, un aumento del 2.32% en la eficiencia y un incremento del 15.83% en la eficacia.

Como se puede evidenciar, los estudios centrados en la implementación de herramientas Lean, especialmente el método SMED, en diversos sectores manufactureros, desempeñan un papel crucial al enfrentar desafíos críticos como la reducción del tiempo de configuración, el aumento de la efectividad de las máquinas, la mejora de la eficiencia en los procesos productivos y el incremento de la productividad, entre otros aspectos relevantes. Estos estudios no solo promueven la optimización de los procesos productivos, sino que también contribuyen significativamente al cumplimiento de los estándares de calidad.

Los resultados obtenidos de estas investigaciones demuestran un potencial considerable para generar beneficios económicos y operativos en las organizaciones. Este hecho subraya la importancia de llevar a cabo y aplicar investigaciones similares en sectores específicos como el de la harina de pescado. Es relevante señalar que, hasta la fecha, el método SMED no ha sido aplicado en la industria de la harina de pescado. Sin embargo, dada la continua expansión e innovación en este sector, así como los desafíos operativos a los que se enfrenta, su implementación se vuelve cada vez más necesaria y pertinente. La adopción

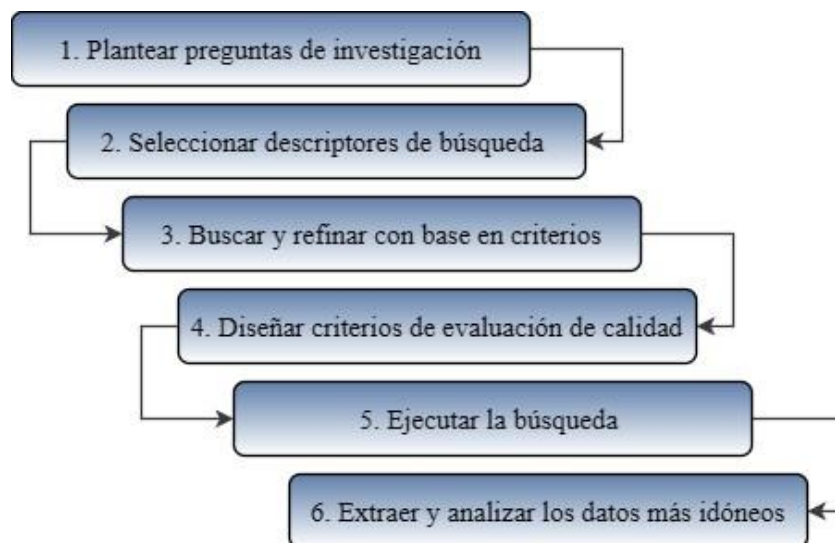
del método SMED en la industria de la harina de pescado podría proporcionar beneficios significativos, tales como la reducción de los tiempos de preparación de las máquinas, la optimización de los procesos de producción y la mejora de la eficiencia global. Esto, a su vez, podría conducir a un aumento de la competitividad en el mercado, así como a una mayor satisfacción del cliente debido a la entrega oportuna y la calidad consistente de los productos.

1.2 Estado del arte

El estado del arte constituye una etapa de investigación que comprende la lectura y análisis de diversos textos académicos con el propósito de adquirir conocimiento acerca de las investigaciones previas sobre un tema específico. Con el estado del arte, se obtiene información sobre los progresos, obstáculos y direcciones de la investigación (Rivas, 2023). Para comprender las características y tendencias de la producción científica en este ámbito, se utilizó el método de mapeo sistemático.

Según Navarro & Ramírez (2018), el mapeo sistemático es una técnica que busca entender y situar un tema particular a través de una revisión bibliográfica exhaustiva. Este método, considerado como un estudio secundario, tiene como objetivo identificar, evaluar y sintetizar información de diversas investigaciones relacionadas con una temática específica y preguntas predefinidas. Los mapeos sistemáticos se distinguen por seguir una secuencia de pasos. Esto basado en las investigaciones de Rivera et al. (2022) y Narváez et al. (2023), las cuáles sustentaron los parámetros de la metodología. Dicho esto, el gráfico 3 presenta las etapas del mapeo sistemático a implementarse.

Gráfico 3. Pasos del Mapeo Sistemático



Nota: Elaborado por autor

1.2.1 Mapeo sistemático

1) Plantear preguntas de investigación

Con base en las aportaciones de Narváez et al. (2023) se plantearon cuatro interrogantes de investigación. Sin embargo, se consideró exclusivamente el componente conceptual para formular los objetivos de la revisión y el aspecto operativo para identificar las preguntas contribuyentes en los objetivos de búsqueda (OB).

- **OB1:** Organizar sistemáticamente las pruebas con el propósito de cuantificar el nivel de interés científico e investigativo en torno a las variables de estudio.
- **OB2:** Examinar la excelencia de cada artículo elegido conforme a los criterios de inclusión y exclusión definidos para la evaluación de documentos primarios.
- **OB3:** Recabar información relativa a definiciones conceptuales, procesos, métodos de investigación y propuestas, con el propósito de discernir el grado de avance obtenido por las indagaciones.

La tabla 1, expone las interrogantes de investigación vinculadas a sus OB.

Tabla 1

Preguntas de investigación

Preguntas de investigación	OB
P1: ¿Cuál es la distribución temporal de los artículos elegidos? Exponer una visión general de la literatura a nivel macro entre los años 2020 y 2024.	OB1
P2: ¿Cuál es la calidad de los artículos elegidos? Determinar la calidad de los artículos seleccionados de acuerdo con la tabla 2.	OB2
P3: ¿Cuáles son las soluciones propuestas? Identificar las metodologías propuestas en las indagaciones.	OB3
P4: ¿Cuáles fueron las metodologías empleadas para la recolección de información? Identificar los métodos, técnicas y herramientas de evaluación implementadas en cada artículo.	OB3

Nota. Modificado de Narváez et al., (2023)

2) Seleccionar descriptores de búsqueda

La tabla 2 muestra la técnica de selección de artículos en base a descriptores de búsqueda. La búsqueda se centró en la elección de artículos de revistas indexadas en motores de búsqueda tales como ScienceDirect, Mendeley y Dimensions. Las bases se seleccionaron por su amplio alcance y reputación establecida en la comunidad científica.

Tabla 2*Descriptores de búsqueda*

Base de datos	Descriptores de búsqueda
ScienceDirect	<p>Find articles with these terms: “Process optimization”, “Agri-food industry”, “Extrusion process”, “Setup time reduction”.</p> <p>Refine by: Years: 2020 – 2024. Subject areas: Engineering. Access type: Open Access & Open archive.</p> <p>Search for and add articles to your library: “Process optimization”, “Extrusion process”, “Setup time reduction”.</p>
Mendeley	<p>Limited to: Years: 2020-2024. Document type: Journal Access type: Open Access</p> <p>Buscar: “Optimización de procesos OR Process optimization”, “Procesos de extrusión/ prensado OR Extrusion process”, “Setup time reduction”.</p>
Dimensions	<p>Publication year: 2020 – 2024. Publication type: Article</p>

Nota. Elaborado por autor

3) Buscar y refinar con base en criterios

Según Narváez et al. (2023), la elección de artículos pertinentes se la puede clasificar en 3 niveles de revisión:

- **Primer nivel:** Revisión del título
- **Segundo nivel:** Revisión del resumen, introducción y conclusiones.
- **Tercer nivel:** Revisión de la totalidad del texto para determinar si cumple con los criterios de búsqueda.

En las tablas 3 y 4, se formularon los criterios de inclusión (CI) y exclusión (CE) para restringir la exploración documental, buscando resultados alineados con los objetivos definidos para la investigación. En este sentido, se plantearon los siguientes CI:

Tabla 3*Criterios de inclusión*

Nº	Criterios de Inclusión
CI1	Artículos con “Optimización de procesos”, “Reducción del tiempo de cambio en las máquinas”, “Mejora de procesos”, “Prensado/Extrusión” en el título o resumen.
CI2	Artículos que guarden relación con la optimización de procesos en diversos procesos de manufactura.

- CI3** Artículos que traten temas relacionados con la producción de harina de pescado.
- CI4** Artículos con métodos que aporten al trabajo de investigación.
- CI5** Artículos publicados en revistas científicas.

Nota. Elaborado por autor

Por otro lado, se descartan los artículos que cumplan con los siguientes CE:

Tabla 4

Criterios de exclusión

Nº	Criterios de Exclusión
CE1	Artículos duplicados
CE2	Artículos que no tengan acceso gratuito a todo público.
CE3	Artículos sin relación con las variables de estudio.
CE4	Artículos publicados antes de los últimos 5 años.
CE5	Artículos publicados en idiomas distintos al español e inglés.

Nota. Elaborado por autor

4) Diseñar criterios de evaluación de calidad

La tabla 5 muestra los criterios de evaluación de la calidad de cada artículo seleccionado. Para valorar la excelencia de los artículos y determinar su pertinencia respecto a las variables de estudio, se diseñó un procedimiento de evaluación con 9 criterios, presentados en la tabla 5. Este procedimiento atribuye calificaciones de tres valores distintos: No cumple (-1), Cumple parcialmente (0) y Cumple (+1). El artículo puede obtener una calificación que varía de -9 a +9. Vale destacar que, a pesar de que ciertos artículos alcancen puntuaciones bajas no pueden ser excluidos. El objetivo es evaluar la calidad de información de cada artículo.

Tabla 5

Criterios de evaluación de la calidad

Nº	Criterios de evaluación	Calificación		
		1	0	-1
1	El artículo se enfoca en investigar el tiempo de cambio de máquinas en la optimización de procesos.	Si	Parcialmente	No
2	El artículo ofrece una descripción idónea del problema de investigación.	Si	Parcialmente	No

3	El artículo sigue un proceso de investigación estructurado y fundamentado.	Si	Parcialmente	No
4	El artículo propone definiciones claras sobre el proceso de prensado.	Si	Parcialmente	No
5	El artículo propone la aplicación de herramientas de optimización de procesos.	Si	Parcialmente	No
6	El artículo propone formas de evaluar la optimización de procesos en torno al rendimiento de la producción.	Si	Parcialmente	No
7	El artículo expone de manera clara y detallada los resultados obtenidos.	Si	Parcialmente	No
8	El artículo presenta claramente las contribuciones de investigación hacia la industria.	Si	Parcialmente	No
9	El artículo ha sido citado por otros autores (n = citas).	$n > 10$	$1 \leq n \leq 10$	$n = 0$

Nota. Modificado de Narváez et al., (2023)

5) Ejecutar la búsqueda

El proceso para ejecutar la búsqueda inició con una indagación inicial en las bases de datos ScienceDirect, Mendeley y Dimensions, encontrándose un total de 4329 publicaciones relacionadas con el tema de investigación.

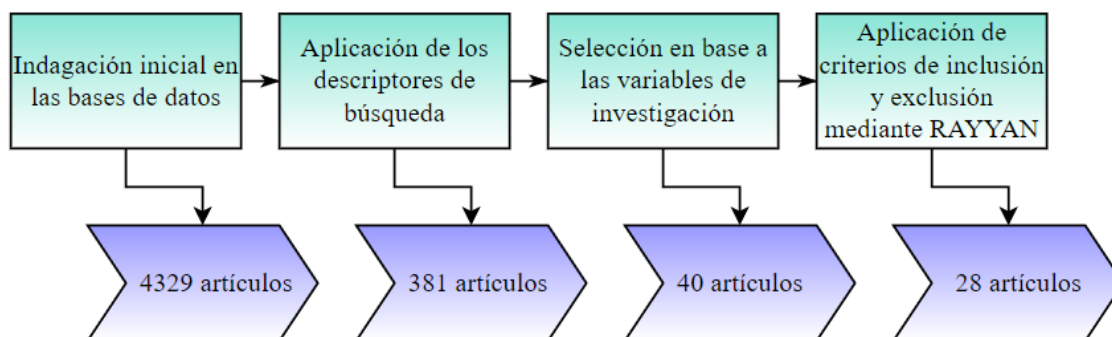
Seguido de aquello se redujo esa cantidad acorde a los descriptores de búsqueda preestablecidos, obteniendo 381 artículos en las diferentes bases de datos. Luego, se aplicó una revisión de primer nivel, es decir, comparando los títulos de las investigaciones y seleccionando los artículos que tenían relación con las variables de búsqueda, obteniendo una totalidad de 40, los cuales fueron guardados en la librería de Mendeley para luego ser exportados.

✓ *Combinación con software Rayyan*

Rayyan es una herramienta web diseñada para ayudar a los investigadores que trabajan en revisiones sistemáticas, revisiones de alcance y otros proyectos de síntesis de conocimientos, acelerando drásticamente el proceso de cribado y selección de estudios (Morris, 2023).

Se aplicó los criterios de inclusión y exclusión, y se revisaron cada artículo mediante la herramienta Rayyan (*ver anexos del 1 al 3*) para agilizar la búsqueda de los artículos más idóneos para la investigación. El número final de artículos fue de 28. El gráfico 4 evidencia el proceso ya mencionado, el cual es representado mediante un diagrama de bloques.

Gráfico 4. Ejecución de la búsqueda



Nota: Elaborado por autor

6) Extraer y analizar los datos más idóneos.

En la Tabla 6 se muestran los resultados del análisis exhaustivo de la revisión de la literatura, en donde se detallan los artículos que sirvieron para identificar las herramientas de optimización de procesos. Los estudios fueron seleccionados mediante la herramienta Rayyan para su posterior análisis. En este caso, se menciona los respectivos autores de cada estudio, título y los resultados que lograron en sus investigaciones. Este análisis se resume en una matriz referencial.

Tabla 6

Matriz de artículos más relevantes

Nº	Autores	Título	Resultados
A1	(Calderón & García, 2020)	Mejora de la productividad del proceso de elaboración de harina de pescado aplicando la metodología Lean Manufacturing.	Se evidenció una reducción de 45 a 30 min en el secado. Con el TPM, se observó un incremento significativo en OEE, pasando de un 32.19% a 42.27%. Se proyectó una variación del 11.47% en la productividad relacionada con la materia prima.
A2	(Pinto et al., 2020)	Implantación del TPM y plan estratégico de mantenimiento - Un estudio de caso	Se produjo una disminución de averías por fallas en un 23% para los tornos CNC y en un 38% para los centros de mecanizado CNC, lo que se tradujo en un evidente aumento en la disponibilidad de las máquinas y una mejora en la OEE en un 5%.
A3	(Kumar et al., 2022)	Reducción del tiempo de preparación para mejorar la	Las mejoras conseguidas consistieron en reducir el tiempo de preparación en

		agilidad de la industria manufacturera mediante Kobetsu Kaizen y SMED: un estudio de caso.	un 79,10% gracias a la aplicación del SMED. Los resultados del presente estudio resultarán beneficiosos para las organizaciones ágiles en su empeño por abordar las pérdidas por configuración y ajuste.
A4	(Toki et al., 2023)	Troquel de intercambio de un solo minuto (SMED): Un enfoque sostenible y oportuno para la industria de la confección de Bangladesh.	El piso 1 tuvo el mejor desempeño semanal promedio, porcentaje de acción lograda y desempeño de eficiencia del 57%, 48% y 46%, respectivamente, entre los cinco pisos. El tercero tuvo el menor desempeño, porcentaje de acciones completadas y eficiencia, con 52%, 40% y 34%. Se redujo el tiempo de cambio en un 60%, la optimización de la disposición reduce la mano de obra en 2 personas y el trabajo en curso en un 40,6%, la mejora del rendimiento en un 98% y la reducción del plazo de producción en un 29,06%.
A5	(Lamani et al., 2020)	Implantación de la fabricación ajustada para reducir los residuos en la cadena de montaje de básculas.	Suponiendo que el número medio de cambios realizados durante el turno sea de 4, el operario ahorra 29 min 44 seg, lo que se traduce en la posibilidad de precintar 24 cables más. La distancia para el operario durante el cambio de la máquina se ha reducido de 29,5 m a 18,5 m.
A6	(Dąbrowska & Maciejewska, 2022)	Optimización de la estación de sellado en el proceso de producción de tubos para convertidores catalíticos mediante el método SMED - un estudio de caso.	El método propuesto redujo los procesos de cambio de 1509,5 segundos iniciales a 750,75 segundos y, a continuación, a 569,75 segundos, con una reducción neta del tiempo del 62,2%. El resultado muestra que la producción diaria se ha incrementado gradualmente de 1100 piezas a 1500 piezas, aumentando posteriormente a 2145 piezas.
A7	(Basri et al., 2021)	Simulación SMED en la optimización del rendimiento operativo de la línea de prensas en tándem en la industria del automóvil utilizando el software WITNESS.	Se consiguió reducir el tiempo de cambio en un 30%. Desde el punto de
A8	(Malindzakova et al., 2021)	Aplicación del método de cambio de troqueles en un	

		minuto para reducir el tiempo de cambio en una empresa de producción de productos higiénicos.	vista de la dirección, esto demuestra que el método SMED es un enfoque obligatorio para las empresas que luchan con tiempos de cambio frecuentes y largos.
A9	(Habib et al., 2023)	Implantación de la fabricación ajustada para la mejora del rendimiento operativo en una planta de etiquetado y envasado: Un estudio de caso en Bangladesh.	Se puede afirmar que el proceso de producción asistido por la fabricación ajustada mejora el plazo de entrega, el ICR y el CCR en un 7,1%, 55% y 83%, respectivamente, lo que indica una mejor producción con una calidad óptima y menos residuos.
A10	(Braglia et al., 2023)	Diseño de cambio rápido: una nueva metodología Lean para apoyar el diseño de máquinas en términos de capacidad de cambio rápido.	El QCD puede ayudar a los fabricantes de equipos a captar las necesidades actuales y futuras de sus clientes. Al aplicar las mejoras técnicas descritas en la metodología, el tiempo de cambio de formato pasó de 51,2 a 13,4 min, lo que supone una reducción global del 74%.
A11	(Oliveira & Lima, 2023)	Reducción del tiempo de preparación de una línea de montaje de piezas de automoción utilizando herramientas Lean y herramientas de calidad.	En términos de porcentaje, se observa que hubo un aumento del peso de las tareas externas del 1% al 6%. Aunque el aumento de las tareas externas no fue muy fuerte en cantidad, representó un 5% más del total de tareas que antes.
A12	(Haddad et al., 2021)	Mejora de la eficacia global de los equipos (OEE) de la máquina de extrusión mediante un enfoque de fabricación ajustada	El SMED se implementó mediante procedimientos experimentales reales aplicados a los procesos de la línea de extrusión. Su aplicación supuso un aumento de la OEE en un 3,26 % por el aumento de la disponibilidad de la máquina en un 4,86%.
A13	(Mohammad et al., 2023)	Reducción del tiempo de cambio mediante SMED con integración de RACI en fábricas de confección	El estudio muestra una reducción del 50% al 64% del tiempo de cambio con la aplicación del SMED medida con dos indicadores clave: el tiempo total y el tiempo para alcanzar el pico de producción.
A14	(Cathcart et al., 2023)	Optimización de la separación mecánica del digestato anaeróbico para la	La centrifugadora decantadora tuvo una mayor eficacia de separación del fósforo en todos los casos, oscilando

		eliminación de sólidos totales y nutrientes	entre el 51% y el 71,5%, mientras que la prensa de tornillo tuvo una eficacia de separación del fósforo que osciló entre el 8,5% y el 10,9% para digestato con un 5% de sólidos.
A15	(Sahin & Kologlu, 2022)	Estudio de caso sobre la reducción del tiempo de preparación mediante SMED en una línea de torneado	Los tiempos de preparación de la máquina se redujeron en más de un 45% para la línea de torneado. Por consiguiente, la capacidad de las máquinas puede aumentar considerablemente mediante la aplicación del método SMED.
A16	(Niekurzak et al., 2023)	Un modelo para reducir el tiempo de cambio de máquina y mejorar la eficiencia de la producción en una organización de fabricación de automóviles	Se observó una mejora en la utilización del tiempo de trabajo efectivo de la unidad de producción del el 63,4% inicial al 84,7%. La aplicación de las medidas correctoras dio lugar a una reducción del tiempo total empleado por los operarios para cambio de 899,4 s a 473,4 s.
A17	(Garcia et al., 2022)	Optimización del cambio de formato mediante principios de fabricación ajustada: Un estudio de caso en una fábrica de alimentos	El tiempo de cambio se redujo casi un 30%, la OEE aumentó a más del 70% y los costes laborales se redujeron un 10%. Esto demuestra cómo los principios lean pueden ayudar a implantar operaciones de fabricación más eficaces.
A18	(Miranda et al., 2022)	Modelo de optimización para aumentar la eficiencia del proceso de producción de envases flexibles aplicando el método Johnson, SMED y TPM en una PYME del sector del plástico.	Se consiguió mejorar la producción del 63,75 % al 79,30% por la reducción del tiempo total de procesamiento de las órdenes de trabajo, del 51,10% y 36,27% en el tiempo de preparación de la máquina extrusora y la impresora flexográfica, y el 20,63 % y 17,55% del tiempo medio de producción.
A19	(Parwani & Hu, 2021)	Mejora de la cadena de suministro mediante la integración de SMED y la programación de la producción.	Los resultados pueden resumirse en dos tipos de mejoras: el elemento humano y los cambios de diseño. Se optimiza el elemento humano para que el cambio sea más rápido y ágil, lo que supone una reducción del tiempo del 42%. Esto

A20	(Oleksiak et al., 2023)	Análisis de la posibilidad de introducir la reducción del tiempo de cambio de máquinas CNC seleccionadas utilizando el método SMED.	es menos costoso que invertir en nuevos cambios de diseño. Una reducción del tiempo de aproximadamente un 61% en la máquina 1, un 52% en la máquina 2 y un 12% en la máquina 3. Por otra parte, la instalación de lectores de códigos de barras en los perfiles permitió cargar más rápidamente los programas de mecanizado en las máquinas CNC.
A21	(Ondra, 2022)	El impacto del cambio de troqueles en un solo minuto y el mantenimiento productivo total en la eficacia global de los equipos.	Se descubrió que el 20,5 % de las empresas implementaban SMED, el 26,5 % de las empresas implementaban TPM y el 54,0 % de las empresas no supervisaban ni evaluaban la OEE. La investigación confirma el vínculo teórico entre SMED y OEE y entre OEE y TPM.
A22	(Ribeiro et al., 2022)	Análisis de la aplicación de la metodología de intercambio de troqueles en un solo minuto en una agroindustria a través de la investigación-acción.	La aplicación de esta metodología permitió reducir el tiempo de preparación en cerca de un 58%, la distancia recorrida por los operarios en el proceso en aproximadamente un 50%, además de ganar un 14% en capacidad de producción.
A23	(Vega & Quiroz, 2022)	Incremento de la disponibilidad de máquinas en una planta de moldeo por inyección de plásticos mediante la implementación de herramientas de TPM y Lean: Una investigación empírica en Perú.	La ejecución efectiva del modelo condujo a un incremento del 11% en OEE de la empresa. Además, se consiguió disminuir en un 48% el tiempo requerido para el cambio de merma, y se logró reducir en un 0.77% la cantidad de merma generada durante el proceso de producción.
A24	(Condo et al., 2022)	Aumento del rendimiento de los equipos en las empresas agroindustriales mediante un modelo de mantenimiento basado en el enfoque TPM.	El modelo propuesto basado en la metodología TPM ayuda a incrementar el índice del factor de rendimiento del 77,11% al 89,44%, aumentando el OEE del 64,66% al 79,69%.
A25	(Bilgen & Taşkiner, 2023)	Optimización de un modelo integrado de planificación de	Los resultados muestran que la consideración simultánea de los procesos de recolección y producción

A26	(Acosta & Carvajal, 2021)	cosechas y procesos en la industria agroalimentaria Optimización de la eficiencia productiva a través de un diseño experimental factorial en el proceso productivo de prensado de suelas para calzado en una empresa textil.	contribuyen a la rentabilidad de la cadena de suministro de aceite de oliva. El análisis del diseño conllevó a un aumento de la producción y una disminución de unidades defectuosas a un 12% aproximadamente y un aumento de la productividad del 20%.
A27	(Vieira et al., 2020)	Metodología SMED aplicada al proceso de embutición profunda en la industria del automóvil.	Se pudo estandarizar la puesta a punto, reduciendo el 38 % del tiempo total de puesta a punto de la máquina, el 53 % del tiempo interno y aumentando el 7,7 % de la disponibilidad OEE. Se logró una disminución del 31% en la duración de las actividades de comprobación de tolerancia de las máquinas, lo que se tradujo en un aumento significativo de la disponibilidad de los equipos.
A28	(Santos et al., 2022)	Aplicación de la metodología SMED a los procedimientos de calibrado de neumáticos.	Se logró una disminución del 31% en la duración de las actividades de comprobación de tolerancia de las máquinas, lo que se tradujo en un aumento significativo de la disponibilidad de los equipos.

Nota. Elaborado por autor

Discusión

El análisis de los resultados obtenidos en diversos estudios destaca la eficacia y el impacto significativo de la metodología SMED en la optimización de procesos industriales. Se observó una notable mejora en los tiempos de secado con una reducción del 33% de 45 a 30 minutos, indicando una mayor eficiencia en el proceso. Asimismo, se evidenció un incremento sustancial en la OEE, pasando de 32.19% a 42.27% (Calderón & García, 2020). De igual manera, el método SMED también demostró su efectividad en la reducción de los tiempos de cambio de herramientas, con una reducción del 62.2% de 1509.5 segundos iniciales a 569.75 segundos, lo que se tradujo en un aumento progresivo en la producción diaria de piezas (Basri et al., 2021). Estos resultados resaltan la capacidad de SMED para mejorar la eficiencia operativa y aumentar la productividad en el entorno industrial.

Vale destacar también que, el enfoque de TPM también se ha implementado con éxito en diversas industrias, como lo demuestra el incremento del índice del factor de rendimiento del 77.11% al 89.44% y el aumento del OEE del 64.66% al 79.69% (Condo et al., 2022). Así mismo (Pinto et al., 2020) demostró una disminución de averías por fallas en un 23% para

los tornos CNC y en un 38% para los centros de mecanizado CNC, lo que aumentó la disponibilidad de las máquinas y mejoró la OEE en un 5%. Esto sugiere que el TPM también puede ser una herramienta valiosa para mejorar el rendimiento y la eficiencia de los procesos industriales, al igual que las otras herramientas de optimización analizadas.

Sin embargo, la mayor parte de los hallazgos de la revisión literaria, se evidencia la efectividad y la relevancia de SMED, por lo que estos resultados respaldan la decisión de complementar su aplicación en nuestro estudio, ya que se han demostrado sus beneficios en términos de reducción de tiempos de configuración, aumento de la eficiencia operativa y mejora de la productividad. Es importante considerar la necesidad de complementar la aplicación de SMED con herramientas adicionales, como un software de simulación.

La simulación del proceso puede ayudar a predecir y evaluar los efectos de las mejoras propuestas antes de su implementación, lo que permite tomar decisiones informadas y optimizar aún más los procesos industriales, por lo cual, se recurre a simular el proceso en estudio junto con sus componentes de análisis mediante el software FlexSim, ya que ofrece una amplia gama de herramientas y funciones que permiten realizar análisis detallados y exhaustivos de nuestro sistema, desde la entrada de datos hasta la visualización de resultados, buscando modelar la interacción entre diferentes variables y equipos del proceso productivo.

Luego de la matriz con los datos de los artículos seleccionados, se realiza un análisis en base a las preguntas de investigación predefinidas:

P1: ¿Cuál es la distribución temporal de los artículos elegidos?

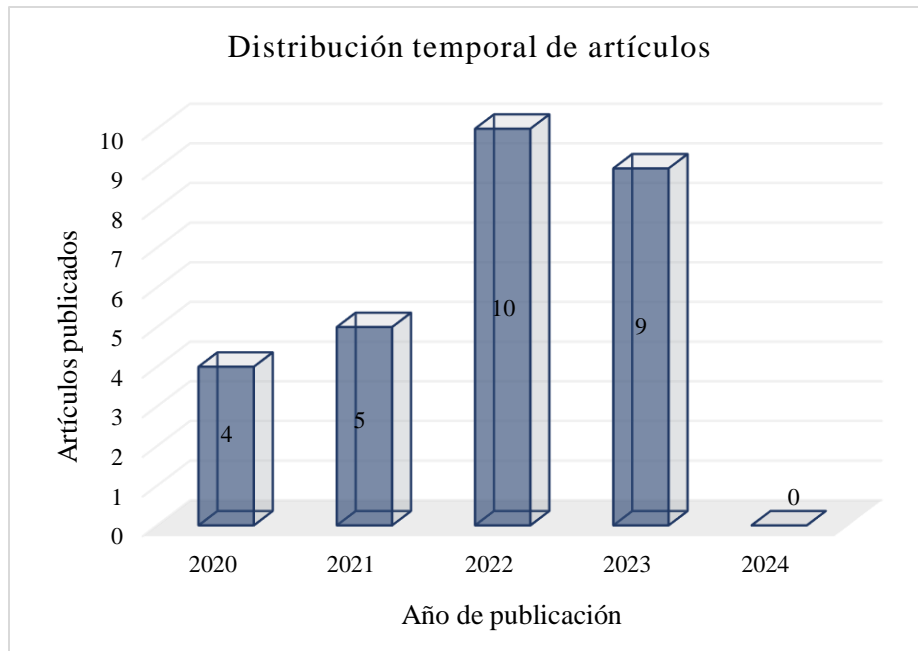
La distribución temporal de los 28 artículos seleccionados se representa en términos de porcentajes de la siguiente manera:

- El año 2020 representa un 14,29% de la elaboración científica en relación con las variables estudiadas. Los artículos de este año fueron el A1, A2, A5 y A27.
- Para el 2021, se reflejó el 17,86% del total de las publicaciones seleccionadas, siendo los artículos: A7, A8, A12, A19 y A26.
- El 2022 tuvo el mayor número de artículos publicados, con una cantidad de 10. Los artículos fueron: A3, A6, A15, A17, A18, A21, A22, A23, A24 y A28. Los que representa el 35,71% de la cantidad de artículos.
- En 2023 se presentó una cantidad importante de artículos, siendo: A4, A9, A10, A11, A13, A14, A15, A20 y A25. Su representación porcentual fue 32,14%.

- Finalmente, para el año actual 2024 no se encontraron estudios relacionados con la investigación.

En ese sentido, el gráfico 5 presenta la tendencia de los artículos antes ya especificada.

Gráfico 5. Distribución temporal de artículos



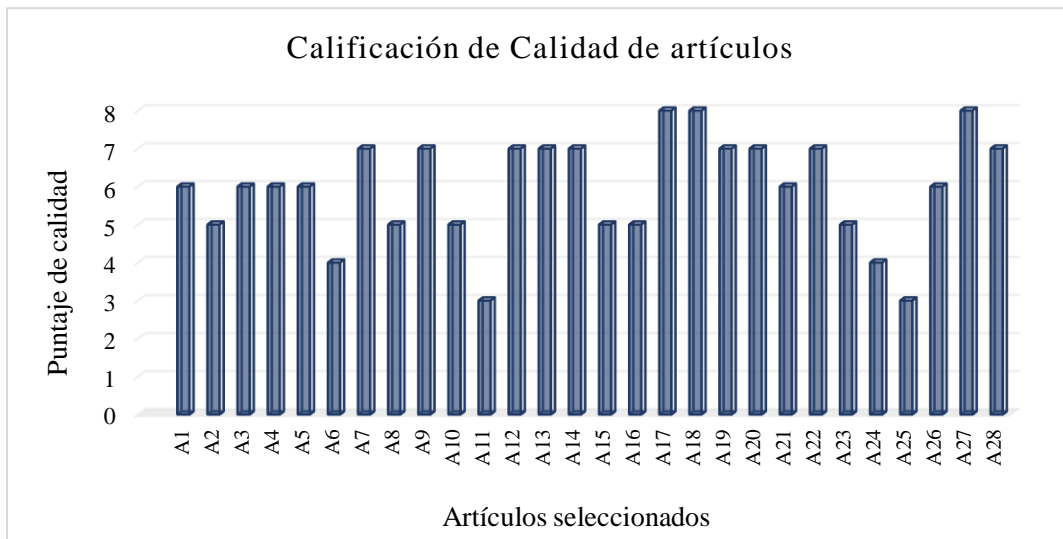
Nota: Elaborado por autor

P2: ¿Cuál es la calidad de los artículos elegidos?

La calidad de los artículos se evaluó en base a los 9 criterios de calidad predefinidos, en donde la sumatoria total de los códigos individuales de cada artículo define la calidad de estos. *(Revisar anexo 5 sobre la calificación de artículos).*

Los estudios con mayor puntuación fueron A17, A18 y A27; con una puntuación de 8. Le siguen los artículos A7, A9, A12, A13, A14, A19, A20, A22 y A28 con puntaje de 7. El tercer grupo perseguidor los componen los artículos A1, A3, A4, A5, A21 y A26 con una calificación de 6. Luego con calificación de 5 están: A2, A8, A10, A15, A16 y A23. Por último, con nota de 4 están A6 y A24; y con la nota mínima de 3 se ubican A11 y A25. Es así como, en el gráfico 6 se refleja la información citada.

Gráfico 6. Calificación de Calidad de artículo



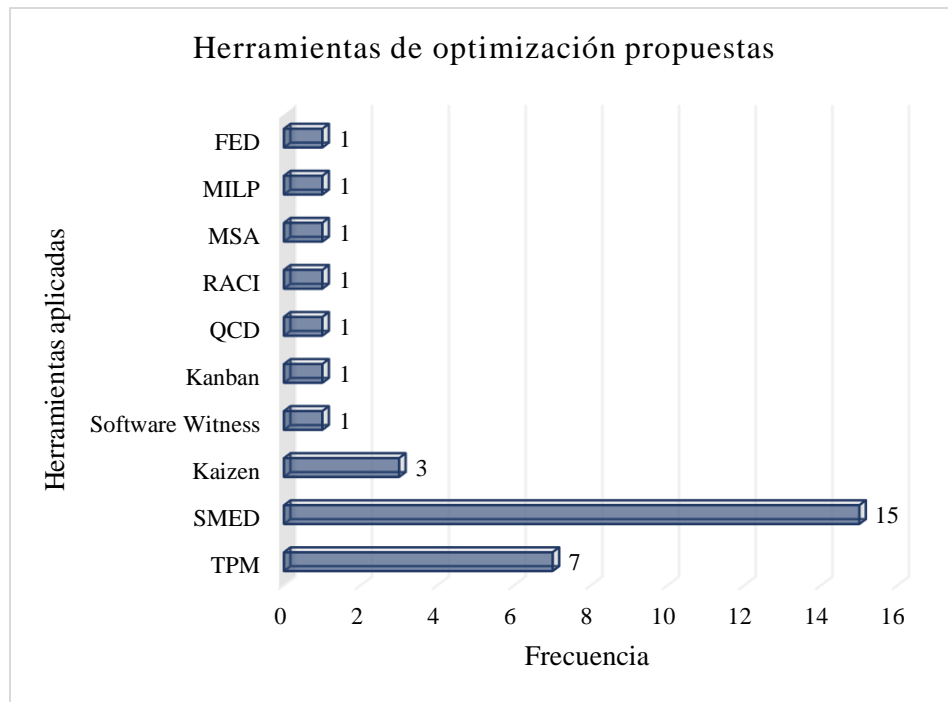
Nota: Elaborado por autor

P3: ¿Cuáles son las soluciones propuestas?

