



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

“MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA
APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA
EN LA EMPRESA JOPER, PROVINCIA DE SANTA ELENA,
ECUADOR”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

SUÁREZ ASECIO CRISTHIAN GREGORY

TUTOR:

ING. JORGE MANUEL LUCÍN BORBOR, MGTR.

La Libertad, Ecuador

2024

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

TEMA:

**“MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA
APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA
EN LA EMPRESA JOPER, PROVINCIA DE SANTA ELENA,
ECUADOR”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

SUÁREZ ASECIO CRISTHIAN GREGORY

TUTOR:

ING. JORGE MANUEL LUCÍN BORBOR, MGTR.

1998
LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

UPSE

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **SUÁREZ ASENCIO CRISTHIAN GREGORY**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

TUTOR



f. _____
Ing. Jorge Manuel Lucin Borbor, Mgtr.

DIRECTORA DE LA CARRERA



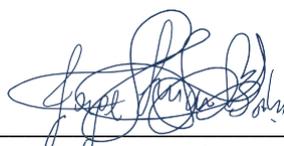
f. _____
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.

La Libertad, a los 4 días del mes de julio del año 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA EMPRESA JOPER, PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR”, elaborado por el Sr. SUÁREZ ASECIO CRISTHIAN GREGORY, 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 haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR



f. _____
Ing. Jorge Manuel Lucín Borbor, Mgtr.

La Libertad, a los 4 días del mes de julio del año 2024

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, SUÁREZ ASECIO CRISTHIAN GREGORY

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Mejoramiento de la capacidad productiva aplicando herramientas de manufactura esbelta en la empresa Joper, Provincia de Santa Elena, 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 responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 4 días del mes de julio del año 2024

f. 
Suárez Asencio Cristhian Gregory

AUTORIZACIÓN

Yo, **Suárez Asencio Cristhian Gregory**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **Mejoramiento de la capacidad productiva aplicando herramientas de manufactura esbelta en la empresa Joper, Provincia de Santa Elena, Ecuador**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 4 días del mes de julio del año 2024

AUTOR:

f. 

Suárez Asencio Cristhian Gregory

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “**MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA EMPRESA JOPER, PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR**” elaborado por el Sr. **SUÁREZ ASENCIO CRISTHIAN GREGORY**, 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 sistema anti plagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 5% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

 **CERTIFICADO DE ANÁLISIS**
magister

Ttitulacion_Cristhian_Suarez
Z

5% Textos sospechosos

7% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
1% entre las fuentes mencionadas (ignorado)
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Ttitulacion_Cristhian_Suarez.docx
ID del documento: 434b1249d2e3f8472909fde68ed9a8f07266c11e
Tamaño del documento original: 7,66 MB

Depositante: JUAN CARLOS MUYULEMA ALLAICA
Fecha de depósito: 24/6/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 24/6/2024

Número de palabras: 28.000
Número de caracteres: 182.906

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/10075/1/UPSE-TI-2023-0017.pdf 18 Fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (225 palabras)
2	 laccel.org Table of Content https://laccel.org/1.890/2023-VirtualEditorialtable-of-content.html 6 Fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (193 palabras)
3	 repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/10075/1/UPSE-TI-2023-0005.pdf 11 Fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (223 palabras)
4	 repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/10075/1/UPSE-TI-2023-0010.pdf 12 Fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (225 palabras)
5	 Documento de otro usuario #703dd El documento proviene de otro grupo 12 Fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (205 palabras)

f. _____



Ing. Jorge Manuel Lucín Borbor, Mgr.

C.I.: 0907211585

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Certificación de Gramatólogo

PhD. SHIRLEY CATUTO SOLANO.

Doctora en Educación

R.S. 8621218257

Santa Elena, junio 21 del 2024.

Certifica:

Que después de revisar el contenido del trabajo de titulación en opción al título de **INGENIERO INDUSTRIAL** de: **SUÁREZ ASENCIO CRISTHIAN GREGORY**, cuyo tema es: **“MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA EMPRESA JOPER, PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR”**, me permito declarar que el trabajo investigativo se encuentra idóneo y puede ser expuesto ante el jurado respectivo para la defensa del tema en mención.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



PhD. Shirley Catuto Solano.
Docente de Español A: Literatura
Cel: 0960999484
e-mail: fshirleycatuto247@hotmail.com

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, quien a través de sus selectos docentes me brindaron sus conocimientos durante mi etapa estudiantil hasta la culminación de mi trabajo investigativo.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi tutor Ing. Jorge Lucín Borbor, por su apoyo constante y valiosas sugerencias durante este trayecto.

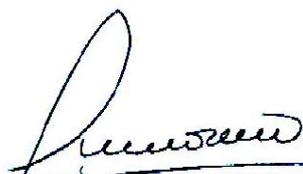
Suárez Asencio Cristhian Gregory

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres José y María, por su amor incondicional, sacrificio y constante apoyo han sido el faro que me ha guiado a lo largo de mi trayectoria académica. En memoria de mis abuelas, quienes con su sabiduría y amor eterno han sido una guía constante en mi vida. A mi hermana Jubicsa, por ser mi confidente y mi fuente de inspiración. Este trabajo está dedicado a ustedes, quienes han sido mi luz en los momentos más oscuro y mi motivo de celebración en los más brillante.

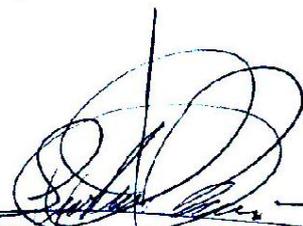
Suárez Asencio Cristhian Gregory

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. 

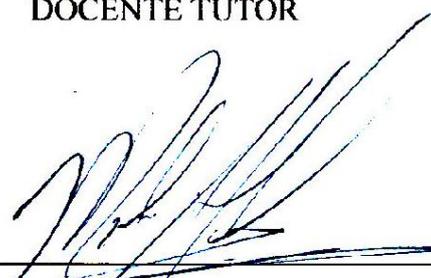
Ing. Edison Noé Buenaño Buenaño, MSc.

DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. Jorge Manuel Lucín Borbor, Mgtr.

DOCENTE TUTOR

f. 

Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, MEng.

DOCENTE GUÍA DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	v
AUTORIZACIÓN.....	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
DEDICATORIA	x
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	10
MARCO TEÓRICO	10
1.1. Antecedentes investigativos	10
1.2. Estado del arte	12
1.2.1 Revisión de alcance.....	12
1.2.2 Discusión de la revisión	26
1.3 Fundamentos teóricos.....	27
1.3.1 Variable Independiente: Manufactura esbelta.....	27
1.3.2 Variable Dependiente: Capacidad Productiva	36
CAPÍTULO II	39
MARCO METODOLÓGICO	39
2.1. Enfoque de investigación	39
2.2. Diseño de investigación	39
2.3. Procedimiento metodológico	40
2.4. Censo.....	42
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos	42

2.5.1.	Métodos de recolección de los datos	43
2.5.2.	Técnicas de recolección de los datos.....	43
2.5.3.	Instrumentos de recolección de los datos	44
2.6.	Variable (s) del estudio	45
2.7.	Procedimiento para la recolección de los datos	45
	CAPÍTULO III.....	47
	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
3.1.	Diagnóstico inicial	47
3.1.1	Proceso de producción.....	47
3.2.	Herramientas LM actual.....	54
3.3.	Propuesta de investigación.....	59
3.3.1	Propuesta de alternativas - 5s	59
3.3.2	Idea de nuevos vehículos para reducción de tiempos.....	70
3.3.3	Propuesta mejora estandarización de trabajo en secuencia de tiempos.....	71
3.4.	Herramientas LM propuesta.....	75
3.4.1	Herramienta 5s futura	75
3.4.2	Herramienta VSM futura.....	77
3.5.	Resultados de las herramientas	78
3.5.1	Resultados 5s	78
3.5.2	Resultados VSM.....	79
3.5.3	Cálculo de la productividad propuesta	79
3.6.	Presupuesto de investigación	81
3.7.	Marco de discusión	83
3.8.	Limitaciones del estudio	84
	CONCLUSIONES.....	85
	RECOMENDACIONES.....	86
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
	ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ponderación de las causas que afectan la baja productividad	5
Tabla 2. Tabla de frecuencia de las ponderaciones de las causas	6
Tabla 3. Resultados de las bases de datos	13
Tabla 4. Resultados obtenidos de la búsqueda de artículos	14
Tabla 5. Peso de los criterios.....	22
Tabla 6. Resultado de la comparación por pares.....	23
Tabla 7. Trabajadores por proceso de producción.	42
Tabla 8. Etapas de las 5s	44
Tabla 9. Escala de calificación de las preguntas de las 5s	45
Tabla 10. Plan de recolección de datos.	45
Tabla 11. Resumen de las etapas del proceso de producción.....	49
Tabla 12. Diagrama de flujo de procesos de la extracción de materia prima	51
Tabla 13. Tiempos de ciclo de las etapas de producción.	54
Tabla 14. Cálculo del lead time.....	54
Tabla 15. Tiempos de valor.....	55
Tabla 16. Frecuencia de los problemas encontrados.....	55
Tabla 17. Herramientas por aplicar para la solución de problemas	58
Tabla 18. Resultados Check list 5s inicial	58
Tabla 19. Etiquetas para señaléticas de identificación.....	60
Tabla 20. Formato de limpieza para la mejora continua en las áreas de trabajo.....	66
Tabla 21. Cronograma de capacitación propuesta	70
Tabla 22. Maquinarias y tiempos propuestos.....	71
Tabla 23. Actividades de la producción de silicato de calcio y precedencia	72
Tabla 24. Resultados obtenidos en la precedencia de actividades	74
Tabla 25. Resultados Check List 5s futuro.	76
Tabla 26. Actividades de valor.....	78
Tabla 27. Comparación de resultados Check List 5s.	78
Tabla 28. Comparación de resultados lead time	79
Tabla 29. Comparación de productividad	80
Tabla 30. Costos de investigación e implementación	82
Tabla 31. Cálculo del periodo de recuperación.....	82
Tabla 32. Cálculo del VAN y TIR	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa nivel I de las causas de los problemas	4
Figura 2. Diagrama de Pareto.....	6
Figura 3. Diagrama de Ishikawa nivel II.....	6
Figura 4. Estructura de la revisión de alcance	12
Figura 5. Criterios de inclusión y exclusión establecidos.....	13
Figura 6. Extracción de datos por metodología aplicada.....	20
Figura 7. Pasos para utilizar el AHP online.....	21
Figura 8. Criterios y alternativas para el AHP	21
Figura 9. Resultados obtenidos sobre las prioridades de las herramientas.....	23
Figura 10. Resultados de la categoría de técnica aplicada.....	24
Figura 11. Resultados de la categoría instrumento aplicado	25
Figura 12. Herramientas del LM	29
Figura 13. Etapas de Kaizen	31
Figura 14. Etapas del procedimiento metodológico.	40
Figura 15. Etapas de la recolección de datos.	43
Figura 16. Logo Empresa	47
Figura 17. Diagrama de flujo de procesos multicolumna de la producción	50
Figura 18. Diagrama de Pareto de los problemas encontrados.....	56
Figura 19. Gráfica VSM actual y problemas identificados.....	57
Figura 20. Gráfica de radar del diagnóstico inicial 5s.....	58
Figura 21. Gráfica de radar futuro	76
Figura 22. Resultados VSM futuro	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Carta de aceptación de la empresa de estudio.	94
Anexo B. Tabulación de los artículos por categorías	95
Anexo C. Corrección de inconsistencia en el peso de los criterios	96
Anexo D. Matriz de decisión de los criterios y sus pesos.....	96
Anexo E. Matrices de decisión	97
Anexo F. Resultados lista de verificación 5s actual.	99
Anexo G. Resultados del análisis de precedencia en POM - QM.	101
Anexo H. Gráfico de precedencia y diagrama de Gantt	102
Anexo I. Resultados 5s futuro.	103
Anexo J. Imágenes del proceso de producción	105
Anexo K. Evidencias de la toma de datos	106

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

LM: Lean Manufacturing

VSM: Value Stream Mapping – Mapa del Flujo de Valor

TPM: Total Productive Maintenance – Mantenimiento Productive Total

SMED: Single Minute Exchange of Die – Intercambio de matriz en un minuto

SW: Estandarización de trabajo – Standarization Work

AHP: Analytic Hierarchy Process – Proceso Analítico Jerarquico

TC: Tiempo de Ciclo

LT: Lead Time

TT: Takt Time

TVA: Tiempo de Valor Agregado

“MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA EMPRESA JOPER, PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR”

Autor: Suárez Asencio Cristhian Gregory

Tutor: Ing. Lucín Borbor Jorge Manuel, Mgtr.

RESUMEN

La aplicación de la manufactura esbelta o Lean Manufacturing permite a las empresas optimizar sus sistemas de producción y manteniendo un enfoque de mejora continua para la eliminación de desperdicios o actividades que no generen valor agregado al proceso, por ello, es importante plantear la implementación de herramientas que conforman esta metodología para buscar oportunidades de mejora dentro del sistema de producción. El objetivo de la investigación fue incrementar la capacidad productiva de la empresa de estudio mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en el proceso de producción de insumos agrícolas de la empresa JOPER. La metodología aplicada se basó en un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de tipo transversal – descriptivo, para el cual, se utilizó la observación como técnica de recolección de datos, con el fin de obtener información relacionada con el proceso de producción de la empresa de estudio, tiempos, distancias, volúmenes de producción, demandas, entre otros. Los resultados obtenidos mediante la observación determinaron puntos claves para la implementación de herramientas del LM como el VSM, 5S y SW para optimizar tiempos de producción de las actividades que no generan valor, logrando reducir en un 27.69% el Lead Time general del proceso, incrementando el cumplimiento de la lista de verificación de las 5s en un 57.5%, la productividad en un 38.81% y un 39.66% y 21.95% en la capacidad productiva teórica y real, respectivamente. En base a los resultados, se determina que la empresa de estudio redujo el tiempo de producción del Silicato de Calcio, logrando generar la misma demanda requerida a un menor tiempo.

Palabras Claves: Capacidad productiva, Lean Manufacturing, Herramientas LM, VSM, 5S, SW, Reducción de tiempos.

“IMPROVEMENT OF PRODUCTION CAPACITY BY APPLYING LEAN MANUFACTURING TOOLS IN THE JOPER COMPANY, PROVINCE OF SANTA ELENA, ECUADOR.”

Author: Suárez Asencio Cristhian Gregory

Tutor: Ing. Lucín Borbor Jorge Manuel, Mgtr.

ABSTRACT

The application of lean manufacturing or Lean Manufacturing allows companies to optimize their production systems and maintain a continuous improvement approach to eliminate waste or activities that do not generate added value to the process, therefore, it is important to consider the implementation of tools that make up this methodology to seek opportunities for improvement within the production system. The objective of the research was to increase the productive capacity of the company under study through the application of lean manufacturing tools in the production process of agricultural inputs of the JOPER company. The methodology applied was based on a quantitative approach, with a non-experimental design of transversal - descriptive type, for which, observation was used as a data collection technique, to obtain information related to the production process of the company under study, times, distances, production volumes, demands, and others. The results obtained through observation determined key points for the implementation of LM tools such as VSM, 5S and SW to optimize production times of activities that do not generate value, achieving a 27.69% reduction in the overall Lead Time of the process, increasing compliance with the 5s checklist by 57.5%, productivity by 38.81% and 39.66% and 21.95% in theoretical and real production capacity, respectively. Based on the results, it is determined that the study company reduced the production time of calcium silicate, managing to generate the same required demand in a shorter time.

Key words: Productive capacity, Lean Manufacturing, LM tools, VSM, 5S, SW, Time reduction.

INTRODUCCIÓN

La manufactura esbelta más conocido como Lean Manufacturing (LM) tuvo sus inicios a finales del siglo XIX, teniendo su primera aparición en principios de 1990 como concepto de manufactura esbelta en la máquina que cambio todo de Toyota (Cuggia-Jiménez et al., 2020). A nivel mundial se estima que el uso promedio de la esta filosofía es del 54% (Guzmán-Cahiguango & Cadena-Echeverria, 2023), países como Japón, China, Reino Unido, y países bajos han implementado esta filosofía, mediante herramientas que constantemente exigen altos estándares de calidad a un menor costo y tiempo, con el fin de optar por una mejora continua dentro de las empresas, con muchos beneficios para los sistemas de producción y su distribución de materiales (Torres et al., 2021).

Así mismo, empresas de los países de Iberoamérica han adoptado esta metodología, como, por ejemplo, en México el 77% de sus empresas lograron mejoras, mediante la implementación de herramienta LM con el fin de incrementar la productividad y su eficiencia, además de lograr reducir en un 30% sus costos (IDC, 2023), esta ha sido una de las herramientas más usadas para la mejora de procesos, en ella se involucra la eliminación de desperdicios para agregar valor a productos o servicios (Guzmán-Cahiguango & Cadena-Echeverria, 2023).

En Ecuador, se ha visto en la necesidad de cambiar la forma tradicional de operar de las empresas y optimizar los procesos productivos, además de eliminar los residuos generados en los mismos mediante el uso de LM, que toma en cuenta los conceptos de valor agregado y valor no agregado en actividades, recursos y otros aspectos del proceso. Por ejemplo, en la región costa, específicamente en la provincia del Oro, se implementó el LM en empresas paleteras, mediante la herramienta del VSM (Value Stream Mapping) para la mejora continua en términos de tiempos productivos, logrando optimizar en un 15% la producción de pallets, minimizando costos y tiempos (Mora-Chávez et al., 2022). Por lo que se determina que, así como existen empresas o provincias en donde se ha aplicado el LM, hay otras en las cuales no.

Una de ellas es la empresa JOPER situada en la provincia de Santa Elena, la misma que se dedica a la producción de orgánicos y enmiendas naturales como la bentonita, sulfato de calcio y silicato de calcio, dispuesta no solo a brindar productos de calidad, sino también a satisfacer las necesidades competitivas del mercado. Actualmente existen problemas dentro de la instalación de esta, los cuales se relacionan con la producción, su distribución y tiempos de entrega, además de la falta de producción para satisfacer la demanda.

Bajo este contexto, se propone implementar LM en los procesos de producción de la empresa, con el objetivo de organizar la producción, eliminar tiempos muertos, desperdicios, para mejorar su eficiencia y productividad. Su importancia radica en mejorar la producción y rentabilidad de la empresa, mejorando los procesos y beneficiando tanto a la empresa como a sus clientes.

La investigación se concentrará en un análisis de la producción y de los procesos que la integran, además de involucrar al personal para que tengan conocimiento acerca de las metodologías aplicadas, la respuesta al problema no involucrará implementar nuevas maquinarias, solo se tomará en cuenta su reorganización del sistema de producción en caso de ser necesario, siendo esta una de sus limitaciones.

Planteamiento del Problema

La integración del enfoque LM, ayuda a las industrias a lograr una eficiencia de producción óptima, una calidad mejorada del producto, lograr cero defectos, y la entrega del producto a tiempo a un costo óptimo, lo que permite a las empresas satisfacer las demandas futuras de los clientes (Ahsan-Habib et al., 2023). A nivel global, las empresas manufactureras enfrentan un entorno altamente competitivo y dinámico, las exigencias del mercado actual requieren que las organizaciones sean más eficientes, flexibles y rápidas en su capacidad de respuesta. En este contexto, el LM, originada en el sistema de producción de Toyota, se ha consolidado como una metodología clave para mejorar la productividad y reducir desperdicios (Leksic et al., 2020; Majava & Ojanperä, 2017).

En el ámbito regional de Latinoamérica, las empresas están adoptando cada vez más el LM para aumentar su competitividad. Esta busca optimizar todos los procesos

productivos, eliminando actividades que no generan valor y mejorando continuamente la eficiencia operativa (Pérez-Pucheta et al., 2019), su tendencia se observa en diversas industrias, desde la automotriz hasta la de bienes de consumo, donde la implementación de estas herramientas ha demostrado mejoras significativas en la calidad, costos y tiempos de entrega (Pérez-Pucheta et al., 2019).

Por otro lado, en Ecuador el sector manufacturero juega un papel crucial en la economía, contribuyendo significativamente al PIB y al empleo. Sin embargo, las empresas ecuatorianas enfrentan desafíos particulares, como altos costos operativos, limitaciones en infraestructura y una necesidad imperiosa de modernizar sus procesos productivos (Carvache-Franco et al., 2022). Los enfoques Lean se centra en reducir el desperdicio minimizando errores y mejorar la eficiencia optimizando los procesos, por lo tanto, las herramientas de LM promueven la tolerancia cero para los defectos de los componentes y los desperdicios durante el proceso de fabricación (Novirani et al., 2024).

En cambio, en la provincia de Santa Elena, la industria manufacturera es vital para el desarrollo económico local, las empresas tienen el reto de mejorar su capacidad productiva para competir tanto en el mercado nacional como internacional. La implementación de herramientas de LM en estas empresas puede ser un factor determinante para su sostenibilidad y crecimiento a mediano y largo plazo (Abualfarraa et al., 2020)

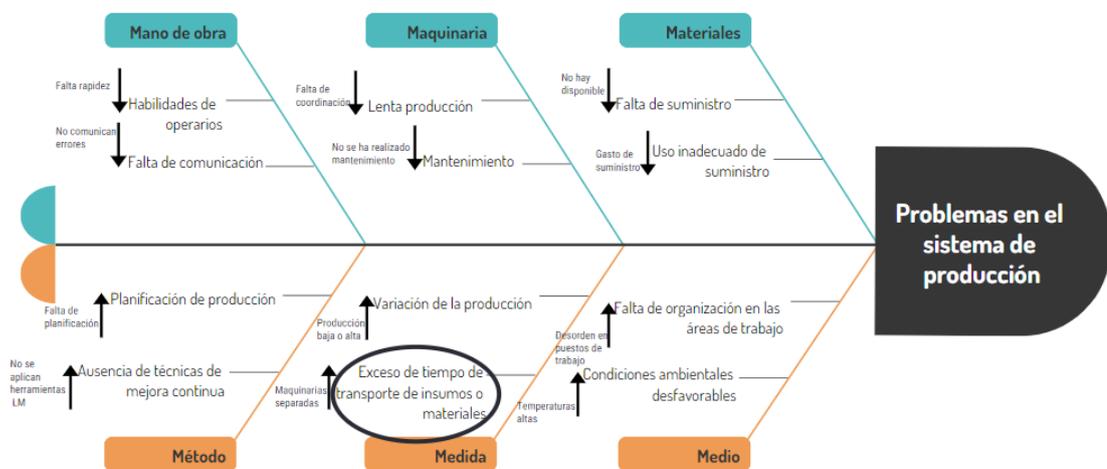
Este proyecto de investigación se llevará en una de las empresas de la provincia de Santa Elena, siendo esta JOPER, la misma que se especializa en la producción y distribución de Bentonita, sulfato de calcio y silicato de calcio. El estudio se centra en los procesos claves de los productos y aquellos que requieren atención inmediata para garantizar la continuidad de las operaciones. Por ello, se considera el punto de partida del análisis de los procesos de la empresa y, como parte del sistema de gestión, también presenta las propuestas necesarias para asegurar el correcto funcionamiento de todo el proceso productivo (Santoyo et al., 2023).

La empresa JOPER dedicada a la producción de orgánicos y enmiendas naturales como la bentonita, sulfato de calcio y silicato de calcio, comprometida a brindar productos de calidad y satisfacer las necesidades competitivas del mercado. Una de las estrategias que le ha permitido permanecer en el mercado es la diferencia

de los productos en termino de calidad y garantía, esto representa una ventaja competitiva en el mercado por la trayectoria del producto y, sobre todo, su experiencia y confiabilidad (Herrera et al., 2019).

Actualmente existen problemas en la producción de los productos debido a la falta de una adecuada planificación de los procesos productivos, han causado problemas e inconvenientes en el ambiente laboral, los tiempos de procesamiento de los productos se han extendido, lo que ha aumentado su costo. Se tendió a la empresa a un enfoque de mejora continua, debido a que la empresa no está familiarizada con la metodología LM que nos brinda sus herramientas para mejorar el desempeño y analizar la variabilidad y el control de los procesos en condiciones reales de producción y desempeño (Cervantes-Zubirías et al., 2022). Para analizar los problemas internos en la empresa, se plantea el diagrama de Ishikawa con las principales causas encontradas para el problema de producción en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de Ishikawa nivel I de las causas de los problemas



Nota: Elaborado por el autor.

El diagrama 6M planteado da a conocer los diferentes problemas que existen en el área de producción, clasificados según las categorías, describiéndose de la siguiente manera:

- Para la mano de obra se observa la falta de comunicación entre los trabajadores, debido a que, no dan a conocer los errores que se han generado en los procesos, también se requiere de posibles mejoras de sus habilidades, para aumentar su agilidad en la realización de tareas.

- Las maquinarias requieren de mantenimientos para mejorar la producción, en vista a que no se ha sido realizado últimamente, además de una falta de coordinación que ocasiona una lenta producción.

- Los suministros son utilizados de forma excesiva, creando desperdicio y dejando escasez de estos, haciendo posible que cuando son requeridos no haya disponibilidad de estos.

- Se requiere de las herramientas LM para promover la mejora continua y planificar la producción.

- Se observa una lentitud en el transporte de suministros o materiales de un proceso a otro, debido a que, las maquinarias se encuentran muy separadas

- También es necesario organizar los puestos de trabajos para tener un mejor ambiente laboral, por otro lado, el clima actual desfavorece la labor de los trabajadores.

Para corroborar que el exceso de tiempo de transporte de insumos de un proceso a otro es la causa principal de la baja productividad se plantea la Tabla 1.

Tabla 1. Ponderación de las causas que afectan la baja productividad

Causa	Calificación de su efecto con respecto a la baja productividad					Ponderación
	5	4	3	2	1	
Habilidades de los operarios			X			3
Falta de comunicación				X		2
Lenta producción				X		2
Mantenimiento			X			3
Falta de suministro		X				4
Uso inadecuado de suministros		X				4
Planificación de la producción			X			3
Ausencia de técnicas de mejora continua				X		2
Variación de la producción				X		2
Exceso de tiempo - transporte de insumos	X					5
Falta de organización en las áreas		X				4
Condiciones ambientales desfavorables				X		2

Nota: Elaborado por el autor.

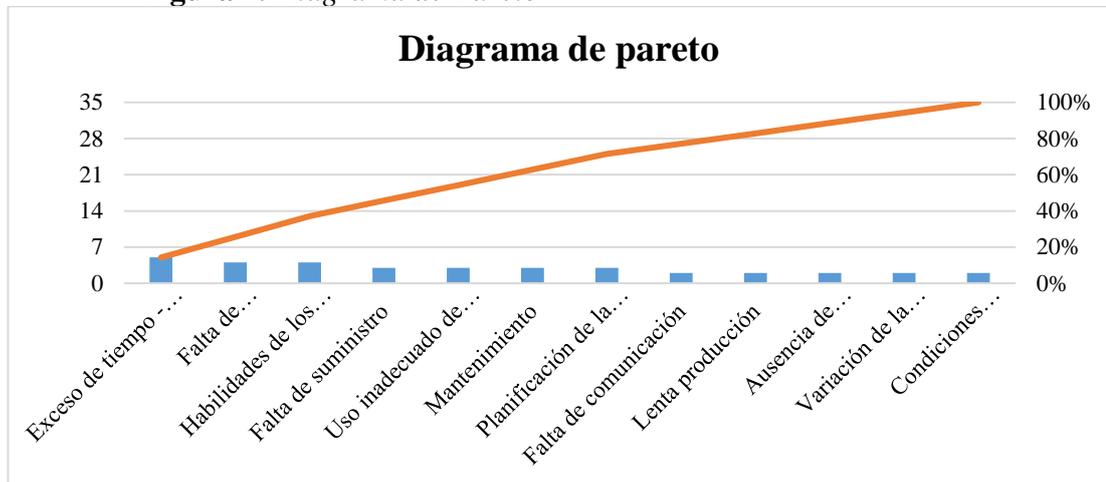
Y, por otro lado, se plantea la Tabla 2 de frecuencias, y la Gráfica 2 con el diagrama de Pareto.

