

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“APLICACIÓN DE LEAN MANUFACTURING PARA
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA
EMPRESA METALMECÁNICA, LIMA 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Cristian Paul Bolimbo Palga

Asesor:

Mg. Ángelo Rubén Guevara Chávez

<https://orcid.org/0000-0001-7552-4384>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Rafael Ortiz Condori	41216564
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Erick Humberto Rabanal Chavez	42009981
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Jose Antonio Orellana Pardave	41264537
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

A Dios por cuidarme, darme las fuerzas y guiarme cada día.

A mi madre Marleni Palga Acosta por siempre confiar en mí, por enseñarme que nunca debo rendirme para lograr mis metas y anhelos, por su inmenso amor, por ser una persona siempre dispuesto a ayudar, por ser mi mayor motivación para salir adelante y poder tratar de darte todo lo mejor y sé que eso no se comparará con todo lo que has hecho por mí, madre hermosa

A mi padre Rubén por inculcarme los valores de manera estricta, los cuales me han ayudado a ser la persona que soy ahora y por retarme siempre para hacer las cosas.

A mis hermanos Carlos y Judith por su gran apoyo por comprenderme el a veces no poder compartir tiempo con ustedes y siempre motivándome que puedo lograrlo.

Bolimbo Palga, Cristian Paul

AGRADECIMIENTO

A mis profesores de la universidad que me acompañaron y apoyaron durante la trayectoria de la carrera universitaria.

A mi asesor de tesis, el profesor Angelo Guevara por su compromiso, apoyo y paciencia durante la ejecución del proyecto de investigación

Bolimbo Palga, Cristian Paul

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR.....	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE ECUACIONES	13
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	16
1.1. Realidad problemática	16
1.2. Antecedentes.....	17
1.2.1. Internacionales.....	17
1.2.2. Nacionales.....	20
1.3. Bases teóricas	23
1.3.1. Variable 1: Lean Manufacturing.....	23
1.3.2. Variable 2: Productividad.....	26
1.4. Síntomas, causas, pronósticos y control del pronóstico.	28
1.5. Formulación del problema.....	31
1.5.1. Problema General	31
1.5.2. Problemas Específicos.....	31
1.6. Objetivos.....	32
1.6.1. Objetivo general.....	32
1.6.2. Objetivos específicos.....	32
1.7. Hipótesis	32
1.7.1. Hipótesis general.....	32
1.7.2. Hipótesis específicas	32
1.8. Justificación	33
1.8.1. Justificación teórica.....	33
1.8.2. Justificación practica	33
1.8.3. Justificación metodológica.....	33
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	35
2.1. Tipo de Investigación	35

2.1.1.	Nivel de Investigación	35
2.1.2.	Diseño de Investigación	35
2.2.	Población y muestra.....	36
2.2.1.	Unidad de análisis	37
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	37
2.3.1.	OneDrive 365	38
2.3.2.	Software Microsoft Excel	38
2.3.3.	Diagrama de Pareto	39
2.3.4.	Software estadístico SPSS	39
2.3.5.	Sistema de 5 pasos de Fisher	39
2.4.	Análisis de datos y plantillas de trabajo	40
2.4.1.	Análisis de datos con estadística descriptiva	40
2.4.2.	Análisis de datos con estadística inferencial.....	41
2.4.3.	Plantilla para la variable Lean Manufacturing.....	42
2.4.4.	Plantilla para la variable Productividad.....	43
2.5.	Procedimiento.....	44
2.6.	Aspectos éticos	47
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....		48
CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		109
4.1.	Discusión	109
4.1.1.	Interpretación comparativa con los antecedentes de la investigación.....	109
4.1.2.	Limitaciones al estudio.....	110
4.1.3.	Implicancias.....	111
4.2.	Conclusiones.....	112
REFERENCIAS.....		114
ANEXOS		124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Productividad de Materia Prima y Mano de Obra Año 2021</i>	28
Tabla 2 <i>% Calidad de cada mes para la Pieza X</i>	29
Tabla 3 <i>Valor monetario de piezas defectuosas por mes</i>	30
Tabla 4 <i>Piezas de recuperación con espesor máximo de 60 mm</i>	36
Tabla 5 <i>Matriz de técnicas e instrumentos</i>	38
Tabla 6 <i>Fases ciclo PHVA</i>	45
Tabla 7 <i>Indicadores del proceso de recuperación de piezas X - situación inicial</i>	49
Tabla 8 <i>Indicadores de productividad pieza X - situación inicial</i>	50
Tabla 9 <i>Frecuencia de causas</i>	53
Tabla 10 <i>Herramienta de los 5 ¿Por qué? para la causa N°1</i>	54
Tabla 11 <i>Herramienta de los 5 ¿Por qué? para la causa N°2</i>	55
Tabla 12 <i>Herramienta de los 5 ¿Por qué? para la causa N°3</i>	55
Tabla 13 <i>Indicadores del proceso de recuperación de piezas X - situación final</i>	61
Tabla 14 <i>Indicadores de productividad pieza X - situación final</i>	63
Tabla 15 <i>Comparación de indicadores del proceso de recuperación de pieza tipo X antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	64
Tabla 16 <i>Lead Time de recuperación antes de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	66
Tabla 17 <i>Lead Time de recuperación después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	68
Tabla 18 <i>Variación % de lead time de recuperación una vez aplicado Lean Manufacturing</i>	69
Tabla 19 <i>Margen de ganancia antes de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	71
Tabla 20 <i>Margen de ganancia después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	72

Tabla 21 <i>Comparación de margen de ganancia (%) antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	74
Tabla 22 <i>Tasa de aceptación antes de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	76
Tabla 23 <i>Tasa de aceptación después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	77
Tabla 24 <i>Variación % tasa de aceptación una vez aplicado Lean Manufacturing</i>	78
Tabla 25 <i>Costos de la implementación</i>	81
Tabla 26 <i>Flujo neto por mes</i>	81
Tabla 27 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para las variables Lean Manufacturing y productividad antes y después de la aplicación</i>	84
Tabla 28 <i>Correlación de Pearson entre Lean Manufacturing y productividad antes de la aplicación</i>	87
Tabla 29 <i>Correlación de Pearson entre Lean Manufacturing y productividad después de la aplicación</i>	88
Tabla 30 <i>Prueba T - Student para la variable productividad antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	90
Tabla 31 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión tiempo antes y después de la aplicación</i>	91
Tabla 32 <i>Correlación de Pearson entre el tiempo y productividad antes de la aplicación</i>	93
Tabla 33 <i>Correlación de Pearson entre tiempo y productividad después de la aplicación</i>	93
Tabla 34 <i>Prueba T - Student para la sub-dimensión tiempo antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	95
Tabla 35 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión costo antes y después de la aplicación</i>	97

Tabla 36 <i>Correlación de Pearson entre costo y productividad antes de la aplicación</i>	99
Tabla 37 <i>Correlación de Pearson entre costo y productividad después de la aplicación</i>	99
Tabla 38 <i>Prueba T - Student para la sub-dimension costo antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	101
Tabla 39 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión calidad antes y después de la aplicación</i>	103
Tabla 40 <i>Correlación de Pearson entre calidad y productividad antes de la aplicación</i>	104
Tabla 41 <i>Correlación de Pearson entre calidad y productividad después de la aplicación</i> .	105
Tabla 42 <i>Prueba T - Student para la sub-dimension calidad antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Diseño Cuasiexperimental</i>	36
Figura 2. 5 pasos de Fisher	40
Figura 3 <i>Ciclo PHVA</i>	44
Figura 4 <i>Diagrama de Flujo - Procedimiento</i>	46
Figura 5 <i>Indicadores del proceso de recuperación de piezas X - situación inicial</i>	49
Figura 6 <i>Indicadores de productividad pieza X - situación inicial</i>	51
Figura 7 <i>Diagrama de Ishikawa</i>	52
Figura 8 <i>Diagrama de Pareto</i>	53
Figura 9 <i>VSM inicial</i>	56
Figura 10 <i>DAP inicial Recuperación Pieza X</i>	57
Figura 11 <i>VSM final</i>	59
Figura 12 <i>DAP final Recuperación Pieza X</i>	60
Figura 13	62
Figura 14 <i>Indicadores de productividad pieza X - situación final</i>	64
Figura 15 <i>Variación % de indicadores del proceso de recuperación de pieza tipo X antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	65
Figura 16.....	67
Figura 17 <i>Lead Time de recuperación después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	68
Figura 18 <i>Variación % de lead time de recuperación una vez aplicado Lean Manufacturing</i>	70
Figura 19 <i>Margen de ganancia antes de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	71
Figura 20 <i>Margen de ganancia después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	73

Figura 21 <i>Comparación de margen de ganancia (%) antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	75
Figura 22 <i>Tasa de aceptación antes de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	76
Figura 23 <i>Tasa de aceptación después de la aplicación de Lean Manufacturing</i>	78
Figura 24 <i>Variación % tasa de aceptación una vez aplicado Lean Manufacturing</i>	79
Figura 25 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la variable Lean Manufacturing situación inicial</i>	85
Figura 26 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la variable Lean Manufacturing situación final</i>	85
Figura 27 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la variable Productividad situación inicial</i>	86
Figura 28 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la variable Productividad situación final</i>	86
Figura 29 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión tiempo de recuperación - escenario inicial</i>	92
Figura 30 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para sub-dimensión lead time de recuperación - escenario final</i>	92
Figura 31 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión costo - escenario inicial</i>	97
Figura 32 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión costo - escenario final</i>	98
Figura 33 <i>Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión calidad - escenario inicial</i>	103

Figura 34 *Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión calidad - escenario final* 104

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Lead Time de recuperación</i>	24
Ecuación 2 <i>% Ganancia</i>	25
Ecuación 3 <i>% Tasa de aceptación</i>	25
Ecuación 4 <i>Productividad global</i>	27
Ecuación 5 <i>Costo de oportunidad</i>	80
Ecuación 6 <i>Valor Actual Neto</i>	80
Ecuación 7 <i>Tasa interna de Retorno</i>	82

RESUMEN

La presente tesis es realizada en una empresa metalmecánica, que tiene como actividad principal la reconstrucción y/o recuperación de piezas mecánicas para el sector de minería y construcción. En ese sentido el objetivo principal de la investigación es determinar el efecto de la aplicación de Lean Manufacturing en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

Primero se analizó el comportamiento de la productividad del año 2021, se explicó el tipo de investigación empleada, la población, la muestra y las técnicas e instrumentos para la recolección de datos que fueron; matriz de control de tiempos, matriz de costos por reprocesos y matriz de calidad. Luego, se procedió analizar las causas que generan una baja productividad donde se utilizó el diagrama de causa raíz y Pareto y clasificar las causas de mayor impacto. Se utilizó las herramientas del Lean Manufacturing como; el VSM, SMED y la estandarización de operaciones, donde se obtuvo como resultado que la aplicación de Lean Manufacturing tiene un efecto positivo en la productividad ($P = 0,000 < 0.05$).

Finalmente, esta investigación concluye que la aplicación de Lean Manufacturing influye positivamente en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022. Hecho que se pudo evidenciar científicamente con la prueba estadística T de Student con un 95% de confianza.

PALABRAS CLAVES: *Lean Manufacturing*, manufactura esbelta, productividad, metalmecánica.

ABSTRACT

This thesis is carried out in a metalworking company, whose main activity is the reconstruction and/or recovery of mechanical parts for the mining and construction sector. In this sense, the main objective of the research is to determine the effect of the application of Lean Manufacturing on productivity in a metalworking company, Lima 2022.

First, the behavior of the productivity of the year 2021 was analyzed, the type of research used, the population, the sample and the techniques and instruments for data collection were explained, time control matrix, rework cost matrix and quality matrix. Then, we proceeded to analyze the causes that generate low productivity where the root cause diagram and Pareto were used and classify the causes of greatest impact. Lean Manufacturing tools were used such as; the VSM, SMED and the standardization of operations, where it was obtained as a result that the application of Lean Manufacturing has a positive effect on productivity ($P = 0,000 < 0.05$).

Finally, this research concludes that the application of Lean Manufacturing positively influences productivity in a metalworking company, Lima 2021. This fact could be scientifically evidenced with the Student's T statistical test with 95% confidence

KEYWORDS: Lean manufacturing, productivity.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las empresas a nivel mundial compiten en mercados dinámicos donde el cambio es una constante, las preferencias de los clientes han cambiado, dando como resultado escenarios de mercados globales complejos y heterogéneos; en estos nuevos mercados altamente competitivos, el foco de las estrategias de los negocios está puesto en el cliente y sus necesidades (Piña, León y Preciado, 2018).

Ibarra y Ballesteros (2017) mencionan que el entorno industrial se ha caracterizado por la velocidad de cambios, la competitividad y la inestabilidad de la demanda, debido a las exigencias de los clientes son cada vez más estrictos. Asimismo, Cantú (2011) citado por Vargas, Muratalla y Jiménez (2018) mencionan que cada día es más complicado para las organizaciones ser competitivos, esto requiere un esfuerzo mayor porque los clientes desean un menor precio y tiempo de entrega sin perder el nivel de calidad.

Según Favela, Escobedo, Romero y Hernández (2019), las organizaciones industriales enfrentan el desafío de identificar e implementar nuevas técnicas y/o estrategias organizacionales que les permita competir en el mercado global. Las nuevas condiciones de competencia generan presión sobre las organizaciones impulsándolas a realizar las adecuaciones necesarias para mantener su competitividad y sostener sus niveles de rentabilidad (Piña, León y Preciado, 2018).

Según el IEES – SNI (2021) menciona que la industria metalmeccánica en el Perú participó con el 20% del PBI manufacturero en el año 2019, en el periodo enero y julio de 2021, la producción del sector metalmeccánico registro un crecimiento de 40.7% en comparación con el periodo del año anterior.

Sanz y Gisbert (2017) mencionan que la metodología Lean Manufacturing permite a las organizaciones ser más competitivos, la metodología tiene un gran impacto y es recomendada por varias empresas que han realizado la implementación.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Internacionales

Lluglla (2021) en su tesis de maestría titulada Manufactura esbelta para la optimización de la productividad en la línea de ensamble de puertas de refrigeración, siendo su objetivo general aplicar manufactura esbelta para la optimización de la productividad en la línea de ensamble de puertas de refrigeración. Se utilizaron las herramientas de balanceo de líneas (TOC), VSM y la estandarización de procesos, donde obtuvo como resultado; la reducción del tiempo en el cuello de botella en una 18.2% y mejorando el Throughput de 66 puertas ensambladas en 470 minutos de tiempo de operación efectiva a 76 puertas, lo que representa una optimización del 15.2%; de la igual forma, se plantea la estandarización del proceso como herramienta para la polivalencia y mejora en la curva de aprendizaje de los operadores y como soporte para el control de los KCC y KPC del proceso. Además, se modela las mejoras en Flexsim estableciendo las condiciones de simulación para 10 jornadas de ensamble; obteniendo un Throughput de 760 puertas con una utilización de 85 horas/hombre lo que representa una mejora del 30.2% en el redimiendo de la línea y una optimización de productividad del 43.5% con un indicador de 8.9 unidades/hora/hombre. Por último, concluyó que la manufactura esbelta permitió optimizar la productividad en la línea de ensamble de puertas de refrigeración.

Verdugo (2021) en su tesis de maestría titulada Propuesta para la implementación de herramientas Lean Manufacturing en una empresa fabricante de materiales de fricción para

sistemas de frenos, tiene como objetivo general elaborar una propuesta de implementación de herramientas de mejora continua para el incremento de la productividad en el proceso de fabricación de bandas de materiales de fricción para sistemas de frenos. La herramienta utilizadas fueron; Poka-yoke, 5S's, estandarización y celdas de manufactura, como resultado obtuvo, que las mejoras propuestas simuladas bajo el enfoque de procesos (simulación de eventos discretos) en tres escenarios en el software Flexsim, la combinación de la eliminación de la operación de rectificado final y la implementación de un sistema semiautomático para los centros de mecanizado de perforado, estas mejoras representarían una mayor eficiencia de producción (8,6 juegos/ operario hora) y un incremento de 38,4% a 47,6% de tiempo de valor agregado en perforado. Por último, concluyó que se implementó en la organización el cambio en el flujo del proceso de las referencias perforadas de banda pesada y se presentaron las mejoras en medidas de desempeño como juegos producidos e incremento de la eficiencia de la producción de la implementación de un sistema semiautomático de alimentación basado en la simulación de eventos discretos desarrollada en el software Flexsim.

Lema y Apupalo (2019) en su tesis titulado Implementación de un sistema de control y análisis de la producción en la empresa curtiembre Quisapincha aplicando las herramientas del Lean Manufacturing para incrementar la productividad, tiene como objetivo general implementar un sistema de control y análisis de la producción en la empresa curtiembre Quisapincha aplicando las herramientas del Lean Manufacturing para incrementar la productividad. Las herramientas utilizadas fueron; VSM, 5S, Kanban y TPM donde obtuvieron como resultado la reducción de 3958 minutos (8 días) el lead time, la productividad se elevó de 5.77 pieles/día a 8.33 pieles/día y en términos de costo se redujo de 62.51 \$/piel a 59.18 \$/piel. Por último, concluyó que la implementación de un sistema de

control y análisis de la producción en la empresa curtiembre Quisapincha aplicando las herramientas de Lean Manufacturing se logró incrementar la productividad.