Las soluciones que se han propuesto en cada artículo son representadas por herramientas de optimización de procesos. En los artículos A3, A4, A6, A7, A11, A12, A15, A16, A17, A19, A20, A21, A22, A27 y A28 se implementaron la herramienta SMED (Intercambio de troqueles en un minuto), esto representó el 46,88% de la totalidad de las metodologías propuestas, siendo SMED la que mayor aplicabilidad tuvo en los estudios citados. La metodología que ocupó el segundo lugar fue TPM (Mantenimiento Productivo Total), con un 21,88% de las iniciativas, siendo aplicada por una cantidad importante de autores. Los artículos objetivos de esta herramienta fueron: A1, A2, A8, A18, A21, A23 y A24. Muy debajo de las dos primeras metodologías se ubicó la herramienta fue Kaizen, implementada en A3, A5 y A11, representando el 9,38% del total.

De allí en adelante se aplicaron diferentes herramientas de optimización para cada uno de los artículos restantes, tales como FED (diseño experimental factorial) en el artículo A26; la herramienta MILP (Modelo de programación lineal entera mixta) en el artículo A25; MSA (Análisis de separación mecánica) en el A14; RACI (Matriz de responsabilidades) en el A13; QCD (Diseño de cambio rápido) en el A10; Kanban en el A9 y el Software Witness en el A7. Cada una de estas herramientas mencionadas representó el 3,13% respectivamente, es decir, un porcentaje bajo en comparación con las 3 primeras herramientas. Vale destacar que las propuestas de optimización aplicadas van en función de nuestro problema de investigación. Ahora bien, dicha información se ve reflejada en el gráfico 7.

Gráfico 7. Herramientas de optimización propuestas



Nota: Elaborado por autor

P4: ¿Cuáles fueron las metodologías empleadas para la recolección de información?

Se recabaron los datos respectivos en la Tabla 7 con la finalidad de reconocer la metodología predominante utilizada por los distintos autores en las investigaciones de la matriz referencial. Esta operación de extracción permitió la organización sistemática de la información, optimizando la presentación de patrones y tendencias claramente discernibles.

Tabla 7

Metodologías aplicadas

Nº	Enfoque	Método	Técnica	Instrumento
A1	Cuantitativo	Deductivo -Inductivo	Revisión documental	VSM, diagrama de flujo de procesos
A2	Mixto	Deductivo	Revisión documental	Manuales de mantenimiento
A3	Cuantitativo	Deductivo	Observación directa	Ficha de observación
A4	Mixto	Inductivo	Observación directa	Ficha de observación
A5	Cuantitativo	Inductivo	Observación directa	VSM, Diagrama de Pareto
A6	Cuantitativo	Deductivo	Observación directa, Estudio de tiempos	Diagrama de espagueti, Ficha de observación
A7	Cuantitativo	Inductivo	Estudio de tiempos, observación directa	VSM y Five Why's analysis
A8	Cuantitativo	Deductivo	Observación directa	Ficha de observación

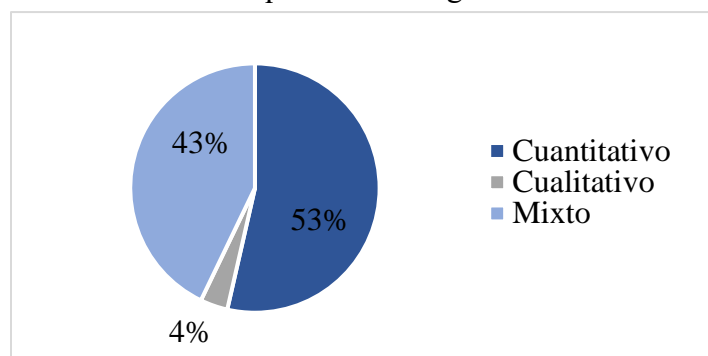
A9	Cuantitativo	Inductivo	Observación directa, estudio de tiempos	VSM, Diagrama de Ishikawa, Five Why's analysis
A10	Cuantitativo	Inductivo	Revisión documental	Ficha de observación, Matriz de correlación
A11	Cualitativo	Deductivo	Revisión documental	Diagrama de espagueti, Ficha de observación
A12	Cuantitativo	Deductivo	Observación directa, entrevistas	Ficha de observación, Diagrama de cauda y efecto
A13	Cuantitativo	Deductivo	Estudio de tiempos, entrevistas	Diagrama de flujo de procesos, Ficha de observación
A14	Cuantitativo	Inductivo	Revisión documental, entrevistas	Matriz experimental
A15	Mixto	Inductivo	Observación directa, entrevistas	Layout
A16	Mixto	Inductivo	Observación directa	Layout, diagrama de Gantt
A17	Mixto	Inductivo	Observación directa	Diagrama de Gantt
A18	Mixto	Inductivo	Observación directa	VSM, diagrama de Pareto
A19	Mixto	Deductivo	Observación directa	Diagrama de precedencia, Ficha de observación
A20	Mixto	Inductivo	Observación directa	Diagrama de espagueti, Ficha de observación
A21	Cuantitativo	Deductivo	Revisión documental	Ficha de observación
A22	Mixto	Inductivo	Estudio de tiempos	Diagrama de flujo de procesos, diagrama de espagueti
A23	Mixto	Inductivo	Revisión documental	Manuales de mantenimiento
A24	Cuantitativo	Inductivo	Revisión documental	VSM
A25	Mixto	Deductivo	Revisión documental	Red de la cadena de suministro
A26	Mixto	Inductivo	Revisión documental	Diagrama de Pareto
A27	Cuantitativo	Deductivo	Observación directa	Ficha de observación
A28	Cuantitativo	Inductivo	Observación directa	Diagrama de Ishikawa, Ficha de observación

Nota. Elaborado por autor

Análisis e interpretación

En cuanto al enfoque de investigación, se logró una mayor parte de aplicación el método cuantitativo con un 53 %; la preponderancia de las publicaciones recuperadas se adhirió a una metodología cuantitativa, evidenciando una priorización en la aplicación de medidas objetivas y cuantificación de los resultados. Luego se adoptó con un 43% el enfoque mixto y el cualitativo solo en un artículo, representando el 4% de la población total. Esto se ve reflejado en el gráfico 8.

Gráfico 8. Enfoques de investigación utilizados

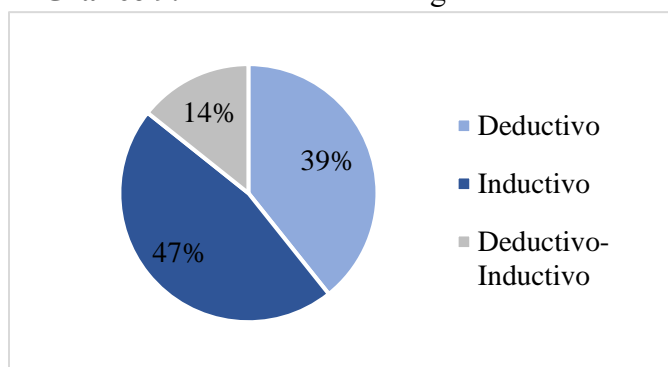


Nota: Elaborado por autor

Por otro lado, se constató una predominancia del método inductivo, abarcando el 47%, lo cual denota una apreciación sustancial por la observación y la generalización derivada de casos específicos. De manera destacada, el método deductivo representó el 39% del enfoque metodológico adoptado en la literatura científica, esta predominancia sugiere una marcada orientación hacia el razonamiento lógico y la inferencia en la investigación.

En cuanto al método deductivo-inductivo, representó un 14%, se evidenció una proporción considerable de estudios que combinaron ambas estrategias, buscando así capitalizar las fortalezas inherentes a cada enfoque. Esto se refleja en el gráfico 9.

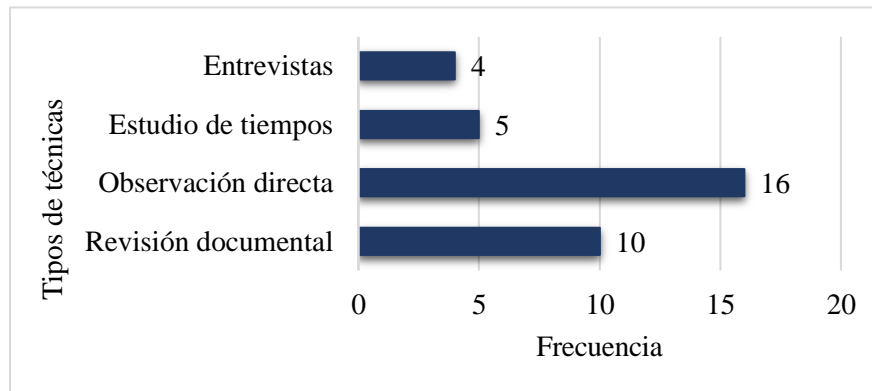
Gráfico 9. Métodos de investigación utilizados



Nota: Elaborado por autor

Ahora bien, se realiza el mismo análisis en cuanto a las técnicas y herramientas de diagnóstico. Para el caso de las técnicas se adoptó en mayor cantidad la observación directa en 16 estudios, lo que representa el 46%, esta técnica recalca la importancia concedida a la selección de datos de primera mano y la introducción al contexto investigativo. Muy de cerca se ubicó la revisión documental con 10 ejemplares, que sería igual al 29% de todos los artículos. La gráfica 10 evidencia estos resultados con todas las técnicas aplicadas.

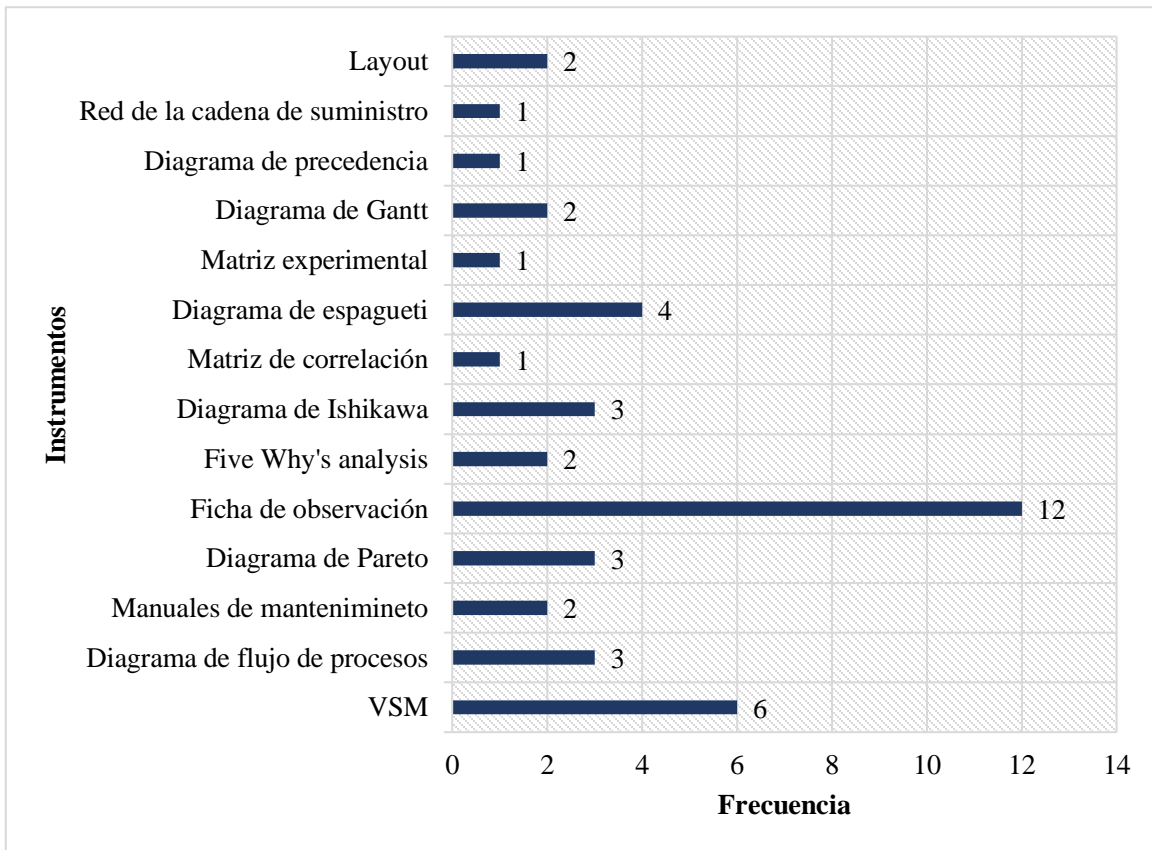
Gráfico 10. Técnicas utilizadas



Nota: Elaborado por autor

Al analizar los porcentajes vinculados con los instrumentos de recolección de datos manejadas en los artículos, predominó la ficha de observación con la proporción más alta, siendo el 28% de los instrumentos metodológicos adoptados. Este resultado indicó preeminencia por la indagación de registros de las actividades operativas. Le siguió el VSM (Mapeo de la cadena de valor) con un 14%, reflejando una relevancia también por la visualización y optimización de procesos mediante el análisis de todas sus etapas. El Diagrama de espagueti se presentó con un 9 %, lo que indicó que es viable analizar el recorrido que realizan los operadores dentro del proceso. Tanto el Diagrama de Ishikawa, el diagrama de flujo de procesos y el Diagrama de Pareto compartieron porcentajes similares de 7%, insistiendo la priorización de las causas potenciales de un problema como punto de partida. De igual manera, los manuales de mantenimiento, Five Why's analysis, Diagrama de Gantt y Layout tuvieron una proporción del 4%, proponiendo un manejo neutral de estos métodos. Por último, también se utilizaron herramientas como Matriz de correlación, Matriz experimental, Diagrama de precedencia y Red de la cadena de suministro, cada una de ellas aportó un 2%, denotando un interés más selectivo o específico en dichas herramientas en el contexto de la investigación, tal como lo presenta la gráfica 11.

Gráfico 11. Instrumentos de recolección de datos



Nota: Elaborado por autor

Discusión

El examen exhaustivo de la revisión bibliográfica reveló la prominencia de SMED como una herramienta eficaz para la optimización de procesos. Esta metodología fue implementada en el 46,88% de los proyectos de investigación revisados, lo que indica su amplia aplicabilidad y relevancia en una variedad de contextos industriales. La aplicación de SMED en nuestro proyecto de investigación fue fundamental, ya que permitió abordar los desafíos específicos relacionados con los tiempos de cambio de herramientas en el proceso de prensado. Por otro lado, la alta prevalencia de SMED en los estudios revisados sugiere que esta metodología ha demostrado consistentemente su efectividad en la optimización de procesos en una variedad de sectores industriales. Esto respalda nuestra decisión de utilizar SMED como parte integral de nuestra estrategia de mejora y proporciona confianza en su capacidad para generar resultados positivos en nuestro contexto específico.

Respecto a los instrumentos de recolección de datos revela varias tendencias interesantes en la investigación. Se observa que la ficha de observación fue el método más

utilizado, representando el 28% de los instrumentos metodológicos adoptados. Esto indica una preferencia por la indagación directa de registros de las actividades operativas, lo que puede proporcionar una visión detallada y objetiva de los procesos en estudio.

Sin embargo, es importante destacar que, aunque la ficha de observación es una herramienta valiosa para recopilar datos, su limitación radica en que puede no capturar la percepción y los criterios subjetivos de los operarios involucrados en los procesos. Es por lo que, se complementó el uso de la ficha de observación con la técnica de entrevista.

La entrevista permitió obtener información directamente del operario, lo que pudo enriquecer y complementar los datos recopilados a través de la observación. Esto es crucial para comprender mejor los procesos desde la perspectiva de quienes los ejecutan, identificar posibles áreas de mejora y obtener una comprensión más completa de los factores que influyen en el desempeño y la eficiencia de los procesos.

Al combinar la ficha de observación con la entrevista, se pudo obtener una imagen más completa y equilibrada del proceso en estudio, lo que permite tomar decisiones más informadas y desarrollar recomendaciones más precisas para mejorar la eficiencia y la calidad en el contexto de nuestra investigación.

1.3 Variables de estudio

Variable Independiente: *Optimización del proceso de prensado*

Las empresas deben optimizar sus procesos de configuración de equipos para generar varias referencias esenciales como resultado de la diversificación de productos y la reducción del tiempo de procesamiento (Toki et al., 2023). En ese sentido, el equipo responsable del proceso de prensado es la extrusora o prensa de doble husillo.

Según Nastaj & Wilczyński (2023), la extrusión o prensado es la técnica en masa más utilizada en la industria de transformación de polímeros, pero también es esencial en la industria de la harina de pescado. Se utiliza en operaciones especializadas, para componer, reforzar, granular, separar fases, entre otras. Las extrusoras se dividen en máquinas de un solo husillo y máquinas de doble husillo. Las máquinas de doble husillo pueden ser corrotantes o contrarrotantes.

En relación con lo anterior, el modelo de optimización está ajustada a la metodología SMED (Intercambio de troqueles en un minuto). De acuerdo con (Sahin & Kologlu, 2022), con esta herramienta, las máquinas no producen productos para stock, sino que se convierten en

máquinas increíblemente flexibles. Así, al aplicarlo, se reducen los tiempos de preparación y vuelven mayormente eficientes a los procesos.

Variable Dependiente: *Rendimiento*

Para este caso, el rendimiento general en el proceso de prensado será representado por el indicador OEE (Eficiencia general del equipo). Según Basak et al. (2022), el OEE es un indicador de rendimiento de equipos bien establecido, basado en el tiempo y la producción desperdiciados a través de seis pérdidas de producción: averías, preparación y ajustes, velocidad reducida, inactividad y paradas menores, defectos de calidad y rendimiento reducido. Dicho esto, se busca influir y contrarrestar la pérdida de producción originada por los tiempos de preparación y ajustes en la prensa de doble husillo mediante el estudio de las 3 métricas del OEE; disponibilidad, rendimiento y calidad.

1.4 Fundamentos teóricos

✓ *Optimización de procesos*

Un proceso puede ser descrito como un conjunto integral de acciones con un propósito beneficioso tanto para la organización como para el cliente, generando valor añadido (Ortiz et al., 2022). La optimización de procesos implica una secuencia de pasos: identificar, reconsiderar, implementar y monitorear. Sus beneficios abarcan la reducción de riesgos, mayor consistencia, mejora de calidad, agilización de operaciones, gestión eficiente de recursos, aumento de la producción y solución de problemas (Bilgen & Taşkiner, 2023).

✓ *Proceso de prensado*

En la producción de harina de pescado el prensado tiene lugar después de la cocción. Según Vandebossche et al. (2019), el prensado se presenta como una opción muy atractiva debido a su capacidad para combinar acciones mecánicas, térmicas y químicas en un único paso y de manera continua.

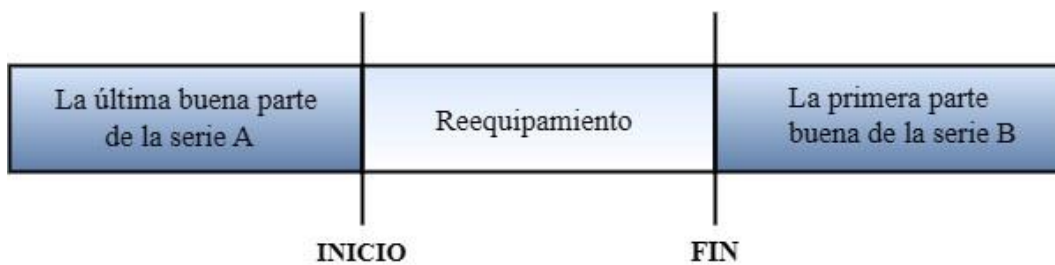
El prensado posibilita la extracción máxima de líquido de la pasta de pescado, lo que conlleva a un mayor rendimiento de harina de pescado a partir de una cantidad determinada de materia prima (Cathcart et al., 2023). El prensado de la harina es posible por la rotación de los husillos de la máquina, los cuales, giran en direcciones opuestas y comprimen la pasta de pescado a determinada presión y velocidad.

✓ **SMED**

El método de intercambio de troquel de un solo minuto (SMED) se utiliza para acortar la duración del proceso de cambio y eliminar el desperdicio en el proceso dado (Jurík et al., 2020). Aparte, Niekurzak et al. (2023) menciona que es un conjunto de técnicas y herramientas que permiten acortar los tiempos de cambio de máquinas, dispositivos y procesos productivos. El objetivo principal del método, desarrollado por el ingeniero japonés Shigeo Shingo, es realizar cada cambio en una unidad de número de minutos (hasta 10 min) dividiendo y simplificando todo el proceso para que los cambios se realicen con el uso de la menor cantidad de herramientas posible (Afonso et al., 2022).

El reequipamiento es un proceso relacionado con la preparación de una máquina o una serie de máquinas interconectadas para la producción de un nuevo producto. Consiste en la sustitución de herramientas y la preparación de un nuevo proceso productivo (Satolo et al., 2020). El tiempo de cambio se presenta de la siguiente manera en el gráfico 12.

Gráfico 12. Visualización del tiempo de cambio



Fuente: Niekurzak et al. (2023)

El reequipamiento es el tiempo que transcurre entre la producción del último producto bueno del lote de la referencia anterior y el primer artículo bueno del lote siguiente. Es el proceso de preparación de la producción de una nueva referencia, durante el cual se deben proporcionar componentes para la nueva versión del producto y se deben reequipar las máquinas (Niekurzak et al., 2023).

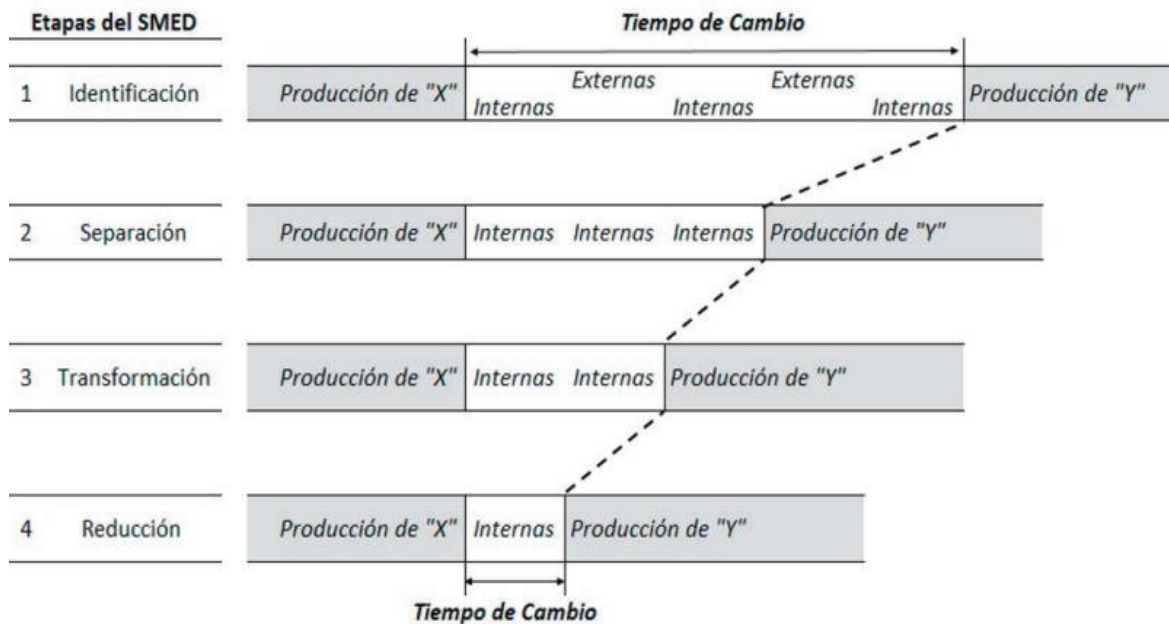
La conversión de las máquinas se lleva a cabo en las líneas de producción. La línea de producción es un conjunto de máquinas y estaciones dispuestas de acuerdo con la secuencia de operaciones realizadas en el proceso. El número de estaciones depende de las necesidades y de los detalles o montajes fabricados (Lazai Junior et al., 2020).

La lógica de SMED es una clasificación de todas las actividades de configuración en internas y externas. De acuerdo con Sahin & Kologlu (2022), las actividades de configuración

interna solo se pueden realizar cuando la máquina está apagada, como montar o quitar troqueles. Por otro lado, la configuración externa es un grupo de actividades de configuración mientras el equipo aún está en funcionamiento (por ejemplo, el transporte de troqueles hacia o desde el almacenamiento).

A continuación, el gráfico 13 detalla el comportamiento del reequipamiento o tiempo de cambio a lo largo de las 4 etapas para la implementación del SMED, referenciando además su función con la clasificación en actividades internas y externas.

Gráfico 13. Comportamiento del tiempo de cambio en las etapas del SMED



Fuente: Guevara et al. (2022)

CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO

Una fase crítica en cualquier proyecto es la metodología, ya que se origina desde un punto de vista teórico y guía la elección de técnicas específicas para la ejecución de actividades relacionadas con la investigación (Betancourt et al., 2022).

En el Capítulo I, se aplicó en el estado del arte un Mapeo sistemático para mostrar la metodología a utilizar, donde se visualizó la posibilidad de implementar SMED, aplicando la técnica de observación directa complementada con la técnica de entrevistas, con el fin obtener un panorama más completo y equilibrado del proceso en estudio, para dar solución a la problemática identificada.

2.1 Enfoque de investigación

Mencionado lo anterior, se pudo validar la factibilidad de llevar a cabo la investigación utilizando un enfoque cuantitativo con la finalidad de lograr un alcance de estudio que fuera descriptivo y correlacional. Esta decisión se fundamentó en la necesidad de aplicar métodos estadísticos para cuantificar y analizar los datos (Del Cid et al., 2011). Según Ulloa et al. (2020), la indagación cuantitativa representa un enfoque sistemático para la adquisición y examen de datos provenientes de diversas fuentes.

2.2 Diseño de investigación

Después de determinar el tipo de estudio empleado y considerando la naturaleza cuantitativa de la investigación, se implementó un diseño no experimental transeccional (Starbuck, 2023) por medio de la recolección de datos sobre las actividades relacionadas al prensado y sus cambios de formato. Este diseño es apropiado para la observación y recopilación de datos en un periodo y ubicación particulares, facilitando su posterior análisis mediante las herramientas seleccionadas.

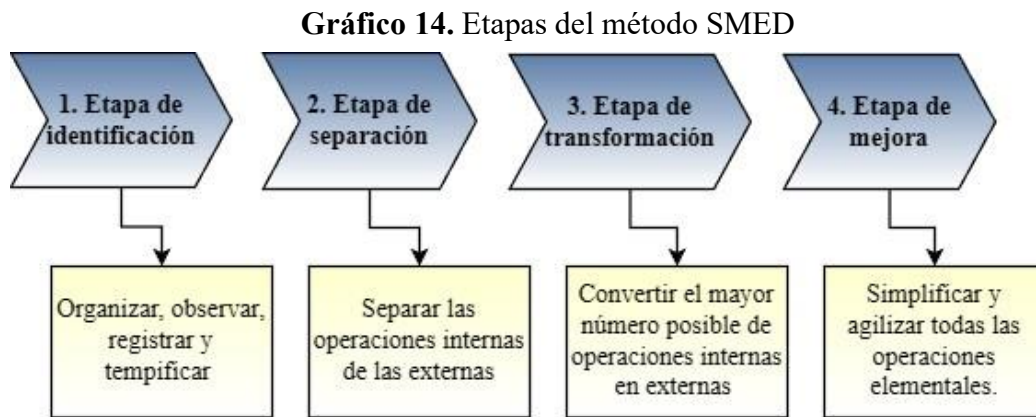
Con lo antes mencionado se describe el diseño de tipo descriptivo-correlacional:

Investigación Descriptiva: La información se expone de manera puntualizada, destacando la problemática y la relación existente entre las variables de estudio. El propósito es explicar los procesos y movimientos que conduzcan al logro de los objetivos de la investigación.

Investigación Correlacional: Su objetivo es examinar la relación entre las dos variables, siendo la variable independiente influyente sobre la variable dependiente, con la evaluación respaldada mediante datos estadísticos.

2.3 Procedimiento metodológico

Para la elaboración del procedimiento metodológico, se fundamentan en las investigaciones de Haddad et al. (2021) y Malindzakova et al. (2021) las cuales abordan la creación de un modelo de optimización basado en la metodología SMED en el proceso de extrusión. Esta fundamentación garantiza la aplicabilidad y coherencia del enfoque metodológico utilizado en este estudio, estableciendo así una base firme para la investigación. El gráfico 14 se detalla el plan compuesto por las 4 etapas del método SMED, donde luego se detallan los procedimientos a seguir. La finalidad de este plan fue llevar de forma metódica y sistemática los procedimientos para la propuesta de mejora en función de los datos adquiridos.



Nota: Modificado de Haddad et al., (2021)

Basado en los estudios de Malindzakova et al. (2021) y Niekurzak et al. (2023), las 4 etapas se detallan a continuación:

✓ ***Etapa de identificación***

Durante esta etapa, es necesario revisar el proceso de realización de un cambio y preparar una lista de elementos individuales. En lugar de interrumpir la producción en curso, se recomienda grabar un vídeo del proceso de cambio y posteriormente analizar y compilar una lista de pasos individuales junto con las duraciones de tiempo individuales.

✓ ***Etapa de separación***

Durante la segunda fase, se identifican los elementos que pueden realizarse fácilmente de forma externa, es decir, que pueden realizarse antes o después del cambio

mientras la máquina o instalación en funcionamiento. El resultado de esta fase de aplicación es una lista de elementos, en la que se identificaron varios elementos identificados como externos, junto con recomendaciones.

✓ *Etapa de transformación*

Durante el tercer paso, se debe hacer el esfuerzo de transformar los procesos de cambio internos en externos. Se debe examinar cada elemento dentro del procedimiento de cambio y se deben priorizar los elementos más prometedores. Esta etapa puede implicar las siguientes actividades:

- a) **Preparación**, en la que el material, las herramientas y las piezas de la máquina se preparan con mucha antelación al cambio para reducir sustancialmente el tiempo necesario para el cambio real o listas con viñetas.
- b) **Utilización** de plantillas de medición para preparar alineaciones y ajustes de configuración antes del cambio.
- c) **Modificación** de la máquina para que determinadas fases, como la limpieza, puedan realizarse con la máquina en marcha.

Al mismo tiempo, estos cambios deben ser revisados por expertos en seguridad y operarios para asegurarse de que reflejan los requisitos de seguridad laboral, a fin de evitar posibles lesiones y accidentes de seguridad. Una vez completada esta etapa, la lista revisada de elementos debería incluir menos elementos internos, pero más elementos externos.

✓ *Etapa de mejora*

El último paso consiste en racionalizar y simplificar el resto de los procesos internos y externos. En general, al intentar mejorar los procesos hay que reconocer dos grandes áreas de mejora. En primer lugar, están los aspectos humanos, que pueden mejorarse con una mejor preparación y organización del trabajo. Por otro lado, están las mejoras y la racionalización de los procesos técnicos, que requieren cambios de ingeniería dentro del proceso.

2.4 Población y muestra

2.4.1 Población

Según Hernández & Mendoza (2018), población se define como el conjunto integral de todas las instancias que cumplen con un conjunto específico de criterios o especificaciones predefinidas. Bajo este criterio, la población de esta investigación está conformada por el área de producción y de mantenimiento de Rosmei S.A, debido a que el personal operativo es la fuente de información principal para levantar un diagnóstico inicial.

2.4.2 Muestra

La muestra constituye un subgrupo del universo o población del cual se recopilan datos, y su representatividad resulta fundamental para la generalización de los resultados Hernández & Mendoza (2018). Para este caso, se utilizó el método de censo para recopilar la muestra, incluyendo a los operadores del sistema de producción para que contribuyan en el diagnóstico preliminar del estudio de caso. En este contexto, las muestras de esta investigación son de naturaleza no probabilística, siendo el personal del sistema productivo la unidad de análisis. La tabla 8 menciona la cantidad de operadores considerados para la investigación, así como su respectiva composición porcentual.

Tabla 8

Número de operadores por área y estratificación poblacional.

Área	N° de operadores	Porcentaje
Recepción de materia prima	1	3,85%
Descarga en poza	6	23,08%
Cocción	1	3,85%
Prensado	2	7,69%
Secado	1	3,85%
Molienda	1	3,85%
Recepción en tolva	1	3,85%
Ensacado	4	15,38%
Almacenamiento en galpón	4	15,38%
Personal de mantenimiento	5	19,23%
Total	26	100%

Nota. Elaborado por autor

Dicho esto, y luego del análisis preliminar, se procede a trabajar con un muestreo no probabilístico, que de acuerdo con Del Cid et al. (2011) el muestreo no probabilístico se distingue por ser selectivo o no aleatorio, es decir, un análisis de caso singular. Se lo utilizó ya que en la investigación se pretende indagar detalladamente sobre un tema específico dentro del marco de una única entidad empresarial. Este tipo de muestreo está conformado por las actividades concernientes al cambio de formato en el proceso de prensado (PP), siendo además la etapa inicial para aplicar la metodología SMED. Estas actividades han sido clasificados en seis subprocesos los cuales son: apagado de las maquinas, verificación de maquinaria, limpieza de transportadores helicoidales, procedimiento de cambio de formato,

encendido de equipos previos al prensado y encendido y sincronizado de la prensa. Estos subprocesos suman un total de 33 actividades. La tabla 9 refleja las actividades.

Tabla 9

Actividades del cambio de formato en el PP

N°	Lt	Subprocesos	Descripción de actividades
1			Apagar la prensa
2			Apagar cocinador
3	1	Apagado de las maquinas	Apagar los transportadores helicoidales conectados a la prensa
4			Apagar los transportadores helicoidales conectados al secador
5			Apagar el resto de los equipos
6			Verificar que la prensa esté detenida por completo
7	2	Verificación de maquinaria	Verificar el sistema de alimentación de la prensa
8			Verificar el sistema de transporte de llegada
9			Verificar el sistema de transporte de salida
10			Trasladar y preparar manguera de agua
11		Limpeza de transportadores helicoidales	Limpiar el sistema de alimentación de la prensa
12	3		Limpiar los transportadores helicoidales conectados a prensa
13			Limpiar los transportadores helicoidales conectados al secador
14			Preparar y trasladar herramientas a la prensa
15			Aperturar el interior de la prensa
16			Limpiar la prensa con agua a presión
17	4	Procedimiento de cambio de formato	Desmontar bandas de distribución
18			Desmontar poleas
19			Regular los piñones para el nuevo formato
20			Montar las nuevas poleas
21			Colocar las bandas de distribución
22			Verificar y preparar la materia prima a procesar
23		Encendido de equipos previos al prensado	Encender calderos para generar vapor al cocinador
24	5		Esperar que se complete 80 PSI y 80 °C en el caldero
25			Aperturar llave de vapor al cocinador
26			Encender el transportador helicoidal que alimenta al cocinador
27			Encender y procesar con la cocina industrial
28		Encendido y sincronizado de la prensa	Encender el sumidero de prensa
29	6		Encender lo transportadores helicoidales que alimentan la prensa
30			Encender la prensa

31
32
33

Verificar en el amperímetro que no se supere los 20 A.
Encender transportadores helicoidales conectados al secador
Empezar a procesar en la prensa

Nota. Elaborado por autor

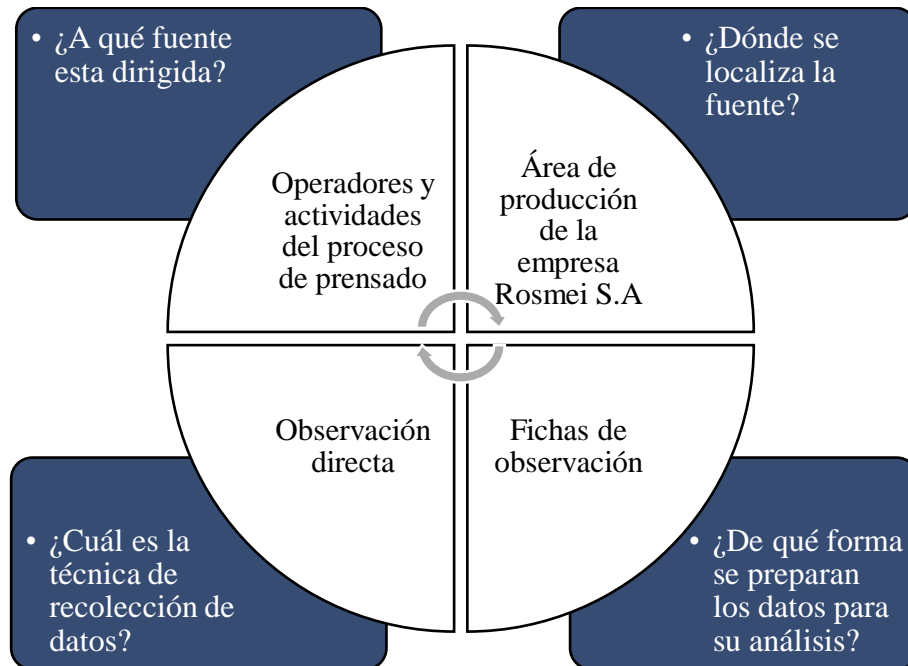
2.5 Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

Según Romero et al. (2021), las técnicas e instrumentos de investigación se refieren a los procedimientos y herramientas utilizados para la recopilación de datos e información necesarios con el fin de poner a prueba o contrastar las hipótesis de investigación.