Tabla 2. Tabla de frecuencia de las ponderaciones de las causas

Causa	Ponderación	Porcentaje	Acumulado
Exceso de tiempo - transporte de insumos	5	14,29%	14,29%
Falta de organización en las áreas de trabajo	4	11,43%	25,72%
Habilidades de los operarios	4	11,43%	37,15%
Falta de suministro	3	8,57%	45,72%
Uso inadecuado de suministro	3	8,57%	54,29%
Mantenimiento	3	8,57%	62,86%
Planificación de la producción	3	8,57%	71,43%
Falta de comunicación	2	5,71%	77,14%
Lenta producción	2	5,71%	82,85%
Ausencia de técnicas de mejora continua	2	5,71%	88,56%
Variación de la producción	2	5,71%	94,27%
Condiciones ambientales desfavorables	2	5,71%	100,00%
Total	35	100%	

Nota: Elaborado por el autor.

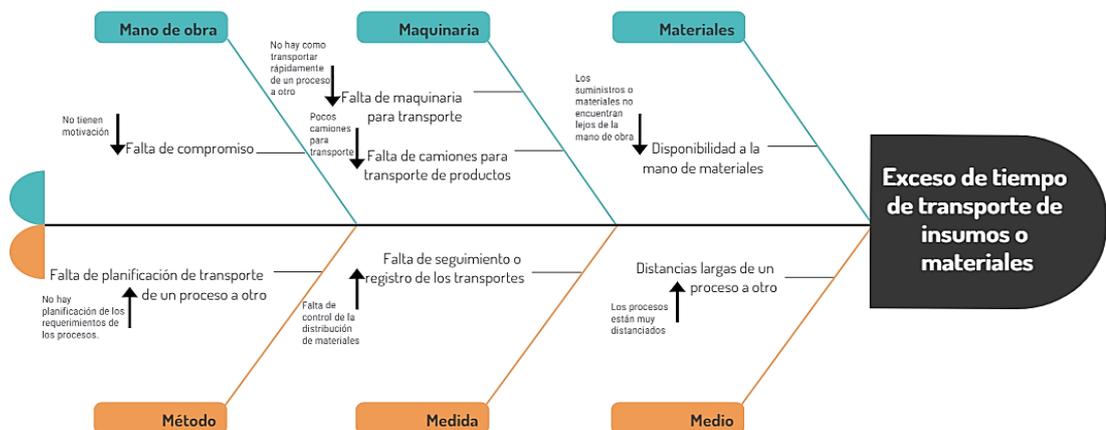
Figura 2. Diagrama de Pareto



Nota: Elaborado por el autor.

Así mismo, se plantea el diagrama de nivel II en la Figura 2 para encontrar las causas que ocasionan que el transporte de insumos o materiales sea con exceso de tiempo.

Figura 3. Diagrama de Ishikawa nivel II



Nota: Elaborado por el autor.

La Figura 3 da a conocer las causas del problema de exceso de tiempo, en el cual se destacan varias alternativas relacionadas entre sí, como la falta de materiales a la mano, con las largas distancias y la falta de transporte, al igual que con el compromiso de los trabajadores, debido a esto, se requiere de una herramienta LM para solucionar estos problemas, buscando eliminar tiempos, distancias o espacios para incrementar la capacidad de producción o productividad laboral.

La empresa se encuentra en un entorno empresarial que exige la mejora continua y la capacidad de adaptarse rápidamente a las condiciones cambiantes. La falta de una metodología de mejora ha dejado a las empresas en desventajas frente a competidores que han abrazado prácticas más ágiles y flexibles. La implementación de LM es una oportunidad para establecer una cultura de mejora continua y adaptabilidad.

Formulación del problema de investigación

¿Cómo mejorar la capacidad productiva de la empresa JOPER mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta en la empresa JOPER, provincia Santa Elena, Ecuador?

Alcance de la Investigación

La investigación se centra en la empresa Joper en la provincia de Santa Elena, con el propósito de aplicar la filosofía LM para mejorar su posición estratégica en el mercado local de producción de orgánicos y enmiendas naturales. Se llevará a cabo un exhaustivo análisis de los procesos de producción actuales, así como de las maquinarias y herramientas utilizadas, con el fin de identificar oportunidades para implementar las herramientas de LM como el VSM y 5s.

El estudio comprenderá un detallado análisis del control de producción, incluyendo la evaluación de tiempos. Se llevará a cabo un estudio de trabajo que permita un control efectivo de la producción, utilizando las herramientas LM propuestas en el proyecto, con el objetivo de mejorar continuamente la productividad de la empresa. Este análisis abarcará la evaluación de procesos realizados de forma manual y la propuesta de herramientas que garanticen el correcto funcionamiento de todo el proceso de control de producción en Joper.

La investigación no se limitará únicamente a la implementación de herramientas de LM, sino que también incluirá la capacitación y familiarización del personal de la empresa con estas herramientas, asegurando de esta manera una adecuada adopción y sostenibilidad de las mejoras propuestas.

Justificación de la investigación

La investigación propuesta para JOPER es importante para mejorar la rentabilidad de la empresa a través de la implementación de metodologías de LM, esta estrategia es trascendental al momento de reducir los costos de producción y optimizar la utilización de recursos. A nivel global es una necesidad real de que las empresas adopten herramientas para la mejora de procesos y así tomar un mayor impulso de crecimiento en el mercado (Guzmán-Cahiguango & Cadena-Echeverria, 2023).

La trascendencia radica en la capacidad de incrementar la productividad en la empresa de estudios, adoptando medidas que permitan disminuir desperdicios. También es fundamental en el ámbito de la industria orgánica y de enmiendas naturales. A pesar de que LM es ampliamente reconocida en la industria, su aplicación específica en este sector sigue siendo innovadora.

La originalidad de la investigación radica en su adaptación a las necesidades y características particulares de la producción de orgánicos y enmiendas naturales, lo cual brinda a JOPER una oportunidad única para destacarse en el mercado y consolidar su posición como líder en el sector. Además, de la aplicación de herramientas LM para impactar positivamente a la productividad de la empresa, reduciendo desperdicios o defectos para alcanzar altos estándares de calidad (Llacctas-Espinoza et al., 2023).

La viabilidad de esta investigación está respaldada por la exitosa experiencia previa de otros estudios como el de Santos et al. (2023), los mismos que han implementado prácticas similares en el sector manufacturero. Lo que proporciona un amplio campo de estudios potenciales, y datos relevantes para la investigación, siendo viable en términos de recursos y metodologías a utilizar.

Los beneficiarios internos del proyecto son los empleados mediante su mejora de condiciones de trabajo y la empresa a través de la rentabilidad, mientras que, los beneficiarios externos son los clientes mediante el ofrecimiento de productos de

calidad y precios más competitivos, además de futuras empresas o industrias que deseen aplicar esta metodología con las mismas herramientas que fueron utilizadas.

Ante lo mencionado, se plantean los siguientes objetivos para la investigación.

Objetivo General

Evaluar la mejora de la capacidad productiva aplicando herramientas Lean Manufacturing en la empresa JOPER, de la Provincia de Santa Elena, Ecuador.

Objetivo específico

- Desarrollar un marco teórico, basado en una revisión de alcance y método AHP para la obtención de información apta para el sustento de las variables del tema de estudio.
- Emplear un procedimiento metodológico, mediante técnicas e instrumentos de recolección de datos y de un procedimiento guía que permita un diagnóstico de la situación actual de la empresa y la evaluación.
- Analizar los resultados derivados de la propuesta de mejora de la capacidad productiva junto a indicadores de productividad, aplicando herramientas LM para la empresa JOPER.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

Existen diversas formas de implementar LM, para ello, dentro de los antecedentes investigativos se presentan diferentes alternativas realizadas por autores que aplican esta herramienta y dan soluciones a diferentes problemas, entre ellos se encuentra el incremento de la producción o capacidad productiva dentro de una empresa.

Iniciando con el autor Sardar-Singh et al., (2024), quienes implementaron herramientas del LM en los procesos de laminado de acero, los cuales emplearon la herramienta SMED (Intercambio de matriz en un solo minuto) y el TPM (Mantenimiento productivo total) con el objetivo de mejorar la productividad, mientras se minimiza las averías y maximizando la disponibilidad de equipos. Dentro de sus logros alcanzados se encuentra el aumento de la disponibilidad en un 11,37% y en un 5% la productividad, mientras que, la eficiencia de los equipos aumentó en un 30,30%.

Así mismo, Novirani et al., (2024) implementaron el LM en el proceso de estabilizador de estaño de una empresa denominada VALSAT, mediante el VSM (mapeo del flujo de valor), diagrama de flujo de procesos, evaluación de residuos y el método de los 5 why, con el fin de minimizar desperdicios en este proceso, reducir costos, maximizar la utilización de recursos y aumentar la eficiencia. Logrando resultados como la reducción del plazo de entrega hasta en 12 días y 1 hora, además de reducir tiempo en una actividad de un 75,3% a un 59,5% mediante el VSM.

Por otro lado, Dube & Gupta, (2023) aplicaron el LM en un taller de mecanizado, mediante la metodología 5s junto a la ayuda de la reorganización de las áreas de trabajo, con el fin de reducir residuos y costos en el entorno de producción. Los objetivos propuestos logrando aumentar la eficiencia pasando de un 53% a un 66%, y mediante la utilización del espacio de forma óptima se logró reducir costos, además de optar por un ambiente de trabajo más seguro y sin exceso de movimiento por parte de los trabajadores.

Mientras que, Pajuelo-Rojas et al., (2023) buscaron aplicar un modelo de integración de herramientas del LM en el proceso fabricación y reparación de pallets de una empresa, las herramientas utilizadas se encuentra el Ciclo de Deming, los pasos del DMAIC del six sigma, con el fin de minimizar los retrasos en la distribución de recursos. Logrando obtener buenos resultados como el 92% de aumento de la disponibilidad de pallets y en un 95% la eficiencia de la reparación de estos.

Al igual que, Ahsan-Habib et al., (2023) quienes implementaron el LM en una planta de etiquetado y empaque en Blangadesh, utilizando el VSM, Kanban, SMED y los 5 why, para mejorar el desempeño operativo de la misma, buscando reducir tiempos de entrega y la tasa de queja de los clientes, además de aumentar las unidades producidas por hora de trabajo y la efectividad de los equipos. Los resultados obtenidos reflejan una reducción del 7,1% en el tiempo de entrega, y en un 83% la tasa de queja de los clientes.

También, Santos et al., (2023) buscaron optimizar la gestión de la producción en un proceso de tapizados mediante herramientas lean, de las cuales se presentan el VSM, Diagrama de Spaghetti, Gemba, 5s, Estandarización de trabajo, Kaizen, Kanban, y Poka Yoke, logrando minimizar aproximadamente el 47% de los desperdicios, el tiempo de entrega en un 26% y un aumento de la producción del 33%, además de poder gestionar sus stocks y conllevando a la buena gestión de inventarios.

Además, Arambarri et al., (2023) aplicaron el LM en una mype o microempresa metalmecánica dedicada a la producción de Tees, con el fin de incrementar la productividad mediante el VMS, SMED, Poka Yoke, 5s, y el Kaizen las cuales pertenecen al LM, así mismo, utilizó el SLP (Systematic Layout Planning) y el TOPSIS. La investigación, pudo incrementar la productividad en un 14%, y la rentabilidad de la empresa aumentó de un 10,98% a un 28%.

En síntesis, los antecedentes mostrados evidencian la utilización de diferentes técnicas del LM para diferentes objetivos como incrementar la productividad, reducir desperdicios, optimizar tiempos, aprovechar recursos, reducir costos, aumentar la eficiencia, entre otros. Entre estas herramientas más utilizadas se encuentra el VMS, SMED, 5s, Poka-Yoke, Kaizen, Kanban, SixSigma, entre otros.

1.2. Estado del arte

El estado del arte consiste en revisar la literatura existente de un tema determinado en distintas bases de datos, para ello Diana (2023) afirma que la revisión de la literatura es un paso esencial en cualquier proyecto de investigación, ya que ayuda a categorizar la investigación y fundamentar la teórica y conceptualmente con base en lo que otros investigadores ya han escrito sobre el tema. La revisión de la literatura también tiene implicaciones a nivel metodológico, pues permite ver cómo otros autores han definido y operacionalizado las variables estudiadas, contribuye a la formulación de hipótesis, identifica limitaciones metodológicas, resultados contradictorios, entre otros, dentro de esta se aplica la Revisión de alcance “RS” en la investigación, así mismo, se utiliza un método de análisis multicriterio AHP para seleccionar la herramienta o metodología más adecuada para el caso de estudio.

1.2.1 Revisión de alcance

Como mencionan los autores Roselló-Novella et al., (2023), las revisiones de alcance son una herramienta ideal para determinar el alcance o la cobertura de un cuerpo de literatura sobre un tema determinado y dar una indicación clara del volumen de literatura y estudios disponibles, así como una descripción general de su enfoque. Las revisiones de alcance son útiles para examinar la evidencia emergente cuando aún no está claro qué otras preguntas más específicas pueden plantearse y abordarse de manera valiosa mediante una revisión sistemática más precisa. Para aplicar la revisión de alcance, se va a utilizar la estructura aplicada por (Baselga et al., 2022), la misma que se presenta en la Figura 4.

Figura 4. Estructura de la revisión de alcance



Nota: Elaborado por el autor.

Entonces, se plantea las preguntas de investigación: ¿Qué investigación existe acerca del aumento de la capacidad de producción en base a las herramientas del LM? ¿Cuáles son las herramientas que se han aplicado? ¿Qué tipo de técnicas e instrumentos se utilizaron para recolectar datos?

Continuando, identificando los estudios, entonces se definen las bases de datos a utilizar en la revisión de la literatura, entre las cuales se presentan: Redalyc, ScienceDirect, Scielo y Scopus. La búsqueda se limitó a las palabras claves: lean manufacturing, productividad, calidad, análisis. Con los conjuntos de datos identificados, se completó una estructura de investigación en artículos científicos con los siguientes filtros adjuntos o palabras claves para las búsquedas booleanas: “Mejoramiento de la capacidad productiva”, “manufactura esbelta”, “Capacidad productiva”, “Aplicación de LM”, “Propuesta de herramientas”.

Así mismo, se plantean los criterios de inclusión y exclusión para la selección de artículos de las bases de datos, las cuales se presentan en la Figura 5.

Figura 5. *Criterios de inclusión y exclusión establecidos.*

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> • Artículos relacionados con el LM y la producción o aumento de la productividad • Artículos publicados entre el 01 de enero del 2020 al 28 de febrero del 2024 • Artículos en inglés y español • Artículos de acceso libre • Artículos de ingeniería 	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos no relacionados al tema • Artículos publicados antes del 2020 • Artículos que no sean en inglés o español

Nota: Elaborado por el autor.

La selección de los artículos se muestra en la Tabla 3, con el número de artículos seleccionados por cada base de datos.

Tabla 3. *Resultados de las bases de datos*

Base de datos	Artículos	Seleccionados para la investigación
Redalyc	208	3
ScienceDirect	109	3
Scielo	33	4
Scopus	492	20

Nota: Elaborado por el autor.

Los resultados presentados en la Tabla 3, fueron obtenidos luego de haber aplicado los criterios de inclusión y exclusión como filtros en cada una de las bases de

datos, además de leer detenidamente cada uno de ellos, finalizando con un total de 30 artículos. De la misma forma, se presenta la Tabla 4 con la tabulación de los artículos seleccionados o presentación de los resultados.

Tabla 4. *Resultados obtenidos de la búsqueda de artículos*

N°	Cita	Tema	Variable
1	(Contreras-Castañeda et al., 2024)	Startup Lean-Kaizen en procesos productivos de panela: el caso de un trapiche	Lean Manufacturing
2	(Slavina & Štefanić, 2024)	Facing Challenges of Implementing Total Productive Management and Lean Tools in Manufacturing Enterprises	Lean Manufacturing
3	(Sardar-Singh et al., 2024)	Implementation of lean manufacturing methods to improve rolling mill productivity	Lean Manufacturing
4	(Bella-Widiwati et al., 2024)	The implementation of Lean Six Sigma approach to minimize waste at a food manufacturing industry	Lean Manufacturing
5	(Novirani et al., 2024)	Application of Lean Manufacturing to Minimize Waste in The Production Process of Tin Stabilizer	Lean Manufacturing
6	(Dube & Gupta, 2023)	Lean Manufacturing Based Space Utilization and Motion Waste Reduction for Efficiency Enhancement in a Machining Shop: A Case Study	Lean Manufacturing
7	(Pawlak et al., 2023)	Analysis of the impact of the 5S tool and Standardization on the duration of the production process - case study	Lean Manufacturing
8	(Pajuelo-Rojas et al., 2023)	Minimization of Product Distribution Delays through An Integration Model of Lean Manufacturing Tools and A3 Report - Case Study	Lean Manufacturing

9	(Ahsan-Habib et al., 2023)	Implementing lean manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh	Lean Manufacturing
10	(Santos et al., 2023)	Optimization of the Production Management of an Upholstery Manufacturing Process Using Lean Tools: A Case Study	Capacidad Productiva
11	(Konrad et al., 2023)	Crate consolidation and standardization using lean manufacturing systems	Lean Manufacturing
12	(Soza-Salgado et al., 2023)	Aplicación de herramientas de lean manufacturing para mejora en una línea de producción	Capacidad Productiva
13	(Llacctas-Espinoza et al., 2023)	Application of the Lean Manufacturing methodology for the increase of production in a company furniture manufacturer, year 2022	Capacidad Productiva
14	(Quiroz-Flores et al., 2023)	Lean Management model to improve production efficiency in an MYPE in the textile sector	Capacidad Productiva
15	(Bravo-Fernandez, 2023)	Aplicación de herramientas Lean Manufacturing (5S, Andon y Tiempo Estándar) para el aumento de la productividad en el área de producción de una empresa metalmeccánica	Capacidad Productiva
16	(Arambarri et al., 2023)	Metodología para incrementar la productividad del proceso productivo en una mype metalmeccánica de producción de Tees utilizando Lean Manufacturing, Systematic Layout Planning y TOPSIS	Capacidad Productiva
17	(Saravanan et al., 2023)	A Proposed Model for Productivity Improvement by Implementation of Lean	Capacidad Productiva

Manufacturing Techniques in a Textile Industry			
18	(Florian-Castillo et al., 2023)	Diseño de un Modelo basado en Lean Manufacturing para la Productividad de una MyPE del Sector Calzado	Capacidad Productiva
19	(Lazarte-Pazos et al., 2023)	Implementation of Lean Manufacturing to Increase Productivity in the Manufacture of Kitchen Sinks in a Metal-Mechanical Company	Capacidad Productiva
20	(Anticonayupanqui et al., 2023)	Aplicación de herramientas lean manufacturing para incrementar la productividad en una empresa de calzados de Perú	Capacidad Productiva
21	(Jara et al., 2023)	Application of Lean Manufacturing to Increase Productivity of a Company in the Metalworking Sector	Capacidad Productiva
22	(Fuentes et al., 2022)	Desarrollo de herramientas lean manufacturing para la línea de producción en PRINTER colombiana S.A.S	Capacidad Productiva
23	(Ortiz Porras et al., 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	Capacidad Productiva
24	(Munive-Silvestre et al., 2022)	Implementation of a Lean Manufacturing and SLP- based system for a footwear company	Lean Manufacturing
25	(Vargas-Crisóstomo & Camero-Jiménez, 2021)	Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera	Capacidad Productiva

26	(Patil et al., 2021)	Application of value stream mapping to enhance productivity by reducing manufacturing lead time in a manufacturing company: A case study	Capacidad Productiva
27	(Martínez-Saavedra & Arboleda-Zuñiga, 2021)	Propuesta para la reducción de tiempos y productos no conformes en el área de confecciones de la empresa Suramericana de Guantes S. A. S. mediante herramientas de lean Manufacturing	Lean Manufacturing
28	(Martínez-Martínez, 2021)	Implementation of Lean Manufacturing through the Reconstruction of its Trajectory: An Experience of an Auto Parts Company in Mexico	Lean Manufacturing
29	(Camacaro-Peña et al., 2021)	Mapa de cadena de valor como una herramienta para la mejora de los procesos de cosecha y postcosecha en una empresa productora de piña	Lean Manufacturing
30	(Cabrera et al., 2020)	Improving quality by implementing lean manufacturing, SPC and HACCP in the food industry	Capacidad Productiva

Nota: Elaborado por el autor.

La Tabla 2, dio a conocer los 30 artículos obtenidos durante la revisión de alcance de la literatura, de los cuáles se presentó la cita de cada uno de ellos, al igual que su tema de investigación y la relación que tienen con las variables de estudio. De la misma que se describe que Contreras-Castañeda et al., (2024) utilizaron las herramientas 5s, Kaizen, Deming y VMS para la estandarización, orden, limpieza y eliminación de desperdicios del proceso productivo, obteniendo un incremento del 63% en la ejecución de actividades de orden y limpieza y un 10 en la mejora del tiempo de producción. Slavina & Štefanić (2024) aplicaron el TPM para la optimización del mantenimiento, logrando obtener información sobre gestiones para solucionar problemas que impidan la implementación de esta herramienta. Sardar-Singh et al., (2024) utilizaron el TPM Y SMED para reducir el tiempo de inactividad en el proceso de laminación y la disponibilidad de equipos, obteniendo un incremento del 5% en

productividad, 11,37% en disponibilidad y una eficiencia promedio de equipos del 30,3%.

Por otro lado, Bella-Widiwati et al., (2024) aplicaron las 5s, six sigma, y el VMS para mejorar la capacidad de procesos y reducir desperdicio, disminuyendo 12 min en tiempos de entrega, al igual que un 12,630 el número de piezas perdidas por minuto. Novirani et al., (2024) también utilizaron las 5s y six sigma para minimizar desperdicios en una etapa del proceso de producción, minimizando el plazo de entregas en 12 días y 1 hora. Dube & Gupta (2023) mediante las 5s buscaron reorganizar los puestos de trabajos y máquinas además de eliminar desperdicios, incrementando en un 13% su eficiencia del proceso. Pawlak et al., (2023) aplicaron las 5s, el VSM y las 5w (5 porqués) para el análisis de la efectividad del proceso, reduciendo en un 23% el tiempo total de producción. Pajuelo-Rojas et al., (2023) utilizaron el six sigma, Deming, y la SW para garantizar el éxito y la mejora del tiempo de entrega más rápida de un producto, incrementando su disponibilidad de este en un 92% y su reparación en un 95%. Ahsan-Habib et al., (2023) a través del Kanban, VMS, SMED, y 5W buscaron mejorar el desempeño operativo de una planta de etiquetado y empaquetado, mejorando en un 7.1% el tiempo de entrega.

Mientras que, Santos et al., (2023) aplicaron Kanban, 5s, Kaizen, VSM, Poka-Yoke, Gemba, y SW para la optimización de la gestión de la producción en un proceso de tamizado, disminuyendo el lead time en un 26% e incrementando la producción en un 33%. Konrad et al., (2023) utilizaron Kanban y Poka-Yoke para eliminar costos, tiempos y errores de empaque en un proceso, mejorando la distancia recorrida en un 88% y en un 31% la eficiencia de los trabajadores. Soza-Salgado et al., (2023) presentaron un plan de mejora para la línea de producción, mediante herramientas como 5s, VSM y JIT, mejorando la productividad en un 14,73%. Llacctas-Espinoza et al., (2023) buscaron incrementar la producción utilizando las 5s y VSM en una empresa manufacturera, aumentando el cumplimiento de pedidos en un 33%. Quiroz-Flores et al., (2023) mediante las 5s, TPM, VSM y SW buscaron incrementar la eficiencia de producción en el sector textil, incrementándola en un 5.52%. Bravo-Fernandez (2023) aplicó las 5s y VSM para el aumento de la productividad en una empresa, incrementándola de 0.26 ton/soles a 0.33 ton/soles.

Así mismo, Arambarri et al., (2023) mediante 5s, Kaizen, VSM, Poka-Yoke y SMED buscaron mejorar la gestión de la producción y la productividad en una empresa, mejorándola en un 14%, incrementando la rentabilidad en un 17.02%. Saravanan et al., (2023) a través de las 5s y VSM, buscan maximizar la utilización de recursos y minimizar desperdicios, logrando reducir 34 min de tiempo de ciclo, y mejorando la productividad en un 4.84%. Florian-Castillo et al., (2023) diseñaron un modelo basaron en herramientas LM para la productividad en una empresa, mediante 5s, VSM y SMED, logrando reducir en un 8.85 min el tiempo de montaje y a un 0% los elementos deteriorados. Lazarte-Pazos et al., (2023) aplicaron 5s, Kanban, Jidoka, y VSM para incrementar la productividad en la fabricación de lavadoras, mejorándola en un 5,02% y reduciendo un 3,23% los productos defectuosos. Anticona-Yupanqui et al., (2023) utilizaron Kaizen y 5s de igual manera para la mejora de la productividad, con resultados de incremento de 6,26 pares/ horas-hombre.

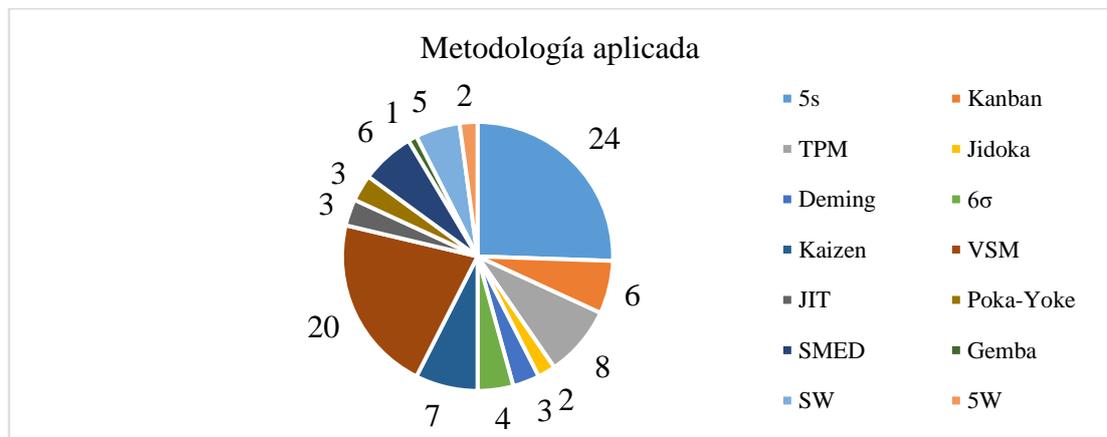
También, Jara et al., (2023) mediante 5s, Kanban, VSM y JIT optaron por reducir desperdicios e incrementar la productividad, aumentándola en un 10% y la reducción en un 60%. Fuentes et al., (2022) buscaron desarrollar herramientas LM que se adapten a la línea de producción de una empresa, mediante 5s, Deming, y VSM, disminuyendo en un 75% el tiempo de recorrido. Ortiz Porrás et al., (2022) a través de 5s, Kanban, TPM, Six Sigma, VSM, JIT y SMED plantearon un modelo de gestión para la mejora de la productividad en la que se obtuvieron como resultados un incremento del 20% de productividad hora-hombre. Munive-Silvestre et al., (2022) para reestructurar el área de operaciones, mejora continua y mejora de la línea de producción utilizaron las 5s y el Kaizen, mejorando su productividad en un 38%. Vargas-Crisóstomo & Camero-Jiménez (2021) mediante las 5s y kaizen incrementaron la productividad de su caso de estudio en 1.21 kg/h-h.

Patil et al., (2021) buscaron reducir el lead time mediante el VMS, sus resultados fueron de 1.3 días de minimización. Martínez-Saavedra & Arboleda-Zuñiga (2021) aplicaron 5s, TPM, VSM, SMED, y SW para incrementar la eficiencia operacional de una empresa en un 80% y disminuir la tasa de productos no conformes en un 0,03%. Martínez-Martínez (2021) analizó la implementación del LM en una empresa durante el periodo de 1997 al 2018, en donde se utilizaron herramientas como las 5s, TPM y el kaizen. Camacaro-Peña et al., (2021) redujeron el tiempo de ciclo en

un proceso de cosecha en un 19% mediante 5s, TPM, Jidoka, VSM, y SW. Cabrera et al., (2020) redujo la devolución de productos en un 89,2% a través de las 5s y el VSM.