Gaona y Ahumada (2018) en su tesis titulada Evaluación y mejora de la productividad en la empresa Impresos Proarli S.A.S a partir de la implementación de la metodología Lean Manufacturing, tiene como objetivo general aumentar la productividad de la empresa artes gráficas Impresos Proarli S.A.S a partir de la implementación de la metodología Lean Manufacturing. Las herramientas utilizadas fueron; 5S, estandarización, SMED, TPM y KAIZEN. Como resultado obtuvo que la implementación de las herramientas en el proceso de producción se aumenta el valor agregado de las operaciones de 70.4% a 74.90%, asimismo el tiempo de entrega de un pedido de 1000 unidades es de 12 días, lo cual hay una reducción de 7.7%, la eficiencia de los equipos aumentará a 68%. Por último, concluyeron que se mejoró la productividad en la empresa Impresos Proarli S.A.S a partir de la implementación de la metodología Lean Manufacturing.

Aguirre (2014) en su tesis de maestría titulada Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes, tiene como objetivo general analizar las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes con el fin de mejorar su productividad, medida en sus niveles de producción. Se utilizaron las herramientas TOC, Andon y TPM, los cuales fueron aplicados en una microempresa de dulces de leche. Como resultado obtuvo, que las herramientas aplicadas logran incrementar la productividad y estas tienen mayor impacto cuando son aplicadas en conjunto que cuando son aplicadas de manera independiente. Por último, concluyó que las herramientas de Lean Manufacturing incrementan la productividad y se logra la eliminación de desperdicios, registrando cómo la combinación de estas herramientas en los procesos

productivos resulta ser más significativa para la variable respuesta que realizar la aplicación de las herramientas de manera individual.

1.2.2. Nacionales

Vargas (2022) en su tesis de maestría titulada Aplicación de Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en el proceso de producción de adhesivos acuosos en una empresa manufacturera, tiene como objetivo general realizar cambios en la producción de adhesivos acuosos de la empresa Manufacturera para mejorar la productividad aplicando la metodología Lean Manufacturing. Se aplicaron las herramientas como 5'S y Kaizen, donde se obtuvo como resultado; con la implementación de las 5 S se logró mejorar las condiciones del área laboral, productividad, el orden y limpieza y con Kaizen se logró reducir el tiempo de fabricación del producto con mayor venta. Por último, concluyó que la aplicación del Lean Manufacturing, se comprobó el incremento de la productividad en el año 2019 respecto al año 2018, por medio de la prueba estadística ANOVA de un factor con el programa Minitab.

Castañeda y Pereda (2021) en su tesis titulada Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa manufacturera 2021, tiene como objetivo general, la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad de una empresa manufacturera 2021. Se utilizaron las herramientas 5'S, estudio de tiempo y QRM (Quick Response Manufacturing), donde obtuvo como resultado; un incremento de la productividad de materia prima en un 0.52% de cada rollo producido entre kilos utilizados, y un 0.38% de cada rollo producido, con relación al costo; obteniendo como resultado final 0.10319 rollos/kg de productividad en materia prima y 0.05378 en productividad económica. Por último, concluyó que la aplicación de herramientas Lean

Manufacturing genera una mejora en la productividad en una empresa manufacturera, lo cual fue verificado con la prueba estadística realizada en el software SPSS versión 22. (CV)

Vega y Llanqui (2022) en su tesis titulada Las herramientas Lean Manufacturing y el incremento de la productividad en la empresa Kian 2021, tiene como objetivo general conocer la herramienta Lean Manufacturing y su relación con la incrementación de la productividad en la empresa Kian 2021. Como instrumento de recolección de datos se utilizó la encuesta que fue aplicado a 50 trabajadores de la empresa. Como resultado obtuvieron que si existe una relación entre las herramientas Lean Manufacturing y la productividad con Rho de Spearman de 0.946, siendo considerado muy buena. Por último, concluyeron que las herramientas del Lean Manufacturing tienen una relación con la productividad en la empresa Kian.

Temoche (2019) en su tesis de maestría titulada Aplicación del modelo Lean Manufacturing a empresas de confección del parque industrial en el asentamiento humano de Huaycán, tiene como objetivo general determinar cuál es el impacto de la aplicación del Lean Manufacturing en las empresas de confección del parque industrial en el asentamiento humano Huaycán. Se utilizaron como herramientas 5'S, técnicas de calidad, JIT del Lean Manufacturing, donde obtuvo como resultado, reducir los desperdicios en la empresa Huaycán DYES S.A.C. Por último, concluyó que la aplicación de las principales herramientas del Lean Manufacturing, principalmente con lo relacionado a la herramienta 5'S, esta permitirá lograr una mejora en el clima de trabajo favoreciendo la productividad en el personal operativo como administrativo, logrando un trabajo integrado y en equipo. Asimismo, el "Just in time" como herramienta del Lean Manufacturing ayudó a mejorar los

niveles de stock y la distribución de la maquinaria en la planta optimizando los recursos minimizando los costes y reduciendo el tiempo de procesamiento.

Arroyo (2018) en su tesis titulada Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa metalmecánica, tiene como objetivo general mejorar el sistema de producción de una empresa metalmecánica, a través de la implementación del Lean Manufacturing. Se utilizaron herramientas como el SMED, JIT y estandarización de operaciones, dando se obtuvo como resultado; una reducción de 47% del setup de las paradas programadas en el proceso roll forming postes y perfiles, una reducción de 59% del tiempo de reproceso en el proceso de granallado y una reducción de 17% del tiempo de fabricación en el ciclo productivo generado por el incremento de la producción en un 25%. Por último, concluyó que la aplicación del Lean Manufacturing a través de su metodología e implementación de las herramientas, mejora el sistema de producción en las empresas productivas aplicadas generando un ahorro mensual de S/ 363.133,75.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Variable 1: Lean Manufacturing

Según Socconini (2019) define Lean Manufacturing como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de desperdicios o excesos, entendiéndose como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero involucra costo y trabajo; esta eliminación de desperdicios se realiza mediante la formación de equipos de trabajo de personas bien organizadas y capacitadas.

Hernández y Vizán (2013) mencionan que es una filosofía de trabajo, basada en las personas que define la forma de mejorar y optimizar el sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

Madariaga (2021) menciona que Lean Manufacturing es un modelo de organización y gestión del sistema de fabricación o producción (personas, materiales, máquinas y métodos) que persigue mejorar la calidad, el servicio y la eficiencia mediante la eliminación constante de los desperdicios.

Gutiérrez (2010) menciona que Lean Manufacturing o también conocido como manufactura esbelta se enfoca en el flujo de los procesos y en reducir la cantidad de actividades que no agregan valor y que impiden el flujo, lo contrario a un proceso esbelto es un proceso ineficiente u obeso donde no fluye el trabajo y hay tiempos de espera, atascos, altos inventarios, numerosas actividades que se hacen por rutina y tradición que no agregan valor al producto.

Ibarra y Ballesteros (2017) definen el Lean Manufacturing o también conocido como manufactura esbelta como una manera simple de mejorar las operaciones o actividades de

cualquier sistema de producción, es hacer más con menos y con menos esfuerzo (menos recursos), es un sistema integrado de principios y métodos, una filosofía de gestión de la organización que lleva a la perfección de todo sistema.

Dimensión 1: Tiempo de espera

Hernández y Vizán (2013) mencionan que el tiempo de espera es considerado un despilfarro o desperdicio en una empresa, el cual no agrega valor al producto y/o servicio, el tiempo de espera es el tiempo perdido de un trabajo o proceso ineficiente y esto se debe que el proceso no está bien definido, generando que operarios y/o piezas se encuentren parados.

Según Socconini (2019) menciona que el tiempo de espera se refiere; cuando un operario espera que la maquina termine el trabajo, cuando las maquinas tienen que esperar que el operario haga un ajuste, cuando se espere por herramientas y/o materiales, todo lo mencionado implica tiempo que no agrega valor al producto, siendo este un desperdicio común.

Lead Time de Fabricación

Según Madariaga (2021) indica que es el tiempo que transcurre desde la llegada al centro de operaciones o fábrica de la materia prima de un producto hasta que se encuentre culminado, es decir es el tiempo que el producto o pieza se emplea para su fabricación dentro de la organización o fabrica.

Ecuación 1

Lead Time de recuperación

$$\% \text{ Lead time de recuperación} = 1 - \frac{\text{Tiempo real} - \text{Tiempo estandar}}{\text{Tiempo estandar}} \times 100\%$$

Dimensión 2: Reproceso

Hernández y Vizan (2013) mencionan que este tipo de desperdicio es el que afecta en la productividad ya que incluye un trabajo extra o adicional que debe realizarse como consecuencia de no haber realizado el proceso adecuadamente en la primera ejecución, para esto se requiere que los procesos productivos cuenten con inspecciones más exigentes en tiempo real de modo que se eliminen los defectos en los procesos y minimizando el número de piezas que requieran una repetición de trabajos.

Según Socconini (2019) lo define como la pérdida de recursos utilizados para producir un producto o servicio defectuoso, donde se invirtieron; materiales, tiempo de la máquina y tiempo de una persona para realizar el trabajo que al final no sirvió para agregar valor al cliente.

Dentro de la dimensión reproceso se ha considerado 2 indicadores para su medición, el primer indicador es el % margen de ganancias dado que al ocurrir reprocesos el margen de ganancia se reduce. El segundo indicador es el % de aceptación o tasa de aceptación de las piezas X durante un mes.

Ecuación 2

% Ganancia

$$\% \text{ Margen de ganancia} = \frac{\text{Costo Venta} - \text{Costo Real}}{\text{Costo Venta}} \times 100\%$$

Ecuación 3

% Tasa de aceptación

$$\% \text{ Tasa de aceptación} = \frac{\text{Piezas aceptadas}}{\text{Total de piezas}} \times 100\%$$

1.3.2. Variable 2: Productividad

Chase (2018) define la productividad como una medida común para saber si un país, industria o unidad de negocios utiliza bien sus recursos (o también los factores de producción), en la gestión de operaciones se concentran en hacer el mejor uso posible de los recursos disponibles en una empresa u organización, lo cual resulta importante medir la productividad.

Fontalvo, De la Hoz y Morelos (2017) definen productividad de manera como se utilizan los recursos durante la elaboración de productos y servicios para satisfacer las necesidades de la sociedad, cuando se habla de productividad se refiere a algún proceso donde intervienen elementos y actividades para obtener un resultado y cuando hay mejoras estas se traducen; que con menos recursos o con los mismos, se pueden obtener los mismo o mayores resultados respectivamente.

Según Domínguez, Álvarez, Domínguez, García y Ruiz (1998) mencionan que la productividad es sin duda un indicador de la eficiencia, midiendo para un cierto periodo de tiempo, la relación entre la producción obtenida y la cantidad de factores empleados para obtenerla.

D' Alessio (2004) menciona que la productividad del proceso es una relación entre entradas y salidas o entre productos e insumos o entre beneficios y costos. Todo proceso es el conjunto de actividades que toman una entrada (insumos, costos) y la convierten en una salida (productos, beneficios) con un valor agregado, que es lo que dará ventajas competitivas a la empresa y lo diferenciará de otras organizaciones que producen lo mismo.

Según Nemur (2013) menciona que el propósito de la productividad es tener una magnitud sobre la eficiencia de elaboración con referente a cada recurso que será empleado

para el colaborador, el tiempo y el capital, sin embargo, solo se realizará en un tiempo específico, asimismo, busca alcanzar el mejor o mayor rendimiento empleando pocos recursos.

Ecuación 4

Productividad global

$$Productividad = \frac{Cantidad\ de\ productos}{Recursos\ utilizados}$$

Dimensión 1: Productividad de Materia Prima

Para el cálculo de productividad de materia prima se va a considerar como materia prima la cantidad utilizada en Kg del alambre Tafa 60T, el cual se emplea para la recuperación de medida de la pieza X.

Ecuación 5

% Productividad de Materia Prima

$$\% Productividad\ de\ materia\ prima = \frac{Productividad\ de\ MP\ obtenido}{Productividad\ de\ MP\ estandar} \times 100\%$$

Dimensión 2: Productividad de Mano de Obra

Para el cálculo de productividad de mano de obra se va a considerar las horas hombre que se invierte en la recuperación de medida de la pieza X.

Ecuación 6

% Productividad de Mano de Obra

$$\% Productividad\ de\ Mano\ de\ Obra = \frac{Productividad\ de\ MO\ obtenido}{Productividad\ de\ MO\ estandar} \times 100\%$$

1.4. Síntomas, causas, pronósticos y control del pronóstico.

En este contexto, el presente estudio se realizará en una empresa metalmeccánica situada en la ciudad de Lima, Perú; empresa dedicada al rubro de prestación de servicio de recuperación y reconstrucción en piezas mecánicas para el sector construcción y minero. El problema se presenta en la baja productividad de recuperación para la pieza X, donde se observa tiempos prolongados en la entrega de trabajos, reprocesos por trabajos defectuosos e incremento de costos operativos. Además, esto genera inconvenientes ya que al ocurrir reprocesos se debe detener otras piezas que están en proceso con el fin de atender lo más pronto posible los reprocesos.

Tabla 1

Productividad de Materia Prima y Mano de Obra Año 2021

Pieza X - Año 2021				
Mes	Productividad de materia prima (Unid/Kg -60T)	% Productividad de materia prima	Productividad de mano de obra (Unid/H-h)	% Productividad de mano de obra
Enero	0.263	55.6%	0.120	54.4%
Febrero	0.266	56.1%	0.121	55.0%
Marzo	0.269	56.7%	0.122	55.5%
Abril	0.259	54.5%	0.118	53.4%
Mayo	0.271	57.1%	0.124	55.9%
Junio	0.253	53.3%	0.115	52.2%
Julio	0.263	55.6%	0.120	54.4%
Agosto	0.256	54.0%	0.117	52.8%
Setiembre	0.266	56.1%	0.121	55.0%
Octubre	0.271	57.1%	0.124	55.9%
Noviembre	0.266	56.1%	0.121	55.0%

Diciembre	0.279	58.8%	0.127	57.6%
PROMEDIO	0.265	55.9%	0.121	54.8%

Nota: Elaboración propia

En la tabla 1, se observa la productividad de materia prima y la productividad de mano de obra para la pieza X en cada mes durante el año 2021, se considera solo el año 2021 ya que se ha tenido una demanda más estable en comparación al año 2020 debido a la pandemia. La productividad se muestra en valores porcentuales donde se compara el valor obtenido con el valor estándar. La productividad de materia prima estándar es 0.47 unid/kg-60T y la productividad de mano de obra estándar es de 0.22 unid/H-h, comparando con los valores obtenido se tiene un valor porcentual promedio de 55,9% y 54.8%, los cuales se encuentra por debajo de lo esperado, siendo considerado crítico.

Tabla 2

% Calidad de cada mes para la Pieza X

Año 2021			
Mes	Cantidad de piezas aceptadas	Cantidad total de piezas	Calidad
Enero	12	15	80.0 %
Febrero	13	16	81.3 %
Marzo	14	17	82.4 %
Abril	14	18	77.8 %
Mayo	15	18	83.3 %
Junio	12	16	75.0 %
Julio	12	15	80.0 %
Agosto	13	17	76.5 %
Setiembre	13	16	81.3 %
Octubre	15	18	81.3 %
Noviembre	13	16	81.3 %

Diciembre	13	15	86.7 %
Total	159	197	80.7 %

Nota: Elaboración propia

En la tabla 2 se observa la calidad expresada en porcentaje para la pieza X en cada mes durante el año 2021, el porcentaje promedio que se obtiene durante el año es de 80.7 %, debido que un total de 197 piezas X elaboradas solo se obtuvieron 159 piezas X correctamente en el primer intento, es decir sin reprocesos.

Tabla 3

Valor monetario de piezas defectuosas por mes

Año 2021		
Mes	Cantidad de piezas defectuosas	Piezas defectuosas Valor monetario
Enero	3	\$ 1,200.00
Febrero	3	\$ 1,200.00
Marzo	3	\$ 1,200.00
Abril	4	\$ 1,600.00
Mayo	3	\$ 1,200.00
Junio	4	\$ 1,600.00
Julio	3	\$ 1,200.00
Agosto	4	\$ 1,600.00
Setiembre	3	\$ 1,200.00
Octubre	3	\$ 1,200.00
Noviembre	3	\$ 1,200.00
Diciembre	2	\$ 800.00
Total	38	\$ 15,200.00

Nota: Elaboración propia

En la tabla 3, se tiene la cantidad de reprocesos por mes de la pieza X y también se tiene expresado en valor monetario la pérdida económica que genera estos reprocesos. Para el año 2021 se tuvo un total de 38 piezas defectuosas lo cual representa \$ 15,200 en pérdida económica para la empresa metalmecánica.

Tal situación obedece a la falta de estandarización de actividades, puesto que el personal que realiza la recuperación no tiene un procedimiento definido, no se cuenta con las herramientas adecuadas para la pieza X, no se realiza un análisis y planes de acción cuando ocurren los reprocesos.

De continuar con esta sintomatología, la empresa podría perder clientes ya que buscarían otras alternativas que cumplan con sus plazos de entrega. Una disminución de clientes generaría que la empresa pierda competitividad con sus similares y sobre todo una baja rentabilidad que no ayudaría a lograr con los objetivos de la organización.

La finalidad de la presente investigación es conocer que aspectos y/o herramientas del Lean Manufacturing ayuden a mejorar la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

1.5. Formulación del problema

1.5.1. Problema General

¿Cómo influye la aplicación de Lean Manufacturing en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022?

1.5.2. Problemas Específicos

¿Cómo influye la mejora del tiempo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022?

¿Cuál es influencia de la mejora de costos en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022?