2.5.1 Métodos de recolección de datos

Para llevar a cabo una recopilación de datos efectiva, resulta fundamental elaborar un plan que detalle las fases necesarias para lograr un objetivo específico (Hernández & Mendoza 2018), Por lo cual, en el gráfico 15, se presenta un esquema detallando el plan a seguir para recolectar los datos, en el cual se establecen hacia qué fuentes estuvo dirigida la investigación, su localización, las técnicas que se implementaron para recoger los datos y cómo fue posible su análisis.

Gráfico 15. Plan de recolección de datos



Nota: Modificado de Hernández & Mendoza, (2018)

2.5.2 Técnicas de recolección de los datos

Las técnicas empleadas para la obtención de datos abarcaron la entrevista y la observación directa, categorizadas como técnicas de investigación de campo (Romero et al., 2021). En este contexto, la entrevista fue dirigida al jefe de mantenimiento y a operadores del área de producción para levantar un diagnóstico situacional del proceso, por lo cual no fue necesario su validación ya que no influyó en la recolección de nuestros datos cuantitativos. Por otro lado, la observación si ayudó a levantar datos en la etapa de prensado. Estas técnicas conllevaron la adquisición de información directa proveniente de fuentes primarias. En la tabla 10 se toma como punto de referencia las técnicas que se emplearon.

Tabla 10

Técnicas de recolección de datos

Técnica	Justificación	Aplicación
Entrevista	Se obtiene información del entrevistado de forma directa y se recolecta la información actual. Facilita la identificación de problemas y su origen. Permite la observación del modus operandi de la mano de obra, la utilización de equipos y la gestión de los tiempos.	Jefe de mantenimiento y operarios de producción.
Observación directa		Actividades y tiempos relacionadas al proceso de prensado.

Nota. Elaborado por autor

Por un lado, la entrevista se aplicó antes de analizar datos cuantitativos provenientes del proceso de prensado, con el propósito de realizar un diagnóstico preliminar del funcionamiento de esta etapa de la producción. En lo que respecta a la técnica de observación directa se la realizó conjuntamente cuando se producían los cambios de formato en la prensa, utilizando las fichas de observación para levantar los datos de las actividades concernientes al tiempo de preparación de la prensa. Después, se realizó la prueba de normalidad mediante el software Minitab 19 para validar la precisión y confiabilidad de los datos recopilados.

2.5.3 Instrumentos de recolección de datos

El empleo de herramientas para la recopilación de datos en una investigación fue fundamental, ya que influyó significativamente en la progresión de la investigación al evaluar cómo se categorizan las variables. Buckley et al. (2024), manifiesta que los instrumentos utilizados para recopilar datos buscan obtener información relacionada con los fenómenos que se están investigando, con el propósito de lograr los objetivos establecidos en la investigación.

Ficha de observación:

Mediante las fichas, se logra registrar de manera sistemática la duración temporal de las actividades y poder clasificar las actividades internas y externas en una matriz de análisis. La ficha de observación posibilita una comprensión detallada de los tiempos de preparación de la prensa y las posibles variaciones. Además, permite incluir observaciones adicionales para documentar interrupciones, fluctuaciones inesperadas u otros factores relevantes que pudieran afectar el tiempo de ejecución de las actividades. La tabla 11 muestra la ejemplificación de una ficha de observación para el diagnóstico inicial del tiempo de cambio.

Tabla 11

Tiempo de cambio antes de la aplicación de SMED

Ficha de observación: Cambio de formato del Proceso de prensado					
No.	Descripción del proceso	Tiempo, s	Actividades		Observaciones
			Internas	Externas	
1					
2					
3					
Total					

Nota. Elaborado por autor en base a Niekurzak et al., (2023) y Garcia et al. (2022)

2.6 Variables de estudio

Según la investigación de Espinoza (2018), se establece que la clasificación de las variables se describe de la siguiente manera:

- ***Variable independiente (VI):*** Esta variable aborda la causa y es manipulada por el investigador, quien analiza y describe el objetivo de estudio durante la investigación.
- ***Variable dependiente (VD):*** Esta variable representa el efecto y varía debido a la acción de la variable independiente.

VI: Proceso de prensado

VD: Rendimiento

2.7 Procedimiento para la recolección de los datos

La fase de procesamiento de la información involucra el análisis, la adherencia a conceptos, la sistematización y la reorganización lógica de los resultados obtenidos a través de las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos en la investigación (Figueredo et al., 2019). La tabla 12 detalla las fases a seguir en el proceso de recolección de

datos. La primera fase se centra en el procesamiento de los datos, mientras que la segunda fase aborda la presentación de los resultados.

Tabla 12

Fases para el procesamiento de datos

Nº	Etapa	Procedimiento
1	Tratamientos de datos	<p>Analizar la información recopilada mediante las fichas de observación.</p> <p>Verificar los datos y constatar que no exista alguna inconsistencia que altere su fiabilidad y validación.</p> <p>Organización de los datos conforme a las variables y aplicación de análisis estadístico para representar los resultados.</p> <p>Presentar los resultados asociados para la aplicación de la metodología SMED.</p>
2	Presentación de datos	<p>Presentar de los resultados mediante herramientas estadísticas, tales como el software Minitab 19 en su versión de prueba.</p> <p>Presentar ilustraciones gráficas para la interpretación y comprensión de los resultados.</p>

Nota. Elaborado por autor

2.8 Operacionalización de las variables

Según Estrada (2023), la operacionalización de las variables implica desglosar los componentes de la hipótesis, centrándose especialmente en las variables. Este proceso se completa al descomponer las variables en dimensiones, las cuales se convierten en indicadores que facilitan la observación directa y la medición. Por su parte Espinoza (2019) menciona que la operacionalización de las variables es esencial, ya que permite definir con precisión los aspectos y elementos que se desean cuantificar, comprender y registrar, con el objetivo final de alcanzar conclusiones significativas.

Tabla 13

Operacionalización de las variables

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Determinantes	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
Proceso de prensado	El prensado posibilita la extracción máxima de líquido de la pasta de	El prensado de la harina es posible por la rotación	- Duración de la preparación de la prensa.	- Producción diaria - Tiempos - Aspecto	Entrevistas

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Determinantes	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
Rendimiento	pescado (Cathcart et al., 2023).	de los husillos de la prensa.	- Cambio de formato eficiente.	- Humedad	Ficha de observación
	El rendimiento es representado por el indicador OEE, siendo un indicador de rendimiento de equipos, basado en el tiempo y la producción desperdiciado (Basak et al., 2022)	Se busca influir y contrarrestar la pérdida de producción originada por los tiempos de preparación y ajustes en la prensa.	- Propuesta para el cambio de formato. - Mayor disponibilidad del equipo de prensa.	Rendimiento Calidad Disponibilidad	Fichas de observación

Nota. Elaborado por autor

2.9 Plan de análisis e interpretación de los resultados

En esta sección, se evalúa el cumplimiento de los objetivos específicos del estudio. Se inicia con la formulación de un plan para comprender los distintos métodos, técnicas y herramientas asociados a la optimización de procesos mediante un mapeo sistemático. Esta revisión satisface el primer objetivo al proporcionar una conceptualización de los términos clave y explorar las funciones de cada método mediante el análisis de las citas de los artículos seleccionados. Esto se logra a través de un enfoque analítico de las fuentes bibliográficas seleccionadas.

Se elaboró un plan para obtener datos de la población seleccionada utilizando técnicas de observación y análisis de datos internos, mediante fichas de observación y otras herramientas de diagnóstico. Esta estrategia se implementó con el propósito de cumplir con el segundo objetivo establecido. Para la presentación de los datos, se llevó a cabo un análisis mediante gráficos y tablas estadísticas. Posteriormente, se inició la aplicación del modelo de

optimización del proceso de prensado a través del método SMED con el objetivo de mejorar el rendimiento de la producción y cumplir así con el último objetivo establecido.

En la tabla 14, se ha elaborado un plan para el análisis con interpretación de los resultados, detallando los procedimientos, herramientas y resultados esperados para cada uno de los objetivos establecidos.

Tabla 14

Plan de análisis e interpretación de datos

Nº	Objetivos	Acciones	Herramientas	Resultados
1	Desarrollar un estado del arte, a través de un mapeo sistemático y el software Rayyan, para el sustento de las variables de investigación.	<p>Buscar los artículos científicos</p> <p>Aplicar el método para la revisión de la literatura</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mapeo sistemático ✓ Bases de datos ✓ Plataforma Rayyan 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Matriz referencial de artículos seleccionados ✓ Herramientas seleccionadas en base a la matriz
2	Estructurar un marco metodológico, mediante estudios enfocados en la optimización de procesos, para determinar oportunidades de mejora aplicables.	<p>Establecer el enfoque, diseño, método y procedimiento metodológico</p> <p>Determinar las técnicas e instrumentos para recopilar los datos</p> <p>Ejecutar las técnicas para la recolección de datos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Observación directa ✓ Matriz referencial de fichas de observación ✓ Fichas de Observación 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se define como un enfoque cuantitativo no experimental. ✓ Obtención de datos sobre el cambio de formato en la etapa de prensado.
3	Presentar una propuesta para la optimización del cambio de formato en el proceso de prensado en la planta Rosmei S. A.	<p>Ejecutar el procedimiento metodológico y la propuesta de mejora</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Componentes y parámetros SMED. ✓ Minitab 19 ✓ FlexSim 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diagnostico situacional del proceso de prensado ✓ Prueba de normalidad de Anderson-Darling ✓ Establecer una propuesta de optimización. ✓ Simular el sistema analizado. ✓ Analizar los resultados alcanzados.

Nota. Elaborado por autor

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Contexto organizacional

3.1.1 Generalidades

La empresa Rosmei S.A. es una planta procesadora de harina y aceite de pescado, consolidada en el mercado debido a sus años de experiencia y al producto de calidad que ofrece. Durante los 21 días del mes de temporada de oscura, la planta industrial permanece en operación. No obstante, en la temporada de clara, se llevan a cabo actividades de mantenimiento preventivo y correctivo en las maquinarias y equipos. La información general de la Empresa Rosmei S. A se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15

Información general de la empresa Rosmei S. A

TIPO DE INFORMACIÓN	DATOS
Registro único de contribuyentes (RUC)	0992289821001
Razón social	ROSMEI S.A.
Actividad económica Principal	Elaboración de harina de pescado
Tamaño de la empresa	Mediano
Centro de Trabajo	Parroquia Chanduy – santa elena
Dirección	Av. Principal (barrio puerto nuevo) – Chanduy - santa elena – ecuador
Sector	Privado

Nota. Elaborado por autor

3.1.2 Misión

“Rosmei S.A. tiene como misión producir y comercializar harina de pescado de óptima calidad, buscando la satisfacción de los clientes internos y externos, logrando el crecimiento y solidez empresarial, generando fuentes de trabajo bajo el contexto de responsabilidad social, desarrollando sus actividades en forma eficiente y sostenible en el tiempo, preservando los recursos hidrobiológicos y protegiendo a la vez su medio ambiente.”

3.1.3 Visión


“Ser líderes en el mercado nacional e internacional, incrementando y fortaleciendo nuestra cartera de clientes, promoviendo constantemente el desarrollo profesional de los colaboradores, mejorando continuamente nuestros procesos para garantizar con esto altos índices de productividad y productos de calidad.”

3.1.4 Inventario de procesos

El inventario de procesos ofrece una visión más detallada de la organización jerárquica del proceso de producción y sus diversas etapas en un entorno de trabajo común. La tabla 16 presenta los procesos estratégicos, claves y de apoyo en Rosmei S.A.

Tabla 16

Inventario de procesos

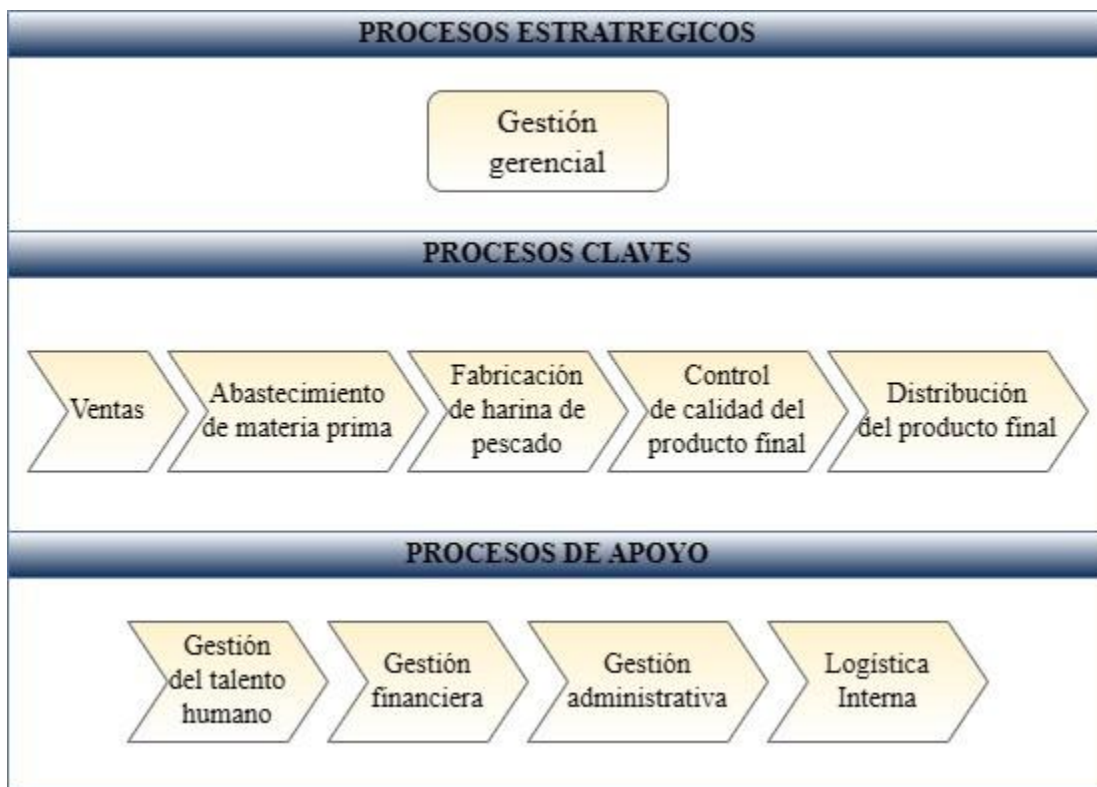
 INVENTARIO DE PROCESOS DE ROSMEI S.A	
Referencia: Inventario de procesos	Responsable: Wellington Apolinario
Fecha: 9/5/2024	Empresa evaluada: Rosmei S. A.
Nombre	Código
Procesos estratégicos	
Gestión gerencial	P1
Procesos claves	
Ventas	P2
Abastecimiento de materia prima	P3
Fabricación de harina de pescado	P4
✓ <i>Recepción de materia prima</i>	P4-A
✓ <i>Cocción</i>	P4-B
✓ <i>Prensado</i>	P4-C
✓ <i>Secado</i>	P4-D
✓ <i>Molienda</i>	P4-E
✓ <i>Ensaque</i>	P4-F
✓ <i>Almacenamiento</i>	P4-G
Control de calidad del producto final	P
Distribución del producto final	P6
Procesos de apoyo	
Gestión del talento humano	P7
Gestión financiera	P8
Gestión administrativa	P9
Logística Interna	P10

Nota. Elaborado por autor

3.1.5 Mapa de procesos de la empresa

De acuerdo con el inventario de procesos, el gráfico 16 se ilustra el mapa de procesos actual de la empresa Rosmei S.A. en el que se ilustra el proceso estratégico que se encuentra relacionado con la gestión gerencial, de manera continua se encuentra los procesos claves, donde se destaca la fabricación de la harina de pescado y por último se definen los procesos de apoyo que se encuentran clasificados como: gestión de talento humano, gestión financiera, gestión administrativa y logística interna.

Gráfico 16. Mapa de procesos de Rosmei S.A



Nota: Elaborado por autor

En virtud de lo anterior, el trabajo se centra exclusivamente en el tercer proceso clave de la empresa: la fabricación de harina de pescado. Dicho eslabón fue codificado en el inventario de procesos como P4, de donde se derivan 7 etapas que lo conforman, siendo: P4-A, P4-B, P4-C, P4-D, P4-E, P4-F y P4-G. Bajo ese contexto, las etapas se detalladas en el siguiente apartado.

3.1.6 Fabricación de harina de pescado

a) Recepción de materia prima

La materia prima es transportada mediante camiones hacia la poza de recepción de la planta. Se considera también como materia prima a los desperdicios que son generados por las conservas o atuneras, tales como vísceras, espinas y cabezas de pescados. Los camiones que ingresan con el cargamento son pesados por la báscula para conocer la cantidad de materia prima que es ingresada y si presenta o no las condiciones adecuadas para la fabricación del producto, es decir, se realiza una clasificación e inspección organoléptica para identificar la materia prima que está en pésima y en óptimas condiciones, y así se estaría garantizando que el producto tenga altos índices de calidad. La empresa inicia la producción una vez que se haya completado aproximadamente 6 toneladas de materia prima en la poza de recepción.

Imagen 1. Poza de recepción de materia prima



Fuente: Autor

b) Cocción

La materia prima pasa desde la poza de recepción hasta el cocinador por medio de un transportador helicoidal. En la cocina industrial se eliminan los microorganismos que existen en el pescado, incluso se coagulan las proteínas presentes en la carne del pez, generando la separación del aceite y los residuos. Previamente al proceso de cocina, el caldero es preparado a una presión de 80 PSI, y a una temperatura que debe fluctuar entre 80 °C y 120 °C, donde el operario es el responsable de verificar que la temperatura y presión sean las adecuadas con la finalidad de suministrar correctamente el vapor al cocinador. El tiempo de cocción depende del estado de la materia prima y puede variar de 10 a 15 minutos.

Imagen 2. Cocinador



Fuente: Autor

c) Prensado

Una vez cocinado el pescado, es dirigido mediante transportadores helicoidales hacia la prensa, que se encargan de estrujar el producto cocinado mediante la compresión mecánica, obteniendo la fase líquida denominada licor de prensa y la parte sólida (torta de prensa), dicho proceso dura alrededor de 10 a 15 minutos. En esta etapa de prensado se agrega el concentrado o soluble de pescado a la torta de prensa a través de tuberías que vienen desde la planta evaporadora a partir del licor de prensa, que es mezclada por medio de goteo, dicha mezcla tiene la finalidad de que la torta de prensa adquiera las proteínas presentes en el soluble de pescado.

Imagen 3. Prensa de doble husillo



Fuente: Rosmei S.A

d) Secado

En este trayecto, la torta de prensa es conducida hacia la cámara de fuego y seguidamente hacia el secador, el cual tiene la finalidad de reducir la humedad del producto prensado convirtiéndola en una mezcla seca y estable, el porcentaje de humedad debe ser entre un 5 - 10 % para determinar que ya no existen actividades microbiológicas como

bacterias y que se reduzcan las reacciones químicas. La temperatura óptima en el proceso de secado está entre 50 °C a 150 °C, la cual es verificada cada 2 horas por parte del operador del área.

Imagen 4. Secador rotativo



Fuente: Rosmei S.A

e) Molienda

Una vez finalizado el proceso de secado, el producto es trasladado mediante el tornillo sinfín hacia el molino de martillos, cuya función es triturar esta mezcla hasta conseguir una harina totalmente homogénea y fina, con el objetivo de que tenga una apariencia granulada.

Imagen 5. Molino



Fuente: Rosmei S.A

f) Transporte a tolva de ensaque

Posteriormente, con lo obtenido en el proceso de molienda, el extractor de harina tiene la función de trasladar esa harina seca y homogénea hacia el área de ensacado mediante un ducto que conecta el extractor con la tolva de almacenamiento. El funcionamiento de este equipo se da gracias a un motorreductor que es el encargado de suministrarle las revoluciones requeridas.

Imagen 6. Extractor de harina



Fuente: Rosmei S.A

La harina es almacenada en la tolva de almacenamiento, en esta etapa se agregan los aditivos respectivos a la harina con la finalidad de preservar el producto terminado.

- ✓ **Fish Add o Fordex:** Por cada tonelada de harina de pescado se agregan 3,75 kilos de este aditivo, que cumple con la función de descontaminante, es decir, permite una protección de futuras contaminaciones a la cual está expuesta la harina.
- ✓ **Etoxiquin “Aditivos & Alimentos S.A”:** Por cada saco de 50 kg de harina de pescado se agrega una medida calibrada de 100 PPM equivalente a 28 ml de este aditivo, cuya función es conservar y mantener la calidad del producto final.

Imagen 7. Tolva de ensaque



Fuente: Rosmei S.A

g) Ensaque

En el proceso de ensaque se utilizan sacos de fibra sintética con capacidad de 50 kg de harina de pescado. Una vez que estén a disposición los sacos, el operario enciende el motor reductor para que la harina pueda trasladarse hasta el ducto donde descenderá, con la

finalidad de que el operador pueda ensacar el producto final. En esta etapa también se toman muestras de harina para realizar los análisis correspondientes en el laboratorio de calidad.

Imagen 8. Ensacado



Fuente: Rosmei S.A

h) Bodega de reposo

En esta etapa se almacena temporalmente el producto ensacado y al siguiente día se procede a cocer los sacos y etiquetar con tarjetas blancas si el producto posee altas proteínas y tarjetas amarillas si contiene bajas proteínas. Cada 2 horas se lleva un riguroso control de temperatura y humedad para garantizar que el producto final se encuentre en óptimas condiciones. La temperatura ideal debe fluctuar entre 20 a 40 °C y debe tener un porcentaje de humedad entre 60 a 85%.

Imagen 9. Bodega de reposo



Fuente: Rosmei S.A

i) Almacenamiento

Se colocan 40 sacos de producto terminado en un pallet para que el montacargas pueda trasladarlo hasta el galpón de almacenamiento. En esta área son colocadas en filas de 2 pallets, dejando una distancia de 50cm x 30cm entre pallets. Además, se deja un espacio determinado respecto a la pared para una ventilación adecuada, la cual se da gracias a ventiladores ubicados proporcionalmente.

Vale mencionar que la empresa realiza un proceso cuando la harina de pescado obtenida posee bajas proteínas mediante una segunda tolva que está ubicada en el área de almacenamiento en un espacio determinado que no afecta la ventilación del producto, se procede a mezclar la harina de pescado de alta proteína que existe en stock con la harina de baja proteína, resultando un producto final con un 65% de proteína y este producto es identificado con una tarjeta de color verde que concierne a una harina obtenida mediante una mezcla. Posteriormente se almacena el producto mezclado en pallets en el área de almacenamiento de la forma ya establecida para ser distribuidas en el mercado.

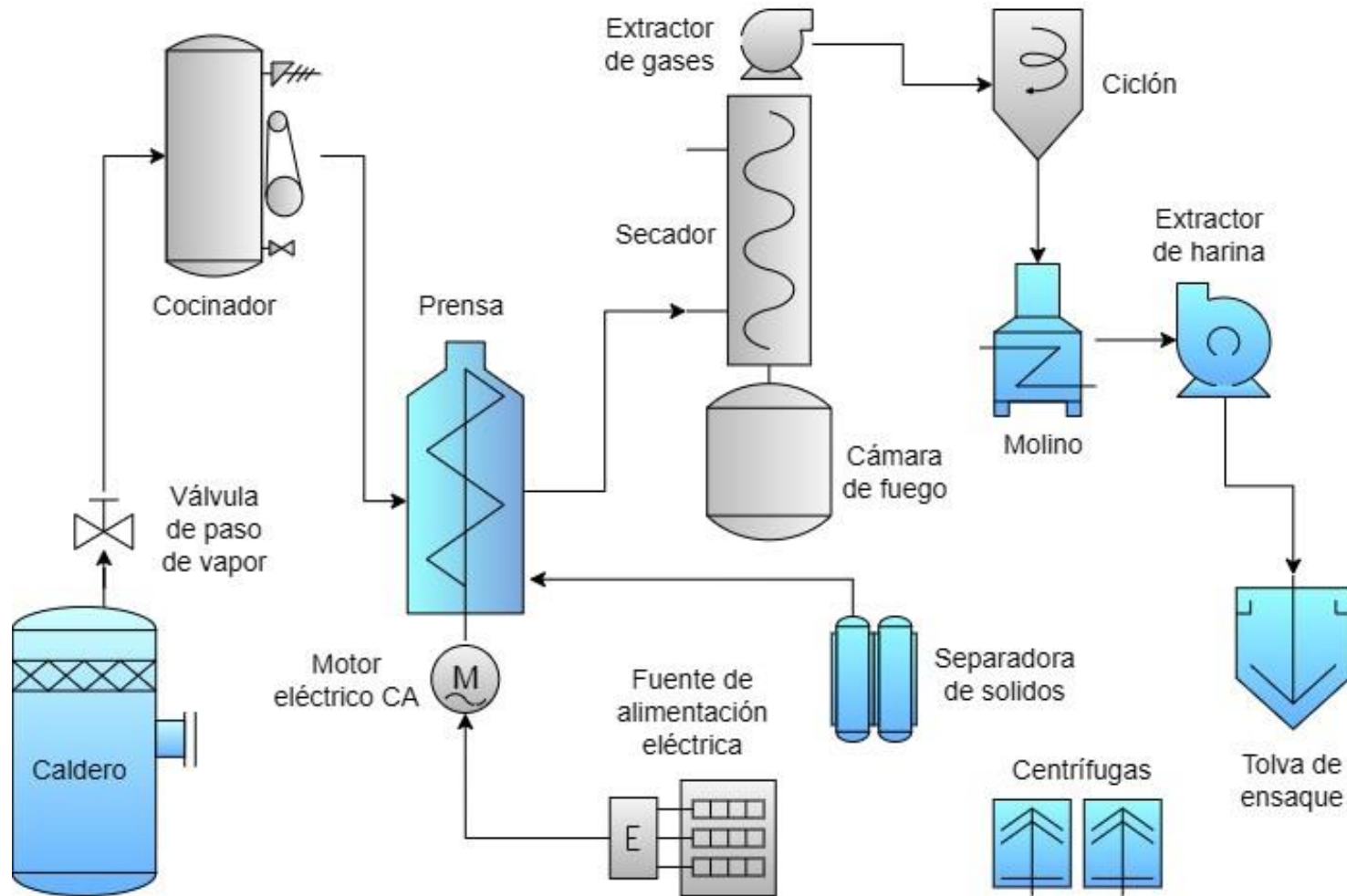
Imagen 10. Almacenamiento de producto terminado



Fuente: Rosmei S.A

Adicionalmente, para tener una referencia precisa, en el gráfico 17 se detalla un diagrama de flujo del proceso de la fabricación de la harina de pescado en la planta Rosmei S.A

Gráfico 17. Diagrama de flujo del proceso de harina de pescado



Nota: Elaborado por autor en plataforma web Drawio

3.2 Análisis situacional

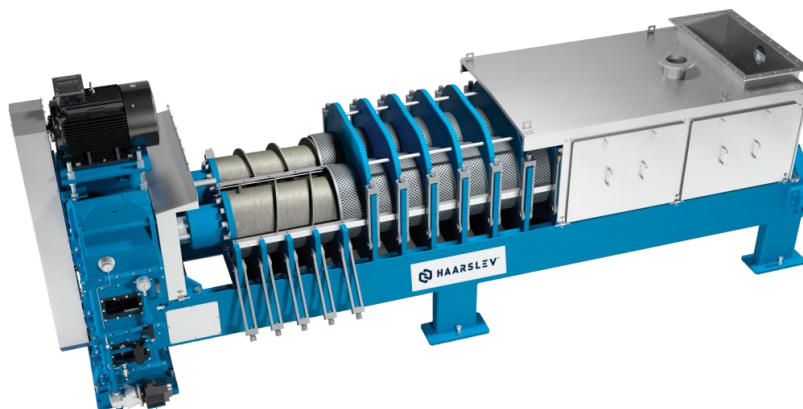
3.2.1 Diagnóstico inicial del proceso de prensado

En la empresa objeto del presente estudio se investigó únicamente al proceso de prensado. Para los propósitos de esta investigación, se implementa un método de estudio de caso ya que permite investigar la relación de causa y efecto en un contexto de la vida real (Malindzakova et al., 2021). Esto es particularmente adecuado, ya que el objetivo del trabajo de investigación es presentar una propuesta para el prensado que busque mejorar el tiempo de preparación de la prensa de doble husillo.

✓ *Descripción de la prensa de doble husillo y su funcionamiento*

En primer lugar, la prensa tiene una capacidad para 20 toneladas de materia prima, sin embargo, actualmente se está procesando solo 16 toneladas debido a la sincronización productiva con otros equipos subsecuentes. Por otro lado, el motor eléctrico encargado del funcionamiento de la prensa es de 70 HP y 1750 RPM, acto para trabajar a altas revoluciones sin problema. Bajo esta óptica, se presenta el diseño de la prensa en donde se puede apreciar en su interior los husillos contrarrotativos, los cuales están diseñados para aplicar una presión uniforme sobre el material de entrada y separar el aceite de pescado de los sólidos.

Imagen 11. Prensa de doble husillo



Fuente: Haarslsev

El funcionamiento de la prensa puede variar de 4 rev/min a 9 rev/min, esto va a depender de la contextura del pescado a procesar. Cada variación de materia prima requiere de reajustes en las revoluciones de los husillos y para que esto sea posible se debe cambiar poleas, regular piñones y calibrar motor y reductor de la máquina. Estos cambios de formato se producen aleatoriamente y en función del tipo de materia prima que ingrese a la planta, ya

que la empresa no posee una embarcación propia que le permita planificar lo que va a producir. En gran parte de los casos ingresa materia prima con características diferentes a la que se estaba procesando y se vuelve prudente el reequipamiento de la prensa.

En consecuencia, cuando se necesite realizar un cambio en la máquina se requiere paralizar la fabricación por completo, debido a su sistema de producción en masa y a la interdependencia de cada proceso. Ahora bien, el producto final se clasifica según el nivel de proteínas que tiene el cardumen. La harina producida por Rosmei S.A, es de 70% de proteína (harina de alta calidad), y de 60% de proteína (harina de baja calidad). Estos estándares están dados de acuerdo con la clase pescado. La tabla 17 muestra la clasificación de los cardúmenes por proteína.

Tabla 17

Especies de cardúmenes por proteína

Especie de materia prima	
Cardúmenes de proteína alta	Cardúmenes de proteína baja
Morenillo	Chuhueco
Hoja	Trompeta
Botella	Sardina

Fuente. Rosmei S.A

De acuerdo con la tabla 17, los cardúmenes con proteína alta son los que requieren un aumento en la velocidad de la prensa, ya que tienden a tener una estructura muscular más densa y firme. Esto hace que sea más difícil extraer el aceite y el líquido de las células del pescado durante el proceso de prensado. Por lo tanto, se requiere aumentar las revoluciones, para incrementar la fuerza aplicada sobre el material. Este procedimiento demanda una gran cantidad de tiempo y esfuerzo por parte de los operarios y la dirección de producción es consciente de que el cambio de poleas y regulación de sus otros mecanismos de manera manual es el cuello de botella de la línea de producción.

3.2.2 Tiempo de cambio actual del proceso de prensado

Tras identificar el cuello de botella, se utiliza las fichas de observación del tiempo de cambio como instrumento de recolección de datos. La lista incluye los pasos realizados por el operario y las acciones realizadas por la máquina. Se midió adecuadamente la duración de cada paso del cambio para comprender mejor dónde se producen las pérdidas de tiempo. Siendo así que, la duración total de un cambio es de 111,9 minutos de promedio y puede producirse diario, por lo que representa el 7.79 % del tiempo total de producción disponible

en un día. Por este motivo, la aplicación del método SMED a este proceso de cambio concreto resulta muy adecuada con el objetivo principal de reducir el tiempo necesario para el cambio.

Dicho esto, se logró registrar de manera sistemática la duración temporal de 33 pasos y poder clasificarlas en actividades internas y externas. A su vez, esto posibilitó una comprensión detallada del reequipamiento de la prensa y las posibles variaciones. Además, permitió incluir observaciones adicionales para documentar interrupciones, fluctuaciones inesperadas u otros factores relevantes que pudieran afectar el tiempo de ejecución de las actividades. En conjunto con lo antes explicado, en la tabla 18 se muestran los tiempos de ejecución de cada actividad del cambio de formato, recalcando que el tiempo presentado es el promedio de un conjunto de repeticiones que se llevaron a cabo para la presentación de resultados.

