

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Suficiencia Profesional

Reducción del tiempo de reparación de neumáticos gigantes, utilizando un modelo adaptado de gestión de almacén, SLP y Kanban, aplicado en una compañía minera en Perú

David Lener Poma Giraldo

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Lima, 2023

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, David Lener Poma Giraldo, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad N° 41753764, de la E.A.P. de Ingeniería Industrial de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. El trabajo de suficiencia profesional titulado: “REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE REPARACIÓN DE NEUMÁTICOS GIGANTES, UTILIZANDO UN MODELO ADAPTADO DE GESTIÓN DE ALMACÉN, SLP Y KANBAN APLICADO EN UNA COMPAÑÍA MINERA EN PERÚ”, es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.
2. El trabajo de suficiencia profesional no ha sido plagiado ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. El trabajo de suficiencia profesional es original e inédito, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

11 de Noviembre de 2023



David Lener Poma Giraldo

DNI. No. 41753764

TSP - POMA GIRALDO DAVID LENER

INFORME DE ORIGINALIDAD

33%

INDICE DE SIMILITUD

33%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	laccei.org Fuente de Internet	12%
2	www.laccei.org Fuente de Internet	2%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	apcyccv.org.pe Fuente de Internet	1%
9	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%

10	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
12	pure.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	ieomsociety.org Fuente de Internet	<1 %
14	docs.google.com Fuente de Internet	<1 %
15	dina.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
16	easychair.org Fuente de Internet	<1 %
17	bibliotekanauki.pl Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to RMIT University Trabajo del estudiante	<1 %
19	Nazmus Sakib, Thorsten Wuest. "Challenges and Opportunities of Condition-based Predictive Maintenance: A Review", Procedia CIRP, 2018 Publicación	<1 %
20	dergipark.org.tr Fuente de Internet	<1 %

21	www.ieomsociety.org Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to University of Greenwich Trabajo del estudiante	<1 %
23	ksascholar.dri.sa Fuente de Internet	<1 %
24	myassignmenthelp.com Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Cardiff University Trabajo del estudiante	<1 %
26	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
27	link.springer.com Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Glasgow Caledonian University Trabajo del estudiante	<1 %
29	iris.polito.it Fuente de Internet	<1 %
30	www.econbiz.de Fuente de Internet	<1 %
31	research.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	research.vit.ac.in	

Fuente de Internet

<1 %

33

Submitted to College of Banking and Financial Studies

<1 %

Trabajo del estudiante

34

repositorio.uss.edu.pe

<1 %

Fuente de Internet

35

www.semanticscholar.org

<1 %

Fuente de Internet

36

Submitted to Laureate Higher Education Group

<1 %

Trabajo del estudiante

37

Submitted to University of Bedfordshire

<1 %

Trabajo del estudiante

38

Submitted to University of Warwick

<1 %

Trabajo del estudiante

39

deps.fp.tul.cz

<1 %

Fuente de Internet

40

Submitted to University of Central Lancashire

<1 %

Trabajo del estudiante

41

manipal.pure.elsevier.com

<1 %

Fuente de Internet

42

redpymes.org.ar

<1 %

Fuente de Internet

43	sciendo.com Fuente de Internet	<1 %
44	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
45	webthesis.biblio.polito.it Fuente de Internet	<1 %
46	www.elpopular.pe Fuente de Internet	<1 %
47	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
48	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1 %
49	Submitted to The University of Manchester Trabajo del estudiante	<1 %
50	Submitted to University of Glamorgan Trabajo del estudiante	<1 %
51	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
52	www.studocu.com Fuente de Internet	<1 %
53	www.theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
54	Submitted to Tecsup	

Trabajo del estudiante

<1 %

55

documents.mx

Fuente de Internet

<1 %

56

trepo.tuni.fi

Fuente de Internet

<1 %

57

www.tandfonline.com

Fuente de Internet

<1 %

58

Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Trabajo del estudiante

<1 %

59

www.europeanproceedings.com

Fuente de Internet

<1 %

60

Submitted to Chester College of Higher Education

Trabajo del estudiante

<1 %

61

Submitted to Harrisburg University of Science and Technology

Trabajo del estudiante

<1 %

62

Submitted to Swinburne University of Technology

Trabajo del estudiante

<1 %

63

es.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

64

researchportal.tuni.fi

Fuente de Internet

<1 %

65

www.cacic2016.unsl.edu.ar

Fuente de Internet

<1 %

66

www.proceedings.com

Fuente de Internet

<1 %

67

www.proquest.com

Fuente de Internet

<1 %

68

www.tib.eu

Fuente de Internet

<1 %

69

online-journals.org

Fuente de Internet

<1 %

70

repositorio.uwiener.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

71

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

72

Submitted to Universidad Anahuac México Sur

Trabajo del estudiante

<1 %

73

www.clf-2019.de

Fuente de Internet

<1 %

74

Submitted to ESCP-EAP

Trabajo del estudiante

<1 %

75

Submitted to Far Eastern University

Trabajo del estudiante

<1 %

76

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

77

explorer.lbry.com

Fuente de Internet

<1 %

78

openaccessojs.com

Fuente de Internet

<1 %

79

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

80

Submitted to Universidad Europea de Madrid

Trabajo del estudiante

<1 %

81

Submitted to Universidad de Lima

Trabajo del estudiante

<1 %

82

"Industrial Engineering and Applications", IOS Press, 2023

Publicación

<1 %

83

Submitted to American Public University System

Trabajo del estudiante

<1 %

84

Submitted to UTEC Universidad de Ingenieria & Tecnologia

Trabajo del estudiante

<1 %

85	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
86	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
87	wp.hse.ru Fuente de Internet	<1 %
88	www.theinsightpartners.com Fuente de Internet	<1 %
89	www.warrant.socgen.com Fuente de Internet	<1 %
90	0-www-mdpi-com.brum.beds.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
91	pt.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
92	www.childrensvaccines.net Fuente de Internet	<1 %
93	www.researchsquare.com Fuente de Internet	<1 %
94	www2.fab.mil.br Fuente de Internet	<1 %
95	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 14 (1998)", Brill, 2001 Publicación	<1 %

96	bellahousewares.com Fuente de Internet	<1 %
97	docplayer.info Fuente de Internet	<1 %
98	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
99	eprints.covenantuniversity.edu.ng Fuente de Internet	<1 %
100	prodc.m.about.puma.com Fuente de Internet	<1 %
101	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
102	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
103	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
104	repository.unab.edu.co Fuente de Internet	<1 %
105	www.gbm.net Fuente de Internet	<1 %
106	www.mag.go.cr Fuente de Internet	<1 %
107	www.ombudsman.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

108	www.temoa.info Fuente de Internet	<1 %
109	coek.info Fuente de Internet	<1 %
110	de.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
111	diglib.tugraz.at Fuente de Internet	<1 %
112	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
113	era.library.ualberta.ca Fuente de Internet	<1 %
114	iscte-iul.pt Fuente de Internet	<1 %
115	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
116	www.facebook.com Fuente de Internet	<1 %
117	www.h-ka.de Fuente de Internet	<1 %
118	www.microstructure.ethz.ch Fuente de Internet	<1 %
119	www.rattohnos.com.ar Fuente de Internet	<1 %

120	www.sitiocooperativo.com.ar Fuente de Internet	<1 %
121	Submitted to ESIC Business & Marketing School Trabajo del estudiante	<1 %
122	Ramón Tejada Oliveros. "Optimización de las propiedades de tenacidad e impacto de formulaciones de ácido poliláctico (PLA), mediante mezclas con polímeros flexibles y optimización de los sistemas de compatibilización", Universitat Politecnica de Valencia, 2023 Publicación	<1 %
123	S. J. Ulijaszek. "Socio-economic factors associated with physique of adults of the Purari delta of the Gulf Province, Papua New Guinea", Annals of Human Biology, 2009 Publicación	<1 %
124	akademi.itu.edu.tr Fuente de Internet	<1 %
125	catalogo.udes.edu.co Fuente de Internet	<1 %
126	ccpcarabobo.org.ve Fuente de Internet	<1 %
127	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %

128	fr.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
129	mdpi-res.com Fuente de Internet	<1 %
130	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
131	repositorio.uoosevelt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
132	research.unemi.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
133	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
134	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
135	www.acarindex.com Fuente de Internet	<1 %
136	www.bde.es Fuente de Internet	<1 %
137	www.edusantiago.cl Fuente de Internet	<1 %
138	www.playser.com Fuente de Internet	<1 %
139	Varun Tripathi, Somnath Chattopadhyaya, Alok Kumar Mukhopadhyay, Shubham	<1 %

Sharma et al. "Recent Progression Developments on Process Optimization Approach for Inherent Issues in Production Shop Floor Management for Industry 4.0", Processes, 2022

Publicación

140

Hugo Karre, Markus Hammer, Christian Ramsauer. "Building capabilities for agility in a learning factory setting", Procedia Manufacturing, 2019

Publicación

<1 %

141

SARICAM, Canan, KALAOGLU, Fatma and POLAT, Seçkin. "Hazır giyim sektörü senaryoları için aktör ilişkilerinin mactor yöntemiyle incelenmesi", Tekstil Mühendisleri Odası, 2014.

Publicación

<1 %

142

Syed Asad Ali Naqvi, Muhammad Fahad, Muhammad Atir, Muhammad Zubair, Muhammad Musharaf Shehzad. "Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning", Cogent Engineering, 2016

Publicación

<1 %

TSP - POMA GIRALDO DAVID LENER

INFORME DE GRADEMARK

NOTA FINAL

COMENTARIOS GENERALES

/0

PÁGINA 1

PÁGINA 2

PÁGINA 3

PÁGINA 4

PÁGINA 5

PÁGINA 6

PÁGINA 7

PÁGINA 8

PÁGINA 9

PÁGINA 10

PÁGINA 11

PÁGINA 12

PÁGINA 13

PÁGINA 14

PÁGINA 15

PÁGINA 16

PÁGINA 17

PÁGINA 18

PÁGINA 19

PÁGINA 20

PÁGINA 21

DEDICATORIA

Para: Margarita, mi madre, quien ha sido mi mayor inspiración en el camino de la superación. Tu apoyo incondicional y ejemplo de perseverancia han sido fundamentales en mi trayectoria profesional.

A: Verónica, mi esposa. Quiero agradecerte por ser mi compañera de vida y por su constante apoyo en cada paso que he dado hacia mi desarrollo profesional.

Para: Sebastián, Adrián, Esteban, Danna y Benjamín, mis amados hijos, que son mi mayor motivación. Cada día me esfuerzo por ser un ejemplo para ustedes, porque deseo que alcancen todas sus metas y sueños. Su alegría y entusiasmo me impulsan a seguir adelante y a dar lo mejor de mí en cada desafío.

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar expresando mi más profundo agradecimiento a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Su amor incondicional y su sabiduría han sido mi luz en los momentos de dificultad.

Mi más profundo reconocimiento a la Universidad Continental de Lima. Su compromiso con la excelencia académica y su enfoque en la formación integral de sus estudiantes han sido determinantes en mi desarrollo como profesional.

Agradezco a los docentes, administrativos y personal de la universidad por su dedicación y por brindarme las herramientas necesarias para enfrentar los desafíos del mundo laboral.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema.....	13
1.2. Objetivos	13
1.2.1. Objetivo general.....	13
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Justificación e importancia.....	14
1.3.1. Razones que motivan la investigación	14
1.3.2. Importancia del tema de investigación	15
1.4. Hipótesis y descripción de variables	15
1.4.1. Hipótesis general	15
1.4.2. Hipótesis específicas	15
1.4.3. Variables independientes.....	16
1.4.4. Variables dependientes	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Prefacio	17
2.2. Antecedente del problema.....	18
2.2.1. Metodología SLP (planificación sistemática del diseño).....	18
2.2.2. Gestión del almacén	21
2.2.3. Gestión del cambio	21
2.3. Bases teóricas.....	23
2.4. Conclusiones.....	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	24
3.1. Método y alcance de la investigación	24

3.2. Diseño de la investigación	24
3.2.1. Gestión del cambio	24
3.2.2. Propuesta SLP.....	25
3.2.3. Gestión de almacén MP.....	38
3.2.4. Implementación del Kanban.....	38
3.3. Población y muestra	38
3.4. Modelo propuesto.....	38
3.4.1. Elementos del modelo	40
3.4.2. Indicadores	40
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información (tablas y figuras).....	44
4.1.1. Propuesta SLP.....	44
4.1.2. Gestión de almacén MP.....	45
4.1.3. Implementación del Kanban.....	47
4.2. Discusión de resultados.....	49
4.2.1. Resultado	49
4.2.2. Discusión	51
CONCLUSIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXO 1. RESULTADOS DE INDICADORES.....	63
ANEXO 2. DAÑOS EN LOS NEUMÁTICOS.....	65
ANEXO 3. REPARACIÓN DE NEUMÁTICOS	66
ANEXO 4. ACOPIO TEMPORAL DE NEUMÁTICOS	67
ANEXO 5. ESTUDIOS REVISADOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones de un neumático	2
Tabla 3. Precio anual de neumático.....	3
Tabla 4. Registro de costos por servicio de reparación realizada con terceros	12
Tabla 5. Tipologías	19
Tabla 6. Distribución de personal.....	26
Tabla 7. Gasto anual por servicio de reparación de neumáticos	32
Tabla 8. Estudio de tiempos y movimiento realizado en el taller de servicios.....	32
Tabla 9. Resultado de los indicadores	50
Tabla 10. Resumen de escenarios	52
Tabla 1.1. Resultado del indicador gestión del cambio	63
Tabla 1.2. Tiempo efectivo de producción.....	63
Tabla 1.3. Resultados de indicadores semanales.....	64
Tabla 1.4. Análisis detallado de los resultados de los indicadores semanales.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo distribución de neumáticos.....	2
Figura 2. Marca y diseño de neumáticos.	2
Figura 3. Partes de un neumático.....	3
Figura 4. Estructura interna del neumático.....	4
Figura 5. Sistemas de vulcanizado.	5
Figura 6. Falla por separación térmica.....	6
Figura 7. Organigrama del taller.	10
Figura 8. Tipo de daño más común en los neumáticos.	10
Figura 10. Participación de daños por nivel de cortes en los neumáticos.	11
Figura 11. Evaluación mediante uso de Kahoot.....	25
Figura 12. Área de trabajo actual.....	27
Figura 13. Capacidad de producción actual.....	28
Figura 14. Área de trabajo propuesto.....	29
Figura 15. Capacidad de producción optimizada.	31
Figura 16. Producción actual vs. producción optimizada.....	33
Figura 17. Diagrama de Ishikawa.	34
Figura 18. Formato de orden de trabajo.....	35
Figura 19. Modelo de flujo de procesos.	36
Figura 20. Diagrama de bloques.....	37
Figura 21. Propuesta de modelo adecuado.	39
Figura 22. Modelo de implementación.	41
Figura 23. Comparativo sobre capacidad de producción.	45
Figura 24. Cambios en la distribución del área de trabajo.....	46
Figura 25. Cambios en la capacidad de producción.....	46
Figura 26. Cambio en diseño del almacén de MP.....	47
Figura 27. Puntos de ubicación de los Kanban en la empresa.....	48
Figura 2.1. Daños de neumáticos.....	65
Figura 3.1. Reparación de neumáticos.....	66
Figura 4.1. Acopio temporal de neumáticos.....	67

RESUMEN

En la actualidad, las empresas mineras se encuentran inmersas en un proceso de mejora continua, buscando optimizar sus operaciones y cubrir la creciente demanda de servicios de reparación de neumáticos gigantes. En este contexto, la capacidad de ampliar la reparación de neumáticos se presenta como una solución para reducir los tiempos de reparación y garantizar la confiabilidad de los camiones mineros.

Este estudio propone la implementación de un proceso eficiente de reparación de neumáticos que combina la gestión de almacén de materia prima, el Sistema de Localización de Plantas (SLP) y el método Kanban. Esta combinación estratégica permite a las empresas adoptar nuevas prácticas que aseguren una alta confiabilidad de los camiones y una pronta atención a los neumáticos, a la vez que generen beneficios económicos por la rentabilidad en la reparación de los neumáticos.

Para llevar a cabo la implementación exitosa de este modelo, se recomienda adquirir máquinas de vulcanización adicionales y aumentar el personal técnico en el taller de reparación de neumáticos. Asimismo, se sugiere ampliar el área asignada a la reparación de neumáticos gigantes y establecer un flujo de trabajo y un diagrama de Gantt que optimicen los procesos y reduzcan los costos en comparación con la externalización de servicios de reparación.

La investigación se basó en el análisis de cuatro escenarios distintos, correspondientes a semanas posteriores a la implementación de las mejoras propuestas. Los resultados obtenidos demostraron la competencia del modelo implementado en la empresa minera, logrando una reducción significativa en los tiempos de entrega de pedidos. Se observó que el escenario 1A presentó los mejores resultados de mejora, lo cual se atribuye a un mayor conocimiento y dominio del modelo por parte del personal involucrado.

Finalmente, la implementación del modelo propuesto permitió reducir los tiempos de reparación de neumáticos gigantes en la empresa minera, mejorando la programación de la producción y garantizando una mayor confiabilidad de los camiones. Este enfoque puede ser aplicado en otras empresas del sector minero para optimizar sus procesos y obtener resultados favorables en términos de eficiencia y rentabilidad.

ABSTRACT

To day, mining companies are immersed in a process of continuous improvement, seeking to optimize their operations and meet the growing demand for giant tire repair services. In this context, the ability to expand tire repair is presented as a solution to reduce repair times and ensure the reliability of mining trucks.

Precisely this research proposes the implementation of an efficient tire repair process that combines raw material warehouse management, the Plant Location System (SLP) and the Kanban method. This strategic combination allows companies to adopt new practices that ensure high reliability of trucks and prompt attention to tires, while generating economic benefits through profitability in tire repair.

To carry out the successful implementation of this model, it is recommended to purchase additional vulcanization machines and increase the technical staff in the tire repair shop. Likewise, it is suggested to expand the area assigned to the repair of giant tires and establish a workflow and a Gantt chart that optimize processes and reduce costs compared to outsourcing repair services.

The research was based on the analysis of four different scenarios, corresponding to weeks after the implementation of the proposed improvements. The results obtained demonstrated the competence of the model implemented in the mining company, achieving a significant reduction in order delivery times. It was observed that scenario 1A presented the best improvement results, which is attributed to greater knowledge and mastery of the model by the personnel involved.

Finally, the implementation of the proposed model made it possible to reduce repair times for giant tires in the mining company, improving production scheduling and guaranteeing greater truck reliability. This approach can be applied in other companies in the mining sector to optimize their processes and obtain favorable results in terms of efficiency and profitability.

INTRODUCCIÓN

Se realiza la presente investigación por la actual situación de la capacidad de producción del servicio de reparación de neumáticos gigantes OTR en Perú. En particular, se enfoca en los contratistas mineros que operan en Shougang - Hierro Perú S.A.A, una empresa minera dedicada a la explotación, procesamiento y comercialización del mineral de hierro. Dicha empresa realiza la inversión significativa de USD 93 millones, y cuenta con la participación de más de 200 personas. La producción total alcanza las 380 millones de toneladas, mientras que el monto total del contrato asciende a USD 546.29 millones. Estos datos demuestran la importancia y magnitud de la operación minera en la que se requiere un eficiente servicio de reparación de neumáticos gigantes OTR.

En el contexto de esta investigación, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las herramientas y procesos de mantenimiento empleados por un contratista minero. Durante este análisis, se identificaron varios problemas relacionados con la falta de optimización en el servicio de reparación de neumáticos gigantes.

A nivel mundial, sin importar el tipo de maquinaria utilizada (grúas, montacargas o camiones de más de 600 toneladas), los clientes comparten las mismas preocupaciones constantes. Estas preocupaciones incluyen aumentar la productividad y reducir los costos de operación, minimizando el impacto ambiental y manteniendo y mejorando continuamente los niveles de seguridad tanto para los trabajadores como para los equipos.

En este sentido, los neumáticos desempeñan un papel fundamental en el logro de estos objetivos, ya que afectan en forma directa los costos de funcionamiento y la productividad de las máquinas, que suelen ser objeto de estudio.

En el ámbito de la reparación de neumáticos gigantes para equipos mineros, se han producido pérdidas económicas significativas en los sectores de mediana y gran minería, tanto para las empresas como para los contratistas mineros. Esto se debe a las deficiencias en los procesos de reparación in situ y a la pérdida de dinero debido a la tercerización de los servicios de reparación de neumáticos gigantes. Además, la pandemia de COVID-19 ha tenido un impacto negativo en este aspecto, causando la pérdida de mano de obra calificada, retrasos en la llegada de materias primas y una

menor disponibilidad de servicios de reparación de neumáticos gigantes por parte de empresas externas.

En la actualidad, las empresas dedicadas a la reparación de neumáticos en el Perú se enfrentan a dificultades para satisfacer la demanda de clientes a nivel nacional. En gran medida, esto se debe a las limitaciones impuestas por la pandemia a nivel mundial, observándose un impacto significativo en la disponibilidad y los costos de la materia prima y sus derivados utilizados en el servicio de reparación de neumáticos gigantes, como retrasos en los envíos, suministro limitado, alta demanda y un aumento en los costos. Estos factores económicos han llevado a las empresas externas de reparación de neumáticos gigantes a aumentar sus tarifas de servicio.