Para realizar el análisis por categorías de cada uno de los artículos, se detallan a continuación las figuras correspondientes de cada apartado (Figura 6, 10 y 11), estas gráficas están realizadas a partir de la Figura mostrada en el **Anexo B** (Ver en caso de ser necesario). Este proceso es el denominado característica de los resultados.

Figura 6. *Extracción de datos por metodología aplicada*



Nota: Elaborado por el autor.

La Figura 3, muestra los resultados obtenidos de las diferentes herramientas, en vista a que cada autor puede utilizar uno o más herramientas, se procedió a clasificarlas por separado, para contabilizar su utilización de cada uno en general, concluyendo que las 5s fue utilizada por 24 de los 30 autores ya mencionados, y en segundo lugar a el VSM con un total de 20 sobre 30, seguidos del SMED, Kanban y TPM, por ende en el Anexo B puede deducirse que la mayoría de los autores utiliza más de 3 herramientas, la metodología presentada por Santos et al., (2023) se adapta a la investigación. Para poder seleccionar una de ellas, se plantea el método AHP (Analytic Hierachy Process) mediante la plataforma online “AHP online system”, para el cual se establecen los siguientes pasos para utilizar el programa en la Figura 7.

Figura 7. Pasos para utilizar el AHP online.

AHP

Como primero, se plantea el objetivo de la investigación y se establecen los criterios a evaluar en el programa.

Seguidamente, se plantean los pesos de los criterios en una comparación por pares.

Se guarda el avance con los porcentajes de prioridad de los criterios.

A partir del avance, se utiliza su plantilla para crear un nuevo documento, en este mismo se establece el nuevo objetivo y las alternativas.

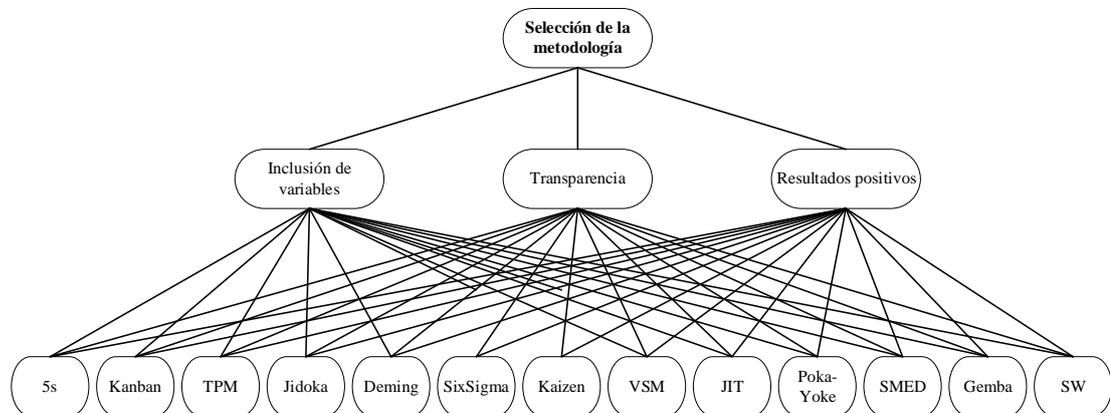
Después, se realiza la comparación de pares de las alternativas para cada uno de los criterios.

Por último, se guardan los resultados y se realiza el análisis correspondiente de las prioridades recomendadas por el programa online.

Nota: Elaborado por el autor.

La Figura 6 muestra seis pasos a seguir para la utilización del programa online AHP, iniciando con el planteamiento de pesos de los criterios, seguidos del peso de alternativas, se introducen en el programa y automáticamente se presentan los resultados. En la Figura 7 se presentan los pasos a seguir para aplicar el programa online, para ello se establecen los criterios y alternativas en la Figura 8.

Figura 8. Criterios y alternativas para el AHP



Nota: Elaborado por el autor.

Los criterios presentados en la Figura 7 son fundamentales para seleccionar la herramienta a utilizar, por ello, la inclusión de variables garantiza que se utilice aspectos relevantes del proceso de producción mediante la herramienta a seleccionar para incrementar la capacidad productiva de la empresa, en factores como mano de obra, flujo de materiales o inventario. La transparencia es esencial para el incremento de la capacidad productiva, asegurando que se comprenda como se aplica y que se necesita en una herramienta LM, y por último y como objetivo principal es seleccionar

una herramienta que conlleve a resultados positivos en términos de mayor eficiencia, reducción de tiempos, minimización de desperdicios u optimización de recursos que hacen posible el aumento de esta capacidad de producción. Así mismo, el planteamiento de las alternativas está basado en las diferentes herramientas que han utilizado los autores presentados en la revisión de alcance en la categoría de metodología, con el fin de ser evaluadas en la comparación de pares bajo los resultados presentados en los artículos científicos.

De igual manera, se plantea la Tabla 5 con los pesos de los criterios de inclusión de variables, transparencia y resultados positivos a evaluar, en donde se utiliza una ponderación de 1=importante, 3=muy importante y 5=extremadamente importante, considerando que el balance se realiza al de la izquierda en comparación con los criterios de arriba.

Tabla 5. *Peso de los criterios*

Criterios	Inclusión de variables	Transparencia	Resultados positivos
Inclusión de variables	1	5	3
Transparencia	1/5	1	3
Resultados positivos	1/3	1/3	1

Nota: Elaborado por el autor.

Una vez definido el peso de los criterios en la Tabla 5, se procede a evaluar las alternativas por cada uno de los criterios para la evaluación de pares, los resultados se muestran directamente en el programa. Luego de realizar la prueba de consistencia en la plataforma, se realizó una reestructuración de los pesos de los criterios, con el fin de que la inconsistencia sea menor a 0,1 o 10%, para observar los resultados (véase el **Anexo C y D**).

Luego de realizar la comparación de pares de las herramientas posibles a utilizar, se presenta la Tabla 6 con los resultados de los porcentajes de los criterios y las ponderaciones de los pesos de las alternativas en cada criterio. Así mismo, se

muestra la Figura 9 con la gráfica de los resultados en función de las recomendaciones otorgadas por la plataforma. En el **Anexo E** se muestran las matrices de decisión.

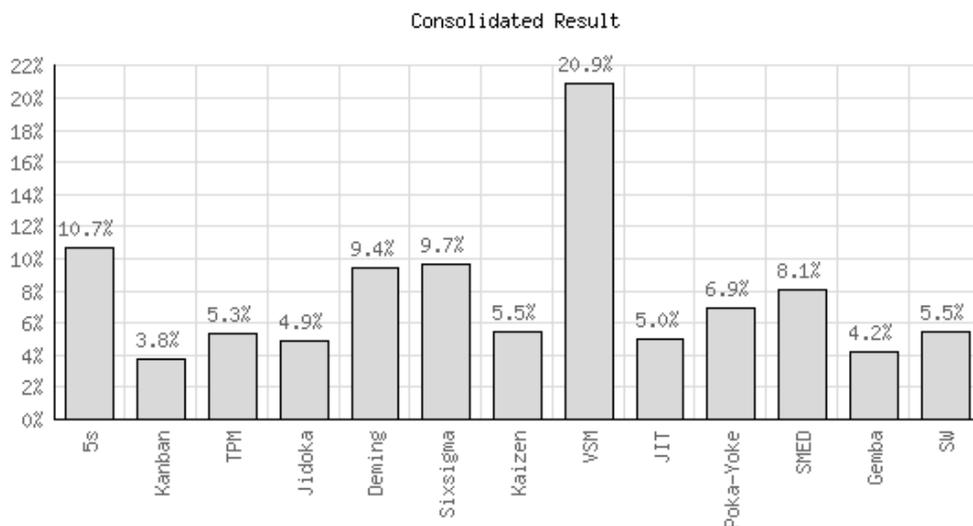
Tabla 6. Resultado de la comparación por pares

Jerarquía de decisiones																
Nivel 0	Nivel 1	Gib Prio.	5s	Kanban	TPM	Jidoka	Deming	Sixsigma	Kaizen	VSM	JIT	Poka-Yoke	SMED	Gemba	SW	
Metodología	Inclusión-de-variables 0.625	62.5%	0.110	0.034	0.046	0.044	0.102	0.108	0.044	0.226	0.049	0.067	0.075	0.041	0.054	
	Transparencia 0.238	23.8%	0.105	0.043	0.062	0.060	0.081	0.076	0.088	0.180	0.048	0.066	0.086	0.046	0.060	
	Resultados-positivos 0.137	13.7%	0.097	0.047	0.067	0.051	0.082	0.082	0.051	0.182	0.064	0.080	0.099	0.042	0.056	
		1.0	10.7%	3.8%	5.3%	4.9%	9.4%	9.7%	5.5%	20.9%	5.0%	6.9%	8.1%	4.2%	5.5%	

Nota: Elaborado por el autor.

La Tabla 6 muestra los valores obtenidos para cada una de las alternativas en función de cada criterio, al igual que su porcentaje final de recomendación, cabe recalcar que los valores numéricos es posible calcularlos de forma manual mediante formular del AHP, sin embargo, se omite este procedimiento gracias al programa que agiliza el proceso.

Figura 9. Resultados obtenidos sobre las prioridades de las herramientas.



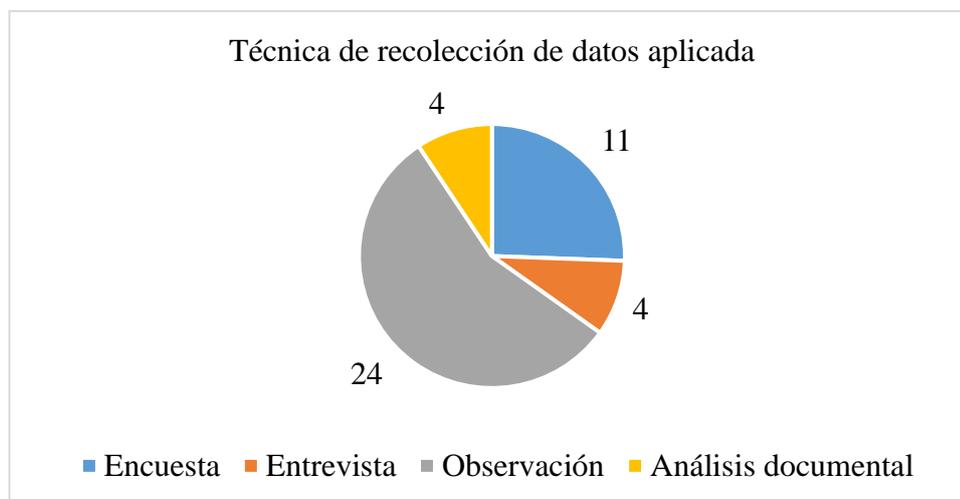
Nota: Elaborado por el autor.

Se puede deducir tanto de la Figura 8 como de la Figura 9 que, la herramienta más opcional para la investigación es el VSM con un 20.9% de recomendación, destacándose en los 3 criterios planteados para el AHP, seguido de las 5s con un 10.7% como segundo lugar de aplicación de herramienta LM para la investigación, seguido

del Six Sigma con un 9.7% y el ciclo de Deming con un 9.4% ocupando el tercer y cuarto puesto respectivamente, continuando con la herramienta de SMED valorada en un 8.1% con el quinto lugar, a partir de aquí, los valores obtenidos son menores a los presentados en vista a que estas herramientas obtuvieron un menor peso en la equivalencia de pares de cada criterio en comparación de las primeras cinco, siendo estas el Poka-Yoke con un 6.9%, Kaizen y SW (estandarización de trabajo) ambas con un 5.5%, el TPM con 5.3%, JIT con 5%, Jidoka con 4.9%, Gemba con 4.2% y un 3.8% del Kanban. Tomando en consideración la investigación planteada por Santos et al., (2023), se considerará su procedimiento metodológico utilizado, aplicando el VSM y 5S.

Continuando, en la Figura 10 se muestran las técnicas de recolección de datos que aplicaron los autores, mencionando las 4 utilizadas por los mismos, y el total de utilización de cada uno de ellos, tomando en cuenta que podían utilizar más de 1.

Figura 10. Resultados de la categoría de técnica aplicada

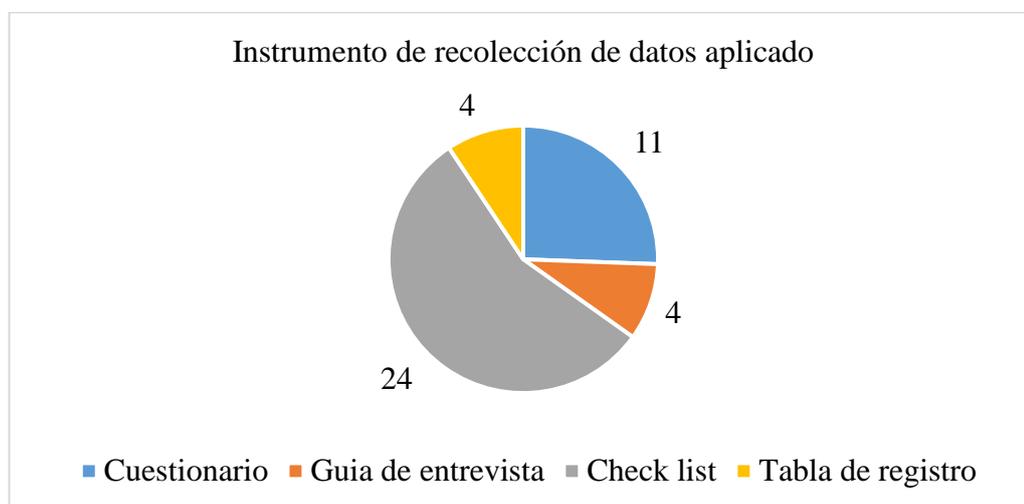


Nota: Elaborado por el autor.

Al igual que en la metodología aplicada, en las técnicas de recolección de datos de la Figura 10 los autores también utilizaron 1 o 2 técnicas, entre ellas, se destaca la observación con una utilización de 24 de los 30 artículos, y la encuesta con un total de 11 sobre 30. La mayoría de los autores optó por aplicar la observación como técnica, debido a que, algunas de las metodologías aplicadas ya tienen establecidas sus instrumentos de recolección de datos como las 5s, y simplemente los investigadores se

dedica a visualizar el entorno para rellenar las listas. Por último, se presenta la Figura 11 con la gráfica de los instrumentos de recolección de datos.

Figura 11. Resultados de la categoría instrumento aplicado



Nota: Elaborado por el autor.

Como se puede observar, la Figura 11 es similar a la Figura 1, debido a que, cada técnica de recolección de datos tiene su instrumento, si la observación se priorizó como técnica por ende la lista de comprobación va a obtener los mismos resultados, seguido del cuestionario que pertenece a la encuesta, la guía de entrevista y la tabla de registro del análisis documental de información situada en el internet. Las técnicas e instrumentos de observación, encuesta, lista de comprobación y cuestionario van a ser aplicados dentro de la investigación debido a que son los más recomendables para esta, y así obtener información sobre la situación actual de la empresa.

Para dar respuesta a las preguntas de investigación, se menciona que:

- Si existe investigaciones pertinentes que relacionan las herramientas LM con el incremento de la capacidad de producción o con la productividad.
- Dentro de las herramientas más utilizadas se encuentra las 5s y VSM.
- Las técnicas e instrumentos más utilizados son la observación junto al check list y la encuesta junto al cuestionario como instrumento de recolección de datos.

1.2.2 Discusión de la revisión

En modo de discusión, para referencia del estado del arte se toma como base las variables de investigación de “LM” y “Capacidad Productiva”, en donde la metodología utilizada se enfoca en la revisión de alcance de la literatura. Este apartado tuvo como objetivo analizar las diferentes alternativas que pueden aplicarse para la utilización de herramientas LM que se enfoquen en el incremento de la productividad, además de las metodologías aplicadas y las técnicas e instrumentos que pueden ser utilizados.

Para poder abordar correctamente el estado del arte, como se mencionó, empezando por la búsqueda de la literatura mediante la revisión de alcance, en la cual se establecieron criterios de inclusión y exclusión para la selección de artículos científicos que relacionen ambas variables de la investigación, obteniendo un resultado final de 30 documentos, de los cuáles se deduce que: autores como Contreras-Castañeda et al., (2024), Bella-Widiwati et al., (2024), Novirani et al., (2024), Dube & Gupta (2023), Pawlak et al., (2023), Cabrera et al., (2020), Soza-Salgado et al., (2023), Llacetas-Espinoza et al., (2023) aplican la metodología 5s para el incremento de la productividad y la organización en los puestos de trabajo; mientras que, Ahsan-Habib et al., (2023), Santos et al., (2023), Lazarte-Pazos et al., (2023), Jara et al., (2023), Ortiz Porras et al., (2022), Patil et al., (2021), Bravo-Fernandez (2023), Saravanan et al., (2023) aplican el value stream mapping (VSM) para la reducción de tiempos y desperdicios. En cambio, Sardar-Singh et al., (2024), Arambarri et al., (2023), Florian-Castillo et al., (2023), Martínez-Saavedra & Arboleda-Zuñiga (2021) destacan la aplicación del SMED para la reducir tiempos en las actividades de mano de obra y paso de herramientas. Por otro lado, Slavina & Štefanić (2024), Quiroz-Flores et al., (2023), Anticona-Yupanqui et al., (2023), Martínez-Martínez (2021), Camacaro-Peña et al., (2021) también aplicaron el mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la eficiencia en las maquinarias y aumentar su capacidad de producir. A diferencia de Pajuelo-Rojas et al., (2023), Fuentes et al., (2022) que utilizaron el ciclo de Deming y el Six Sigma respectivamente, y Konrad et al., (2023), Munive-Silvestre et al., (2022), Vargas-Crisóstomo & Camero-Jiménez (2021) aplicaron el Kanban y Kaizen en el mismo orden, siendo estas las más destacadas.

Estas herramientas fueron evaluadas mediante el método de análisis multicriterio AHP, el cual agilizó el proceso de selección de una de estas, mediante criterios de evaluación (Inclusión de variables, transparencia y resultados positivos) para las alternativas, los resultados obtenidos mediante la comparación por pares recomendaron la utilización del VSM y las 5s para su aplicación, obteniendo un 20.9% y 10.7% respectivamente, ocupando los dos primeros lugares de las prioridades. La metodología más apta para la investigación se seleccionó entre los resultados del estado del arte, siendo la investigación de Santos et al., (2023) la guía para el procedimiento metodológico de la investigación.

Por último, entre las diferentes opciones a utilizar para las técnicas e instrumentos de recolección de datos se plantea a la encuesta, entrevista, observación y análisis documental como alternativas de técnicas y al cuestionario, guía de entrevista, check list y ficha de registro como alternativas de instrumentos. Tomando como prioridad a la observación y la encuesta como las opciones para la medición de variables, junto a sus instrumentos de check list y cuestionario, respectivamente.

1.3 Fundamentos teóricos

1.3.1 Variable Independiente: Manufactura esbelta

El LM es una metodología avanzada que busca mejorar el rendimiento de las empresas. Ampliamente adoptada en diversos sectores manufactureros como automotriz, textil y siderúrgico, su implementación ha demostrado ser fundamental para optimizar la producción de manera rentable. Originada en Toyota, empresa japonesa que se destacó globalmente durante décadas (Sardar-Singh et al., 2024). La filosofía lean se basa en hacer más con menos, eliminando de manera sistemática las actividades que no generan valor y reduciendo el desperdicio para agregar valor al cliente (Pajuelo-Rojas et al., 2023).

Lean, también conocida como sistema de producción ajustada, se basa en un conjunto de herramientas y metodologías diseñadas para minimizar el desperdicio en el proceso productivo y aumentar la eficiencia. Aunque no es una tecnología nueva, sigue siendo ampliamente utilizada por las industrias manufactureras a nivel mundial. Entre los métodos lean más populares en la industria del acero para mejorar la productividad se encuentran el intercambio rápido de moldes (SMED), el mapeo de

flujo de valor, los principios de las 5S (seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke), Kaizen, el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y otros más (Sardar-Singh et al., 2024).

El desperdicio se refiere al movimiento sin propósito en un proceso. La fabricación ajustada se originó en el Sistema de Producción Toyota (TPS) y se enfoca en mejorar la eficiencia al eliminar desperdicios. La filosofía Lean prioriza las necesidades del cliente y busca identificar y eliminar desperdicios para satisfacer esas demandas. La fabricación ajustada ha evolucionado hacia un enfoque de gestión que promueve la mejora continua en el lugar de trabajo. El desperdicio de movimiento puede reducir la productividad si no se aborda adecuadamente, y puede deberse a varios factores como distribución inadecuada de instalaciones, uso ineficiente de recursos humanos y otros tipos de desperdicios. Identificar la causa raíz del desperdicio de movimiento y mejorar los procedimientos operativos y la organización del espacio de trabajo son pasos clave para optimizar la eficiencia (Dube & Gupta, 2023).

Por otro lado, Martínez-Martínez (2021) menciona que existen 8 tipos de desperdicios, los cuales son:

1. Transporte innecesario: representa un gasto que no aporta valor al producto, aumentando el riesgo de daño, pérdida o retraso, lo que resulta en un transporte ineficaz de productos en proceso a distancias largas.

2. Exceso de inventario: implica una inversión de capital que, si no se convierte en ingresos de inmediato, puede provocar plazos de entrega más largos, obsolescencia, daños a productos, costos de transporte y almacenamiento adicionales, así como retrasos.

3. Movimiento innecesario: abarca cualquier daño durante la producción, como el desgaste habitual de equipos, lesiones por movimientos repetitivos o accidentes imprevistos; así como cualquier movimiento innecesario que los empleados realicen, como buscar, alcanzar o apilar piezas y herramientas.

4. Tiempo de espera: se refiere a productos que no están en transporte ni en proceso de fabricación.

5. Sobre procesamiento o procesamiento incorrecto: ocurre cuando se realiza más trabajo del necesario o se utilizan herramientas más complejas, precisas o costosas de lo que se requiere.

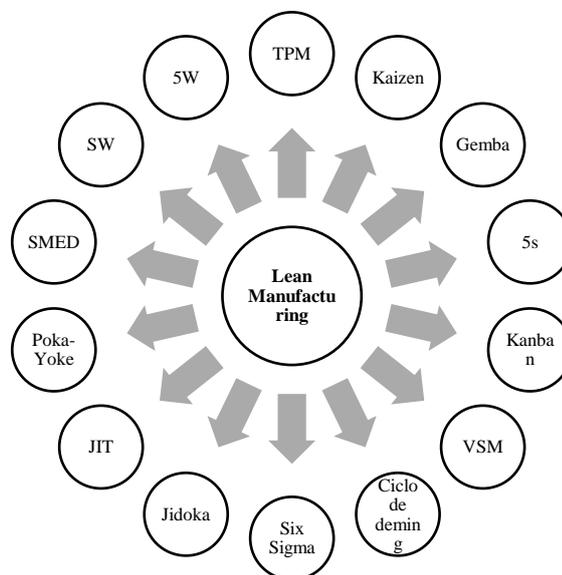
6. Sobreproducción: implica la fabricación de lotes grandes o más productos de los necesarios, lo que equivale a producir artículos sin pedidos correspondientes.

7. Defectos: se refiere a las pérdidas asociadas con la corrección de piezas o productos defectuosos.

8. Subutilización de la creatividad de los empleados: implica perder tiempo, ideas, habilidades, mejoras y oportunidades de aprendizaje al no involucrar ni escuchar a los empleados.

La eficacia global del sistema depende de la configuración de la empresa o instalación, el tipo de producto o servicio ofrecido y la intensidad de las operaciones de producción. Un factor vital que afecta el desempeño del sistema es la planificación del diseño de las instalaciones, conocida como el desafío del diseño de la planta. Al aplicar los principios de LM al diseño de las plantas y las instalaciones, se logra aumentar la flexibilidad y competitividad de la organización al eliminar o reducir los desperdicios, así como mejorar la eficiencia y productividad (Dube & Gupta, 2023). El LM comprende algunas herramientas, las cuales se muestran a continuación en la Figura 12:

Figura 12. *Herramientas del LM*



Nota: Elaborado por el autor.

Las cuales se describen en breve a continuación.

Mantenimiento productivo total (TPM)

Slavina & Štefanić (2024) menciona que el Total Productive Maintenance (TPM), como parte de los principios lean para mejorar la producción, es una herramienta valiosa para elevar la calidad del mantenimiento en general, mejorando la durabilidad, la confianza y la eficacia de los equipos de producción. También puede optimizar la organización en el lugar de trabajo, los procedimientos y los tiempos de mantenimiento. En resumen, el TPM es una metodología que busca la mejora continua en los procesos de fabricación mediante la participación y el empoderamiento de los empleados, junto con la medición de resultados en un ciclo cerrado, integrando el concepto de mantenimiento preventivo. La meta al implementar el TPM es alcanzar una visión ideal de producción que incluya cero fallas, cero defectos, cero anomalías y cero accidentes. Sin embargo, una mala implementación o mantenimiento del TPM puede tener efectos adversos en los procedimientos de mantenimiento, la motivación de los empleados y la fiabilidad de los equipos de producción, además de aumentar la carga de trabajo.

El TPM (mantenimiento productivo total) es una filosofía de trabajo que se desarrolla principalmente en empresas productivas, ya que se enfoca en el mantenimiento de las máquinas para lograr una eficiencia total (Martínez-Saavedra & Arboleda-Zuñiga, 2021). Al implementar el TPM, se puede complementar la aplicación de las 5S para establecer una base sólida y crear un plan conjunto que defina estándares de limpieza y orden. Además, al aplicar el TPM, se pueden identificar las piezas y herramientas que requieren un mayor control para prevenir paradas por daños en las máquinas, lo que resulta en una reducción significativa de los tiempos y de los productos defectuosos (Martínez-Saavedra & Arboleda-Zuñiga, 2021).

Kaizen

De acuerdo con Contreras-Castañeda et al., (2024), Kaizen una palabra compuesta por los ideogramas japoneses 'Kai' (cambio) y 'Zen' (mejora), se refiere a la mejora continua que implica a todos los individuos dentro de una organización. Como filosofía, guía a las personas para que mejoren constantemente en sus vidas personales, profesionales y sociales. La filosofía Kaizen busca la mejora constante y continua en los procesos de una empresa. De hecho, aplicar Kaizen implica hacer pequeñas mejoras incrementales desde el Gemba. La mejora continua se puede llevar

a cabo a través de tres pilares esenciales en la gestión del sitio de trabajo: la eliminación de desperdicios (llamada Muda en japonés), que consiste en todo lo que no añade valor al producto o servicio; el programa 5S, que se centra en el mantenimiento de la empresa, su maquinaria, sus operadores e instalaciones; y la estandarización, que busca establecer y utilizar estándares de manera sistemática para asegurar la calidad, reducir costos y garantizar la entrega en la fabricación del producto. La metodología Kaizen comprende las siguientes fases:

Figura 13. *Etapas de Kaizen*



Nota: Elaborado por el autor, adaptado de (Munive-Silvestre et al., 2022)

Las técnicas utilizadas en esta herramienta son:

- Control de calidad
- Rediseño de procesos
- VSM
- 5s
- Mapas de procesos y diagramas de flujos
- DMAIC
- 7 herramientas básicas de la calidad
- Técnicas estadísticas y balance de flujo

Gemba

Gemba hace referencia al lugar físico donde se llevan a cabo las actividades de producción y desarrollo de productos. Su origen se atribuye a Taiichi Ohno y Shigeo Shingo en el contexto de la filosofía LM, quienes enfatizaron la importancia de visitar el lugar de trabajo para identificar problemas y prácticas relevantes. Esta herramienta Lean implica comprender a fondo cada operación y sus indicadores clave, lo que significa tener una comprensión realista de la situación visitando el Gemba. Esta práctica ayuda a mejorar la ventaja competitiva al permitir una supervisión cercana de las operaciones, lo que facilita la identificación rápida de áreas de mejora y la obtención de datos valiosos sobre tiempos de ciclo, tiempos de espera, inventario y retrabajos (Santos et al., 2023).