Tabla 18

Tiempo de cambio antes de la aplicación de SMED

Ficha de observación: Cambio de formato antes del SMED					
N°	Descripción del proceso	Tiempo , s	Actividad		Observaciones
			Interna	Externa	
1	Apagar la prensa	9,4	X		Uno de los operadores termina e inicia orden en el sistema
2	Apagar cocinador	13,5	X		
3	Apagar los transportadores helicoidales conectados a la prensa	9	X		Se deben apagar en secuencia. Existen 2
4	Apagar los transportadores helicoidales conectados al secador	10,2	X		Se deben apagar en secuencia. Existen 4
5	Apagar el resto de los equipos	19,2	X		Se deben apagar en secuencia
6	Verificar que la prensa esté detenida por completo	6,8	X		
7	Verificar el sistema de alimentación de la prensa	8,9	X		Quedan restos de pescado cocinado
8	Verificar el sistema de transporte de llegada	6,9	X		Quedan restos de pescado cocinado en los husillos
9	Verificar el sistema de transporte de salida	9,5	X		Quedan restos de torta de prensa en los transportadores.
10	Trasladar y preparar manguera de agua	86,7	X		El operador debe recorrer aproximadamente 10 m
11	Limpiar el sistema de alimentación de la prensa	104,5	X		
12	Limpiar los transportadores helicoidales que conectan con la prensa	185,4	X		Se apertura la tapa de las canaletas y se limpia por completo

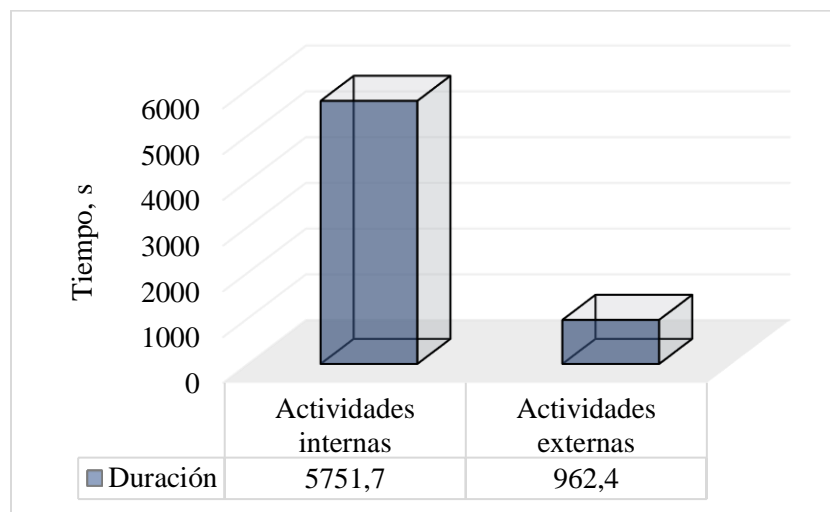
13	Limpiar los transportadores helicoidales que conectan con el secador	184,6	X	Se apertura la tapa de las canaletas y se limpia por completo	
14	Preparar y trasladar herramientas a la prensa	111,8	X	Ausencia de pre-alistamiento	
15	Aperturar el interior de la prensa	169,3	X		
16	Limpiar la prensa con agua a presión	182,7	X		
17	Desmontar bandas de distribución	439,6	X	Reajuste prolongado	
18	Desmontar poleas	458,7	X	Reajuste prolongado	
19	Regular motor de prensa para el nuevo formato	309,9	X	Reajuste prolongado	
20	Montar las nuevas poleas	336,2	X	Reajuste prolongado	
21	Colocar las bandas de distribución	388,8	X	Reajuste prolongado	
22	Verificar y preparar la materia prima a procesar	201,4	X		
23	Encender calderos para generar vapor al cocinador	653,5	X	El operador recorre 30 metros	
24	Esperar que se complete 80 PSI y 80 °C en el caldero	861,8	X		
25	Aperturar llave de vapor al cocinador	129,8	X	Se apertura luego del precalentamiento.	
26	Encender el transportador helicoidal que alimenta al cocinador	106,5	X		
27	Encender y procesar con la cocina industrial	679,6	X		
28	Encender el sumidero de prensa	48,9	X		
29	Encender los transportadores helicoidales que alimentan la prensa	18,6	X	Se encienden uno después del otro	
30	Encender la prensa	223,1		X	
31	Verificar en el amperímetro que no se supere los 20 A.	100,7		X	
32	Encender transportadores helicoidales que conectan con el secador	16,2		X	Se encienden uno después del otro
33	Empezar a procesar en la prensa	622,4		X	
TOTAL		6714,1	29	4	

Nota. Elaborado por autor en base a Niekurzak et al., (2023) y Garcia et al. (2022)

Como primera división en actividades internas y externas, se determinó que la duración de las actividades internas fue de 5751,7 segundos, que vendrían a ser 95,86 minutos (1.6 h), mientras que la duración de las actividades externas era de 962,4 segundos (16,4 min). En cuanto al número de elementos, se determinó que las actividades internas representaban 29 actividades y los elementos externos representaban 4 actividades. En el

gráfico 18 se presentan los resultados iniciales, en los que se determina que la mayoría de las actividades realizadas, es decir, el 85,67% del tiempo de cambio, se clasificaron como elementos internos, lo que significa que estas actividades se realizaron mientras la línea de producción estaba parada. Y el 14,33% de las actividades realizadas pertenecen a elementos externos y se realizaron mientras la línea de producción se pone en marcha.

Gráfico 18. Duración de las actividades internas y externas durante el cambio antes del SMED.



Nota: Elaborado por autor

3.2.3 Descripción general de SMED y OEE

Para adoptar una estrategia orientada a rendimiento de una máquina, el paso más importante es identificar y analizar los procesos y los efectos de los posibles tiempos de inactividad en la eficiencia de la producción. Tsarouhas (2020) menciona que el OEE es el indicador de desempeño más utilizado, que consta de tres elementos principales: disponibilidad, desempeño y calidad. Por tanto, el OEE se puede calcular de acuerdo con la ecuación (1):

$$OEE (\%) = Disponibilidad \times Calidad \times Rendimiento \times 100\% \quad (1)$$

Sobre la base de esta medida de rendimiento, la atención debe centrarse en los tiempos de inactividad/fallos, que tienen un alto impacto en la disponibilidad y la eficiencia operativa o la calidad del producto. De acuerdo con Haddad et al. (2021) estos tres elementos OEE se pueden calcular de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad})}{\text{Tiempo total disponible}} \quad (2)$$

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{Número de unidades producidas} - \text{Número de defectos})}{\text{Número de unidades producidas}} \quad (3)$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Número de unidades producidas}}{\text{Posible número de unidades}} \quad (4)$$

3.3 Evaluación de OEE antes de aplicación SMED

Con el objetivo de evaluar el rendimiento operativo inicial de la planta Rosmei S.A se efectúa el cálculo inicial de la eficiencia general de los equipos (OEE) para conocer cómo se están desempeñando actualmente los indicadores preestablecidos y determinar cuáles de ellos se deben intervenir. Para poder calcular el OEE antes de aplicar el SMED, se calcularon todos los componentes del OEE de acuerdo con las ecuaciones (2), (3) y (4). El número medio diario de cambios corresponde a 2, el tiempo de inactividad semanal programado es de 2 horas y los días operativos son 288, debido a que la fábrica se rige de acuerdo con las temporadas de oscura y de clara. Por un lado, la temporada de oscura corresponde a laborar 22 días del mes y los restantes se los considera temporada de clara. Sin embargo, Rosmei S.A labora 2 días más ya que adquiere materia prima procedente de otras industrias. Con esa base de información ya es posible determinar el tiempo total disponible y el tiempo de inactividad.

$$\text{Tiempo total disponible} = \frac{288 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{24 \text{ h}}{\text{día}} = 6912 \text{ h/año}$$

$$\text{Tiempo de inactividad} = \frac{2 \text{ h}}{\text{sem}} \times \frac{52 \text{ sem}}{\text{año}} = 104 \text{ h/año}$$

Ambos resultados son componentes para el cálculo de la disponibilidad. Para calcular el tercer componente, el tiempo total de cambio. Se considera el intervalo en el que la prensa se apaga hasta que se reanuda la producción (95,86 minutos), equivalente a 1.6 horas, el cuál es tomado del diagnóstico inicial de SMED. De este modo, ya es posible calcular el tiempo total de cambio anual de la prensa.

$$\text{Tiempo total de cambio anual} = \frac{1,6 \text{ h}}{\text{cambio}} \times \frac{2 \text{ cambios}}{\text{día}} \times \frac{24 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 921,6 \text{ h/año}$$

✓ **Disponibilidad**

Ya con aquello, se aplica la fórmula de la disponibilidad con los datos obtenidos:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\left(6912 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 104 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 921,6 \frac{\text{horas}}{\text{año}}\right)}{6912 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0,8516 \times 100 = \mathbf{85,16\%}$$

✓ *Calidad*

En este apartado, y de acuerdo con información brindada por el departamento de producción, se conoció que se producen en promedio 8.500 sacos de harina de pescado mensuales. Cada saco pesa 50 kg, por lo que vendría a ser 425 T/mes.

➤ *Producción media por día* = 425 T/mes = 17,71 T/día

➤ *Promedio de desperdicio por día* = 250 kg/día = 0.25 T/día

$$\text{Número de unidades producidas} = \frac{17,71 \text{ T}}{\text{día}} \times \frac{24 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 5100 \text{ T/año}$$

$$\text{Número de defectos} = \frac{0,25 \text{ T}}{\text{día}} \times \frac{24 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 72 \text{ T/año}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\left(5100 \frac{\text{T}}{\text{año}} - 72 \frac{\text{T}}{\text{año}}\right)}{5100 \frac{\text{T}}{\text{año}}}$$

$$\text{Calidad} = 0,9859 \times 100 = \mathbf{98,59\%}$$

✓ *Rendimiento*

Para este caso, la producción esperada en cada temporada de oscura es de 10.000 sacos de harina de pescado, ya que en los mejores escenarios se ha llegado a producir esta cantidad. Por lo tanto, la cantidad posible de producción vendría a ser de 6000 T/año.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Número de unidades producidas}}{\text{Posible número de unidades}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{5100 \frac{\text{T}}{\text{año}}}{6000 \frac{\text{T}}{\text{año}}} = \mathbf{85\%}$$

Entonces, el OEE es:

$$\mathbf{OEE (\%) = 0,8516 \times 0,9859 \times 0,85 = 0,7137}$$

$$\mathbf{OEE (\%) = 0,7137 \times 100 = 71,37\%}$$

Discusión

En primer lugar, la disponibilidad del 85,16% indica el tiempo en que la prensa estuvo disponible para producir en comparación con el tiempo total disponible. Esto sugiere que hubo períodos en los que la prensa estuvo inactiva, lo que estuvo relacionado con el tiempo requerido para realizar el cambio de formato. Un cambio de formato eficiente y bien planificado puede minimizar el tiempo de inactividad, aumentando así la disponibilidad y, en última instancia, mejorando el OEE.

Por otro lado, el rendimiento del 85% indica la eficiencia con la que la prensa está produciendo en comparación con su capacidad máxima teórica. Un rendimiento del 85% sugiere que la prensa no está alcanzando su máximo potencial de producción. Esto está relacionado con la eficiencia del proceso de cambio de formato. Un cambio de formato rápido y sin problemas permite que la producción se reinicie rápidamente, lo que aumenta el tiempo de producción efectiva y, por lo tanto, el rendimiento. En cuanto a la calidad del 98,59%, es una medida de la proporción de productos de calidad producidos en comparación con el total producido. Una calidad alta indica que la harina de pescado cumple con los estándares requeridos. Ahora bien, si el cambio de formato no se realiza correctamente, podría haber un mayor riesgo de defectos en el producto final.

El OEE general de 71,37% indica que hay margen de mejora en la eficiencia del equipo. Para aumentar el OEE, es importante optimizar tanto la disponibilidad como el rendimiento. Esto implica mejorar los procesos de cambio de formato para minimizar el tiempo de inactividad, así como garantizar que la producción se realice de manera eficiente y sin interrupciones una vez que la máquina esté en funcionamiento. Un enfoque integral en la mejora de estos aspectos puede conducir a un aumento significativo en el OEE y, en última instancia, a una mayor eficiencia y rentabilidad en la operación de la prensa.

3.4 Presentación de resultados

3.4.1 Validez de los resultados obtenidos

Con el propósito de garantizar la validez de los datos obtenidos, se llevó a cabo una prueba de normalidad de Anderson-Darling utilizando el software Minitab 19 en la versión de prueba. Este análisis estadístico se llevó a cabo con el propósito de verificar la coherencia y la distribución de los datos proporcionados. La tabla 19 resume en una matriz referencial los tiempos representados en segundos, los cuales fueron tomados por medio de cronometraje e inscritos en una hoja de registro (*ver anexo 15 y 16*). En la matriz se detallan los 6

subprocesos (SP) con sus respectivas actividades. No está de más recalcar que para analizar adecuadamente los datos se tuvieron que realizar 10 réplicas de los cambios de formato en diferentes líneas de cardúmenes, tomados en el mes de abril.

Tabla 19

Matriz referencial del cambio de formato

Matriz referencial de la tabla de actividades con tiempos cronometrados											
Elaborado por: Wellington Apolinario			Departamento: Producción				F. Elaboración: 1/04/2024				
Revisado por: Alejandro Cruz			M.P: Trompeta, sardina y hoja.				F. Revisión: 3/04/2024				
N°	SP1: Apagado de las maquinas	Réplicas del cambio de formato									
		CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7	CF8	CF9	CF10
1	Apagar la prensa	9	11	8	7	9	11	8	9	12	10
2	Apagar cocinador	12	13	13	14	12	15	11	16	14	15
3	Apagar los transportadores helicoidales conectados a la prensa	7	8	10	9	8	7	11	9	10	11
4	Apagar los transportadores helicoidales conectados al secador	8	11	9	10	11	12	9	10	12	10
5	Apagar el resto de los equipos	18	15	19	22	19	17	18	24	19	21
N°	SP2: Verificación de maquinaria	Réplicas del cambio de formato									
		CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7	CF8	CF9	CF10
1	Verificar que la prensa esté detenida por completo	8	7	6	7	8	5	6	7	8	6
2	Verificar el sistema de alimentación de la prensa	8	11	9	7	10	8	7	9	11	9
3	Verificar el sistema de transporte de llegada	6	7	6	8	7	5	8	9	7	6
4	Verificar el sistema de transporte de salida	9	8	9	10	9	11	10	8	11	10
N°	SP3: Limpieza de transportadores helicoidales	Réplicas del cambio de formato									
		CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7	CF8	CF9	CF10
1	Trasladar y preparar manguera de agua	89	91	79	95	77	86	95	92	75	88
2	Limpiar el sistema de alimentación de la prensa	105	118	96	113	89	109	126	105	83	101
3	Limpiar los transportadores helicoidales que conectan con la prensa	181	196	178	202	173	186	197	187	175	179
4	Limpiar los transportadores helicoidales que conectan con el secador	196	188	181	190	178	193	187	183	172	178
N°	SP4: Procedimiento de cambio de formato	Réplicas del cambio de formato									
		CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7	CF8	CF9	CF10

1	Preparar y trasladar herramientas a la prensa	113	109	101	105	108	115	129	124	104	110
2	Aperturar el interior de la prensa	161	171	159	178	182	164	173	180	153	172
3	Limpiar la prensa con agua a presión	183	193	171	188	179	197	191	184	167	174
4	Desmontar bandas de distribución	421	434	419	452	427	462	456	443	431	451
5	Desmontar poleas	455	464	448	460	456	451	461	467	458	467
6	Regular motor de prensa para el nuevo formato	308	298	301	309	312	324	329	306	295	317
7	Montar las nuevas poleas	321	338	332	345	326	334	346	351	327	342
8	Colocar las bandas de distribución	378	387	392	403	379	385	389	395	381	399
N°	SP5: Encendido de equipos previos al prensado	Réplicas del cambio de formato									
		CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7	CF8	CF9	CF10
1	Verificar y preparar la materia prima a procesar	203	211	205	213	195	209	191	207	187	193
2	Encender caldero para generar vapor al cocinador	636	688	591	724	583	693	593	756	598	673
3	Esperar que se complete 80 PSI y 80 °C en el caldero	853	867	835	859	848	879	868	881	871	857
4	Aperturar llave de vapor al cocinador	121	137	119	131	124	123	135	143	127	148
5	Encender el transportador helicoidal que alimenta al cocinador	105	110	104	107	98	106	113	108	103	111
6	Encender y procesar con la cocina industrial	683	674	668	691	659	678	693	685	676	689
N°	SP6: Encendido y sincronizado de la prensa	Réplicas del cambio de formato									
		CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7	CF8	CF9	CF10
1	Encender el sumidero de prensa	52	48	43	56	44	49	47	51	46	53
2	Encender los transportadores helicoidales que alimentan la prensa	15	21	17	19	18	15	20	24	14	23
3	Encender la prensa	218	229	217	233	225	231	224	219	214	221
4	Verificar en el amperímetro que no se supere los 20 A.	105	99	101	95	98	103	96	106	97	107
5	Encender transportadores helicoidales que conectan con el secador	17	15	19	17	14	18	15	16	17	14
6	Empezar a procesar en la prensa	626	637	609	633	597	602	671	595	663	591

Nota. Elaborado por autor

3.4.2 Prueba de Normalidad de Anderson-Darling

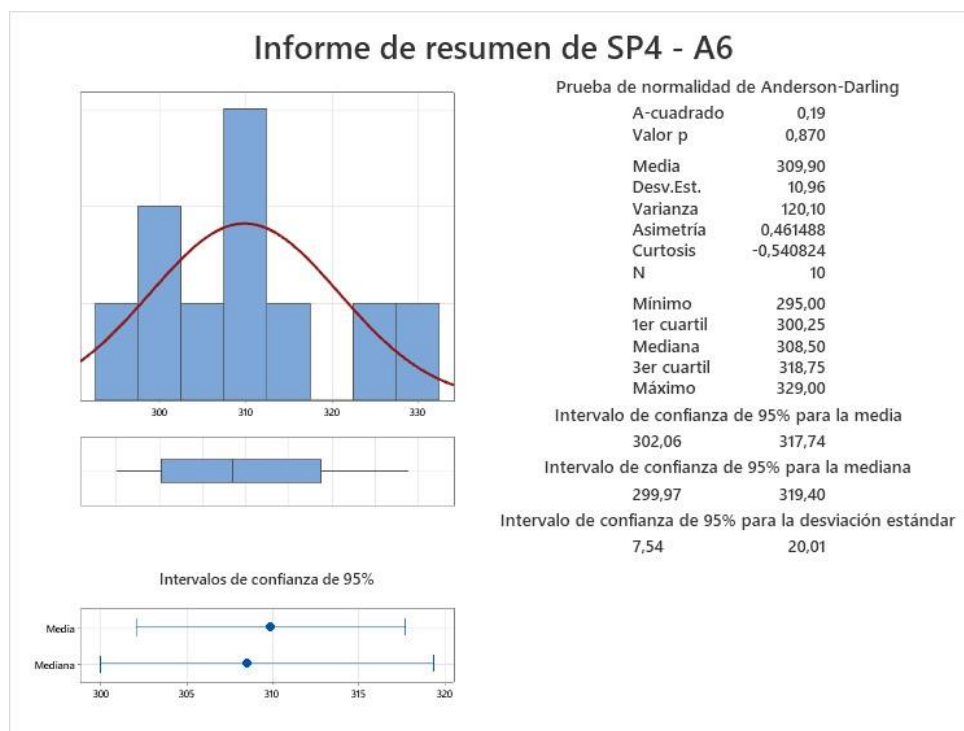
Llevar a cabo la prueba de Anderson-Darling es importante para evaluar si un conjunto de datos de muestra se ajusta a una distribución de probabilidad continua, comúnmente la distribución normal. Esta evaluación es fundamental para que los estadísticos

y analistas de datos puedan validar la confiabilidad de los resultados obtenidos (Menoyo, 2023). En ese sentido, se llevó a cabo la prueba Anderson-Darling en cada actividad del proceso de cambio, demostrando su fiabilidad.

En efecto, se evidencian las pruebas de normalidad en las actividades más relevantes en el cambio de formato. En primera instancia, la actividad seis (A6) del subproceso de Procedimiento de cambio de formato (SP4), fue una actividad relevante en todo el formato de cambio en el proceso de prensado, ya que en ella se realizan los respectivos ajustes de piñones y en dependencia de aquello las poleas de la máquina.

En el gráfico 19, se reveló que la distribución de los tiempos observados podría considerarse normal, debido a que el valor p asociado fue de 0,87 lo que sugiere que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que los datos provienen de una distribución normal. También, para el caso de las estadísticas descriptivas se determinó que la media es 309,9 y su desviación estándar 10,96. Estos resultados ofrecieron una visión detallada tanto de la tendencia central como de la dispersión de los datos, lo cual respalda la validez de la distribución normal en la actividad objeto de análisis.

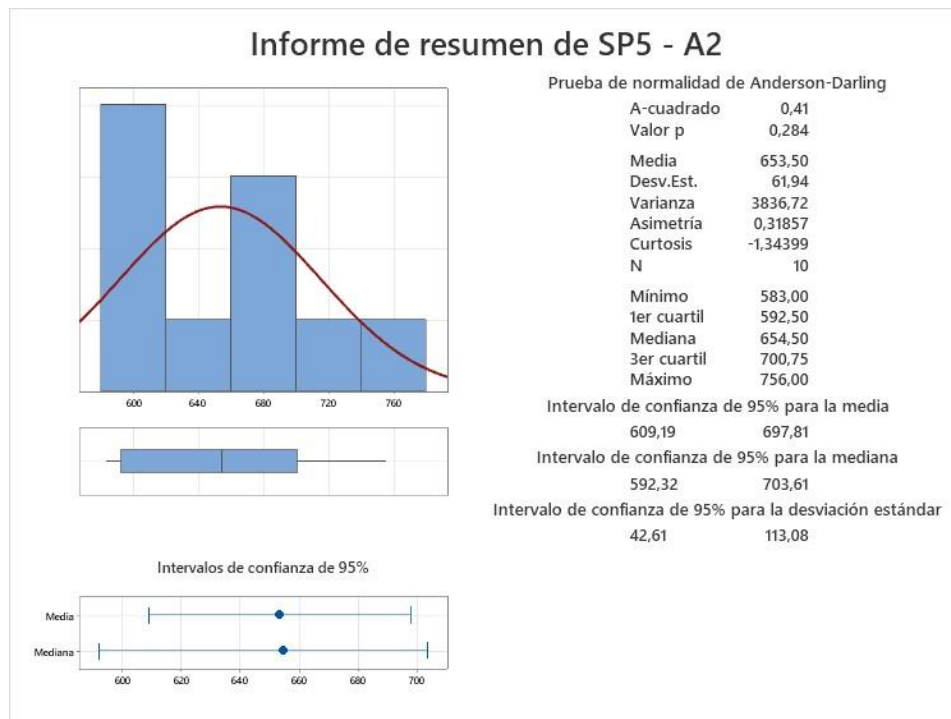
Gráfico 19. Resumen de Prueba de Normalidad de SP4 – A6



Nota: Desarrollado en software Minitab 19.

El subproceso "Encendido de equipos previos al prensado" (SP5) revela resultados importantes en la prueba de normalidad para la actividad dos (A2). El encendido del caldero para generar vapor al cocinador mostró baja variabilidad, con su tiempo de inicio dependiente del período previo de inactividad. Los cambios de formato evidenciaron regularidad en el encendido, manteniendo una temperatura elevada durante la inactividad. El gráfico 20 muestra una distribución normal de los datos, con un valor p de 0,284, indicando que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de normalidad. La media de los datos fue 653,50, y la desviación estándar de 61,94 señala que los datos varían alrededor de la media en aproximadamente 61,94 unidades.

Gráfico 20. Resumen de Prueba de Normalidad de SP5 – A2



Nota: Desarrollado en software Minitab 19.

Bajo los criterios de $\alpha = 0,05$ y un nivel de confianza del 95% se pudo determinar que el valor de $p > 0,05$ en las 33 actividades del cambio de formato, con lo que se concluye que los datos obtenidos mediante la ficha de observación del cronometraje del tiempo de cambio provienen de una distribución normal y garantiza la confiabilidad de los resultados del estudio. Para el análisis de toda la evidencia trabajada consulte *los Anexos del 9 al 14* para acceder a los informes de Resumen de Pruebas de Normalidad correspondientes al resto de las actividades del proceso analizado.

3.5 Propuesta de mejora

Una vez analizados los datos y haber efectuado el diagnóstico de la empresa, se procede a elaborar una propuesta personalizada en función con las necesidades previamente identificadas en la empresa Rosmei S.A. En virtud de la información recabada, tales como en el análisis situacional, la experiencia adquirida en las múltiples visitas a la planta, el intercambio de criterios con el jefe de mantenimiento y la toma de datos cuantitativos se planteó la siguiente propuesta.

3.5.1 Tema

Propuesta de mejora basado en la metodología SMED para la optimización del cambio de formato en la etapa de prensado en la empresa Rosmei S.A, parroquia Chanduy -Ecuador.

3.5.2 Introducción

El enfoque de producción ajustada se ha establecido como una de las metodologías más efectivas para optimizar la eficiencia y la productividad a nivel global. Bajo este enfoque, el sistema SMED se originó para cumplir con los principios de la teoría Just in time (JIT) y se ha convertido en un elemento crucial en la estructura de mejora continua de diversas organizaciones del sector manufacturero (Guevara et al., 2022).

De acuerdo con Haddad et al. (2021), el sistema SMED se considera una herramienta eficiente para reducir los tiempos de cambio al convertir los pasos que se realizan mientras la máquina está parada (actividades internas) en pasos que se pueden realizar mientras la máquina está en funcionamiento (actividades externas). A su vez, Malindzakova et al. (2021) aclara que el tiempo de cambio implica la preparación del equipo, la sustitución de herramientas, materiales y cambios en los ajustes del equipo de producción relacionados con el cambio del tipo de producto fabricado.

La reducción radical de la duración de unas horas a unos minutos puede lograrse mediante cambios graduales en la organización del proceso de cambio, la normalización de los procedimientos de los equipos, la formación y el entrenamiento de un equipo de operarios, ayudas especiales y modificaciones técnicas de las máquinas en cuestión (Malindzakova et al., 2021). Bajo este criterio, puede decirse que los programas de reducción de tiempo como el SMED deben utilizarse siempre que se realicen con frecuencia cambios de configuración en las máquinas, y los tiempos de cambio representen pérdidas significativas de capacidad

de la máquina o de la línea de producción. En una operación de este tipo, la necesidad de aplicar el método SMED es casi obligatoria, ya que puede ayudar a eliminar este tipo de pérdidas al tiempo que aumenta la capacidad de producción (Nadaf & Patil, 2015).

El objetivo de la propuesta es aplicar SMED en la etapa de prensado de la fabricación de harina de pescado para determinar el efecto en la disminución del tiempo de preparación del cambio de troqueles de la prensa de doble husillo. En consecuencia, se busca mejorar la eficacia general del equipo (OEE) en la prensa. Además de esto, esta propuesta sugiere acciones prácticas y tecnológicas para mejorar el proceso de intercambio de formato con el fin de generar mayores resultados en términos de rendimiento.

3.5.3 Aplicación de la metodología SMED

Para la ejecución del procedimiento metodológico concretado en el capítulo 2, se debe seguir el plan conformado por las 4 etapas de la metodología SMED preestablecidas:

- i. Etapa de identificación***
- ii. Etapa de separación***
- iii. Etapa de transformación***
- iv. Etapa de mejora***

ETAPA 1: IDENTIFICACIÓN

En primer lugar, se identificó que el cambio de formato en el proceso de prensado está compuesto por 33 actividades, las cuáles fueron clasificadas en 6 subprocesos, y su vez fundamentadas en conjunto con el personal especializado en el caso de estudio. Dicha clasificación está reflejada en la tabla 20.

Tabla 20

Cantidad de labores por subprocesos

Subprocesos	Cantidad de actividades
Apagado de las maquinas	5
Verificación de maquinaria	4
Limpieza de transportadores helicoidales	4
Procedimiento de cambio de formato	8
Encendido de equipos previos al prensado	6
Encendido y sincronizado de la prensa	6
TOTAL	33

Nota. Elaborado por autor

Seguido de aquello, en la tabla 21 se lleva a cabo la descripción de las actividades que componen dichos subprocesos. El objetivo de esta etapa es comprender minuciosamente cómo se ejecuta el proceso para conocer los detalles y el tiempo requerido.

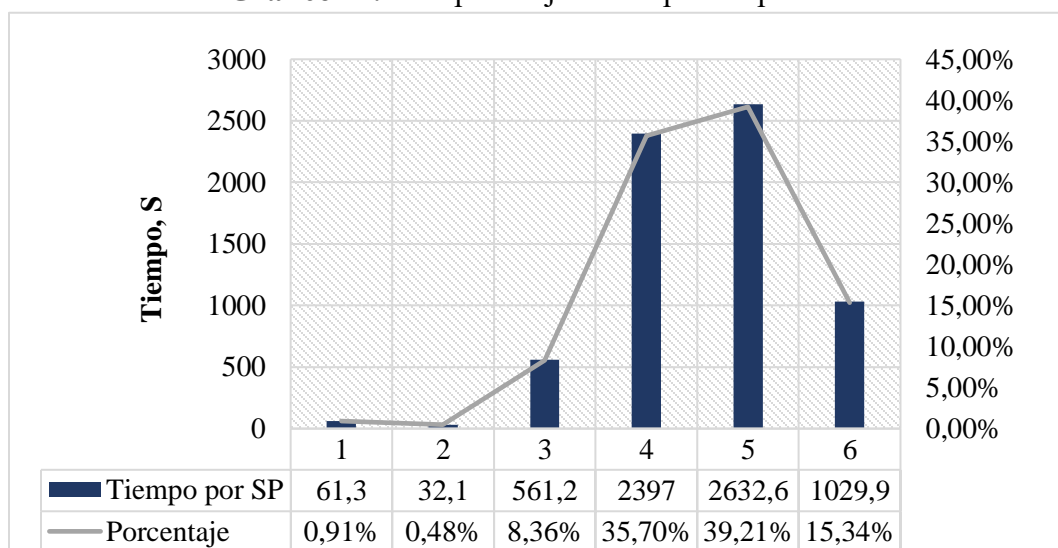
Tabla 21

Actividades para el cambio de formato en el proceso de prensado

N°	Subprocesos (SP)	Descripción de actividades	Tiempo (s)
1		Apagar la prensa	9,4
2	SP1:	Apagar cocinador	13,5
3	Apagado de las maquinas	Apagar los transportadores helicoidales conectados a la prensa	9
4		Apagar los transportadores helicoidales conectados al secador	10,2
5		Apagar el resto de los equipos	19,2
6	SP2: Verificación de maquinaria	Verificar que la prensa esté detenida por completo	6,8
7		Verificar el sistema de alimentación de la prensa	8,9
8		Verificar el sistema de transporte de llegada	6,9
9		Verificar el sistema de transporte de salida	9,5
10	SP3: Limpieza de transportadores helicoidales	Trasladar y preparar manguera de agua	86,7
11		Limpiar el sistema de alimentación de la prensa	104,5
12		Limpiar los transportadores helicoidales conectados a la prensa	185,4
13		Limpiar los transportadores helicoidales conectados al secador	184,6
14	SP4: Procedimiento de cambio de formato	Preparar y trasladar herramientas a la prensa	111,8
15		Aperturar el interior de la prensa	169,3
16		Limpiar la prensa con agua a presión	182,7
17		Desmontar bandas de distribución	439,6
18		Desmontar poleas	458,7
19		Regular motor de prensa para el nuevo formato	309,9
20		Montar las nuevas poleas	336,2
21		Colocar las bandas de distribución	388,8
22	SP5: Encendido de equipos previos al prensado	Verificar y preparar la materia prima a procesar	201,4
23		Encender calderos para generar vapor al cocinador	653,5
24		Esperar que se complete 80 PSI y 80 °C en el caldero	861,8
25		Aperturar llave de vapor al cocinador	129,8
26		Encender el transportador helicoidal que alimenta al cocinador	106,5
27		Encender y procesar con la cocina industrial	679,6
28	SP6: Encendido y sincronizado de la prensa	Encender el sumidero de prensa	48,9
29		Encender lo transportadores helicoidales que alimentan la prensa	18,6
30		Encender la prensa	223,1
31		Verificar en el amperímetro que no se supere los 20 A.	100,7
32		Encender transportadores helicoidales conectados al secador	16,2

Tiempo total del cambio de formato inicial**6714,1***Nota.* Elaborado por autor

Se puede apreciar que el tiempo total del cambio de formato inicial es de 6714,1 segundos, es decir, 111,9 minutos (1.87 horas), un tiempo considerablemente alto y que se busca optimizar. Posterior a aquello se realizó un análisis con los tiempos ejecutados por subprocesos, con la intención de conocer cuáles son los que demandan mayor cantidad de demora en el cambio de formato y así intervenir con estrategias de optimización. El gráfico 21 presenta el detalle temporal en segundos de los subprocesos y sus respectivos porcentajes.

Gráfico 21. Tiempo de ejecución por subprocesos*Nota:* Elaborado por autor

El gráfico 21 se expuso una tendencia muy ventajosa en el cuarto y quinto subproceso, evidenciando que la mayor demora se presenta en el procedimiento de cambio de formato (SP4) con 39,95 minutos y en el encendido de equipos previos al prensado (SP5) con 43,88 minutos, representando el 35,7% y 39,21% respectivamente. Es decir, ambos subprocesos equivalen al 74,91% del total del tiempo de ejecución del proceso de cambio en la etapa de prensado. Adicionalmente, se obtuvo que el encendido y sincronizado de la prensa (SP6) consumió el 15,34% del tiempo total, seguido de la limpieza de transportadores helicoidales (SP3) con tan solo un 8,36%. Finalmente, los dos subprocesos iniciales representan únicamente el 1,39% entre ambos.

Luego de establecer las actividades ejecutadas en el reequipamiento de la prensa, se procedió a separar las operaciones en internas y externas, tal como se había identificado anteriormente en las fichas de observación.

ETAPA 2: SEPARACIÓN

Al definir claramente las 33 tareas, se procedió a observar cada una de ellas y determinar cuáles serían consideradas como labores internas (AI) y cuáles como externas (AE), como se detalla en la tabla 22. Esta clasificación de las tareas resultó favorable con un 85.67% para las operaciones fueran internas y el 14.3% restante fueron externas.

Tabla 22

Separación de las AI y AE

No.	SP	Descripción de actividades	Categoría	
			AI (s)	AE (s)
1		Apagar la prensa	9,4	
2		Apagar cocinador	13,5	
3	SP1	Apagar los transportadores helicoidales conectados a la prensa	9	
4		Apagar los transportadores helicoidales conectados al secador	10,2	
5		Apagar el resto de los equipos	19,2	
6		Verificar que la prensa esté detenida por completo	6,8	
7	SP2	Verificar el sistema de alimentación de la prensa	8,9	
8		Verificar el sistema de transporte de llegada	6,9	
9		Verificar el sistema de transporte de salida	9,5	
10		Trasladar y preparar manguera de agua	86,7	
11	SP3	Limpiar el sistema de alimentación de la prensa	104,5	
12		Limpiar los transportadores helicoidales conectados a la prensa	185,4	
13		Limpiar los transportadores helicoidales conectados al secador	184,6	
14		Preparar y trasladar herramientas a la prensa	111,8	
15		Aperturar el interior de la prensa	169,3	
16		Limpiar la prensa con agua a presión	182,7	
17	SP4	Desmontar bandas de distribución	439,6	
18		Desmontar poleas	458,7	
19		Regular motor de prensa para el nuevo formato	309,9	
20		Montar las nuevas poleas	336,2	
21		Colocar las bandas de distribución	388,8	
22		Verificar y preparar la materia prima a procesar	201,4	
23	SP5	Encender calderos para generar vapor al cocinador	653,5	
24		Esperar que se complete 80 PSI y 80 °C en el caldero	861,8	
25		Aperturar llave de vapor al cocinador	129,8	

26		Encender el transportador helicoidal que alimenta al cocinador	106,5	
27		Encender y procesar con la cocina industrial	679,6	
28		Encender el sumidero de prensa	48,9	
29		Encender lo transportadores helicoidales que alimentan la prensa	18,6	
30	SP6	Encender la prensa		223,1
31		Verificar en el amperímetro que no se supere los 20 A.		100,7
32		Encender transportadores helicoidales conectados al secador		16,2
33		Empezar a procesar en la prensa		622,4
Total, actividades			26	7
Total, tiempo de ejecución			5751,7	962,4

Nota. Elaborado por autor

ETAPA 3: TRANSFORMACIÓN

Se analizan las operaciones internas que pueden transformarse en operaciones externas, ya sea cambiando o mejorando la operación con el propósito de disminuir la duración del cambio de formato en el prensado y buscar aumentar el OEE. Basado en las investigaciones de Haddad et al. (2021), se determinó que previo a implementar acciones de mejora se puede combinar las actividades detalladas y aprovecharlas mientras la máquina está encendida.

En este punto, es indispensable destacar el papel del operario, ya que sus tareas y su desempeño laboral influyen directamente en el rendimiento del producto y en la duración del tiempo real de cambio de formato (Malindzakova et al., 2021). Por lo tanto, la tabla 23 detalla la transformación de las actividades y sus respectivas alternativas de mejora.