El impacto del COVID-19 en el Perú ha generado mayores exigencias para el ingreso a las operaciones mineras, lo cual afecta tanto a las empresas contratistas como a las empresas de reparación de neumáticos gigantes. Estas exigencias implican una mayor inversión económica y operativa, con costos no previstos relacionados con días hábiles perdidos debido a paradas de personal y maquinaria, combustible, viáticos, hospedaje, cuarentena obligatoria, exámenes médicos y pruebas rápidas y moleculares. Estos requisitos son obligatorios para obtener el pase de autorización de ingreso, el cual tiene una vigencia limitada durante la estadía en la operación minera.

Esta situación ha llevado a un aumento significativo en los costos de inversión, generando un impacto financiero en los indicadores de las empresas contratistas y de reparación de neumáticos gigantes. Es importante mencionar que los acuerdos comerciales con las operaciones mineras se mantienen vigentes sin cambios, incluyendo las adjudicaciones cerradas, lo cual impide la actualización de precios mediante nuevas adendas de contrato, a pesar de la situación de la pandemia.

Durante la COVID-19, la industria minera sufrió un fuerte impacto en su producción debido a la cuarentena obligatoria impuesta por el Gobierno peruano. Esto provocó retrasos en el movimiento de tierra y mineral, lo que afectó directamente la producción de la explotación minera. Al permitirse el reinicio de las actividades mineras, se demandó una mayor disponibilidad de equipos para el transporte de materiales y poder recuperar la producción y alcanzar los objetivos establecidos. Sin embargo, esto llevó a una mayor priorización de la producción, lo que aumentó el índice de cortes de neumáticos en la operación. Este problema empeoró con el tiempo y se convirtió en un factor perjudicial para la operación minera, ya que no solo

generaba pérdidas prematuras de los neumáticos en uso, sino que también implicaba paradas no programadas de los camiones, debido a cortes urgentes que requerían atención inmediata. Como resultado, esto aumentó el consumo de neumáticos nuevos, lo que tuvo un impacto financiero significativo en las empresas mineras.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Se trata de un contratista dedicado a la extracción y transporte de mineral y desmonte en tres minas a tajo abierto, cuyo principal cliente es una empresa minera ubicada en Marcona, provincia de Nazca, departamento de Ica. El contratista opera en las minas 11, 14 y 16, usando equipos como palas, cargadores y camiones para realizar su trabajo.

En la flota de camiones, se cuenta con un camión minero CAT-785 como principal vehículo utilizado para el transporte de mineral y desmonte. Este camión en particular tiene una configuración de 4x2, con una distribución de neumáticos de la siguiente manera:

- El eje delantero del camión, compuesto por 2 neumáticos, se encuentra ubicado en las posiciones 1 y 2.
- El eje de tracción del camión, compuesto por 4 neumáticos, se encuentra ubicado en las posiciones 3, 4, 5 y 6.

Un ejemplo de lo anterior puede verse en la Figura 1.

Los neumáticos utilizados en el camión son de tipo radial y tienen una medida de 33.00R51. Las dimensiones de dicha medida se presenta en la Tabla 1.

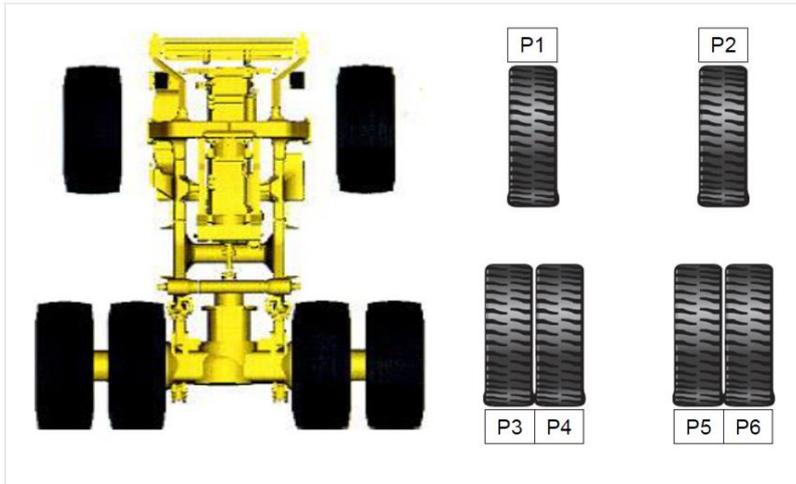


Figura 1. Modelo distribución de neumáticos.

Tabla 1. Dimensiones de un neumático

Medida	Ancho	Altura	Peso
33.00R51	0.92 metros	3.05 metros	2,300 kg

En la actualidad, la flota se compone de 29 camiones mineros, lo que representa un total de 174 neumáticos en funcionamiento que, de modo mayoritario, son de las siguientes marcas (véase la Figura 2):

- Bridgestone VRPS 2A TKPH 558.
- Michelin XDR3 B4 TKPH 620.



Figura 2. Marca y diseño de neumáticos.

En 2021, cada neumático de la flota de camiones mineros tenía un costo de USD 17,800. Es importante mencionar que el precio de un neumático está sujeto a la fluctuación de los precios de la materia prima e insumos utilizados en su fabricación, lo que significa que su valor tiende a variar en el tiempo. Por ejemplo, en 2015, la

inversión total en neumáticos para la flota fue de USD 4'263,000; mientras que en 2021 disminuyó a USD 3'128,346. Esto representa una diferencia de inversión en el tiempo de USD 1'534,654.

La variación en los precios de los neumáticos entre 2015 y 2021 se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Precio anual de neumático

Descripción	Hecho	Precio in IGV USD					
		2015	2016	2018	2019	2020	2021
33.00R51 Bridgestone VRPS 2a	Japón	24,500	19,511	18,710	20,614	20,993	17,979
33.00R51 Michelin XDR3 B4	EE.UU.	24,500	19,511	20,875	20,700	21,200	21,000

Un neumático es un componente esencial en los camiones mineros, que consiste en un tubo de goma diseñado para contener aire y se instala en los puntos de apoyo del vehículo. Está especialmente diseñado para resistir las condiciones operativas extremas del entorno minero. Un neumático de camión minero consta de cuatro partes principales: carcasa, talón, costado y banda de rodamiento (véase la Figura 3).

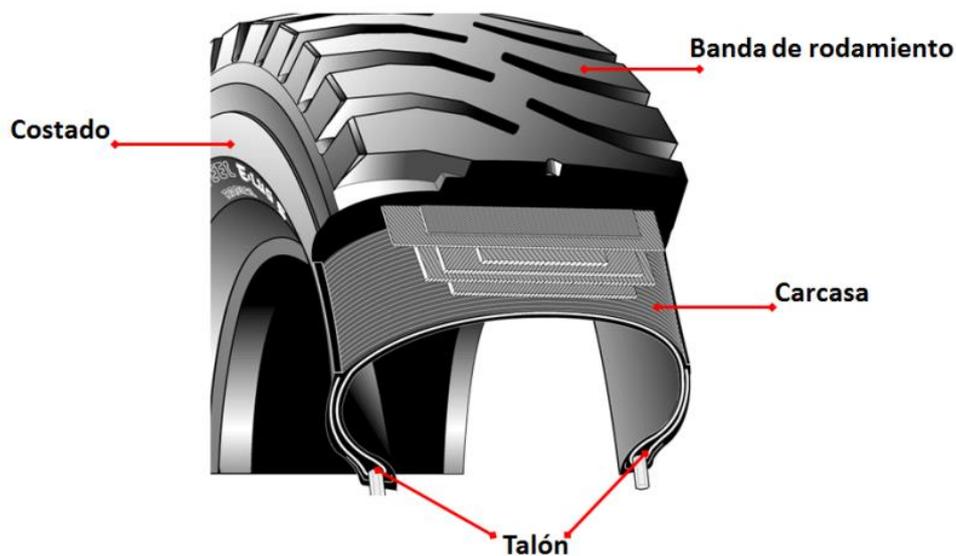


Figura 3. Partes de un neumático.

La estructura interna de los neumáticos OTR es muy compleja y está diseñada para cumplir con las exigencias de las aplicaciones específicas en las que se utilizan. Aunque hay una amplia gama de neumáticos OTR disponibles, todos comparten una estructura básica que incluye varias capas con funciones específicas.

Tal como puede verse en la Figura 4, sobre las secciones de un neumático, en la parte exterior se encuentra la banda de rodamiento, mientras que en el interior hay varias capas con funciones específicas cada una.

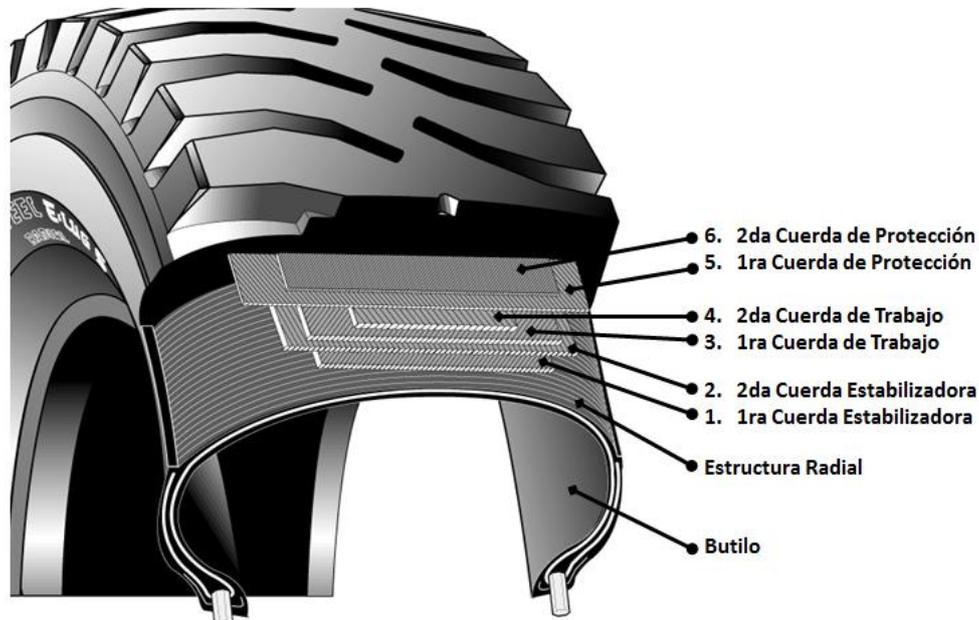


Figura 4. Estructura interna del neumático.

Es importante comprender los criterios para determinar el retiro de un neumático gigante OTR en funcionamiento, en una operación minera. Dado que existen diferentes tipos de neumáticos de ingeniería y se utilizan para diversos fines, no existe una regla general más allá de una consideración evidente: un neumático usado es aquel que ha perdido la profundidad adecuada de la banda de rodadura o, en el caso de neumáticos lisos, no tiene un espesor residual de goma suficiente para protegerlo contra daños.

Por lo tanto, puede ser necesario retirar prematuramente un neumático por las siguientes razones:

- **Reparación temporal:** En algunos casos, un neumático puede ser retirado temporalmente para realizar reparaciones, rotaciones, inversiones o reencauche. Estos procesos de reparación se realizan mediante sistemas de vulcanización específicos (véase la Figura 5).
- **Retiro definitivo por desgaste o daño:** Un neumático puede necesitar un retiro definitivo cuando ha alcanzado un desgaste significativo o ha sufrido daños, como separaciones térmicas o mecánicas, causadas por prácticas de

manejo fuera de los estándares o debido a las condiciones específicas de la operación.



Figura 5. Sistemas de vulcanizado.

No obstante, todas estas dificultades específicas de cada operación y el conocimiento de cómo obtener el máximo beneficio también deben ir de la mano con el respeto al medio ambiente.

Cuando la estructura de una carcasa de neumático está dañada, su capacidad de carga se ve disminuida y ya no puede trabajar de manera óptima en las condiciones para las que fue diseñado. En otras palabras, si se somete a un neumático averiado a cargas y velocidades de diseño, la estructura dañada se aflojará, provocando separaciones (véase la Figura 6) y, finalmente, la desintegración total del neumático. Por esta razón, es absolutamente necesario reparar los neumáticos cuando hayan

sufrido cortes, incluso si no son completamente atravesados y no han perdido presión.



Figura 6. Falla por separación térmica.

La reparación oportuna de los neumáticos dañados no solo ayuda a prolongar su vida útil, sino que también evita situaciones peligrosas y costosas. Al reparar los cortes en los neumáticos, se previene la propagación de daños adicionales y se restablece su integridad estructural. De esta manera, se puede seguir utilizando el neumático de manera segura y eficiente.

Es importante destacar que la reparación de los neumáticos debe realizarse siguiendo los procedimientos adecuados y utilizando los materiales apropiados. Esto garantiza la calidad y la durabilidad de la reparación, así como la seguridad durante su uso posterior.

El proceso de reparación de neumáticos se lleva a cabo siguiendo los siguientes pasos:

- 1. Inspección Inicial:** En esta etapa del proceso, se realiza una inspección exhaustiva del neumático de acuerdo con los procedimientos certificados. El objetivo es determinar si el neumático puede ser reencauchado o reparado de manera segura y confiable.
- 2. Escariado:** En esta etapa, se tratan todas las averías del neumático, eliminando la corrosión y preparando las averías para ser reforzadas. Se utiliza un sistema exclusivo de reconstrucción mediante Steel Cord, que proporciona refuerzos de las mismas dimensiones y características de resistencia mecánica que los cables originales del neumático nuevo.

- 3. Pulido y texturizado:** En este proceso, se trata adecuadamente las averías, dejando una inclinación según las indicaciones del manual de reparación del fabricante. También se realiza la texturización de las averías, asegurándose de que no haya presencia de caucho quemado ni alambre expuesto en la estructura del neumático.
- 4. Cementado y rellenado:** En esta etapa, se aplica el material de relleno en las zonas reparadas y se colocan refuerzos de Steel Cord si es necesario.
- 5. Vulcanizado:** En esta etapa, el caucho sin vulcanizar pasa de su fase plástica a su fase elástica, manteniendo sus propiedades físicas para las cuales fue diseñado. Se utiliza un proceso exclusivo de vulcanización a baja temperatura y alta presión, junto con las autoclaves adecuadas para cada medida de neumático gigante.
- 6. Acabado final:** En esta etapa, se realiza el dibujado del neumático de acuerdo con el diseño original, teniendo en cuenta las consideraciones para mejorar el rendimiento del neumático.

Las reparaciones se clasifican en diferentes tipos:

- **Reparaciones preventivas:** Son aquellas en las que los cortes no llegan a deteriorar las cuerdas estructurales de la carcasa del neumático. Es posible eliminar las dos telas de protección dentro del área reparada sin disminuir la capacidad de carga y velocidad del neumático, manteniendo su TKPH original.
- **Reparaciones correctivas menores:** Son aquellas que comprometen la estructura del neumático, pero no son necesariamente pasantes. Esto implica afectar las cuerdas de trabajo y medias telas del neumático.
- **Reparación correctiva mayor:** Son aquellas que comprometen la estructura del neumático y son pasantes. En este caso, se ven afectadas las cuerdas de trabajo y medias telas del neumático.

La realización de reparaciones adecuadas siguiendo los criterios establecidos es esencial para garantizar la seguridad y el rendimiento óptimo de los neumáticos, prolongando su vida útil y maximizando su eficiencia en la operación minera.

El servicio de reparaciones de neumáticos en taller también pueden ser:

a. Reparaciones preventivas: Estas reparaciones se refieren a los daños por corte de roca u otro objeto punzo cortante que un neumático sufre durante su operación rutinaria de trabajo. Se incluyen los siguientes casos:

- **Banda de rodamiento:** Cuando el daño afecta solo las cuerdas de acero de las telas de protección y no compromete la estructura del neumático (telas de trabajo y tela radial).
- **Hombro y flanco:** Se trata de cortes en el hombro o flanco que se limitan al caucho y no alcanzan las cuerdas de acero en las zonas mencionadas.

No se consideran en esta categoría las reparaciones que exceden las dimensiones de capacidad de reparación del equipo y no afectan la estructura del neumático (separaciones).

b. Reparaciones correctivas menores: Se realizan en los casos de daños por corte de roca u otro objeto punzo cortante que ocurren durante la operación rutinaria de trabajo de los neumáticos. Se incluyen los siguientes casos:

- **Banda de rodamiento:** Todas las reparaciones que afectan la estructura del neumático, incluyendo desde la primera tela de trabajo, siempre que se encuentren dentro de los límites reparables establecidos por los fabricantes de neumáticos y/o fabricantes de parches.
- **Hombro y flanco:** No se aplican reparaciones con parche en estas áreas en la mina de Shougang Hierro Perú, ya que tienen una vida útil limitada y el objetivo del servicio es prolongar la vida del neumático hasta su fin de vida útil.

Todas las reparaciones correctivas menores se realizan utilizando parches de marcas reconocidas a nivel internacional, como los parches de la marca Tip-Top, fabricados en Alemania; y Patch Rubber, en Estados Unidos.

b. Reparaciones correctivas mayores: Estas reparaciones se llevan a cabo para los daños por corte de roca u otro objeto punzo cortante que ocurren durante la operación rutinaria de trabajo de los neumáticos. Se incluyen los siguientes casos:

- **Banda de rodamiento:** Todas las reparaciones que afectan la estructura del neumático, incluyendo hasta la tela radial y el butilo, siempre que se encuentren dentro de los límites reparables establecidos por los fabricantes de neumáticos y/o fabricantes de parches.

Todas las reparaciones correctivas mayores, ya sean pasantes o no, se realizan en la mina aplicando parches, según lo especificado en la tabla de reparaciones del fabricante de parches. No se realizan reparaciones con parche en el hombro y flanco en la mina de Shougang Hierro Perú, debido a que estas reparaciones tienen una vida útil limitada y el objetivo del servicio es prolongar la vida útil del neumático.

- **Hombro y flanco:** No se aplican reparaciones con parche en estas áreas en la mina de Shougang Hierro Perú, ya que tienen una vida útil limitada y el objetivo del servicio es prolongar la vida del neumático hasta el fin de su vida útil.

En todas las reparaciones correctivas también se utilizan parches de marcas reconocidas en el exterior, como Tip-Top (Alemania) y Patch Rubber (Estados Unidos).

En la actualidad, el contratista minero cuenta con un taller de reparación de neumáticos que tiene una capacidad de vulcanizado limitada. El servicio de reparación es realizado por dos técnicos reparadores que trabajan en turnos de 11 horas, tanto durante el día como en la noche. El tiempo promedio requerido para reparar un neumático es de 17 horas, y la capacidad de reparación de un neumático se realiza en 1 ½ turno.

El taller de reparación de neumáticos del contratista minero está integrado por un supervisor y 13 técnicos operativos, quienes se encargan de realizar labores de servicio de enllante y reparación de neumáticos. Entre el personal, se cuenta con un técnico reparador certificado en la reparación de neumáticos; tres técnicos reparadores no certificados, pero con experiencia práctica y teórica adquirida en la operación; y nueve técnicos en proceso de aprendizaje del proceso de reparación, quienes están recibiendo formación teórica y práctica en curso.

El organigrama del taller de reparación de neumáticos se presenta en la Figura 7.

El índice de cortes debido a las condiciones operacionales está teniendo un impacto negativo en el costo final de los neumáticos de los camiones mineros. Esto se traduce en un aumento de los costos de casi USD 630,000 solo en neumáticos, además del tiempo de inactividad de los camiones por reparaciones correctivas y los gastos asociados a las reparaciones realizadas por terceros.

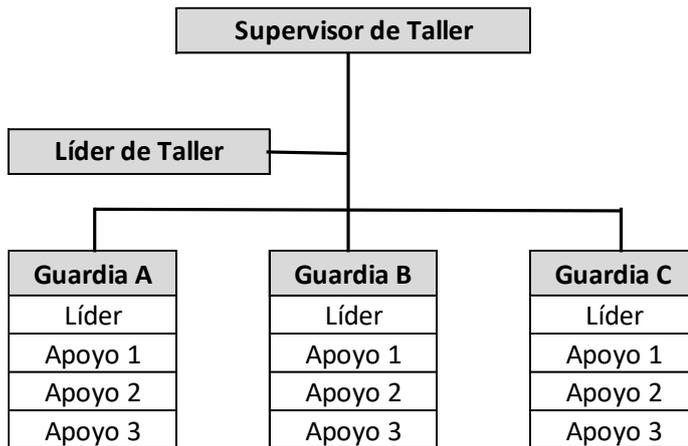


Figura 7. Organigrama del taller.

Las averías en los neumáticos causadas por cortes de roca durante la operación minera obligan a tomar las siguientes acciones:

- Realizar cambios no programados de los neumáticos afectados.
- Retirar prematuramente los neumáticos en el eje delantero.
- Romper el ciclo de rotación de posición, pasando los neumáticos de la posición delantera a la trasera.
- Incrementar los gastos de reparación interna y externa.
- Aumentar el consumo de neumáticos nuevos para reemplazar los dañados.

Los tipos de daños más comunes en los neumáticos de camiones mineros registrados en 2021 se muestran en las figura 8 y 9.