Metodología 5s

Una de las herramientas más comunes en las plantas de fabricación dentro del LM son las 5S. El objetivo de su implementación es crear espacios de trabajo organizados y bien estructurados (Anticona-Yupanqui et al., 2023). Al aplicar correctamente las 5S, se logra mejorar la calidad de los productos, aumentar la productividad y reforzar la seguridad laboral, lo que a su vez contribuye a la estabilidad del proceso de fabricación (Pawlak et al., 2023). El proceso de implementación de las 5S consta de cinco etapas, de acuerdo con Saravanan et al., (2023):

- Clasificar (Seiri) para seleccionar solo herramientas y materiales necesarios.
- Orden (Seiton) para organizar el área de trabajo.
- Limpiar (Seiso) para mantener la limpieza en el lugar de trabajo.
- Estandarizar (Seiketsu) para establecer normas en los equipos de trabajo.
- Disciplina (Shitsuke) para fomentar hábitos que sigan los principios de las 5S.

Kanban

La implementación de un sistema Kanban simplificará la programación de producción y facilitará la identificación de piezas (Konrad et al., 2023). Kanban es un sistema de gestión de información que facilita el control de la producción de artículos según el tiempo y la cantidad necesarios en cada etapa, con ventajas como la disminución de inventario y el aumento de la satisfacción del personal operativo (Lazarte-Pazos et al., 2023).

Value Stream Mapping (VSM)

El Mapeo del Flujo de Valor es una técnica empleada para representar de manera visual el movimiento de información y materiales en la fabricación de un artículo. Su finalidad consiste en facilitar la detección de áreas donde se generan desperdicios en un procedimiento, con el propósito de disminuirlos o suprimirlos (Jara et al., 2023). Toyota desarrolló un método específico para identificar los desperdicios y sus causas mediante el mapeo del flujo de información y materiales, que sirve como cimiento para la elaboración del Mapeo del Flujo de Valor (Pajuelo-Rojas et al., 2023).

El mapeo del flujo de valor (VSM) es una herramienta fundamental en este enfoque. Consiste en representar visualmente todos los aspectos de una organización, desde la concepción del producto hasta su entrega al cliente final (Fuentes et al., 2022). Se enfoca en la secuencia de actividades que transfieren información a través de los diferentes procesos. El VSM asegura una cadena de pasos ordenada para gestionar la información de manera efectiva. Al considerar la perspectiva del cliente, el mapa identifica claramente los procesos que añaden valor y los que no lo hacen (Ahsan-Habib et al., 2023).

El VSM, o mapeo del flujo de valor, consiste en trazar los flujos de material e información de todos los componentes y subconjuntos en un proceso que abarca desde la fabricación hasta la distribución al cliente, incluyendo a los proveedores. Este enfoque ha mostrado ser efectivo para detectar y suprimir desperdicios en instalaciones que manejan rutas de productos similares o idénticas, como es el caso de las instalaciones de ensamblaje (Patil et al., 2021).

Ciclo de deming

El ciclo PDCA, basado en la filosofía desarrollada por Edwards Deming en la década de 1930, estableció los conceptos clave relacionados con la calidad que posteriormente fueron adoptados por normas internacionales como la ISO 9001. Inicialmente diseñado para el control de calidad en la fabricación de productos, su alcance se expandió de manera considerable hasta convertirse en un método que facilita mejoras significativas en los procesos a todos los niveles. Se ha transformado en un ciclo lógico que ayuda a mejorar la fluidez de las actividades u operaciones del PDCA (Pajuelo-Rojas et al., 2023).

Lean Six Sigma

La metodología Lean Six Sigma (LSS) surgió en 2003 como una evolución de Six Sigma y ha ganado popularidad en diversas industrias, mejorando la capacidad de los procesos, maximizando el valor y la satisfacción del cliente. Esto, a su vez, impacta positivamente en el aspecto financiero de las organizaciones al reducir costos de producción y mejorar la calidad del resultado. Se ha convertido en una poderosa metodología de excelencia operativa (OPEX) al ser implementada de manera ejemplar (Bella-Widiwati et al., 2024). Recomendada para minimizar desperdicios, mejorar la eficiencia y productividad del proceso, Lean Six Sigma integra metodologías Lean y Six Sigma, optimizando recursos y satisfaciendo las necesidades del cliente. Por otro lado, Six Sigma se enfoca en garantizar la excelencia de la calidad mediante herramientas estadísticas, utilizando metodologías como DMAIC y DMADV para reducir defectos y ayudar a las organizaciones a alcanzar sus objetivos (Bella-Widiwati et al., 2024).

Jidoka

El término "jidoka" se refiere a la automatización con un componente humano, donde se establece un sistema de autocontrol para evitar la fabricación de piezas defectuosas y garantizar la calidad del producto final (Lazarte-Pazos et al., 2023).

JIT

Taiichi Ohno, quien ocupaba el cargo de primer vicepresidente en Toyota Motor Corporation, creó el sistema Just In Time con el objetivo de disminuir los costos mediante la eliminación de desperdicios. Ohno se inspiró en ideas planteadas por Henry Ford y Walter Shewhart en las décadas de 1920 y 1930 para desarrollar una filosofía de manufactura de excelencia que sobrepasó a todas las anteriores (Vargas-Crisóstomo & Camero-Jiménez, 2021).

Poka – Yoke

Esta es una herramienta de calidad del LM que se enfoca en la prevención de fallos. Su objetivo principal es controlar los procesos con alta probabilidad de error humano, y su implementación es sencilla y requiere una inversión baja. Puede ser utilizada en procesos de producción en serie o en proyectos, lo que le otorga una gran

versatilidad. Además, es altamente efectiva para reducir el retrabajo, acelerar los tiempos de entrega y mejorar el cumplimiento de los plazos de entrega (Arambarri et al., 2023).

SMED

El SMED (Single Minute Exchange of Die, Cambio de Matriz en un Solo Dígito de Minutos) es un conjunto de técnicas que buscan disminuir los tiempos de preparación de máquinas al estandarizar nuevos mecanismos y anclajes funcionales, eliminando así los tiempos muertos. Esta herramienta optimiza los procesos de cambio o configuración de equipos, reduciendo significativamente los tiempos de preparación y aumentando la productividad. El tiempo de preparación se refiere al intervalo entre la finalización de un lote de productos y el inicio de uno nuevo, e implica actividades como desmontaje, reinicio y montaje de la máquina. El SMED es ampliamente utilizado en LM para reducir desperdicios, incrementar la capacidad de producción de las máquinas, reducir costos asociados a la configuración de equipos, mejorar la utilización de estos, fomentar la flexibilización de la producción y acortar los tiempos de entrega (Arambarri et al., 2023).

En SMED se distinguen dos tipos de elementos o actividades de cambio:

1. Los elementos internos, que incluyen actividades realizadas con la máquina detenida.
2. Los elementos externos, compuestos por actividades que pueden llevarse a cabo con la máquina en marcha.

La implementación de esta herramienta implica identificar y medir los elementos o actividades del proceso de cambio, identificar los elementos internos y externos, convertir los internos en externos, y finalmente optimizar los elementos restantes mediante la automatización de actividades y la implementación de mejoras tanto humanas como técnicas (Arambarri et al., 2023).

Para implementar correctamente el SMED, las compañías deben seguir tres etapas:

- a) La etapa estratégica, que implica la capacitación del personal en el uso de herramientas.
- b) La etapa preparatoria, en la que se analizan las actividades de cambio.

- c) La etapa de prueba, donde se distinguen los elementos internos y externos.

Estandarización de trabajo (SW)

La estandarización de trabajo (SW) consiste en normalizar los procesos de fabricación para lograr la máxima eficiencia. Es esencial identificar y eliminar las actividades que no añaden valor en el proceso, lo que resulta en la reducción de fallos, la optimización del ciclo de cada actividad y el rediseño del proceso. Es fundamental ajustar el ritmo de producción a la demanda del mercado con el fin de incrementar la productividad (Pajuelo-Rojas et al., 2023). El trabajo estandarizado consiste en detallar y documentar una secuencia de tareas repetitivas que los operadores deben seguir para mantener la consistencia y el orden en las operaciones, reduciendo así la variación del proceso y estableciendo una base para la mejora continua. Implementar un método de operación estándar, es decir, una instrucción de trabajo es una forma segura y efectiva de utilizar eficientemente recursos como personas, máquinas y materiales, garantizar la sostenibilidad de las operaciones, aumentar la documentación y el registro de cada procedimiento, reducir la variabilidad del proceso y facilitar la capacitación de nuevos trabajadores (Santos et al., 2023).

5W

Esta técnica, utilizada en Lean, fue creada por Sakichi Toyoda, el fundador de Toyota. Consiste en hacer la pregunta "¿Por qué?" de manera repetida hasta identificar la causa raíz del problema. Se dice que, en general, se necesitan cinco repeticiones de "¿Por qué?" para llegar al origen de cualquier situación problemática (Pawlak et al., 2023).

1.3.2 Variable Dependiente: Capacidad Productiva

La capacidad de producción se refiere al máximo volumen de producción que una empresa puede lograr en un período de tiempo específico, considerando el uso eficiente de recursos, métodos de producción y garantizando la calidad de los productos fabricados (Rodríguez et al., 2020).

La capacidad de producción se mide en unidades de tiempo, como horas de máquina al día, horas laborales semanales o volumen anual, entre otros. Este concepto determina si el sistema de producción puede satisfacer la demanda o si esta queda sin

cubrir. También refleja si los equipos e instalaciones están subutilizados o sin uso. Sería más adecuado que la empresa contara con capacidades de producción flexibles para adaptarse a cambios en los niveles de producción. Si la capacidad de producción supera la demanda, se perderán clientes. Por otro lado, si es insuficiente, se generarán costos adicionales para la producción existente (Rodríguez et al., 2020).

La planificación de la capacidad de producción abarca distintos plazos: a corto plazo, adaptar la capacidad de producción a la demanda puede ser complicado, por lo que se pueden modificar horarios o redistribuir las cargas de trabajo entre estaciones. A medio plazo, se pueden utilizar horas extras, ajustes en el personal, inventarios y subcontrataciones para adecuar la capacidad de producción. A largo plazo, la empresa puede realizar inversiones significativas en equipos e instalaciones o tomar decisiones estructurales. Estas decisiones son críticas, ya que modificarlas posteriormente implica costos elevados (Rodríguez et al., 2020).

Dos conceptos relacionados con la capacidad de producción son: eficiencia y utilización (Rodríguez et al., 2020). La eficiencia se refiere al porcentaje de la capacidad de producción real alcanzada, mientras que la utilización se refiere al porcentaje del rendimiento deseado realmente logrado. Lograr el 100% de eficiencia puede ser complicado o incluso imposible dependiendo de cómo se gestionen y utilicen los activos. La eficiencia se calcula como la producción real dividida por la capacidad real, y la utilización se calcula como la producción real dividida por la capacidad deseada.

Otro término que se relaciona es la productividad. La productividad se refiere al uso eficaz de recursos e innovación para aumentar el valor de productos y servicios, aplicando los factores de producción de manera eficiente. Se puede medir como la relación entre la producción lograda y los recursos utilizados, así como entre los resultados obtenidos y el tiempo empleado (Florian-Castillo et al., 2023). Esto puede ser evaluado mediante un indicador de eficiencia que se expresa en la siguiente fórmula:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

Debido a que las entradas pueden estar representadas en diferentes escalas, la forma en que se expresa la productividad puede variar, lo que da lugar a diferentes

medidas como la productividad parcial, física, promedio, bruta, hora-hombre, y otras más (Ortiz Porras et al., 2022). Es importante destacar que la productividad es fundamental ya que sirve como indicador para evaluar la eficiencia de un proceso, y a partir de esto, sugerir medidas para mejorarlo o mantener su calidad. El incremento en la productividad también contribuye al crecimiento económico. Algunos factores que influyen en la productividad, en líneas generales, incluyen la calidad de los recursos, el capital, la mano de obra, entre otros. Es importante considerar que, si la capacidad de producción ha incrementado, la productividad también, son directamente proporcional.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico puede ser descrito como un conjunto de pasos destinadas a analizar, describir o resolver problemas de investigación, describiendo etapas guías para el desarrollo de la solución de dicho problema, incluyendo etapas claves, métodos de investigación, y tanto técnicas como instrumentos útiles para recolectar y analizar datos (Azüero-Azüero, 2019).

2.1. Enfoque de investigación

La investigación se realizó mediante un enfoque cuantitativo, el cual es distinguido por tener énfasis en el análisis de datos numéricos, los mismos que pretenden describir, predecir y explicar fenómenos investigados, estableciendo relaciones entre elementos o buscando regularidades (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018). Este tipo de enfoque de investigación radica en su capacidad de generar resultados que pueden ser tanto generalizados como comparados entre diferentes grupos o variables, siendo una herramienta valiosa para estudios que requieren mediciones objetivas y cuantitativas, a partir de los datos numéricos recolectados se puede realizar análisis comparativos y tomar diferentes decisiones basada en evidencia concreta obtenida (Vizcaíno Zúñiga et al., 2023).

Dentro de la investigación, este enfoque fue utilizado para medir y cuantificar el rendimiento de procesos, al igual que sus tiempos, capacidades, producción y distancias, además de identificar áreas de mejora y evaluar su impacto, en contraste con el cualitativo que podría ser utilizado para percepciones o experiencias sobre la aplicación del LM en el incremento de la capacidad productiva.

2.2. Diseño de investigación

La investigación fue realizada mediante un diseño de investigación no experimental, de tipo transversal. La investigación no experimental se enfoca en observar, registrar y analizar las variables de estudio, sin la necesidad de manipularlas, más bien se las estudia en su forma natural, mediante su análisis y comportamiento en un momento, lugar o periodo específico, así como menciona Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2018). A diferencia de la experimental las manipula para observar

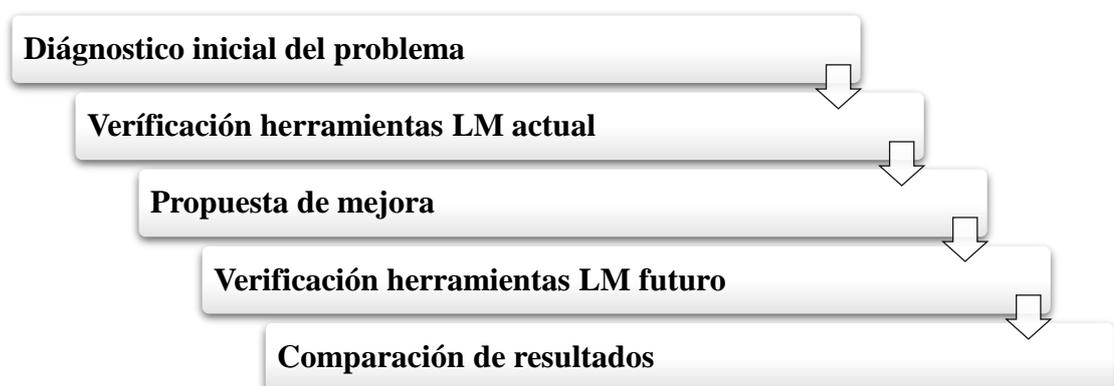
el efecto de la variable independiente sobre la dependiente. En el estudio, la investigación no experimental el análisis y descripción del proceso productivo del productor de estudio mediante las herramientas LM, para observar cómo podría incrementarse la capacidad productiva sin la necesidad de manipular las variables.

El diseño de investigación transversal fue de alcance descriptivo, como su nombre lo indica este pretende describir las diferentes modalidades, características, niveles o categorías de una variable, en este caso de estudio, se buscó describir los diferentes factores que influyen en la capacidad productiva de la empresa de estudio, como las etapas del proceso de producción, su tiempo estimado por actividad, su demanda producida, la distancia recorrida de un proceso a otro. El diseño de investigación no experimental de tipo “transversal” permite recolectar datos en un solo momento, a diferencia del “longitudinal” que se realiza en ciertos periodos de tiempo Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2018).

2.3. Procedimiento metodológico

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis del estado del arte del marco teórico, el procedimiento metodológico a utilizar es el mismo aplicado por el autor Santos et al., (2023), el cual facilita la aplicación de las herramientas seleccionadas anteriormente y utiliza las mismas variables de investigación en comparación a los demás autores, las etapas del procedimiento de presentan en la Figura 14.

Figura 14. *Etapas del procedimiento metodológico.*



Nota: Elaborado por el autor, adaptado de (Santos et al., 2023)

Las etapas presentadas en la Figura 14, son descritas a continuación:

- **Diagnóstico inicial del problema:** se realiza la presentación de los datos generales de la empresa de estudio, además se describe principalmente el proceso de producción detallado desde que ingresa la materia prima hasta la salida del producto final, además de los problemas encontrados, mediante diagramas de flujo o diagramas de operaciones del proceso, incluyendo tiempo y distancias que deben ser analizadas para observar los puntos de mejora.

- **Verificación de herramientas LM actual:** involucra la aplicación del VSM y 5s en la empresa, mediante el VSM, dando a conocer las actividades que se encuentran desde el ingreso de la materia prima, hasta la salida del producto final, sus respectivos tiempos, distancias, movimientos y esperas. Además, mediante la observación directa se pretende obtener estos datos para encontrar un tiempo estimado en cada actividad, junto a cálculos de tiempo talk y demanda, presentando el análisis de problemas mediante un diagrama de Pareto. Seguidamente, se aplica las 5s para el análisis de distancias y tiempos improductivos en la utilización de suministros o materiales, siendo esta la auditoría inicial.

- **Propuesta de mejora:** después de la implementación de las herramientas LM, se analizan las propuestas de mejora y acciones a realizarse para la eliminación de tiempos, distancias o actividades que incrementen la capacidad productiva de la empresa. Como primero, se realiza la propuesta de mejora de la herramienta 5s, para cada una de sus etapas (clasificar, ordenar, limpiar, estandariza y mantener), tratando de minimizar los errores o defectos encontrados en la evaluación inicial, presentando soluciones que permitan incrementar el porcentaje de cumplimiento de la auditoría 5s en la empresa de estudio.

- **Verificación de herramientas LM futuro:** con la presentación de las oportunidades de mejora, se plantean nuevamente las herramientas LM con los valores esperados, analizando la gráfica VSM junto a sus nuevos tiempos, distancias, entre otros., y la lista de verificación de las 5s con los nuevos porcentajes de cumplimiento de este Check List.

- **Comparación de resultados:** en esta última etapa, se analiza los valores actuales y futuros tanto de la lista de verificación de las 5s como del VSM, incluyendo porcentajes de mejora, aumento o disminución en forma de tablas o gráficas, calculando el incremento de la productividad o capacidad productiva de la empresa,

otorgando una respuesta a la pregunta de investigación planteada. Además, se realiza el análisis costo – beneficio.

2.4. Censo

La presente investigación no requirió de aplicación de encuestas o entrevistas, debido a que, la recolección de datos se enfocó solo en el proceso de producción de la empresa y no es necesaria una población objetiva, mientras que, la muestra son las actividades del proceso de producción, estas en base a Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2018) son consideradas como muestras no probabilísticas, que se orientan a las características y contexto de la investigación planteadas, su valor proviene de las unidades de análisis planteadas para su estudio a profundidad, permitiendo conocer el comportamiento de variables. En vista a que la lista de verificación de las 5s toma en cuenta al personal que labora en la empresa y si reciben o no capacitaciones, se plantea la estratificación de los trabajadores del caso de estudio en la Tabla 7.

Tabla 7. *Trabajadores por proceso de producción.*

Área o proceso	N° de trabajadores	Porcentaje
Extracción de materia prima	2	11.11%
Secado	2	11.11%
Triturado	3	16.67%
Clasificado	5	27.78%
Almacenado	4	22.22%
Transporte	2	11.11%
Total	18	100%

Nota: Elaborado por el autor.

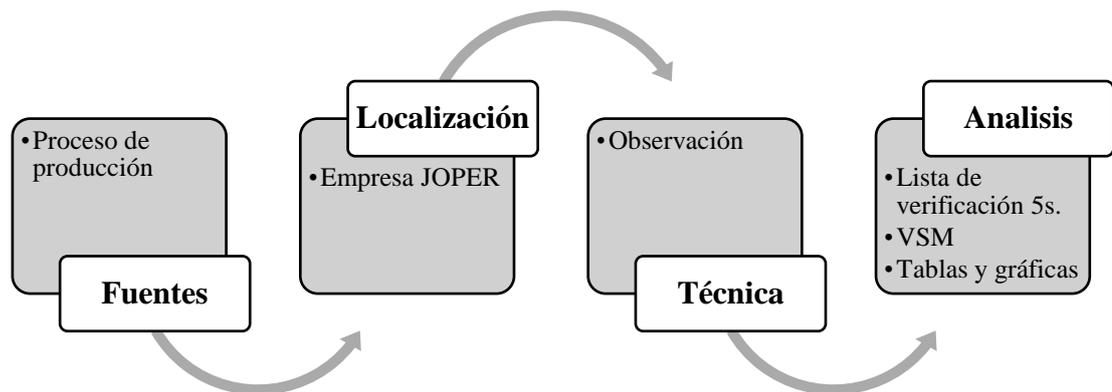
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

En la investigación el método, técnicas e instrumentos de recolección de datos se enfocaron en la metodología planteada en el capítulo I y en las características metodológicas de la investigación como su enfoque cuantitativo, y a su diseño no experimental para recolectar datos de la empresa de estudio (fuente primaria).

2.5.1. Métodos de recolección de los datos

El método de recolección de datos fue deducido mediante el estado del arte del capítulo I, el cual es el método deductivo de la investigación, partiendo de un tema general a una situación particular o más profundizada, para ello de acuerdo con Hernández et al., (2014) las etapas para recolectar datos bajo el enfoque cuantitativo se muestran en la Figura 15.

Figura 15. *Etapas de la recolección de datos.*



Nota: Elaborado por el autor, adaptado de Hernández et al., (2014)

En la Figura 15 se presentan las etapas de recolección de datos, para el cual: las fuentes de recolección de datos fueron las etapas del proceso de producción; mientras que estas fuentes se localizaron en la empresa JOPER de la provincia de Santa Elena; por otro lado, las técnicas para recolectar los datos de las fuentes fueron la observación mediante lista de verificación y observación directa en la empresa de estudio; por último, el análisis para los datos recolectados fueron los resultados de la auditoría inicial de las 5s, las gráficas del VSM, además de tablas y gráficas de comparación de resultados propuestos y actuales.

2.5.2. Técnicas de recolección de los datos

El mecanismo utilizado para la recolección de datos fue la observación para los procesos de producción, la misma que fue obtenida mediante el estado del arte del marco teórico, el objetivo fue recoger datos sobre el tiempo que requiere cada una de las actividades de producción, cantidad de insumos que entran y salen de cada proceso, distancias que recorren los insumos desde el final de una etapa hasta la entrada de otra y su tiempo estimado, tipos de actividades que se realizan para el producto terminado (operación, almacenamiento, demora, inspección y transporte), entre otros datos.

2.5.3. Instrumentos de recolección de los datos

El instrumento de recolección de datos va de la mano con la técnica utilizada, en este caso los instrumentos son la matriz de análisis del VSM y la lista de verificación o check list de las 5s, cada uno de los instrumentos tiene un objetivo en común, mediante el VSM se pretende encontrar los problemas relacionados a cada etapa de producción para minimizar tiempos, distancias y desperdicios, y las 5s es una de las alternativas común para la solución de estos problemas, además de dar un orden en las áreas de trabajo, también se utilizará el diagrama de flujo y DOP – operaciones del proceso.

Como se había mencionado, uno de los instrumentos de recolección de datos es la lista de verificación de las 5s, la cual consta de las siguientes etapas mostradas en la Tabla 8.

Tabla 8. *Etapas de las 5s*

Etapa	Preguntas	Porcentaje obtenido	Porcentaje esperado
Seiri / Clasificar	7	-	20%
Seiton / Ordenar	8	-	20%
Seiso / Limpiar	7	-	20%
Seiketsu / Estandarizar	4	-	20%
Shitsuke / Mantener	4	-	20%
Total	30	-	100%

Nota: Elaborado por el autor.

Las etapas mostradas en la Tabla 6, pueden describirse de la siguiente manera: Seiri: relacionado con la clasificación o separación de objetos necesarios e innecesarios en las áreas de trabajo; Seiton: hace posible que en las áreas de trabajo se encuentren identificados, delimitados, rotulados los componentes u objetos de trabajo, además de hojas de proceso, reportes, fichas de control, entre otros, y pasillos, pisos y materiales de limpieza; Seiso: permite tener en una condición limpia las áreas de trabajo, ya sea máquinas, pisos, lámparas, equipos, estructuras, entre otros. Seiketsu: implica el conocimiento de la herramienta 5s por parte de los trabajadores, capacitaciones, importancia y formatos de limpieza para mantener estandarizado los puestos de trabajo. Por último, el Shitsuke que corresponde a la mejora continua de las

5s en la empresa de estudio. La medición o cuantificación de las preguntas se realiza mediante los siguientes símbolos de la Tabla 9.

Tabla 9. *Escala de calificación de las preguntas de las 5s*

Cuantificación	Ponderación	Símbolo
Cumple	2	
Cumple parcialmente	1	
No cumple	0	

Nota: Elaborado por el autor.

2.6. Variable (s) del estudio

- Variable Independiente: Manufactura esbelta o Lean Manufacturing
- Variable Dependiente: Capacidad productiva o de producción.

2.7. Procedimiento para la recolección de los datos

El plan de recolección de datos es la guía para realizar el estudio, detallando cada uno de los objetivos de la investigación, las acciones realizadas, herramientas utilizadas y los resultados obtenidos, este se muestra en la Tabla 5.

Tabla 10. *Plan de recolección de datos.*

Objetivos específicos	Acciones	Herramientas	Resultados
Desarrollar un marco teórico, basado en una revisión de alcance y método AHP para la obtención de información apta para el sustento de las variables del tema de estudio.	-Revisión de la literatura actual. -Selección de metodología guía para la investigación, técnica e instrumento de recolección de datos.	-Revisión de alcance. -Proceso analítico jerárquico (AHP). -Plataforma online AHP	- Artículos relacionados con herramientas LM e incremento de la capacidad productiva. -Establecimiento de herramientas LM a utilizar. -Selección de técnica e instrumento de recolección de datos a aplicar.
Emplear un procedimiento metodológico, mediante técnicas e instrumentos de recolección de datos y de un procedimiento guía que permita un diagnóstico de la situación actual de la	-Adaptación del procedimiento metodológico. -Aclaración del método, técnica e instrumento de recolección de datos a aplicar en la investigación,	-Resultados del proceso analítico jerárquico (AHP) y del estado del arte.	-Establecimiento y descripción del proceso metodológico a utilizar, enfoque y diseño de la investigación. -Detalle del método, técnica e instrumento de recolección de datos a utilizar para el caso de estudio.

empresa y la evaluación de esta.	muestra y población.		
Analizar los resultados derivados de la propuesta de mejora de la capacidad productiva aplicando herramientas LM para la empresa JOPER.	-Aplicación de la técnica e instrumento de recolección de datos seleccionados. -Análisis de datos obtenidos y presentación de la propuesta para la solución al problema encontrado.	-Observación. -Diagrama de flujo y DOP. -Matriz de registro del VSM. -Check List de las 5s.	-Descripción del proceso de producción. -Identificación de las etapas críticas o mejoras del proceso de producción. -Determinación de puntos de mejora mediante el VMS y 5s. -Presentación y comparación de la propuesta con los resultados actuales.

Nota: Elaborado por el autor.

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diagnóstico inicial

Figura 16. *Logo Empresa*



Nota: Tomada de la página oficial

JOPER es una empresa dedicada a la fabricación de insumos agrícolas como abono, silicato agrícola, sulfato de calcio, entre otros, en donde se extrae y procesa fertilizante y enmiendas naturales. Se encuentra ubicada en el Km. 80 vía Santa Elena - Recinto Sucre, del cantón La Libertad, provincia de Santa Elena. Su misión es “Producir y suministrar productos de alta calidad, que contribuyan al desarrollo sostenible y que garanticen la satisfacción al cliente” y su visión “Ser líderes nacionales en la producción de insumos agrícolas, reconocidos por la excelencia operativa y compromiso con la sostenibilidad, aspirando expandir nuestra presencia en otros mercados, y promoviendo el desarrollo económico de la provincia”.

Adjuntamente, se presenta el proceso de producción del “Silicato de Calcio”, siendo este el proceso de estudio para la investigación.

3.1.1 Proceso de producción

Como todo proceso de producción, se da inicio mediante la extracción u obtención de materia prima.