¿Cómo influye la mejora de calidad en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de Lean Manufacturing en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

1.6.2. Objetivos específicos

Establecer el efecto de la mejora del tiempo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

Demostrar la influencia de la mejora del costo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

Establecer el efecto de mejora de la calidad en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis general

La aplicación de Lean Manufacturing influye positivamente en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

1.7.2. Hipótesis específicas

La mejora del tiempo tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

La mejora del costo influye positivamente en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

La mejora de calidad tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

1.8. Justificación

1.8.1. Justificación teórica

Es conveniente desarrollar el tema de investigación titulado aplicación de Lean Manufacturing para la mejora de productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022 porque no existe información considerable sobre la relación causal entre las dos variables en el contexto de la metalmecánica; así también, porque la filosofía Lean Manufacturing permite eliminar los desperdicios en una organización que no agregan valor al cliente y de esta contribuir positivamente en el cumplimiento de los objetivos en las organizaciones, la presente investigación aporta conocimiento respecto a la medición de desempeño del proceso productivo mediante indicadores con el fin de realizar planes de acción que permitan seguir mejorando, también se investigara como influye el Lean Manufacturing en la productividad que permitirá para empresas de metalmecánica similares.

1.8.2. Justificación practica

Porque permitirá resolver problemas prácticos de productividad en el sector de la metalmecánica, asimismo, es de utilidad para futuros casos que requieran entender la relación de las dos variables establecidas.

1.8.3. Justificación metodológica

Porque mediante la aplicación de conceptos de la metodología de la investigación y herramientas de la Ingeniería Industrial propone contribuir al conocimiento académico.

Asimismo, el estudio aportará conocimientos que permitirá a otras compañías similares tener como referencia válida y confiable, para la toma de decisiones.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

Clasificando el tipo de investigación por su finalidad, la presente investigación pertenece al tipo de investigación aplicada, porque a partir de los conocimientos previos que tiene el investigador se va a plantear estrategias para la solución de un problema concreto y el beneficio podrá ayudar a un grupo de individuos o comunidades mediante la práctica de una técnica particular (Garay, Cárdenas y Flores, 2021). El enfoque de la investigación es cuantitativo porque se realiza la recolección de datos para analizarlos y evaluarlos con el fin de probar la hipótesis establecida (Sampieri, 2014).

2.1.1. Nivel de Investigación

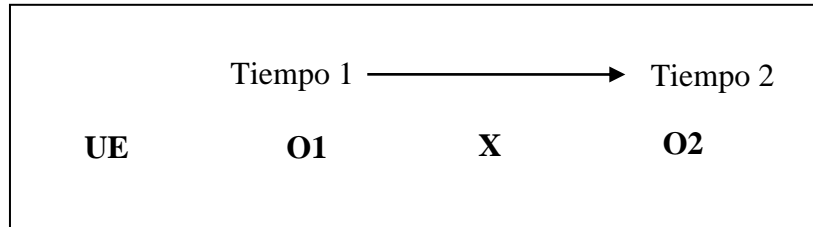
La presente investigación es de nivel explicativa, ya que pretende establecer la causa de los eventos que se estudian, también busca explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o porque se relacionan dos o más variables (Garay et al, 2021).

2.1.2. Diseño de Investigación

Por otro lado, el diseño de la investigación es cuasiexperimental, ya que se tiene la unidad de estudio definido que es el proceso de recuperación de la pieza X donde se aplicara el estímulo (Garay et al, 2021). Asimismo, es longitudinal, presentando el siguiente esquema (ver figura 1) en el cual se basa una medición de la variable dependiente en tiempo 1 y luego de aplicar un estímulo se realizó otra medición en un tiempo 2.

Figura 1

Diseño Cuasiexperimental



Fuente: Elaboración propia

UE: Unidad de estudio

O1: Medición en tiempo 1, de variable dependiente

O2: Medición en tiempo 2, de variable dependiente

X: Tratamiento, estímulo o condición experimental

2.2. Población y muestra

La población para el presente estudio serán todos los tipos de piezas que se realiza trabajos de recuperación que tienen un espesor máximo de 60 mm. La población fue obtenida de una base de datos acerca de todas las piezas reconstruidas en todo el año 2021, donde se seleccionó las que tiene menor o igual espesor de 60 mm

Tabla 4

Piezas de recuperación con espesor máximo de 60 mm

Ítem	Tipo de pieza	Espesor (mm)
1	Pieza X	35
2	Pieza Z	45
3	Pieza A	60
4	Pieza W	55
5	Pieza G	60
6	Pieza T	55
7	Pieza C	60

8	Pieza J	48
---	---------	----

Nota: Elaboración propia

En la tabla 4 se muestra los 8 tipos de piezas que tiene un espesor menor o igual a 60 mm, al tener un menor espesor, estas tienen una tendencia a deformarse debido al incremento de temperatura que se genera por la aplicación del material de aporte durante la reconstrucción.

La muestra para el presente estudio es la pieza X, que tiene el menor espesor siendo de 35 mm, esta muestra es no probabilística, donde se tomó una muestra intencional; debido a que se contaba con información relevante como la baja productividad que presenta las piezas X.

2.2.1. Unidad de análisis

Para la presente investigación la unidad de análisis es el proceso de recuperación de la pieza X.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La técnica que se emplea es la observación y los instrumentos son la matriz de reportes de la empresa metalmecánica (ver Anexo N°3 y 4), de esta forma nos permitirá medir cada indicador establecido con el fin de llegar a los objetivos que se han planteado en la investigación.

Tabla 5

Matriz de técnicas e instrumentos

Problema específico	Indicador	Técnica	Instrumento	Fuente
¿Cómo influye la mejora del tiempo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022?	Lead Time	Observación	Matriz de control	Operaciones (taller de recuperaciones)
¿Cuál es influencia de la mejora de costos en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022?	Costos operativos	Observación	Matriz de Costos	Operaciones (taller de recuperaciones)
¿Cómo influye la mejora de calidad en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022?	Tasa de aceptación	Observación	Matriz de Calidad	Operaciones (taller de recuperaciones)

Nota: Elaboración propia

2.3.1. OneDrive 365

El OneDrive es el servicio de la nube de Microsoft que conecta con todos los archivos. Te permite almacenar y proteger tus archivos, compartirlo con otros usuarios y acceder a la información desde cualquier lugar. Para la presente investigación se utilizará la base de datos donde se registra los tiempos, consumos de material y cantidad de reprocesos para cada tipo de pieza que se realiza la reconstrucción y/o recuperación.

2.3.2. Software Microsoft Excel

El software Microsoft Excel es un programa de hoja de cálculo, es considerado una herramienta avanzada de análisis de visualización de datos. Para la presente investigación el

software Microsoft Excel nos permitió visualizar los datos de las hojas de trabajo representados por medio de tablas y gráficos

2.3.3. Diagrama de Pareto

Es una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones ya que permite evaluar mediante la regla 80/20 el nivel de prioridad de las acciones a realizar con el fin de llegar a los resultados esperados. Para la presente investigación se utiliza el diagrama de Pareto para dar prioridad y atacar las causas que generan una baja productividad.

2.3.4. Software estadístico SPSS

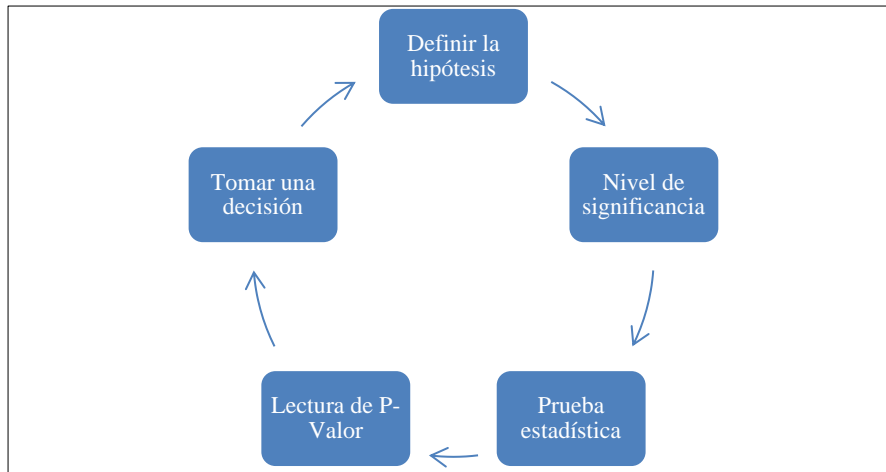
El software estadístico SPSS versión 25 es una herramienta informática para el análisis estadístico de todo tipo de datos. Para la presente investigación el software estadístico SPSS permitió analizar y presentar los resultados con estadística inferencial aplicando las pruebas de normalidad, correlación de Pearson y T de student.

2.3.5. Sistema de 5 pasos de Fisher

El sistema de Fisher es un procedimiento conocido como el ritual de la significancia estadística y consta de 5 pasos (ver figura 2), donde inicia con definir la hipótesis, luego el nivel de significancia, seguido de las pruebas estadísticas, además, la lectura del p-valor y finalmente tomar una decisión, siendo todas las etapas importantes para la investigación, ya que nos permitió probar la hipótesis planteada entre el Lean Manufacturing y la productividad.

Figura 2.

5 pasos de Fisher



Nota: Elaboración propia

2.4. Análisis de datos y plantillas de trabajo

En la presente investigación, el análisis cuantitativo de los datos se realizó en dos etapas, siendo establecidas por el investigador con la finalidad de probar las hipótesis estadísticas planteadas. En la primera etapa se analizó los objetivos con la estadística descriptiva y en la segunda etapa se analizó las hipótesis con la estadística inferencial.

2.4.1. Análisis de datos con estadística descriptiva

En la presenta etapa se realizó el análisis estadístico descriptivo del objetivo general y los objetivos específicos 1, 2 y 3. Este proceso se ejecutó en las operaciones metalmecánica, donde se tomó las mediciones durante 12 meses para cada año 2021 y 2022. Se opta realizar la medición mensual con el fin de tener un mayor número de piezas X trabajadas y/o recuperadas.

- Se ejecuta la descarga de la base de datos del OneDrive en formato del software Microsoft Excel y se procede analizar las variables y dimensiones, en primera instancia será las dimensiones de Lean Manufacturing seguido de la productividad. Se procede a utilizar la herramienta diagrama de Pareto para poder priorizar las causas que impactan en una baja productividad de la pieza X.
- Se procede a evidenciar el detalle de los hallazgos y las mediciones de los principales indicadores y porcentajes obtenidos en tablas y gráficos de las variables y dimensiones del Lean Manufacturing y productividad.

2.4.2. Análisis de datos con estadística inferencial

En la presenta etapa para la contratación de hipótesis, se realizó el análisis estadístico inferencial a las variables y dimensiones, donde se inicia con la hipótesis general, seguido de las hipótesis específicas 1, 2 y 3.

- Se toma los resultados finales del análisis estadístico descriptivo y luego con el uso del software estadístico SPSS versión 25 poder aplicar las pruebas estadísticas, estableciendo a criterio del investigador un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia del 5%.
- En el desarrollo, se carga los datos obtenidos uno a uno nombrando las variables de investigación y sus dimensiones. Primero se realizó la prueba de normalidad y como se obtiene datos menores a 50, se utilizó el test de Shapiro Wilk, el resultado de esta prueba nos indicará si nuestros datos registrados presentan una distribución normal, si el P valor es menor a 0.05 quiere decir que los datos registrados no presentan una distribución normal, pero si el P valor es mayor a 0.05 entonces los datos registrados presentan una distribución normal.

- Segundo, una vez realizado la prueba de normalidad se procede a realizar la prueba estadística de correlación de Pearson (datos paramétricos) o Spearman (datos no paramétricos), con el fin de saber la relación entre las variables. Para la interpretación de los rangos de correlación se considera muy baja cuando el r es mayor que cero y menor igual que 0.2, se considera baja cuando el r es mayor que 0.2 y menor igual que 0.4, se considera moderada cuando r es mayor que 0.4 y menor igual que 0.6, se considera buena cuando el r es mayor que 0.6 y menor igual que 0.8 y se considera muy buena cuando el r es mayor que 0.8 y menor igual que 1.
- Por último, se realiza la prueba T de Student, donde se compara la situación inicial con la situación final y saber si hay un cambio significativo, la prueba específica a emplear es la T de Student para una muestra, donde el rango seleccionado será la diferencia entre el después y el antes de la variable a analizar y de esta forma se determina si hay un efecto positivo o negativo.

2.4.3. Plantilla para la variable Lean Manufacturing

Plantilla diseñada por el investigador para el Lean Manufacturing (ver anexo 3), en principio se detalla la fecha, siendo para nuestro estudio cada mes, donde se obtiene la cantidad total de piezas X recuperadas y se cuenta con una mejor información para la medición de cada dimensión.

Para la subdimensión calidad su calculo se va a realizar de la siguiente manera; piezas aceptadas entre total de piezas realizadas en el mes, el resultado será llamado tasa de aceptación expresado de manera porcentual. Para el subdimensión costo, se va a calcular el valor venta de acuerdo a la cantidad de piezas X que se realizan en el mes, luego se procede a calcular el costo real (operativo) con el fin de obtener el margen de ganancia, siendo el costo

venta menos el costo real, dicho resultado se compara con el valor venta y de esta manera se obtiene el margen de ganancia en valores porcentuales.

Para la subdimensión tiempo, se completa la columna tiempo estándar donde se coloca el tiempo ideal que debería tomar la recuperación de las piezas X, el tiempo estándar inicial de recuperación es de 6.94 horas, su calculo es; cantidad de piezas X realizadas multiplicado por la cantidad de horas unitarias. Luego se coloca la información real en la columna que tiene por nombre tiempo real, en este caso se considera el tiempo real para la recuperación de la pieza X y se agrega el tiempo empleado por los reprocesos que se generaron para poder generar la cantidad final mensual a facturar. Luego se procede a calcular el lead time de recuperación en valores porcentuales donde es; la unidad menos la variación de tiempo. La variación de tiempo se calcula restando el tiempo real con el estándar y todo ello entre el tiempo estándar.

2.4.4. Plantilla para la variable Productividad

Plantilla diseñada por el investigador para la productividad (ver anexo 3), en principio se detalla la fecha, siendo para nuestro estudio cada mes, donde se obtiene la cantidad total de piezas X recuperadas y se cuenta con una mejor información para la medición de cada dimensión.

Para la subdimensión productividad de materia prima, en una columna se va a colocar la cantidad de piezas X recuperadas para venta o facturación, en la siguiente columna se va a colocar la cantidad de materia prima (alambre) en kg que fueron utilizados en el mes para la recuperación de las piezas X, Luego se procede a calcular la productividad siendo; unidades producidas de materia prima entre cantidad de materia prima, dicho resultado se compara con

el valor estándar establecido siendo 0.47 unid/kg-60T y de esta manera se obtiene el resultado en valor porcentual

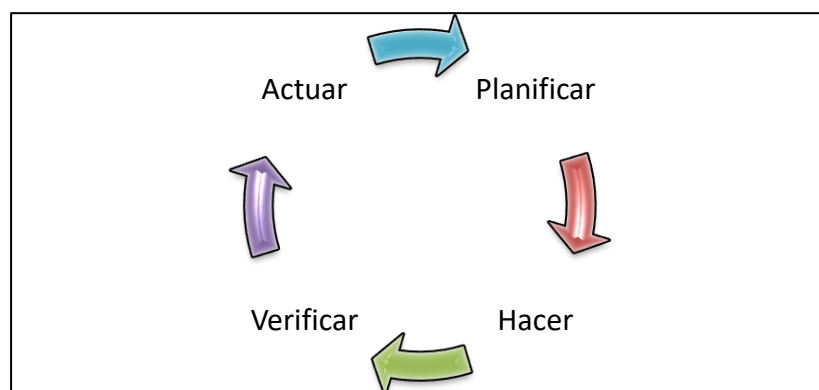
Para la subdimensión productividad de mano de obra, en una columna se va a colocar la cantidad de piezas X recuperadas para venta o facturación, en la siguiente columna se va a colocar la cantidad de horas hombre total en el mes para la recuperación de las piezas X, Luego se procede a calcular la productividad de mano de obra siendo; unidades producidas entre cantidad de horas hombre, dicho resultado se compara con el valor estándar establecido siendo 0.22 unid/H-h y de esta manera se obtiene el resultado en valor porcentual

2.5. Procedimiento

Los procedimientos enmarcados para el logro de los objetivos están en coherencia al método del ciclo de Deming y en cada fase se presentan nuestro procedimiento. Gutiérrez (2010) menciona que el ciclo Deming o también conocido como ciclo PHVA es un método de mejora continua para todo tipo de organizaciones que quieran hacer un cambio en sus diferentes procesos. Este proceso consta de 4 fases los cuales son: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar.