Tabla 23

Transformación de operaciones internas en externas

N°	SP	Descripción de actividades	Después		Mejoras
			AI (s)	AE (s)	
1	SP1	Apagar la prensa	9,4		
2		Apagar cocinador	13,5		
3		Apagar los transportadores helicoidales conectados a la prensa	9		
4		Apagar los transportadores helicoidales conectados al secador	10,2		
5		Apagar el resto de los equipos	19,2		
6	SP2	Verificar que la prensa esté detenida por completo	6,8		

7		Verificar el sistema de alimentación de la prensa		8,9	Asignar operador que se encargue de estos pasos antes que se pare la prensa.
8		Verificar el sistema de transporte de llegada		6,9	
9		Verificar el sistema de transporte de salida		9,5	
10	SP3	Trasladar y preparar manguera de agua		86,7	Asignar un operador para que prepare la manguera con anticipación.
11		Limpiar el sistema de alimentación de la prensa	104,5		
12		Limpiar los transportadores helicoidales que conectan con la prensa	185,4		
13		Limpiar los transportadores helicoidales que conectan con el secador	184,6		
14	SP4	Preparar y trasladar herramientas a la prensa		111,8	Instalar un tablero de herramientas correctamente identificado.
15		Aperturar el interior de la prensa	169,3		
16		Limpiar la prensa con agua a presión	182,7		
17		Desmontar bandas de distribución	439,6		
18		Desmontar poleas	458,7		
19		Regular motor de prensa para el nuevo formato	309,9		
20		Montar las nuevas poleas	336,2		
21		Colocar las bandas de distribución	388,8		
22	SP5	Verificar y preparar la materia prima a procesar		201,4	Asignar a los operadores de la poza de recepción que tengan descargada la materia prima.
23		Encender caldero para generar vapor al cocinador		653,5	Mantener el caldero encendido la llave de vapor cerrada.
24		Esperar que se complete 80 PSI y 80 °C en el caldero		861,8	
25		Aperturar llave de vapor al cocinador	129,8		
26		Encender el transportador helicoidal que alimenta al cocinador	106,5		
27		Encender y procesar con la cocina industrial	679,6		
28	SP6	Encender el sumidero de prensa	48,9		
29		Encender los transportadores helicoidales que alimentan la prensa	18,6		

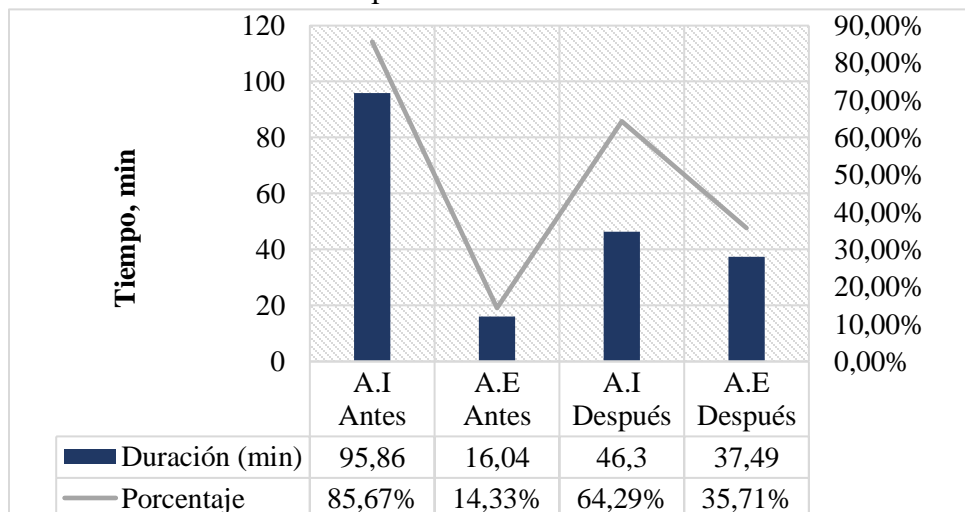
30	Encender la prensa		223,1	
31	Verificar en el amperímetro que no se supere los 20 A.		100,7	
32	Encender transportadores helicoidales conectados al secador		16,2	
33	Empezar a procesar en la prensa		622,4	
TOTAL		3811,2	2902,9	Se ahorran 32,34 minutos en AI al transformarse en AE.

Nota. Elaborado por autor

La inspección exhaustiva de las actividades previamente mencionadas tuvo como objetivo aumentar la eficiencia del tiempo de producción, permitiendo realizar preparativos de repuestos y herramientas mientras la maquinaria aún está en funcionamiento. Esto garantiza que, al detener la máquina para efectuar los cambios necesarios, se pueda reiniciar rápidamente el proceso de producción.

De acuerdo con la tabla 23 presentada, se puede determinar que las recomendaciones de mejoras reflejaron un cambio sustancial en la clasificación de las actividades. Es decir, el 63,63% del total de las operaciones se mantienen como internas y un 36,36% se consideran ahora externas, lo que significa que, a diferencia de antes se redujo un 22,03% de las labores efectuadas con la maquina apagada. Mencionado aquello, se logró reducir 32,34 minutos de las operaciones internas, lo que en términos porcentuales significa una variación favorable del 28,91%. Por otro lado, en el gráfico 22 se ilustra la comparación temporal de las actividades internas (A.I) y actividades externas (A.E) antes y después de la conversión de actividades internas en externas.

Gráfico 22. Comparación de actividades transformadas



Nota: Elaborado por autor

ETAPA 4: MEJORA

✓ *Optimización de actividades internas*

La mejora de las actividades internas (AI) restantes, incluso después de las reducciones logradas en la etapa anterior de transformación, puede ser optimizada aún más. Después de identificar las actividades de preparación del formato entrante, se busca disminuir el tiempo de las actividades que permanecen internas. Este proceso implica un alto nivel de detalle y demanda sustento del personal especializado para proponer la instalación de nuevos dispositivos.

Desde esta óptica, el subproceso a considerar es el procedimiento de cambio de formato (SP4) y que consecuentemente influye en la reducción del tiempo de encendido de equipos previos al prensado (SP5) eliminándose la actividad “Encender caldero para generar vapor al cocinador”. Para mitigar los altos tiempos de demora en el SP4, se propone instalar un variador de frecuencia SINAMICS G120 para el motor trifásico de 70 HP de la prensa, esto debido a que el funcionamiento a velocidad variable que requiere la prensa se adapta con precisión a las características ofrecidas por el dispositivo, optimizando el procedimiento del cambio de formato.

En este sentido, que se excluyen las actividades 17, 18, 20 y 21, ya que se evitaría el reajuste mecánico prolongado del cambio de poleas y bandas de distribución que se realiza actualmente. En vista de aquello, la actividad “Regular motor de prensa para el nuevo formato” (anteriormente actividad 19) se sustituye por “Reajustar velocidad de motor mediante variador de frecuencia”, recalando que el tiempo de 458,7 segundos que se tomaba en desmontar poleas es ocupado adicionalmente por la nueva actividad. Es decir, que la nueva actividad pasa a tener un tiempo de 768,6 segundos. La tabla 24 detalla la optimización.

Tabla 24.

Optimización de AI

Antes de reducir AI		
N°	Descripción	Tiempo (s)
17	Desmontar bandas de distribución	439,6
18	Desmontar poleas	458,7
19	Regular los piñones para el nuevo formato	309,9
20	Montar las nuevas poleas	336,2
21	Colocar las bandas de distribución	388,8

Después de reducir AI		
N°	Descripción	Tiempo (s)
17	Reajustar velocidad de motor mediante variador de frecuencia	768,6

Nota. Elaborado por autor

En la mayoría de los casos, la velocidad de un motor debería coincidir exactamente con la que exige la máquina, en este caso la prensa, es por esta razón que se considera conveniente su propuesta de implementación. Dicho esto, mediante la tabla 25 se expone el cambio de formato mejorado, resaltando que se eliminó 5 actividades y proyecta un ahorro de 30,3 min en comparación con la duración actual del proceso.

Tabla 25

Tiempo de cambio después de la aplicación de SMED

No.	SP	Descripción de actividades	Mejorado	
			AI (s)	AE (s)
1	SP1	Detener la prensa	9,4	
2		Detener cocinador	13,5	
3		Detener los transportadores helicoidales conectados a la prensa	9	
4		Detener los transportadores helicoidales conectados al secador	10,2	
5		Detener el resto de los equipos a excepción del caldero	19,2	
6	SP2	Verificar que la prensa esté detenida por completo	6,8	
7		Verificar el sistema de alimentación de la prensa		8,9
8		Verificar el sistema de transporte de llegada		6,9
9		Verificar el sistema de transporte de salida		9,5
10	SP3	Trasladar y preparar manguera de agua		86,7
11		Limpiar el sistema de alimentación de la prensa	104,5	
12		Limpiar los transportadores helicoidales conectados a la prensa	185,4	
13		Limpiar los transportadores helicoidales conectados al secador	184,6	
14	SP4	Preparar y trasladar herramientas a la prensa		111,8
15		Aperturar el interior de la prensa	169,3	
16		Limpiar la prensa con agua a presión	182,7	
17		Reajustar velocidad de motor mediante variador de frecuencia	768,6	
18	SP5	Verificar y preparar la materia prima a procesar		201,4
19		Esperar que se complete 80 PSI y 80 °C en el caldero		861,8
20		Aperturar llave de vapor al cocinador	129,8	
21		Encender el transportador helicoidal que alimenta al cocinador	106,5	
22		Encender y procesar con la cocina industrial	679,6	
23	SP6	Encender el sumidero de prensa	48,9	
24		Encender lo transportadores helicoidales que alimentan la prensa	18,6	

25	Encender la prensa		223,1
26	Verificar en el amperímetro que no se supere los 20 A.		100,7
27	Encender transportadores helicoidales conectados al secador		16,2
28	Empezar a procesar en la prensa		622,4
TOTAL		2646,6	2249,4
Tiempo total del cambio de formato final		4896	

Nota. Elaborado por autor

Después de aplicación del SMED, se observa una mejora significativa en el tiempo total de cambio, que se redujo de 6714,1 segundos a 4896 segundos. Es decir, una diferencia de 1818,1 segundos (30,3 minutos), con un 27,08% de mejora respecto al valor inicial. Esta información se detalla en la tabla 26.

Tabla 26

Optimización del tiempo de cambio de formato

Tiempo del cambio de formato			
Descripción	Tiempo (s)	Tiempo (min)	Porcentaje de mejora
Antes de SMED	6714,10	111,90	
Después de SMED	4896,00	81,60	27,08%
Optimización	1818,10	30,30	

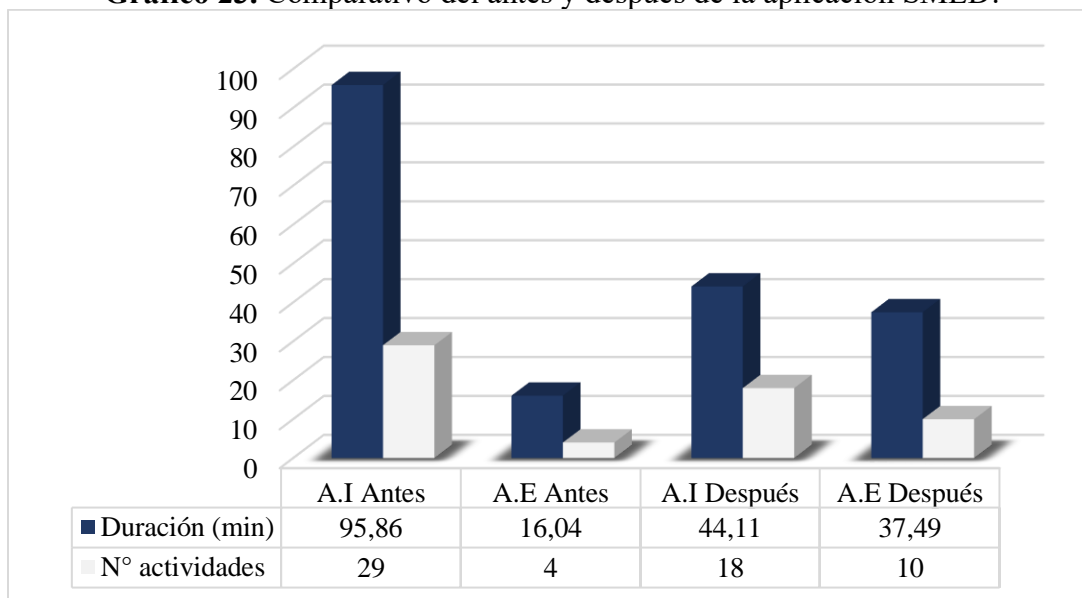
Nota. Elaborado por autor

Este resultado resalta la eficacia de SMED en optimizar los tiempos de cambio, incrementando significativamente la eficiencia operativa del equipo. La reducción en los tiempos de cambio no solo minimiza los periodos de inactividad, sino que también contribuye a un mayor aprovechamiento del tiempo de producción disponible, mejorando así el rendimiento global del proceso productivo. Por otro lado, después de la optimización del tiempo de cambio de formato se refleja una disminución tanto en las actividades internas como en las externas. Específicamente, el tiempo dedicado a las actividades internas disminuyó de 95,86 minutos a 44,11 minutos (1,6 horas a 0,74 horas), mientras que el tiempo dedicado a las actividades externas se aumentó de 16,4 minutos a 37,49 minutos.

Al considerar el número de elementos, se observa que se redujo el número de actividades internas de 29 a 18, lo que representa una disminución significativa del 37,93%. Por otro lado, el número de actividades externas aumentó de 4 a 10, lo que indica una reconfiguración de las actividades para mejorar la eficiencia del proceso.

En términos porcentuales, después de la implementación del SMED, el tiempo dedicado a las actividades internas representa el 54,06% del tiempo total de cambio, en comparación con el 85,67% antes de la implementación. Esto indica una reducción sustancial del tiempo dedicado a actividades internas que se realizan mientras la línea de producción está detenida. Por otro lado, el tiempo dedicado a actividades externas representa el 45,94% del tiempo total de cambio, en comparación con el 14,33% antes de la implementación. Esto sugiere un aumento en el tiempo dedicado a actividades externas que se realizan mientras la línea de producción se pone en marcha, lo que puede indicar una mayor eficiencia en el cambio de herramientas. Detallado lo anterior, se ilustra un comparativo del formato de cambio antes y después de la aplicación del método en cuestión (gráfico 23).

Gráfico 23. Comparativo del antes y después de la aplicación SMED.



Nota: Elaborado por autor

✓ **Matriz de las alternativas de propuestas**

Se llevaron a cabo reuniones con el equipo de operarios para examinar cada una de las observaciones en el formato de cambio, con el objetivo de ofrecer soluciones. Las alternativas propuestas se detallan en la tabla 27, incluyendo las acciones de mejora necesarias y las tareas que deben realizarse para implementar estas acciones, así como el costo estimado asociado. Sin embargo, dado que no todas las soluciones están relacionadas directamente con el operador, sino más bien con la situación económica de la empresa, algunas de estas soluciones se han propuesto con un plazo de ejecución a medio plazo.

Tabla 27

Matriz de alternativas de mejora

N°	Propuestas de mejora	Tarea	Causa	Efecto	Plazo	Responsable	Costo referencial
1	Distribución de funciones	Asignar un operador que se encargue de las actividades de verificación antes que se pare la prensa.	Desaprovechamiento de actividades de verificación de transporte de entrada y salida de la prensa	Ahorro de tiempo para apertura del cambio de formato	Corto	Operador y supervisor	\$0,00
2	Distribución de funciones	Asignar un operador para que prepare la manguera con anticipación.	Desaprovechamiento de actividades previas al lavado de la prensa	Ahorro de tiempo para el lavado del interior de la prensa.	Corto	Operador y supervisor	\$0,00
3	Tablero colgante de herramientas	Elaborar un tablero de herramientas correctamente identificado	Retrasos al momento de encontrar las herramientas en el lugar de trabajo.	Permite encontrar las herramientas necesarias y al alcance del personal.	Corto	Operador de prensa	\$50,00
4	Capacitaciones	Efectuar capacitaciones para el personal operativo sobre el método SMED para optimizar los procesos.	Los operadores carecen de conocimiento sobre metodologías de mejoras de procesos.	Se busca que el personal tenga las habilidades necesarias para mantener prácticas de mejora continua.	Mediano	Supervisor	\$600,00
5	Implementar variador de frecuencia	Realizar el cambio de formato de la prensa mediante variador de frecuencia ajustable a un motor de 70 Hp y 1750 RPM.	Carencia de un cambio automático de formato. El ajuste mecánico actual requiere aproximadamente 40 min en cambiar poleas, bandas y regular motor.	Mediante el variador de velocidad se reduce al menos un 28,8 % del total del tiempo de cambio de formato con el ajuste automático de la velocidad.	Mediano	Eléctrico	\$ 5,948.23

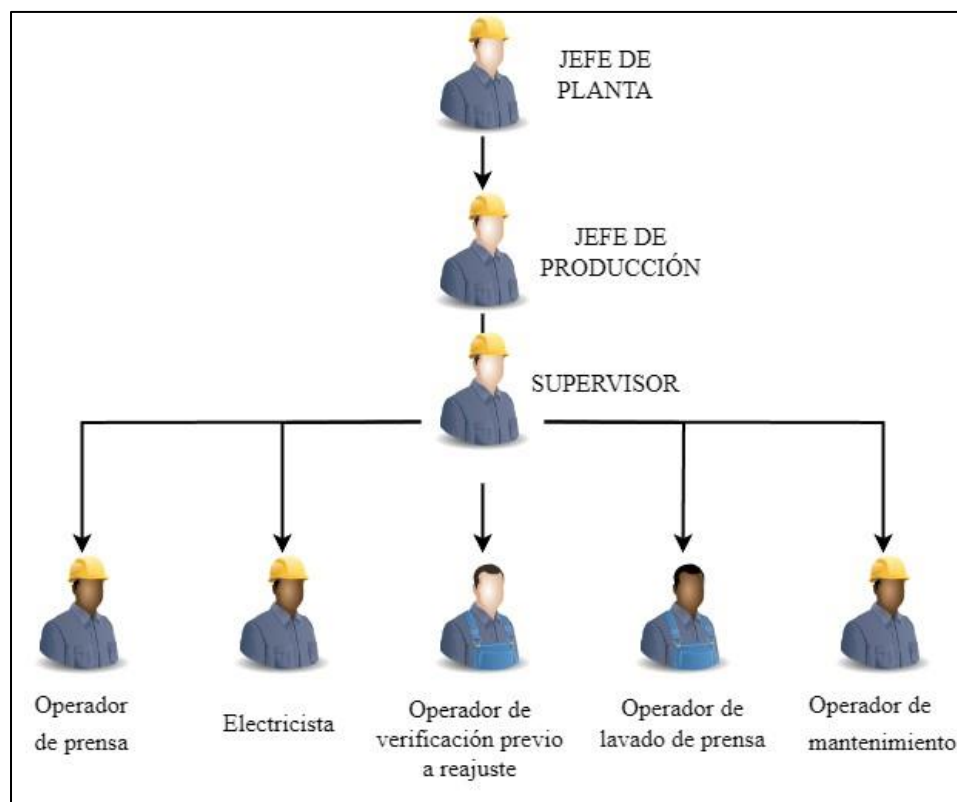
Nota: El costo referencial del variador de frecuencia es según (Improselec S.A, 2024)

✓ Distribución de funciones del personal de planta

Se procede a realizar una redistribución de las actividades realizadas por cada uno de los operadores encargados del procesamiento de la materia prima. Se considera necesario disponer de un operador encargado de la preparación previa de los cambios de formato para la fabricación de la harina de pescado, específicamente que cumpla el rol de verificar los transportadores helicoidales de entrada y salida de la prensa, antes que estos se paralizen y su a vez un operador que se encargue luego de preparación del equipo para el lavado de estos.

Además, los demás operadores y el técnico electricista deben asumir la responsabilidad de los ajustes en la prensa. En este contexto, es necesario integrar las actividades mecánicas y eléctricas; el personal encargado de los cambios de formato debe poseer competencias técnicas en ambas áreas. Estas acciones tienen como objetivo reducir considerablemente los tiempos de espera asociados a la convocatoria de personal eléctrico o mecánico según sea necesario. La imagen 12 ilustra el organigrama propuesto para el cambio de formato.

Imagen 12. Organigrama propuesto en el cambio de formato



Nota: Elaborado por autor

✓ Descripción del tablero colgante de herramientas

El objetivo de implementar un tablero de herramientas en un área estratégica es optimizar la eficiencia operativa y mejorar la organización del trabajo. Esto se logra a través de varios beneficios clave detallados en la tabla 28.

Tabla 28

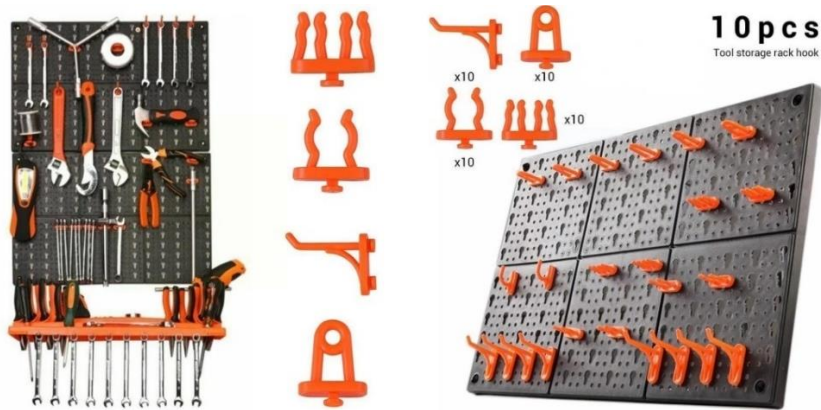
Beneficios de implementar un tablero de herramientas

Nº	Beneficios	Descripción
1	Reducción de tiempos de búsqueda	Facilita la localización rápida y sencilla de herramientas necesarias, minimizando el tiempo perdido en la búsqueda de herramientas durante las operaciones de cambio de formato y mantenimiento.
2	Mejora en la organización y orden	Promueve una organización sistemática de las herramientas, asegurando que cada herramienta tenga un lugar específico, lo que reduce el desorden y mejora el flujo de trabajo
3	Incremento en la eficiencia operacional	Al tener las herramientas necesarias accesibles y bien organizadas, los operarios pueden realizar sus tareas de manera más eficiente, reduciendo el tiempo de inactividad y aumentando la productividad.
4	Facilitación de la Gestión Visual	Permite una gestión visual efectiva, donde la disponibilidad y el estado de las herramientas pueden ser monitoreados fácilmente, ayudando a identificar rápidamente cualquier herramienta faltante o fuera de lugar.

Nota. Elaborado por autor

Detallado lo anterior, se muestra en la imagen 13 el tablero colgante de herramientas a adquirirse exclusivamente para la línea de prensado.

Imagen 13. Tablero colgante




Fuente: AliExpress

✓ **Programa de capacitaciones**

Con el objetivo de mejorar las competencias del personal de planta, se propone implementar un programa de capacitación que abarca la metodología SMED y herramientas de mejora continua. La realización de este programa permite eliminar los tiempos de espera entre el personal mecánico y eléctrico para ejecutar tareas, externalizar actividades internas e identificar desperdicios en el proceso de cambio de formato. La tabla 29 presenta el programa de capacitación destinado al personal de planta de la empresa Rosmei S.A.

Tabla 29

Programa de capacitación SMED

	PROGRAMA DE CAPACITACIÓN PARA OPERADORES SOBRE METODOLOGÍA SMED Y HERRAMIENTAS DE OPTIMIZACIÓN
Objetivo: Capacitar a los operadores en la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) y en el uso de herramientas de optimización para mejorar la eficiencia de los procesos y reducir los tiempos de cambio en la línea de producción.	
Duración: 8 horas (4 jornadas)	
AGENDA	
1. Introducción a la metodología SMED	
<ul style="list-style-type: none">- 1.1. Qué es SMED (30 min)<ul style="list-style-type: none">- Definición y origen de SMED.- Importancia en la mejora de procesos.- 1.2. Principios básicos del SMED (45 min)<ul style="list-style-type: none">- Diferenciación entre actividades internas y externas.- Objetivo de reducir los tiempos de cambio a menos de 10 minutos.- 1.3. Beneficios del SMED (30 min)<ul style="list-style-type: none">- Incremento en la flexibilidad de producción.- Reducción de tiempos muertos y mejora en la eficiencia operativa.	
2. Desglose del proceso SMED	
<ul style="list-style-type: none">- 2.1. Etapas del SMED (1 hora)<ul style="list-style-type: none">- Identificación y registro de actividades.- Separación de actividades internas y externas.- Conversión de actividades internas a externas.	

- Racionalización de todas las actividades.
- **2.2. Aplicación práctica del SMED (1 hora)**
 - Análisis de un caso de estudio.
 - Simulación de un proceso de cambio.

3. Herramientas de optimización

- **3.1. Conceptos básicos de Lean manufacturing (30 min)**
 - Introducción a Lean Manufacturing.
 - Principios y herramientas clave.
- **3.2. Herramientas de optimización de procesos (1 hora)**
 - 5S: Organización del lugar de trabajo.
 - Kaizen: Mejora continua.
 - VSM (Mapeo del flujo de valor).
- **3.3. Implementación de herramientas de optimización (1 hora)**
 - Identificación de áreas de mejora.
 - Aplicación de herramientas en casos prácticos.

4. Integración de competencias técnicas

- **4.1. Fusión de actividades mecánicas y eléctricas (45 min)**
 - Importancia de competencias multifuncionales.
 - Técnicas para la integración de actividades.
- **4.2. Ejercicio práctico de integración (1 hora)**
 - Simulación de un proceso con ajustes mecánicos y eléctricos.
 - Evaluación de desempeño

5. Evaluación y cierre

- **5.1. Evaluación de conocimientos (30 min)**
 - Test de conocimientos adquiridos.
 - Análisis de resultados.
- **5.2. Discusión y preguntas (30 min)**
 - Resolución de dudas.
 - Feedback de los participantes.
- **5.3. Cierre del programa (15 min)**
 - Entrega de certificados de participación.
 - Conclusiones y próximos pasos.

Recursos necesarios

- Salón de capacitación equipado con proyector y pizarra.
- Material de apoyo (presentaciones, guías de SMED, manuales de herramientas de optimización).
- Simuladores o casos de estudio prácticos.

- Fichas de observación y hojas de registro.

Certificación

Los participantes que completen el programa y aprueben la evaluación recibirán un certificado de capacitación en Metodología SMED y Herramientas de Optimización, emitido por la empresa.

Este programa de capacitación está diseñado para proporcionar a los operadores los conocimientos y habilidades necesarios para implementar eficientemente la metodología SMED y utilizar herramientas de optimización, mejorando así la productividad y eficiencia de los procesos en la línea de producción.

Nota. Elaborado por autor

✓ Descripción del variador de frecuencia

De acuerdo con Soler & Palau (2020) los variadores de frecuencia, también conocidos como convertidores de frecuencia, son dispositivos posicionados entre la fuente de alimentación eléctrica y los motores eléctricos, y se utilizan para controlar la velocidad de rotación de los motores de corriente alterna. Para el caso de estudio, la prensa funciona con un motor trifásico de 70 HP y 1750 RMP, por lo cual, en términos de potencia, por su aplicación en la industria y el movimiento continuo de la prensa se recomienda implementar el modelo SINAMICS G120, detallado en la tabla 30.

Tabla 30

Descripción del variador de frecuencia

Marca	Modelo	Tensión y rango de potencia	Descripción
SIEMENS	SINAMINCS G120	3AC 380 a 480V; 0,37 a 250 kw (0,5 HP a 400 HP) IP20	Está concebido para el control preciso del par (torque) o de la velocidad de motores trifásicos.
Detalle			



Fuente: (LIESA, 2020)

Considerando que el prensado es un procesamiento mecánico, el cual mantiene un movimiento continuo regular producto de sus husillos contrarrotativos, el variador de velocidad SINAMICS G120 es adecuado para nuestro proyecto, debido a su aplicación, potencia y rendimiento que tiene en diferentes industrias, siendo también compatible con maquinarias y equipos tales como: molinos, mezcladores, amasadoras, trituradores, centrifugadoras, extrusoras, hornos rotativos, entre otros. Esto se aclara en la imagen 14.

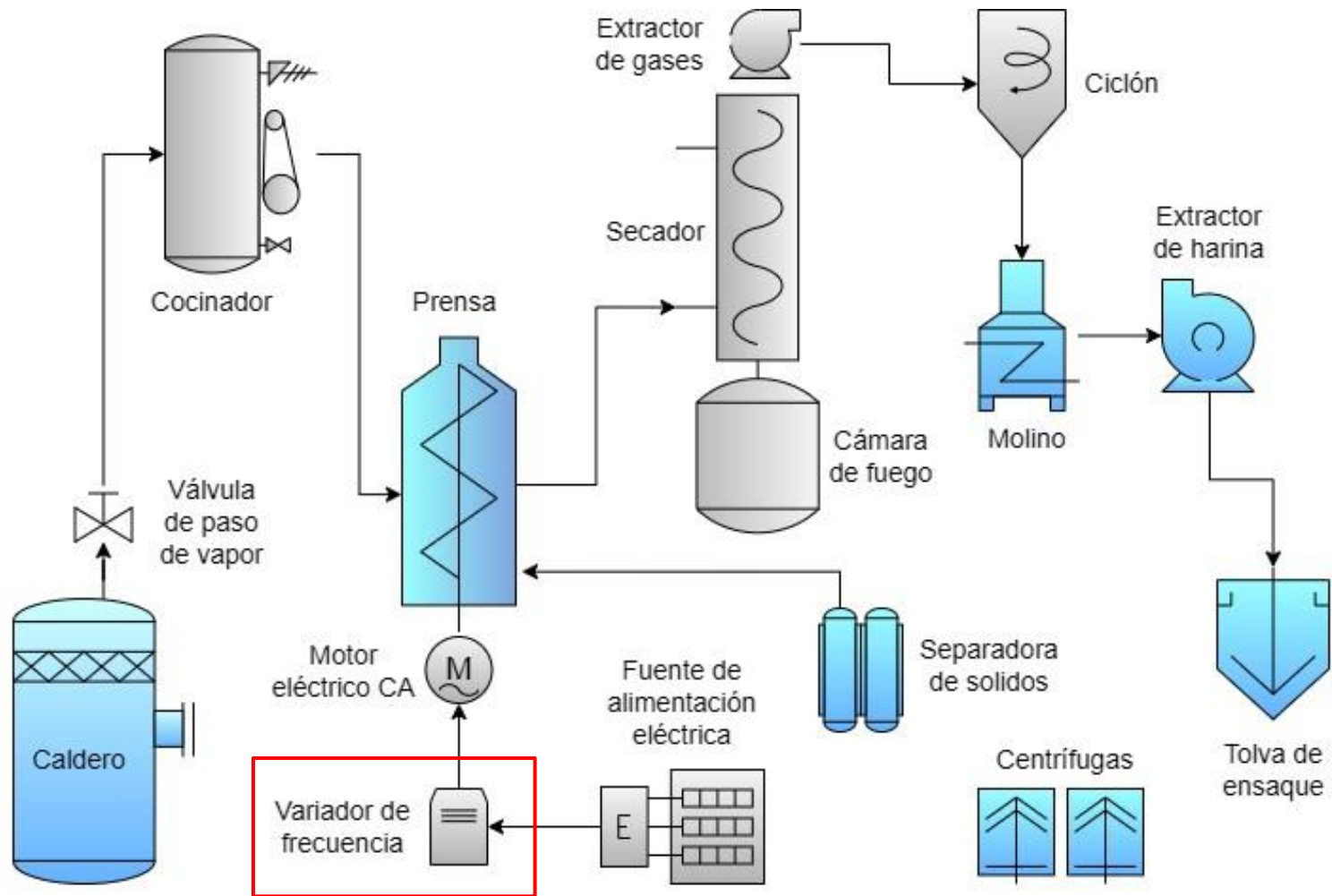
Imagen 14. Guía de selección general para secuencia de movimiento continuo

Calidad ¹⁾	Movimiento continuo						
	Simple		Media		Alta		
Aplicación							
Bombear/ ventilar/ comprimir	Bombas centrífugas Ventiladores radiales/axiales Compresores	V20 G120C G120P	Bombas centrífugas Ventiladores radiales/axiales Compresores	G120P G180 ²⁾ /G130/G150 GL/GM150	Bombas de excéntrica de tornillo sin fin	S120	
Mover	Cintas transportadoras Transportadores de rodillos Transportadores de cadenas	V20 G110D G120C G110M	Cintas transportadoras Ascensores Escaleras mecánicas Puentes grúa Transportadores de rodillos Transportadores de cadenas Elevadores	G120D G120 G180 ²⁾ /G130/G150	Ascensores Grúas de contenedores Transportadores de minería Excavadoras de rueda de cangilones Bancos de pruebas	S120 S150 DCM	
Procesar	Molinos Mezcladores Amasadoras Trituradores Agitadores Centrifugadoras	V20 G120C	Molinos Mezcladores Amasadoras Trituradores	Agitadores Centrifugadoras Extrusoras Hornos rotativos	G120 G180 ²⁾ /G130/G150	Extrusoras Bobinadoras/desbobi. Accionamientos maestros/esclavos Calandrias Acctos. de prensas Máqu. de artes gráficas	S120 S150 DCM
Mecanizar	Accionamientos principales para • torneado • fresado • taladrado	S110	Accionamientos principales para • taladrado • serrado	S110 S120	Acctos. principales para • torneado • fresado • taladrado • tallado de dientes • rectificado	S120	

Fuente: (LIESA, 2020)

Finalmente, se ofrece una referencia de su aplicación en el escenario productivo real:

Gráfico 24. Diagrama de flujo del proceso de producción incluido el variador de frecuencia SINAMICS G120



Nota: Elaborado por autor en la plataforma web Drawio

3.6 Evaluación de OEE después de aplicación SMED

El nuevo valor de OEE para el intercambio de troqueles de la línea de producción en la etapa del prensado después de implementar SMED se calculó de la siguiente manera:

En la “*ETAPA 4: MEJORA*” se determinó el nuevo tiempo del formato de cambio sin operar la prensa, el cuál vendría a ser 44,11 minutos, es decir 0,74 h. De este modo, ya es posible calcular el tiempo total de cambio propuesto por año a nivel de equipos de la planta.

$$\text{Tiempo total de cambio anual} = \frac{0,74 \text{ h}}{\text{cambio}} \times \frac{2 \text{ cambios}}{\text{día}} \times \frac{24 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ mes}}{\text{año}} = 426,24 \text{ h/año}$$

Después de la aplicación SMED el tiempo requerido anualmente para los reajustes de la prensa de doble husillo es de 426,24 horas, lo que se traduce como tiempo improductivo para la empresa. Sin embargo, la metodología logró reducir 495 h/año respecto a la situación inicial. Con aquello ya es posible calcular la disponibilidad con los datos obtenidos.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\left(6912 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 104 \frac{\text{horas}}{\text{año}} - 426,24 \frac{\text{horas}}{\text{año}}\right)}{6912 \frac{\text{horas}}{\text{año}}}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0,9233 \times 100 = \mathbf{92,33\%}$$

La disponibilidad incrementó un 7.17 %, logrando superar el 85,16% inicial, es decir, se redujo los períodos en los que la prensa estuvo inactiva al momento de realizar el cambio de formato. Para el caso de la calidad y rendimiento sigue siendo el calculado anteriormente, es decir:

$$\checkmark \text{ Calidad} = \mathbf{98,59\%}$$

$$\checkmark \text{ Rendimiento} = \mathbf{85\%}$$

Finalmente, el nuevo OEE es:

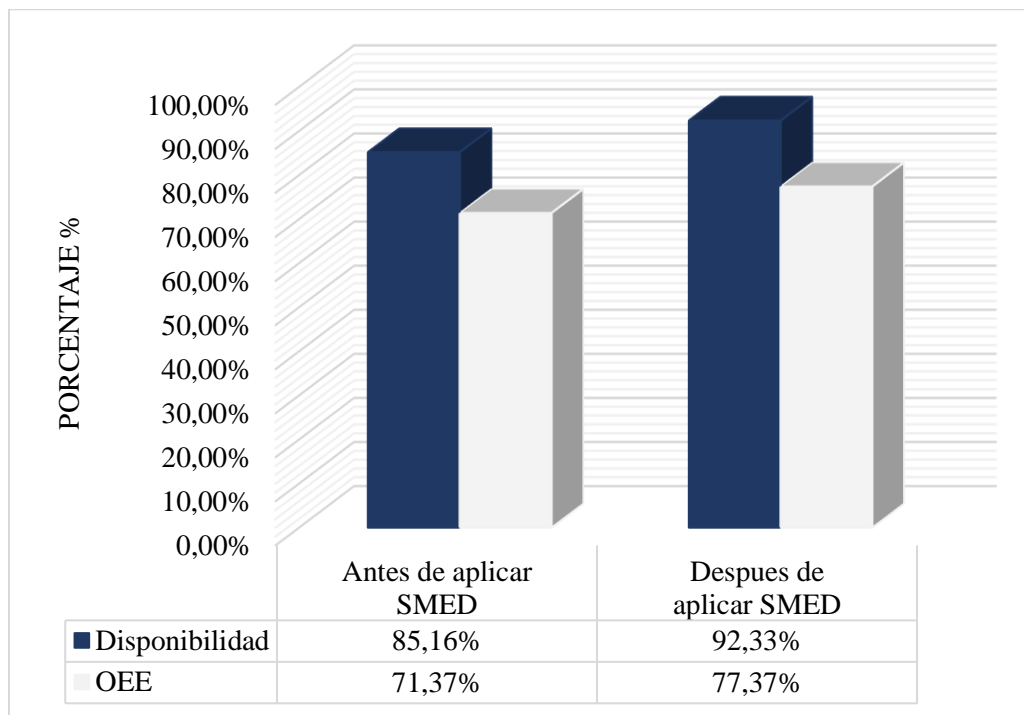
$$\mathbf{OEE (\%) = 0,9233 \times 0,9859 \times 0,85 = 0,7737}$$

$$\mathbf{OEE (\%) = 0,7737 \times 100 = 77,37\%}$$

El incremento en el OEE se atribuyó a la optimización del índice de disponibilidad, elevándose al 92,33% con un aumento del 7,17%, lo que supone un incremento del OEE del 6%. Según Haddad et al. (2021) su estudio reveló que la mejora del indicador de disponibilidad contribuyó al aumento del OEE mediante SMED, resultando en una disponibilidad del 95,36%, con un incremento del 4,86%, lo que se tradujo en un aumento del OEE del 3,26%. Por lo tanto, demuestra que SMED es una metodología acertada para

aumentar la eficiencia general de los equipos. El gráfico 25 muestra la variación en el proceso de cambio en términos de disponibilidad y OEE antes y después de implementar SMED.