Extracción de materia prima

Una retroexcavadora se encarga de extraer la materia prima y colocarla en una volqueta para su respectivo traslado al área de secado. El llenado del material a la volqueta toma un tiempo de 5 minutos y un tiempo de transporte al área de secado 30 minutos a una distancia de 150 metros de la mina, en vista a que el terreno es rocoso con una pendiente de bajada de una loma, y porque el vehículo de transporte es antiguo se justifica este tiempo de demora en el traslado de la materia prima al siguiente proceso. En este proceso, laboran 2 trabajadores.

Las volquetadas que hace durante la jornada laboral no son exactas a veces hacen de 20 a 40 esto depende de la volqueta por que sufre fallas mecánicas y si esto sucede se contratan 2 volquetas más, sin embargo, como trabajo ordinario sin contratar maquinaria extra, es de 10 volquetadas. Cada volquetada puede transportar aproximadamente 19 toneladas de materia prima.

Secado

Seguidamente, se requieren de 2 trabajadores para este proceso. La volqueta riega la materia prima en un terreno de 100 x 50 metros, los 2 trabajadores se encargan de esparcir en forma de filas paralela la materia prima para su secado, este proceso es realizado en un tiempo de 6 horas, mientras que la materia prima queda expuesta al sol en aproximadamente 1 día.

Almacenado

Una vez completado el tiempo de secado, se procede a recoger en carretilla la materia prima, aquí se requieren de los 16 trabajadores en un día laboral de 8:00 am 16:00 pm, una vez llena la carretilla se procede a colocarla en la pala cargadora de la retroexcavadora y este cuando se encuentre completa la coloca en la volqueta, no se puede recoger directo con la retroexcavadora por que puede recoger otro tipo de material. La volqueta lleva la materia prima al galpón donde se almacena para su respectiva trituración, aquí se recorre una distancia de 50 metros.

Triturado

En este proceso laboran 3 trabajadores, de los cuales 2 de ellos se encargan de poner la materia prima en un balde y colocarla por máquina de trituración que está a 1 metro de distancia, y otra 1 persona se encarga de regar el material por la máquina de trituración para que se molida y que no genere algún problema como: la bentonita acumulada en su interior, pegado a las paredes de la maquina y si este fuera el caso con una espátula raspar las paredes de la máquina.

El tiempo total de trabajo para la materia prima recolectada fue de 8 AM a 4 PM, tomando 1 hora de almuerzo, 50 minutos de descanso y 6 horas con 10 minutos de trabajo. Cabe recalcar que por cada 3 minutos se es capaz de triturar 10 baldes de

materia prima, tomando en cuenta que cada balde equivale a 20 kg, además de existir 4 minutos de tiempo muerto por fallas mecánicas.

Calibrado

El proceso de calibrado se realiza mediante el zarandeo en una máquina (Zaranda), con el fin de clasificar sólidos según su tamaño. En este proceso, se requiere de 5 trabajadores, y la producción estimada es de 2 sacos por minuto, un trabajador se dedica a vaciar los baldes para su respectiva separación (grano y fino) a una distancia de 2 metros, luego separa el material mezclado como el granulado y fino. Esta máquina tiene 3 salidas por lo que 2 trabajadores se encargan de ponerlos en sacos y 1 trabajador se encarga de pesarlos cada saco debe tener 50 kg, luego que están con su respectivo peso 1 trabajador los lleva a una explanada donde están separado los granulados en un área y el fino en otra.

La producción normal es de 400 sacos por día, siendo 200 de producto granulado y 200 de fino. Dentro de las observaciones se encuentra el desperdicio de materia prima, exceso de polvo, paro de la producción aproximadamente por 30 minutos.

Sellado y almacenado

Una vez cumplida con la demanda del día de 400 unidades, 4 trabajadores se encargan de sellar los sacos con un tiempo de demora de 60 minutos mediante una máquina de coser sacos, luego pasa al almacenamiento en su respectiva área un lado los granulados y en otra área lo fino, la distancia recorrida hasta el almacenado es de 6 metros.

Los datos obtenidos de cada etapa del proceso de producción se resumen en la siguiente Tabla 11.

Tabla 11. *Resumen de las etapas del proceso de producción.*

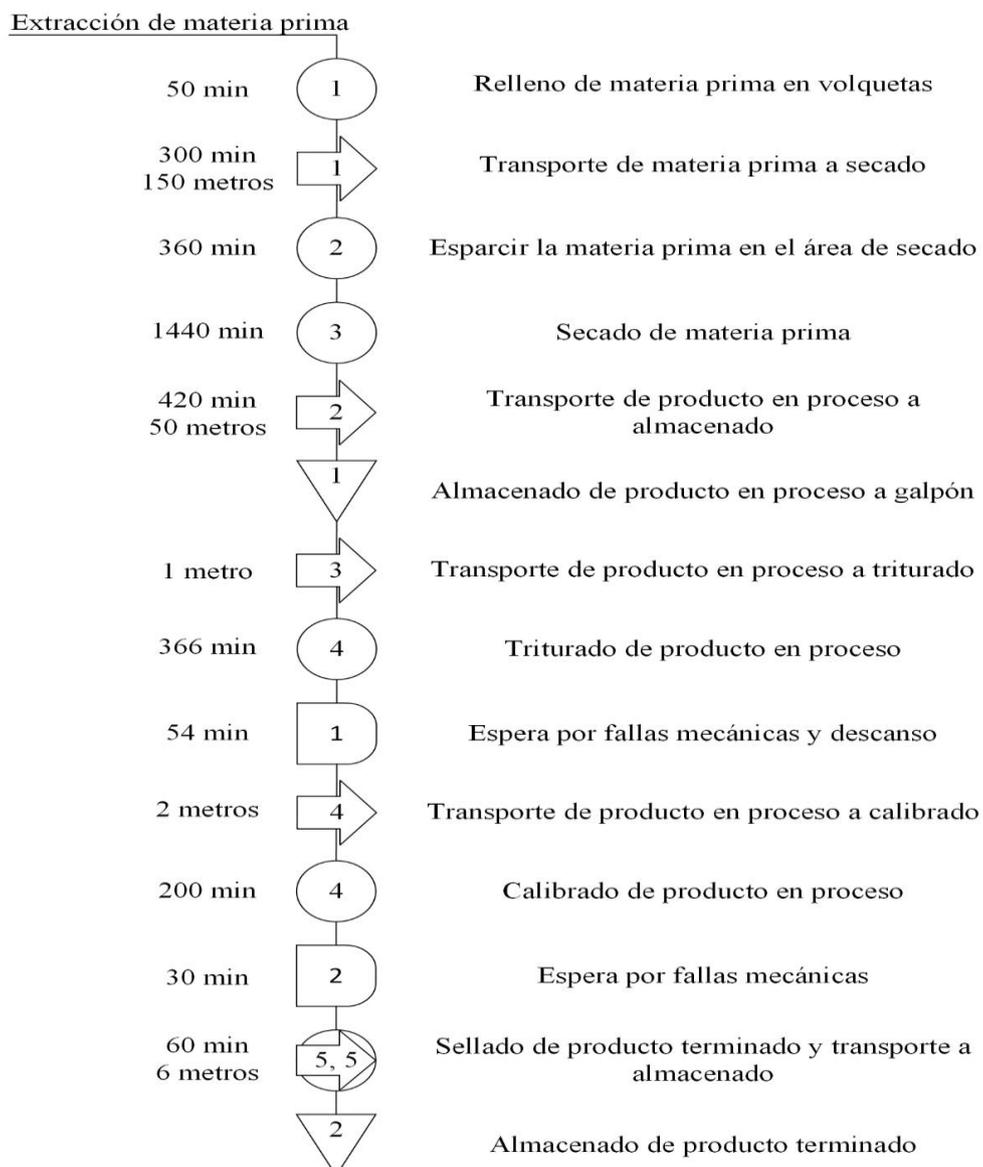
Etapa	Tiempo (min)		Distancia (m)	Materia (Ingreso - kg)	Materia (Salida - kg)
	Actividad	Muerto			
Extracción de materia prima	350				190.000
Secado	1800		150	190.000	190.000
Almacenado	420		50	190.000	190.000
Triturado	366	54	1	24.400	24.400

Calibrado	200	30	2	24.400	20.000
Sellado y almacenado	60		6	20.000	20.000

Nota: Elaborado por el autor.

En la Tabla 11 se presentó el resumen de cada una de las etapas del proceso, además de incluirse el tiempo general de la actividad, y los tiempos muertos observados, por otro lado, la distancia que se recorrió en esa actividad, y la cantidad de materia prima que ingresa y sale de cada una, esto se complementa con el diagrama de flujo de procesos mostrado a continuación.

Figura 17. Diagrama de flujo de procesos multicolumna de la producción



Nota: Elaborado por el autor.

En la Figura 16 se muestra el diagrama de flujo de procesos simplificado de la producción de silicato de calcio, este es analizado a profundidad se la siguiente forma.

En la Tabla 12 se observa el diagrama de flujo de procesos de actividades de trabajadores, para la etapa de extracción de materia prima (1 a 3), observándose que el tiempo de ciclo en esta es de 350 minutos con una distancia de 150 metros, y dentro de las observaciones se establece que existe una pérdida de tiempo por falta de maquinarias para transportar la materia prima hacia la siguiente etapa, lo que retrasa el proceso de extracción y genera tiempo muerto en cada uno de los trabajadores de esta etapa.

Tabla 12. Diagrama de flujo de procesos de la extracción de materia prima

Diagrama de flujo de procesos								
Número:		1		Resumen				
Actividad:			Actividades		Actual	Propuesto		
Elaboración del silicato de calcio			<input type="radio"/>	Operación	14			
			<input type="checkbox"/>	Inspección	0			
Producto:			<input type="checkbox"/>	Transporte	5			
Silicato de calcio			<input type="checkbox"/>	Demora	2			
			<input type="checkbox"/>	Almacenamiento	0			
Método		Actual: X	Propuesto:					
Elaborado por:		Autor		Distancia total		209 m		
Fecha				Tiempo total		3280 min		
Descripción	Distancia	Tiempo	Símbolo					Observaciones
	Metros	Minutos	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1	Extracción mediante retroexcavadora		10					
2	Llenado de materia prima en volqueta		40					
3	Transporte de materia prima a secado	150	300					Perdida de tiempo a falta de maquinaria
4	Recepción de materia prima		40					
5	Esparcir materia prima en el área		320					
6	Secado de materia prima		1440					
7	Llenado de carretillas		60					
8	Llenado de volqueta		60					
9	Transporte a almacenado	50						
10	Almacenado		300					Perdida de tiempo a falta de maquinaria
11	Llenado de baldes		66					
12	Transporte a trituradora	1						
13	Triturado		300					
14	Demora por pérdida de tiempo y fallas mecánicas		54					Falta de orden y limpieza en maquinarias, y control en trabajadores.
15	Llenado de baldes		40					
16	Transporte a zaranda	2						
17	Clasificado en sacos		160					
18	Demora por pérdida de tiempo y fallas mecánicas		30					Falta de orden y limpieza en maquinarias, y control en trabajadores.
19	Obtención producto terminado		20					
20	Sellado de producto terminado		40					
21	Transporte a almacenado	6						
Total		209	3280	14	0	5	2	0

Nota: Elaborado por el autor.

Al igual, en la etapa de secado (4 a 6), no se observa algún problema reflejado, sin embargo, existe un exceso de tiempo de secado de la materia prima, la misma que

puede ser resuelta en un futuro mediante una máquina especializada para el secado de productos finos. El tiempo de ciclo establecido es de 1800 minutos. Mientras que, en el almacenado de producto (7 a 10), se observa un tiempo de ciclo de 420 minutos y una distancia total recorrida de 50 metros, además de visualizarse un problema similar al de la etapa 1 con respecto a la falta de maquinaria para el transporte de producto, generando pérdida de tiempo. Así mismo, en el triturado (11 a 14), se ocupa un tiempo de 420 minutos, junto a un tiempo muerto de 54 minutos, como consecuencia a la falta de orden y limpieza en las maquinarias y a un control en las actividades realizadas por los trabajadores.

También, en el calibrado o clasificado de productos en proceso (15 a 18), se tiene un tiempo de ciclo de 230 minutos, incluyendo 30 minutos de demora por falta de orden y limpieza de maquinarias y control en las actividades que realizan los trabajadores, además de una distancia total recorrida de 2 metros. Por último, en las etapas de sellado y almacenado correspondientes a las actividades 19 a 21, no se muestran observaciones, recalcando que su tiempo de ciclo es de 60 minutos y la distancia recorrida es de 6 metros.

En base a los datos planteados y con el fin de observar las mejorar de la capacidad productiva en términos de productividad, se plantea el cálculo de esta con los siguientes datos:

- Demanda por ciclo de producción: 400 unidades o 20000 kg
- Tiempo total del ciclo de producción: 3280 minutos.

Entonces la fórmula para la productividad monofactorial es la siguiente:

$$Productividad = \frac{Producción\ por\ ciclo\ de\ producción}{Tiempo\ total\ del\ ciclo\ de\ producción}$$

$$Productividad = \frac{400\ unidades}{3280\ minutos} = 0,122\ und/min$$

o

$$Productividad = \frac{20000\ kg}{3280\ minutos} = 6,098\ kg/min$$

Bajo estos datos, se plantea que la productividad actual de JOPER es de 0.122 unidades por minuto, o de 6.098 kg por minuto. De la misma manera, se realiza el

cálculo de la capacidad productiva teórica y real de la empresa, para el cual se requieren de los siguientes datos:

- Capacidad de la maquina (Zaranda): 500 unidades
- Capacidad actual: 400 unidades
- Capacidad esperada: 450 unidades
- Demanda por ciclo de producción: 400 unidades o 20000 kg
- Tiempo total del ciclo de producción: 3280 minutos.
- Número de horas teóricas (NTH): 8 horas/día o 480 minutos
- Tiempo de fabricación: 0,1367 horas o 8.2 minutos

Tomando en cuenta que se requiere de la fórmula de la capacidad de producción real (NHR).

$$NHR = NHT \times U \times E$$

En donde,

$$Utilización (\%) = \frac{Capacidad\ real}{Capacidad\ de\ producción} \times 100$$

$$U = \frac{400\ unidades}{500\ unidades} \times 100 = 80\% \text{ de utilización}$$

$$Eficiencia (\%) = \frac{Capacidad\ real}{Capacidad\ esperado} \times 100$$

$$E = \frac{400\ unidades}{450\ unidades} \times 100 = 89\% \text{ de eficiencia}$$

Entonces,

$$NHT \times U \times E = 8 \times 0,80 \times 0,89 = 5,69 \text{ horas/días}$$

Así, la capacidad productiva proyectada o teórica es:

$$\frac{8\ horas}{0,1367\ horas} = 58,52 \approx 58 \text{ unidades al día}$$

Y, la capacidad productiva real es de:

$$\frac{5,69}{0,1367} = 41,62 \approx 41 \text{ unidades al día}$$

En vista a los problemas encontrados en los diagramas de flujo de procesos de las etapas de producción de silicato de calcio, se aplican las siguientes herramientas LM (VMS y 5s) obtenidas mediante la revisión de la literatura de la investigación, con el fin de clasificar estos problemas y analizarlos mediante valores numéricos, además de gráficas que permitirán plantear la propuesta del estudio.

3.2. Herramientas LM actual

Para el planteamiento del VMS actual se requieren de diversos datos, entre los cuales se encuentran:

- Demanda diaria: 20000 kg (400 unidades)
- Tiempo disponible: 480 minutos (8 horas por día)
- Tiempo de ciclo:

Tabla 13. *Tiempos de ciclo de las etapas de producción.*

Proceso	Extracción	Secado	Almacenado	Triturado	Calibrado	Sellado y almacenado
TC (min)	350	1800	420	420	230	60

Nota: Elaborado por el autor.

- Lead time

Tabla 14. *Cálculo del lead time*

Proceso	Extracción	Secado	Almacenado	Triturado	Calibrado	Sellado y almacenado
TC (min)	350	1800	420	420	230	60
LT (min)				3280		

Nota: Elaborado por el autor.

En la Tabla 14 se planteó el cálculo del lead time tomando en cuenta que este representa a la suma de los tiempos de ciclo del proceso de producción, siendo un total de 3280 minutos.

- Takt time

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda diaria}} = \frac{480 \text{ min}}{20000 \text{ kg}} = 0,024 \frac{\text{min}}{\text{kg}}$$

o

$$TT = \frac{480 \text{ min}}{400 \text{ und}} = 1,2 \text{ min/und}$$

- Tiempo de valor agregado y no valor agregado

Tabla 15. *Tiempos de valor*

	Tiempo	Porcentaje
Actividades de valor agregado	2896 min	88,29%
Actividades sin valor, pero necesarias	300 min	9,15%
Actividades que no agregan valor	84 min	2,56%
Tiempo total (Lead Time)	3280 min	100%
Tiempo de proceso	3196 min	97,44%

Nota: Elaborado por el autor.

Mientras que, en la Tabla 15 se dio a conocer cuáles son los tiempos en los que las actividades generan valor agregado y en cuales no, deduciendo que: el 88,29% del lead time se da por actividades que general valor, a diferencia del 9,15% (300 min) que son actividades que no generan valor directo pero son necesarias (esparcido de materia prima), y pueden combinarse con otra actividad u optimizarse, mientras que existen un 2,56% de tiempo de actividades que no generan valor y se relacionan directamente con la demora y los paro de producción en los procesos de triturado y calibrado.

Con los datos presentados, se plantea el gráfico del VSM mostrado en la Figura 17. De la misma forma, se plantea un análisis de Pareto sobre los inconvenientes encontrados dentro del análisis del mapeo del flujo de valor y en relación con las actividades que generan valor, para los cuales se presentan los siguientes datos de la Tabla 16.

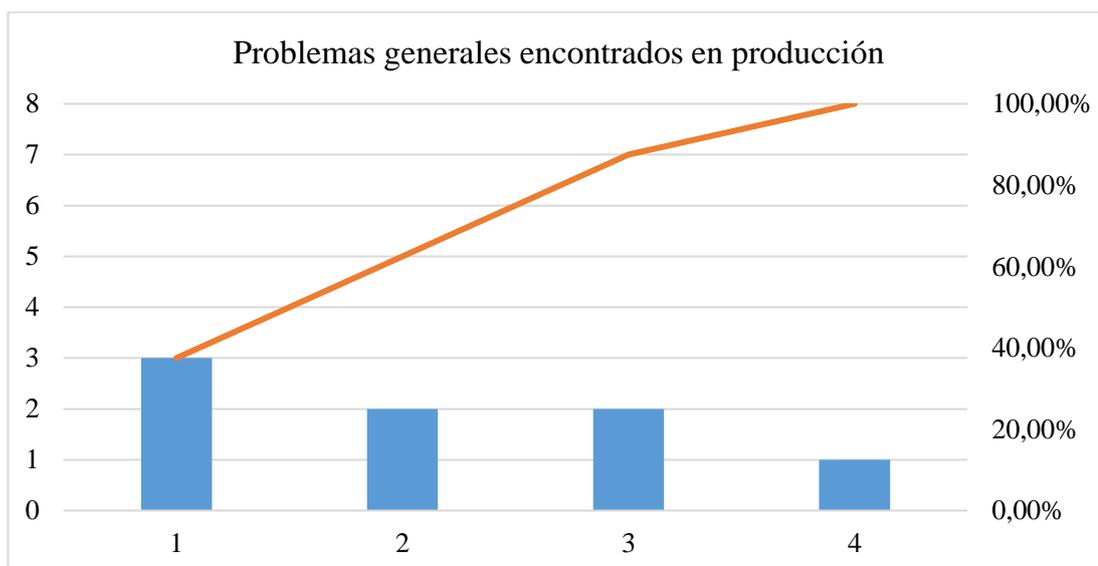
Tabla 16. *Frecuencia de los problemas encontrados*

Problemas	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado
Necesidad de orden y control de trabajadores	3	37,50%	37,5%
Necesidad de orden y control de maquinaria	2	25,00%	62,50%
Pérdida de tiempo a falta de maquinaria	2	25,00%	87,50%
Pérdida de tiempo por falta de coordinación	1	12,50%	100%
Total	8	100%	

Nota: Elaborado por el autor.

En la Tabla 16 se presenta la frecuencia establecida para cada uno de los problemas principales encontrados, además de los porcentajes equivalentes y el acumulado, teniendo un total de 8 en ponderación, estos valores son de gran utilidad para la realización del diagrama de Pareto, el cual se muestra en la Figura 17.

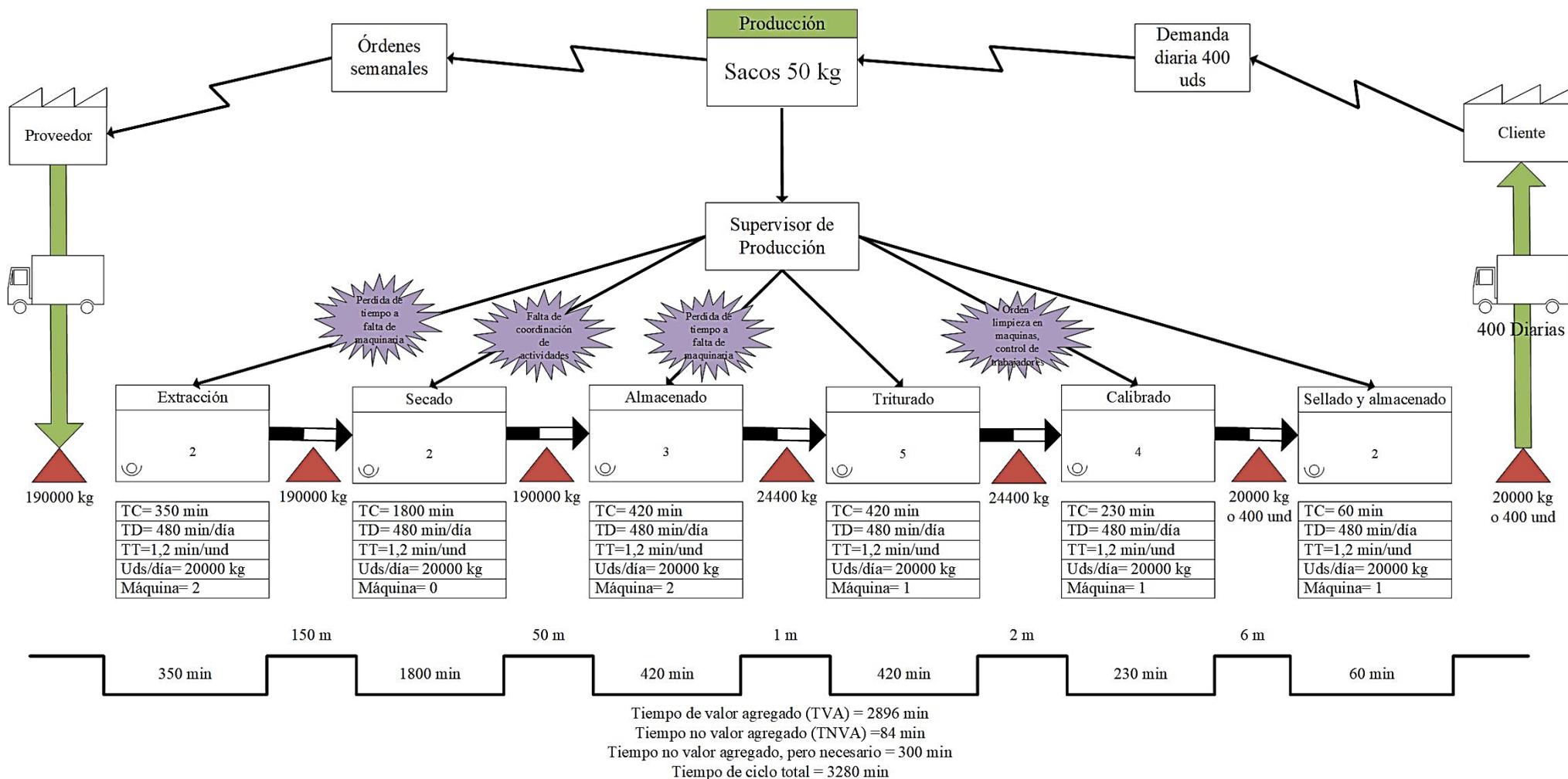
Figura 18. Diagrama de Pareto de los problemas encontrados



Nota: Elaborado por el autor.

Mediante el diagrama de Pareto de la Figura 17, se observaron los problemas encontrados dentro del proceso de producción de Silicato de Calcio los cuales hacen posible que no se incremente la productividad en la empresa, para los que se debe plantear una solución a dichos problemas mediante herramientas. Para tener otro punto de vista de los problemas, se realiza el mapa del VSM mostrado en la Figura 18, el cual recolecta todos los datos y cálculos realizados anteriormente para darlos a conocer en forma gráfica, desde la entrada de materia prima hasta la salida del producto final, incluyendo los problemas de cada etapa del proceso de producción.

Figura 19. Gráfica VSM actual y problemas identificados



Nota: Elaborado por el autor.

Tabla 17. Herramientas por aplicar para la solución de problemas

Problema	Herramienta
Necesidad de orden y control de trabajadores	5s
Necesidad de orden y control de maquinaria	5s y cronograma de mantenimiento
Pérdida de tiempo a falta de maquinaria	Propuesta de maquinaria
Pérdida de tiempo por falta de coordinación	Estandarización de Trabajo (SW) aplicado a la secuencia de actividades y tiempos.

Nota: Elaborado por el autor.

Como primero, antes de plantear la propuesta se presenta el análisis 5s mediante el Check List de esta herramienta, el cual se muestra en el Anexo F, los resultados finales se muestran en la Tabla 18.

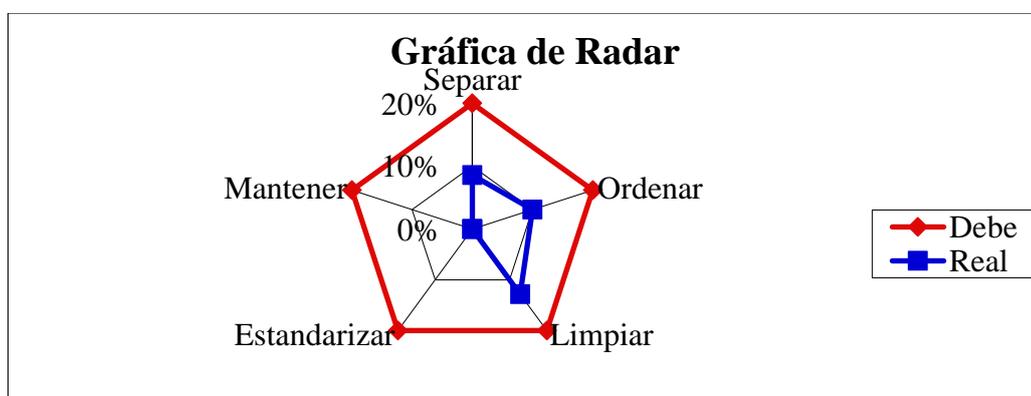
Tabla 18. Resultados Check list 5s inicial

Etapa	Preguntas	Porcentaje obtenido	Porcentaje esperado
Seiri / Clasificar	7	8,6%	20%
Seiton / Ordenar	8	10%	20%
Seiso / Limpiar	7	12,9%	20%
Seiketsu / Estandarizar	4	0%	20%
Shitsuke / Mantener	4	0%	20%
Total	30	31,4%	100%

Nota: Elaborado por el autor.

En la Tabla 18, se puede observar un muy bajo nivel de cumplimiento de las 5s en la empresa de estudio, el cual se complementa con la gráfica de radar mostrada en la Figura 19, con la comparación de resultados esperados.

Figura 20. Gráfica de radar del diagnóstico inicial 5s.



Nota: Elaborado por el autor.

En base a los resultados de la Tabla 18, Figura 19 y el Check List del Anexo F, se dan a conocer los problemas o deficiencias encontrados en el caso de estudio.

- Necesidad de clasificar los objetos necesarios e innecesarios dentro de las áreas de trabajo, mediante rotuladores y tarjetas de identificación.
- Se requiere de instructivos de control de operaciones de procesos en las áreas de trabajo, incluyendo utilización de materiales, tiempos de trabajo, entre otros.
- Se requiere identificar las áreas de trabajo.
- Identificar equipos de limpieza.
- Necesidad de un instructivo de limpieza y mantenimiento de maquinarias de trabajo, para asegurar su buen funcionamiento.
- Se requiere de un formato de limpieza para la mejora continua.
- Necesidad de implementación de capacitaciones al personal colaborador, de nuevo ingreso y directivos de la empresa en temas de la aplicación de las 5s.