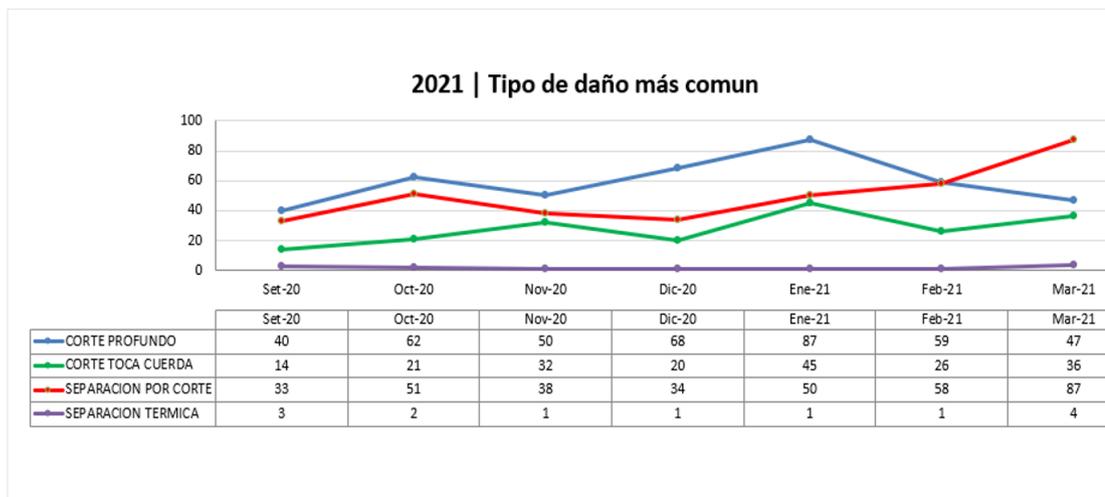


Figura 8. Tipo de daño más común en los neumáticos.

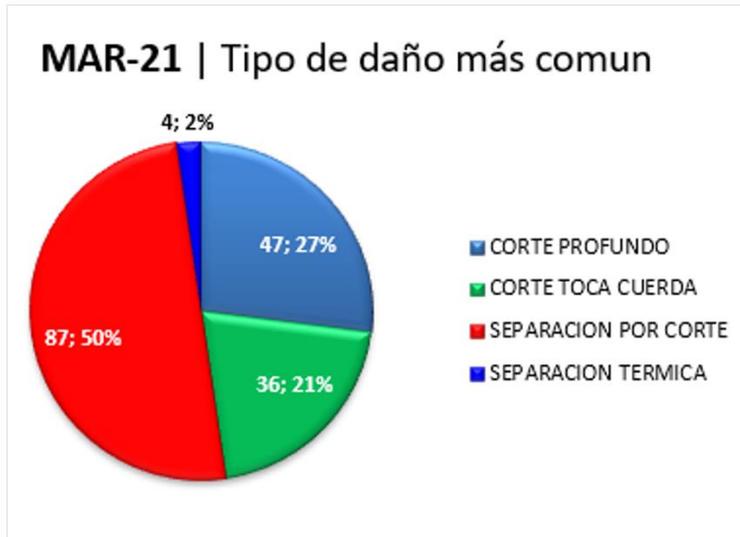


Figura 9. Participación de daños por nivel de cortes en los neumáticos.

En el ámbito de la reparación de neumáticos gigantes para equipos mineros, se han registrado pérdidas económicas significativas en los sectores de mediana y gran minería, tanto para empresas como para contratistas mineros. Estas pérdidas se deben a deficiencias en los procesos de reparación in situ y a la fuga de dinero causada por la tercerización de los servicios de reparación de neumáticos. Además, la pandemia de COVID-19 ha tenido un impacto negativo adicional en este aspecto, resultando en la pérdida de mano de obra calificada, demoras en la llegada de materia prima y una baja disponibilidad de atención por parte de las empresas tercerizadoras que brindan el servicio de reparación de neumáticos gigantes.

En la actualidad, las empresas dedicadas a la reparación de neumáticos en el Perú se encuentran con dificultades para satisfacer la demanda de clientes a nivel nacional. Esto se debe a las limitaciones impuestas por la pandemia a nivel mundial. Un ejemplo de ello es el impacto en el suministro de materia prima y sus derivados utilizados en el servicio de reparación de neumáticos gigantes, como retrasos en los envíos, suministro limitado, alta demanda y, como consecuencia, una sobrevaloración de su costo real. Todo lo mencionado ha generado un impacto económico que ha obligado a las empresas de reparación de neumáticos a aumentar sus tarifas de reparación.

El contratista minero presenta un registro de costos por tercerización del servicio de reparación de neumáticos, de 2017 a 2018, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Registro de costos por servicio de reparación realizada con terceros

Año	Renova				Neuma		Comentarios
	Preventiva	Correctiva menor	Correctiva mayor	Extraordinaria	Preventiva	Correctiva	
2017	USD 874.80	USD 1,189.80			USD 1,260	USD 1,960	Precio incluye en el flete
2018	USD 874.80	USD 1,189.80	USD 1,600		USD 1,260	USD 1,960	Precio incluye en el flete
2019	USD 874.80	USD 1,189.80	USD 1,600		USD 999	USD 1,500	Precio incluye en el flete
2020	USD 874.80	USD 1,189.80	USD 1,600		USD 999	USD 1,500	Precio incluye en el flete
2021	USD 900	USD 1,200	USD 1,800	USD 2,000	USD 1,091	USD 1,592	Precio incluye en el flete

La tabla muestra los costos asociados a diferentes tipos de reparación, como la preventiva, correctiva menor, correctiva mayor y extraordinaria. Estos costos están expresados en unidades monetarias y se han realizado con terceros. Además, se incluye un campo de comentarios que proporciona información adicional.

Según los datos presentados, se puede observar que la inversión realizada en la reparación de neumáticos para camiones mineros representa un gasto significativo en toda la operación. Por ello, es muy importante administrar correctamente estos costos y trabajar en la gestión eficiente de la reparación para reducir los gastos a lo largo del tiempo; siendo necesario identificar los factores que influyen en forma directa en la pérdida de tiempo durante el proceso de reparación de los neumáticos de los camiones mineros.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general.

- ¿Cómo incrementar la cantidad de neumáticos reparados por el contratista minero a través del aumento de la capacidad de servicio o la reducción de los tiempos de reparación, con el fin de mejorar la eficiencia y rentabilidad del proceso?

1.1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Por qué se está perdiendo dinero en la producción de neumáticos reparados?
- ¿Qué factores internos y externos influyen en que un neumático retorne a la cadena de producción por un reproceso?
- ¿Qué estrategias deben realizarse para incrementar la producción de neumáticos reparados?
- ¿Qué controles deben realizarse para minimizar o eliminar los factores internos y externos que influyen en la demora del proceso de reparación de neumáticos?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Mejorar la capacidad de reparación de neumáticos y optimizar los tiempos del proceso de reparación en el contratista minero, mediante la implementación de

estrategias y medidas específicas que permitan aumentar la eficiencia, productividad y rentabilidad de la operación.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar el área específica de producción de neumáticos reparados en la que se está perdiendo dinero y diseñar estrategias para mejorar la eficiencia en esa área y reducir los costos de operación.
- Determinar los factores internos y externos que tienen impacto en el proceso de reparación de neumáticos en el contratista minero y evaluar su efecto en la producción.
- Diseñar e implementar un plan de mejora continua en el proceso de reparación de neumáticos, identificando áreas de oportunidad específicas y estableciendo acciones concretas para aumentar la eficiencia y productividad en la reparación de neumáticos en el contratista minero.
- Identificar los factores internos y externos que contribuyen a la demora del proceso de reparación de neumáticos en el contratista minero y establecer controles efectivos para minimizar o eliminar dichos factores.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Razones que motivan la investigación

El presente proyecto de investigación se justifica por las siguientes razones:

- En primer lugar, la empresa contratista minera está comprometida con la mejora continua de sus servicios, pero actualmente carece de un plan de producción adecuado para cubrir la creciente demanda de reparación de neumáticos.
- En segundo lugar, el elevado costo del servicio de reparación y el tiempo de proceso necesario para atender la demanda son un problema relevante para la empresa. Es necesario optimizar el proceso de reparación de neumáticos y reducir el tiempo necesario para atender a la demanda.
- Por último, es importante destacar que la disponibilidad de los camiones mineros depende en gran medida del estado de los neumáticos. Si no se atienden a tiempo, puede afectar la disponibilidad y conllevar al retiro prematuro de los neumáticos en operación.

1.3.2. Importancia del tema de investigación

La implementación de un proceso eficiente de reparación de neumáticos es crucial para la empresa contratista minera, ya que permitirá adoptar nuevas estrategias que garanticen una alta confiabilidad de sus camiones. Asimismo, la optimización del proceso de reparación de neumáticos permitirá su mantenimiento más rápido y rentable, lo que contribuirá a una reducción significativa en el costo del servicio in situ.

Para alcanzar estos objetivos, será necesario que el taller de reparación de neumáticos de la empresa adquiera nuevas máquinas de vulcanización e incremente el personal técnico. Además, deberá ampliarse el área asignada para la reparación de neumáticos gigantes y establecer un flujo y Gantt del proceso de reparación que aseguren ahorros significativos para la empresa.

En resumen, la optimización del proceso de reparación de neumáticos es esencial para la empresa contratista minera, ya que le permitirá garantizar una alta confiabilidad de sus camiones y reducir en forma significativa el costo del servicio en el área de operaciones, lo que contribuirá a mejorar su posición competitiva en el mercado.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

Si se implementan medidas específicas para aumentar la eficiencia y productividad del proceso de reparación de neumáticos en el contratista minero, como la optimización del flujo de trabajo, la incorporación de nuevas tecnologías y la formación de un equipo de trabajo altamente capacitado, se logrará incrementar la cantidad de neumáticos reparados y reducir los tiempos de reparación, lo que mejorará la eficiencia y rentabilidad del proceso.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Si se realiza un análisis detallado de los tiempos y movimientos involucrados en el proceso de reparación de neumáticos, se pueden identificar oportunidades de mejora que permitan reducir los tiempos de producción de neumáticos reparados de manera significativa.

- Si se realiza un análisis de valor para identificar procesos innecesarios en el taller de reparación de neumáticos, se pueden eliminar aquellos procesos que no generan valor y así mejorar la eficiencia del proceso.
- Si se realiza una evaluación de la capacidad actual del taller de reparación de neumáticos, se pueden identificar oportunidades para aumentar la producción de neumáticos reparados mediante la adquisición de nuevas máquinas y la contratación de personal técnico adicional.
- Si se realiza un estudio de la demanda actual del servicio de reparación de neumáticos, se pueden identificar oportunidades para ampliar el taller de reparación de neumáticos y satisfacer la demanda del servicio de manera efectiva.

1.4.3. Variables independientes

- Mejora del proceso de reparación de neumáticos en términos de eficiencia y reducción de pérdidas.
 - **Definición conceptual:** Implementación de estrategias y acciones para optimizar el proceso de reparación de neumáticos y minimizar las pérdidas económicas asociadas.
 - **Dimensión:** Proceso de reparación de neumáticos en camiones mineros.
 - **Indicador:** Tiempo promedio de reparación de neumáticos, costo de reparación por neumático, reducción de desperdicios y retrabajos.

1.4.4. Variables dependientes

- Incremento en la producción a través de la reducción del tiempo de reparación de neumáticos.
 - **Definición conceptual:** Mejora en los tiempos de reparación de neumáticos para aumentar la cantidad de neumáticos reparados en un período determinado.
 - **Dimensión:** Producción de neumáticos reparados.
 - **Indicador:** Número de neumáticos reparados por unidad de tiempo, porcentaje de aumento en la producción y tiempo promedio de reparación de neumáticos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Prefacio

La Ingeniería Industrial es una disciplina que busca mejorar la eficiencia y productividad de los procesos industriales mediante el uso de técnicas y herramientas especializadas. En este sentido, existen diversas técnicas de ingeniería industrial que pueden ser utilizadas para abordar el problema de incrementar la cantidad de neumáticos reparados en el contratista minero a través del aumento de la capacidad de servicio o la reducción de los tiempos de reparación.

Una de estas técnicas es el estudio del *timing* y movimientos, que consiste en analizar el proceso de reparación de neumáticos y determinar los tiempos que se necesitan en cada una de las actividades que lo conforman, así como identificar movimientos innecesarios o procesos que no generan valor. Esto permite reducir los tiempos de producción de neumáticos reparados y eliminar procesos que no aportan valor.

Otra técnica que puede ser utilizada es el análisis de capacidad de producción, que implica determinar la cantidad máxima de neumáticos que pueden ser reparados por el taller en un período de tiempo determinado. Al conocer la capacidad actual del taller, se pueden implementar medidas específicas para incrementar la producción de neumáticos reparados, tales como la adquisición de maquinaria adicional, la contratación de más personal o la implementación de turnos de trabajo adicionales.

Asimismo, el análisis de la demanda actualizada del servicio de reparación de neumáticos es una técnica importante que permite conocer la cantidad de neumáticos que son reparados actualmente por el taller y la demanda insatisfecha; es decir, la cantidad de neumáticos que no son reparados debido a la falta de capacidad del taller. Con esta información se pueden tomar decisiones informadas sobre la ampliación del taller de reparación de neumáticos.

Por último, el análisis de los sistemas de gestión de inventarios es una técnica que permite determinar la cantidad de neumáticos y materiales necesarios para su reparación, así como la frecuencia de reposición de estos. La implementación de un sistema de gestión de inventarios eficiente permite reducir las pérdidas por falta de *stock* de materiales y asegurar la disponibilidad de estos para la reparación de neumáticos.

En conclusión, la aplicación de estas técnicas de ingeniería industrial (véase la Tabla 4) permite mejorar la capacidad de reparación de neumáticos y optimizar los tiempos del proceso de reparación en el contratista minero, lo que conduce a un aumento de la eficiencia, productividad y rentabilidad de la operación.

2.2. Antecedente del problema

2.2.1. Metodología SLP (planificación sistemática del diseño)

La finalidad fundamental de la distribución en planta de producción reside en organizar cada elemento de manera que se asegure claridad en el flujo de trabajo, materiales, personas e información, por medio del sistema productivo [1]. Estudios previos han demostrado que el tipo de equipo utilizado en la manipulación de materiales influye en la productividad de la planta [2], estimándose que el costo del flujo de los materiales aporta hasta un 70 % del costo total de la producción sometido al sector de servicio terciario [3].

La priorización de los objetivos de diseño en las instalaciones de la planta decide el enfoque adecuado para su implementación [4, 5]. Por ello, es importante evaluar los efectos a largo plazo de la modificación, antes de cualquier cambio que se innove en la distribución de las instalaciones. El nuevo diseño debe justificar el gasto que se produzca durante el reordenamiento y/o implementación de máquinas o departamentos [6].

Tabla 4. Tipologías

Tipología	N° Artículo	Título	Autor	Fuente	Año	País
Problemas	1	For effective facilities planning: Layout optimization then simulation, or viceversa?	Aleisa, Esra E. Lin, Li	Proceedings - Winter Simulation Conference	2005	EE.UU.
Técnica	2	SoS Methodologies for the Definition of Lean Manufacturing Systems.	A. Alfieri, M. Cantamessa, F. Montagna	IFAC, Proceedings of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing	2009	Rusia
Problemas	3	Performance Analysis of Serial Production Lines with Deteriorating Product Quality.	Raed Naebulharam, Liang Zhang	7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control International Federation of Automatic Control	2013	Rusia
Problemas	4	Need Finding for the Development of a Conceptual, Engineering-Driven Framework for Improved Product Documentation.		Elsevier B.V. Conference on Systems Engineering Research (CSER'13)	2013	EE.UU.
Técnica	5	Application of Godet's Scenario Methodology to the Turkish Apparel Industry.	Saricam, Canan, Kalaoglu, Fatma, Polat, Seckin, Cassill, Nancy L.	Fibres and Textiles in Eastern Europe	2013	Turquía
Modelo	6	Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation.	Rahman, Nor Azian Abdul, Sharif, Sariwati Mohd, Esa, Mashitah Mohamed	Procedia Economics and Finance	2013	Malasia
Técnica	7	The effectiveness and specificity of change management in a public organization: Transformational leadership and a bureaucratic organizational structure.	Van der Voet, Joris	European Management Journal	2014	España
Problemas	8	Significance of Selection of Material Handling System Design in Industry - A Review.	Dongre, Abhilasha, Mohite, N Y	Internastional Journal of Engineering and General Science	2015	India
Técnica	9	An integrated multi-criteria decision-making methodology for conveyor system selection.	Jiamruangjarus, Pairat, Naenna, Thanakorn	Cogent Engineering	2016	China
Problemas	10	Factores incidentes sobre la gestión de sistemas de inventario en organizaciones venezolanas.	Peña, Omaira, Da Silva Oliveira, Rafael	Telos	2016	Venezuela
Técnica	11	Strategic orientation in change management and using it when designing a company's development.	Skalik, Jan	Management	2016	Polonia
Problemas	12	Identifying Bottlenecks in Serial Production Lines with Geometric Machines: Indicators and Rules.	Yunyi Kang, Feng Ju	International Federation of Automatic Control)	2017	EE.UU.
Modelo	13	Activity based costing model for inventory valuation.	Chouhan, Vineet, Soral, G. Chandra, Bibhas	Management Science Letters	2017	India
Modelo	14	Proposed model for inventory review policy through ABC analysis in an automotive manufacturing industry.	Nallusamy, S. Balaji, R. Sundar, S.	International Journal of Engineering Research in Africa	2017	India
Problemas	15	Challenges and Opportunities of Condition-based Predictive Maintenance: A Review.	Nazmus Sakib, Thorsten Wuest	Elsevier B.V. 6th CIRP Global Web Conference "Envisaging the future manufacturing, design, technologies, and systems in innovation era"	2018	EE.UU.
Modelo	16	Formal Resource and Capability Models supporting Re-use of Manufacturing Resources.	Eeva Jarvenpaa, Minna Lanz, Niko Siltala	Elsevier 6th International Conference on Through-life Engineering Services	2018	Alemania
Modelo	17	A comparison of scrum and Kanban for identifying their selection factors.	Alqudah, Mashal, Razali, Rozilawati	Proceedings of the 2017 6th International Conference on Electrical Engineering and Informatics: Sustainable Society Through Digital Innovation, ICEEI 2017	2018	Malasia
Técnica	18	A Value Stream Mapping Implementation.	Dergisi, Bilimler	Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi,	2018	Turquía
Técnica	19	Building capabilities for agility in a learning factory setting.	Hugo Karre, Markus Hammer, Christian Ramsauer	Elsevier B.V. 9th Conference on Learning Factories 2019	2019	Austria
Técnica	20	Implementation of Lean techniques for Sustainable workflow process in Indian motor manufacturing unit.	Mayur Mahajan, Kezia Bindu Chistopher, Harshan, Shiva Prasad H C	2nd International Conference on Sustainable Materials Processing and Manufacturing	2019	India
Problemas	21	An agile co-creation process for digital servitization: A micro-service innovation approach.	David Sjödin, Vinit Parida, Marko Kohtamäki, Joakim Wincent	Journal of Business Research	2020	EE.UU.
Problemas	22	The challenge of developing engineering skills in the industrial engineer.	Andrea Blanca Del Rosario Gallardo Huamaní, José Alan Rau Alvarez	18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology	2020	Perú
Técnica	23	Active methodology in chemistry for Engineering: Learning, teamwork and effective communication.	María Felipa Cañas Cano	18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology	2020	Perú
Técnica	24	Lean Techniques Applied to the Homologation Request Process in an Educational Institution.	Kleber Barcia, Andrea Malavé, Abad-Morán Jorge	18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology	2020	Ecuador

Tabla 4. Tipologías (continuación)

Tipología	N° Artículo	Título	Autor	Fuente	Año	País
Técnica	25	Design and evaluation of strategies for the aggregate planning of a company dedicated to the manufacture of canned fish in Ancash - Peru	Guillermo Miñan Olivos, Wilson Símpalo López, Williams Castillo Martínez	Proceedings of the 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology	2020	Perú
Técnica	26	Design of an Identification System and Automated Access Control using RFID technology for the University canteen of the UNSA	Lenin Chavez, Jorge Rendulich	Proceedings of the 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology	2020	Perú
Modelo	27	Web Application in the Student Outcomes Measurement Process of the Computational Systems Engineering Program of the Privada del Norte University	Rolando Javier Berru Beltran, David Arnaldo Jose Cotrina Jimenez, Víctor Edinson Gil Murga	Proceedings of the 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology	2020	Perú
Modelo	28	Balanced Scorecard as a strategy for the fulfillment of a KPI's in a Peruvian e-commerce	Valeria Alarcón, María Chávez, Jimy Oblitas	Proceedings of the 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology	2020	Perú
Modelo	29	Inventory Planning and Management in the Automotive After-Sales Supply Chain	Sofia Rodríguez, Héctor López, Gino Viacava, Christian del Carpio	Proceedings of the 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology	2020	Perú
Modelo	30	Facility layout planning in dynamic environments: A literature review	Pablo Pérez-Gosende, Josefa Mula, Manuel Díaz-Madroño	Proceedings of the 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology	2020	España
Técnica	31	Service-oriented architecture design for small and medium enterprises with infrastructure and cost optimization	Hesmeralda Rojasa, Kevin A. Arias, Ronald Renteria	Elsevier 5th International Conference on Computer Science and Computational Intelligence 2020	2021	Perú
Modelo	32	Development of a Model for Total Productive Maintenance Barriers to Enhance the Life Cycle of Productive Equipment	Rajesh P. Mishra, Gajanand Gupta, Anita Sharma	Elsevier 28th CIRP Conference on Life Cycle Engineering	2021	India

Los resultados enseñan el impacto del diseño en la disposición de la cantidad de máquinas y los beneficios económicos logrados al reducir el flujo total y el tiempo de entrega [7, 2]. Los resultados cumplen con el 38 % de la lista de verificación de criterios de diseño; y un 49 % en la lista de control de administración de materiales directos. Asimismo, el tiempo de producción resultado de la simulación es 142.53 horas. El tiempo de producción puede ser cumplida por la empresa dentro de un mes porque el tiempo disponible es de 192 horas.