Gráfico 25. Comparación de Disponibilidad y OEE antes y después de aplicar el SMED



Nota: Elaborado por autor

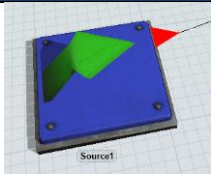
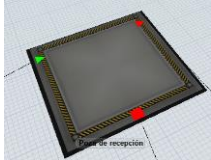
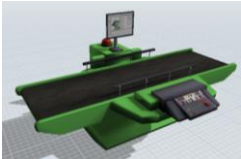
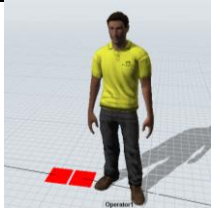
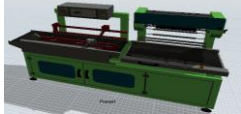
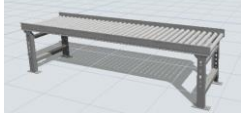
En líneas generales, el nuevo valor obtenido de OEE a partir de los resultados calculados sigue estando por debajo del objetivo de clase mundial de al menos el 85% (Datision, 2022). Sin embargo, a partir de los resultados de las observaciones, procesamiento de datos, y consecuentemente el incremento de la disponibilidad del equipo de prensa, el OEE alcanzado puede considerarse en la categoría aceptable según Varela et al. (2023) ya que debe encontrarse entre un rango del 75% al 85% para pertenecer a esta clasificación. Por lo cual, el OEE final alcanzó un 77,37%, superando así a la categoría regular (65% -75%) en la cual concurría antes de aplicarse SMED. Estos avances demuestran la importancia de la metodología SMED en el estudio, evidenciando su impacto positivo considerable en la producción de harina de pescado y acercando a la empresa Rosmei S.A. a los estándares de excelencia operativa.

3.7 Simulación del proceso productivo en el software FlexSim

La simulación del proceso productivo en software FlexSim 2024 en su versión de prueba se efectúa con el objetivo de reflejar el comportamiento de la cadena productiva de la harina de pescado en Rosmei S.A. Dicho esto, se detalla los componentes de nuestro modelo de simulación en la tabla 31.

Tabla 31

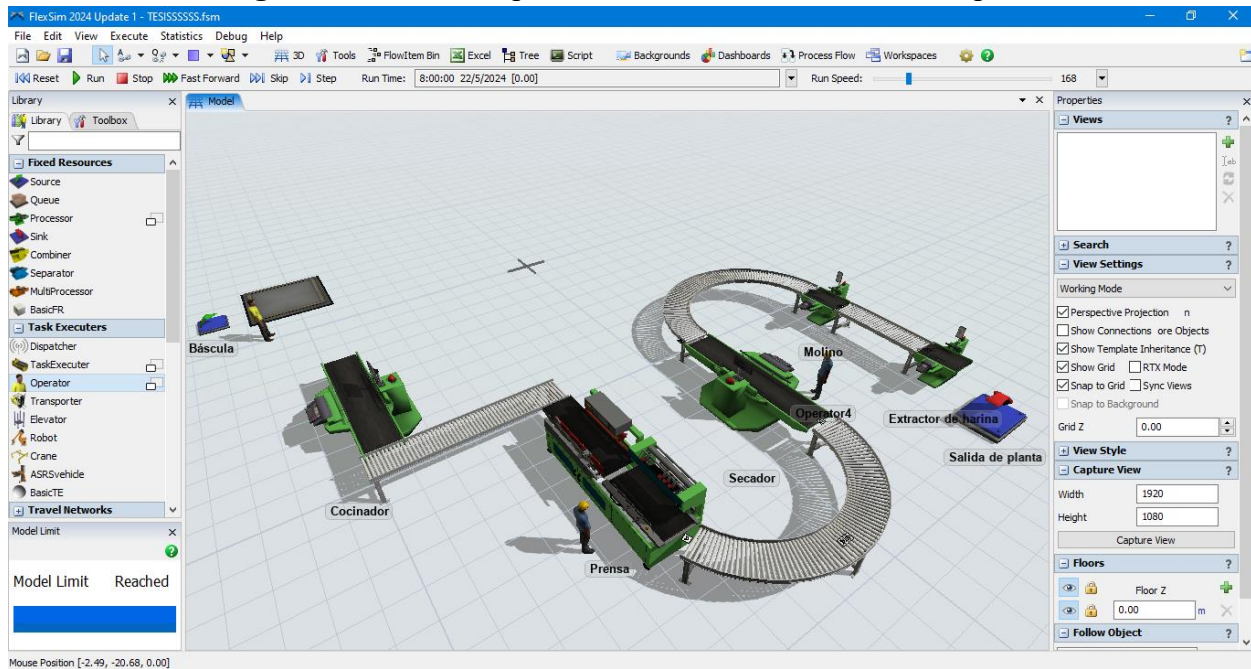
Componentes de simulación del proceso

Nombre	Representa	Descripción	Tiempo (s) y Velocidad (m/s)	Imagen
Source	La llegada de camiones a la poza de recepción.	Genera la materia prima que están en espera de ser procesada.		
Queue	Poza de recepción de la planta	Se carga la materia prima a la poza de recepción.	350 s	
Processor	a) Cocinador b) Secador c) Molino y extractor d) Tolva	Simula en funcionamiento de los equipos.	a) 679,6 s b) 565 s c) 120 s d) 50 s	
Operator	Preparación y traslado de la materia prima a la cocina industrial.	Realiza el trabajo manual de un operador en planta.	0,06 m/s	
Processor	Prensa de doble husillo	Simula el funcionamiento de la prensa.	622,4 s	
Conveyor	Transportadores helicoidales	Traslada la harina de pescado de un equipo a otro.	0,01 m/s	

Nota. Elaborado por autor

Luego de haber establecido todos los objetos que se utilizan en la simulación se procede a construir el modelo de la simulación de la fabricación de harina de pescado, considerando exclusivamente desde la entrada hasta la salida de la planta de procesamiento.

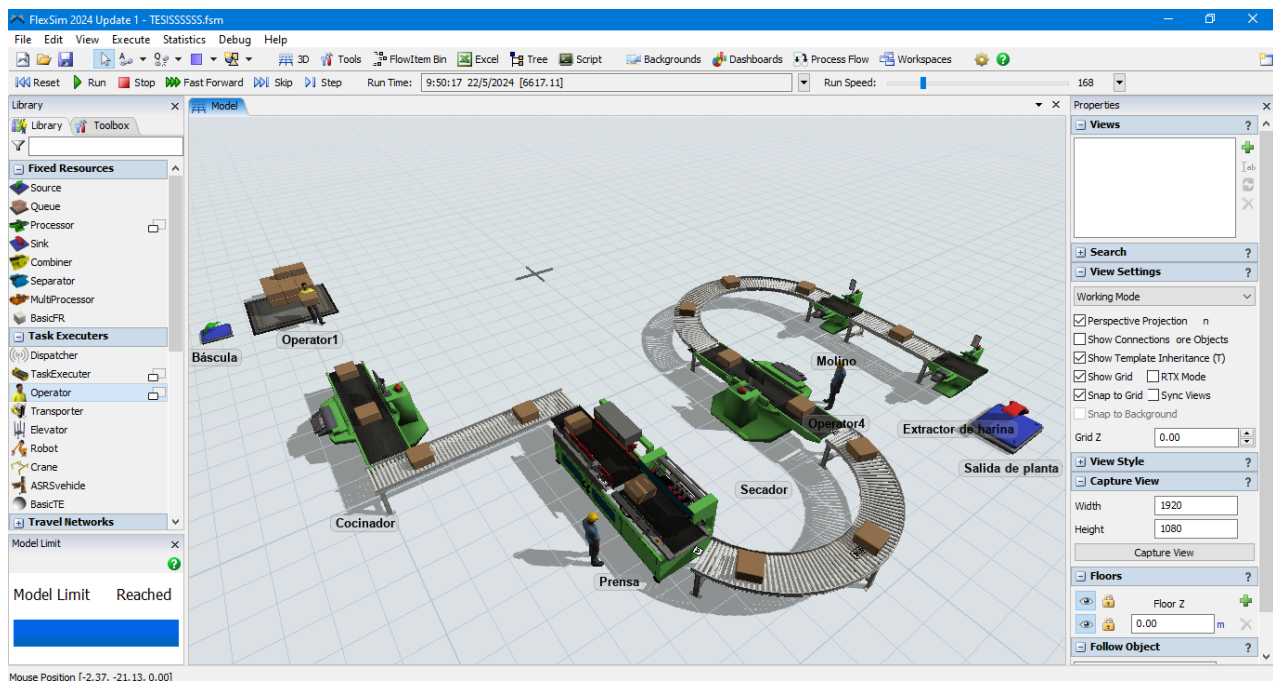
Imagen 15. Modelo del proceso de fabricación de harina de pescado



Nota: Elaborado por autor en FlexSim 2024

Consecutivamente, ya con el modelo desarrollado, se ejecuta la simulación del modelo desarrollado (imagen16).

Imagen 16. Simulación del modelo del proceso de prensado



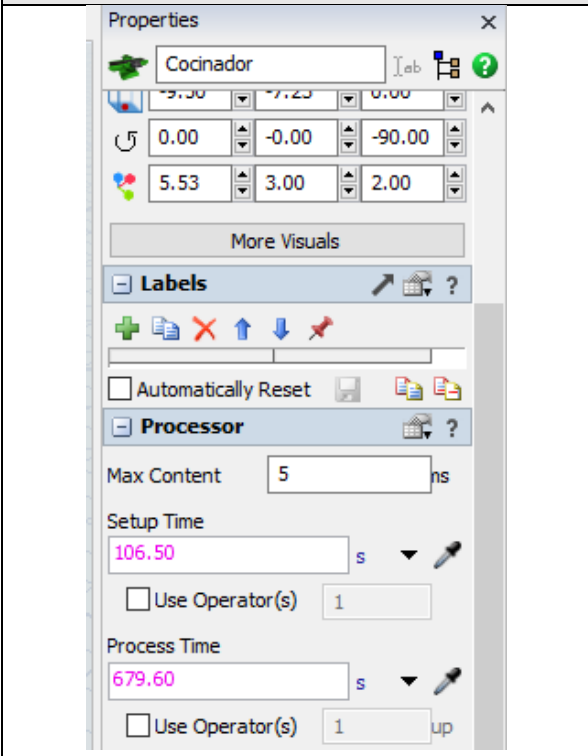
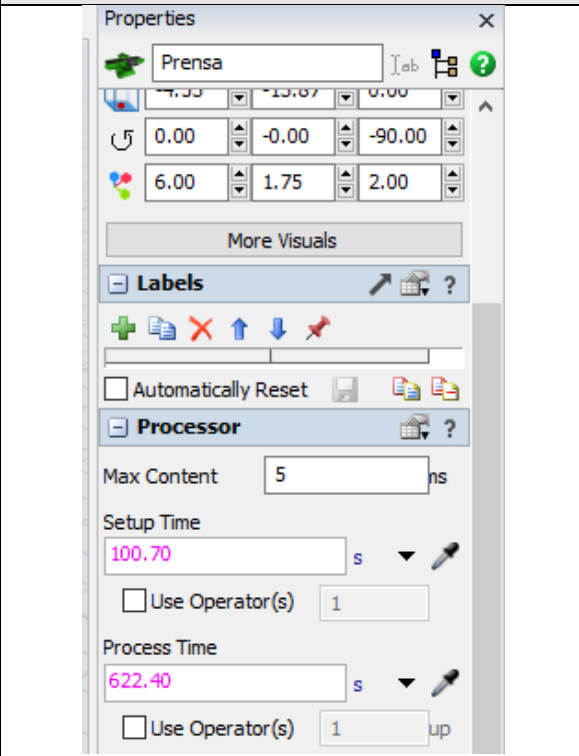
Nota: Elaborado por autor en FlexSim 2024

Verificación del modelo

Los datos establecidos en las máquinas se verifican de acuerdo con los tiempos designados de la tabla 25, siendo el caso del cocinador (679,6 s) y la prensa (622,4), de igual manera, su tiempo de configuración (106.5 s) y (100.7) respectivamente; con lo cual se configuran las propiedades de cada máquina y se establecen las cargas, descargas y maquinado. Esto de evidencia en la tabla 32.

Tabla 32

Configuración de máquinas

Configuración por máquina	
Cocinador	Prensa
	

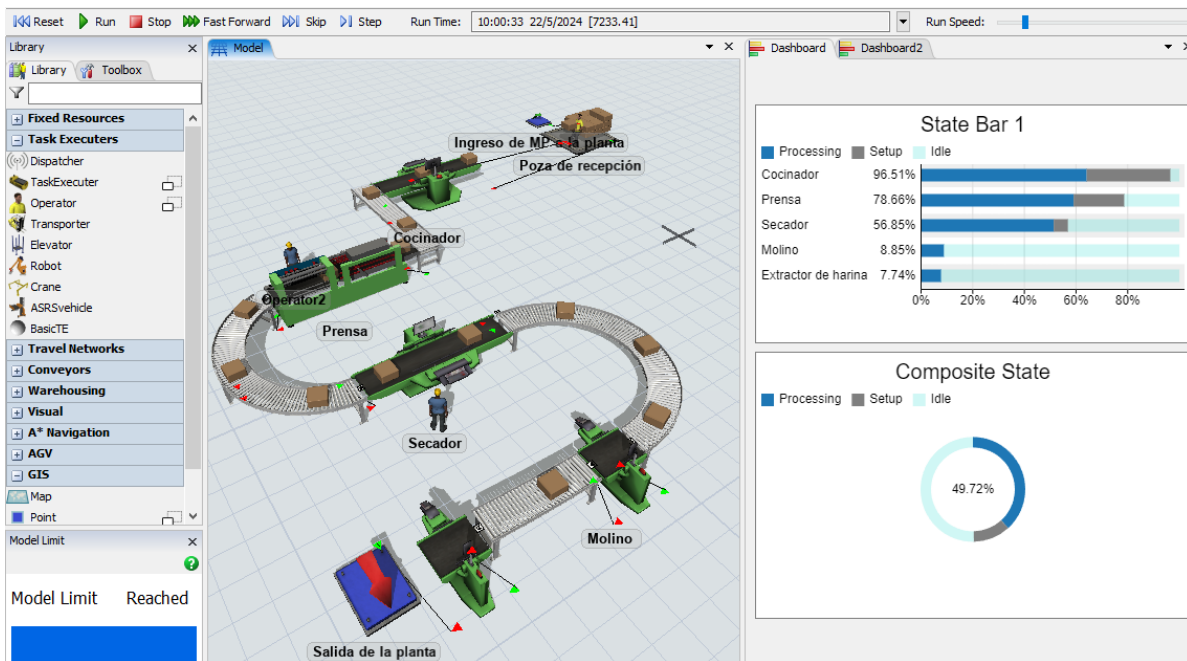
Nota. Elaborado por autor en FlexSim 2024

Datos estadísticos del modelo de simulación

Vale destacar que mediante la simulación es posible obtener gráficos estáticos del modelo. En este caso, fue posible obtener en términos de porcentaje el tiempo de procesamiento de cada

equipo, su tiempo de ajuste y su tiempo que no está siendo aprovechado. La imagen 17 muestra el desempeño del proceso productivo al término de 15 minutos.

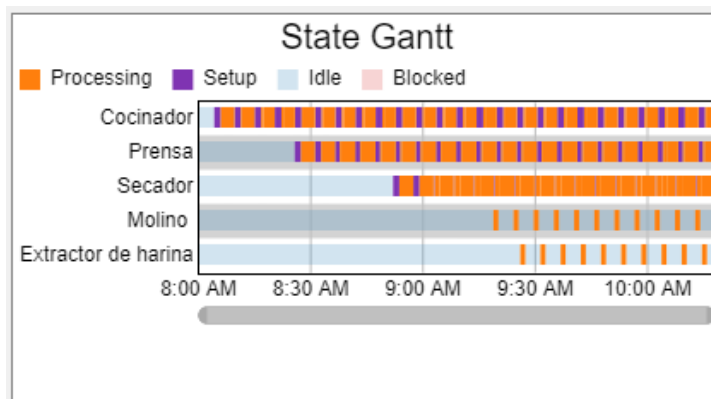
Imagen 17. Desempeño del proceso productivo



Nota: Elaborado por Autor en FlexSim 2024

De acuerdo con la imagen 17, el tiempo de procesamiento del cocinador, prensa y secador son mayores a los ocupados por el molino y extractor de harina. Esto se debe a que los 3 primeros equipos manejan un sistema de funcionamiento que demanda de una mayor cantidad de esfuerzos mecánicos y por ende mantienen sistemas más complejos. Estos resultados se dieron en un periodo de tiempo de 2 horas, ya que es un tiempo promedio en que la planta produce. Del mismo, se presenta más detallada de cada equipo, donde el color naranja corresponde el tiempo de procesamiento, el morado el tiempo de ajuste, y el celeste el tiempo inactivo (gráfico 26).

Gráfico 26. Diagrama de Gantt del desempeño operativo



Nota: Elaborado por autor en FlexSim 2024

3.8 Presupuesto

Mediante la tabla 33 se detallan los costos referenciales de cada elemento esencial para llevar a cabo la propuesta de mejora. Entre ellos, se evaluó la inversión que conlleva el recurso humano y tecnológico, la instalación de un tablero de herramientas y la adquisición de un variador de frecuencia para la prensa.

Tabla 33

Presupuesto del proyecto

Presupuesto del proyecto				
Rubro	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total
Recurso Humano	Simulador	1	\$250,00	\$250,00
	Capacitación sobre SMED	4	\$150,00	\$600,00
Recurso tecnológico	Software FlexSim	1	\$3.250,00	\$3.250,00
	Computadora	1	\$1.250,00	\$1.250,00
	Cursos de capacitación	1	\$50,00	\$50,00
Oficina	Materiales de oficina		\$15,00	\$15,00
	Tablero de herramientas	1	\$50,00	\$50,00
Herramientas y equipos de la propuesta	Variador de frecuencia	1	\$5.948,23	\$5.948,23
	Logística de adquisición		\$475,86	\$475,86
	Diseño e Instalaciones eléctricas		\$892,23	\$892,23
Subtotal				\$12.781,32
10% de imprevistos				\$1.278,13
15% de reajuste				\$1.917,20
TOTAL				\$15.976,65

Nota. Elaborado por autor

Para efectuar la propuesta planteada, se realizó una inversión total en activos fijos de \$15.976,65 USD. Durante un periodo de cinco años, este proyecto generó flujos de efectivo anuales de \$4.793,00 USD, con una tasa del 10%. Además, se utilizaron herramientas financieras como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recuperación (PR) para evaluar la viabilidad del proyecto en relación con la inversión.

Ahora bien, de acuerdo con los datos presentados y con las herramientas citadas se determinaron los resultados de la tabla 34.

Tabla 34

Cálculo del flujo de fondo

	Cálculos del flujo de fondo					
	0	1	2	3	4	5
Flujo Fondo	-\$15.976,65	\$4.793,00	\$4.793,00	\$4.793,00	\$4.793,00	\$4.793,00
Saldo Actual de 10%	-\$15.976,65	\$4.357,27	\$3.961,15	\$3.601,05	\$3.273,68	\$2.976,07
Saldo Actualizado Acumulado	-\$15.976,65	-\$11.619,38	-\$7.658,23	-\$4.057,18	-\$783,50	\$2.192,57

Nota. Elaborado por autor

Consecuentemente, se calcula los indicadores complementarios:

- ✓ *TASA (%) = Valor por definición.*
- ✓ *TASA (%) = 10%*

- ✓ *VNA (\$) = VNA (Interés; flujo de caja) + desembolso inicial*
- ✓ *VNA (\$) = \$18.169,23*

- ✓ *VAN (\$) = Beneficio Neto Actualizado – Inversión inicial.*
- ✓ *VAN (\$) = \$2.192,57*

- ✓ *TIR (%) = Diferencia del valor inicial (costo) y el valor final (retorno de la inversión), dividido entre el valor inicial, el resultado se multiplica por 100*
- ✓ *TIR (%) = 15,24%*

- ✓ *PR (t) = Relación entre la inversión inicial y el flujo de efectivo por periodo*
- ✓ *PR = 4 años 3 meses y 4 días*

Tras realizar los cálculos pertinentes, se observa que el beneficio neto actual alcanza los \$18.169,23 USD, argumentando que la propuesta generó un excedente de \$2.7192,57 USD, el cual representa el retorno de la inversión inicial con una tasa de interés establecida del 10%. Por consiguiente, la tasa de retorno asciende al 15,24%, superando así la tasa propuesta y demostrando la rentabilidad del plan basado en la metodología SMED. Esto resulta altamente ventajoso si se aplican las técnicas establecidas durante el desarrollo.

Además, según el Periodo de Recuperación (PR), se espera recuperar la inversión en el cuarto periodo, es decir, en 4 años y específicamente al 4 día de marzo.

3.9 Marco de discusión

Generar un modelo para la optimización de procesos es esencial para la cadena productiva de toda organización, ya que va ligado especialmente con su rendimiento operacional. Bajo esta perspectiva, a través del análisis de las investigaciones que abarcan y respaldan las herramientas de producción ajustada se planteó la siguiente pregunta *¿De qué manera la optimización del proceso de prensado incide en el rendimiento de la harina de pescado en la empresa Rosmei S.A?*, En este contexto, mediante una búsqueda minuciosa respaldada por los antecedentes investigativos (Capítulo I, Sección 1.1.), se demostró la viabilidad de herramientas de optimización de procesos para la etapa de prensado en diversas industrias manufactureras a nivel global.

Bajo este contexto, con el propósito de realizar una investigación exhaustiva sobre los antecedentes relacionados con la optimización de procesos, se implementó un mapeo sistemático (Capítulo I, Sección 1.2.), donde se obtuvo una comprensión detallada sobre las diversas aplicaciones de la metodología Single Minute Exchange of Die (SMED), destacando su predominio en investigaciones que abordan diversos sectores manufactureros, especialmente las industrias del plástico, fabricación de alimentos y la acuicultura, en donde comparten procesos productivos similares tales como la extrusión o prensado. En la mayoría de los casos, los autores plantearon el método SMED como una herramienta integral para mejorar los niveles de productividad y los tiempos de preparación de los equipos, permitiendo el aprovechamiento máximo de la disponibilidad de tiempo y esfuerzo físico.

Desde esta perspectiva, se obtuvieron los mecanismos necesarios para la elaboración de la metodología de la investigación aplicada, así como la estructura del procedimiento metodológico, destacando que necesariamente vaya alineada al cambio de formato de la prensa. La matriz de artículos seleccionados actuó como una herramienta de análisis de escenarios que permitió entender las interrelaciones entre las variables del sistema completo, facilitando la futura toma de decisiones precisas que garanticen mejorar en términos de rendimiento la producción de harina de pescado.

El procedimiento metodológico (Capítulo II, sección 2.3), se basó en las etapas adaptadas por Haddad et al. (2021) y Malindzakova et al. (2021) las cuales abordan la

creación de un modelo de optimización basado en la metodología SMED en el proceso de extrusión. Gracias a esto fue posible estructurar la investigación de manera sistemática. Es importante destacar que para la realización del estudio investigativo, se utilizó una metodología con enfoque cuantitativo con el objetivo de recolectar y analizar numéricamente los datos. Además, se empleó un diseño transversal descriptivo, permitiendo obtener la información en un periodo de tiempo específico, y un enfoque correlacional que facilitó la identificación de posibles relaciones entre las variables de estudio (proceso de prensado y rendimiento).

Para llevar a cabo la recopilación de datos (capítulo II, sección 2.4) se realizó un muestreo no probabilístico. De acuerdo con Del Cid et al. (2011) se distingue por ser selectivo o no aleatorio, es decir, un análisis de caso singular. Siguiendo esta lógica, este tipo de muestreo estuvo conformado por las actividades concernientes al cambio de formato en el proceso de prensado. Estas actividades fueron clasificados en seis subprocesos: apagado de las maquinas, verificación de maquinaria, limpieza de transportadores helicoidales, procedimiento de cambio de formato, encendido de equipos previos al prensado y encendido y sincronizado de la prensa. Estos subprocesos sumaron un total de 33 actividades en el cambio de formato.

Para la recolección de información (Capítulo II, sección 2.5), aparte de investigaciones de fuentes secundarias sobre el proceso de prensado, se emplearon fichas de observación basadas en Niekurzak et al. (2023) y Garcia et al. (2022) para la recolección de los tiempos de ejecución de cada actividad del cambio de formato, que luego pasaron por una prueba de normalidad Anderson – Darling, mediante el software Minitab 19 en su versión de prueba, determinándose que los datos recabados manejaron una distribución normal.

En este contexto, la propuesta presentada en este estudio se elaboró mediante la aplicación de la metodología Single Minute Exchange of Die (SMED) que incluyó el análisis del cambio de formato de la prensa de doble husillo, equipo responsable de la etapa de prensado en la fabricación de harina de pescado. Tras la implementación de la metodología SMED, se registró una mejora significativa en el tiempo total de cambio, que disminuyó de 6714,1 segundos a 4896 segundos. Esto representa una reducción de 1818,1 segundos (equivalente a 30,3 minutos), lo que se traduce en una mejora del 27,08% respecto al tiempo inicial. Este resultado demuestra la eficacia de SMED en optimizar los tiempos de cambio,

aumentando la eficiencia operativa del equipo, reduciendo los periodos de inactividad y mejorando el rendimiento global del proceso productivo.

Por otro lado, esto reflejó una disminución tanto en las actividades internas como en las externas, disminuyó de 95,86 minutos a 44,11 minutos (1,6 horas a 0,74 horas) en cuanto a actividades internas, mientras que el tiempo de las actividades externas se aumentó de 16,4 minutos a 37,49 minutos. La propuesta además redujo el número de actividades internas de 29 a 18, disminuyendo un 37,93%, y por el otro lado, en el caso actividades externas hubo un aumento de 4 a 10.

Dadas las condiciones, el incremento del 6% en el OEE se atribuyó a la optimización del índice de disponibilidad, elevándose al 92,06% con un incremento del 7,17%. Esto lo ratifica Haddad et al. (2021) en su estudio, donde mejoró del indicador de disponibilidad con un incremento del 4,86%, lo que se tradujo en un aumento del OEE del 3,26%. Por lo tanto, se demostró que SMED es una metodología acertada para aumentar la eficiencia general de los equipos. Finalmente, el OEE final alcanzó un 77,37%, superando así a la categoría regular (65% -75%) en la cual concurría antes de aplicarse SMED.

Finalmente, mediante el software FlexSim 2024 en su versión de prueba se realizó la simulación del proceso productivo en donde se hizo hincapié en la etapa de prensado, considerándose los tiempos de ejecución de los equipos después de la optimización de SMED. Esto sirvió para comprobar los resultados obtenidos en la etapa de prensado, en donde la disponibilidad de la prensa para el cálculo del OEE fue alrededor del 77,37% y mediante la simulación se pudo corroborar el valor de 78,86%, por ende, se puede determinar que los resultados obtenidos con la propuesta de optimización tienen el sustento necesario y garantizan un mayor desempeño operativo para la empresa.

CONCLUSIONES

Cumpliendo con el objetivo general de la investigación y respondiendo a las preguntas planteadas en base al flujograma de la problemática investigada, se concluye lo siguiente:

1. Como fundamento del estudio de investigación sobre las herramientas de optimización de procesos en la etapa de prensado, se desarrolló un estado del arte a través de un mapeo sistemático utilizando las bases de datos ScienceDirect, Mendeley y Dimensions, junto con el software Rayyan. Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de artículos relacionados con las variables de estudio, aplicando criterios de inclusión y exclusión específicos. Este proceso resultó en la identificación de 381 artículos, de los cuales se seleccionaron 28 por su relevancia directa con el problema de investigación, siendo cruciales para definir el procedimiento metodológico junto con la metodología de optimización más adecuada.
2. A partir del desarrollo del estado del arte, se estableció un procedimiento metodológico de cuatro etapas para la implementación de la metodología SMED. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo de tipo no experimental, con un diseño transversal descriptivo y correlacional. Para la recolección de datos, se utilizaron fichas de observación fundamentadas en artículos científicos, dirigidas a las 33 actividades que conforman el cambio de formato en el proceso de prensado.
3. Los resultados fueron sometidos a la prueba de normalidad Anderson-Darling utilizando el software Minitab 19 y mostraron que los datos seguían una distribución normal, garantizando así la precisión, confiabilidad y validez del proceso de recolección. La metodología SMED permitió identificar y clasificar las actividades que contribuyen a los reajustes prolongados durante el cambio de formato, las cuales impactan negativamente en el OEE. Se estableció que el escenario más viable para la optimización es aumentar la disponibilidad del equipo, implementando estrategias que reduzcan el tiempo de cambio de formato y, por ende, incrementar el rendimiento de la producción de harina de pescado. Por otro lado, la propuesta de implementación requiere una inversión de \$15,976.65, bajo este particular, el análisis financiero indicó que el periodo de recuperación de la inversión es de 4 años, 3 meses y 4 días, lo que significa que la inversión inicial se recuperará antes del quinto periodo. Además, el

valor actual neto (VAN) se calculó en \$2,192.57, considerando una tasa de descuento del 10%. Y finalmente, la tasa interna de retorno (TIR) fue de 15.24%, lo que demuestra la viabilidad económica del proyecto.

En líneas generales, la optimización del proceso a través de la metodología SMED no solo incrementa la eficiencia operativa y la disponibilidad de los equipos, sino que además establece una base robusta para futuras mejoras en el proceso productivo. En particular, la reducción de los tiempos de cambio de formato no únicamente eleva la OEE, sino que también contribuye significativamente a una mayor estabilidad y control en el proceso de fabricación de harina de pescado. Esta optimización asegura, por tanto, una operación más eficiente y rentable.