Figura 3

Ciclo PHVA



Nota: Elaboración propia

Tabla 6

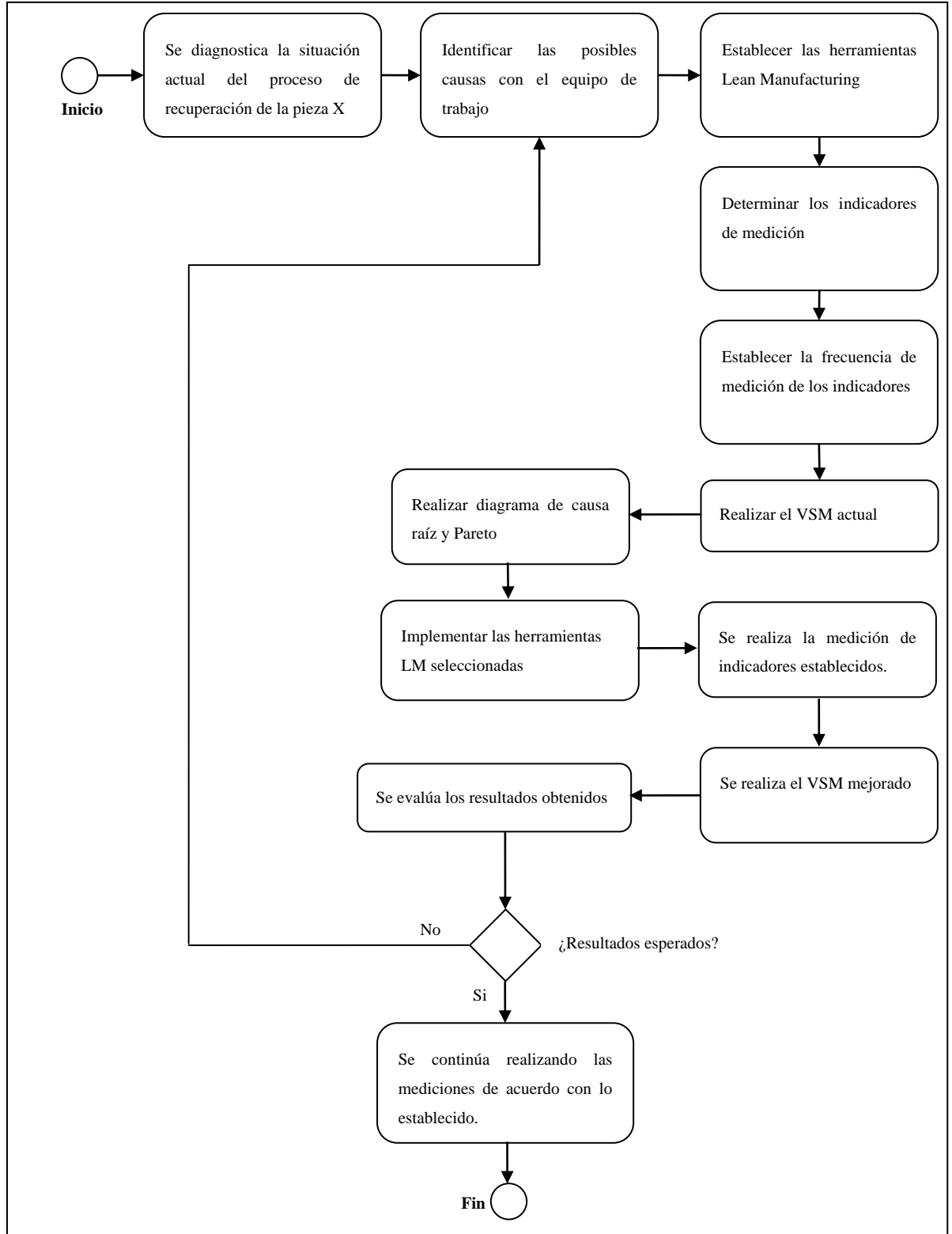
Fases ciclo PHVA

Fases	Actividades
PLANIFICAR	Se diagnostica la situación actual del proceso de recuperación de piezas X
	Identificar las posibles causas
	Establecer las herramientas Lean Manufacturing
	Determinar los indicadores de medición
HACER	Establecer la frecuencia de medición de indicadores
	Realizar el VSM actual
	Realizar diagrama de causa raíz
VERIFICAR	Implementar las herramientas LM seleccionadas
	Se realiza la medición de indicadores establecidos
ACTUAR	Se realiza el VSM mejorado
	Se evalúa los resultados obtenidos y en caso de no cumplir con lo esperado o tener valores irreales se procede a realizar planes de corrección y realizar la medición nuevamente. Una vez que los resultados son los correctos se vuelve a realizar las mediciones y se completa la matriz de indicadores.

Nota: Elaboración propia

Figura 4

Diagrama de Flujo - Procedimiento



Nota: Elaboración propia

2.6. Aspectos éticos

El autor para la presente investigación se compromete en el manejo de los datos utilizados, los cuales están ordenados y sin manipulación. Respecto a las citas y referencias que se han empleado, estos fueron previamente verificados con el fin de mostrar información enriquecedora para la investigación.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos del levantamiento de información a través de la aplicación del método de observación, análisis de datos. Como primera parte del presente capítulo, se ordenó la base de datos en el programa Microsoft Excel con la finalidad de realizar un análisis descriptivo de acuerdo con los objetivos planteados. En la segunda parte del capítulo se va a realizar pruebas estadísticas con el programa SPSS versión 25.

Objetivo General

Determinar el efecto de la aplicación de Lean Manufacturing en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

Escenario inicial: antes de la aplicación de Lean Manufacturing

Se analiza la situación inicial del proceso de recuperación de las piezas X, la medición fue realizado en un tiempo de 12 meses, en la siguiente tabla 7 se muestra los indicadores que se han establecido para la medición de la variable Lean Manufacturing entre ellas son; calidad, costo y tiempo. Los resultados se muestran en valores porcentuales para una mejor interpretación.

Tabla 7

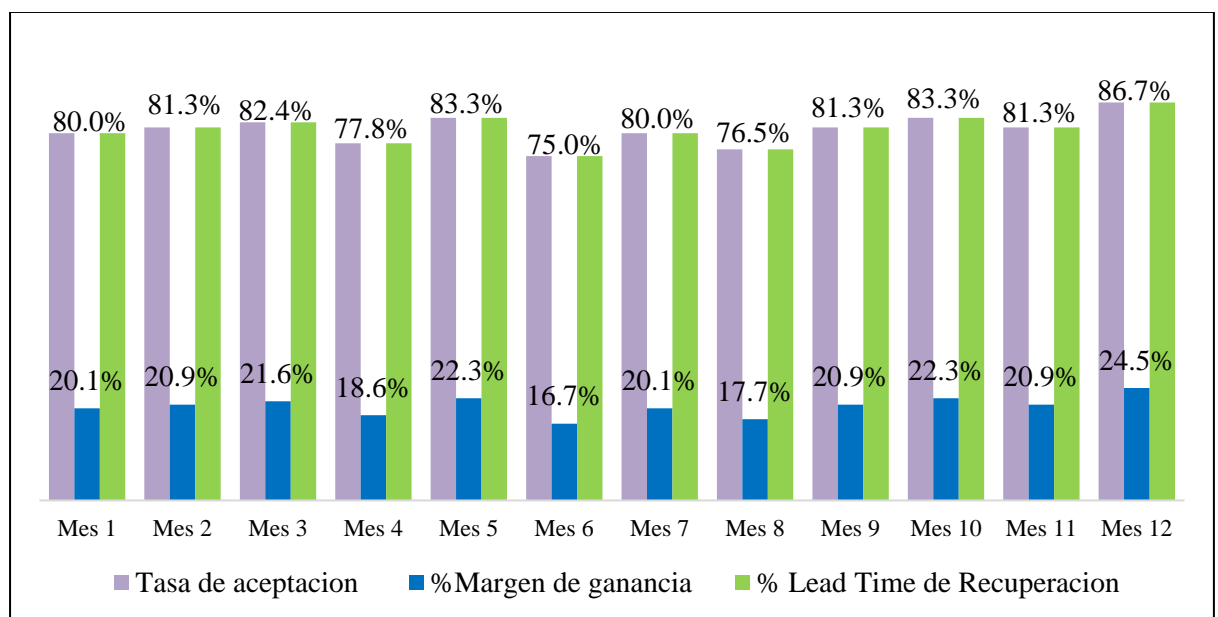
Indicadores del proceso de recuperación de piezas X - situación inicial

Mes	Calidad			Costo				Tiempo		
	Piezas aceptadas (unid)	Total de piezas (unid)	Tasa de aceptación (%)	Valor Venta (\$)	Costo real (\$)	Margen (\$)	%Margen de ganancia	Tiempo estándar (horas)	Tiempo Real (horas)	% Lead Time de recuperación
Mes 1	12	15	80.0%	22,500	17,988	4,512	20.1%	104.1	124.92	80.0%
Mes 2	13	16	81.3%	24,000	18,988	5,012	20.9%	111.04	131.86	81.3%
Mes 3	14	17	82.4%	25,500	19,987	5,513	21.6%	117.98	138.8	82.4%
Mes 4	14	18	77.8%	27,000	21,986	5,014	18.6%	124.92	152.68	77.8%
Mes 5	15	18	83.3%	27,000	20,987	6,013	22.3%	124.92	145.74	83.3%
Mes 6	12	16	75.0%	24,000	19,987	4,013	16.7%	111.04	138.8	75.0%
Mes 7	12	15	80.0%	22,500	17,988	4,512	20.1%	104.1	124.92	80.0%
Mes 8	13	17	76.5%	25,500	20,987	4,513	17.7%	117.98	145.74	76.5%
Mes 9	13	16	81.3%	24,000	18,988	5,012	20.9%	111.04	131.86	81.3%
Mes 10	15	18	83.3%	27,000	20,987	6,013	22.3%	124.92	145.74	83.3%
Mes 11	13	16	81.3%	24,000	18,988	5,012	20.9%	111.04	131.86	81.3%
Mes 12	13	15	86.7%	22,500	16,989	5,511	24.5%	104.1	117.98	86.7%

Nota: Elaboración propia

Figura 5

Indicadores del proceso de recuperación de piezas X - situación inicial



Nota: Elaboración propia

En la tabla 7 y figura 4 se observa los indicadores considerados en la situación inicial, es decir antes que se apliquen las herramientas de Lean Manufacturing y se observa que los indicadores como; tasa de aceptación (calidad) y % lead time de recuperación (tiempo) tienen como valor más bajo en el mes 6 con 75 % y el valor más alto en el mes 12 con 86.7%. El indicador margen de ganancia (costo) muestra un valor mínimo de 16.7 % en el mes 6, mientras que el valor de 24.5% es el más alto en el mes 12.

Los síntomas que se mencionaron anteriormente respecto al proceso de recuperación de las piezas X se ven reflejados en los bajos resultados que se obtuvieron en los indicadores planteados, como consecuencia esto afecta directamente con la productividad de las piezas tipo X. Para medir la productividad de la pieza tipo X, en la empresa metalmecánica se han considerado dos indicadores los cuales son; productividad de materia prima y productividad de mano de obra.

Tabla 8

Indicadores de productividad pieza X - situación inicial

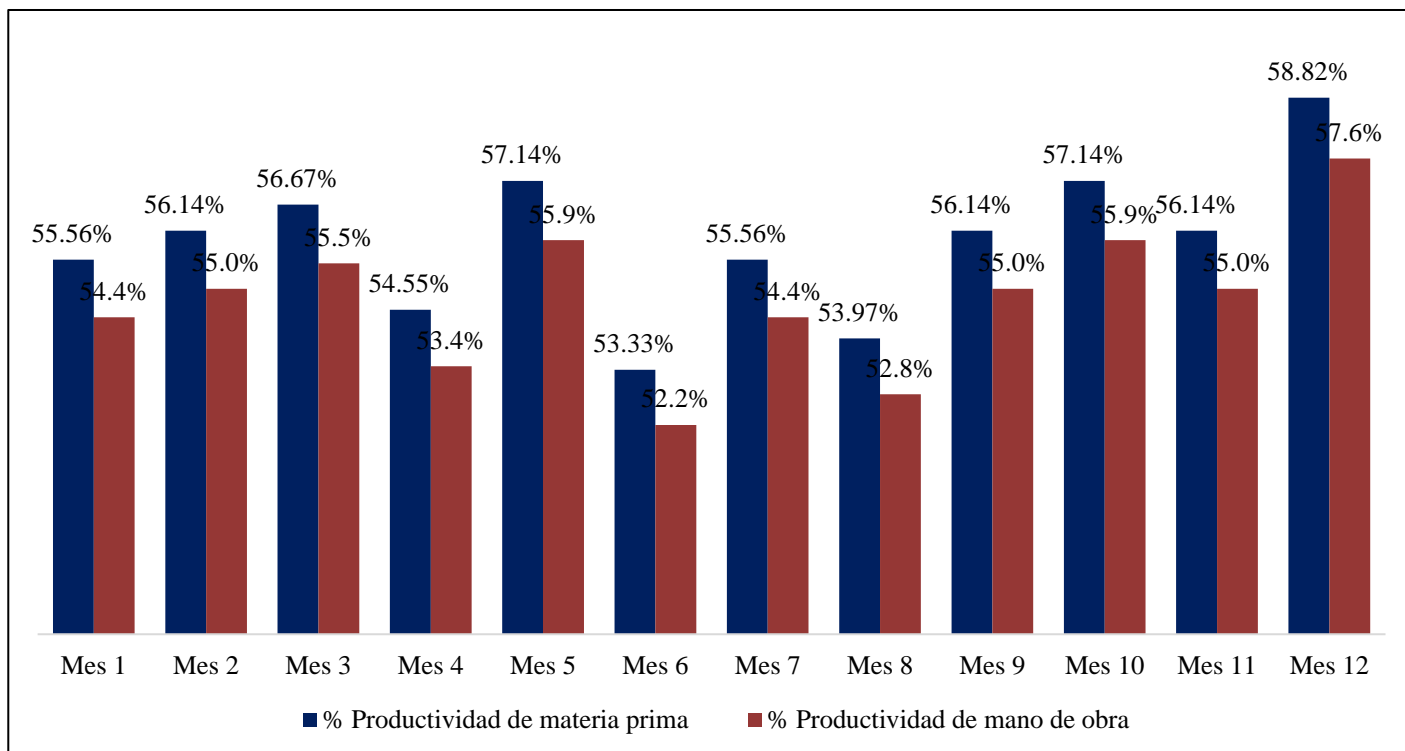
Mes	Productividad de Materia Prima				Productividad de Mano de obra			
	Cantidad de alambre utilizado (kg)	Unidades producidas	Productividad de materia prima (unid/kg)	% Productividad de materia prima	Horas empleadas	Unidades producidas	Productividad de mano de obra	% Productividad de mano de obra
Mes 1	56.94	15	0.263	55.56%	124.9	15	0.120	54.4%
Mes 2	60.10	16	0.266	56.14%	131.9	16	0.121	55.0%
Mes 3	63.26	17	0.269	56.67%	138.8	17	0.122	55.5%
Mes 4	69.59	18	0.259	54.55%	152.7	18	0.118	53.4%
Mes 5	66.43	18	0.271	57.14%	145.7	18	0.124	55.9%
Mes 6	63.26	16	0.253	53.33%	138.8	16	0.115	52.2%
Mes 7	56.94	15	0.263	55.56%	124.9	15	0.120	54.4%
Mes 8	66.43	17	0.256	53.97%	145.7	17	0.117	52.8%
Mes 9	60.10	16	0.266	56.14%	131.9	16	0.121	55.0%
Mes 10	66.43	18	0.271	57.14%	145.7	18	0.124	55.9%
Mes 11	60.10	16	0.266	56.14%	131.9	16	0.121	55.0%

Mes 12	53.77	15	0.279	58.82%	118.0	15	0.127	57.6%
--------	-------	----	-------	---------------	-------	----	-------	--------------

Nota: Elaboración propia

Figura 6

Indicadores de productividad pieza X - situación inicial



Nota: Elaboración propia

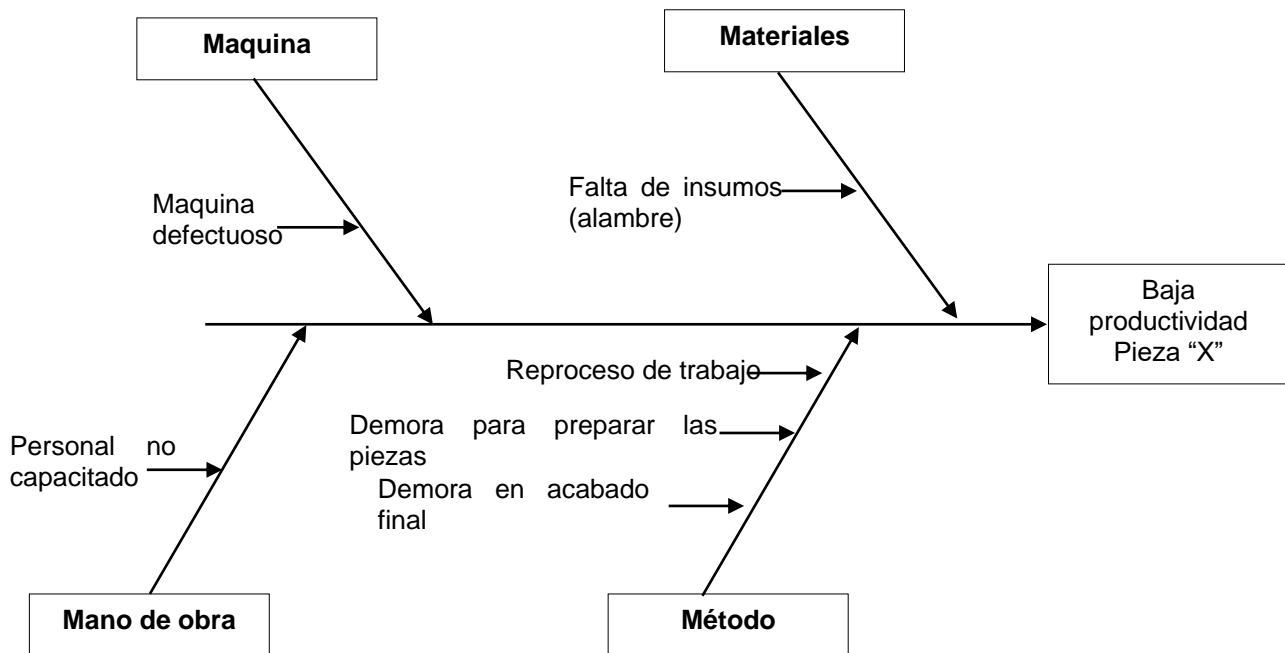
En la tabla 8 y figura 6 se muestran los indicadores de productividad donde se está considerando la productividad de materia prima y la productividad de mano de obra para el proceso de recuperación de la pieza X. La productividad de materia prima estándar es 0.47 unid/kg-60T y la productividad de mano de obra estándar es de 0.22 unid/H-h, de acuerdo con los resultados obtenidos, los valores más bajo de productividad ocurren en el mes 6 con 53.33% y 52.2% y los valores más alto en el mes 12 con 58.8% y 57.6%, sin embargo, hay que mencionar que estas cifras se encuentran por debajo de lo esperado, considerado como **crítico**.