2.2.2. Gestión del almacén

Diversas empresas consideran al inventario como la materia prima; y los servicios en proceso y los servicios terminados se consideran como parte de los activos de una empresa, que están o estarán listos para su entrega [8]. Ya que la manera correcta de gestionar estos recursos es muy importante en las empresas, se hace un análisis ABC para darle notabilidad a los costos, a la rotación y a todos los inventarios que tienen que estar atados a una correcta gestión de almacén [9]. Mediante este sistema de gestión, se ajusta su infraestructura, los recursos humanos, sus maquinarias y los procesos, con la intención de almacenar y manejar los inventarios que requieran las empresas. Las actividades que se realizan en un almacén, basado en principios sólidos, son importantes en la gestión [10]. La disminución resultante del tiempo de manipulación de materiales para empresas fluctúan en un 35 % de mejora comparada con la situación inicial; además, también se disminuye el costo del deterioro de la calidad de MP, alcanzando en promedio un 78 % [11]. La finalidad de mantener un inventario sólido y organizado permitirá atender la demanda de los servicios, además de una protección contra la posible escasez de suministros y retrasos en su entrega, permitiendo relajar los requisitos necesarios en la producción, reduciéndose las necesidades de abastecimiento en períodos de mayor demanda y aprovechándose los descuentos de pedidos por cantidad.

2.2.3. Gestión del cambio

Una adecuada gestión empresarial permite que todo proceso de cambio en una organización se lleve a cabo de manera agradable para todas las partes interesadas, y en un periodo de tiempo respectivamente corto. La gestión óptima del cambio organizacional es un proceso amplio, en el cual los directivos afrontan retos importantes o aprovechan las nuevas oportunidades, convirtiendo el estado actual de una organización mediante el aprovechamiento de nuevas ideas, propuestas y

procesos [8]. Es importante tener claro a quién se realizará el cambio: ya sea a las personas, a los sistemas de información, a los procesos; o a los productos o a la estrategia. Además, estas injerencias tienen un efecto doble, siendo una modificación de estructura que afecta al comportamiento de las personas [12].

Por esta razón, se plantean ocho pasos para establecer la gestión del cambio basado en el modelo de John Kotter [13]: (1) crear sentido de urgencia, (2) formar una fuerte alianza directiva, (3) establecer y (4) comunicar un enfoque para el cambio, (5) potenciar a otros para poner en práctica la perspectiva, (6) proyectar la obtención de éxito a corto plazo, (7) edificar sobre el cambio y (8) darle carácter de institución a nuevos métodos.

2.2.3.1. Kanban.

El uso apropiado del Kanban permite gestionar con eficiencia cualquier tipo de equipo de trabajo, mejorando la calidad y reduciendo el tiempo de entrega y los costos de producción [14]. Se resalta el valor de una combinación de diferentes prácticas de producción limpia para disminuir la variación en el tiempo de cambio. En lo individual, la estandarización de las tareas de clasificación y el aumento de la probabilidad en la cadena de suministro de material, aparte de reducir el cambio de tiempo medio, también puede aminorar la desviación estándar del tiempo de proceso de clasificación [15].

Labores realizadas muestran que la aplicación de Kanban con enfoques de *poka yoka* reduce en forma significativa el valor de la eficiencia productiva en empresas manufactureras del 18 % al 26 %, así como la desviación de tiempos del proceso. En la etapa de mejora, la técnica Kanban y 5S reducen levemente el tiempo promedio (2.6 % de 64.1 % a 61.5 %), pero de manera consecutiva reduce la desviación estándar del tiempo de proceso (29.1 % de 51.4 % a 22.3 %).

Para aumentar la capacidad y rentabilidad de la empresa, se requiere mejorar la calidad del proceso esperado, sin tener que caer en costos adicionales; es decir, se debe demostrar y analizar la lógica de un proceso de producción en la empresa, mediante el monitoreo metódico de todas las líneas de producción [16]. Otro estudio notificó sobre beneficios conseguidos, tales como la reducción en el tiempo de clasificación de las máquinas en un 65.85 %, seguido de la mano de obra en un 40 %, con un tiempo de entrega de producción en un 69.47 %; y, finalmente, el tiempo

de valor agregado en un 75.25 %, lo cual permite una producción ágil que facilita las condiciones de trabajo en el sector terciario [17].

2.3. Bases teóricas

Los sistemas propuestos se desarrollarán en cuatro etapas. En la primera, se aborda la gestión del cambio a través de encuestas y capacitaciones. En la segunda, se validará la propuesta del SLP por medio de un prototipo diseñado. En la tercera, son específicamente para ubicación de la materia prima y las herramientas. En la cuarta, se implementará la propuesta de mejora del Kanban, para logra integrar un sistema de comunicación entre cada una de las áreas.

2.4. Conclusiones

Los sistemas propuestos, que combinan la gestión del almacén de materia prima, SLP y Kanban, se complementan y articulan de manera adecuada para lograr la reducción del tiempo de entrega de los pedidos en la reparación de neumáticos. Además, al analizar los resultados de la implementación de manera subdividida, se demuestra que la solución de mejora se estabiliza y avanza en el camino de convertirse en una buena práctica de producción, en la reparación de neumáticos.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

El desarrollo de la presente investigación se basa en el método científico para la obtención de resultados. La revisión literaria realizada muestra combinaciones de herramientas adecuadas, pero no de manera integral como se propone en el presente modelo. El objetivo del aporte es crear una mejora continua en la empresa que se aplica, con la ventaja de que sea de gran impacto para las futuras producciones.

3.2. Diseño de la investigación

La presente investigación explicativa es aplicada, y considero un área específica de una organización en la cual se implementó SLP, Kanban, con verificación de los resultados obtenidos. La presente metodología cuenta con tres herramientas de mejora, desarrolladas en tres fases: (1) Propuesta del SLP, (2) gestión de almacén de MP e (3) implementación del Kanban.

3.2.1. Gestión del cambio

La mejora continua se genera a través del conocimiento y habilidad del equipo humano, que es una base clave e importante en toda gestión. Por esta razón, se plantea un plan de capacitaciones dirigidos a todo el personal operativo y de supervisión. Cabe resaltar que las capacitaciones se realizarán de manera virtual y

programada, aprovechando las tecnologías disponibles que alienten a su autoaprendizaje e interés [18], durante los días de descanso del personal, teniendo en cuenta que el temario sea didáctico y enfocado a las tareas relacionadas al servicio de reparación de neumáticos gigantes (véase la Figura 10). Para llevar a cabo este plan, se tendrá en cuenta la distribución por guardia mostrada en la Tabla 5.

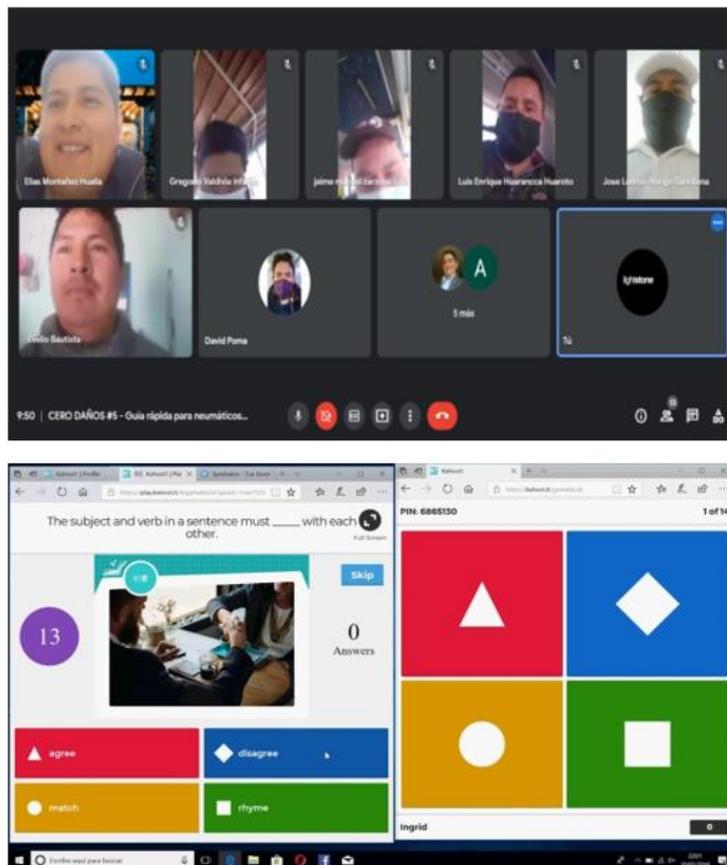


Figura 10. Evaluación mediante uso de Kahoot.

3.2.2. Propuesta SLP

La distribución de la planta de producción consiste en organizar cada elemento asegurando claridad en el flujo de trabajo, materiales, personas e información por medio del sistema productivo [1]. Estudios previos han demostrado el tipo de equipo utilizado en la manipulación de materiales que influye en la productividad de la planta [2].

Tabla 5. Distribución de personal

Guardia A	
Tec. Líder	Ing. Supervisor
Tec. Apoyo 1	
Tec. Apoyo 2	
Tec. Apoyo 3	
Guardia B	
Tec. Líder	Ing. Supervisor
Tec. Apoyo 1	
Tec. Apoyo 2	
Tec. Apoyo 3	
Guardia C	
Tec. Líder	Ing. Supervisor
Tec. Apoyo 1	
Tec. Apoyo 2	
Tec. Apoyo 3	

3.2.2.1. Estudio de tiempos y movimiento.

La comprobación de la hipótesis se realizará mediante el estudio de tiempos y movimiento de neumáticos reparados en el taller de reparación de neumáticos del contratista minero.

El área de trabajo actual permite solo el uso de una máquina Thermopress tipo EM III, y la atención de un neumático (véase la Figura 11).

Se presenta una capacidad de producción limitada: en 24 horas de trabajo se puede atender una avería:

- Una reparación preventiva o reparación correctiva.
 - De acuerdo con la información proporcionada del proceso, puede calcularse los tiempos estándar para cada tipo de reparación de neumáticos en el taller actual:
- a. **Tiempo estándar para reparación preventiva:** El tiempo de proceso por neumático es de 17 horas. Dado que el taller actual puede atender una avería en 24 horas de trabajo, puede inferirse que el tiempo estándar para la reparación preventiva es 17 horas.
 - b. **Tiempo estándar para reparación correctiva:** El tiempo de proceso por neumático es 23 horas. Siguiendo la misma lógica, dado que en la actualidad el

taller puede atender una avería en 24 horas de trabajo, el tiempo estándar para la reparación correctiva es de 23 horas.



Figura 11. Área de trabajo actual.

Por lo tanto, de acuerdo con la capacidad actual del taller, los tiempos estándar para cada tipo de reparación son:

- Reparación preventiva: 17 horas.
- Reparación correctiva: 23 horas.

En la Figura 12 se presenta un flujograma del proceso y tiempo de reparación de un neumático.

El área de trabajo propuesto permite el uso de tres máquinas Thermopress: dos de tipo EM II; y una de tipo EM III, con las cuales se pueden atender hasta cuatro neumáticos de modo simultáneo.

Lo anterior se puede ver en la Figura 13.

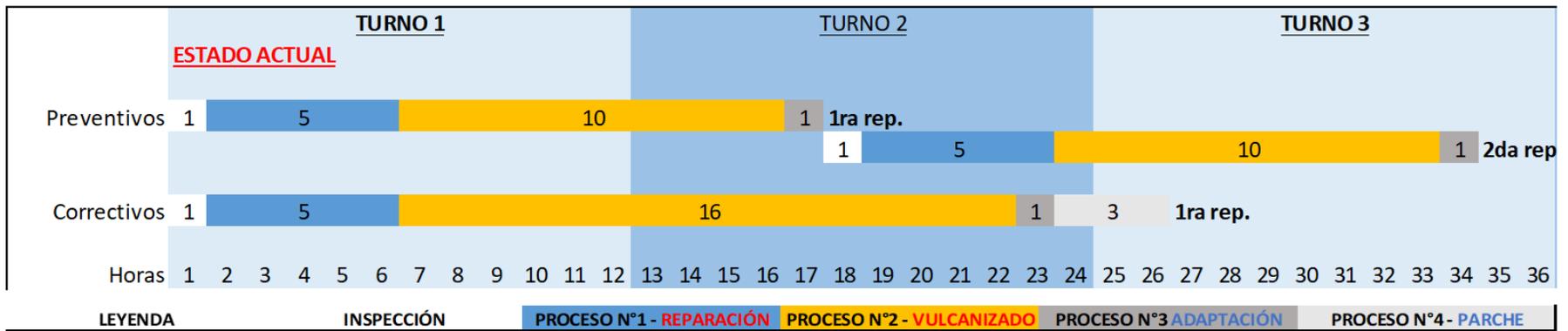


Figura 12. Capacidad de producción actual.

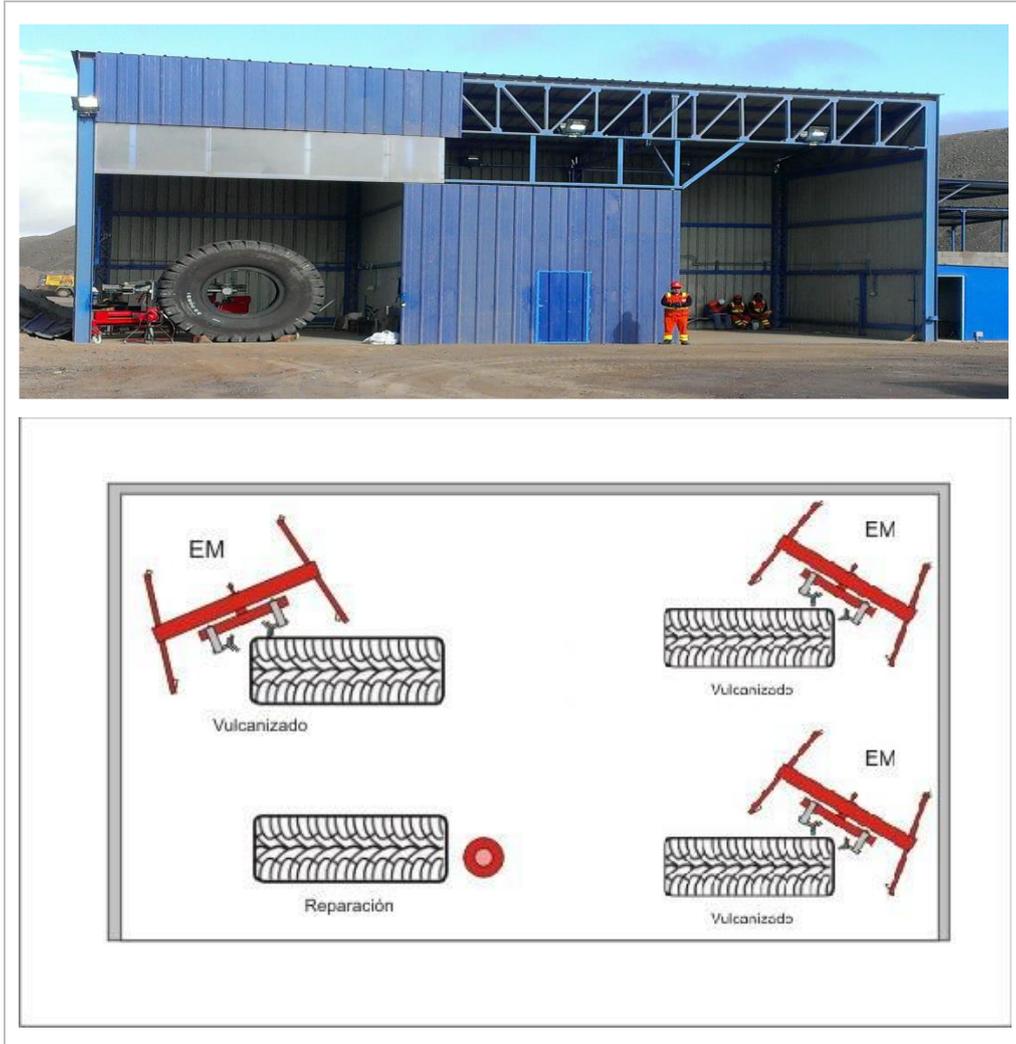


Figura 13. Área de trabajo propuesto.

De esa manera, de modo optimizado, en 24 horas de trabajo, se podrá atender seis averías:

- 4 reparaciones preventivas.
- 2 reparaciones correctivas.

Con base en la información proporcionada, se pueden calcular los tiempos estándar para cada tipo de reparación de neumáticos en el área de trabajo propuesta:

c. Tiempo estándar para reparación preventiva: El tiempo de proceso por neumático es de 17 horas. Dado que en el área de trabajo propuesta se pueden atender hasta cuatro neumáticos en simultáneo en 24 horas de trabajo, puede dividirse el tiempo total disponible por la cantidad de neumáticos atendidos para obtener el tiempo estándar por neumático.

En este caso, 24 horas divididas entre cuatro neumáticos da un tiempo estándar de seis horas por cada reparación preventiva.

d. Tiempo estándar para reparación correctiva: El tiempo de proceso por neumático es de 23 horas. Siguiendo el mismo criterio, como en el área de trabajo propuesta se pueden atender hasta cuatro neumáticos en 24 horas de trabajo, el tiempo estándar de reparación correctiva por neumático sería de 12 horas (24 horas divididas entre dos reparaciones correctivas).

Por lo tanto, de acuerdo con la capacidad optimizada del área de trabajo propuesta, los tiempos estándar para cada tipo de reparación son:

- Reparación preventiva: 6 horas.
- Reparación correctiva: 12 horas.

De modo gráfico, el proceso con tiempo optimizado se presenta en la Figura 14.

Para determinar el incremento de una máquina Thermopress a tres de ellas, se llevó a cabo un análisis numérico comparativo en el que se evaluó la capacidad de producción en el área de trabajo actual y la proyección de producción en el área de trabajo propuesta.

En el área de trabajo propuesta, se incrementó la capacidad al utilizar tres máquinas Thermopress: dos de tipo EM II y una de tipo EM III. Además, se pueden atender hasta cuatro neumáticos en simultáneo; y en 24 horas de trabajo pueden atenderse seis averías: cuatro reparaciones preventivas y dos reparaciones correctivas.

Realizando una comparación entre ambas situaciones:

- **Área de trabajo actual:**
 - Capacidad de producción en 24 horas: una avería (reparación preventiva o correctiva).
- **Área de trabajo propuesta:**
 - Capacidad de producción en 24 horas: seis averías (cuatro reparaciones preventivas y dos reparaciones correctivas).

Al incrementar de una a tres máquinas Thermopress en el área de trabajo propuesta, se logra un aumento significativo en la capacidad de producción, pasando de atender solo de una a seis averías en 24 horas. Esto representa un incremento del 500 % en la capacidad de producción.

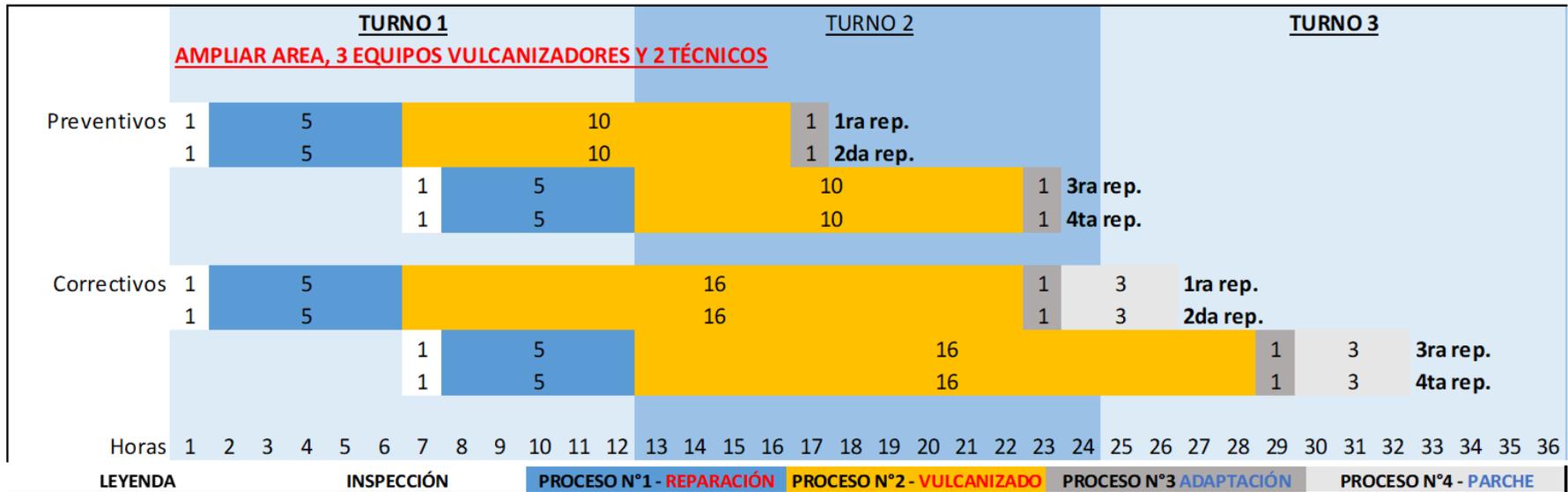


Figura 14. Capacidad de producción optimizada.