RECOMENDACIONES

Basado en los resultados obtenidos en la investigación sobre la optimización del proceso de prensado para aumentar el rendimiento de la harina de pescado en Rosmei S.A, Parroquia Chanduy - Ecuador, se presentan las siguientes recomendaciones para resaltar los aspectos clave que deben priorizarse en estudios futuros:

1. Para asegurar un estado del arte pertinente, es recomendable capacitar al equipo de investigación sobre el manejo técnico de motores de búsqueda y la identificación de nuevas fuentes bibliográficas. Esta formación continua garantiza que el equipo se mantenga informado sobre las últimas tendencias y metodologías en el campo, previniendo posibles obstáculos durante la ejecución del proyecto.
2. Para el desarrollo del marco metodológico, es imperativo realizar una selección exhaustiva y rigurosa de artículos científicos que permitan la replicación de una metodología sistemática óptima, garantizando así la ejecución precisa y adecuada del estudio. Además, es importante combinar criterios de varios autores para establecer de forma metódica y sistemática los procedimientos para la propuesta de mejora.
3. Con respecto a la propuesta de optimización, es sugerible lo siguiente:
 - a) Aplicar las diversas herramientas de producción ajustada, ya que representan el primer paso para una mejora constante, orientando la empresa hacia la obtención sistemática de resultados.
 - b) Se recomienda orientar y fortalecer el uso de software de simulación para que los estudiantes puedan respaldar sus proyectos de investigación de manera más sólida mediante simulaciones computacionales cuando sea necesario.
 - c) Es importante considerar la prueba de normalidad Anderson – Darling cuando se trabaja con datos cuantitativos obtenidos mediante fichas de observación, ya que se puede definir como están distribuidos los datos, y así garantizar su fiabilidad.
 - d) Considerar la aplicación del variador de frecuencia como proyecto a mediano plazo, ya que se comprobó que aumenta en gran medida la eficiencia general de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Cámara Nacional de Pesquería. (22 de Abril de 2020). *La producción de harina de pescado demanda seguridad jurídica y sostenibilidad*. Obtenido de Cámara Nacional de Pesquería: <https://camaradepesqueria.ec/la-produccion-de-harina-de-pescado-demanda-seguridad-juridica-y-sostenibilidad/>
- Datision. (17 de Marzo de 2022). *¿Por qué necesitas saber el Overall Equipment Effectiveness (OEE) para que tu fábrica sea más productiva?* Obtenido de Datision: <https://datision.com/blog/overall-equipment-effectiveness/>
- Improselec S.A. (2024). *Variador Sinamics G120 75HP 480V PM240*. Obtenido de Improselec S.A: <https://improselec.com/producto/variador-sinamics-g120-75hp/>
- LIESA. (2 de Marzo de 2020). *Variadores de Velocidad Siemens*. Obtenido de LIESA: <https://liesa.com.ar/variadores-velocidad-siemens-sinamics-v20/>
- Menoyo, A. (9 de Junio de 2023). *Prueba de Anderson Darling en Excel: Todo lo que necesitas saber*. Obtenido de Excel Office Expert: <https://excel.officexpert.es/analisis-de-datos-avanzado-en-excel/prueba-anderson-darling-excel-normaildad/>
- Ministerio de Producción, Comercio exterior, Inversiones y Pesca. (13 de Octubre de 2022). *Plantas harineras registradas y aprobadas*. Obtenido de <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2022/10/PLANTAS-HARINERAS-PH-13102022.pdf>
- Morris, M. (21 de Diciembre de 2023). *Rayyan for Systematic Reviews*. Obtenido de McGill Library: <https://libraryguides.mcgill.ca/rayyan>
- Rivas, A. (20 de Marzo de 2023). *Guía completa para escribir un Estado del Arte, con ejemplos prácticos*. Obtenido de Guia Normas APA: <https://normasapa.in/estado-del-arte/>
- Sarker, P. (14 de Diciembre de 2020). *Eliminar el pescado de los piensos puede hacer de la acuicultura una fuente de alimento más sostenible*. Obtenido de The Conversation : <https://theconversation.com/taking-fish-out-of-fish-feed-can-make-aquaculture-a-more-sustainable-food-source-150728>
- Soler, & Palau. (7 de Enero de 2020). *¿Qué es y para qué sirve un variador de frecuencia?* Obtenido de solerpalau: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/variador-de-frecuencia/>
- The Marine Ingredients Organisation. (12 de Enero de 2024). *Tendencias del mercado de ingredientes marinos (enero de 2024)*. Obtenido de IFFO: <https://www.iffo.com/es/tendencias-del-mercado-de-ingredientes-marinos-enero-de-2024>

- Acosta, J., & Carvajal, J. (2021). Optimización de la eficiencia productiva a través de un diseño experimental factorial en el proceso productivo de prensado de suelas para calzado en una empresa textil. *Polo de Conocimiento*, 6, No 9. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i9.3138>
- Afonso, M., Gabriel, A. T., & Godina, R. (2022). Proposal of an innovative ergonomic SMED model in an automotive steel springs industrial unit. *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.aime.2022.100075>
- Aguilar, F., & Salazar, A. (2022). *Aplicación del estudio del trabajo para mejorar la productividad en el proceso de prensado de pet blanco en la empresa Marbel Pachas, Juliaca, Puno, 2022*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94274>
- Basak, S., Baumers, M., Holweg, M., Hague, R., & Tuck, C. (2022). Reducing production losses in additive manufacturing using overall equipment effectiveness. *Additive Manufacturing*, 56, 102904. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2022.102904>
- Basri, A. Q., Mohamed, N., Nelfiyanti, & Y, Y. (2021). SMED Simulation in Optimising the Operating Output of Tandem Press Line in the Automotive Industry using WITNESS Software. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 18(3). <https://doi.org/10.15282/ijame.18.3.2021.05.0682>
- Betancourt, Jennifer. L., Castaño, Juan. D., Hamburguer, W., Niño, Juan. C., Tanus, C., & Huyke, A. (2022). Aplicación del Estudio de Métodos y Tiempos a la Mejora de Procesos: Caso Fábrica La Milagrosa (imágenes religiosas en yeso). *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 4(1). <https://doi.org/10.17981/bilo.4.1.2022.10>
- Biegler, L. T. (2024). Multi-level optimization strategies for large-scale nonlinear process systems. *Computers & Chemical Engineering*, 185, 108657. <https://doi.org/10.1016/J.COMPCHEMENG.2024.108657>
- Bilgen, B., & Taşkın, T. (2023). Optimization of an integrated harvest, and process planning model in the agri-food industry. *Journal of Engineering Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.09.036>
- Braglia, M., Di Paco, F., Frosolini, M., & Marrazzini, L. (2023). Quick changeover design: a new Lean methodology to support the design of machines in terms of rapid changeover capability. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(9). <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2022-0430>
- Buckley, J., Araujo, J. A., Aribilola, I., Arshad, I., Azeem, M., Buckley, C., Fagan, A., Fitzpatrick, D. P., Garza Herrera, D. A., Hyland, T., Imtiaz, M. B., Khan, M. B., Lanzagorta Garcia, E., Moharana, B., Mohd Sufian, M. S. Z., Osterwald, K. M., Phelan, J., Platonava, A., Reid, C., ... Zainol, I. (2024). How transparent are quantitative studies in contemporary technology education research? Instrument development and analysis. *International Journal of Technology and Design Education*, 34(2), 461–483. <https://doi.org/10.1007/S10798-023-09827-9/METRICS>
- Calderón, E., & García, R. (2020). Mejora de la productividad del proceso de elaboración de harina de pescado aplicando la metodología Lean Manufacturing. *Repositorio Institucional - UTP*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3955>

- Cathcart, A., Smyth, B. M., Lyons, G., Murray, S. T., Rooney, D., & Johnston, C. R. (2023). Optimising mechanical separation of anaerobic digestate for total solids and nutrient removal. *Journal of Environmental Management*, 345. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118449>
- Condo, R., Cruz, L., & Quiroz, J. (2022). Increased equipment performance in agro-industrial companies through a maintenance model based on the TPM approach. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.77>
- Dąbrowska, M., & Maciejewska, K. (2022). Optimising the sealing station in production process of tubes for catalytic converters involving Smed method – A case study. *Technologia i Automatyizacja Montażu*. <https://doi.org/10.7862/tiam.2022.2.3>
- Del Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (2011). *Investigación. Fundamentos y metodología*. <https://josedominguezblog.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/06/investigacion-fundamentos-y-metodologia.pdf>
- Espinoza, E. (2018, October). *Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Parte I*. Revista Pedagógica de La Universidad de Cienfuegos. https://www.researchgate.net/publication/328268666_Las_variables_y_su_operacionalizacion_en_la_investigacion_educativa_Parte_I
- Espinoza, E. (2019). Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. *Revista Conrado, Segunda Parte*, 171–180. <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v15n69/1990-8644-rc-15-69-171.pdf>
- Estrada, A. (2023). Operacionalización de variables de investigación. *Revista CISA*, 5, No. 5, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.cisa.2023.05.001>
- Figueredo, A. L. F., Aguilar, R. F. L., & Roselló, M. M. M. (2019). Procedimiento para el procesamiento de información científica en la DPI de la carrera Ingeniería Forestal. *Biblios Journal of Librarianship and Information Science*, 0(75), 46–61. <https://doi.org/10.5195/biblios.2019.473>
- Garcia, G., Singh, Y., & Jagtap, S. (2022). Optimising Changeover through Lean-Manufacturing Principles: A Case Study in a Food Factory. *Sustainability (Switzerland)*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/su14148279>
- Guevara, A., Zapata, A., & Medina, D. (2022). *Lean Manufacturing Modelos y herramientas*.
- Habib, M. A., Rizvan, R., & Ahmed, S. (2023). Implementing lean manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh. *Results in Engineering*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100818>
- Haddad, T., Shaheen, B. W., & Németh, I. (2021). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach. *Manufacturing Technology*, 21(1), 56–64. <https://doi.org/10.21062/mft.2021.006>
- Hussain, S. M., Bano, A. A., Ali, S., Rizwan, M., Adrees, M., Zahoor, A. F., Sarker, P. K., Hussain, M., Arsalan, M. Z. ul H., Yong, J. W. H., & Naeem, A. (2024). Substitution of

- fishmeal: Highlights of potential plant protein sources for aquaculture sustainability. *Heliyon*, 10(4), e26573. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E26573>
- Jurík, L., Horňáková, N., & Domčeková, V. (2020). The application of smed method in the industrial enterprise. *Acta Logistica*, 7(4). <https://doi.org/10.22306/al.v7i4.189>
- Kumar, R., Singh, K., & Jain, S. K. (2022). Setup time reduction to enhance the agility of the manufacturing industry through kobetsu kaizen and SMED: a case study. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 12(5), 631–656. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2022.125320>
- Lamani, E., Ahmad, A. N. A. Bin, & Ahmad, M. F. Bin. (2020). Lean manufacturing implementation to reduce waste on weighing scale assembly line. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(1 1.2 Special Issue). <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/0781.22020>
- Lazai Junior, M., Cristina de Paula Santos, L., Renata Grossi Chamie, N., Pierezan, R., Rocha Loures, E., Portela dos Santos, E., Eduardo Gouvea da Costa, S., & Pinheiro de Lima, E. (2020). Automated System Gains in Lean Manufacturing Improvement Projects. *Procedia Manufacturing*, 51, 1340–1347. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.187>
- Mahamud, A. G. M. S. U., Anu, M. S., Baroi, A., Datta, A., Khan, M. S. U., Rahman, M., Tabassum, T., Tanwi, J. T., & Rahman, T. (2022). Microplastics in fishmeal: A threatening issue for sustainable aquaculture and human health. In *Aquaculture Reports* (Vol. 25). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101205>
- Malindzakova, M., Malindzak, D., & Garaj, P. (2021). Implementation of the Single Minute Exchange of Dies method for reducing changeover time in a hygiene production company. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(4). <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2021-4-291>
- Miranda, Y., Toledo, F., & Altamirano, E. (2022). Optimization model to increase the efficiency of the flexible packaging production process applying the Johnson Method, SMED and TPM in a SME in the Plastics Sector. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.748>
- Mohammad, A., Hamja, A., & Hasle, P. (2023). Reduction of changeover time through SMED with RACI integration in garment factories. *International Journal of Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2021-0176>
- Narváez, J., Pardo, C., & Orozco, C. (2023). Deuda de la documentación en el desarrollo ágil de software: mapeo sistemático de la literatura. *Revista Científica*, 46(1), 107–121. <https://doi.org/10.14483/23448350.19670>
- Nastaj, A., & Wilczyński, K. (2021). Optimization and scale-up for polymer extrusion. In *Polymers* (Vol. 13, Issue 10). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/polym13101547>
- Niekurzak, M., Lewicki, W., Coban, H. H., & Bera, M. (2023). A Model to Reduce Machine Changeover Time and Improve Production Efficiency in an Automotive Manufacturing

- Organisation. *Sustainability* (Switzerland), 15(13).
<https://doi.org/10.3390/su151310558>
- Oleksiak, B., Ciecina, B., Olów, P., & Hordyńska, M. (2023). Analysis of the Possibility of Introducing the Reduction of Changeover Time of Selected CNC Machines Using the SMED Method. *Production Engineering Archives*, 29(1).
<https://doi.org/10.30657/pea.2023.29.10>
- Oliveira, C., & Lima, T. M. (2023). Setup Time Reduction of an Automotive Parts Assembly Line Using Lean Tools and Quality Tools. *Eng*, 4(3).
<https://doi.org/10.3390/eng4030134>
- Ondra, P. (2022). The Impact of Single Minute Exchange of Die and Total Productive Maintenance on Overall Equipment Effectiveness. *Journal of Competitiveness*, 14(3).
<https://doi.org/10.7441/joc.2022.03.07>
- Ortiz, J., Salas, J., Huayanay, L., Manrique, R., & Sobrado, E. (2022). Modelo de gestión para la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en una empresa de confección de ropa antinflama de Lima - Perú. *Industrial Data*, 25(1), 103–135. <https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.21501>
- Parwani, V., & Hu, G. (2021). Improving Manufacturing Supply Chain by Integrating SMED and Production Scheduling. *Logistics*, 5(1). <https://doi.org/10.3390/logistics5010004>
- Pinto, G., Silva, F. J. G., Baptista, A., Fernandes, N. O., Casais, R., & Carvalho, C. (2020). TPM implementation and maintenance strategic plan - A case study. *Procedia Manufacturing*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.198>
- Raju, S., Kamble, H. A., Srinivasaiah, R., & Swamy, D. R. (2022). Anatomization of the overall equipment effectiveness (OEE) for various machines in a tool and die shop. *Journal of Intelligent Manufacturing and Special Equipment*, 3(1), 97–105.
<https://doi.org/10.1108/jimse-01-2022-0004>
- Ribeiro, M. A. S., Santos, A. C. O., de Amorim, G. da F., de Oliveira, C. H., Braga, R. A. da S., & Netto, R. S. (2022). Analysis of the Implementation of the Single Minute Exchange of Die Methodology in an Agroindustry through Action Research. *Machines*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/machines10050287>
- Rivera, K., Cordero, G., & Navarro, C. (2022). Mapeo sistemático de la literatura acerca de la formación en línea de docentes en servicio. *Academia y Virtualidad*, 15(2), 89–106.
<https://doi.org/10.18359/ravi.5810>
- Romero, H., Real, J., Ordóñez, J., Gavino, G., & Saldarriaga, G. (2021). *Metodologia de la investigacion cientifica*. <https://www.researchgate.net/publication/356568692>
- Sahin, R., & Kologlu, A. (2022). A Case Study on Reducing Setup Time Using SMED on a Turning Line. *Gazi University Journal of Science*, 35(1), 60–71.
<https://doi.org/10.35378/gujs.735969>
- Santos, V., Sousa, V. F. C., Silva, F. J. G., Matias, J. C. O., Costa, R. D., Pinto, A. G., & Campilho, R. D. S. G. (2022). Applying the SMED Methodology to Tire Calibration Procedures. *Systems*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/systems10060239>

- Satolo, E. G., de Moura Hiraga, L. E., Zoccal, L. F., Goes, G. A., Lourenzani, W. L., & Perozini, P. H. (2020). Techniques and tools of lean production: Multiple case studies in Brazilian agribusiness units. *Gestao e Producao*, 27(1). <https://doi.org/10.1590/0104-530X3252-20>
- Starbuck, C. (2023). Research Design. *The Fundamentals of People Analytics*, 51–57. https://doi.org/10.1007/978-3-031-28674-2_4
- Toki, G. F. I., Ahmed, T., Hossain, M. E., Alave, R. K. K., Faruk, M. O., Mia, R., & Islam, S. R. (2023). Single Minute Exchange Die (SMED): A sustainable and well-timed approach for Bangladeshi garments industry. *Cleaner Engineering and Technology*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100592>
- Tsarouhas, P. H. (2020). Overall equipment effectiveness (OEE) evaluation for an automated ice cream production line: A case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(5). <https://doi.org/10.1108/IJPPM-03-2019-0126>
- Tung, T. Van, Nga, N. T. T., Van, H. T., Vu, T. H., Kuligowski, K., Cenian, A., Tuan, N. Q., Le, P. C., & Tran, Q. B. (2023). Energy Efficiency and Environmental Benefits of Waste Heat Recovery Technologies in Fishmeal Production Plants: A Case Study in Vietnam. *Sustainability (Switzerland)*, 15(17). <https://doi.org/10.3390/su151712712>
- Ulloa, H., Gutiérrez, M., Nares, M., & Gutiérrez, S. (2020). Importancia de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa para la Educación. *EDUCATECONCIENCIA*, 16(17). <https://doi.org/10.58299/edu.v16i17.132>
- Vandenbossche, V., Candy, L., Evon, P., Rouilly, A., & Pontalier, P. Y. (2019). Extrusion. *Green Food Processing Techniques: Preservation, Transformation and Extraction*, 289–314. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815353-6.00010-0>
- Varela, J., López, A., & Romero, R. (2023). Medición de la productividad mediante el Overall Equipment Effectiveness (OEE) para operaciones no cíclicas. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(6). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i6.1522>
- Vega, M., & Quiroz, J. (2022). Increased machine availability in a plastic injection molding plant through the implementation of TPM and Lean Manufacturing tools: An Empirical Research in Perú. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.185>
- Vieira, A., Silva, F., Campilho, R., Ferreira, L., Sá, J., & Pereira, T. (2020). SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 51, 1416–1422. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>

ANEXOS

Anexo 1. Ingreso de artículos a software Rayyan

2024-02-03: Estado del arte: Optimización del proceso de prensado

Showing 1 to 8 of 40 unique entries

Date	Title	Authors	Rating
2020-01-01	Mejora de la productividad del proceso de elaboración de harina de pes...	Calderón, Eddin; García, Ruiz	
2020-01-01	Implementación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora de la ...	Obeso, Alexandra; Yaya, Jav...	
2020-01-01	TPM implementation and maintenance strategic plan - A case study	Pinto, G.; Silva, F. J.G.; Bap...	
2020-01-01	Improvement of Overall Equipment Efficiency of Machine by SMED	Bhade, Suveg; Hegde, Sriha...	
2022-01-01	Setup time reduction to enhance the agility of the manufacturing indust...	Kumar, Rahul; Singh, Kanwa...	
2023-01-01	Reduction of changeover time through SMED with RACI integration in g...	Mohammad, Azim; Hamja, A...	
2023-02-01	Single Minute Exchange Die (SMED): A sustainable and well-timed appr...	Toki, Gazi Farhan Ishraque; ...	

No articles selected, use your mouse or keyboard to select articles from the above table.

Wellington ? Help

Nota: Elaborado por autor

Anexo 2. Exclusión de artículos mediante palabras claves

2024-02-03: Estado del arte: Optimización del proceso de prensado

Showing 1 to 9 of 12 unique entries (filtered from 40 total unique entries)

Date	Title	Authors	Rating
2020-01-01	Wellington Improvement of Overall Equipment Efficiency of Machine by SMED	Bhade, Suveg; Hegde, Sriha...	
2023-01-01	Wellington Reduction of changeover time through SMED with RACI inte...	Mohammad, Azim; Hamja, A...	
2023-01-01	Wellington SMED AS AN INDISPENSABLE PART OF LEAN MANUFACTURING...	Nikolić, Jovana; Dašić, Mari...	
2021-01-01	Wellington Estimation of machine setup and changeover times by survi...	Ruppert, Tamas; Csalodi, Ro...	
2023-01-01	Wellington Analysis of the Implementation of the SMED Methodology to...		
2022-01-01	Wellington Eliminating production losses in changeover operations: a ca...	Stapelbroek, Martijn; Kilic, ...	
2022-12-01	Wellington Applying the SMED Methodology to Tire Calibration Procedur...	Santos, Vitor; Sousa, Vitor F...	

Include ? Maybe Exclude Reason Label Add Note Highlights ON

Upload PDF full-text

Improvement of Overall Equipment Efficiency of Machine by SMED

To stay in the competitive world, lead automobile companies must expand their production rate which is directly linked to the financial strength of the organization. To improve the production rate as well as profit of any company is not a one-day process, but it requires some steps to be achieved. Lean manufacturing has many tools to improve the production level of a machine. A lean tool like SMED (Wellington) appro...

Wellington ? Help

Nota: Elaborado por autor

Anexo 3. Aplicación de criterios de elegibilidad

The screenshot shows a software interface for managing a list of research articles. On the left, there are several panels: 'Undecided' (28), 'Maybe' (0), 'Included' (0), and 'Excluded' (12). Below these are sections for 'Search methods', 'Uploaded References', 'Keywords for include', and 'Keywords for exclude'. The main area displays a list of articles with columns for Date, Title, Authors, and Rating. One article is highlighted: 'Setup time reduction to enhance the agility of the manufacturing industry through kobetsu kaizen and SMED: a case study' by Kumar, Rahul; Singh, Kanwa... The interface includes buttons for 'Include', 'Maybe', 'Exclude', 'Reason', 'Label', 'Add Note', and 'Highlights ON'. A 'Help' button is visible in the bottom right corner.

Nota: Elaborado por autor

Anexo 4. Tendencia de artículos publicados

Nº Artículos	Tendencia de artículos publicados				
	2020	2021	2022	2023	2024
1	1				
2	1				
3			1		
4				1	
5	1				
6			1		
7		1			
8		1			
9				1	
10				1	
11				1	
12		1			
13				1	
14				1	
15			1		
16				1	
17			1		
18			1		
19		1			
20				1	
21			1		
22			1		
23			1		
24			1		
25				1	

26		1			
27	1				
28			1		
TOTAL	4	5	10	9	0
Porcentaje	14,29%	17,86%	35,71%	32,14%	0,00%

Nota: Elaborado por autor

Anexo 5. Evaluación de calidad de artículos

Evaluación de Calidad de artículos										
N° Artículos	Criterios de evaluación									Calificación total
	C.e.1	C.e.2	C.e.3	C.e.4	C.e.5	C.e.6	C.e.7	C.e.8	C.e.9	
A1	-1	1	1	1	1	1	1	1	0	6
A2	0	1	1	-1	1	0	1	1	1	5
A3	1	1	1	-1	1	1	1	1	0	6
A4	1	1	1	-1	1	1	1	1	0	6
A5	0	1	1	-1	1	1	1	1	1	6
A6	1	1	0	-1	1	1	0	1	0	4
A7	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	7
A8	1	0	1	-1	1	1	1	1	0	5
A9	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	7
A10	1	1	1	0	1	1	1	0	-1	5
A11	1	0	1	-1	1	1	1	0	-1	3
A12	1	0	1	1	1	1	1	0	1	7
A13	1	1	0	1	1	1	1	1	0	7
A14	1	1	1	1	1	1	1	0	0	7
A15	1	1	1	-1	1	0	1	1	0	5
A16	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	5
A17	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
A18	1	1	1	1	1	1	1	1	0	8
A19	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	7
A20	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7
A21	1	1	1	-1	1	1	1	1	0	6
A22	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7
A23	1	1	1	0	1	1	1	0	-1	5
A24	0	1	1	-1	1	1	0	1	0	4
A25	0	1	1	-1	1	0	1	1	-1	3
A26	-1	1	1	1	1	1	1	1	0	6
A27	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
A28	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7

Nota: Elaborado por autor

Anexo 6. Herramientas de optimización

N° Art.	Herramientas de optimización propuestas									
	TPM	SMED	Kaizen	Software Witness	Kanban	QCD	RACI	MSA	MILP	FED
A1	1									
A2	1									
A3		1	1							
A4		1								
A5			1							
A6		1								
A7		1		1						
A8	1									
A9					1					
A10						1				
A11		1	1							
A12		1								
A13							1			
A14								1		
A15		1								
A16		1								
A17		1								
A18	1									
A19		1								
A20		1								
A21	1	1								
A22		1								
A23	1									
A24	1									
A25									1	
A26										1
A27		1								
A28		1								
Total	7	15	3	1	1	1	1	1	1	1
%	21,88%	46,88%	9,38%	3,13%	3,13%	3,13%	3,13%	3,13%	3,13%	3,13%

Nota: Elaborado por autor

Anexo 7. Enfoque y método utilizados

Enfoque		
Tipo	Frecuencia	Porcentaje
Cuantitativo	15	53,57%
Cualitativo	1	3,57%
Mixto	1	42,86%
Total	28	100%
Método		
Tipo	Frecuencia	Porcentaje
Deductivo	11	39,29%
Inductivo	13	46,43%
Deductivo-Inductivo	4	14,29%
Total	28	100%

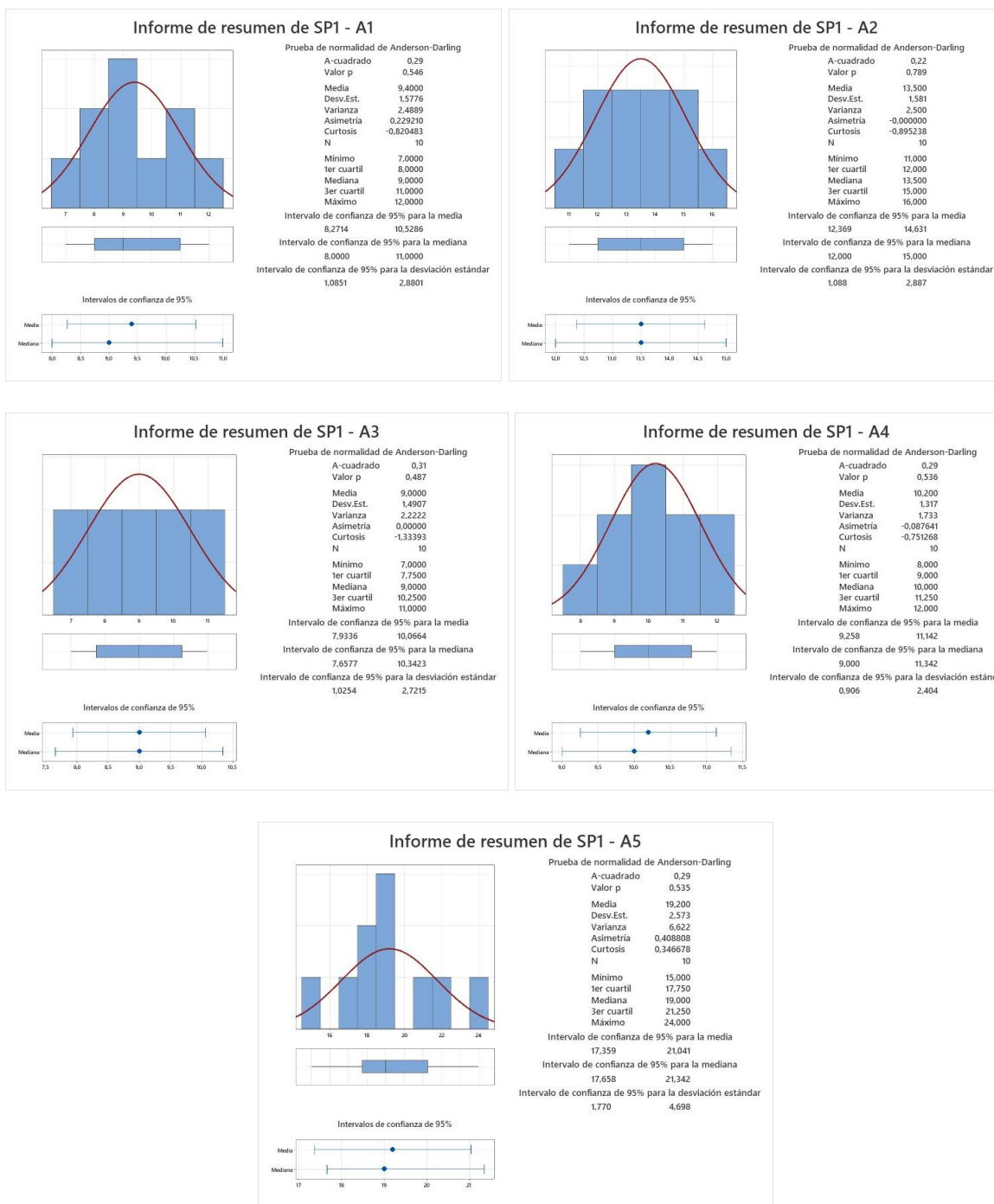
Nota: Elaborado por autor

Anexo 8. Técnicas e instrumentos utilizados

Técnica		
Tipo	Frecuencia	Porcentaje
Revisión documental	10	28,57%
Observación directa	16	45,71%
Estudio de tiempos	5	14,29%
Entrevistas	4	11,43%
Total	35	100%
Instrumento de recolección de datos		
Tipo	Frecuencia	Porcentaje
VSM	6	13,95%
Diagrama de flujo de procesos	3	6,98%
Manuales de mantenimiento	2	4,65%
Diagrama de Pareto	3	6,98%
Ficha de observación	12	27,91%
Five Why's analysis	2	4,65%
Diagrama de Ishikawa	3	6,98%
Matriz de correlación	1	2,33%
Diagrama de espagueti	4	9,30%
Matriz experimental	1	2,33%
Diagrama de Gantt	2	4,65%
Diagrama de precedencia	1	2,33%
Red de la cadena de suministro	1	2,33%
Layout	2	4,65%
Total	43	123%

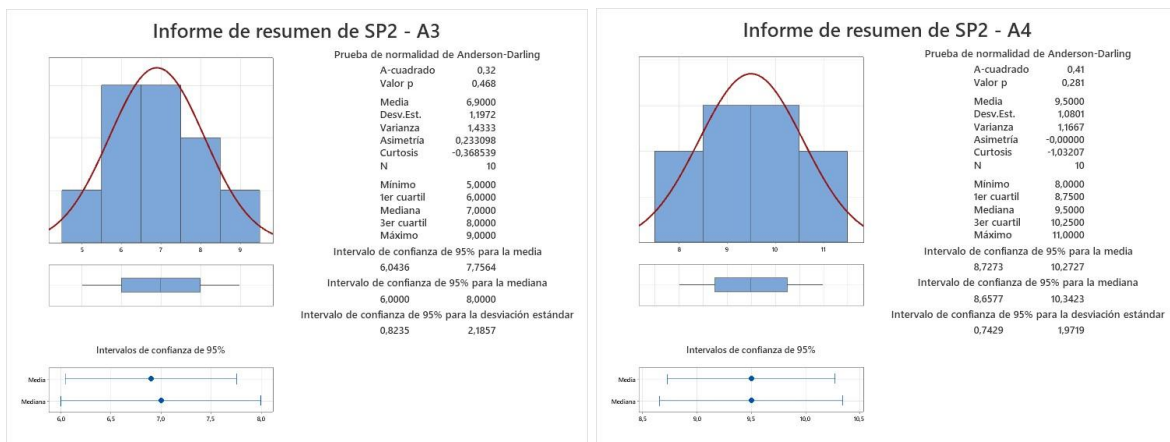
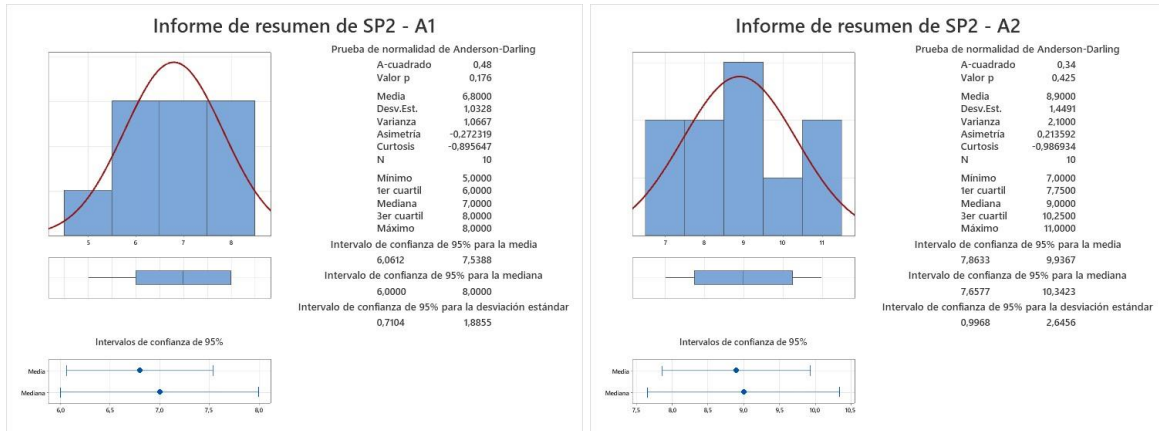
Nota: Elaborado por autor

Anexo 9. Resumen de Prueba de Normalidad de SP1



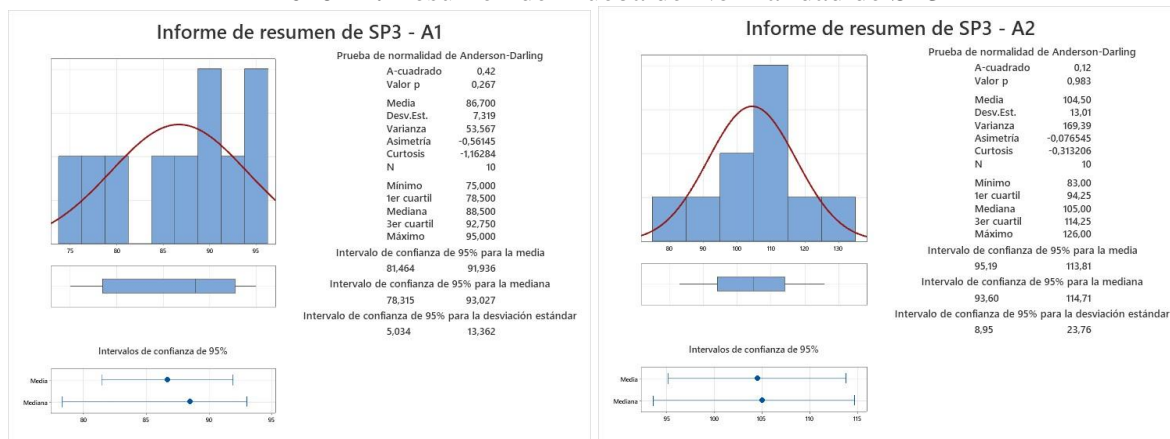
Nota: Elaborado por autor

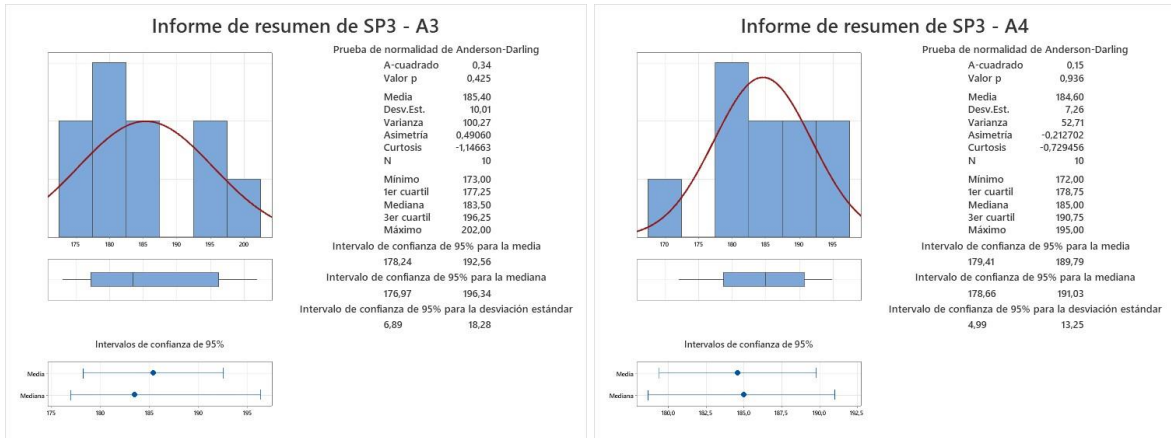
Anexo 10. Resumen de Prueba de Normalidad de SP2