Aplicación de las herramientas de diagnostico

De acuerdo con los resultados obtenidos de los indicadores establecidos, los cuales se encuentran por debajo de lo esperado para el proceso de recuperación de las piezas “X”, se procedió a revisar las causas que generan la baja productividad para las piezas “X”, para ello se involucró al personal técnico de mayor experiencia y de esta manera participar juntamente con las herramientas de análisis de causa raíz.

Figura 7

Diagrama de Ishikawa



Nota: Elaboración propia

Tabla 9

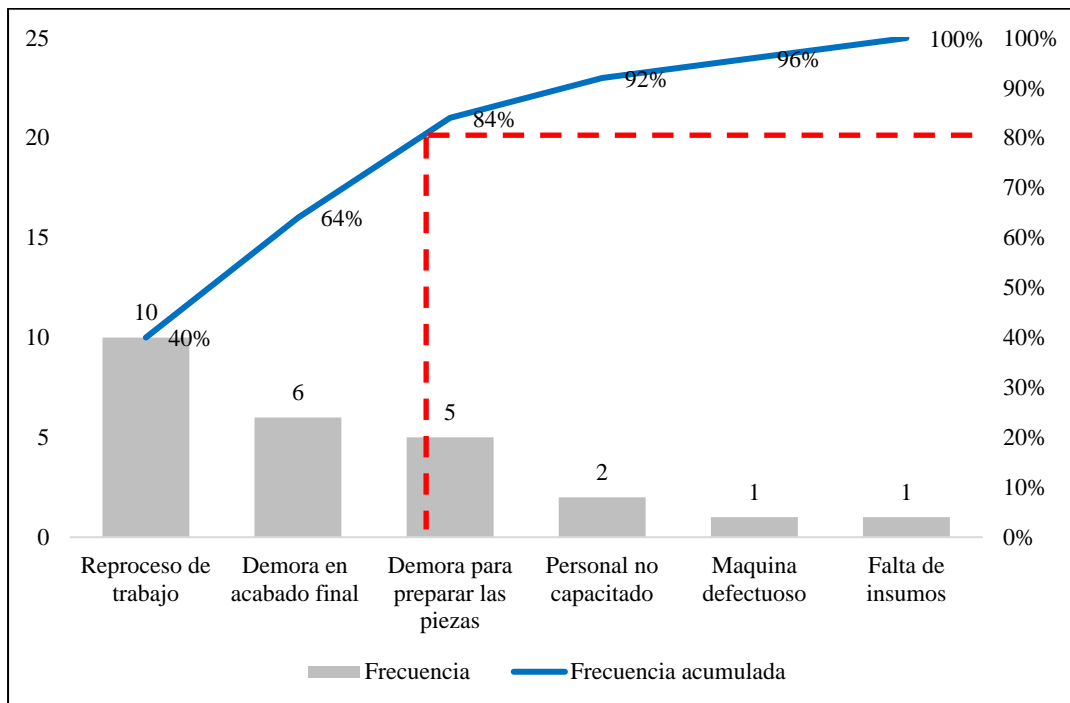
Frecuencia de causas

Causas	Frecuencia	Frecuencia acumulada
Reproceso de trabajo	10	40%
Demora en acabado final	6	64%
Demora para preparar las piezas	5	84%
Personal no capacitado	2	92%
Maquina defectuoso	1	96%
Falta de insumos	1	100%
Total	25	

Nota: Elaboración propia

Figura 8

Diagrama de Pareto



Nota: Elaboración propia

En la tabla 9 se muestra la frecuencia de cada causa que genera una baja productividad, entre ellas tenemos: Reproceso de trabajo, demora en acabado final, demora para preparar las piezas, personal no capacitado, maquina defectuoso y falta de insumos. Se procede a realizar el diagrama de Pareto, en la figura 8 se observa que las causas que generan mayor impacto en la baja productividad de piezas X son: reproceso de trabajo, demora en acabado final y demora para preparar las piezas, para la presente investigación nos enfocaremos en encontrar la correcta solución a las 3 causas principales aplicando las herramientas de Lean Manufacturing y de esta forma mejorar la productividad

Tabla 10

Herramienta de los 5 ¿Por qué? para la causa N°1

Problema	¿Por qué? 1	¿Por qué? 2	¿Por qué? 3	¿Por qué? 4	¿Por qué? 5	Resultado
					¿Por qué no se	
	¿Por qué	¿Por qué no		¿Por qué no	tiene	
	ocurre los	se cumple	¿Por qué la	se controla la	parámetros	Se tiene que
	reprocesos de	con el	pieza se	temperatura?	establecidos	realizar un
	trabajo en la	estándar de	encuentra		durante el	procedimiento
Reproceso de	pieza X?	dimensiones?	ovalado y/o	Porque no se	proceso de	donde se defina
trabajo de			deformado?	tiene	recuperación?	los parámetros
recuperación				parámetros		de temperatura
pieza X	Porque la	Porque la	Porque no se	establecidos	Porque no se	durante la
	pieza no	pieza se	controla la	durante el	cuenta con	recuperación de
	cumple con el	encuentra	temperatura	proceso de	procedimiento	la pieza X
	estándar de	ovalado y/o		recuperación	definido para la	
	dimensiones	deformado			recuperación	

Nota: Elaboración propia

Tabla 11

Herramienta de los 5 ¿Por qué? para la causa N°2

Problema	¿Por qué? 1	¿Por qué? 2	¿Por qué? 3	¿Por qué? 4	¿Por qué? 5	Resultado
Demora en el acabado final	¿Por qué ocurre la demora en el acabado final? Porque hay un exceso de material que se debe retirar	¿Por qué hay un exceso de material que se debe retirar? Porque no hay un control de cantidad material	¿Por qué no hay un control de cantidad material? Porque no se tiene una cantidad definida para el proceso de recuperación	¿Por qué no se tiene una cantidad definida para el proceso de recuperación? Porque no se ha analizado la cantidad máxima que se debe colocar	¿Por qué no se ha analizado la cantidad máxima que se debe colocar? Porque no se ha elaborado un procedimiento a detalle de la cantidad de material durante la recuperación	Se tiene que realizar un análisis del proceso de recuperación y definir un procedimiento donde indique los controles y la cantidad máxima de alambre

Nota: Elaboración propia

Tabla 12

Herramienta de los 5 ¿Por qué? para la causa N°3

Problema	¿Por qué? 1	¿Por qué? 2	¿Por qué? 3	¿Por qué? 4	¿Por qué? 5	Resultado
Demora para preparar la pieza X	¿Por qué ocurre la demora para preparar la pieza X? Porque se tiene dificultad para centrar el componente	¿Por qué se tiene dificultad para centrar el componente? Porque la pieza X tiene un espesor delgado y no se cuenta con un soporte y/o herramienta	¿Por qué no se cuenta con un soporte y/o herramienta para la pieza X? Porque no se ha solicitado la fabricación de la herramienta para la pieza X	¿Por qué no se ha solicitado la fabricación de la herramienta para la pieza X? Porque el proceso de solicitud es muy tedioso	¿Por qué el proceso de solicitud es muy tedioso? Porque se requiere la aprobación de la alta gerencia lo cual en varias ocasiones no es viable	Se tiene sustentar técnica y económicamente la fabricación de la herramienta para disminuir el tiempo de preparación de la pieza X

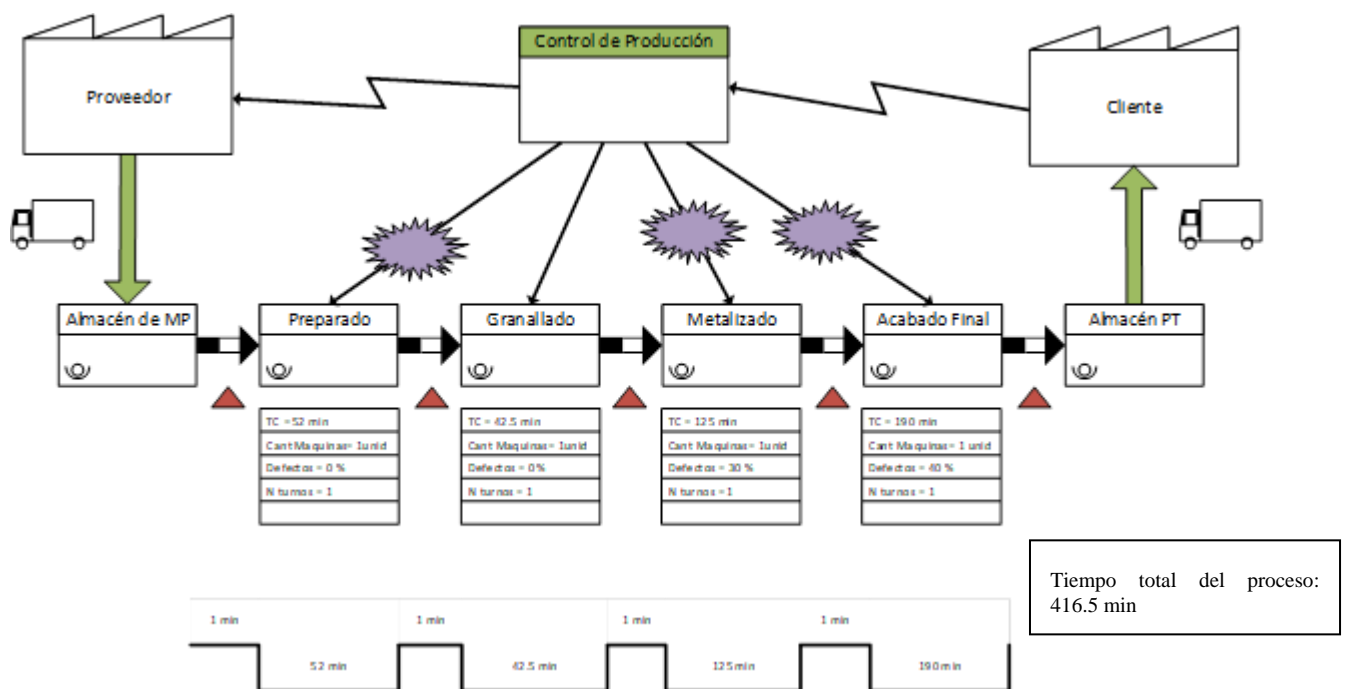
Nota: Elaboración propia

Después de realizar la aplicación de la herramienta de los 5 ¿Por qué? para las causas principales que generan la baja productividad la pieza X, la tabla 10 y 11 se obtiene como resultado de plan de acción; realizar un análisis de proceso y elaborar un procedimiento, de esta manera se pretende tener actividades estandarizadas con el fin de reducir los reprocesos y

la demora en el acabado final. En la tabla 12, se obtiene como plan de acción realizar la fabricación de una herramienta que sirva como base para la pieza X y de esta manera evitar la deformación de la pieza durante el proceso de recuperación, además, permitirá centrar rápidamente la pieza X generando una reducción de tiempos.

Figura 9

VSM inicial



Nota: Elaboración propia

Después de haber realizado las herramientas de los 5 ¿Por qué? a las causas principales que generan una baja productividad de la pieza X, en la figura 9 se observa el VSM inicial o la situación actual donde se observa un tiempo total de proceso de 416.5 min para la recuperación de la pieza X. De acuerdo con las herramientas aplicadas se va a mejorar los tiempos de preparado, metalizado y acabado final.

Figura 10

DAP inicial Recuperación Pieza X

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO										
Diagrama No.	Hoja No.	OPERARIO <input type="checkbox"/>	MATERIAL <input type="checkbox"/>	EQUIPO <input type="checkbox"/>						
Objetivo:		RESUMEN								
Revisión de actividades del proceso de recuperación		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMÍA					
Proceso analizado:		Operación	18							
Recuperación de pieza X		Transporte	2							
Metodo:		Espera	0							
Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>		Inspección	1							
Localización:		Almacenamiento	0							
Empresa Metalmeccanica		Distancia (m)								
Operario: Trabajador		Tiempo total (min)	416.50							
Elaborado por: Cristian Bolimbo		Costo								
Fecha: 23/10/2020		Total								
Aprobado por: Ernesto Romero		Comentarios								
Fecha: 10/11/2020										
Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Izaje de componente en torno	1		7	<input checked="" type="checkbox"/>						
Centrado de pieza	1		30	<input checked="" type="checkbox"/>						
Retiro de material	1		10	<input checked="" type="checkbox"/>						
Retiro de la pieza	1		5	<input checked="" type="checkbox"/>						
Proteccion de la pieza	1		25	<input checked="" type="checkbox"/>						
Traslado	1		1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
Granallado	1		15	<input checked="" type="checkbox"/>						
Traslado	1		1.5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
Montaje en tornamesa	1		1	<input checked="" type="checkbox"/>						
Centrado de pieza	1		15	<input checked="" type="checkbox"/>						
Proteccion con antibond	1		10	<input checked="" type="checkbox"/>						
Precaentado	1		2	<input checked="" type="checkbox"/>						
Inspeccion de pistola	1		2	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>		
Colocar alambre en pistola	1		2	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>		
Aplicar base	1		6	<input checked="" type="checkbox"/>						
Metalizado de zona a recuperar	1		80	<input checked="" type="checkbox"/>						
Limpieza	1		7	<input checked="" type="checkbox"/>						
Izaje de componente en torno	1		7	<input checked="" type="checkbox"/>						
Centrado de la pieza	1		30	<input checked="" type="checkbox"/>						
Besbronado	1		60	<input checked="" type="checkbox"/>						
Pulido	1		100	<input checked="" type="checkbox"/>						

Nota: elaboración propia

En la figura 10, se observa el DAP inicial con 18 actividades de operación, 2 actividades de traslado y solo se tiene una actividad de inspección que consiste en la

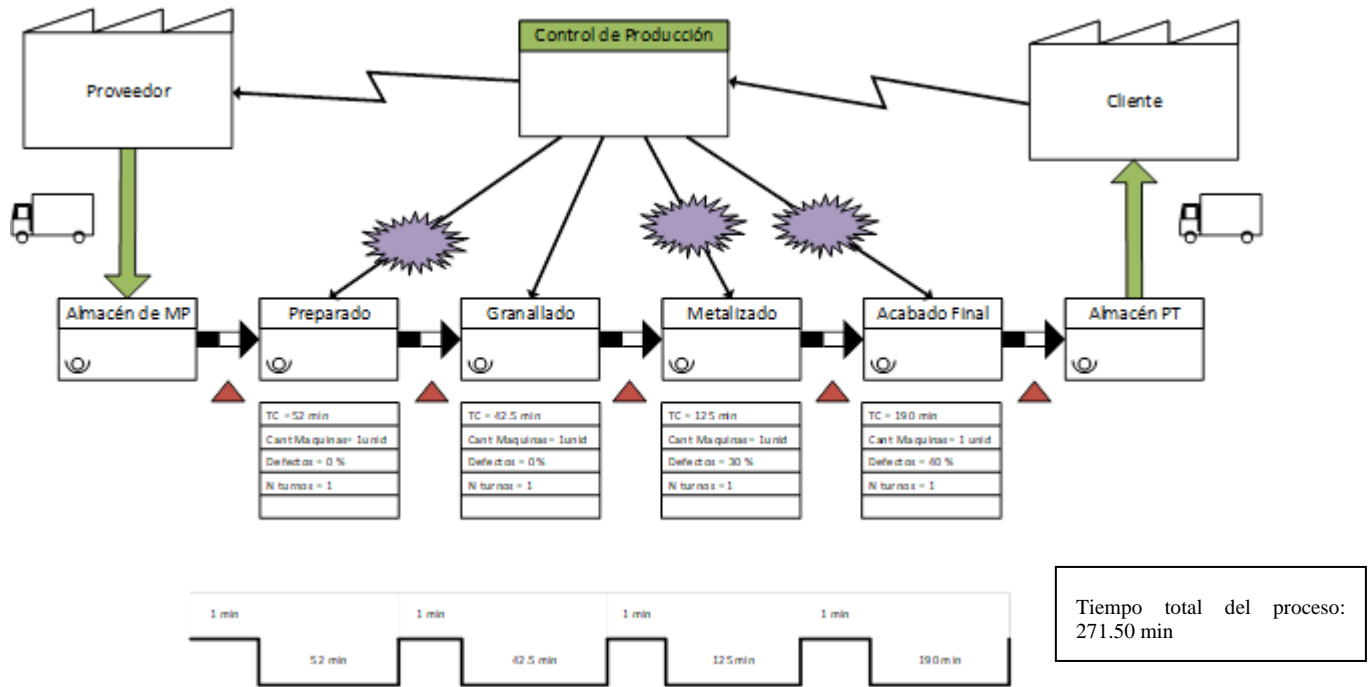
inspección de la pistola antes de realizar el metalizado, luego de ello no se encuentra otra inspección y/o verificación durante el proceso de recuperación de la pieza X.

Se observa que se emplea 30 minutos para centrar la pieza en el torno, esto se debe por que la pieza X no tiene un soporte de sujeción, es decir la sujeción se hace directamente a la pieza lo cual genera deformación y dificultad para colocarlo en el torno. Se va a aplicar la herramienta SMED donde se va a realizar la fabricación de un soporte y de esta manera la sujeción sea en el soporte y ya no en la pieza de esta manera se reducirá los tiempos de centrado.