Este análisis numérico evidencia que la adición de dos máquinas Thermopress al área de trabajo tiene un impacto positivo en la eficiencia y productividad del taller de reparación de neumáticos, permitiendo atender un mayor número de averías en el mismo periodo de tiempo.

El contratista minero tiene una demanda anual de 130 neumáticos que requieren ser reparados, cifra que representa un total de 720 averías.

Los gastos que se vienen realizando cada año por el servicio de reparación de neumáticos gigantes con terceros, representan los valores mostrados en la Tabla 6.

Tabla 6. Gasto anual por servicio de reparación de neumáticos

Año	# tire	Costo total sin IGV	Comentarios
2018	39	USD 36,923	Servicios realizados
2019	23	USD 26,076	Servicios realizados
2020	41	USD 89,432	Servicios realizados
2021	130	USD 146,400	Proyección de servicio

Por lo expuesto, el estudio de tiempos y movimiento realizados en el taller del contratista minero, muestra los siguientes resultados de producción [22] –véase la Tabla 7–, que permiten determinar el tiempo estándar para cada tipo de reparación de neumáticos gigantes, sea reparación preventiva y/o correctiva, así como analizar los tiempos que necesitará el operario para llevar a cabo dicho proceso operativo [21].

Tabla 7. Estudio de tiempos y movimiento realizado en el taller de servicios

Taller de reparación	Reparación preventiva horas / avería	Aumento producción (%)	Reparación correctiva horas / avería	Aumento producción (%)
Capacidad actual	24		24	
Capacidad optimizada	6	75 %	12	50 %

Por tanto:

- La reparación preventiva se incrementaría en un 75 %.
- La reparación correctiva aumentaría un 50 %.

Estos datos también pueden verse en la Figura 15.

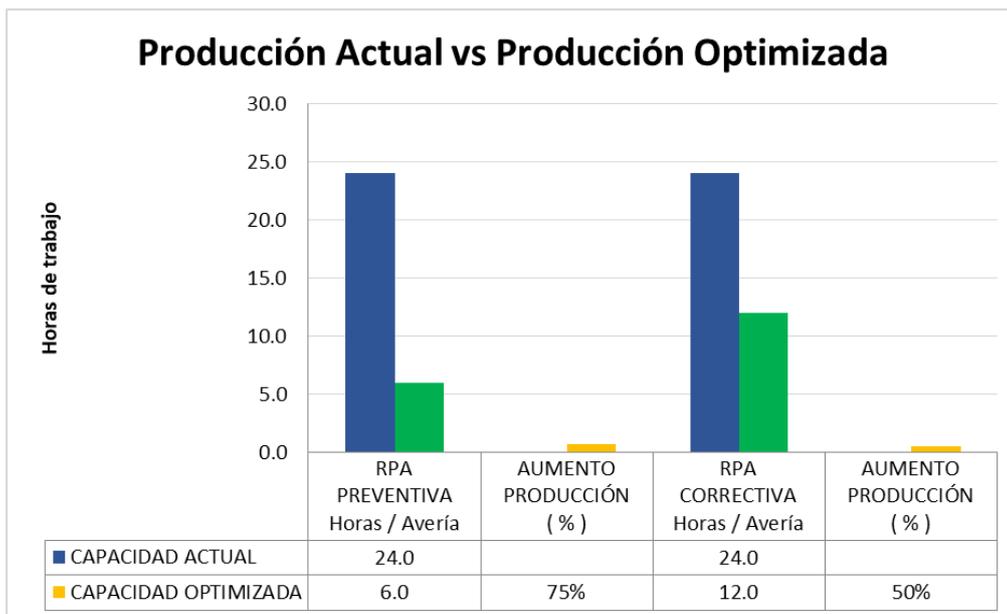


Figura 15. Producción actual vs. producción optimizada.

3.2.2.2. Diagrama de Ishikawa.

Con este diagrama se pudo identificar las causas de un problema y su posible solución. Así, en la Figura 16 se definieron los problemas más cotidianos en el proceso de reparación como la capacidad del taller, la disponibilidad de materiales, la capacidad del reparador de neumáticos y las máquinas necesarias para el vulcanizado.

3.2.2.3. Mantenimiento de calidad.

En este aspecto, el objetivo por lograr fue la satisfacción del cliente, mediante un servicio de calidad. De esa manera, se verificará el cumplimiento de todas las actividades contempladas en las órdenes de trabajo (OT) –véase la Figura 17–, con el fin de garantizar que el tiempo de duración del proceso de reparación se encuentre dentro de la previsión de seis horas de trabajo para la atención de una avería [22].

3.2.2.4. Flujo de procesos.

En la Figura 18 se ilustra el flujo del procesos con las variables definidas, pudiéndose visualizar de forma paralela las condiciones establecidas [8] para la reparación de los neumáticos gigantes, detallando las relaciones entre los principales componentes del proceso de reparación, que se encuentran descritos mediante un conjunto de símbolos y anotaciones de todo el proceso.

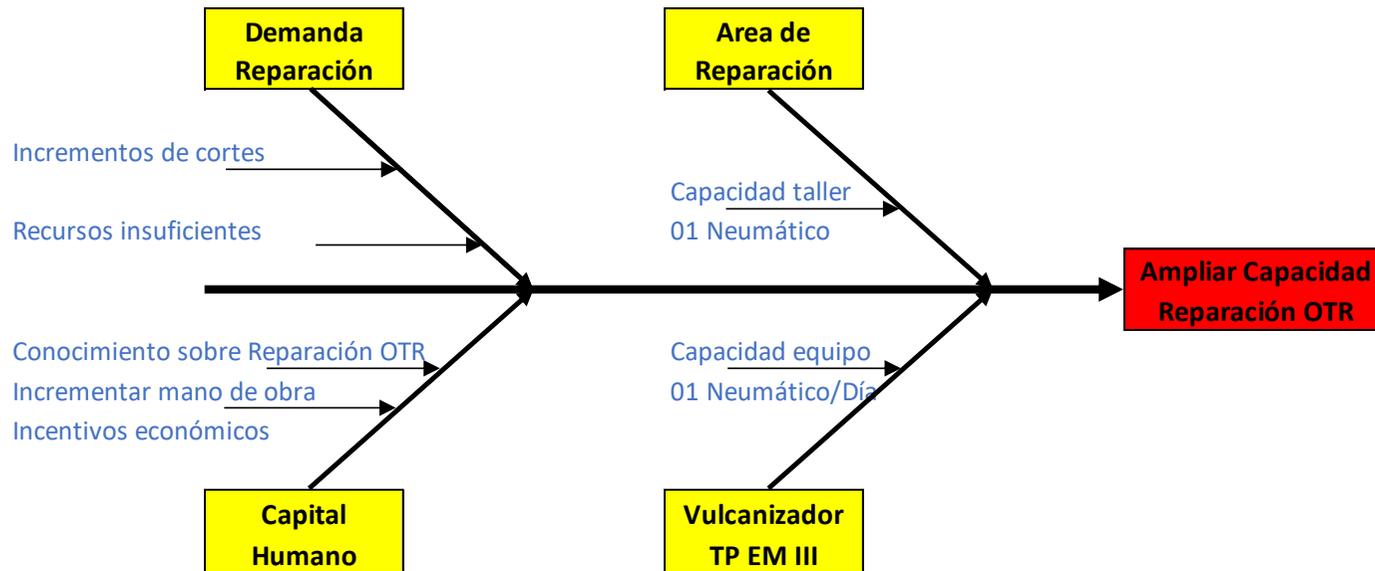


Figura 16. Diagrama de Ishikawa.

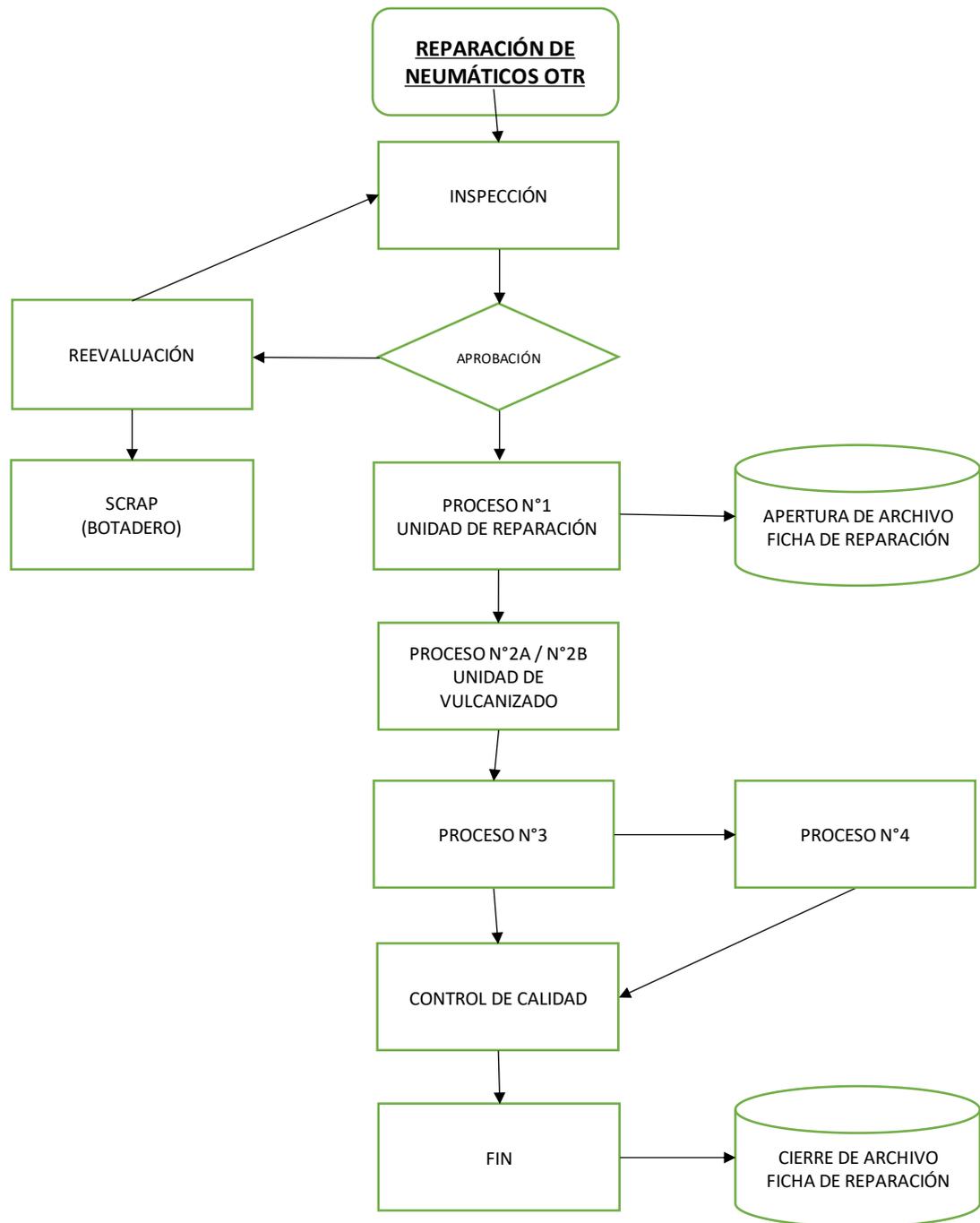


Figura 18. Modelo de flujo de procesos.

3.2.2.5. Diagrama de bloques.

Mediante el diagrama de bloques puede representarse de modo fácil y sencillo un proceso [23], tal como lo representa el proceso de reparación de neumáticos gigantes. Como puede verse en la Figura 19, en cada bloque hay un tipo de operación o una etapa completa del proceso de reparación de neumáticos gigantes

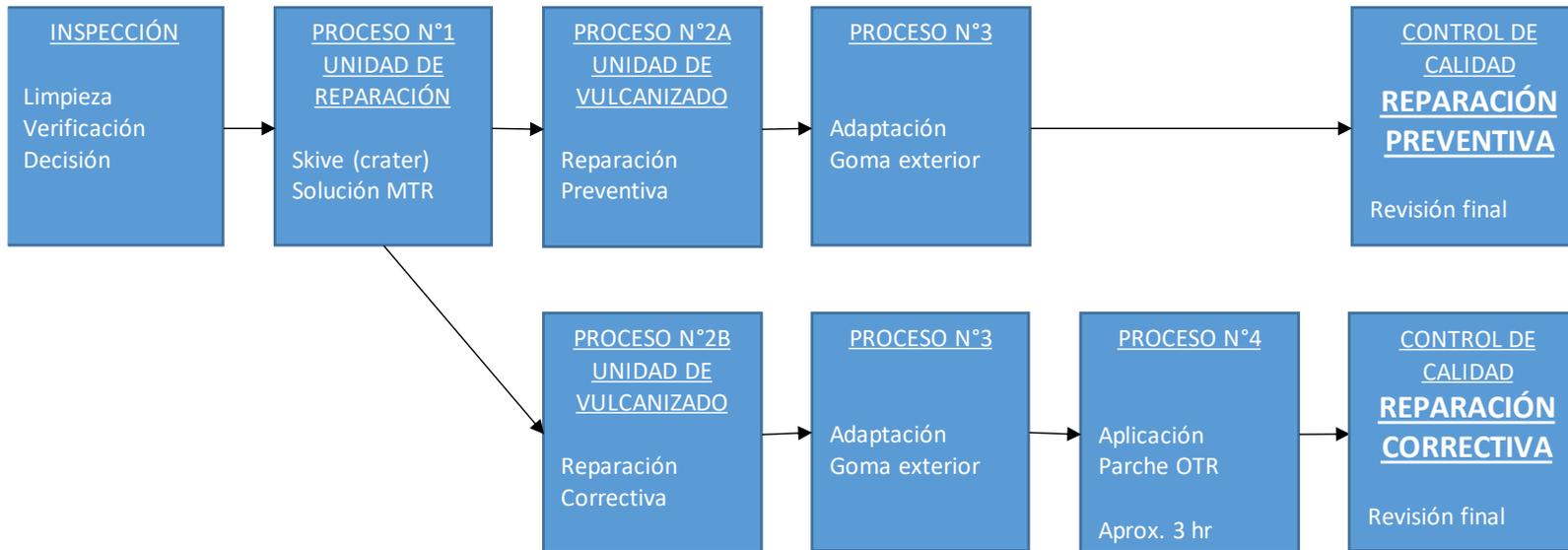


Figura 19. Diagrama de bloques.

3.2.3. Gestión de almacén MP

Se establece el inventario como proceso clave; los servicios de proceso y servicios terminados forman parte de los activos de la empresa [8]. La correcta gestión de los recursos será muy importante en la empresa, por lo que se desarrollara un análisis ABC para darle notabilidad a los costos, a la rotación y a todos los inventarios que tienen que estar atados a una correcta gestión de almacén [9].

3.2.4. Implementación del Kanban

Mediante el Kanban se desarrollará una gestión eficiente del equipo de trabajo, permitiendo mejorar la calidad y reducir el tiempo de entrega y los costos de producción [14]. La combinación de diferentes prácticas de producción permitirá en lo individual, la estandarización de las tareas de clasificación, aumento en la cadena de suministro de material, aparte de mejorar el cambio de tiempo medio. Asimismo, permitirá reducir la desviación estándar del tiempo de proceso de clasificación [15].

3.3. Población y muestra

La población objetivo está conformada por la flota de camiones Caterpillar CAT-785 perteneciente a una empresa contratista minera, que se encuentra operando en la ciudad San Juan de Marcona, de la provincia de Nazca, departamento de Ica, según el tipo de terreno de trabajo y carga transportada presente.

3.4. Modelo propuesto

El presente modelo combina varias herramientas cuya aplicación genera una mejora continua en la empresa, con el fin de que sea de gran utilidad en futuras producciones. El modelo propuesto, mostrado en la Figura 20, consta de los siguientes elementos: gestión de cambio, propuesta SLP, gestión de almacén MP e implementación del Kanban.

A inicio, el modelo propuesto requiere de análisis previos como árbol de problemas, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto; a su vez, un estudio de tiempos y un diagrama de recorridos. Para ejecutar la propuesta de mejora se necesita de una preparación previa al personal de la empresa mediante la gestión del cambio de John Kotter. Es el siguiente paso es la creación de alternativas de propuestas del SLP, con la oportunidad de reducir los excesivos recorridos; seguido de la gestión del almacén de MP, para reducir el tiempo y deterioro en conseguir la MP y herramientas.

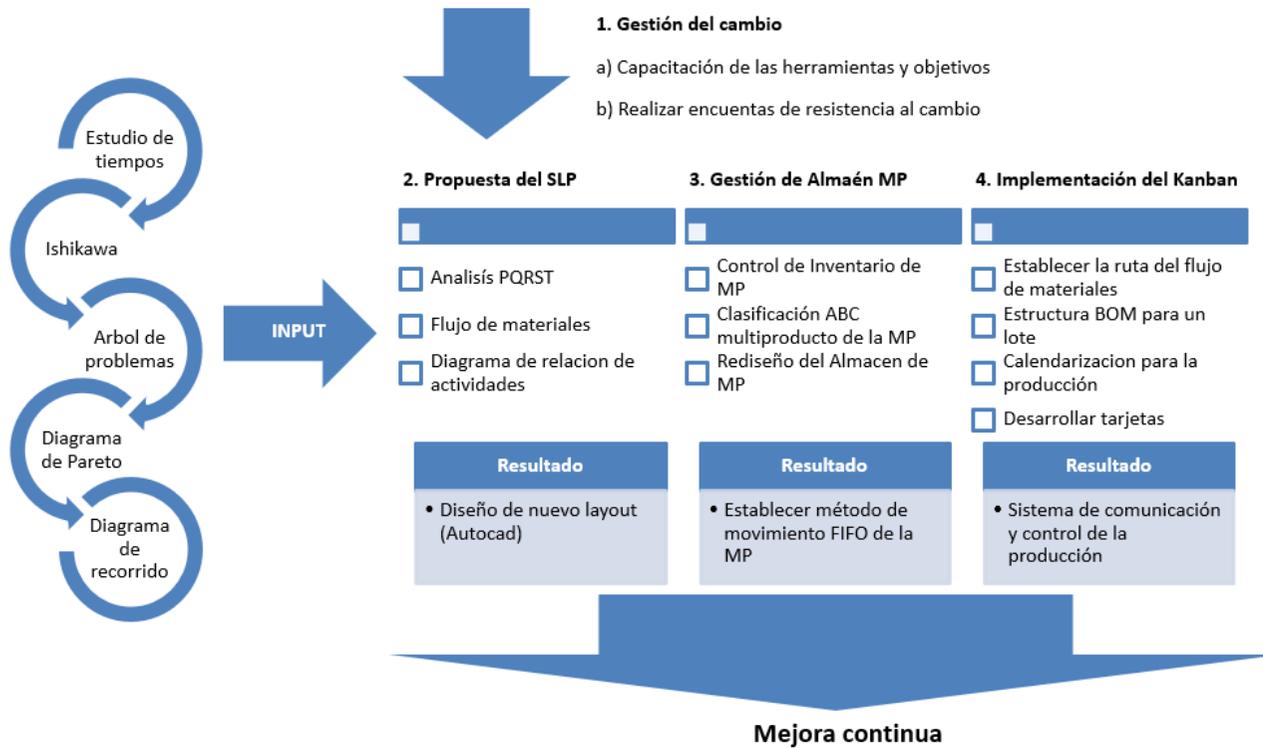


Figura 20. Propuesta de modelo adecuado.

Luego, se plantea un sistema de tableros Kanban que completen la calendarización de la producción, los flujos de recorrido de los materiales, los subgrupos de máquinas, las ordenes de pedidos y la ubicación estratégica de los tableros del Kanban.

3.4.1. Elementos del modelo

El modelo propuesto requiere de una entrada de información que viene a ser los *inputs*, con los cuales se creará un modelo en función de las necesidades del problema. Esta etapa de diagnóstico es muy importante. Antes de una mejora en una empresa, es importante identificar cuál es el sentido de urgencia del cambio. Para ello, se capacita y se toma en cuenta la apreciación con respecto a las mejoras a través de una encuesta de entrada y salida. El modelo cuenta con tres herramientas de mejora que se deben realizar:

Primero la Fase 1 (propuesta del SLP), en la cual se pretende eliminar los excesivos recorridos; seguido por la Fase 2 (gestión de almacén de MP), que cuenta con acciones al ingresar y retirar la MP, que consumen tiempo y no agregan valor al proceso. De esa manera, con esas dos herramientas se busca eliminar algunos desperdicios del proceso previamente para finalizar con la integración de la Fase 3 (implementación del Kanban).

En la Figura 21 se muestra el método que permite implementar el modelo propuesto.

3.4.2. Indicadores

Todos los indicadores son expresados en porcentajes de tiempo en días. A continuación, se describen los indicadores que la propuesta utiliza:

1. IG: % de reducción del tiempo de entrega de pedidos (EP): Indicador general de la mejora sirve para medir el grado en que se reduce el tiempo de entrega de los pedidos expresados en horas.

$$IG = \frac{\text{Tiempo antes de EP} - \text{Tiempo despues de EP}}{\text{Tiempo antes de EP}} \times 100\%$$

El resultado obtenido es el porcentaje que se ha reducido con respecto del tiempo de entrega de los pedidos expresados en horas, en función del valor antes de la mejora.