3.3. Propuesta de investigación

Luego de la realización del diagnóstico inicial en la empresa de estudio, se plantea la propuesta de investigación con las posibles soluciones a los problemas encontrados mediante el VSM y que se complementan con la aplicación de las 5s, Sw (Estandarización de trabajo) y la alternativa viable para la compra de 2 nuevas máquinas de transporte. Para ello, se plantean los siguientes puntos:

3.3.1 Propuesta de alternativas - 5s

Para dar solución a los problemas encontrados mediante la herramienta 5s, los cuales se relacionan directamente con el control, orden y limpieza dentro de las áreas de trabajo, y que se relacionan con los problemas principales encontrados en el VSM, se presenta la identificación de objetos y áreas, el instructivo para el control de las operaciones del proceso, instructivo para la limpieza y mantenimiento de equipos, formato de control de limpieza y el plan de capacitación mediante las 5s.

3.3.1.1 Identificación de objetos y áreas

Para llevar a cabo la identificación de objetos necesarios, innecesarios, y áreas de trabajo, se toma en cuenta los siguientes puntos:

Inspección inicial: Llevar a cabo una revisión exhaustiva del área de trabajo para comprender el flujo de actividades, la utilización del espacio y los elementos presentes.

Categorizar objetos: Clasificar todos los objetos en dos categorías principales:

1. Necesarios: Componentes fundamentales para las actividades diarias.
2. Innecesarios: Elementos que no son indispensables para las actividades en curso.

Evaluación de necesidad: Determinar con qué frecuencia se utiliza cada objeto necesario.

- Uso diario: Elementos usados todos los días.
- Uso ocasional: Elementos usados semanal o mensualmente.
- Uso raro: Elementos usados muy esporádicamente o nunca.

Remover innecesarios: Eliminar o retirar del espacio de trabajo los elementos identificados como innecesarios. Estos pueden ser reciclados, donados, almacenados fuera del área de trabajo o desechados.

Organizar los objetos necesarios: Ubicar los artículos esenciales en lugares designados y accesibles de acuerdo con la frecuencia de su utilización.

- Cercanía: Los artículos de uso diario deben estar fácilmente accesibles.
- Eficiencia: Los objetos que se utilizan de forma esporádica deben estar ubicados cerca, pero no necesariamente en la primera línea de acceso.
- Almacenamiento adecuado: Los artículos que se utilizan con poca frecuencia pueden guardarse en sitios menos accesibles.

Etiquetado y señalización: Usar etiquetas y señales claras para identificar la ubicación de cada objeto y área. Para las cuales se muestran los ejemplos a continuación:

Tabla 19. *Etiquetas para señaléticas de identificación.*

Objeto / Área / Máquina	Rotulo o identificación
Áreas de trabajo	<p style="text-align: center;">Área de trabajo “Nombre”</p>
Objetos necesarios	<p style="text-align: center;">Herramientas necesarias o Uso diario</p>

Objetos innecesarios	No necesario o Desechar
Maquinas o equipos	Equipos de producción o Maquinarias de producción

Nota: Elaborado por el autor.

En la Tabla 24, se da a conocer las señaléticas de ejemplo para la identificación de equipos, máquinas, objetos o áreas, recalando que los colores están adaptados a las sugerencias de la metodología 5s.

3.3.1.2 Instructivo para control de operaciones de procesos

Instructivo de control de operaciones del proceso de producción

Objetivo: Implementar un sistema de monitoreo de tiempos de trabajo en las áreas de producción para asegurar que los empleados trabajen de manera adecuada y reducir retrasos, garantizando así la eficiencia y productividad.

Alcance: Este instructivo aplica a todas las áreas de trabajo y a todo el personal involucrado en el proceso de producción.

Responsabilidades:

- **Supervisores de producción:** Supervisar y documentar los tiempos de trabajo, así como detectar y comunicar cualquier retraso.
- **Trabajadores:** Adherirse a los tiempos asignados e informar sobre cualquier inconveniente que pueda influir en su rendimiento.
- **Departamento de recursos humanos:** Examinar y evaluar los registros de tiempos, y aplicar acciones correctivas ante la ocurrencia de demoras recurrentes.

Procedimiento:

1. **Asignación de tareas y tiempos estándar:**

- Cada actividad del proceso de producción debe contar con un tiempo estándar asignado, basado en estudios de tiempos y movimientos.
- Es fundamental que los tiempos estándar sean comunicados de manera clara a todos los trabajadores.

2. Registro de tiempos:

- Establecer un sistema de registro de tiempos, idealmente digital, en el cual cada empleado pueda anotar el comienzo y la finalización de cada tarea.

- Si no se dispone de un sistema digital, se deben emplear hojas de registro manuales que deberán ser firmadas tanto por el trabajador como por el supervisor.

3. Monitoreo continuo:

- Los supervisores deben llevar a cabo inspecciones regulares para verificar el avance de las tareas y garantizar que se respeten los tiempos designados.

- Implementar paneles visuales en el lugar de trabajo para mostrar el avance en tiempo real de las tareas asignadas.

4. Gestión de demoras:

- Si un trabajador prevé un retraso, debe notificar de inmediato al supervisor, explicando los motivos y solicitando ayuda si es necesario.

- El supervisor debe documentar la demora y sus causas, y adoptar acciones para solucionar el problema de manera expedita.

5. Análisis y retroalimentación:

- Al concluir cada jornada, el supervisor debe reunir y examinar los registros de tiempo.

- Detectar cualquier variación considerable respecto a los tiempos estándar y examinar las razones detrás de ellas.

- Ofrecer a los trabajadores comentarios sobre su desempeño y proponer sugerencias para mejorar.

6. Capacitación y mejora continua:

- Llevar a cabo entrenamientos regulares para los empleados sobre la relevancia de adherirse a los tiempos de trabajo y métodos para optimizar su eficiencia.

- Establecer un mecanismo de propuestas donde los empleados puedan recomendar optimizaciones en los procedimientos.

7. Reportes y revisión:

- Generar informes semanales sobre los tiempos de trabajo y las demoras registradas, y remitirlos al Departamento de Recursos Humanos.
- Llevar a cabo reuniones mensuales para evaluar los informes y debatir posibles mejoras en los procesos de producción.

Manejo de excepciones:

- En situaciones de fuerza mayor o problemas técnicos que impacten los tiempos de trabajo, los supervisores están obligados a registrar minuciosamente la situación y las acciones emprendidas para solucionarla.
- El Departamento de Recursos Humanos debe evaluar estos casos para garantizar que se implementen acciones preventivas en el futuro.

3.3.1.3 Instructivo de limpieza y mantenimiento de maquinarias

Instructivo de limpieza y mantenimiento de maquinarias de trabajo

Objetivo: Asegurar el óptimo rendimiento, la seguridad y la durabilidad de los equipos de trabajo en la empresa a través de un protocolo exhaustivo de limpieza y mantenimiento.

Alcance: Este instructivo se aplica a todas las maquinarias de trabajo utilizadas en la empresa.

Responsabilidades

- Operadores de maquinaria: Ejecutar la limpieza diaria y notificar cualquier irregularidad

Procedimientos de limpieza

Materiales necesarios

- Paños de microfibra
- Cepillos de cerdas suaves
- Aspiradora industrial
- Productos de limpieza no corrosivos
- Aceite lubricante
- Equipo de protección personal (EPP): guantes, gafas de seguridad, mascarillas

Procedimiento diario

- Desconectar la máquina: antes de comenzar, asegúrese de que el equipo esté apagado y desconectado de la fuente de energía.
- Limpieza superficial: Emplee un paño de microfibra para eliminar el polvo y la suciedad de las superficies exteriores. Utilice cepillos de cerdas suaves para retirar la suciedad acumulada en zonas de difícil acceso.
- Aspirado: aspire las zonas donde se acumule suciedad, prestando especial atención a las rejillas de ventilación y a las partes móviles.
- Lubricación: aplique lubricante en las partes móviles siguiendo las instrucciones del manual del fabricante.
- Revisión visual: realice una inspección visual de la máquina para identificar cualquier indicio de desgaste, daño o irregularidades.
- Registro: registre en el informe de mantenimiento diario cualquier observación pertinente y las medidas tomadas.
- Procedimiento Semanal
- Revisión completa: lleve a cabo una inspección más minuciosa de la máquina, abarcando los componentes internos que se pueden revisar sin necesidad de desmontar piezas.
- Limpieza profunda: realice una limpieza exhaustiva de las áreas que no se pueden acceder durante la limpieza diaria.
- Verificación de lubricación: revise y aplique lubricante adicional si es requerido.
- Pruebas de funcionamiento: ponga en marcha la máquina y efectúe pruebas de funcionamiento para confirmar que todos los componentes funcionan adecuadamente.
- Registro: registre todas las acciones llevadas a cabo y cualquier inconveniente encontrado.

Procedimientos de mantenimiento

Mantenimiento preventivo mensual

- Desmontaje parcial: desarme las componentes de la máquina siguiendo las instrucciones del manual para una limpieza más exhaustiva y una revisión detallada.

- Revisión de componentes: revise los rodamientos, las correas, los motores y otros componentes esenciales.
- Reemplazo de piezas: reemplace cualquier componente que presente signos de desgaste significativo o daño.
- Registro: registre todas las tareas efectuadas, las piezas sustituidas y cualquier observación.

Mantenimiento correctivo

- Detección de fallas: si se encuentra una falla, apague y desconecte la máquina de inmediato.
- Diagnóstico: lleve a cabo un análisis exhaustivo para determinar la causa del mal funcionamiento.
- Reparación: repare o sustituya las piezas dañadas de acuerdo con el diagnóstico.
- Prueba de funcionamiento: efectúe pruebas detalladas para garantizar que la máquina funcione adecuadamente tras la reparación.
- Registro: registre la avería, el análisis, las reparaciones efectuadas y las pruebas de operatividad.

Medidas de seguridad

- Siempre use el equipo de protección personal (EPP) apropiado durante las tareas de limpieza y mantenimiento.
- Verifique que la máquina esté desconectada de la fuente de energía antes de iniciar cualquier tarea.
- Siga las indicaciones del fabricante para el manejo de componentes específicos.

Documentación y registros

- Lleve un registro diario, semanal y mensual de todas las actividades de limpieza y mantenimiento.
- Emplee formularios estándares para registrar observaciones, actividades llevadas a cabo y cualquier incidente ocurrido.

Capacitación

- Ofrezca formación continua al personal sobre los procedimientos de limpieza y mantenimiento.

- Actualice las formaciones según sea necesario, integrando nuevas tecnologías y prácticas de seguridad. Este manual debe ser revisado y actualizado de manera regular para garantizar su efectividad y pertinencia.

3.3.1.4 Formato de limpieza para la mejora continua

Tabla 20. *Formato de limpieza para la mejora continua en las áreas de trabajo*

Formato de limpieza			
Fecha:		Responsable de limpieza:	
Área:			
Lista de limpieza			
N°	Equipo o utensilio	Descripción	Fase (Limpieza/Reparar/Reemplazar)
1			
2			
3			
N...			
Procedimiento de limpieza			
<p>Inspeccionar el estado general de cada utensilio o equipo. Desmontar las piezas según las instrucciones de uso. Aplicar agua y detergente en las superficies visibles, utilizando cepillos u otras herramientas específicas según sea necesario. Desinfectar las superficies en contacto directo con los alimentos, usando productos que cumplan con las normativas de seguridad alimentaria. Enjuagar cada utensilio con agua limpia para eliminar cualquier residuo de detergente o desinfectante. Asegurarse de que cada utensilio esté completamente seco antes de guardarlo, utilizando toallas limpias o permitiendo que se sequen al aire. Realizar una verificación adicional del estado general del utensilio después de la limpieza, identificando daños o necesidades de reparación. Efectuar reparaciones menores si es posible y registrar la necesidad de reemplazo si el utensilio está en malas condiciones.</p>			
Observaciones o comentarios			
N°	Observación / Comentario		
1			
2			
3			
N...			
Firma del responsable de área			_____

Nota: Elaborado por el autor.

3.3.1.5 Plan de capacitación

Plan de capacitación para la implementación de la metodología 5S en la Empresa

1. Introducción

La metodología 5S es una práctica japonesa que se centra en la organización y la eficiencia en el entorno laboral. Su adopción puede aumentar notablemente la productividad y la calidad en la empresa. Las 5S consisten en: Seiri (Clasificación), Seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarización) y Shitsuke (Disciplina).

2. Objetivos del plan de capacitación

- Preparar a todos los niveles de la empresa a la metodología 5S.
- Desarrollar competencias prácticas para aplicar y sostener las 5S.
- Promover una cultura empresarial basada en la organización, la limpieza y la mejora constante.

3. Público objetivo

- Personal Trabajador
- Directivos
- Nuevos Ingresos

4. Estructura del plan de capacitación

4.1. Fase de preparación

- **Duración:** 1 semana
- **Actividades:**
 - Evaluación preliminar del estado actual de la empresa.
 - Encuentro con los directivos para establecer metas concretas.
 - Formación de un equipo 5S responsable de dirigir la implementación.
 - Elaboración de recursos de formación (manuales, presentaciones, vídeos).

4.2. Capacitación para directivos

- **Duración:** 1 día
- **Modalidad:** Taller intensivo
- **Contenido:**
 - Presentación de la metodología 5S.

- Ventajas de implementar las 5S en la empresa.
 - Papel de los ejecutivos en la ejecución y sostenimiento.
 - Casos de éxito en otras organizaciones.
 - Elaboración de una estrategia para la implementación de la metodología 5S.
- **Actividades:**
 - Exposición teórica.
 - Examen de estudios de caso.
 - Seminario para la formulación de estrategias personalizadas para la empresa.

4.3. Capacitación para el personal trabajador

- **Duración:** 4 días
- **Modalidad:** Seminarios y talleres prácticos
- **Contenido:**
 - Presentación de los principios 5S.
 - Descripción exhaustiva de cada uno de los principios 5S.
 - Ventajas y obligaciones del equipo.
 - Métodos y recursos para implementar las 5S en el entorno laboral.
- **Actividades:**
 - Talleres participativos.
 - Talleres para la aplicación práctica en entornos laborales reales.
 - Ejercicios grupales y simulaciones.
 - Rondas de preguntas y respuestas.

4.3.1 Procedimiento de las 5s.

- Clasificar (Seiri): Ordenar y etiquetar la materia prima, los insumos y las herramientas. Ejemplos concretos de cómo organizar y clasificar en áreas determinadas.
 - Ordenar (Seiton): Determinación de ubicaciones concretas. Métodos para ordenar y etiquetar herramientas y equipos en las distintas zonas.
 - Limpiar (Seiso): Instrucciones para la limpieza y el mantenimiento. Relevancia de la limpieza en todas las zonas del trabajo.

- Estandarizar (Seiketsu): Elaboración de protocolos estandarizados. Empleo de códigos y señales de colores.

- Mantener (Shitsuke): Desarrollo de programas de auditoría. Iniciativas para promover la mejora continua.

4.4. Capacitación para nuevos ingresos

- **Duración:** 1 día

- **Modalidad:** Programa de inducción

- **Contenido:**

- Presentación de la empresa y su cultura organizacional.

- Fundamentos esenciales de la metodología 5S.

- Expectativas y obligaciones respecto a las 5S.

- **Actividades:**

- Introducción teórica.

- Recorridos guiados por las instalaciones para mostrar ejemplos de la metodología 5S.

- Colaboración con el equipo de trabajo para ver las 5S en acción.

5. Seguimiento y evaluación

- Auditorías constantes: Llevar a cabo revisiones periódicas para verificar el cumplimiento de las 5S.

- Reuniones de seguimiento: Programar encuentros mensuales con el comité 5S para evaluar el progreso y abordar cualquier inconveniente.

- Encuestas de satisfacción: Recopilar opiniones del personal para detectar áreas que necesiten mejoras en la capacitación.

- Reconocimientos y premios: Establecer un sistema de incentivos para los equipos y empleados que se distingan en la implementación de las 5S.

6. Recursos necesarios

- **Humanos:**

- Expertos en la metodología 5S.

- Integrantes del comité 5S.

- **Materiales:**

- Documentos y directrices de 5S.

- Instrumentos para la limpieza y la organización.
- Programa para monitoreo y evaluación.
- **Económicos:**
 - Asignación de fondos para materiales y premios.
 - Gastos asociados a los instructores y facilitadores.

7. Conclusión

La adopción de la metodología 5S demanda un compromiso continuo y la implicación de todos los niveles dentro de la empresa. Con una formación adecuada y un seguimiento meticuloso, la organización puede conseguir un entorno laboral más eficiente, seguro y productivo. Este plan de formación es esencial para alcanzar estos objetivos y promover una cultura de mejora continua.

8. Cronograma de capacitación

Tabla 21. Cronograma de capacitación propuesta

Plan de capacitación	Tiempo														
	Días														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Fase de preparación	■														
Capacitación directivos								■							
Capacitación personal									■						
Clasificar											■				
Ordenar											■				
Limpiar											■				
Estandarizar											■				
Mantener											■				
Capacitación nuevos ingresos													■		
Seguimiento y evaluación														■	

Nota: Elaborado por el autor.

3.3.2 Idea de nuevos vehículos para reducción de tiempos

Como se ha podido observar, la falta de vehículos para el transporte de materia prima de un proceso a otro es uno de los principales problemas que al resolverse pueden minimizar el tiempo de producción, para ello, los procesos en los que se requieren son en la extracción de materia prima y en el almacenado de materia prima.

Tomando en cuenta que:

- Para ambos procesos es utilizada la misma volqueta, siendo esta la que transporta la materia prima.

- Duplicando el número de volquetas posible reducir a la mitad el tiempo en que se realiza ambos procesos.
 - Se requeriría de un trabajador extra, sin embargo, este puede ser sustituido por uno de los que realizan los demás procesos y que se encuentre en espera.
 - En vista a que el precio de una volqueta es muy alto, y como la empresa de estudio ya ha realizado alquileres de volquetas, se plantea tener el alquiler de 1 volqueta fija para ambos procesos.
 - El análisis de tiempos se realiza en base a la secuencia de actividades.
- Quedando que la siguiente manera el número de maquinarias y los tiempos mínimos

Tabla 22. *Maquinarias y tiempos propuestos*

Proceso	Extracción	Secado	Almacenado	Triturado	Calibrado	Sellado y almacenado
Maquinarias	3	0	3	1	1	1
TC	175	1800	210	420	230	60

Nota: Elaborado por el autor.

En donde, para la extracción es 1 retroexcavadora y 2 volquetas que mientras una transporta la otra continua con el proceso, y para el almacenado de la misma manera. Para ello, se plantea la estandarización de trabajo para optimizar tiempos en función de la secuencia de actividades.

3.3.3 Propuesta mejora estandarización de trabajo en secuencia de tiempos

La estandarización de trabajo consiste en crear una planificación de trabajo con los procedimientos o metodologías de un proceso de producción que debe ser reproducible y aplicable para cumplir con los estándares de calidad y eficiencia dentro de una empresa. Realizando un ajuste de los procesos para una mejor organización. En base a los autores Fazinga et al. (2019) y Martínez-Saavedra & Arboleda-Zuñiga (2021), para ajustar los procesos de producción mediante la estandarización de trabajo, se debe considerar lo siguiente:

- Tiempos por operación del proceso de producción.
- Orden y secuencia de las actividades que se realizan.
- Código de actividad y distancias en caso de ser necesario para el análisis

Los datos requeridos ya son conocidos mediante el diagnóstico inicial, para ello, se plantea el análisis de la secuencia de actividades mediante el diagrama de Gantt, los datos requeridos se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23. *Actividades de la producción de silicato de calcio y precedencia*

Código	Actividad	Tiempo (min)	Precedencia
A	Extracción mediante excavadora	1	-
B	Llenado de materia prima en volqueta 1	4	A
C	Transporte de materia prima a secado	30	B
D	Extracción mediante excavadora	1	B
E	Llenado de materia prima en volqueta 2	4	D
F	Transporte de materia prima a secado	30	E
G	Extracción mediante excavadora	1	E
H	Llenado de materia prima en volqueta 1	4	C
I	Transporte de materia prima a secado	30	H
J	Extracción mediante excavadora	1	H
K	Llenado de materia prima en volqueta 2	4	F
L	Transporte de materia prima a secado	30	K
M	Extracción mediante excavadora	1	K
N	Llenado de materia prima en volqueta 1	4	I
O	Transporte de materia prima a secado	30	N
P	Extracción mediante excavadora	1	N
Q	Llenado de materia prima en volqueta 2	4	L
R	Transporte de materia prima a secado	30	Q
S	Extracción mediante excavadora	1	Q
T	Llenado de materia prima en volqueta 1	4	O
U	Transporte de materia prima a secado	30	T
V	Extracción mediante excavadora	1	T
W	Llenado de materia prima en volqueta 2	4	R
X	Transporte de materia prima a secado	30	W
Y	Extracción mediante excavadora	1	W
Z	Llenado de materia prima en volqueta 1	4	U
AA	Transporte de materia prima a secado	30	Z
AB	Extracción mediante excavadora	1	Z
AC	Llenado de materia prima en volqueta 2	4	X
AD	Transporte de materia prima a secado	30	AC
AE	Recepción de materia prima	4	C
AF	Esparcir materia prima	32	AE
AG	Recepción de materia prima	4	F
AH	Esparcir materia prima	32	AG
AI	Recepción de materia prima	4	I
AJ	Esparcir materia prima	32	AI
AK	Recepción de materia prima	4	L
AL	Esparcir materia prima	32	AK
AM	Recepción de materia prima	4	O
AN	Esparcir materia prima	32	AM
AO	Recepción de materia prima	4	R
AP	Esparcir materia prima	32	AO
AQ	Recepción de materia prima	4	U

AR	Esparcir materia prima	32	AQ
AS	Recepción de materia prima	4	X
AT	Esparcir materia prima	32	AS
AU	Recepción de materia prima	4	AA
AV	Esparcir materia prima	32	AU
AW	Recepción de materia prima	4	AD
AX	Esparcir materia prima	32	AW
AY	Secado de materia prima	1440	AF
AZ	Llenado de carretillas	6	AY
BA	Llenado de volqueta 1	30	AZ
BB	Almacenado	6	BA
BC	Llenado de carretillas	6	BA
BD	Llenado de volqueta 2	30	BC
BE	Almacenado	6	BD
BF	Llenado de carretillas	6	BD
BG	Llenado de volqueta 1	30	BB
BH	Almacenado	6	BG
BI	Llenado de carretillas	6	BG
BJ	Llenado de volqueta 2	30	BE
BK	Almacenado	6	BJ
BL	Llenado de carretillas	6	BJ
BM	Llenado de volqueta 1	30	BH
BN	Almacenado	6	BM
BO	Llenado de carretillas	6	BM
BP	Llenado de volqueta 2	30	BK
BQ	Almacenado	6	BP
BR	Llenado de carretillas	6	BP
BS	Llenado de volqueta 1	30	BN
BT	Almacenado	6	BS
BU	Llenado de carretillas	6	BS
BV	Llenado de volqueta 2	30	BQ
BW	Almacenado	6	BV
BX	Llenado de carretillas	6	BV
BY	Llenado de volqueta 1	30	BT
BZ	Almacenado	6	BY
CA	Llenado de carretillas	6	BY
CB	Llenado de volqueta 2	30	BW
CC	Almacenado	6	CB
CD	Llenado de baldes	70	CC
CE	Triturado	300	CD
CF	Llenado de baldes	40	CE
CG	Clasificado mediante zaranda	160	CF
CH	Obtención de producto terminado	20	CG
CI	Sellado y almacenado	40	CH

Nota: Elaborado por el autor.

Con el fin de agilizar el análisis de datos, se va a utilizar el programa POM – QM para encontrar el tiempo total de producción, para el cual se muestran los siguientes resultados en la Tabla 24 y en el Anexo G.

Tabla 24. Resultados obtenidos en la precedencia de actividades

Actividad	Tiempo de actividad	Comienzo	Final	Comienzo tardío	Final tardío	Estacionario
Project	2363					
A	1	0	1	0	1	0
B	4	1	5	1	5	0
C	30	5	35	5	35	0
D	1	5	6	2156	2157	2151
E	4	6	10	2157	2161	2151
F	30	10	40	2161	2191	2151
G	1	10	11	2362	2363	2352
H	4	35	39	2191	2195	2156
I	30	39	69	2195	2225	2156
J	1	39	40	2362	2363	2323
K	4	40	44	2191	2195	2151
L	30	44	74	2195	2225	2151
M	1	44	45	2362	2363	2318
N	4	69	73	2225	2229	2156
O	30	73	103	2229	2259	2156
P	1	73	74	2362	2363	2289
Q	4	74	78	2225	2229	2151
R	30	78	108	2229	2259	2151
S	1	78	79	2362	2363	2284
T	4	103	107	2259	2263	2156
U	30	107	137	2263	2293	2156
V	1	107	108	2362	2363	2255
W	4	108	112	2259	2263	2151
X	30	112	142	2263	2293	2151
Y	1	112	113	2362	2363	2250
Z	4	137	141	2293	2297	2156
AA	30	141	171	2297	2327	2156
AB	1	141	142	2362	2363	2221
AC	4	142	146	2293	2297	2151
AD	30	146	176	2297	2327	2151
AE	4	35	39	35	39	0
AF	32	39	71	39	71	0
AG	4	40	44	2327	2331	2287
AH	32	44	76	2331	2363	2287
AI	4	69	73	2327	2331	2258
AJ	32	73	105	2331	2363	2258
AK	4	74	78	2327	2331	2253
AL	32	78	110	2331	2363	2253
AM	4	103	107	2327	2331	2224
AN	32	107	139	2331	2363	2224
AO	4	108	112	2327	2331	2219
AP	32	112	144	2331	2363	2219
AQ	4	137	141	2327	2331	2190
AR	32	141	173	2331	2363	2190
AS	4	142	146	2327	2331	2185
AT	32	146	178	2331	2363	2185
AU	4	171	175	2327	2331	2156
AV	32	175	207	2331	2363	2156
AW	4	176	180	2327	2331	2151
AX	32	180	212	2331	2363	2151
AY	1440	71	1511	71	1511	0
AZ	6	1511	1517	1511	1517	0
BA	30	1517	1547	1517	1547	0
BB	6	1547	1553	2213	2219	666
BC	6	1547	1553	1547	1553	0

BD	30	1553	1583	1553	1583	0
BE	6	1583	1589	1583	1589	0
BF	6	1583	1589	2357	2363	774
BG	30	1553	1583	2219	2249	666
BH	6	1583	1589	2249	2255	666
BI	6	1583	1589	2357	2363	774
BJ	30	1589	1619	1589	1619	0
BK	6	1619	1625	1619	1625	0
BL	6	1619	1625	2357	2363	738
BM	30	1589	1619	2255	2285	666
BN	6	1619	1625	2285	2291	666
BO	6	1619	1625	2357	2363	738
BP	30	1625	1655	1625	1655	0
BQ	6	1655	1661	1655	1661	0
BR	6	1655	1661	2357	2363	702
BS	30	1625	1655	2291	2321	666
BT	6	1655	1661	2321	2327	666
BU	6	1655	1661	2357	2363	702
BV	30	1661	1691	1661	1691	0
BW	6	1691	1697	1691	1697	0
BX	6	1691	1697	2357	2363	666
BY	30	1661	1691	2327	2357	666
BZ	6	1691	1697	2357	2363	666
CA	6	1691	1697	2357	2363	666
CB	30	1697	1727	1697	1727	0
CC	6	1727	1733	1727	1733	0
CD	70	1733	1803	1733	1803	0
CE	300	1803	2103	1803	2103	0
CF	40	2103	2143	2103	2143	0
CG	160	2143	2303	2143	2303	0
CH	20	2303	2323	2303	2323	0
CI	40	2323	2363	2323	2363	0

Nota: Elaborado por el autor.

En la Tabla 24 se da a conocer el resultado del análisis de precedencia de las actividades de producción mediante el programa POM – QM, para el cual se adjuntan las gráficas de Gantt y precedencia en el Anexo H, recalando que el tiempo total de producción es de aproximadamente 2357 minutos, obteniendo una gran diferencia en comparación con el tiempo total estimado dentro de la empresa de estudio, debido a que, no controlaban el ciclo de trabajo y obtenían demoras en la producción.