Respecto a la etapa de metalizado se va a aplicar la herramienta de estandarización y de esta manera reducir los reprocesos y tener un proceso estandarizado y todos los operarios sigan los mismos pasos como; el control de temperatura, cantidad de material o alambre a colocar en la pieza X. Las imágenes y/o evidencias de la fabricación de herramienta y el procedimiento estandarizado se colocan en la sección de Anexos.

Figura 11

VSM final



Nota: Elaboración propia

Una vez aplicada las herramientas de Lean Manufacturing en el proceso de recuperación de la pieza X, en la figura 11, se observa el VSM final o actualizado donde se observa un tiempo total de proceso de 271.50 min para la recuperación de la pieza X, esto representa una reducción de tiempo del 35 % aproximadamente respecto al escenario inicial.

Figura 12

DAP final Recuperación Pieza X

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO									
Diagrama No.	Hoja No.	OPERARIO	<input type="checkbox"/>	MATERIAL	<input type="checkbox"/>	EQUIPO	<input type="checkbox"/>		
Objetivo:		RESUMEN							
Revisión de actividades del proceso de recuperación		ACTIVIDAD		ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMÍA			
Proceso analizado:		Operación		18					
Recuperación de pieza X		Transporte		2					
Metodo:		Espera		0					
Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>		Inspección		4					
Localización:		Almacenamiento		0					
Empresa Metalmeccanica		Distancia (m)							
Operario: Trabajador		Tiempo total (min)		271.50					
		Costo							
		Total							
Elaborado por: Cristian Bolimbo		Comentarios							
Fecha: 7/06/2022									
Aprobado por: Ernesto Romero									
Fecha: 12/06/2022									
Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				○	➔	D	□	▽	
Izaje de componente en torno	1		7	●					
Centrado de pieza	1		10	●					
Retiro de material	1		10	●					
Retiro de la pieza	1		5	●					
Proteccion de la pieza	1		25	●					
Traslado	1		1	●	●				
Granallado	1		15	●					
Traslado	1		1.5	●	●				
Montaje en tornamesa	1		1	●					
Centrado de pieza	1		5	●					
Proteccion con antibond	1		10	●					
Precaentado	1		2	●					
Inspeccion de pistola	1		2	●			●		
Colocar alambre en pistola	1		2	●			●		
Aplicar base	1		6	●			●		
Metalizado de zona a recuperar	1		45	●			●		
Medicion de temperatura	1		5				●		
Medicion de espesor de material	1		5				●		
Limpieza	1		7	●			●		
Izaje de componente en torno	1		7	●					
Centrado de la pieza	1		10	●					
Besbroncado	1		30	●					
Pulido	1		55	●					
Medicion e inspeccion de diametro	1		5				●		

Nota: Elaboración propia

En la figura 12, se observa el DAP final, donde se agregaron 3 actividades obteniendo un total de 24 actividades; 18 actividades de operación, 2 actividades de traslado y 4 actividades de inspección que consiste en la medición de temperatura, control de espesor de material aportado durante el proceso de metalizado y por último el control final del diámetro.

Escenario final: después de la aplicación de Lean Manufacturing

Una vez aplicado las herramientas de Lean Manufacturing en el proceso de recuperación para las piezas X, las herramientas que se aplicaron fueron; VSM o también conocido como mapa de flujo de valor, la herramienta SMED y la estandarización de las actividades. En la tabla 9 se muestra el resultado de los indicadores de calidad, costo y tiempo una vez aplicado las herramientas Lean Manufacturing.

Tabla 13

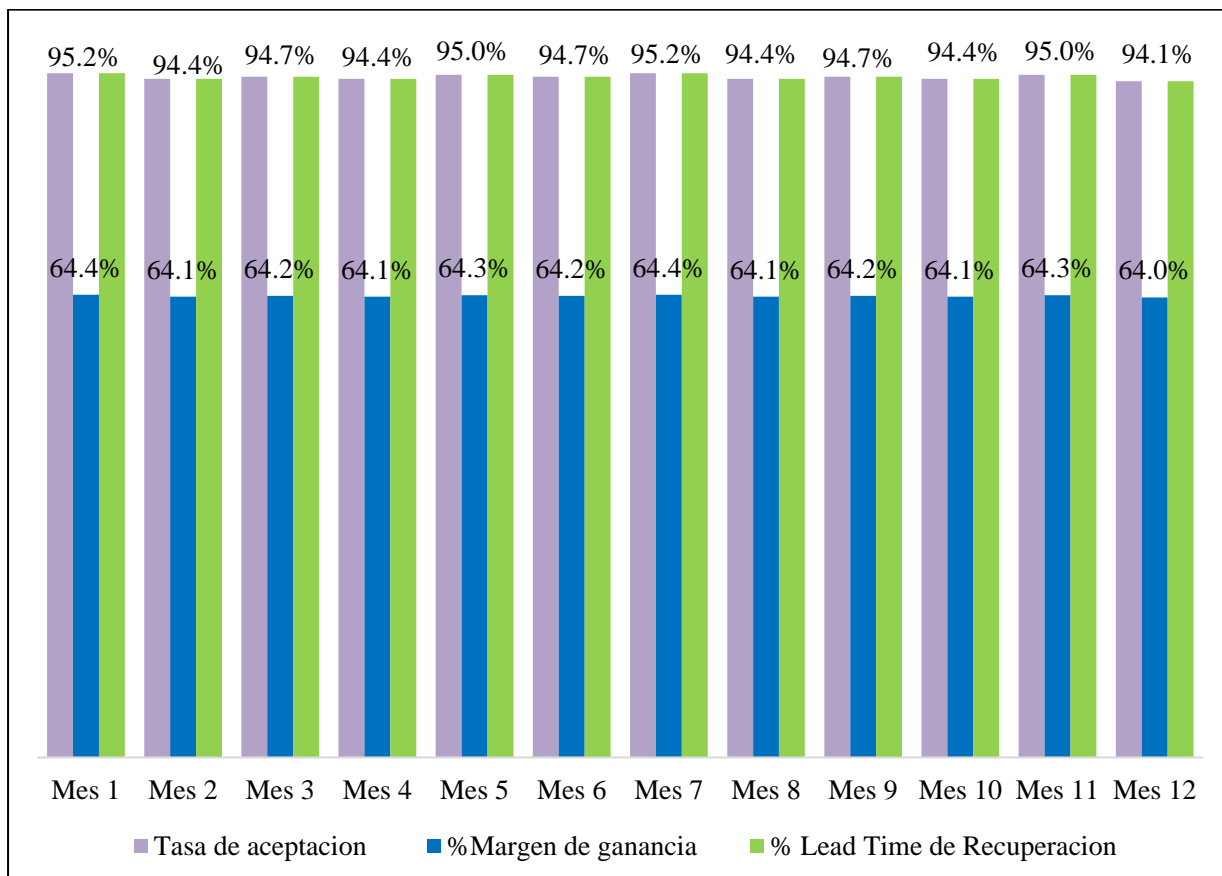
Indicadores del proceso de recuperación de piezas X - situación final

Mes	Piezas aceptadas (unid)	Calidad		Costo				Tiempo		
		Total de piezas (unid)	Tasa de aceptación	Valor Venta (\$)	Costo real (\$)	Margen (\$)	%Margen de ganancia	Tiempo estándar (horas)	Tiempo Real (horas)	% Lead Time de Recuperación
Mes 1	20	21	95.2%	31,500	11,212	20,288	64.4%	95.13	99.66	95.2%
Mes 2	17	18	94.4%	27,000	9,683	17,317	64.1%	81.54	86.07	94.4%
Mes 3	18	19	94.7%	28,500	10,193	18,308	64.2%	86.07	90.6	94.7%
Mes 4	17	18	94.4%	27,000	9,683	17,317	64.1%	81.54	86.07	94.4%
Mes 5	19	20	95.0%	30,000	10,702	19,298	64.3%	90.6	95.13	95.0%
Mes 6	18	19	94.7%	28,500	10,193	18,308	64.2%	86.07	90.6	94.7%
Mes 7	20	21	95.2%	31,500	11,212	20,288	64.4%	95.13	99.66	95.2%
Mes 8	17	18	94.4%	27,000	9,683	17,317	64.1%	81.54	86.07	94.4%
Mes 9	18	19	94.7%	28,500	10,193	18,308	64.2%	86.07	90.6	94.7%
Mes 10	17	18	94.4%	27,000	9,683	17,317	64.1%	81.54	86.07	94.4%
Mes 11	19	20	95.0%	30,000	10,702	19,298	64.3%	90.6	95.13	95.0%
Mes 12	16	17	94.1%	25,500	9,173	16,327	64.0%	77.01	81.54	94.1%

Nota: Elaboración propia

Figura 13

Indicadores del proceso de recuperación de piezas X - situación final



Nota: Elaboración propia

En la tabla 13 y figura 13 se muestran los nuevos valores de los indicadores para el proceso de recuperación de la pieza X después de aplicar Lean Manufacturing, se observa en calidad (tasa de aceptación) y tiempo (% lead time de fabricación) los valores porcentuales se encuentran por encima del 90% siendo 95.2 % el valor más alto. Para el costo (% margen de ganancia) se observa un incremento del margen de ganancia en el proceso de recuperación en un 64.4%.

Después de aplicar las herramientas Lean Manufacturing en la empresa metalmeccánica para el proceso de recuperación de la pieza X se genera una mejora o

incremento en sus indicadores de productividad, de esta manera la empresa se vuelve más competitiva. La medición de los indicadores se obtuvo en un periodo de 12 meses, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 10.

Tabla 14

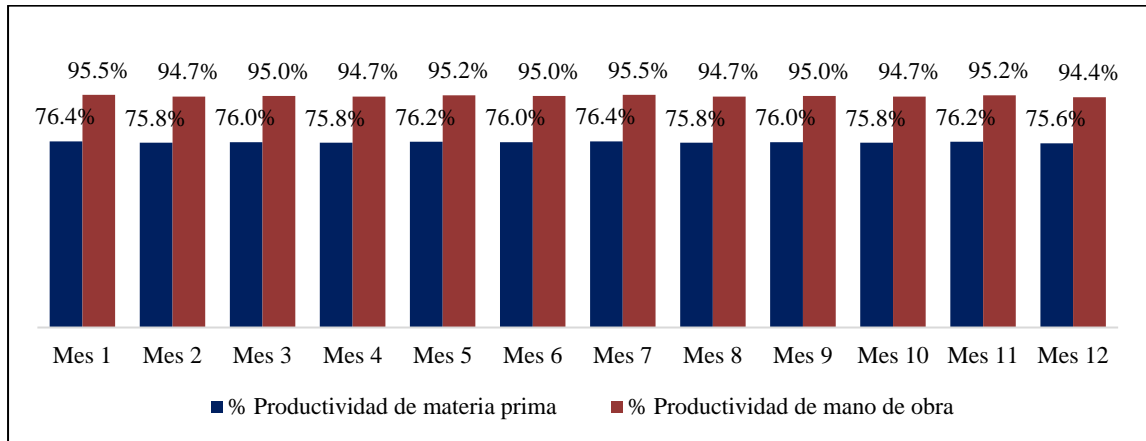
Indicadores de productividad pieza X - situación final

Mes	Productividad de Materia Prima				Productividad de Mano de obra			
	Cantidad de alambre utilizado (kg)	Unidades producidas	Productividad de materia prima (unid/kg)	% Productividad de materia prima	Horas empleadas	Unidades producidas	Productividad de mano de obra	% Productividad de mano de obra
Mes 1	57.99	21	0.362	76.4%	99.66	21	0.211	95.5%
Mes 2	50.08	18	0.359	75.8%	86.07	18	0.209	94.7%
Mes 3	52.72	19	0.360	76.0%	90.6	19	0.210	95.0%
Mes 4	50.08	18	0.359	75.8%	86.07	18	0.209	94.7%
Mes 5	55.36	20	0.361	76.2%	95.13	20	0.210	95.2%
Mes 6	52.72	19	0.360	76.0%	90.6	19	0.210	95.0%
Mes 7	57.99	21	0.362	76.4%	99.66	21	0.211	95.5%
Mes 8	50.08	18	0.359	75.8%	86.07	18	0.209	94.7%
Mes 9	52.72	19	0.360	76.0%	90.6	19	0.210	95.0%
Mes 10	50.08	18	0.359	75.8%	86.07	18	0.209	94.7%
Mes 11	55.36	20	0.361	76.2%	95.13	20	0.210	95.2%
Mes 12	47.45	17	0.358	75.6%	81.54	17	0.208	94.4%

Nota: Elaboración propia

Figura 14

Indicadores de productividad pieza X - situación final



Nota: Elaboración propia

En la tabla 14 y figura 14 se muestra la productividad de materia prima alcanzando un valor máximo porcentual 76.4 % en el mes 1 y 7 y como valor mínimo se obtiene el 75.6 % en el mes 12. Respecto a la productividad de mano de obra en los meses 1 y 7 se observa un 95.5% comparado con el estándar, siendo el valor más alto y por otro lado el 94.4% en el mes 12 siendo el valor más bajo.

Comparación de antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing

Tabla 15

Comparación de indicadores del proceso de recuperación de pieza tipo X antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing

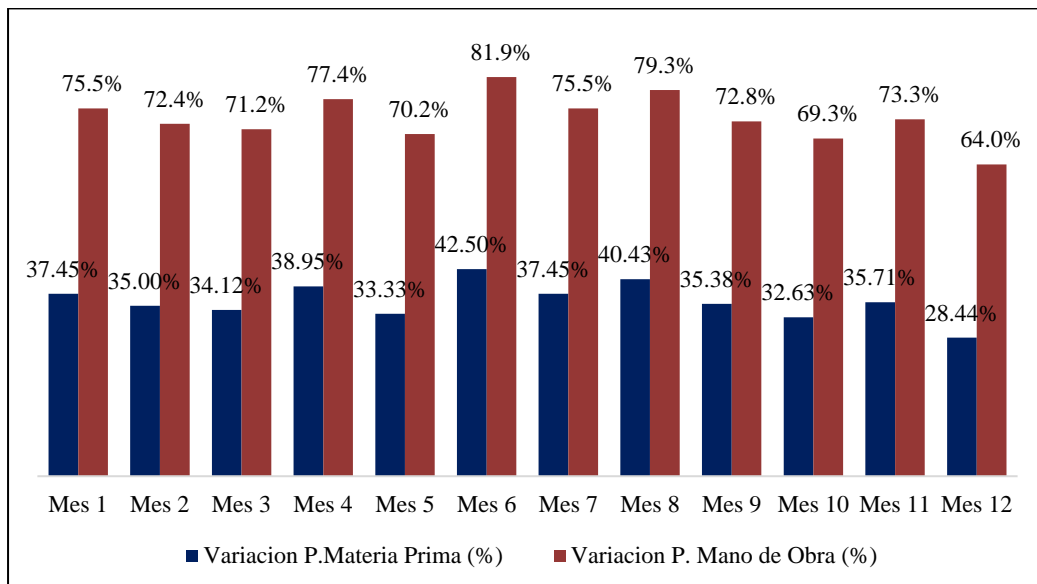
Mes	Productividad de Materia Prima			Productividad de Mano de Obra		
	% Productividad de materia prima (antes)	% Productividad de materia prima (después)	Variación P. Materia Prima (%)	% Productividad de mano de obra (antes)	% Productividad de mano de obra (después)	Variación P. Mano de Obra (%)
Mes 1	55.56%	76.4%	37.45%	54.4%	95.5%	75.5%
Mes 2	56.14%	75.8%	35.00%	55.0%	94.7%	72.4%
Mes 3	56.67%	76.0%	34.12%	55.5%	95.0%	71.2%
Mes 4	54.55%	75.8%	38.95%	53.4%	94.7%	77.4%

Mes 5	57.14%	76.2%	33.33%	55.9%	95.2%	70.2%
Mes 6	53.33%	76.0%	42.50%	52.2%	95.0%	81.9%
Mes 7	55.56%	76.4%	37.45%	54.4%	95.5%	75.5%
Mes 8	53.97%	75.8%	40.43%	52.8%	94.7%	79.3%
Mes 9	56.14%	76.0%	35.38%	55.0%	95.0%	72.8%
Mes 10	57.14%	75.8%	32.63%	55.9%	94.7%	69.3%
Mes 11	56.14%	76.2%	35.71%	55.0%	95.2%	73.3%
Mes 12	58.82%	75.6%	28.44%	57.6%	94.4%	64.0%

Nota: Elaboración propia

Figura 15

Variación % de indicadores del proceso de recuperación de pieza tipo X antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing



Nota: Elaboración propia

En la tabla 15 y figura 15 se muestra la variación porcentual de los indicadores de productividad una vez aplicado Lean Manufacturing. En la productividad de materia prima, donde se considera las unidades producidas entre la cantidad de material consumido, se observa una variación porcentual positiva máximo de 42.5 % respecto al escenario inicial, lo cual indica una mejora en reducción del consumo de alambre (materia prima) durante el proceso de recuperación de la pieza X. Para la productividad de mano de obra, se considera

las unidades producidas entre las horas hombre para realizar la recuperación de pieza tipo X, se observa un aumento de variación porcentual máximo de 81.9% respecto al escenario inicial, esto refiere que las horas hombre empleado para la recuperación han reducido siendo el proceso más eficiente.

Objetivo Especifico 1

Establecer el efecto de la mejora del tiempo en la productividad de una empresa metalmecánica, Lima 2022.