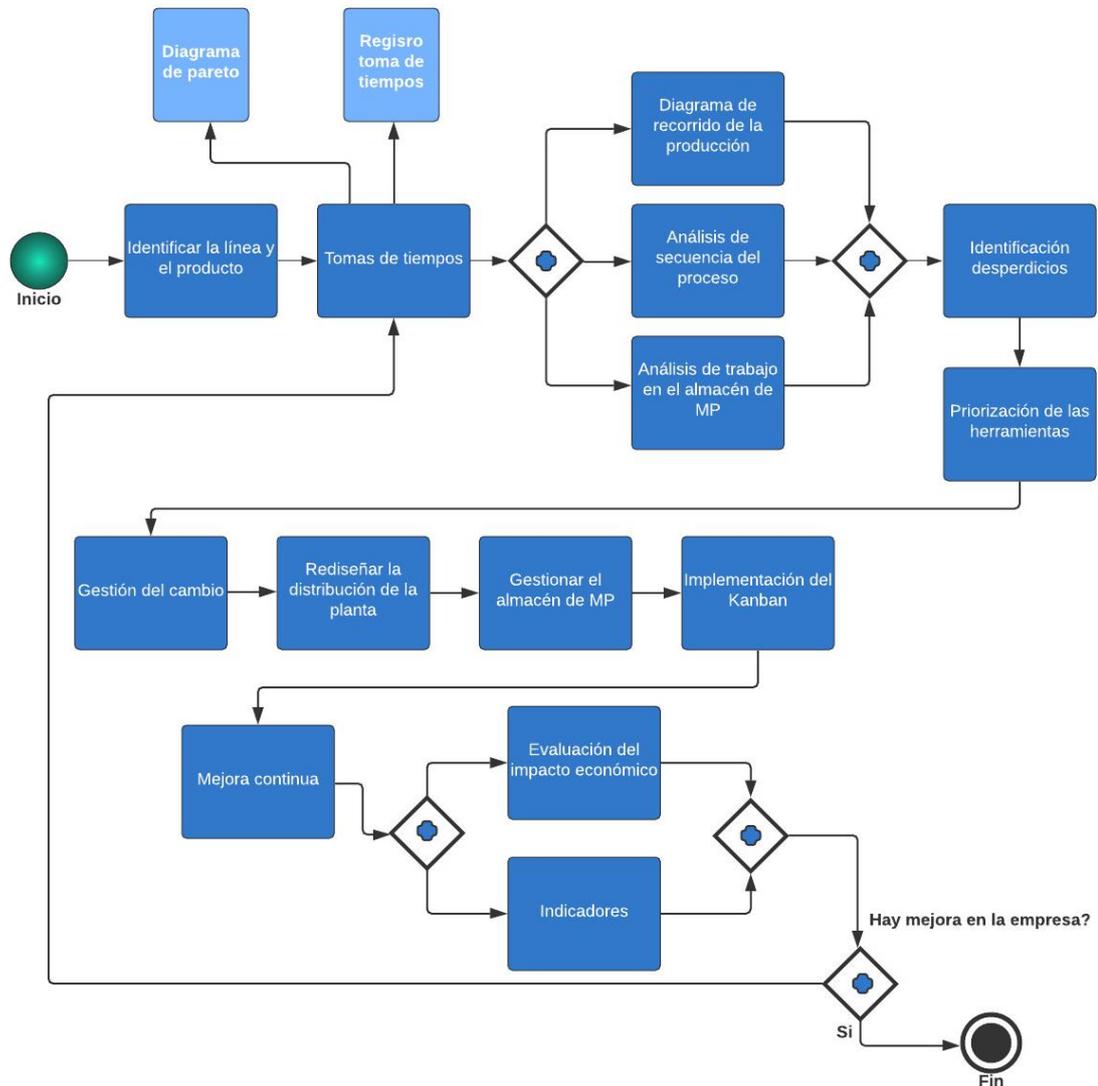


Figura 21. Modelo de implementación.

2. E1: % reducción del tiempo de reparación de daños preventivos (RDP): Indica el grado en que reduce el tiempo de reparación de daños preventivos.

$$E1 = \frac{\text{Tiempo antes de RDP} - \text{Tiempo después de RDP}}{\text{Tiempo antes de RDP}} \times 100\%$$

El resultado obtenido es el porcentaje que se reduce con respecto del tiempo de reparación de daños preventivos expresado en horas en función del valor antes y después de la mejora.

3. E2: % reducción del tiempo de reparación de daño correctivo menor (RDCMe): Indica el grado en que reduce el tiempo de reparación de daño correctivo menor.

$$E2 = \frac{\text{Tiempo antes de RDCMe} - \text{Tiempo despues de RDCMe}}{\text{Tiempo antes de RDCMe}} \times 100\%$$

El resultado obtenido es el porcentaje que se reduce con respecto del tiempo de reparación del daño correctivo menor expresado en horas con relación con el valor antes y después de la mejora.

4. E3: % reducción del tiempo de reparación de daño correctivo mayor (RDCMa): Indica el grado en que se reduce el tiempo de reparación de daño correctivo menor.

$$E3 = \frac{\text{Tiempo antes de RDCMa} - \text{Tiempo despues de RDCMa}}{\text{Tiempo antes de RDCMa}} \times 100\%$$

El resultado obtenido es el porcentaje que se reduce con respecto del tiempo de reparación del daño correctivo mayor expresado en horas, en relación con el valor antes y después de la mejora.

5. E4: % reducción del tiempo en buscar herramientas (BH): Indica el grado en que reduce el tiempo de búsqueda de herramientas de MP.

$$E4 = \frac{\text{Tiempo antes de BH} - \text{Tiempo despues de BH}}{\text{Tiempo antes de BH}} \times 100\%$$

El resultado obtenido es el porcentaje que se reduce con respecto del tiempo en la búsqueda de herramientas de MP expresado en horas con respecto al valor antes y después de la mejora.

6. E5: % reducción del tiempo por recorridos en procesos (RP): Indica el grado en que se aminora el tiempo empleado por desplazamientos durante la reparación de neumáticos y se hace la conversión de distancia a tiempo (en horas).

$$E5 = \frac{\text{Tiempo antes de RP} - \text{Tiempo despues de RP}}{\text{Tiempo antes de RP}} \times 100\%$$

El resultado obtenido es el porcentaje que se reduce con respecto al tiempo empleado por recorridos durante el proceso de reparación de neumáticos expresada en horas con respecto al valor antes de la mejora.

7. E6: % reducción del tiempo de movimiento de MP dentro del almacén de MP (MMPA): Indica el grado en que se reduce el tiempo de movimiento de MP dentro del almacén de MP.

$$E6 = \frac{\textit{Tiempo antes de MMPA} - \textit{Tiempo despues de MMPA}}{\textit{Tiempo antes de MMPA}} \times 100\%$$

El resultado obtenido es el porcentaje que se reduce con respecto del tiempo de movimiento de MP dentro del almacén de MP expresado en horas, y en función del valor antes y después de la mejora.

8. E7: % reducción del tiempo en localizar la MP dentro del almacén de MP (LMPA): Indica el grado en que se reduce el tiempo en localizar la MP dentro del almacén de MP.

$$E7 = \frac{\textit{Tiempo antes de LMPA} - \textit{Tiempo despues de LMPA}}{\textit{Tiempo antes de LMPA}} \times 100\%$$

El resultado obtenido es el porcentaje que se reduce con respecto del tiempo en localizar la MP dentro del almacén de MP.

9. E8: % reducción del tiempo en buscar MP que no existente en el almacén de MP (BMPNEA): Indica el grado en que se reduce el tiempo de búsqueda de MP en el almacén de MP para MP que no existe expresados en horas.

$$E8 = \frac{\textit{Tiempo antes de BMPNEA} - \textit{Tiempo despues de BMPNEA}}{\textit{Tiempo antes de BMPNEA}} \times 100\%$$

El resultado obtenido es el porcentaje que se reduce con respecto del tiempo de búsqueda de MP en el almacén de MP para MP que no existe, expresado en horas con relación al valor antes de la mejora.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información (tablas y figuras)

En la Figura 22 se muestran los resultados obtenidos del estudio de tiempos y movimiento realizados en el taller del contratista minero. En la Figura 23 también puede verse los resultados de producción que permiten determinar el tiempo estándar para cada tipo de reparación de neumáticos gigantes, sea reparación preventiva y/o correctiva; así como analizar el tiempo que necesitará un operario para llevar a cabo la tarea. Así, puede observarse que la reparación preventiva incrementaría en un 75 % su producción; y la reparación correctiva, un 50 %.

4.1.1. Propuesta SLP

Fase 1, el desarrollo de la metodología del SLP se inicia con el análisis de PQRST, con el cual se identifica el producto reparado y la materia prima como el caucho, los consumibles y otros. Además, la demanda anual de 130 neumáticos que requieren ser reparados, cifra que representa un total de 720 averías. Junto con ello, se identifica el diagrama de recorrido que inicialmente permite solo el uso de una máquina Thermopress tipo EM III y la atención de una avería para un solo neumático. Luego se procede a realizar el estudio de tiempos e identificar los recorridos que no suman valor (véase la Figura 24).

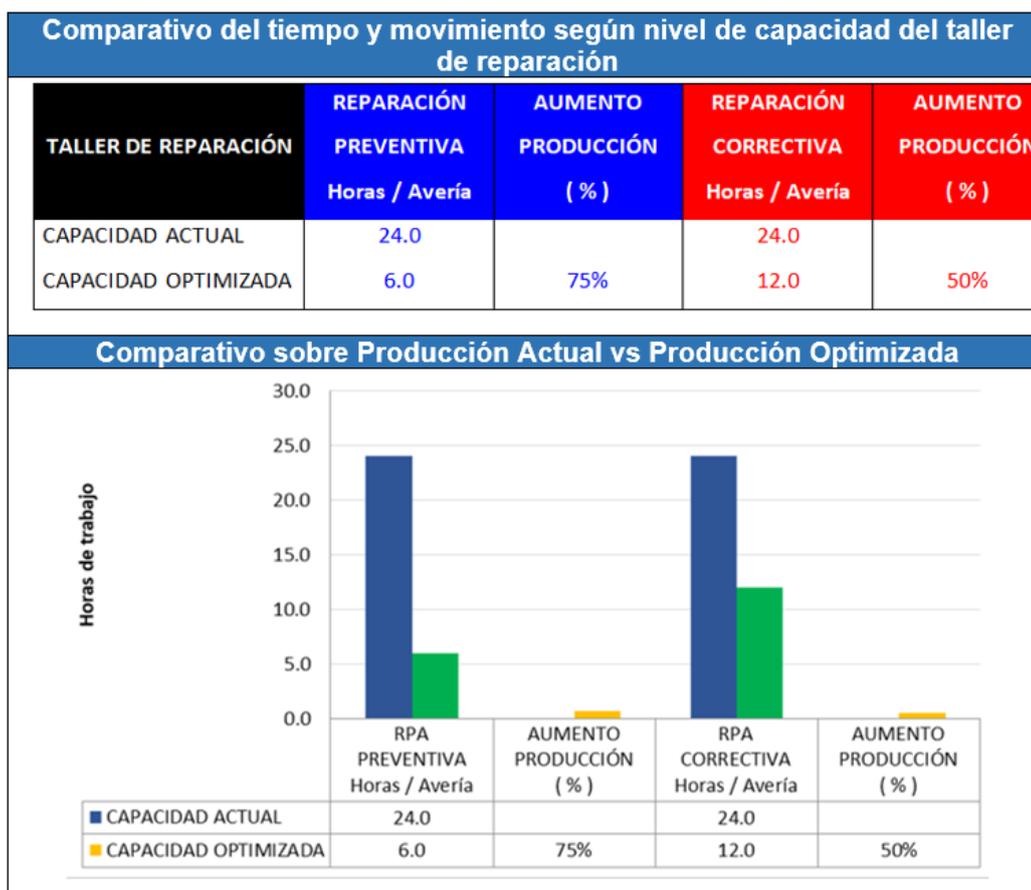


Figura 22. Comparativo sobre capacidad de producción.

4.1.2. Gestión de almacén MP

En la Fase 2, la mejora se inicia con la creación de registros para el *stock* del almacén de MP, el cual no existía. Para determinar la principal materia prima almacenada se analiza su rotación, el costo de la materia prima, la cantidad a inventariar. Como resultado se obtuvo que están clasificados como *A* el caucho, la goma cordón mtr, la goma cordón mtr/cr, el cuchillo cóncavo. Clasificados como *B* están los parches radiales, la copa de tungsteno \varnothing 76 mm, el disco de tungsteno \varnothing 76 mm, el cuchillo cóncavo \varnothing 50 mm; y clasificados como *C*, los dúplex, el raspador esférico de tungsteno \varnothing 20 mm, el cemento especial, la solución mtr, el cepillo de alambre \varnothing 55 mm, la escofina de tungsteno \varnothing 5 mm, la piedra de corte, la brocha especial c/fibras cortas y la cuchilla angular. Como ya se tiene identificado la parte del diseño y la clasificación de la ubicación del espacio de cada producto y herramienta, es tiempo de asegurar que el método de movimiento FIFO se cumpla con este diseño. Para ello, se utiliza un sistema de Poka-Yoke por señalización y de acuerdo con los colores, tal como se puede apreciar en el testimonio gráfico (véase la Figura 25).

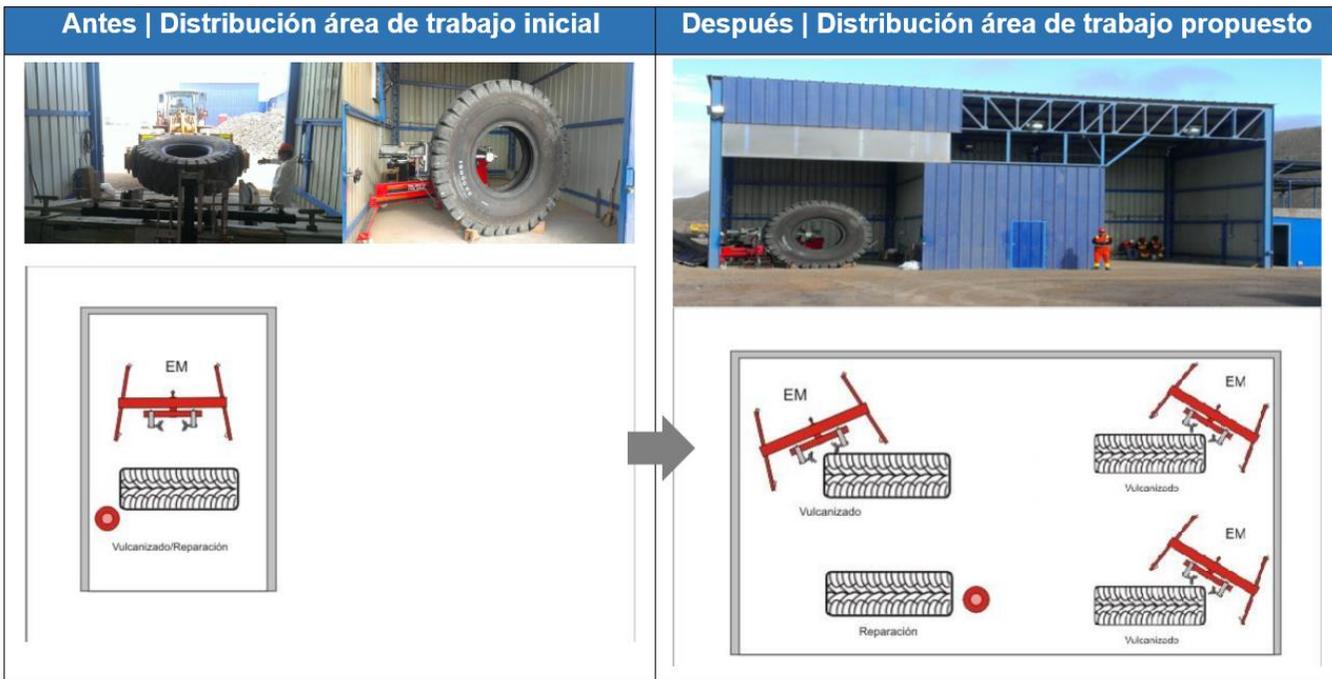


Figura 23. Cambios en la distribución del área de trabajo.

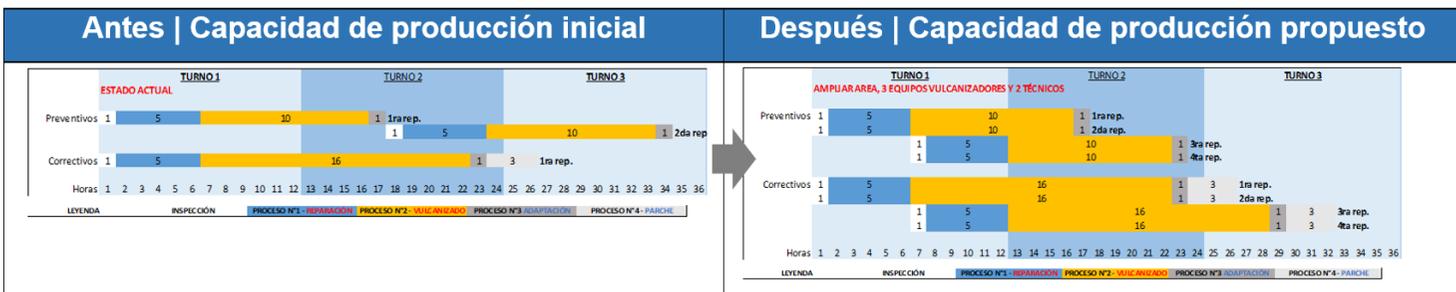


Figura 24. Cambios en la capacidad de producción.



Figura 25. Cambio en diseño del almacén de MP.

4.1.3. Implementación del Kanban

En la Figura 26, que corresponde a la Fase 3, puede apreciarse que en la implementación del Kanban se logra integrar un sistema de comunicación entre cada una de las áreas, al tener cerca de su estación de trabajo una alerta de tarjetas de los pedidos programados (pendientes, en proceso y finalizados). Por otro lado, el receptor responsable de actualizar su tablero y recopilar información de los otros dos tableros cuenta con más información para poder programar los pedidos sobre la base de un sustento calculado. De esta manera, se posibilitará que las fechas de entrega de los pedidos a sus clientes no se excedan, y brindarse una información real de la producción y la capacidad de la planta. Además, se reduce los tiempos en realizar seguimientos a los lotes de neumáticos en las diferentes áreas. Si se tiene un problema en el proceso de reparación de una avería, esta es reportada en las notas de los tableros. De esta forma se reduce el tiempo de esperar y se establece públicamente los materiales que requieren cada estación de trabajo para solicitarlos con anticipación. Asimismo, se listó y compró aquellas herramientas compartidas con la finalidad de evitar que los operarios se estén desplazando en busca de ellas hacia otra estación, consumiendo tiempo de la producción.

Puntos de ubicación en la empresa

David Poma | October 12, 2021

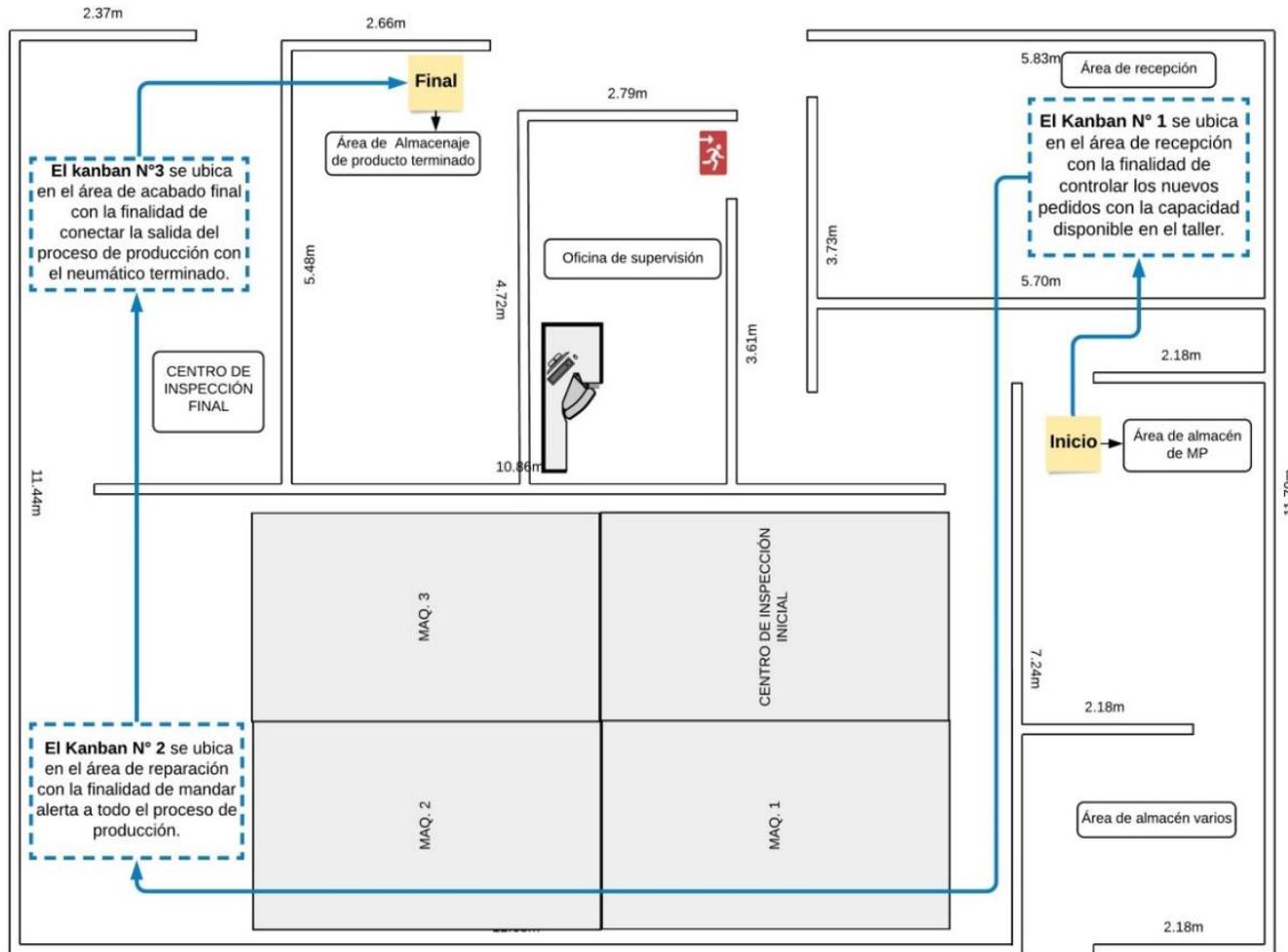


Figura 26. Puntos de ubicación de los Kanban en la empresa.