Nota: Elaborado por autor

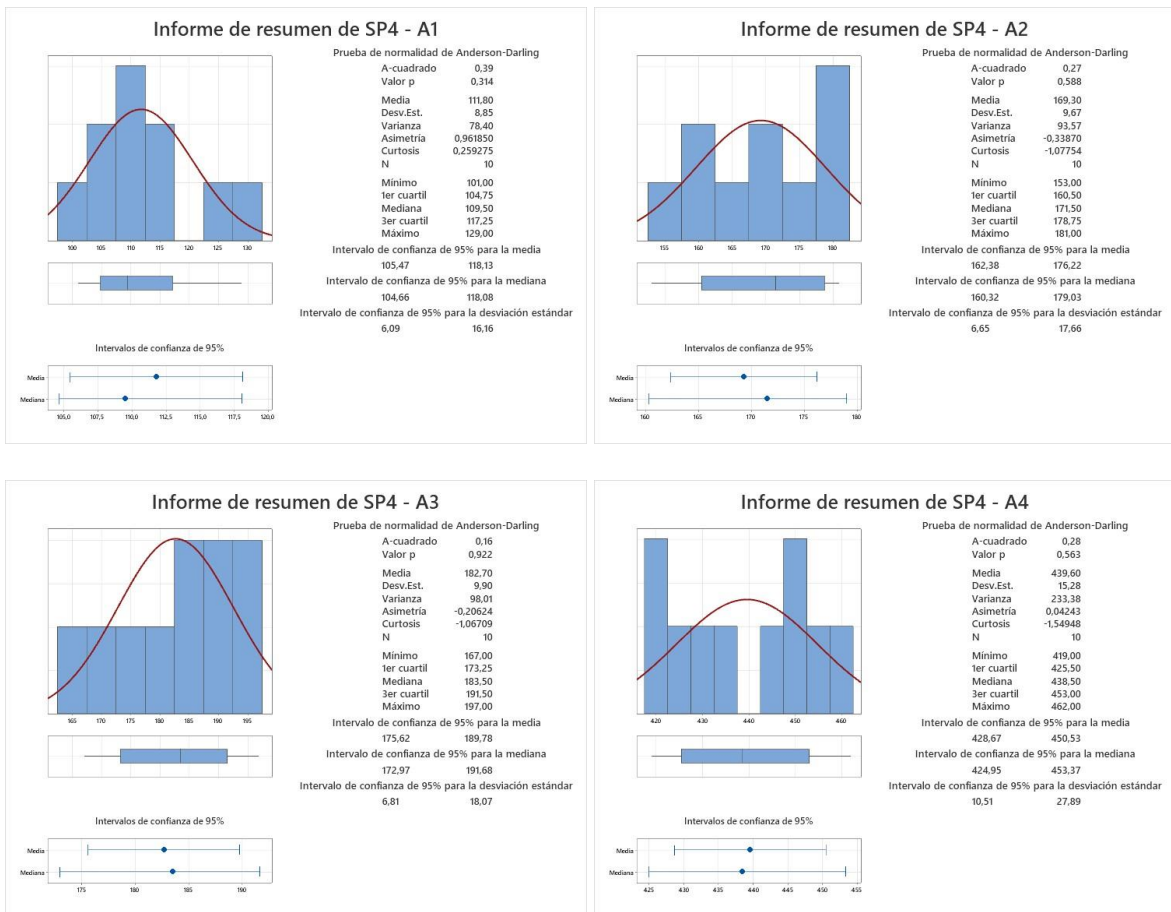
Anexo 11. Resumen de Prueba de Normalidad de SP3

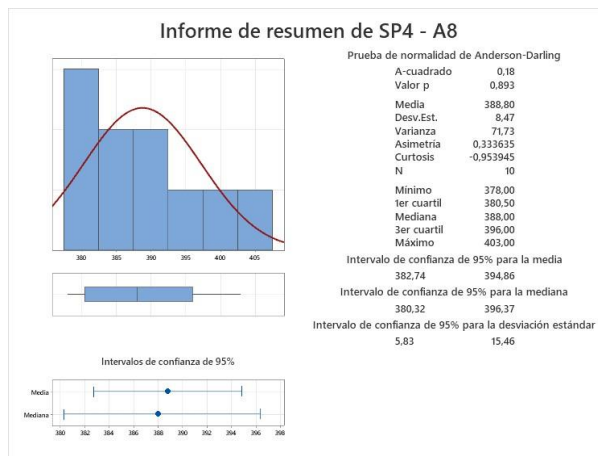
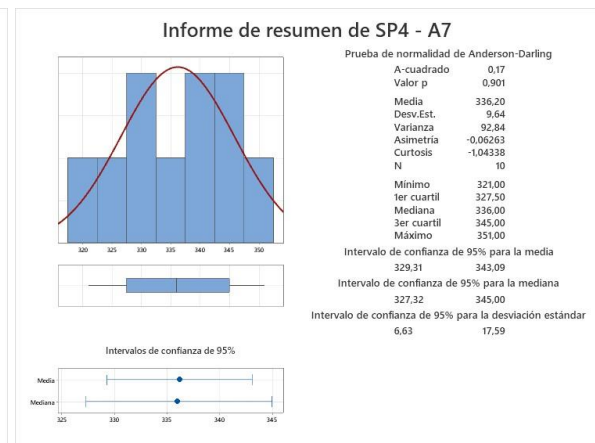
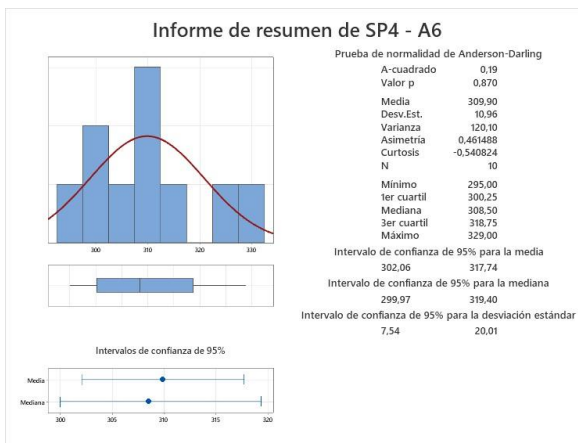
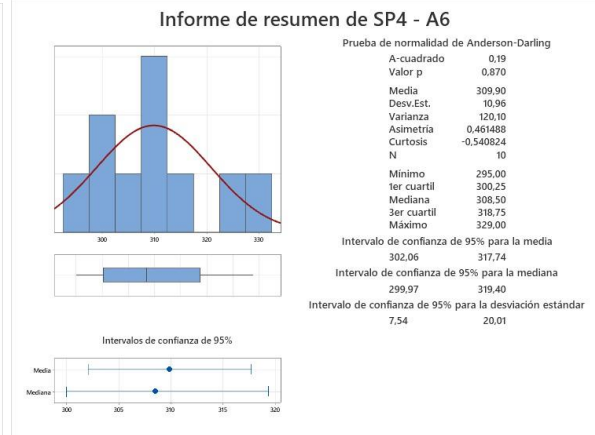
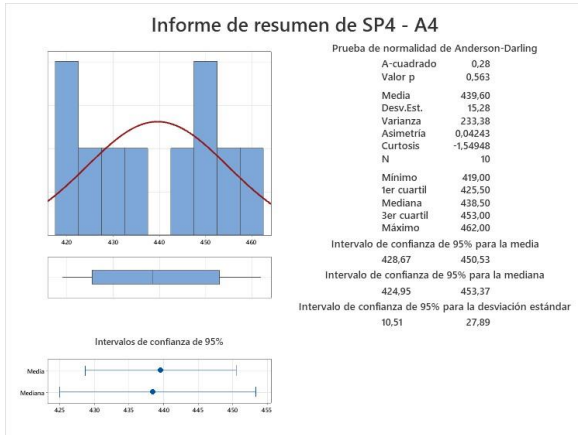




Nota: Elaborado por autor

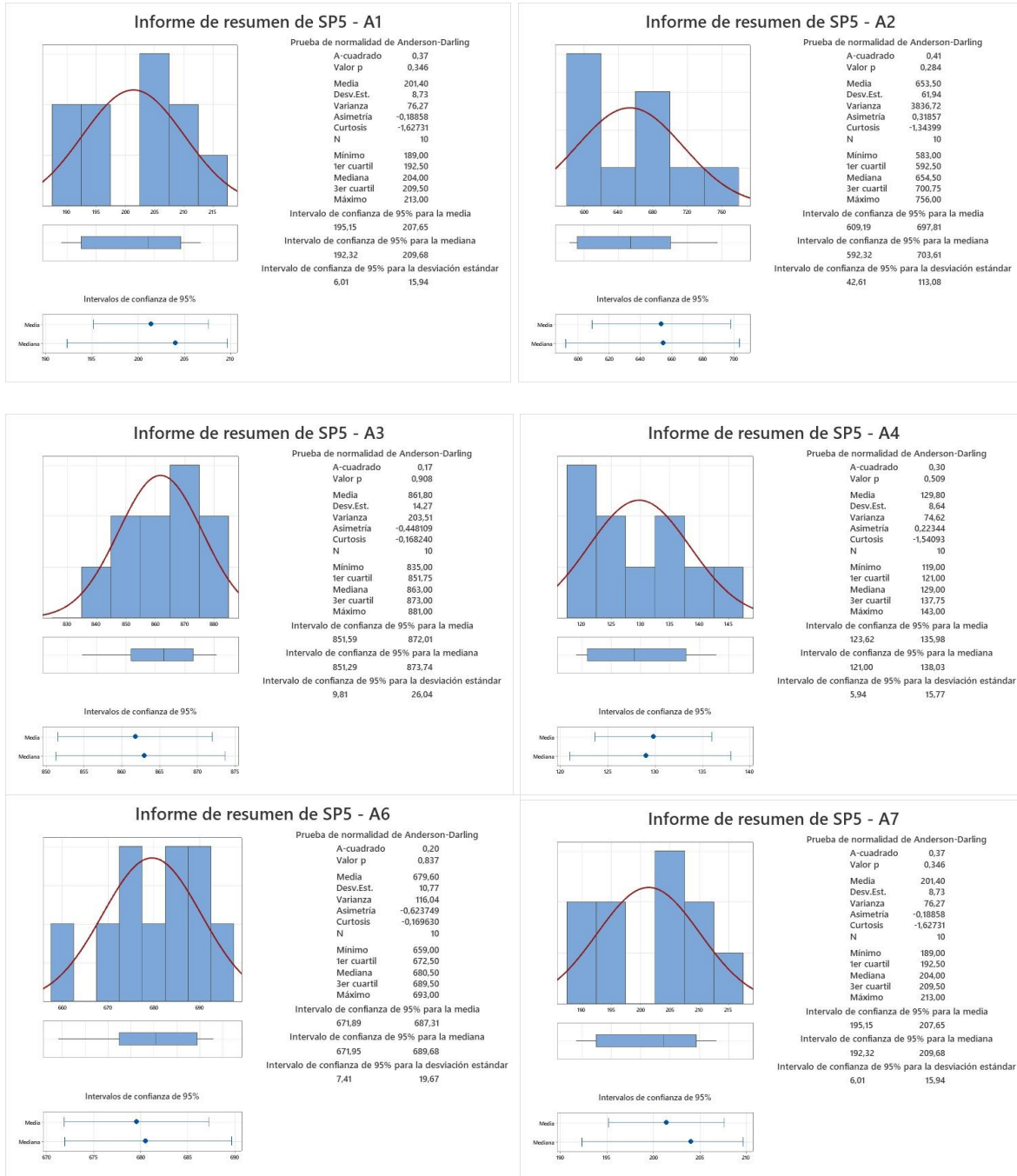
Anexo 12. Resumen de Prueba de Normalidad de SP4





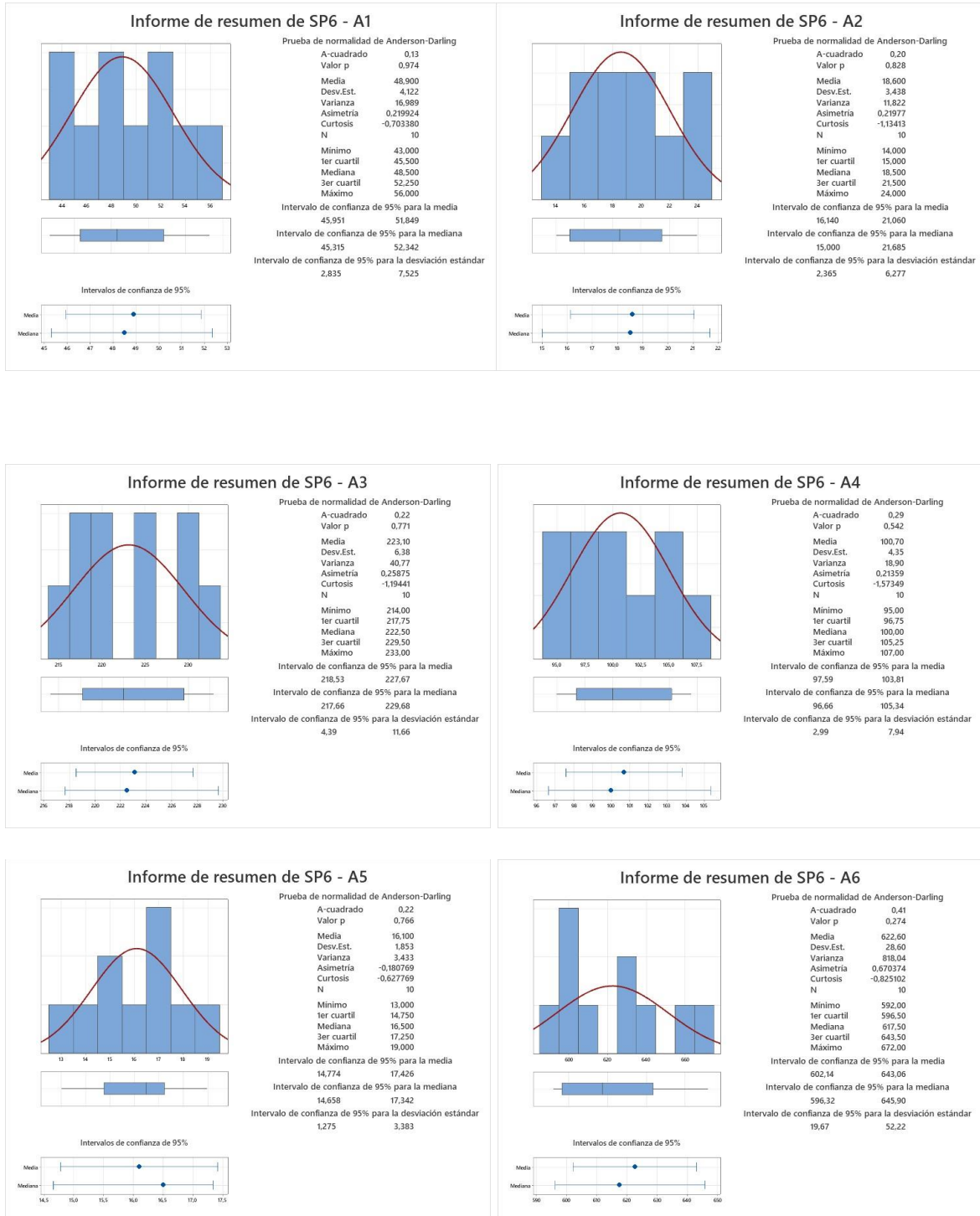
Nota: Elaborado por autor

Anexo 13. Resumen de Prueba de Normalidad de SP5





Nota: Elaborado por autor

Anexo 14. Resumen de Prueba de Normalidad de SP6



Nota: Elaborado por autor

Anexo 15. Hoja de registro de toma de tiempos 1

 HOJA DE REGISTRO: CRONOMETRAJE DEL TIEMPO DE CAMBIO 											
Fecha de elaboración:		Tiempo de ejecución (HH:MM:SS)									
No.	Descripción de actividades	REPLICAS									
		CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7	CF8	CF9	CF10
1	Apagar la prensa	00:00:09	00:00:11	00:00:08	00:00:07	00:00:09	00:00:11	00:00:08	00:00:09	00:00:12	00:00:10
2	Apagar cocinador	00:00:12	00:00:13	00:00:13	00:00:14	00:00:12	00:00:15	00:00:11	00:00:16	00:00:14	00:00:15
3	Apagar los transportadores helicoidales conectados a la prensa	00:00:07	00:00:08	00:00:10	00:00:09	00:00:08	00:00:07	00:00:11	00:00:09	00:00:10	00:00:11
4	Apagar los transportadores helicoidales conectados al secador	00:00:08	00:00:11	00:00:09	00:00:10	00:00:11	00:00:12	00:00:09	00:00:10	00:00:12	00:00:10
5	Apagar el resto de los equipos	00:00:18	00:00:15	00:00:19	00:00:22	00:00:19	00:00:17	00:00:18	00:00:24	00:00:19	00:00:21
6	Verificar que la prensa esté detenida por completo	00:00:08	00:00:07	00:00:06	00:00:07	00:00:08	00:00:05	00:00:06	00:00:07	00:00:08	00:00:06
7	Verificar el sistema de alimentación de la prensa	00:00:08	00:00:11	00:00:09	00:00:07	00:00:10	00:00:08	00:00:07	00:00:09	00:00:11	00:00:09
8	Verificar el sistema de transporte de llegada	00:00:06	00:00:07	00:00:06	00:00:08	00:00:07	00:00:05	00:00:08	00:00:09	00:00:07	00:00:06
9	Verificar el sistema de transporte de salida	00:00:09	00:00:08	00:00:09	00:00:10	00:00:09	00:00:11	00:00:10	00:00:08	00:00:11	00:00:10
10	Trasladar y preparar manguera de agua	00:01:29	00:01:31	00:01:19	00:01:35	00:01:17	00:01:26	00:01:35	00:01:32	00:01:15	00:01:02
11	Limpiar el sistema de alimentación de la prensa	00:01:45	00:01:58	00:01:36	00:01:53	00:01:29	00:01:49	00:02:06	00:01:45	00:01:23	00:01:41
12	Limpiar los transportadores helicoidales conectados a la prensa	00:03:01	00:03:16	00:02:58	00:03:22	00:02:53	00:03:06	00:03:17	00:03:07	00:02:55	00:02:59
13	Limpiar los transportadores helicoidales conectados al secador	00:03:16	00:03:08	00:03:01	00:03:10	00:02:58	00:03:13	00:03:09	00:02:53	00:02:52	00:02:58
14	Preparar y trasladar herramientas a la prensa	00:01:53	00:01:49	00:01:41	00:01:45	00:01:48	00:01:55	00:02:09	00:02:04	00:01:44	00:01:50
15	Aperturar el interior de la prensa	00:02:41	00:02:51	00:02:39	00:02:58	00:03:02	00:02:44	00:02:53	00:03:00	00:02:33	00:02:52
16	Limpiar la prensa con agua a presión	00:03:03	00:03:13	00:02:51	00:03:08	00:02:59	00:03:17	00:03:11	00:03:04	00:02:47	00:02:54
17	Desmontar bandas de distribución	00:07:01	00:07:14	00:06:53	00:07:32	00:07:07	00:07:42	00:07:36	00:07:23	00:07:11	00:07:31
18	Desmontar poleas	00:07:35	00:07:44	00:07:28	00:07:40	00:07:36	00:07:31	00:07:41	00:07:47	00:07:38	00:07:67
19	Regular el motor de prensa para el nuevo formato	00:05:08	00:04:58	00:05:01	00:05:09	00:05:12	00:05:24	00:05:29	00:05:06	00:04:55	00:05:17

Nota: Elaborado por autor

Anexo 16. Hoja de registro de toma de tiempos 2

20	Montar las nuevas poleas	0:05:21	0:05:38	0:05:32	0:05:45	0:05:26	0:05:34	0:05:46	0:05:51	0:05:27	0:05:42
21	Colocar las bandas de distribución	0:06:18	0:06:27	0:06:42	0:06:43	0:06:19	0:06:25	0:06:29	0:06:35	0:06:21	0:06:39
22	Verificar y preparar la materia prima a procesar	0:03:23	0:03:31	0:03:25	0:03:33	0:03:15	0:03:21	0:03:11	0:03:27	0:03:03	0:03:13
23	Encender calderos para generar vapor al cocinador	0:10:36	0:11:28	0:09:51	0:12:04	0:09:43	0:11:33	0:09:53	0:12:36	0:09:58	0:11:13
24	Esperar que se complete 80 PSI y 80 °C en el caldero	0:14:13	0:14:27	0:13:55	0:14:19	0:14:08	0:14:39	0:14:28	0:14:41	0:14:31	0:14:17
25	Aperturar llave de vapor al cocinador	0:02:01	0:02:17	0:01:59	0:02:11	0:02:04	0:02:03	0:02:15	0:02:23	0:02:07	0:02:28
26	Encender el transportador helicoidal que alimenta al cocinador	0:01:45	0:01:50	0:01:44	0:01:47	0:01:38	0:01:46	0:01:53	0:01:48	0:01:43	0:01:51
27	Encender y procesar con la cocina industrial	0:11:23	0:11:14	0:11:08	0:11:31	0:10:59	0:11:18	0:11:33	0:11:25	0:11:16	0:11:29
28	Encender el sumidero de prensa	0:00:52	0:00:48	0:00:43	0:00:56	0:00:44	0:00:49	0:00:47	0:00:51	0:00:46	0:00:53
29	Encender los transportadores helicoidales que alimentan la prensa	0:00:15	0:00:21	0:00:17	0:00:19	0:00:18	0:00:15	0:00:20	0:00:24	0:00:14	0:00:23
30	Encender la prensa	0:03:38	0:03:49	0:03:37	0:03:53	0:00:45	0:03:51	0:03:44	0:03:39	0:03:31	0:03:41
31	Verificar en el amperímetro que no se supere los 20 A.	0:01:45	0:01:39	0:01:41	0:01:35	0:01:38	0:01:43	0:01:36	0:01:46	0:01:37	0:01:47
32	Encender transportadores helicoidales conectados al secador	0:00:17	0:00:15	0:00:19	0:00:17	0:00:14	0:00:18	0:00:15	0:00:16	0:00:14	0:00:14
33	Empezar a procesar en la prensa	0:10:26	0:10:37	0:10:09	0:10:33	0:09:57	0:10:02	0:11:11	0:09:55	0:11:03	0:09:51

Nota: Elaborado por autor

Anexo 17. Base de datos para prueba de normalidad en Minitab 19 (1)

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data tables:

SP1: Apagado de las máquinas					
R/A	A1	A2	A3	A4	A5
R1	9	12	7	8	18
R2	11	13	8	11	15
R3	8	13	10	9	19
R4	7	14	9	10	22
R5	9	12	8	11	19
R6	11	15	7	12	17
R7	8	11	11	9	18
R8	9	16	9	10	24
R9	12	14	10	12	19
R10	10	15	11	10	21

SP4: Procedimiento de cambio de formato								
R/A	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
R1	113	161	183	421	455	308	321	378
R2	109	171	193	434	464	298	338	387
R3	101	159	171	419	448	301	332	392
R4	105	178	188	452	460	309	345	403
R5	108	182	179	427	456	312	326	379
R6	115	164	197	462	451	324	334	385
R7	129	173	191	456	461	329	346	389
R8	124	180	184	443	467	306	351	395
R9	104	153	167	431	458	295	327	381
R10	110	172	174	451	467	317	342	399

SP2: Verificación de maquinaria				
R/A	A1	A2	A3	A4
R1	8	8	6	9
R2	7	11	7	8
R3	6	9	6	9
R4	7	7	8	10
R5	8	10	7	9
R6	5	8	5	11
R7	6	7	8	10

SP3: Limpieza de transportadores helicoidales				
R/A	A1	A2	A3	A4
R1	89	105	181	196
R2	91	118	196	188
R3	79	96	178	181
R4	95	113	202	190
R5	77	89	173	178
R6	86	109	186	193
R7	95	126	197	187

SP5: Encendido de equipos previos al prensado						
R/A	A1	A2	A3	A4	A5	A6
R1	203	636	853	121	105	683
R2	211	688	867	137	110	674
R3	205	591	835	119	104	668
R4	213	724	859	131	107	691
R5	195	583	848	124	98	659
R6	209	693	879	121	106	678
R7	191	593	868	135	113	693

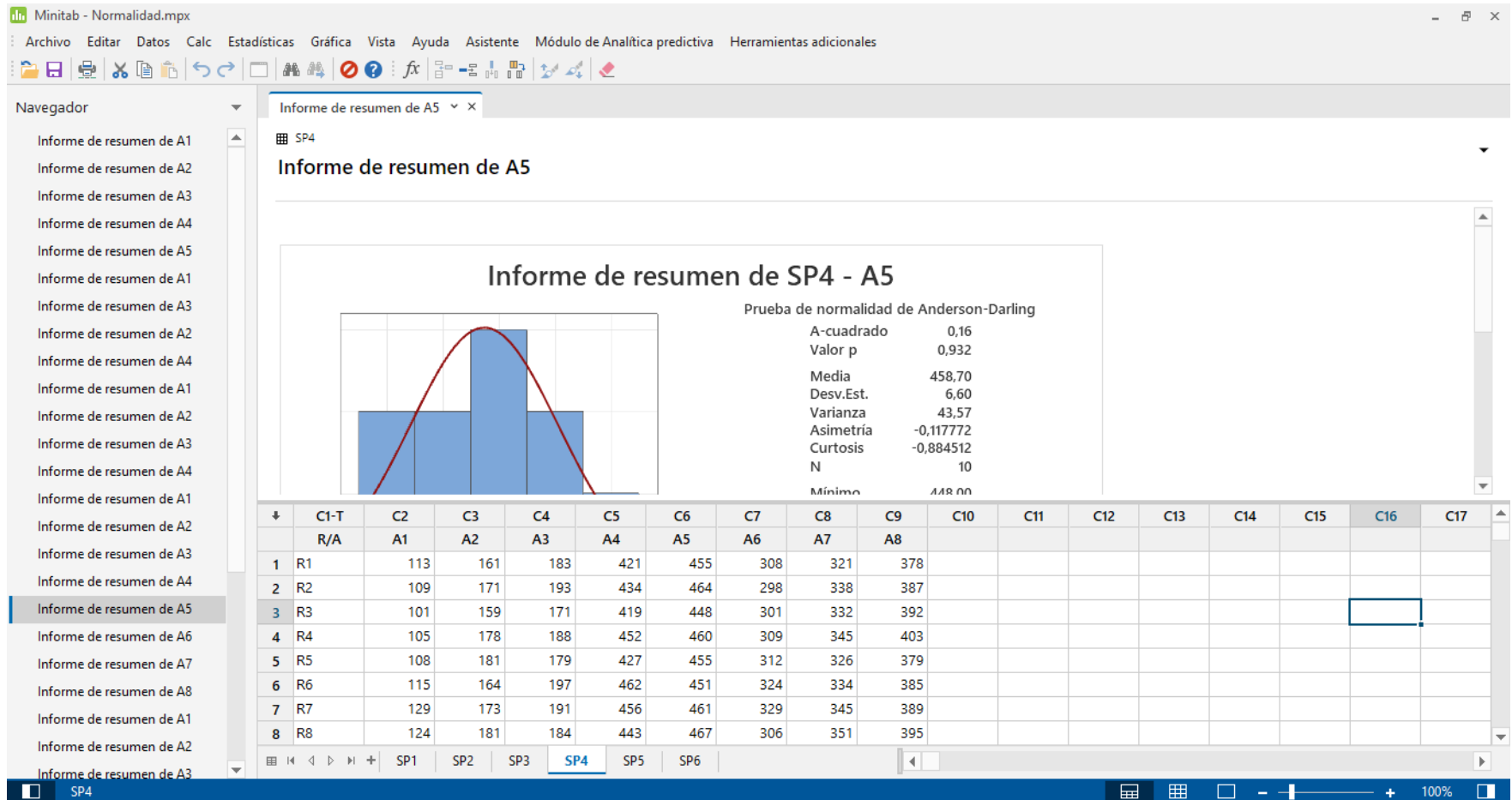
Nota: Elaborado en software Microsoft Excel

Anexo 18. Base de datos para prueba de normalidad en Minitab 19 (2)

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
18	R2	7	11	7	8		R2	91	118	196	188		R2	211	688	867	137	110	674		
19	R3	6	9	6	9		R3	79	96	178	181		R3	205	591	835	119	104	668		
20	R4	7	7	8	10		R4	95	113	202	190		R4	213	724	859	131	107	691		
21	R5	8	10	7	9		R5	77	89	173	178		R5	195	583	848	124	98	659		
22	R6	5	8	5	11		R6	86	109	186	193		R6	209	693	879	121	106	678		
23	R7	6	7	8	10		R7	95	126	197	187		R7	191	593	868	135	113	693		
24	R8	7	9	9	8		R8	92	105	187	183		R8	205	756	881	143	108	685		
25	R9	8	11	7	11		R9	75	83	175	172		R9	189	598	871	127	103	676		
26	R10	6	9	6	10		R10	88	101	179	178		R10	193	673	857	140	111	689		
27	SP6: Encendido y sincronizado de la prensa																				
29	R/A	A1	A2	A3	A4	A5	A6														
30	R1	52	15	218	105	17	626														
31	R2	48	21	229	99	15	637														
32	R3	43	17	217	101	19	609														
33	R4	56	19	233	95	17	633														
34	R5	44	18	225	98	14	597														
35	R6	49	15	231	103	18	602														
36	R7	47	20	224	96	15	671														
37	R8	51	24	219	106	16	595														
38	R9	46	14	214	97	17	663														
39	R10	53	23	221	107	14	591														

Nota: Elaborado en software Microsoft Excel

Anexo 19. Base de datos para prueba de normalidad



Nota: Elaborado en software Minitab 19

Anexo 20. Formato de ficha de observación antes del SMED

Ficha de observación: Cambio de formato antes del SMED					
No.	Descripción del proceso	Tiempo, s	Actividades		Observaciones
			Internas	Externas	
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					
31					
32					
33					
	TOTAL				

Nota: Elaborado por autor en base a Niekurzak et al., (2023) y Garcia et al. (2022)

Anexo 21. Formato de ficha de observación con los subprocesos

No.	Subprocesos	Descripción de actividades	Categoría		Observaciones
			Internas	Externas	
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					
31					
32					
33					
TOTAL					

Nota: Elaborado por autor en base a Niekurzak et al., (2023) y Garcia et al. (2022)

Anexo 22. Guía de entrevista 1



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



GUIA DE ENTREVISTA

Objetivo: La presente entrevista tiene como finalidad realizar un diagnóstico situacional desde el punto de vista del operario sobre el proceso de prensado.
Empresa: Rosmei S.A
Entrevistado: Alejandro Cruz
Cargo del entrevistado: Jefe de mantenimiento
Fecha de la entrevista: 18 de abril del 2024
Entrevistador: Wellington Apolinario Floreano

Preguntas

1. ¿Qué tipo de materia prima están procesando y cuál es la que mayor demanda tiene?

Actualmente se está procesando en mayor cantidad la sardina y la botella, pero también un cierto porcentaje de trompeta y morenillo. Esto depende siempre de la temporada del pescado.

2. ¿Cuál es la capacidad de la prensa?

La capacidad instalada de la prensa es 20 Toneladas, sin embargo, estamos procesando actualmente solo 16 Toneladas ya que tenemos un problemita con el molino al momento de procesar la botella, el motor se detiene ya que su potencia y velocidad no son suficientes. Por lo cual, hemos disminuido la capacidad productiva de la prensa a 16 T.

3. ¿Qué tiempo tiene operativa la prensa?

Desde su instalación ya tiene operando 8 meses.

4. ¿Qué problemas se han presentado en la prensa?

Gracias a Dios hasta el momento ninguno. Antes de instalarla nosotros la abrimos por completo, le cambiamos malla y pernos. En los primeros días si tuvimos un pequeño problemita, se atoró ya que el operador no estaba enseñado a trabajar con esa prensa y le colocaba exceso de materia prima. Esto pasó ya que no había el control de un amperímetro, pero hoy en día ya contamos con aquello y controlamos que no se supere los 20 A.

5. ¿Cómo se manejan los cambios de formato de la prensa?

Eso depende de la materia prima que se va a procesar, por ejemplo, cuando se procesa morenillo y botella se debe regular la prensa a 8 rev/min, ya que la carne es más dura y

Anexo 23. Guía de entrevista 2



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



requiere mayor velocidad. Y cuando es el caso de trompeta y sardina, se configura la prensa a 4 rev/min, debido a que la contextura del pescado es menos densa.

6. ¿Con que frecuencias se realizan los reajustes para el cambio de formato?

Esto es variable, depende mucho de la materia prima que llega a la planta. Pero generalmente estos cambios se hacen a diario, o hasta en el mismo día, en horas del día. Esto se debe a que la compañía no posee un barco propio, y por lo tanto se compra el pescado. A diferencia de otras compañías, acá se trabaja con diferente materia prima que a veces amerita cambiar el formato de la prensa. Por ejemplo, cuando es la temporada del pescado chuhueco se regula la prensa a bajas revoluciones ya que es un pescado muy grasoso.

7. ¿Con cuál configuración están trabajando actualmente?

Actualmente estamos trabajando a 4 ¾ rev/min, ya que hemos hecho una relación entre poleas, piñones, motor y reductor. Por lo cual nos ha dado ese calculo para lo que estamos produciendo por el momento.

8. ¿Qué tiempo les toma aproximadamente realizar el reajuste de la prensa para un nuevo formato?

Aproximadamente se llevan unos 40 minutos en todo el proceso, ya que se deben cambiar poleas, regular piñones y motor. Esto sería distinto si se contara con un variador de velocidad, ya que sería de manera automática la regulación de la velocidad de prensa y no se tendría que desarmar nada y ganaríamos bastante tiempo.

9. Considera entonces, ¿que la falta de un variador de velocidad en el motor de la prensa es el cuello de botella en esta etapa?

Efectivamente, a veces tenemos que correr con el tiempo ya que llega por lo general materia prima que requiere un aumento o disminución de la configuración que se viene trabajando y debemos realizar el cambio de poleas rápidamente para producir lo más pronto posible. En cambio, si se tuviera el variador de velocidad ya nos ahorraríamos de todo ese trabajo porque sin cambiar nada, y automáticamente se regularía la velocidad de prensado, incluso el pescado no tendría que esperar tanto para ser procesado.

Anexo 24. Carta de aceptación de tema de tesis



Manantial de Chanduy, 20 de Octubre del 2023

Ing. Franklin Reyes Soriano, MSc
Director de la Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Estatal Península de Santa Elena

Presente. –

Reciba un cordial saludo, a través de la presente **Compañía Rosmei S.A** tiene el agrado de notificarle la aceptación del proyecto: **Optimización del proceso de prensado para incrementar el rendimiento de la harina de pescado en la empresa Rosmei S.A, parroquia Chanduy – Ecuador;** desarrollado por el **Sr. Apolinario Floreano Wellington Slatter** con cédula de identidad N° **0928224864**, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial.

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

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Ignacio López Peña', is written over a horizontal line.

Ing. José Ignacio López Peña
GERENTE GENERAL
ROSMEI S.A
RUC: 0992289821001



DIRECCIÓN: COMUNA MANANTIAL DE CHANDUY. AV. PRINCIPAL
TELÉFONO: 042913188
SANTA ELENA – CHANDUY – ECUADOR

www.rosmei.com.ec

Anexo 26. Formato de hoja de registro



HOJA DE REGISTRO: CRONOMETRAJE DEL TIEMPO DE CAMBIO



Fecha de elaboración:		Tiempo de ejecución (HH: MM: SS)									
No.	Descripción de actividades	REPLICAS									
		CF1	CF2	CF3	CF4	CF5	CF6	CF7	CF8	CF9	CF10
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												
31												
32												
33												

Anexo 27. Evidencias de recolección de información



Nota: Torta de prensa (producto del proceso de prensado)



Nota: Planta en procesamiento



Nota: Prensa de doble husillo en funcionamiento (Amperímetro en 20 A)



Nota: Sistema de rodamiento de prensa



Nota: Entrevista al jefe de mantenimiento



Nota: Transportador helicoidal antes de ser limpiado



Nota: Preparación de MP en poza de recepción



Nota: Transportador helicoidal

Anexo 28. Cotización de Variador de frecuencia

INICIO NOSOTROS SERVICIOS TIENDA MARCAS BLOG

VARIADOR SINAMICS G120 75HP 480V PM240

[Inicio](#) > [Tienda](#) > [VARIADOR SINAMICS G120 75HP 480V PM240](#)

🔍
VARIADOR SINAMICS G120 75HP 480V PM240
◀ ▶

\$5,948.23

El variador de frecuencia modular: energéticamente eficiente, seguro y robusto.

SINAMICS G120® es el accionamiento universal para las exigencias más diversas en el ámbito industrial y empresarial. SINAMICS ofrece la solución adecuada para cada tarea de accionamiento. Es posible configurar, parametrizar, poner en servicio y manejar todos los accionamientos de forma unificada.

Precio incluye IVA

[Ficha técnica](#)
[Otros datos](#)

Fuente: Improselec S.A