Escenario inicial: antes de la aplicación de Lean Manufacturing

Tabla 16

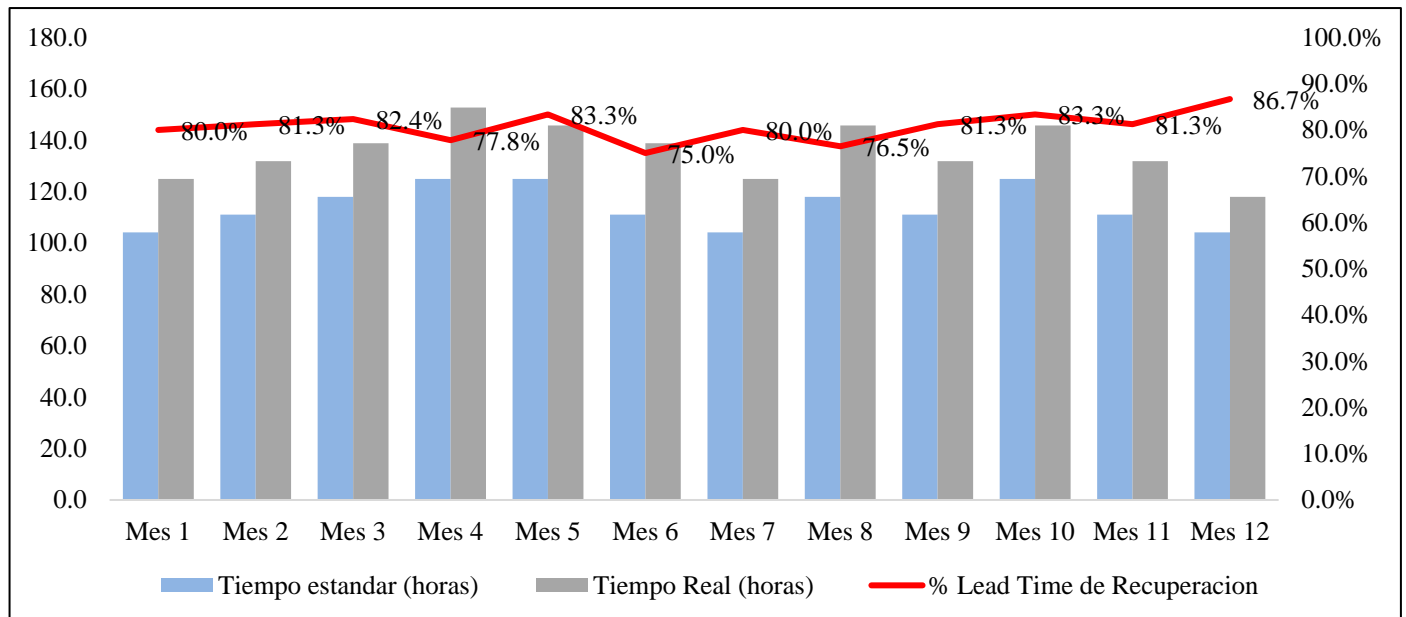
Lead Time de recuperación antes de la aplicación de Lean Manufacturing

Tiempo			
Mes	Tiempo estándar (horas)	Tiempo Real (horas)	% Lead Time de Recuperación
Mes 1	104.1	124.9	80.0%
Mes 2	111.0	131.9	81.3%
Mes 3	118.0	138.8	82.4%
Mes 4	124.9	152.7	77.8%
Mes 5	124.9	145.7	83.3%
Mes 6	111.0	138.8	75.0%
Mes 7	104.1	124.9	80.0%
Mes 8	118.0	145.7	76.5%
Mes 9	111.0	131.9	81.3%
Mes 10	124.9	145.7	83.3%
Mes 11	111.0	131.9	81.3%
Mes 12	104.1	118.0	86.7%

Nota: Elaboración propia

Figura 16

Lead Time de recuperación antes de la aplicación de Lean Manufacturing



Nota: Elaboración propia

En la tabla 16 y figura 16 se muestra los resultados del % lead time de recuperación de la pieza X donde se considera las horas reales aplicadas y las horas estándar, como se puede observar las horas reales superan al estándar, es por ello que se decide primero calcular la variación, si es positiva quiere decir que esta superior al estándar y si es negativo se encuentra por debajo del estándar, obteniendo esta variación se procede a restar a la unidad o (100%) el cual es considerado como la situación óptima. Después de realizar la medición en 12 meses, el valor más alto del lead time de recuperación es de 83.3% en los meses 5 y 10. Por otro lado, el valor más bajo se da en el mes 6 con un 75%.

Escenario final: después de la aplicación de Lean Manufacturing

Tabla 17

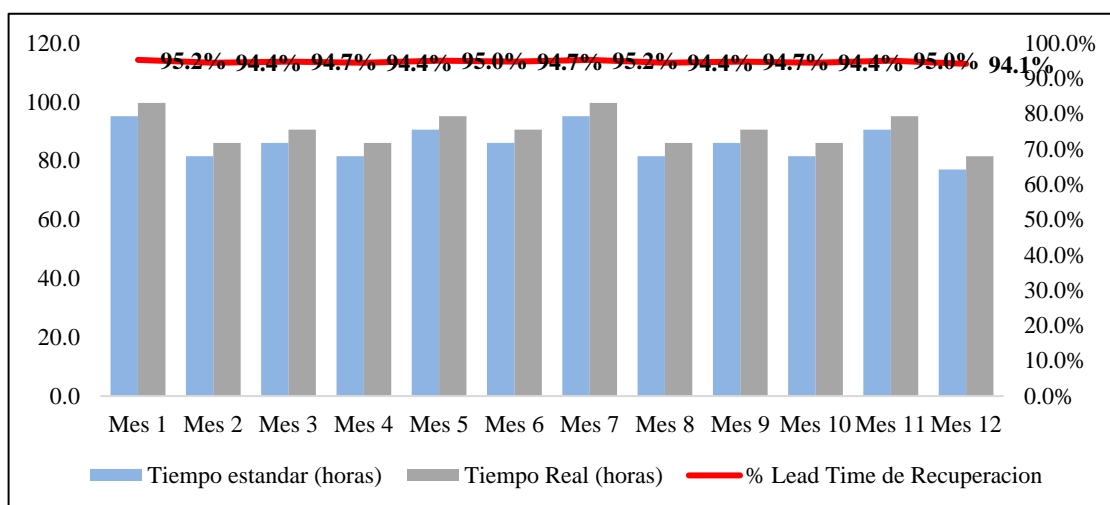
Lead Time de recuperación después de la aplicación de Lean Manufacturing

Mes	Tiempo		
	Tiempo estándar (horas)	Tiempo Real (horas)	% Lead Time de Recuperación
Mes 1	95.1	99.7	95.2%
Mes 2	81.5	86.1	94.4%
Mes 3	86.1	90.6	94.7%
Mes 4	81.5	86.1	94.4%
Mes 5	90.6	95.1	95.0%
Mes 6	86.1	90.6	94.7%
Mes 7	95.1	99.7	95.2%
Mes 8	81.5	86.1	94.4%
Mes 9	86.1	90.6	94.7%
Mes 10	81.5	86.1	94.4%
Mes 11	90.6	95.1	95.0%
Mes 12	77.0	81.5	94.1%

Nota: Elaboración propia

Figura 17

Lead Time de recuperación después de la aplicación de Lean Manufacturing



Nota: Elaboración

En la tabla 17 y figura 17 muestra el % lead time de recuperación de la pieza X después de haber aplicado el Lean Manufacturing, se observa que se alcanza un valor máximo de 95.2 % en el mes 1 y 7, mientras que el valor más bajo es de 94.4 % en los meses 2, 4, 6, 8 y 10. Los resultados obtenidos son aceptables puesto que superan el 90% y se observa una mejora respecto al escenario inicial.

Comparación de antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing

Tabla 18

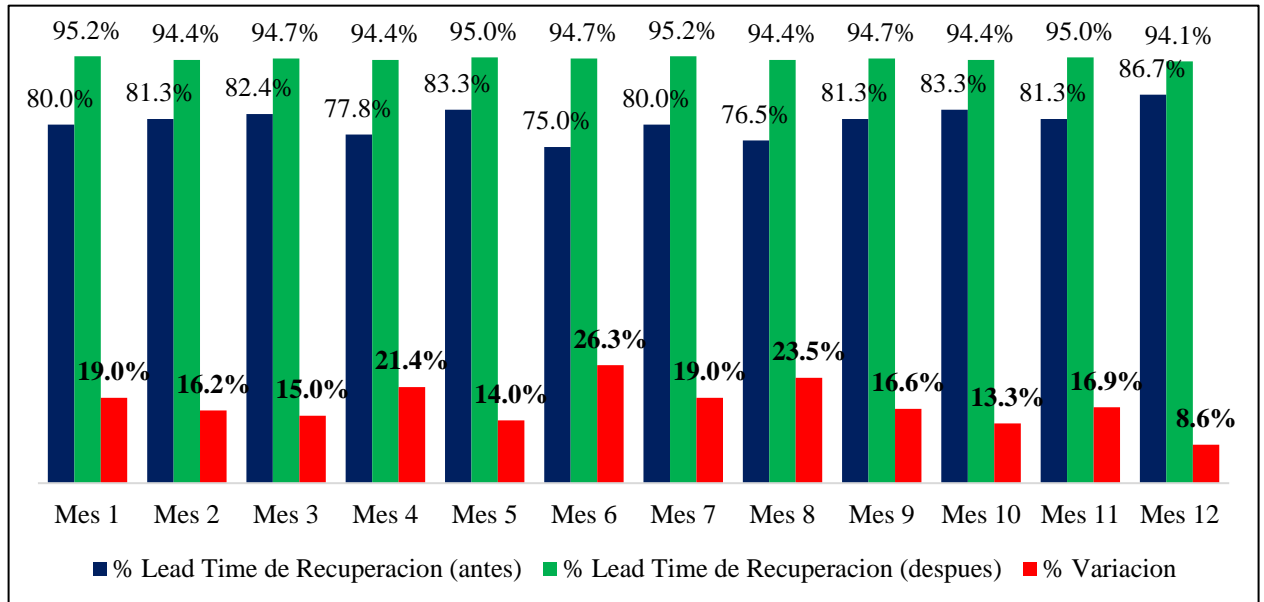
Variación % de lead time de recuperación una vez aplicado Lean Manufacturing

Mes	% Lead Time de Recuperación (antes)	% Lead Time de Recuperación (después)	% Variación
Mes 1	80.0%	95.2%	19.0%
Mes 2	81.3%	94.4%	16.2%
Mes 3	82.4%	94.7%	15.0%
Mes 4	77.8%	94.4%	21.4%
Mes 5	83.3%	95.0%	14.0%
Mes 6	75.0%	94.7%	26.3%
Mes 7	80.0%	95.2%	19.0%
Mes 8	76.5%	94.4%	23.5%
Mes 9	81.3%	94.7%	16.6%
Mes 10	83.3%	94.4%	13.3%
Mes 11	81.3%	95.0%	16.9%
Mes 12	86.7%	94.1%	8.6%

Nota: Elaboración propia

Figura 18

Variación % de lead time de recuperación una vez aplicado Lean Manufacturing



Nota: Elaboración

En la tabla 18 y figura 18 se muestra la variación porcentual del lead time de recuperación una vez aplicado el Lean Manufacturing, se observa una variación porcentual positiva en cada mes y como valor máximo en un 26.3 %, esto indica que el tiempo que se emplea para la recuperación de la pieza X ha reducido respecto al escenario inicial.

Objetivo Especifico 2

Demostrar la influencia de la mejora del costo en la productividad de una empresa metalmecánica, Lima 2022.

Escenario inicial: antes de la aplicación de Lean Manufacturing

Tabla 19

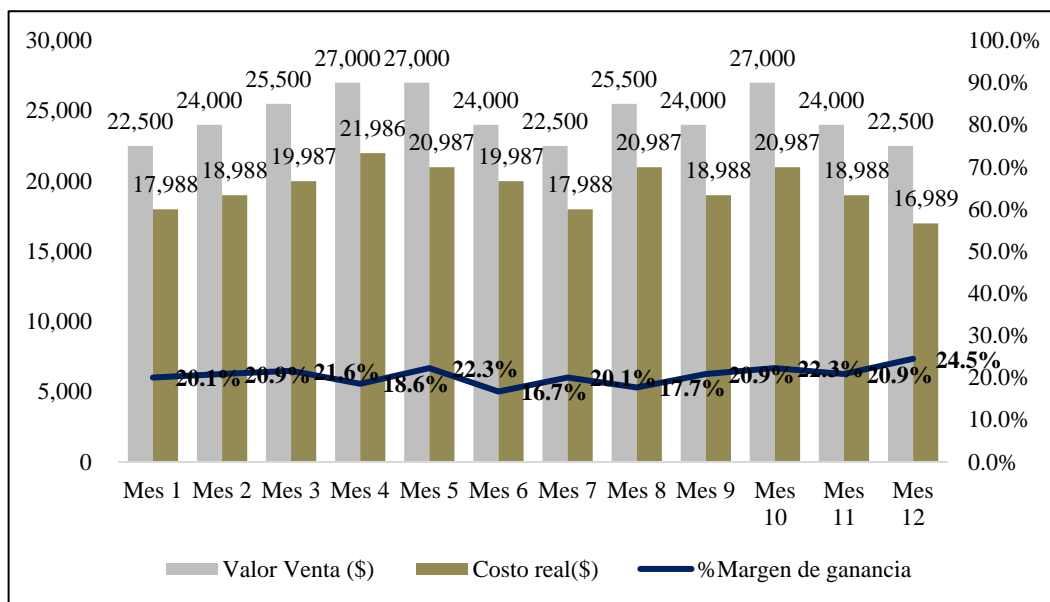
Margen de ganancia antes de la aplicación de Lean Manufacturing

Costo				
Mes	Valor Venta (\$)	Costo real (\$)	Margen (\$)	%Margen de ganancia
Mes 1	22,500	17,988	4,512	20.1%
Mes 2	24,000	18,988	5,012	20.9%
Mes 3	25,500	19,987	5,513	21.6%
Mes 4	27,000	21,986	5,014	18.6%
Mes 5	27,000	20,987	6,013	22.3%
Mes 6	24,000	19,987	4,013	16.7%
Mes 7	22,500	17,988	4,512	20.1%
Mes 8	25,500	20,987	4,513	17.7%
Mes 9	24,000	18,988	5,012	20.9%
Mes 10	27,000	20,987	6,013	22.3%
Mes 11	24,000	18,988	5,012	20.9%
Mes 12	22,500	16,989	5,511	24.5%

Nota: Elaboración propia

Figura 19

Margen de ganancia antes de la aplicación de Lean Manufacturing



Nota: Elaboración

En la tabla 19 y figura 19 se muestra los resultados del % margen de ganancia en la recuperación de la pieza X, el margen es igual al valor venta menos el costo real que involucra la recuperación de la pieza X. Después de realizar la medición en 12 meses, se observa que el valor más alto del margen de ganancia es de 24.5 % en el mes 12 y el valor más bajo se da en el mes 6 con un 16.7%.

Escenario final: después de la aplicación de Lean Manufacturing

Tabla 20

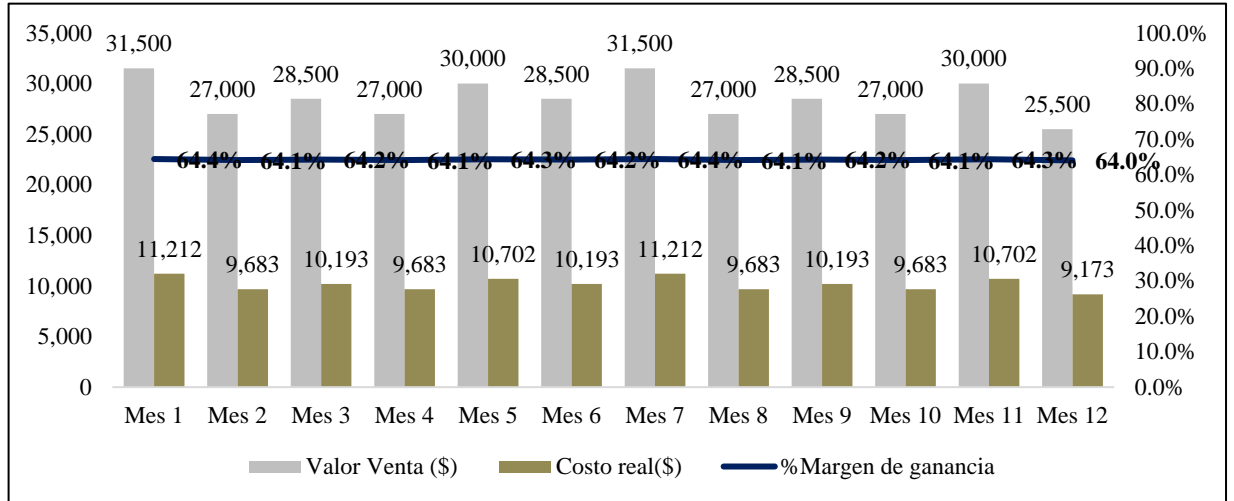
Margen de ganancia después de la aplicación de Lean Manufacturing

Costo				
Mes	Valor Venta (\$)	Costo real (\$)	Margen (\$)	%Margen de ganancia
Mes 1	31,500	11,212	20,288	64.4%
Mes 2	27,000	9,683	17,317	64.1%
Mes 3	28,500	10,193	18,308	64.2%
Mes 4	27,000	9,683	17,317	64.1%
Mes 5	30,000	10,702	19,298	64.3%
Mes 6	28,500	10,193	18,308	64.2%
Mes 7	31,500	11,212	20,288	64.4%
Mes 8	27,000	9,683	17,317	64.1%
Mes 9	28,500	10,193	18,308	64.2%
Mes 10	27,000	9,683	17,317	64.1%
Mes 11	30,000	10,702	19,298	64.3%
Mes 12	25,500	9,173	16,327	64.0%

Nota: Elaboración propia

Figura 20

Margen de ganancia después de la aplicación de Lean Manufacturing



Nota: Elaboración propia

En la tabla 20 y figura 20 muestra el % margen de ganancia en la recuperación para las piezas de tipo X después de haber aplicado el Lean Manufacturing, se observa que se alcanza un valor máximo de 64.4 % en el mes 1 y 7, mientras que el valor más bajo es de 64.1 % en los meses 2, 4, 6, 8 y 10. Los resultados obtenidos son aceptables puesto que hay un incremento de margen de ganancia por cada recuperación de pieza X, esto se genera una mayor rentabilidad para la empresa metalmecánica.