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Resultado

El resultado obtenido a partir del análisis y cálculo realizado para el incremento de máquinas Thermopress en el taller de reparación de neumáticos es altamente positivo. Los resultados muestran con claridad el impacto del diseño en la disposición de las máquinas y los beneficios económicos que se pueden lograr al reducir el flujo total y el tiempo de entrega.

En la configuración actual del área de trabajo, con una sola máquina Thermopress y la capacidad de atender solo un neumático a la vez, el tiempo de proceso por neumático es de 17 horas para reparaciones preventivas y 23 horas para reparaciones correctivas. En este escenario, la capacidad de producción es limitada, ya que solo se puede atender una avería en un periodo de 24 horas.

Sin embargo, al implementar la propuesta de incrementar a tres el número de máquinas Thermopress (dos del tipo EM II y una del tipo EM III), y permitir la atención simultánea de hasta cuatro neumáticos, se logra una capacidad de producción optimizada. Los tiempos de proceso por neumático se mantienen iguales, con 17 horas para reparaciones preventivas y 23 horas para reparaciones correctivas.

Mediante la simulación de 720 averías, se calcula que el tiempo de producción total es de 17,280 horas, equivalente a dos años. No obstante, debido al incremento en la capacidad de producción, la empresa puede cumplir con este tiempo de producción en tan solo cuatro meses, aprovechando las 2,880 horas disponibles.

La implementación de esta propuesta de mejora tiene un impacto significativo en el tiempo de entrega de los pedidos. Antes de la mejora, el tiempo de entrega era de 24 horas, considerando los tiempos perdidos más el tiempo de producción; después de la implementación, este tiempo entrega se reduce a solo seis horas, lo que representa una mejora del 75 %.

Además, se evaluaron diferentes indicadores para medir la efectividad de la propuesta de mejora. El indicador de gestión (IG) mostró una reducción del 75 % en el tiempo, pasando de 24 horas a seis horas. Los indicadores E1, E2, E3 y E4 también mostraron mejoras significativas, con reducciones del 66.18 %, 50 %, 50 % y 66.67 %, respectivamente.

Con más detalle, los resultados de los indicadores se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Resultado de los indicadores

Indicador	Antes (Horas)	Después (Horas)	Resultado (%)
IG	24.00	6.00	75.00
E1	17.00	5.75	66.18
E2	23.00	11.50	50.00
E3	26.00	13.00	50.00
E4	1.50	0.50	66.67
E5	1.28	0.25	80.52
E6	1.28	0.33	74.03
E7	1.17	0.33	71.43
E8	0.78	0.08	89.36

El análisis del impacto de la propuesta revela que el uso de SLP (Sistema de Localización de Plantas) tiene un impacto significativo en la reducción del tiempo empleado en los recorridos. En particular, en el indicador E5, se observó una reducción del 80.52 % en el tiempo empleado, lo que demuestra la eficacia de esta estrategia en optimizar la movilidad dentro del taller de reparación de neumáticos.

Además, la gestión de almacén implementada como parte de la propuesta de mejora también tuvo un impacto positivo en la reducción del tiempo empleado. En los indicadores E6, E7 y E8, se obtuvo una disminución del 78.27 % en el tiempo empleado, lo que indica una mejora en la eficiencia y organización del manejo de materiales y suministros necesarios para la reparación de neumáticos.

Por otro lado, la implementación del Kanban, una metodología de control de inventarios también contribuyó con la reducción del tiempo empleado en los indicadores E1, E2, E3 y E4 durante el proceso de reparación, con una disminución del 58.21 % en el tiempo empleado. Esto indica una mejora en la planificación y gestión de los componentes necesarios para llevar a cabo las reparaciones.

Además, el análisis del impacto de la propuesta reveló que el uso de SLP (Sistema de Localización de Plantas) redujo el 80.52 % del tiempo empleado en los recorridos. Además, la gestión de almacén y la implementación del Kanban logró disminuciones en 78.27 % y en 58.21 % de los tiempos empleados, respectivamente.

Por último, el incremento de máquinas Thermopress en el taller de reparación de neumáticos tuvo un impacto positivo en la capacidad de producción, reduciendo los tiempos de entrega y generando beneficios económicos para la empresa. La

implementación de estrategias adicionales como el SLP, la gestión de almacén y el Kanban contribuyeron a una mejora adicional en la eficiencia y el tiempo empleado en el proceso de reparación de neumáticos. En conjunto, estos resultados respaldan la viabilidad y eficacia de la propuesta de mejora en el taller de reparación.

4.2.2. Discusión

La implementación del modelo propuesto se evaluó a través de cuatro escenarios semanales, con el objetivo de observar la competencia del modelo en la empresa a lo largo del tiempo. Cada escenario se enfocó en un subgrupo específico y se realizó un estudio de tiempo para promediar los valores obtenidos en la reparación de 28 averías de neumáticos durante cada semana posterior a la mejora.

- **Escenario 1:** Aquí se seleccionó el subgrupo 1A y se evaluó la reparación de las averías durante la primera semana después de la implementación. Los valores promedio de los indicadores fueron los siguientes: E1: 5.750, E2: 11.500, E3: 13.000, E4: 0.500, E5: 0.250, E6: 0.330, E7: 0.330 y E8: 0.080. El tiempo total empleado fue de 31.740, con un tiempo efectivo de producción de 4.25.
- **Escenario 2:** En el que se seleccionó el subgrupo 2A y se evaluó la reparación de las averías durante la segunda semana después de la implementación. Los valores promedio de los indicadores fueron los siguientes: E1: 5.980, E2: 13.400, E3: 14.200, E4: 0.610, E5: 0.330, E6: 0.440, E7: 0.380 y E8: 0.110. El tiempo total empleado fue de 35.450, con un tiempo efectivo de producción de 4.25.
- **Escenario 3:** Se seleccionó el subgrupo 3A y se evaluó la reparación de las averías durante la tercera semana después de la implementación. Los valores promedio de los indicadores fueron los siguientes: E1: 5.880, E2: 12.700, E3: 13.950, E4: 0.590, E5: 0.290, E6: 0.370, E7: 0.360 y E8: 0.090. El tiempo total empleado fue de 34.230, con un tiempo efectivo de producción de 4.25.
- **Escenario 4:** En el cual se seleccionó el subgrupo 4A y se evaluó la reparación de las averías durante la cuarta semana después de la implementación. Los valores promedio de los indicadores fueron los siguientes: E1: 7.800, E2: 15.900, E3: 17.100, E4: 0.820, E5: 0.410, E6: 0.560, E7: 0.470 y E8: 0.140. El tiempo total empleado fue de 43.200, con un tiempo efectivo de producción de 4.25.

Un resumen los valores vistos por escenarios se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Resumen de escenarios

Fuente	Subgrupos			
	1A	2A	3A	4A
E1	5.750	5.980	5.880	7.800
E2	11.500	13.400	12.700	15.900
E3	13.000	14.200	13.950	17.100
E4	0.500	0.610	0.590	0.820
E5	0.250	0.330	0.290	0.410
E6	0.330	0.440	0.370	0.560
E7	0.330	0.380	0.360	0.470
E8	0.080	0.110	0.090	0.140
Subtotal	31.740	35.450	34.230	43.200
Tiempo efectivo de producción	4.25	4.25	4.25	4.25
Total	35.990	39.700	38.480	47.450

Al analizar los resultados de los cuatro escenarios, se observa que el Escenario 1A obtuvo el mejor resultado de mejora. Esto puede deberse a un mayor conocimiento y manejo del modelo propuesto por parte del subgrupo seleccionado. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, a pesar de las capacitaciones y la aceptación de la mejora, aún existen áreas que requieren mejorar en términos de capital humano en la empresa. Por ello, es importante analizar los factores que originaron estos resultados iniciales y considerar la posible fatiga laboral que puede generarse al contar con un proceso productivo mejorado.

Aunque se logre una mejor programación de la producción y se reduzca el tiempo de elaboración, si las condiciones del ambiente no son óptimas, la mejora puede enfrentar otros problemas que deben abordarse para garantizar su implementación exitosa.

A su vez, es fundamental analizar en detalle los resultados obtenidos en cada escenario y examinar las causas de las variaciones observadas en los indicadores. Esto permitirá identificar áreas de oportunidad y tomar las medidas necesarias para abordar los aspectos que puedan estar afectando la eficiencia y el desempeño del modelo propuesto.

También es relevante considerar la importancia del capital humano en la empresa y el papel que desempeña en el éxito de la implementación. A pesar de las capacitaciones realizadas, los resultados iniciales indican que aún existe un margen

de mejora en términos de conocimiento y manejo del modelo por parte del personal, por lo que es necesario el análisis de las causas de estas deficiencias y tomar medidas para fortalecer las habilidades y competencias de los empleados.

Finalmente, el análisis de los cuatro escenarios proporcionó información valiosa sobre el desempeño del modelo propuesto en la empresa a lo largo del tiempo. Si bien el Escenario 1A mostró los mejores resultados de mejora, es importante considerar otros factores que pueden influir en el éxito de la implementación, como la fatiga laboral y las condiciones ambientales. Asimismo, se recomienda analizar en detalle los resultados obtenidos, identificar áreas de oportunidad y fortalecer el capital humano para asegurar una implementación exitosa y sostenible del modelo propuesto.

CONCLUSIONES

El modelo adaptado, que combina la gestión de almacén de materia prima, el SLP y el Kanban, demostró ser efectivo para reducir en forma significativa el tiempo de entrega de producción en la empresa del sector minero. Se logró una reducción del 60.68 % en el tiempo de entrega de los pedidos, de modo específico en la reparación de 28 averías de neumáticos. Esto implica que la programación de la producción se puede realizar en tan solo siete días, lo que representa una mejora sustancial en comparación con los 28 días iniciales.

Es importante destacar que el modelo propuesto ha demostrado ser consistente y estable en su implementación a lo largo de las semanas analizadas. Al subdividir el análisis de los resultados en cada semana, se observó una tendencia de mejora continua y progresiva. Esto indica que la solución implementada se está consolidando y tiene el potencial de convertirse en una buena práctica de producción en la empresa del sector minero.

El uso combinado de la gestión de almacén de materia prima, el SLP y el Kanban, ha demostrado ser complementario y sinérgico, brindando resultados positivos en términos de reducción del tiempo de entrega. La gestión de almacén permitió un mejor control y flujo de los materiales necesarios para la producción, mientras que el SLP contribuyó a la optimización de los recorridos y el tiempo empleado en el proceso. Por su parte, el Kanban facilitó la planificación y el abastecimiento eficiente de los componentes necesarios.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la implementación exitosa de este modelo no solo depende de las herramientas utilizadas, sino también del capital humano y las condiciones del entorno laboral. A pesar de las capacitaciones realizadas, se ha identificado la necesidad de mejorar el conocimiento y el manejo del modelo por parte del personal. Además, se deben considerar factores como la fatiga laboral y las condiciones ambientales óptimas para garantizar una implementación satisfactoria y sostenible.

En conclusión, el modelo adaptado que combina la gestión de almacén de materia prima, el SLP y el Kanban, ha demostrado ser efectivo para reducir el tiempo de entrega de producción en la empresa del sector minero. Su implementación ha generado mejoras significativas en términos de programación de la producción y

reducción del tiempo de entrega de pedidos. No obstante, se requiere un enfoque integral que considere tanto las herramientas utilizadas como el desarrollo del capital humano y las condiciones laborales para lograr una implementación exitosa y sostenible del modelo propuesto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Saricam C, Kalaoglu F, Polat S, Cassill NL. Application of Godet's Scenario Methodology to the Turkish Apparel Industry. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2(98), pp. 7-12 [en línea]; 2013 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: [http://www.fibtex.lodz.pl/pliki/Fibtex_\(mco3zs0m1s3d15o4\).pdf](http://www.fibtex.lodz.pl/pliki/Fibtex_(mco3zs0m1s3d15o4).pdf)
- [2] Naebulharam R, Zhang L. Performance analysis of serial production lines with deteriorating product quality. *IFAC Proceeding Volumes*, 46(9), pp. 501-506 [en línea]; 2013 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S147466701634335X>
- [3] Jiamruangjarus P Naenna T. An integrated multi-criteria decision-making methodology for conveyor system selection. *Cogent Engineering*, 3(1) [en línea]; 2016 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2016.1158515>
- [4] Dongre A, Mohite NY. Significance of Selection of Material Handling System Design in Industry.- A Review. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3(2), pp. 76-79 [en línea]; 2015 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://pnrsolution.org/Datacenter/Vol3/Issue2/9.pdf>
- [5] Barcia KF, Malavé AM, Abad-Morán J. Lean Techniques Applied to the Homologation Request Process in an Educational Institution. *LACCEI International Multi-Conference Engineering, Education and Technology*, pp. 27-31 [en línea]; 2020 [acceso el 23 de junio de 2023]. Disponible en: https://laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/full_papers/FP140.pdf
- [6] Aleisa EE, Lin L. For effective facilities planning: Layout optimization then simulation, or vice versa? *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, 2005, pp. 1381-1385 [en línea]; 2005 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1574401>
- [7] Kang Y, Ju F. Identifying Bottlenecks in Serial Production Lines with Geometric Machines: Indicators and Rules- *IFAC Papers on Line*, 50(1), pp. 13952-13957 [en línea]; 2017 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896317328896>

- [8] Rodríguez S, López H, Viacava G, Del Carpio C. Inventory planning and management in the automotive after-sales supply chain. LACCEI International Multi-Conference Engineering, Education and Technology, 2020, pp. 27-31; 2020 [en línea]; 2020 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: https://laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/full_papers/FP178.pdf
- [9] Chouhan V, Soral G, Chandra B. Activity based costing model for inventory valuation. Management Science Letters., 7(3), pp. 135-144 [en línea]; 2017 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/312439447_Activity_based_costing_model_for_inventory_valuation
- [10] Nallusamy S, Balaji R, Sundar S. Proposed model for inventory review policy through ABC analysis in an automotive manufacturing industry. International Journal of Engineering Research in Africa, 29, pp. 165-174 [en línea]; 2017 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.scientific.net/JERA.29.165>
- [11] Peña O, Da Silva R. Factores incidentes sobre la gestión de sistemas de inventario en organizaciones venezolanas. Telos, 18(2), pp. 187-207 [en línea]; 2016 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/993/99345727003.pdf>
- [12] Alfieri A, Cantamessa M, Montagna F. SoS methodologies for the definition of lean manufacturing systems, IFAC Proceedings Volumes, 42(4) [en línea]; 2009 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016339271>
- [13] Skalik J. Strategic orientation in change management and using it when designing a company's development. Management, 20(1), pp. 197-210 [en línea]; 2016 [acceso el 23 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303908413_Strategic_orientation_in_change_management_and_using_it_when_designing_a_company's_development
- [14] Van der Voet J. The effectiveness and specificity of change management in a public organization: Transformational leadership and a bureaucratic organizational structure. European Management Journal, 32(3), pp. 373-382 [en

- línea]; 2014 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263237313001175>
- [15] Alqudah M, Razali R. A comparison of scrum and Kanban for identifying their selection factors. Conference: 2017 6th International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI), 2017, pp. 1-6 [en línea]; 2018 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/323817820_A_comparison_of_scrum_and_Kanban_for_identifying_their_selection_factors
- [16] Rahman NAA, Sharif SM, Esa MM. Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7(13), pp. 174-180 [en línea]; 2013 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567113002323>
- [17] Güzel D, Kabakus AK, Sirin MS. A Value Stream Mapping Implementation: A Case of Textile Industry. *Alınış Tarihi*, pp. 763-772 [en línea]; 2018 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/503848>
- [18] Screpnik C, Arduino G. The challenge of developing engineering skills in the industrial engineer. *LACCEI International Multi-Conference Engineering, Education and Technology*, 2020, pp. 27-31 [en línea]; 2020 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096777909&doi=10.18687%2FLACCEI2020.1.1.108&partnerID=40&md5=46a92593d290b9d30f28163c2d74540b>.
- [19] Cano MFC. Active methodology in chemistry for engineering: Learning, teamwork and effective communication. *LACCEI International Multi-Conference Engineering, Education and Technology*, 2020, pp. 27-31 [en línea]; 2020 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: https://laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/full_papers/FP98.pdf
- [20] Miñan GS, Simpalo WD, Castillo WE. Design and evaluation of strategies for the aggregate planning of a company dedicated to the manufacture of canned fish in Ancash-Peru. *LACCEI International Multi-Conference Engineering, Education and Technology*, 2020, pp. 27-31 [en línea]; 2020 [acceso el 24 de 2023]. Disponible en:

https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3230/Guillermo%20Segundo%20Mi%C3%B1an%20Olivos_Articulo_18th%20LACCEI_spa_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [21] Mahajan M, Harshan KBC, Shiva Prasad HC. Implementation of lean techniques for sustainable workflow process in Indian motor manufacturing unit. *Procedia Manufacturing*, 35, pp. 1196-1204 [en línea]; 2019 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://researcher.manipal.edu/en/publications/implementation-of-lean-techniques-for-sustainable-workflow-proces>
- [22] Ulonska S, Welo T. Need finding for the development of a conceptual, engineering- Driven framework for improved product documentation. *Procedia Computer Science*, 16, pp. 423-432 [en línea]; 2013 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913000458>
- [23] Cotrina DAJ, Berrú RJ, Gil VE. Web application in the student outcomes measurement process of the computational systems engineering program of the Privada del Norte University. *LACCEI International Multi-Conference Engineering, Education and Technology*, 2020, pp. 27-31 [en línea]; 2020 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26890>
- [24] Sakib N, Wuest T. Challenges and Opportunities of Condition-based Predictive Maintenance: A Review. *Procedia CIRP*, 78, pp. 267-272 [en línea]; 2018 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827118312344>
- [25] Sjödin D, Parida V, Kohtamäki M, Wincent J. An agile co-creation process for digital servitization: A micro-service innovation approach. *Journal of Business Research*, 112, pp. 478-491 [en línea]; 2020 [acceso el 24 de octubre de 2032]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296320300175>
- [26] Karre H, Hammer M, Ramsauer C. Building capabilities for agility in a learning factory setting. *Procedia Manufacturing*, 31, pp. 60–65 [en línea]; 2019 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919303737>

- [27] Rojas H, Arias KA, Renteria R. Service-oriented architecture design for small and medium enterprises with infrastructure and cost optimization. *Procedia Computer Science*, 179(2020), pp. 488-497 [en línea]; 2021 [acceso el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://pure.unamba.edu.pe/en/publications/service-oriented-architecture-design-for-small-and-medium-enterpr-2>
- [28] Arque CLC, Rendulich J. Design of an identification system and automated access control using RFID technology for the University canteen of the UNSA. *LACCEI International Multi-Conference Engineering, Education and Technology 2020*, 1, pp. 27-31 [en línea]; 2020 [acceso el 27 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://pure.unsa.edu.pe/es/publications/design-of-an-identification-system-and-automated-access-control-u-2>
- [29] Järvenpää E, Lanz M, Siltala N. Formal Resource and Capability Models supporting Re-use of Manufacturing Resources. *Procedia Manufacturing*. 19(2017), pp. 87-94 [en línea]; 2018 [acceso el 27 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918300131>
- [30] Mishra RP, Gupta G, Sharma A. Development of a Model for Total Productive Maintenance Barriers to Enhance the Life Cycle of Productive Equipment. *Procedia CIRP*, 98, pp. 241-246 [en línea]; 2021 [acceso el 27 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/349972609_Development_of_a_Model_for_Total_Productive_Maintenance_Barriers_to_Enhance_the_Life_Cycle_of_Productive_Equipment
- [31] Alarcón V, Chávez M, Oblitas J. Balanced Scorecard as a strategy for the fulfillment of a KPI's in a Peruvian e-commerce. *LACCEI International Multi-Conference Engineering, Education and Technology 2020*, pp. 27-31 [en línea]; 2020 [acceso el 27 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26925>
- [32] Pérez P, Mula J, Díaz M. Facility layout planning in dynamic environments: A literature review. *Proc. LACCEI International Multi-Conference Engineering, Education and Technology 2020*, pp. 27-31 [en línea]; 2020 [acceso el 27 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Pablo-Perez->