Bajo este análisis, se plantea nuevamente los tiempos de producción estimados mediante las herramientas LM futuras, posterior a la implementación de las propuestas.

3.4. Herramientas LM propuesta

3.4.1 Herramienta 5s futura

Como primero, se plantea al análisis 5s futuro con las propuestas planteadas, para el cual se muestra la Tabla 25 y en el Anexo I.

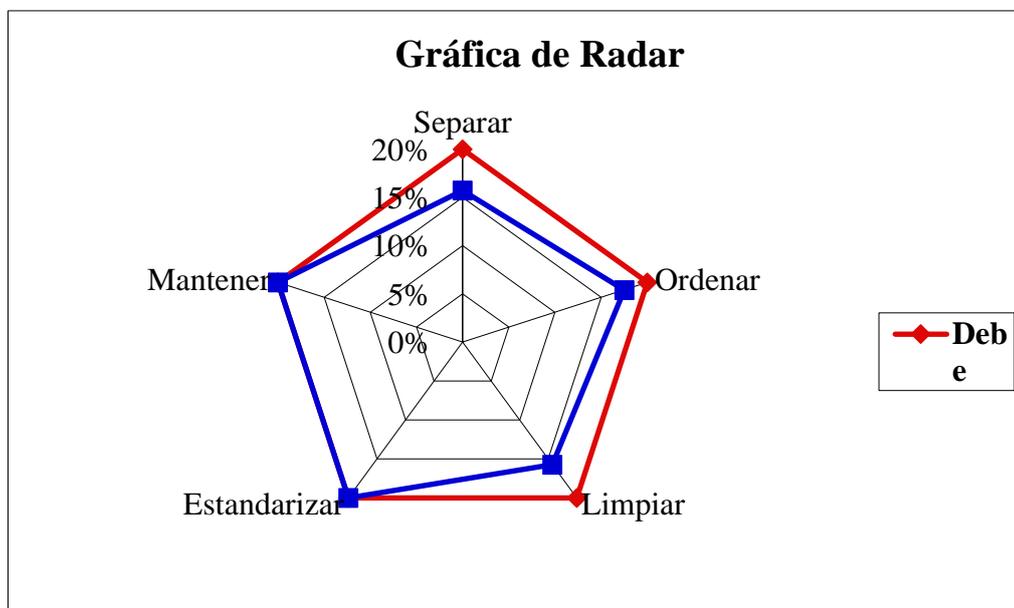
Tabla 25. Resultados Check List 5s futuro.

Etapa	Preguntas	Porcentaje obtenido	Porcentaje esperado
Seiri / Clasificar	7	15,7%	20%
Seiton / Ordenar	8	17,5%	20%
Seiso / Limpiar	7	15,7%	20%
Seiketsu / Estandarizar	4	20%	20%
Shitsuke / Mantener	4	20%	20%
Total	30	88,9%	100%

Nota: Elaborado por el autor.

Y adjuntado con la gráfica de radas de la Figura

Figura 21. Gráfica de radar futuro

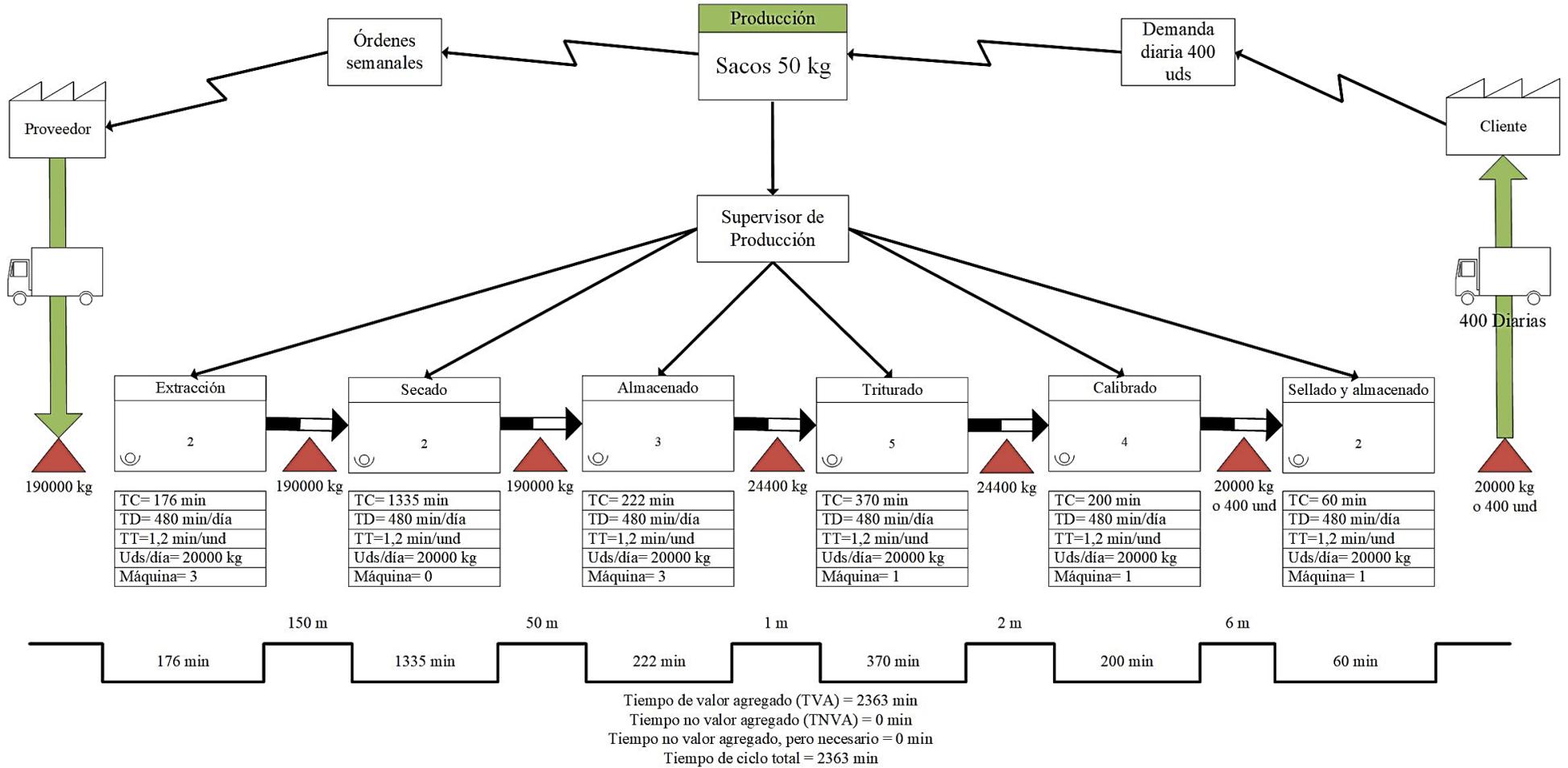


Nota: Elaborado por el autor.

De la misma forma, se adjuntan los resultados del VSM futuro, el cual se muestra en la Figura 21, en donde se han actualizado los tiempos de ciclos y otros datos adicionales.

3.4.2 Herramienta VSM futura

Figura 22. Resultados VSM futuro



Nota: Elaborado por el autor.

Mediante la Figura 21 del VSM futuro, se puede observar la diferencia entre el tiempo de ciclo total actual con respecto al propuesto, pasando de 3280 minutos a 2363 minutos, de los cuales, mediante el análisis de precedencia se pudo minimizar los tiempos que no agregan valor, dejando solo el flujo de actividades continuas que, si generan, así como se observa en la Tabla 26.

Tabla 26. *Actividades de valor.*

	Tiempo	Porcentaje
Actividades de valor agregado	2363 min	100%
Actividades sin valor, pero necesarias	0 min	0%
Actividades que no agregan valor	0 min	0%
Tiempo total (Lead Time)	2363 min	100%
Tiempo de proceso	2363 min	100%

Nota: Elaborado por el autor.

3.5. Resultados de las herramientas

3.5.1 Resultados 5s

Los resultados para realizar la comparación de datos actual y futuro se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. *Comparación de resultados Check List 5s.*

Etapa	Actual	Propuesto
Seiri	8,5%	15,7%
Seiton	10%	17,5%
Seiso	12,9%	15,7%
Seiketsu	0%	20%
Shitsuke	0%	20%
Total	31,4%	88,9%

Nota: Elaborado por el autor.

Mediante la Tabla 27, se observa un aumento del 57.5% en el porcentaje de cumplimiento de las 5s, incrementando el valor actual en aproximadamente un 183.12%.

$$\Delta\% = \frac{88,9\% - 31,4\%}{31,4\%} * 100 = 183,12\%$$

Deduciendo que, mediante las propuestas de instructivos, formatos, guías de procesos, plan de capacitación y mantenimiento de maquinarias se logró incrementar el porcentaje de cumplimiento de las 5s en cada una de sus etapas, y más en las etapas de mejora continua y capacitación.

3.5.2 Resultados VSM

Por otro lado, y como aspecto inicial de la investigación, mediante las alternativas propuestas se plantea la comparación de los tiempos presentados mediante las gráficas VSM.

Tabla 28. Comparación de resultados lead time

Etapa	Actual	Propuesto
Lead Time	3280 min	2363 min
Tiempos de demora	84 min	0 min

Nota: Elaborado por el autor.

Para el cual, se calcula lo siguiente:

$$\Delta \text{Lead time} = \frac{2363 \text{ min} - 3280 \text{ min}}{3280 \text{ min}} = -27,96\%$$

Se observa, que el lead time su reducido en un 27,96%, y en un 100% los tiempos de demora.

Con estos resultados, se da como respuesta a la pregunta de investigación que: mediante la implementación de herramientas de LM como las 5s, VSM y estandarización de trabajo (SW) puede mejorarse la capacidad de productiva de la empresa de estudio, mediante la reducción de tiempos de producción a la misma demanda diaria requerida.

3.5.3 Cálculo de la productividad propuesta

Con los nuevos tiempos obtenidos en el proceso de producción, se plantea lo siguiente:

- Demanda por ciclo de producción: 400 unidades o 20000 kg
- Tiempo total del ciclo de producción: 2363 minutos.

Así, la nueva productividad se calcula a continuación:

$$Productividad = \frac{Producción\ por\ ciclo\ de\ producción}{Tiempo\ total\ del\ ciclo\ de\ producción}$$

$$Productividad = \frac{400\ unidades}{2363\ minutos} = 0,169\ und/min$$

o

$$Productividad = \frac{20000\ kg}{2363\ minutos} = 8,434\ kg/min$$

Para realizar el contraste se plantea la Tabla 29.

Tabla 29. Comparación de productividad

	Actual	Propuesto
Unidades por minuto	0,122	0,169
Kg por minuto	6,098	8,434

Nota: Elaborado por el autor.

Entonces, el porcentaje de incremento se calcula de la siguiente manera:

$$\% Incremento = \frac{0,169\ und/min - 0,122\ und/min}{0,122\ und/min} * 100$$

$$\% Incremento = 38,81\%$$

O de la siguiente forma:

$$\% Incremento = \frac{8,434\ kg/min - 6,098\ kg/min}{6,098\ kg/min} * 100$$

$$\% Incremento = 38,81\%$$

Se plantea el cálculo de la capacidad productiva teórica y real con los nuevos datos:

- Unidades producidas en ciclo de producción: 400 unidades.
- Tiempo total del ciclo de producción: 2363 minutos.
- Número de horas teóricas: 8 horas/día o 480 minutos
- Tiempo de fabricación: 0,0985 horas o 5.9075 minutos
- Utilización: 80%
- Eficiencia: 89%

Capacidad productiva proyectada o teórica:

$$\frac{8 \text{ horas}}{0,0985 \text{ horas}} = 81,22 \approx 81 \text{ unidades al día}$$

Utilizando los datos obtenidos de utilización y eficiencia, se puede calcular la capacidad de producción real (NHR):

$$NHR = NHT \times U \times E$$
$$NHT \times U \times E = 8 \times 0,80 \times 0,89 = 5,69 \text{ horas/días}$$

Capacidad productiva real:

$$\frac{5,69}{0,0985} = 50,76 \approx 50 \text{ unidades al día}$$

Tomando en cuenta que la capacidad productiva teórica era de 58 y la real de 41 unidades al día, se calcula el porcentaje de incremento.

$$\% \text{ Incremento} - CPT = \frac{81 \text{ und/día} - 58 \text{ und/día}}{58 \text{ und/día}} * 100$$

$$\% \text{ Incremento} = 39,66\%$$

Y

$$\% \text{ Incremento} - CPR = \frac{50 \text{ und/día} - 41 \text{ und/día}}{41 \text{ und/día}} * 100$$

$$\% \text{ Incremento} = 21,95\%$$

En base a los datos presentados, se deduce que, con el implemento de la propuesta de investigación planteada, la productividad puede incrementar en un 38.81% mientras se reduce el tiempo de un ciclo de producción y la capacidad productiva teórica y real aumentan en un 39.66% y 21.95% respectivamente.

3.6. Presupuesto de investigación

Para el cálculo del presupuesto y retorno de la inversión se plantean lo siguiente:

Tabla 30. Costos de investigación e implementación

Denominación	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Capacitación directivos			\$450
Capacitación trabajadores			\$450
Capacitación nuevos			\$450
Elementos 5s (señaléticas)	16	\$5	\$80
Instructivos y formatos			\$45
Investigación general (Tiempo, transporte, alimentación)			\$240
Subtotal			\$1715
Reajuste (10%)			\$171.5
Imprevisto (15%)			\$257.25
Total			\$2143.75

Nota: Elaborado por el autor.

Para ello, se plantea el flujo de fondos que genera el proyecto durante un año. Este, parte en base al tiempo de trabajo reducido, siendo de 917 minutos. Como primero, calculamos el costo por minutos.

$$\text{Costo por minutos} = \frac{\$450}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{22 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}$$

$$\text{Costo por minutos} = \$0.042614 / \text{min}$$

Se calcula el ahorro generado por minutos de cada 400 sacos.

$$\text{Ahorro generado} = \frac{\$0.042614}{\text{min}} * 917 \text{ min} = \$39.077$$

Se toma en cuenta que por cada mes realizan 4 producciones.

$$\text{Ahorro mensual} = \$39.077 * 4 = \$156.308$$

$$\text{Ahorro anual} = \$468.924 * 12 = 1875.682$$

Se calcula el retorno de la inversión con el flujo de fondos generados por el proyecto.

Tabla 31. Cálculo del periodo de recuperación.

Año	Nº	Inversión inicial	Flujo por año	Flujo acumulado
2024	0	\$ 2143,75		
2025	1	\$ 268,068	\$ 1875,682	\$ 1875,682
2026	2	0	\$ 1875,682	\$ 3751,364

Nota: Elaborado por el autor.

$$PRI = \text{año anterior de recuperación} + \frac{\text{inversión inicial} - \text{ingreso acum. año anterior}}{\text{ingreso año de recuperación}}$$

$$PRI = 1 + \frac{\$ 2143,75 - \$ 1875,682}{\$ 1875,682} = 1,1429$$

$$PRI = 1,1429 = 0,1429 \text{ años} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 1,715 \text{ meses} = 0,715 \text{ meses} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 21,45 \text{ días}$$

$$PRI = 1 \text{ año con } 1 \text{ mes y } 21,45 \text{ días}$$

El periodo de recuperación de la inversión es de aproximadamente 1 año con 1 mes y 21,45 días. Además, los indicadores VAN y TIR son los siguientes, calculados a una tasa de descuento del 15%.

Tabla 32. Cálculo del VAN y TIR

Nº	Año	Flujo de caja
0	2024	\$-2.143,75
1	2025	\$1.875,682
2	2026	\$1.875,682
VAN		\$ 905,56
TIR		47%

Nota: Elaborado por el autor.

El valor actual neto o VAN (VNA) es de \$905.56 y la tasa interna de retorno es de 47%, lo que significa que el proyecto es rentable.

3.7. Marco de discusión

La revisión de la literatura permitió establecer el marco teórico de la investigación a partir de diversas publicaciones científicas. Utilizando el método AHP de selección multicriterio, se agilizó la selección de las herramientas más adecuadas para la investigación, evaluando distintas opciones según criterios adaptados al estudio. Se analizó a varios autores, destacando a Santos et al. (2023), Arambarri et al. (2023), Ortiz Porras et al. (2022) y Martínez-Saavedra & Arboleda-Zuñiga (2021). Finalmente, se eligió la metodología de Santos et al. (2023) por su adaptabilidad y descripción del problema. La revisión de alcance también permitió deducir puntos clave como el método y técnica de recolección de datos a aplicar.

El marco metodológico de la investigación fue planteado mediante características como: enfoque, diseño, alcance y técnicas e instrumentos de recolección

de datos utilizar. Asimismo, se presentó el procedimiento metodológico guía para ejecutar la investigación, bajo la secuencia de actividades aplicadas por el autor Santos et al., (2023), el cual aplicó etapas detalladas en su investigación, las mismas que fueron utilizadas en el caso de estudio.

Los capítulos I (marco teórico) y II (marco metodológico) permitieron analizar información y detallar etapas clave para la investigación: la evaluación diagnóstica de la empresa, la toma de datos y presentación de herramientas LM, el análisis del problema principal, la presentación de propuestas basadas en los problemas encontrados y la medición de herramientas LM futuras. Los datos se presentaron mediante diagramas y tablas, y se destacó la importancia de analizar la secuencia de actividades en el proceso de producción para identificar y eliminar tiempos ignorados en el análisis.

3.8. Limitaciones del estudio

Dentro de las limitaciones del estudio se encuentran: la dificultad de implementación de la propuesta de investigación en la empresa de estudio. Escases de información relacionada con los estándares de tiempos de producción e ingresos de estos, al igual que la accesibilidad a información dentro de la instalación.

CONCLUSIONES

Se realizó una revisión de alcance de la literatura, obteniendo 30 artículos científicos sobre las variables de investigación. Se extrajeron datos importantes sobre herramientas, métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos aplicables al caso de estudio. Mediante el método AHP de selección multicriterio, se evaluaron 11 alternativas, destacándose VSM y 5S por su mayor ponderación. La técnica de recolección de datos identificada fue la observación, utilizando listas de verificación como instrumento. Con la información obtenida, se sustentaron las variables de investigación y se planteó el marco teórico.

Se desarrolló correctamente el marco metodológico de la investigación, presentando información a aplicar dentro del caso de estudio, como el procedimiento metodológico, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, información relacionada con la lista de verificación de las 5s y su método de calificación. Dentro del procedimiento metodológico, se describieron cada una de las etapas guías para la investigación, las cuales se presentan desde el diagnóstico inicial de la empresa de estudio hasta la presentación de resultados finales.

Se ejecutó el procedimiento metodológico, obteniendo información sobre los procesos de producción del silicato de calcio mediante VSM, con un tiempo de producción de 3280 minutos y una distancia de 209 m. La lista de verificación de las 5S mostró un 31.4% de cumplimiento. La propuesta de investigación para resolver los problemas identificados incluyó el análisis de precedencia del proceso, logrando una reducción del 27.69% en el lead time, un incremento del 57.5% en las 5S, un aumento del 38.81% en productividad y de 39.66% y 21.95% en la capacidad productiva teórica y real, respectivamente. Se determinó la rentabilidad del proyecto con una TIR del 47%, un VAN de \$905.56 y un período de recuperación de 1 año, 1 mes y 21.45 días.

RECOMENDACIONES

Se recomienda tener bases sólidas en temas relacionados con la búsqueda de información científica en distintas bases de datos, además aplicar diversos métodos o técnicas de selección multicriterio que permitirán validar de una forma más segura las alternativas existentes.

Se sugiere elegir un procedimiento metodológico guía que se encuentre detallado por algún autor, siempre y cuando haya realizado una investigación con las mismas variables planteadas en el caso de estudio. Además, de establecer claramente las técnicas e instrumentos de recolección de datos a utilizar.

Se recomienda diferentes tipos de análisis en los procesos de producción, además de poder implementar otras herramientas del LM en la misma investigación, y así lograr obtener información relevante y verídica sobre el aporte que pueden tener estas herramientas en la mejora continua de una industria o empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abualfaraa, W., Salonitis, K., Al-Ashaab, A., & Ala'raj, M. (2020). Lean-Green Manufacturing Practices and Their Link with Sustainability: A Critical Review. *Sustainability*, *12*(3), 981. <https://doi.org/10.3390/su12030981>
- Ahsan-Habib, M., Ratul, R., & Shamsuddin, A. (2023). Implementing lean manufacturing for improvement of operational performance in a labeling and packaging plant: A case study in Bangladesh. *Results in Engineering*, *17*, 100818. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100818>
- Anticono-Yupanqui, L. R., Cruz-Salinas, L. E., & Mendoza-Ocaña, C. E. (2023). Aplicación de herramientas lean manufacturing para incrementar la productividad en una empresa de calzados de Perú. *Proceedings of the 3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2023): "Igniting the Spark of Innovation: Emerging Trends, Disruptive Technologies, and Innovative Models for Business Success."* <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.351>
- Arambarri, J., Cairo-Tineo, F. A., Condori-Dávila, M. G., Elías-Giordano, C. C., & Rojas-García, J. A. (2023). Metodología para incrementar la productividad del proceso productivo en una mype metalmecánica de producción de Tees utilizando Lean Manufacturing, Systematic Layout Planning y TOPSIS. *Proceedings of the 3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2023): "Igniting the Spark of Innovation: Emerging Trends, Disruptive Technologies, and Innovative Models for Business Success."* <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.102>
- Azuero-Azuero, Á. E. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, *4*(8), 110. <https://doi.org/10.35381/r.k.v4i8.274>
- Baselga, M. T., Fernández, M. L., Marín, A., Fernández-Capitán, C., Lorenzo, A., Martínez-Alés, G., & Quintana-Díaz, M. (2022). Trombosis y COVID-19: revisión de alcance. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*, *22*(1), 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.acci.2020.09.002>
- Bella-Widiwati, I. T., Surya-Danusaputro, L., & Nurprihatin, F. (2024). The implementation of Lean Six Sigma approach to minimize waste at a food

- manufacturing industry. *Journal of Engineering Research*.
<https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.01.022>
- Bravo-Fernandez, J. A. (2023). Aplicación de herramientas Lean Manufacturing (5S, Andon y Tiempo Estándar) para el aumento de la productividad en el área de producción de una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, 26(1), 217–245.
<https://doi.org/10.15381/idata.v26i1.24580>
- Cabrera, J., Corpus, O., Maradiegue, F., & Alvarez-Merino, J. C. (2020). Improving quality by implementing lean manufacturing, SPC and HACCP in the food industry. *South African Journal of Industrial Engineering*, 31(4).
<https://doi.org/10.7166/31-4-2363>
- Camacaro-Peña, M. A., Paredes-Rodríguez, A. M., Aulestia-Potes, C. D., & Henao-Guerrero, M. G. (2021). Mapa de cadena de valor como una herramienta para la mejora de los procesos de cosecha y postcosecha en una empresa productora de piña. *Entramado*, 17(02), 226–242. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.7636>
- Carvache-Franco, O., Carvache-Franco, M., & Carvache-Franco, W. (2022). Barriers to Innovations and Innovative Performance of Companies: A Study from Ecuador. *Social Sciences*, 11(2), 63. <https://doi.org/10.3390/socsci11020063>
- Cervantes-Zubirías, G., Morales-Rodríguez, M., & Alva-Rocha, L. (2022). Reducción de desperdicios a través de la implementación de herramientas de manufactura esbelta (Mejora continua). *593 Digital Publisher CEIT*, 7(3–2), 247–262.
<https://doi.org/10.33386/593dp.2022.3-2.1138>
- Contreras-Castañeda, E. D., Gordillo-Galeano, J. J., & Olaya-Rodríguez, K. J. (2024). Lean-Kaizen startup in panela production processes: the case of a trapiche. *Cogent Engineering*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2322834>
- Cuggia-Jiménez, C., Orozco-Acosta, E., & Mendoza-Galvis, D. (2020). Lean manufacturing: A systematic review in the food industry. *Informacion Tecnologica*, 21(5), 163–172. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000500163>
- Diana, Lady. (2023). *Ucv hacer*.
- Dube, L., & Gupta, K. (2023). Lean Manufacturing Based Space Utilization and Motion Waste Reduction for Efficiency Enhancement in a Machining Shop: A Case Study. *Applied Engineering Letters: Journal of Engineering and Applied Sciences*, 8(3), 121–130. <https://doi.org/10.18485/aeletters.2023.8.3.4>

- Fazinga, W., Saffaro, F., Isatto, E., & Lantelme, E. (2019). Implementación del trabajo estandarizado en la industria de la construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34(3), 288–298. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732019000300288>
- Florian-Castillo, O. R., Florian-Sanchez, O. D., & Moreno-Henriquez, R. A. (2023). Diseño de un Modelo basado en Lean Manufacturing para la Productividad de una MyPE del Sector Calzado. *Proceedings of the 3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2023): “Igniting the Spark of Innovation: Emerging Trends, Disruptive Technologies, and Innovative Models for Business Success.”* <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.417>
- Fuentes, E. Á., Parra, I. C., & Cañón, O. N. (2022). Desarrollo de herramientas lean manufacturing para la línea de producción en PRINTER Colombiana S.A.S. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de La Información*, 9(17), 45–62. <https://doi.org/10.21017/rimci.2022.v9.n17.a110>
- Guzmán-Cahiguango, M. J., & Cadena-Echeverria, J. L. (2023). Influencia de Lean manufacturing en la implementación de tecnologías de la industria 4.0 en un estudio de caso múltiple en empresas manufactureras de la provincia de Pichincha. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 1200–1224. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8763
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. del P. (2014). Metodología de la investigación. In *McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.* (Sexta Edic).
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza-Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas* (S. A. de C. V. INTERAMERICANA EDITORES, Ed.; McGRAW-HILL). <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
- Herrera, M. K. I. F., Portillo, M. T. E., López, R. R., & Gómez, J. A. H. (2019). Lean manufacturing tools that influence an organization’s productivity: Conceptual model proposed. *Revista Lasallista de Investigacion*, 16(1), 115–133. <https://doi.org/10.22507/rli.v16n1a6>
- IDC. (2023, August 17). *El lean manufacturing empieza en RRHH*. Revista Digital IDC. <https://idconline.mx/laboral/2023/08/17/el-lean-manufacturing-empieza-en-rrhh>

- Jara, B., Calderon, S., & Avalos-Ortecho, E. (2023). *Application of Lean Manufacturing to Increase Productivity of a Company in the Metalworking Sector*. <https://doi.org/10.3233/ATDE230102>
- Konrad, K., Sommer, M., & Shareef, I. (2023). Crate consolidation and standardization using lean manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 35, 1264–1275. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2023.08.105>
- Lazarte-Pazos, P. A., Ordoñez-Carrión, S. S. E., & Avalos-Ortecho, E. M. (2023). *Implementation of Lean Manufacturing to Increase Productivity in the Manufacture of Kitchen Sinks in a Metal-Mechanical Company*. <https://doi.org/10.3233/ATDE230094>
- Leksic, I., Stefanic, N., & Veza, I. (2020). The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in Production Engineering & Management*, 15(1), 81–92. <https://doi.org/10.14743/apem2020.1.351>
- Llacetas-Espinoza, S. J., Quezada-Albino, N., Jauregui-Nongrados, N., & Rondon Jara, E. (2023). Application of the Lean Manufacturing methodology to increase production in the manufacturing company INDEMUG SAC. *Proceedings of the 21th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2023)*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.145>
- Majava, J., & Ojanperä, T. (2017). Lean Production Development in SMEs: A Case Study. *Management and Production Engineering Review*, 8(2), 41–48. <https://doi.org/10.1515/mper-2017-0016>
- Martínez-Martínez, A. (2021). Implementation of Lean Manufacturing through the Reconstruction of its Trajectory: An Experience of an Auto Parts Company in Mexico. *Análisis Económico*, 36(93), 99–118. <https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2021v36n93/Martinez>
- Martínez-Saavedra, J. D., & Arboleda-Zuñiga, J. (2021). Propuesta para la reducción de tiempos y productos no conformes en el área de confecciones de la empresa Suramericana de Guantes S. A. S. mediante herramientas de lean manufacturing. *INVENTUM*, 16(30), 40–53. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.16.30.2021.40-53>
- Mora-Chávez, J. P., Caraguay-Caraguay, M. I., Romero-Black, W. E., & Mora-Sánchez, N. V. (2022). Aplicación Lean Manufacturing en empresas Paletteras de la Provincia de “El Oro.” *593 Digital Publisher CEIT*, 7(4–1), 553–566. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.4-1.1290>