Gosende/publication/344967863_Planificacion_de_la_distribucion_en_planta_e
n_entornos_dinamicos_un_estudio_de_revision/links/6148cfb2519a1a381f7185
8c/Planificacion-de-la-distribucion-en-planta-en-entornos-dinamicos-un-estudio-
de-revision.pdf

ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADOS DE INDICADORES

Tabla 1.1. Resultado del indicador gestión del cambio

#	OPOSICIONES	Antes (% Oposición)	Despues (% Oposición)	Resultado (% Aprobación)
1	GERENTE COORPORATIVO	60.00	0.00	100.00
2	SUPERINTENDENTE GENERAL	52.00	0.00	100.00
3	GERENTE DE PROYECTO	48.00	0.00	100.00
4	PROCURA MINA	35.00	0.00	100.00
5	SUPERINTENDENTE MINA	45.00	0.00	100.00
6	JEFE DE PLANEAMIENTO	42.00	0.00	100.00
7	JEFE DE TALLER MANTTO	55.00	0.00	100.00
8	JEFE DE MEJORAS	41.00	0.00	100.00
9	JEFE DE SUPERVISION MANTTO	60.00	0.00	100.00
10	JEFE DE TALLER NEUMATICOS	95.00	0.00	100.00

Tabla 1.2. Tiempo efectivo de producción

INDICADOR / Inicial sin mejora para RPA Preventiva o Correctiva

Descripción	1 día	7 días		SEMANAL
# AVERIA	1	7		7
Horas de trabajo	24	168		168
Ratio	0.04	0.29	Ratio	24.00

Tiempo efectivo de producción

INDICADOR / Mejora para RPA Preventiva

Descripción	1 día	7 días		SEMANAL
# AVERIA	4	28		28
Horas de trabajo	17	119		119
Ratio	0.24	1.65	Ratio	4.25

INDICADOR / Mejora para RPA Correctiva Menor

Descripción	1 día	7 días		SEMANAL
# AVERIA	2	14		14
Horas de trabajo	23	161		161
Ratio	0.09	0.61	Ratio	11.50

Tiempo efectivo de producción

INDICADOR / Mejora para RPA Correctiva Mayor

Descripción	1 día	7 días		SEMANAL
# AVERIA	2	14		14
Horas de trabajo	32	224		224
Ratio	0.06	0.44	Ratio	16.00

Tabla 1.3. Resultado de indicadores semanales

RESULTADO SEMANAL			RESULTADO SEMANAL			RESULTADO SEMANAL			RESULTADO SEMANAL		
	Antes	Despues		Antes	Despues		Antes	Despues		Antes	Despues
E1	17	5.75	E1	17	5.98	E1	17	5.88	E1	17	7.8
E2	23	11.5	E2	23	13.4	E2	23	12.7	E2	23	15.9
E3	26	13	E3	26	14.2	E3	26	13.95	E3	26	17.1
E4	1.5	0.5	E4	1.5	0.61	E4	1.5	0.59	E4	1.5	0.82
E5	1.28	0.25	E5	1.28	0.33	E5	1.28	0.29	E5	1.28	0.41
E6	1.28	0.33	E6	1.28	0.44	E6	1.28	0.37	E6	1.28	0.56
E7	1.17	0.33	E7	1.17	0.38	E7	1.17	0.36	E7	1.17	0.47
E8	0.78	0.08	E8	0.78	0.11	E8	0.78	0.09	E8	0.78	0.14
1A	Antes	Despues	2A	Antes	Despues	3A	Antes	Despues	4A	Antes	Despues
	72.010	31.740		72.010	35.450		72.010	34.230		72.010	43.200

Tabla 1.4. Análisis detallado de los resultados de los indicadores semanales

TIPO DE REPARACIÓN	RESULTADO SEMANAL 1A				RESULTADO SEMANAL 2A				RESULTADO SEMANAL 3A				RESULTADO SEMANAL 4A			
	Antes	Despues	Resultado %		Antes	Despues	Resultado %		Antes	Despues	Resultado %		Antes	Despues	Resultado %	
Preventivo	E1	17	5.75	66.18	E1	17	5.98	64.82	E1	17	5.88	65.41	E1	17	7.8	54.12
		17				17				17				17		
Correctivo MENOR (sin parche)	E2	23	11.5	50.00	E2	23	13.4	41.74	E2	23	12.7	44.78	E2	23	15.9	30.87
		23				23				23				23		
Correctivo MAYOR (con parche)	E3	26	13	50.00	E3	26	14.2	45.38	E3	26	13.95	46.35	E3	26	17.1	34.23
		26				26				26				26		
	E4	1.5	0.5	66.67	E4	1.5	0.61	59.33	E4	1.5	0.59	60.67	E4	1.5	0.82	45.33
		1.5				1.5				1.5				1.5		
	E5	1.28	0.25	80.47	E5	1.28	0.33	74.22	E5	1.28	0.29	77.34	E5	1.28	0.41	67.97
		1.28				1.28				1.28				1.28		
	E6	1.28	0.33	74.22	E6	1.28	0.44	65.63	E6	1.28	0.37	71.09	E6	1.28	0.56	56.25
		1.28				1.28				1.28				1.28		
	E7	1.17	0.33	71.79	E7	1.17	0.38	67.52	E7	1.17	0.36	69.23	E7	1.17	0.47	59.83
		1.17				1.17				1.17				1.17		
	E8	0.78	0.08	89.74	E8	0.78	0.11	85.90	E8	0.78	0.09	88.46	E8	0.78	0.14	82.05
		0.78				0.78				0.78				0.78		
	1A	Antes	Despues	Resultado %	2A	Antes	Despues	Resultado %	3A	Antes	Despues	Resultado %	4A	Antes	Despues	Resultado %
		72.010	31.740	68.63		72.010	35.450	63.07		72.010	34.230	65.42		72.010	43.200	53.83

ANEXO 2. DAÑOS EN LOS NEUMÁTICOS



Figura 2.1. Daños de neumáticos.

ANEXO 3. REPARACIÓN DE NEUMÁTICOS



Figura 3.1. Proceso de reparación de neumáticos.

ANEXO 4. ACOPIO TEMPORAL DE NEUMÁTICOS



Figura 4.1. Acopio temporal de neumáticos.

ANEXO 5. ESTUDIOS REVISADOS

- **Performance Analysis of Serial Production Lines with Deteriorating Product Quality:**

La motivación de los autores para realizar esta investigación se basó en mejorar la calidad de una pieza durante su proceso de fabricación, donde se notó que no se ha realizado un estudio profundo de forma sistemática y que, mediante el empleo de modelos de producción específicos, se pueden lograr mejorar la calidad de las piezas durante su proceso de fabricación, así como determinar la confiabilidad de las maquinas que forman parte del proceso y el deterioro de la calidad en el tiempo [2].

- **Identifying Bottlenecks in Serial Production Lines with Geometric Machines: Indicators and Rules:**

Los autores del artículo se basan en el desarrollo de una herramienta práctica para poder tomar decisiones, analizar y detectar los problemas de cuello de botellas en un sistema de producción en serie. Sumado a lo descrito, va también la investigación de enfoques sistemáticos que contribuyan al rendimiento opimo de un sistema, así como también la tasa de producción y las interrelaciones con otros sistemas individuales de similares características [7].

- **Need Finding for the Development of a Conceptional, Engineering-Driven Framework for Improved Product Documentation:**

Los autores detallan que para realizar esta investigación se basaron en el desarrollo de una herramienta practica para poder tomar decisiones, analizar y detectar los problemas de cuello de botellas en un sistema de producción en serie. Asimismo, la investigación de enfoques sistemáticos que contribuyan al rendimiento óptimo de un sistema, y la tasa de producción y las interrelaciones con otros sistemas individuales de similares características [22].

- **Challenges and Opportunities of Condition-based Predictive Maintenance: A Review:**

En el artículo los autores explican que su investigación se basó en el entorno empresarial actual, donde la tendencia en obtener sistemas agiles y configurables para la optimización del mantenimiento predictivo, seguido de

una mejora constante de los programas de mantenimiento predictivo, que conllevan a incrementar la vida útil de las máquinas y su desempeño sea eficiente y confiable, y todo ello se traduzca en mejores costos operacionales, haciendo rentable la disponibilidad de la máquina y evitando paradas no programadas que generen retrasos en el proceso [24].

- **An agile co-creation process for digital servitization: A micro-service innovation approach:**

Los autores de esta investigación buscaron crear oportunidades y desafíos para que las empresas puedan generar oportunidades digitales en esta época donde se está revolucionado en todos los sectores y ámbitos comerciales, a una velocidad que muchas empresas no pueden afrontar estos retos y se ven sumergidos u obligados a subsistir con las innovaciones tradicionales, cuando lo que deben buscar es mantenerse en una innovación ágil. De esa manera, no solo podrán ser más eficientes en sus procesos y automatizarlos, sino también marcar una diferencia estratégica en el ámbito competitivo [25].

- **The challenge of developing engineering skills in the industrial engineer:**

Los autores analizaron la influencia que tiene actualmente los ingenieros, quienes contribuyen a resolver los problemas de la sociedad, y esto solo es posible mejorar mediante las habilidades comunicativas y la aplicación de metodologías adecuadas, que contribuyen a la implementación de una metodología de aprendizaje híbrido en cada especialidad, sin perder la percepción del personal interesado en toda innovación. Es importante mencionar que se considera positiva toda aplicación y estrategia aplicada para motivar las tecnologías digitales que generan valor. Dentro de los cambios tecnológicos en la actualidad, se hace presente el estímulo y otras competencias necesarias para incentivar el autoaprendizaje [18].

- **SoS Methodologies for the Definition of Lean Manufacturing Systems:**

En este trabajo, los autores se centraron en el estudio del entorno, expresando que si bien la literatura relacionada a la fabricación se ajusta (manufactura esbelta), no ha tenido los suficientes aportes. La literatura en su mayoría es sobre manufactura esbelta, que no ha generado la discusión debida para llevar

a cabo una metodología que apoye a dicho tipo de manufactura, ni alcanzar los procedimientos y desarrollo que la actual industria demanda [12].

- **Building capabilities for Agility in a learning factory setting:**

En el artículo, los autores sostuvieron que se necesita lograr que los empleados a todo nivel jerárquico de una empresa puedan obtener un entorno de agilidad, lo cual se logra mediante el aprendizaje experimental y su uso dentro de un entorno laboral dentro de la fábrica, ya que la agilidad ubica a las personas en el centro, donde se depende de la capacidad de todos los empleados para adaptarse al cambio y prosperar en él [26].

- **Service-oriented architecture design for small and médium enterprises with infrastructure and cost optimization:**

Los autores consideran importante la resolución del problema con el de lograr que el sistema orientado a la arquitectura integre servicios simultáneos para la ejecución de procesos orientados al negocio, y en dos fases: primero, fuera del servicio, el cual refiere a que los cambios solo se podrán cambiar en el diseño del servicio, manteniendo un menor impacto sobre los servicios del consumidor final. Segundo, dentro del servicio, el cual debe de garantizar la independencia de los componentes internos que conforman el servicio. En pocas palabras, puede decirse que debe mantenerse un nivel bajo en: los mensajes, validaciones, reglas de negocio y entre otras, permitiendo así independencia tecnológica que permita al sistema de información ser independiente de la tecnología utilizada [27].

- **Implementation of Lean techniques for Sustainable workflow process in Indian motor manufacturing unit:**

En el artículo los autores sostienen que el proceso de movimiento de material, que se transfiere la materia prima del proveedor de forma poco ergonómica durante la carga, tiene la necesidad de mejorar el proceso para un movimiento de materiales sostenible y minimizar el desperdicio de manipulación de materiales, mediante el uso de un principio de manufactura esbelta que es bien aceptado en el mercado industrial. Esto hace que se mantenga el proceso sostenible y diseñado ergonómicamente para el manejo adecuado de materiales. Mediante esta investigación se logró una reducción del tiempo de

manipulación de materiales, lo cual implica reducir el desperdicio del material al mejorar la productividad del manejo y movimientos de materiales de forma eficiente [21].

- **Active methodology in chemistry for Engineering: learning, teamwork and effective communication:**

Los autores mencionan que el trabajo del ingeniero es muy variado, pero cualquiera sea el área donde se desempeñe, exige diversas formas de compromiso, así como tomar decisiones. El trabajo en equipo comprende mantener una comunicación entre los compañeros del equipo, y según sea el trabajo existe momentos en los cuales involucra también la interacción con otros grupos. Las investigaciones realizadas en América Latina informan que, si bien se escuchan activamente a todos los compañeros, la colaboración entre compañeros tiene un resultado de efectividad deficiente, de acuerdo con la información recolectada que fue procesada, en sus aspectos cuantitativos y cualitativos.

La metodología empleada propicia la comunicación e interacción que se da de manera permanente, ya que se generan situaciones, y se buscan de manera intencional en la solución de los propósitos generales; no obstante, la retroalimentación oportuna es un elemento concluyente. A pesar de que no se muestran datos en este artículo, es notoria la mejora en la calidad de los trabajos cuando el grupo busca y recibe retroalimentación oportuna [19].

- **Lean Techniques Applied to the Homologation Request Process in an Educational Institution:**

Este estudio fue realizado en un instituto tecnológico que lleva varios años brindando carreras tecnológicas, teniendo como objetivo de investigación el reducir los tiempos de espera en las solicitudes, llevándolo a cabo mediante la aplicación de técnicas *lean manufacturing* (manufactura esbelta). Este proceso en mención fue estudiado con datos históricos desde el año 2016, donde se identificaron las causas raíz que repercuten en el tiempo de espera y se representó la situación actual con la herramienta *Simul8*. Como toda propuesta de mejora, este proceso se basa en técnicas lean como 5S y distribución de área. Cabe mencionar también que la implementación se realizó mediante la simulación del proceso y todos sus resultados se comparan con los obtenidos

de la situación inicial, lo cual permitió lograr reducir en un 24.26 % el tiempo de respuesta a la solicitud de homologación, mejorando de esta manera la satisfacción de los usuarios [5].

- **Design and evaluation of strategies for the aggregate planning of a company dedicated to the manufacture of canned fish in Ancash - Perú:**

Esta investigación tuvo por finalidad describir el diseño y evaluación de estrategias para el planeamiento en un proceso de fabricación, teniendo un alcance descriptivo y con un diseño no experimental longitudinal. En el estudio se resalta que la planeación es una etapa de vital importancia en cualquier tipo de proceso, muy independientemente del tipo de empresa o del giro del negocio que se establezca; no obstante, aún están presentes en empresas pequeñas y medianas, las cuales aún no reconocen el factor relevante que puede lograr con un adecuado planeamiento estratégico, táctico u operativo; y sus consecuencias sobre otras variables como los costos, rentabilidad o la productividad [20].

- **Design of an Identification System and Automated Access Control using RFID technology for the University canteen of the UNAS:**

Los autores detallan el desarrollo de un sistema de identificación y control automatizado para optimizar el tiempo de ingreso, mediante asistencia y autenticación, teniendo las características de escalabilidad, confiabilidad y seguridad. El prototipo consiste en un microcontrolador maestro con dos esclavos de lectores RFID que trabaja en la frecuencia de 13,56 MHz. El desarrollo de este diseño permite tener un sistema automatizado de identificación y control de acceso utilizando tecnología RFID, diseñado para tener la mayor confiabilidad durante su uso, donde los sensores y actuadores no tengan problemas de ruido y potencia, evitando así cualquier problema de pérdidas de señal por distancia. Con ello, se logra la automatización con tecnología RFID, que permite llevar el control de acceso de asistencias, demostrándose eficiencia y efectividad [28].

- **Formal Resource and Capability Models supporting Re-use of Manufacturing Resources:**

Los autores del artículo presentaron un modelo de ontología que cuente con la capacidad de recursos de fabricación, y que permita la creación de descripciones que detallen los recursos en evolución y los mismos sean aplicados en la fabricación. Cabe mencionar que el modelo Marco ofrece métodos que ayudan a describir y guardar información, proporcionando a los planificadores un tipo de información a detalle que respalde la toma de decisiones sobre la configuración, reutilización y el mantenimiento de los recursos, conllevando a una optimización que por consecuencia empareje su capacidad en proceso, guardando información adicional tales como parámetros de ciclo de vida y comerciales [29].

- **Development of a Model for Total Productive Maintenance Barriers to Enhance the Life Cycle of Productive Equipment:**

En el artículo los autores explican sobre la eficiencia de las organizaciones y que con ella se logra obtener la conformidad de los clientes, basado en la satisfacción de que el cliente haya sido atendido según sus exigencias. Para ello se determinó un modelo único que permitirá determinar el nivel de conducción y dependencia sobre las barreras de ejecución del mantenimiento productivo total, lográndose mejorar el ciclo de vida de los equipos productivos, mediante el uso de un modelado de estructura interpretativo (ISM), que representa un proceso de establecimiento de una interrelación entre barreras [30].

- **Web Application in the Student Outcomes Measurement Process of the Computational Systems Engineering Program of the Privada del Norte University:**

En este trabajo, los autores detallan el proceso de medición de resultados con el objetivo de definir la influencia de una aplicación web. El tipo de estudio fue preexperimental, con una muestra constituida por los procesos de medición de resultados, el cual define que consiste en uno o más procesos en los que se identifica, recopila y prepara información para evaluar el logro de los resultados del estudiante. Del análisis de los indicadores, se identificó que el proceso carecía de un adecuado control, disponibilidad e integridad de información, de

tal manera que estas debilidades hacían difícil la interpretación y elaboración de informes de medición. Siendo por este motivo que se propuso optimizar el proceso de medición de resultados del estudiante, con el objetivo de minimizar las debilidades. En esta etapa, a través del análisis de los requerimientos presentados, se determinaron que el uso apropiado de un diagrama de bloques permite representar de manera fácil y sencilla un proceso, fortaleciendo de esta manera los resultados en esta etapa del proceso [23].

- **Balanced Scorecard as a strategy for the fulfillment of a KPI's in a Peruvian e-commerce:**

En el trabajo de investigación los autores abordan el impacto de un Balanced Scorecard (BSC) en el cumplimiento de los Key Performance Indicators (KPI) de un e-commerce. Entre las técnicas usadas, se encuentra el análisis documental y de observación. De los resultados obtenidos en esta evaluación cada KPI fue medido utilizando la técnica de la observación. No obstante, luego de hacer la evaluación de la incidencia de la implementación y de acuerdo con las fases de la metodología, los resultados obtenidos coinciden con la propuesta de estrategias en los KPI's de las cuatro perspectivas, en tal sentido que la herramienta del BSC no se basa únicamente en la perspectiva financiera, sino que es más amplia [31].

- **Inventory Planning and Management in the Automotive After-Sales Supply Chain:**

En el artículo los autores sostienen que las desatenciones son problemas producidos a la hora de realizar el servicio de mantenimiento de vehículos en una empresa, la cual representan el 40 % y el 50 % del total de servicios, lo que provoca una pérdida económica del 25 % con respecto a los ingresos esperados. El concepto es claro y este problema radica en la escasez de repuestos, ya que se producen roturas de *stock* debido a una inadecuada planificación y programación de los suministros. Por ello, se identificó como factor determinante, establecer una gestión eficiente de repuestos en el plano automotriz, lo cual es necesario para llevar a cabo las actividades de postventa, tales como; mantenimiento y reparaciones de vehículos, dado que estas generan un flujo de ingresos más constante. Mediante el flujo de los procesos con las variables definidas, es posible visualizar de forma paralela las

condiciones establecidas para poder reabastecerse de repuestos. Teniendo claro el problema, se plantearon dos modelos de propuesta, tanto para mantenimientos preventivos como correctivos, ya que el comportamiento de la demanda de los repuestos necesarios para dichas operaciones variaba. Finalmente, dicha investigación logró reducir costos y mejorar la capacidad de atención de vehículos a través de prácticas de planificación y gestión de inventarios eficientes [8].

- **Facility layout planning in dynamic environments: A literature review:**

Los autores abordan el problema de la distribución espacial en las plantas industriales, lo cual es considerado como uno de los aspectos de mayor importancia en el marco de las estrategias de operaciones empresariales. Al planificar distribuciones flexibles, se diseña una DP óptima para cada período de tal modo se logre minimizar los costos totales que representa el transporte de materiales y todo lo relacionado con la redistribución de las instalaciones. Sin duda estas han sido el tipo de distribución dinámica que con gran frecuencia han sido abordada en la literatura, según se establece en la última década (38 de 44 artículos, 86.36 %). Por otra parte, el enfoque de diseño robusto, también se considera como un único diseño de DP para todo el amplio sector de planificación con diferentes escenarios de demanda estocástica. Cabe resaltar que, este diseño único, se utiliza para cada período y, por lo tanto, no hay un costo de reorganización en este enfoque. Y bien, como resultado del presente análisis, se ha podido clasificar las DP dinámicas en distribuciones flexibles, cíclicas o robustas; seguido también de otros criterios relevantes como el tipo de problema; el enfoque y la fase de planeación; la cantidad de instalaciones; la cantidad de pisos; la consideración del espacio; la forma, dimensiones y, sobre todo, el área de los departamentos y la configuración para el manejo adecuado de los materiales que también fueron considerados [32].