- Munive-Silvestre, S. E., Paucar-Chaicha, V. D., & Alvarez-Merino, J. C. (2022). Implementation of a Lean Manufacturing and SLP- based system for a footwear company. *Production*, 32. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20210072>
- Novirani, D., Putri Zulkarnain, F., & Darrent, T. (2024). Application of Lean Manufacturing to Minimize Waste in The Production Process of Tin Stabilizer. *E3S Web of Conferences*, 484, 01002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448401002>
- Ortiz Porras, J., Salas Bacalla, J., Huayanay Palma, L., Manrique Alva, R., & Sobrado Malpartida, 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 antifiama de Lima - Perú. *Industrial Data*, 25(1), 103–135. <https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.21501>
- Pajuelo-Rojas, K. K., Quiroz-Flores, J. C., & Nallusamy, S. (2023). Minimization of Product Distribution Delays through An Integration Model of Lean Manufacturing Tools and A3 Report - Case Study. *International Journal of Mechanical Engineering*, 10(9), 31–43. <https://doi.org/10.14445/23488360/IJME-V10I9P103>
- Patil, A. S., Pisal, M. V., & Suryavanshi, C. T. (2021). Application of value stream mapping to enhance productivity by reducing manufacturing lead time in a manufacturing company: A case study. *Journal of Applied Research and Technology*, 19, 11–22. <https://www.scielo.org.mx/pdf/jart/v19n1/2448-6736-jart-19-01-11.pdf>
- Pawlak, S., Nowacki, K., & Kania, H. (2023). Analysis of the impact of the 5S tool and Standardization on the duration of the production process - case study. *Production Engineering Archives*, 29(4), 421–427. <https://doi.org/10.30657/pea.2023.29.47>
- Pérez-Pucheta, C. E., Olivares-Benitez, E., Minor-Popocatl, H., Pacheco-García, P. F., & Pérez-Pucheta, M. F. (2019). Implementation of Lean Manufacturing to Reduce the Delivery Time of a Replacement Part to Dealers: A Case Study. *Applied Sciences*, 9(18), 3932. <https://doi.org/10.3390/app9183932>
- Quiroz-Flores, J. C., Chumpitaz-Quispe, S. V., & Candelario-Cordova, V. A. (2023). Lean Management model to improve production efficiency in an MYPE in the textile sector. *Proceedings of the 21th LACCEI International Multi-Conference*

- for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2023).*
<https://doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.198>
- Rodríguez, J. M., Zamora Molina, T., & Lanza Rodríguez, J. E. (2020). *Contribution To the Determination of Production Capacity.*
- Roselló-Novella, A., Pla-Consuegra, M., Guix-Comellas, E., Font-Cabrera, C., Sola-Pola, M., & Morin-Fraile, V. (2023). Physical activity among adolescent girls and the factors linked to it: a scoping review. *Journal of Sport and Health Research*, 15(3). <https://doi.org/10.58727/jshr.94166>
- Santos, E., Lima, T. M., & Gaspar, P. D. (2023). Optimization of the Production Management of an Upholstery Manufacturing Process Using Lean Tools: A Case Study. *Applied Sciences*, 13(17), 9974. <https://doi.org/10.3390/app13179974>
- Santoyo, A. M., Alvarez, S. C., Noradino, P., & Dorantes, M. (2023). *herramientas de manufactura esbelta Improvement of soil mechanics laboratory processes applying Lean Manufacturing tools Melhoria dos processos laboratoriais de mecânica dos solos através da aplicação de ferramentas de manufatura enxuta Resumen (Vol. 14).*
- Saravanan, S., Sarathi-Chakraborty, P., Nallusamy, S., & Kumar, V. (2023). A Proposed Model for Productivity Improvement by Implementation of Lean Manufacturing Techniques in a Textile Industry. *International Journal of Mechanical Engineering*, 10(8), 31–48. <https://doi.org/10.14445/23488360/IJME-V10I8P104>
- Sardar-Singh, R., Mithilesh-Kumar, S., & Sanjeev, K. (2024). Implementation of lean manufacturing methods to improve rolling mill productivity. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 11(111). <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2023.10102004>
- Slavina, T., & Štefanić, N. (2024). Facing Challenges of Implementing Total Productive Management and Lean Tools in Manufacturing Enterprises. *Systems*, 12(2), 52. <https://doi.org/10.3390/systems12020052>
- Soza-Salgado, D. A., Pascua-Cantarero, P. M., & Abarca, I. (2023). Aplicación de herramientas de lean manufacturing para mejora en una línea de producción. *Proceedings of the 21th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2023).* https://lacei.org/LACCEI2023-BuenosAires/all-papers/Contribution_1017_a.pdf

- Torres, L. F., Rampasso, I. S., Quelhas, O. L. G., Leal Filho, W., Martins, V. W. B., & Anholon, R. (2021). Difficulties observed during lean tools training: insights for leaders. *Revista de Administração Da UFMS*, 14(4), 735–749. <https://doi.org/10.5902/1983465963914>
- Vargas-Crisóstomo, E. L., & Camero-Jiménez, J. W. (2021). Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. *Industrial Data*, 24(2), 249–271. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i2.19485>
- Vizcaíno Zúñiga, P. I., Cedeño Cedeño, R. J., & Maldonado Palacios, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723–9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

ANEXOS

Anexo A. Carta de aceptación de la empresa de estudio.



Santa Elena, 26 de julio del 2023

Sr.

Cristhian Gregory Suárez Asencio

PRESENTE. –

De mi mayor consideración:

Mediante la presente es grato dirigirme a usted a fin de saludarle muy cordialmente a nombre de la Empresa y a la vez informar la aceptación respectiva para realizar el desarrollo del siguiente proyecto de trabajo de integración curricular: MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA APLICANDO HERRAMIENTA DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA EMPRESA JOPER, PROVINCIA DE SANTA ELENA, ECUADOR, a más de indicarle que depositamos nuestra confianza para desarrollar dicho proyecto.

Agradeciendo su atención a la presente, es propicia la oportunidad para expresarle las muestras de mi consideración y estima.

Atentamente:



José Martín Rivera Anastacio

PROPIETARIO

EMPRESA JOPER

Dirección: Km. 80 Vía a Salinas

Correo electrónico: josereyes@joperec.com

teléfono: 0994154925 - 0988641212

Provincia de Santa Elena - Ecuador

Anexo B. Tabulación de los artículos por categorías

Nº	Herramienta														Técnica				Instrumento			
	5s	Kanban	TPM	Jidoka	Deming	6σ	Kaizen	VSM	JIT	Poka-Yoke	SMED	Gemba	SW	5W	Encuesta	Entrevista	Observación	Análisis documental	Cuestionario	Guía de entrevista	Check list	Tabla de registro
1	X				X		X	X								X	X			X	X	
2			X												X				X			
3			X							X						X				X		
4	X					X		X									X	X			X	X
5	X					X											X				X	
6	X																X				X	
7	X							X						X	X		X		X		X	
8					X	X							X				X					X
9		X						X			X			X			X				X	
10	X	X					X	X		X		X	X				X				X	
11		X								X							X				X	
12	X							X	X								X				X	
13	X							X								X	X			X	X	
14	X		X					X					X				X				X	
15	X							X									X				X	
16	X						X	X		X	X						X				X	
17	X							X							X		X		X		X	
18	X							X			X				X		X		X		X	
19	X	X		X				X							X		X		X		X	
20	X		X				X								X			X	X			X
21	X	X						X	X						X		X		X		X	
22	X				X			X														
23	X	X	X			X		X	X		X				X		X		X		X	
24	X						X										X				X	
25	X						X								X		X		X		X	
26								X							X		X		X		X	
27	X		X					X		X		X			X		X		X		X	
28	X		X				X									X		X		X		X
29	X		X	X				X				X					X				X	
30	X							X									X				X	
Total	24	6	8	2	3	4	7	20	3	3	6	1	5	2	11	4	24	4	11	4	24	4

Anexo C. Corrección de inconsistencia en el peso de los criterios

Cuál prefiere A - AHP-Project - o B?		Igual	¿Cuánto más?								
1	<input checked="" type="radio"/> Crit-1	<input type="radio"/> Crit-2	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
2	<input checked="" type="radio"/> Crit-1	<input type="radio"/> Crit-3	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input checked="" type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> Crit-2	<input type="radio"/> Crit-3	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9

CR = 1.9% OK

Prioridades resultantes

Cat	Prioridad	Rank
1 Crit-1	62.5%	1
2 Crit-2	23.8%	2
3 Crit-3	13.7%	3

Anexo D. Matriz de decisión de los criterios y sus pesos

Matriz de decisión

	1	2	3
1	1	3.00	4.00
2	0.33	1	2.00
3	0.25	0.50	1

Anexo E. Matrices de decisión

Inclusión de variables

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	2.00	3.00	3.00	0.50	0.50	3.00	0.20	2.00	3.00	3.00	4.00	2.00
2	0.50	1	1.00	1.00	0.33	0.25	0.50	0.20	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50
3	0.33	1.00	1	1.00	0.33	0.33	2.00	0.25	2.00	0.50	0.50	1.00	1.00
4	0.33	1.00	1.00	1	0.33	0.33	1.00	0.20	0.50	2.00	0.50	1.00	1.00
5	2.00	3.00	3.00	3.00	1	1.00	2.00	0.33	2.00	1.00	2.00	2.00	1.00
6	2.00	4.00	3.00	3.00	1.00	1	2.00	0.33	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00
7	0.33	2.00	0.50	1.00	0.50	0.50	1	0.33	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00
8	5.00	5.00	4.00	5.00	3.00	3.00	3.00	1	3.00	3.00	4.00	5.00	3.00
9	0.50	2.00	0.50	2.00	0.50	0.50	1.00	0.33	1	0.50	0.50	1.00	1.00
10	0.33	2.00	2.00	0.50	1.00	0.50	2.00	0.33	2.00	1	0.50	2.00	2.00
11	0.33	2.00	2.00	2.00	0.50	1.00	2.00	0.25	2.00	2.00	1	2.00	1.00
12	0.25	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00	0.20	1.00	0.50	0.50	1	1.00
13	0.50	2.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	0.33	1.00	0.50	1.00	1.00	1

Transparencia

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.20	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00
2	0.50	1	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	0.20	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00
3	0.50	2.00	1	2.00	0.50	0.50	2.00	0.25	2.00	0.50	0.50	1.00	1.00
4	0.50	1.00	0.50	1	0.50	0.50	1.00	0.25	1.00	2.00	2.00	1.00	1.00
5	0.50	2.00	2.00	2.00	1	1.00	2.00	0.50	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00
6	0.50	2.00	2.00	2.00	1.00	1	1.00	0.33	2.00	1.00	1.00	2.00	1.00
7	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	1	3.00	1.00	2.00	0.50	1.00	1.00
8	5.00	5.00	4.00	4.00	2.00	3.00	0.33	1	3.00	2.00	2.00	4.00	2.00
9	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00	0.50	1.00	0.33	1	0.50	0.50	1.00	1.00
10	1.00	2.00	2.00	0.50	1.00	1.00	0.50	0.50	2.00	1	0.50	1.00	1.00
11	0.50	2.00	2.00	0.50	1.00	1.00	2.00	0.50	2.00	2.00	1	2.00	2.00
12	0.50	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00	0.25	1.00	1.00	0.50	1	0.50
13	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	0.50	2.00	1

Resultados positivos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	2.00	0.33	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00
2	1.00	1	0.50	1.00	0.33	0.33	1.00	0.25	1.00	0.33	0.33	2.00	1.00
3	2.00	2.00	1	1.00	0.50	0.50	2.00	0.50	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00
4	1.00	1.00	1.00	1	0.50	0.50	1.00	0.33	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00
5	1.00	3.00	2.00	2.00	1	1.00	1.00	0.33	1.00	1.00	0.50	2.00	2.00
6	1.00	3.00	2.00	2.00	1.00	1	1.00	0.33	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00
7	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1	0.33	1.00	0.50	0.50	1.00	1.00
8	3.00	4.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00
9	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	1	1.00	0.50	2.00	2.00
10	0.50	3.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00	0.33	1.00	1	1.00	2.00	0.50
11	0.50	3.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	0.50	2.00	1.00	1	2.00	2.00
12	0.33	0.50	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00	0.33	0.50	0.50	0.50	1	1.00
13	0.33	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	0.33	0.50	2.00	0.50	1.00	1

Anexo F. Resultados lista de verificación 5s actual.

1'S: Separar

Pos.	Actividad	Status	Evaluación	
1	No hay objetos personales colgados en estaciones de trabajo o en las máquinas (chamarras, suéters, vasos, comida, etc.)?	D	1	8,6%
2	Está identificado con etiquetas rojas los objetos innecesarios en el área de trabajo?, asegurar que solo se mantengan en el área sólo los objetos necesarios	D	1	
3	¿El área roja está libre de objetos de más de 30 días de confinamiento?	D	1	
4	No hay objetos, cables, bolsas, mangueras etc. sueltas que puedan ocasionar algún daño o accidente?	D	1	
5	Las herramientas de trabajo están en un lugar adecuado de fácil acceso para el operador?	D	1	
6	Existe exceso de materiales (más de lo estipulado por contenedor) y/o mal estibados?	C	0	
7	Existe alguna maquinaria y/o equipo (de manejo de materiales, de ensamble etc.) innecesario y que no tenga uso?	D	1	

2'S Ordenar

Pos.	Actividad	Status	Evaluación	
1	En las estaciones de trabajo; hay materiales productivos u objetos fuera de su área delimitada?	D	1	10,0%
2	Es respetado el código de color para identificar mesas de trabajo, maquinaria y equipo, botes de basura y en rojo las zonas de rechazo, retrabajo y scrap, adicionalmente se encuentran bien delimitados e identificados?	D	1	
3	El área para los componentes en las áreas de trabajo se encuentran claramente identificados y rotulados?, (No aplica para el equipo o herramientas que se encuentren en uso)	D	1	
4	Se encuentran las instrucciones de operación, reportes , hojas de proceso, autocontrol e inf. técnica, etc., ordenada al alcance y concentrada en el lugar designado en las estaciones de trabajo?	C	0	
5	Los contenedores y Racks contienen el material para el cuál fueron asignados?	D	1	
6	El equipo de limpieza se encuentra en su lugar e identificado?	D	1	
7	Los pisos y pasillos se encuentran bien delimitados, libres de objetos, materiales, tarimas y racks?	O	2	
8	¿Existe el área de objetos innecesarios delimitada e identificada?	D	1	

3'S Limpiar

Pos.	Actividad	Status	Evaluación	
1	La iluminación es adecuada en el área de trabajo, lámparas limpias y en buenas condiciones (funcionando)?	O	2	12,9%
2	Los pisos y pasillos se encuentra limpios y en buen estado (libres de materiales, componentes, basura, etc.)?	D	1	
3	Las estaciones de trabajo, maquinaria y/o equipo se encuentran limpias y en buen estado (no sucias, sin polvo, sin grasa, etc.)?	D	1	
4	Controles visuales (displays, indicadores de carátula, etc.) en general se encuentran en buen estado, limpios y/o identificados?	D	1	
5	¿Se encuentran las estructuras, columnas, protecciones, etc. limpias y en buenas condiciones?	D	1	
6	¿Existen evidencias de reporte de goteras y han sido eliminadas?	D	1	
7	¿Las bebidas de los colaboradores se encuentran en un área definida y que garantice que no se derrame de forma accidental?	O	2	

4'S Estandarizar

Pos.	Actividad	Status	Evaluación	
1	El personal conoce la importancia de aplicar las normas de las 5's en su área?	C	0	0%
2	Existe un formato de limpieza que indique frecuencia, responsable, metodo y utensilios de limpieza?	C	0	
3	El personal conoce y aplica el Check List para verificar que las 5's se cumplan de forma continua?	C	0	
4	Existe evidencia de capacitación continua a los colaboradores en las 5's, incluyendo al personal de nuevo ingreso?	C	0	

5'S Mantener

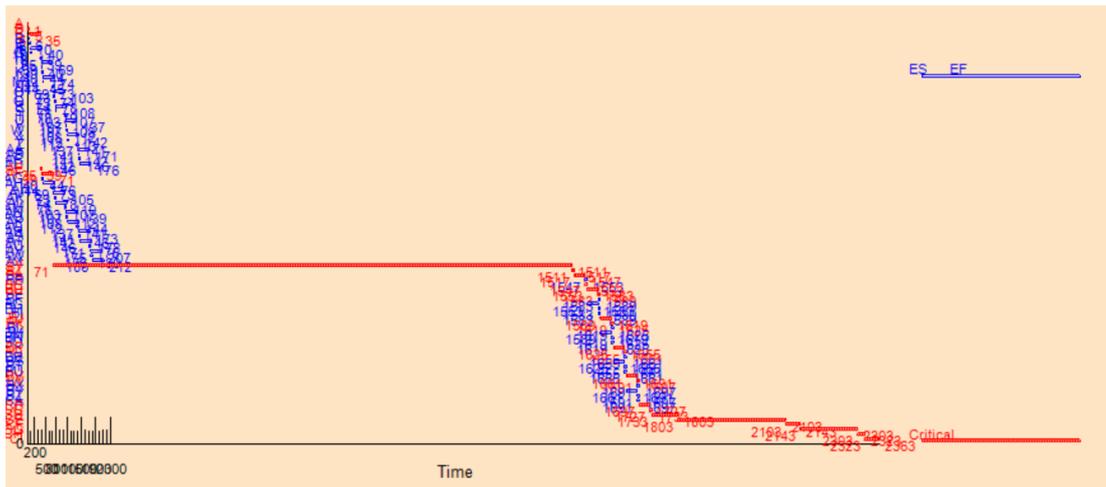
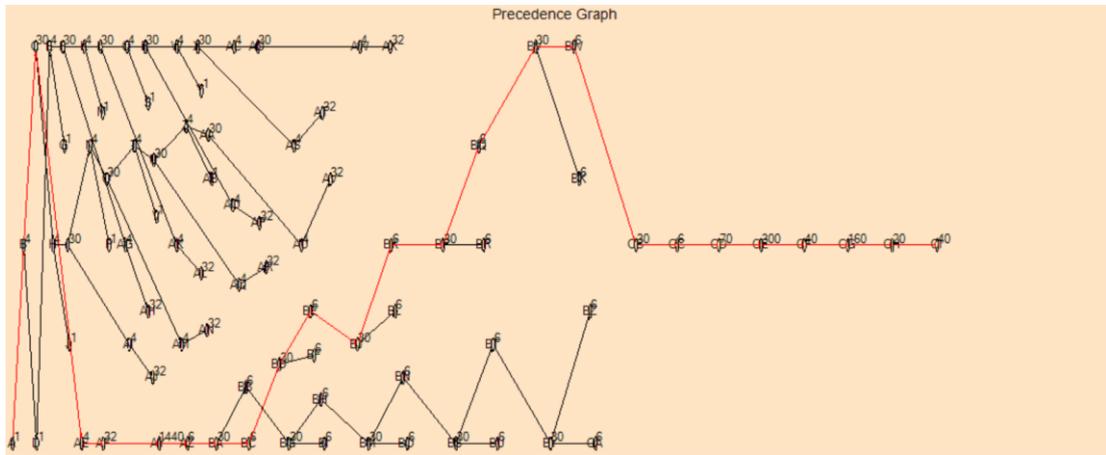
Pos.	Actividad	Status	Evaluación	
1	Se da a conocer a los colaboradores los resultados de las auditorías de 5's de forma clara y oportuna?	C	0	0%
2	El personal sabe de que forma colabora para el mantenimiento de las 5's?	C	0	
3	Los colaboradores respetan el cumplimiento de las 5's en las áreas propias y ajenas?	C	0	
4	Se implementa el mejoramiento continuo en la aplicación de las 5's como un proceso?	C	0	

Anexo G. Resultados del análisis de precedencia en POM - QM.

Activity	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	2357					
A	1	0	1	0	1	0
B	4	1	5	1	5	0
C	30	5	35	5	35	0
D	1	5	6	2150	2151	2145
E	4	6	10	2151	2155	2145
F	30	10	40	2155	2185	2145
G	1	10	11	2356	2357	2346
H	4	35	39	2185	2189	2150
I	30	39	69	2189	2219	2150
J	1	39	40	2356	2357	2317
K	4	40	44	2185	2189	2145
L	30	44	74	2189	2219	2145
M	1	44	45	2356	2357	2312
N	4	69	73	2219	2223	2150
O	30	73	103	2223	2253	2150
P	1	73	74	2356	2357	2283
Q	4	74	78	2219	2223	2145
R	30	78	108	2223	2253	2145
S	1	78	79	2356	2357	2278
T	4	103	107	2253	2257	2150
U	30	107	137	2257	2287	2150
V	1	107	108	2356	2357	2249
W	4	108	112	2253	2257	2145
X	30	112	142	2257	2287	2145
Y	1	112	113	2356	2357	2244
Z	4	137	141	2287	2291	2150
AA	30	141	171	2291	2321	2150
AB	1	141	142	2356	2357	2215
AC	4	142	146	2287	2291	2145
AD	30	146	176	2291	2321	2145
AE	4	35	39	35	39	0
AF	32	39	71	39	71	0
AG	4	40	44	2321	2325	2281
AH	32	44	76	2325	2357	2281
AI	4	69	73	2321	2325	2252
AJ	32	73	105	2325	2357	2252
AK	4	74	78	2321	2325	2247
AL	32	78	110	2325	2357	2247
AM	4	103	107	2321	2325	2218
AN	32	107	139	2325	2357	2218
AO	4	108	112	2321	2325	2213
AP	32	112	144	2325	2357	2213
AQ	4	137	141	2321	2325	2184
AR	32	141	173	2325	2357	2184
AS	4	142	146	2321	2325	2179
AT	32	146	178	2325	2357	2179
AU	4	171	175	2321	2325	2150
AV	32	175	207	2325	2357	2150
AW	4	176	180	2321	2325	2145
AX	32	180	212	2325	2357	2145
AY	1440	71	1511	71	1511	0
AZ	6	1511	1517	1511	1517	0
BA	30	1517	1547	1517	1547	0
BB	6	1547	1553	1547	1553	0
BC	6	1547	1553	2315	2321	768
BD	30	1553	1583	2321	2351	768
BJ	30	1589	1619	1589	1619	0
BK	6	1619	1625	1619	1625	0
BL	6	1619	1625	2357	2363	738
BM	30	1589	1619	2255	2285	666
BN	6	1619	1625	2285	2291	666
BO	6	1619	1625	2357	2363	738
BP	30	1625	1655	1625	1655	0
BQ	6	1655	1661	1655	1661	0
BR	6	1655	1661	2357	2363	702
BS	30	1625	1655	2291	2321	666
BT	6	1655	1661	2321	2327	666
BU	6	1655	1661	2357	2363	702
BV	30	1661	1691	1661	1691	0
BW	6	1691	1697	1691	1697	0
BX	6	1691	1697	2357	2363	666

BY	30	1661	1691	2327	2357	666
BZ	6	1691	1697	2357	2363	666
CA	6	1691	1697	2357	2363	666
CB	30	1697	1727	1697	1727	0
CC	6	1727	1733	1727	1733	0
CD	70	1733	1803	1733	1803	0
CE	300	1803	2103	1803	2103	0
CF	40	2103	2143	2103	2143	0
CG	160	2143	2303	2143	2303	0
CH	20	2303	2323	2303	2323	0
CI	40	2323	2363	2323	2363	0
BE	6	1583	1589	2351	2357	768
BF	6	1583	1589	2351	2357	768
BG	30	1553	1583	1553	1583	0
BH	6	1583	1589	2243	2249	660
BI	6	1583	1589	2351	2357	768

Anexo H. Gráfico de precedencia y diagrama de Gantt



Anexo I. Resultados 5s futuro.

1'S: Separar

Pos.	Actividad	Status	Evaluación	
1	No hay objetos personales colgados en estaciones de trabajo o en las máquinas (chamarras, suéters, vasos, comida, etc.)?	D	1	15,7%
2	Está identificado con etiquetas rojas los objetos innecesarios en el área de trabajo?, asegurar que solo se mantengan en el área sólo los objetos necesarios	O	2	
3	¿El área roja está libre de objetos de más de 30 días de confinamiento?	D	1	
4	No hay objetos, cables, bolsas, mangueras etc. sueltas que puedan ocasionar algún daño o accidente?	O	2	
5	Las herramientas de trabajo están en un lugar adecuado de fácil acceso para el operador?	O	2	
6	Existe exceso de materiales (más de lo estipulado por contenedor) y/o mal estibados?	D	1	
7	Existe alguna maquinaria y/o equipo (de manejo de materiales, de ensamble etc.) innecesario y que no tenga uso?	O	2	

2'S Ordenar

Pos.	Actividad	Status	Evaluación	
1	En las estaciones de trabajo; hay materiales productivos u objetos fuera de su área delimitada?	O	2	17,5%
2	Es respetado el código de color para identificar mesas de trabajo, maquinaria y equipo, botes de basura y en rojo las zonas de rechazo, retrabajo y scrap, adicionalmente se encuentran bien delimitados e identificados?	O	2	
3	El área para los componentes en las áreas de trabajo se encuentran claramente identificados y rotulados?, (No aplica para el equipo o herramientas que se encuentren en uso)	D	1	
4	Se encuentran las instrucciones de operación, reportes , hojas de proceso, autocontrol e inf. técnica, etc., ordenada al alcance y concentrada en el lugar designado en las estaciones de trabajo?	O	2	
5	Los contenedores y Racks contienen el material para el cuál fueron asignados?	D	1	
6	El equipo de limpieza se encuentra en su lugar e identificado?	O	2	
7	Los pisos y pasillos se encuentran bien delimitados, libres de objetos, materiales, tarimas y racks?	O	2	
8	¿Existe el área de objetos innecesarios delimitada e identificada?	O	2	

3'S Limpiar

Pos.	Actividad	Status	Evaluación	
1	La iluminación es adecuada en el área de trabajo, lámparas limpias y en buenas condiciones (funcionando)?	O	2	15,7%
2	Los pisos y pasillos se encuentra limpios y en buen estado (libres de materiales, componentes, basura, etc.)?	O	2	
3	Las estaciones de trabajo, maquinaria y/o equipo se encuentran limpias y en buen estado (no sucias, sin polvo, sin grasa, etc.)?	O	2	
4	Controles visuales (displays, indicadores de carátula, etc.) en general se encuentran en buen estado, limpios y/o identificados?	D	1	
5	¿Se encuentran las estructuras, columnas, protecciones, etc. limpias y en buenas condiciones?	D	1	
6	¿Existen evidencias de reporte de goteras y han sido eliminadas?	D	1	
7	¿Las bebidas de los colaboradores se encuentran en un área definida y que garantice que no se derrame de forma accidental?	O	2	

4'S Estandarizar

Pos.	Actividad	Status	Evaluación	
1	El personal conoce la importancia de aplicar las normas de las 5's en su área?	O	2	20%
2	Existe un formato de limpieza que indique frecuencia, responsable, metodo y utensilios de limpieza?	O	2	
3	El personal conoce y aplica el Check List para verificar que las 5's se cumplan de forma continua?	O	2	
4	Existe evidencia de capacitación continua a los colaboradores en las 5's, incluyendo al personal de nuevo ingreso?	O	2	

5'S Mantener

Pos.	Actividad	Status	Evaluación	
1	Se da a conocer a los colaboradores los resultados de las auditorías de 5's de forma clara y oportuna?	O	2	20%
2	El personal sabe de que forma colabora para el mantenimiento de las 5's?	O	2	
3	Los colaboradores respetan el cumplimiento de las 5's en las áreas propias y ajenas?	O	2	
4	Se implementa el mejoramiento continuo en la aplicación de las 5's como un proceso?	O	2	

Anexo J. *Imágenes del proceso de producción*

Secado



Almacenado



Triturado



Calibrado



Sellado y almacenado



Anexo K. Evidencias de la toma de datos