Comparación de antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing

Tabla 21

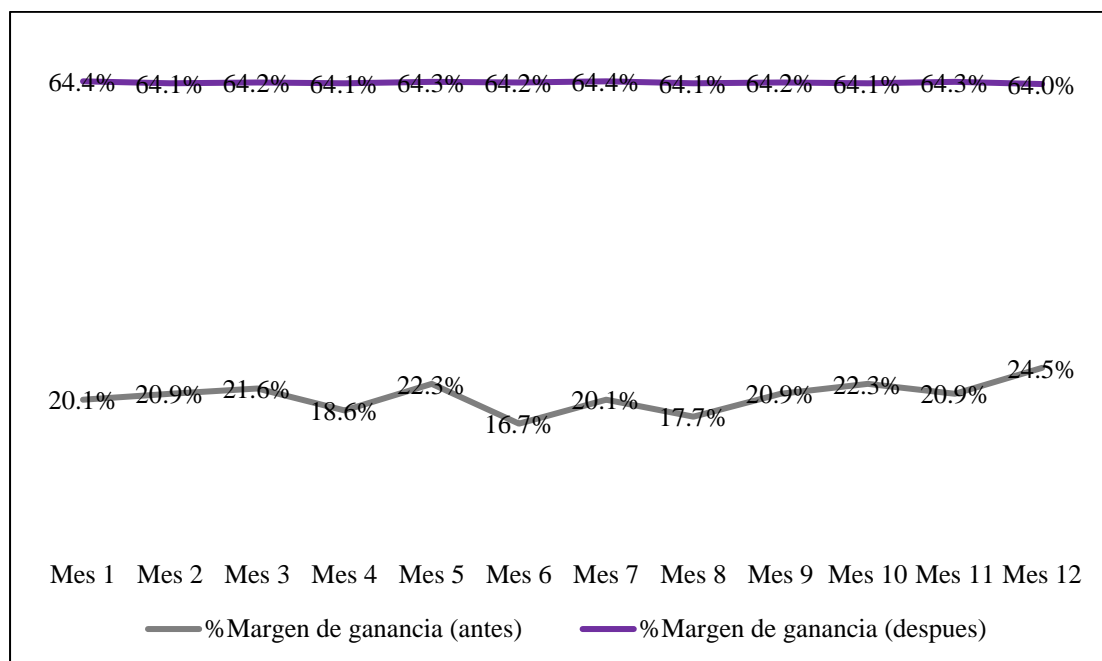
Comparación de margen de ganancia (%) antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing

Mes	%Margen de ganancia (antes)	%Margen de ganancia (después)
Mes 1	20.1%	64.4%
Mes 2	20.9%	64.1%
Mes 3	21.6%	64.2%
Mes 4	18.6%	64.1%
Mes 5	22.3%	64.3%
Mes 6	16.7%	64.2%
Mes 7	20.1%	64.4%
Mes 8	17.7%	64.1%
Mes 9	20.9%	64.2%
Mes 10	22.3%	64.1%
Mes 11	20.9%	64.3%
Mes 12	24.5%	64.0%

Nota: Elaboración propia

Figura 21

Comparación de margen de ganancia (%) antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing



Nota: Elaboración propia

En la tabla 21 y figura 21 se muestra una comparación del margen de ganancia para la recuperación de pieza X antes y después aplicado el Lean Manufacturing, se observa una gran diferencia entre los escenarios final e inicial, esto se debido a la aplicación de las herramientas Lean donde se redujo el tiempo de recuperación y el consumo de material trayendo como consecuencia una reducción de costos operativos y así obtener una mayor rentabilidad gracias al incremento de margen de ganancia.

Objetivo Especifico 3

Establecer el efecto de mejora de la calidad en la productividad de una empresa metalmeccánica, Lima 2022.

Escenario inicial: antes de la aplicación de Lean Manufacturing

Tabla 22

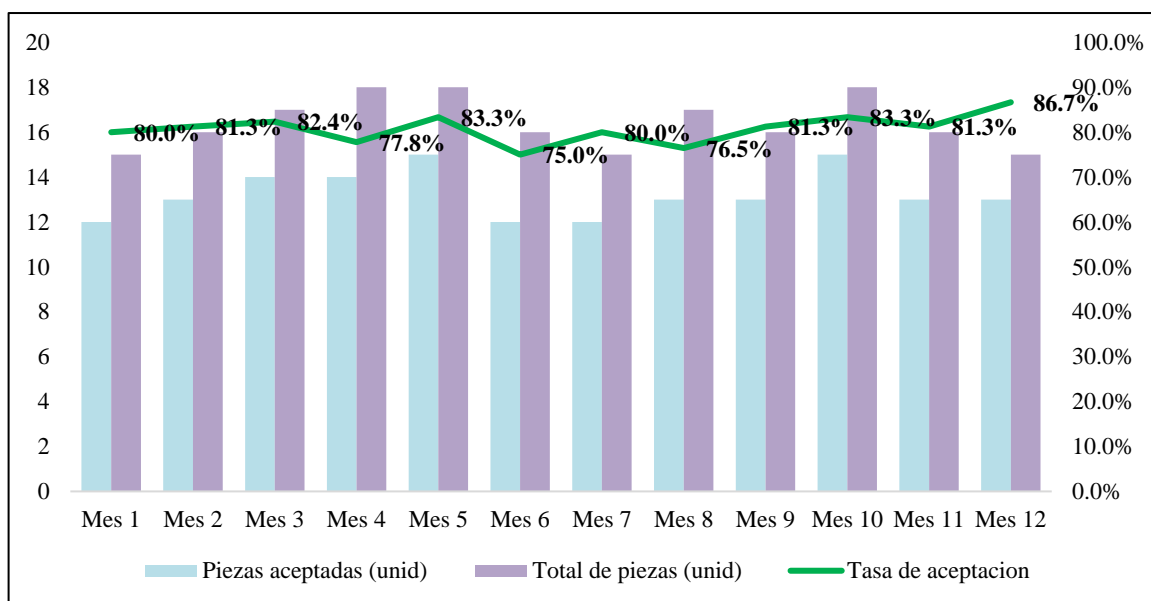
Tasa de aceptación antes de la aplicación de Lean Manufacturing

Calidad			
Mes	Piezas aceptadas (unid)	Total de piezas (unid)	Tasa de aceptación
Mes 1	12	15	80.0%
Mes 2	13	16	81.3%
Mes 3	14	17	82.4%
Mes 4	14	18	77.8%
Mes 5	15	18	83.3%
Mes 6	12	16	75.0%
Mes 7	12	15	80.0%
Mes 8	13	17	76.5%
Mes 9	13	16	81.3%
Mes 10	15	18	83.3%
Mes 11	13	16	81.3%
Mes 12	13	15	86.7%

Nota: Elaboración propia

Figura 22

Tasa de aceptación antes de la aplicación de Lean Manufacturing



Nota: Elaboración propia

En la tabla 22 y figura 22 se muestra los resultados en % de la tasa de aceptación para la pieza X, la tasa de aceptación se obtiene dividiendo las piezas aceptadas entre la cantidad total de piezas y de esta manera poder expresarla en valores porcentuales. Después de realizar la medición en 12 meses, se observa que no hay una tendencia constante en los resultados, el valor más alto de tasa de aceptación es de 86.7 % en el mes 12 y el valor más bajo se da en el mes 6 con un 75%. La tasa de aceptación ideal para la empresa debe estar por encima del 90%.

Escenario final: después de la aplicación de Lean Manufacturing

Tabla 23

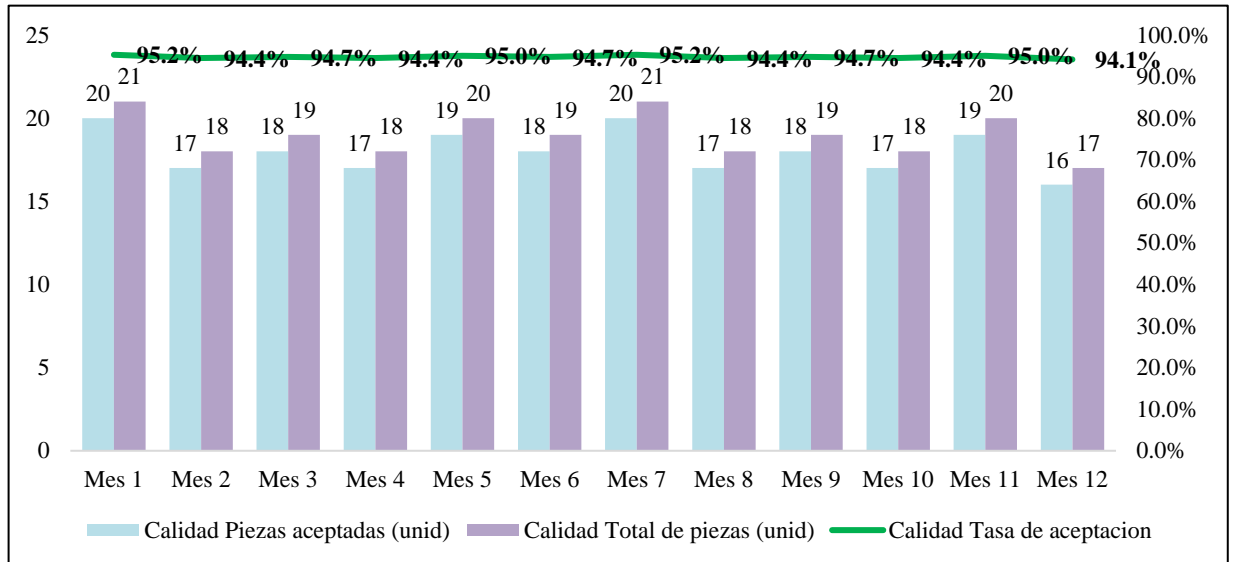
Tasa de aceptación después de la aplicación de Lean Manufacturing

Calidad			
Mes	Piezas aceptadas (unid)	Total de piezas (unid)	Tasa de aceptación
Mes 1	20	21	95.2%
Mes 2	17	18	94.4%
Mes 3	18	19	94.7%
Mes 4	17	18	94.4%
Mes 5	19	20	95.0%
Mes 6	18	19	94.7%
Mes 7	20	21	95.2%
Mes 8	17	18	94.4%
Mes 9	18	19	94.7%
Mes 10	17	18	94.4%
Mes 11	19	20	95.0%
Mes 12	16	17	94.1%

Nota: Elaboración propia

Figura 23

Tasa de aceptación después de la aplicación de Lean Manufacturing



Nota: Elaboración propia

En la tabla 23 y figura 23 muestra la tasa de aceptación en la recuperación para la pieza X después de haber aplicado el Lean Manufacturing, se observa que los resultados se encuentran por encima del 90%, el valor más alto es de 95.2 % en el mes 7, mientras que el valor más bajo es de 94.1 % en el mes 12. Los resultados obtenidos son aceptables puesto que se han reducido el número de piezas rechazadas mensualmente.

Comparación de antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing

Tabla 24

Variación % tasa de aceptación una vez aplicado Lean Manufacturing

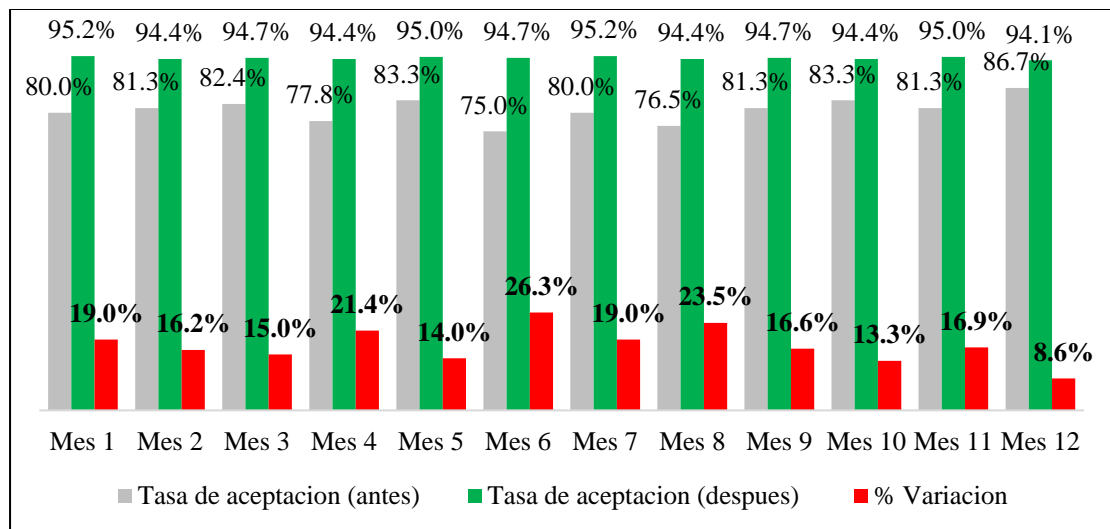
Mes	Tasa de aceptación (antes)	Tasa de aceptación (después)	% Variación
Mes 1	80.0%	95.2%	19.0%
Mes 2	81.3%	94.4%	16.2%
Mes 3	82.4%	94.7%	15.0%
Mes 4	77.8%	94.4%	21.4%
Mes 5	83.3%	95.0%	14.0%

Mes 6	75.0%	94.7%	26.3%
Mes 7	80.0%	95.2%	19.0%
Mes 8	76.5%	94.4%	23.5%
Mes 9	81.3%	94.7%	16.6%
Mes 10	83.3%	94.4%	13.3%
Mes 11	81.3%	95.0%	16.9%
Mes 12	86.7%	94.1%	8.6%

Nota: Elaboración propia

Figura 24

Variación % tasa de aceptación una vez aplicado Lean Manufacturing



Nota: Elaboración propia

En la tabla 24 y figura 24 se muestra la variación porcentual de la tasa de aceptación una vez aplicado el Lean Manufacturing, se observa una variación porcentual positiva en cada mes y como valor máximo en un 26.3 %, esto indica que la cantidad de piezas tipo X rechazadas han disminuido respecto al escenario inicial.

Evaluación del proyecto

La presente investigación donde se realiza la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing, se va a realizar la evaluación económica del proyecto y determinar si es

viable la inversión en la aplicación de las herramientas Lean. Para la evaluación económica se tiene que calcular el COK, VAN y TIR.

Ecuación 5

Costo de oportunidad

$$COK = Rf + \beta \times (Rm - Rf)$$

COK: Costo de Oportunidad

Rf: Tasa libre de riesgo, el dato se obtiene del banco central de reserva del Perú, se considera el periodo de 6 meses. Se va a considerar el valor de 7.08%

B: Beta, debido a su dificultad para obtener dicho dato, se obtuvo el valor beta de la página web Damodaran. El valor de beta a considerar es el desapalancado y se considera el sector de maquinara. El valor de beta es de 1.04

Rm – Rf: Prima de riesgo, debido a su dificultad para obtener dicho dato, se obtuvo el valor beta de la página web Damodaran. El valor de prima de riesgo para el país de Perú es de 5.82%

$$COK = 0.0708 + 1.04 \times (0.0582)$$

$$COK = 13.13 \%$$

Ecuación 6

Valor Actual Neto

$$VAN = -I_0 + \frac{F_{n_1}}{(1+r)} + \frac{F_{n_2}}{(1+r)^2} + \dots + \frac{F_{n_n}}{(1+r)^n}$$

I₀: Inversión inicial (\$)

r: Tasa de interés

F_{n1}, F_{n2}+...: Flujo neto (\$)

Tabla 25

Costos de la implementación

Implementación Lean Manufacturing	
Machina (soporte metálico)	\$ 4,000
Tapa metálica	\$ 1,500
Seguimiento y medición de tiempos	\$ 2,000
Elaboración de procedimiento	\$ 2,000
Reunión con los trabajadores	\$ 4,000
Total (Inversión inicial)	\$ 13,500

Nota: elaboración propia

Tabla 26

Flujo neto por mes

	Flujo Beneficio	Flujo costo	Flujo neto
Mes 0			\$ -13,500.0
Mes 1	\$ 30,000	\$ 19,987	\$ 10,012.8
Mes 2	\$ 30,000	\$ 19,987	\$ 10,012.8
Mes 3	\$ 31,500	\$ 20,987	\$ 10,513.4
Mes 4	\$ 30,000	\$ 19,987	\$ 10,012.8
Mes 5	\$ 31,500	\$ 20,987	\$ 10,513.4
Mes 6	\$ 30,000	\$ 19,987	\$ 10,012.8

Nota: Elaboración propia

En la tabla 25, en el mes 0 se tiene el valor negativo dado que es la inversión inicial, en los siguientes meses se tiene el flujo de neto o también la ganancia que se genera en la recuperación de la pieza X. Aplicando la formula anteriormente mostrado o también utilizando el programa Excel se obtiene una VAN de \$ 26 995, siendo positivo el cual nos indica que el proyecto de inversión genera ganancias.

Ecuación 7

Tasa interna de Retorno

$$VAN = -I_0 + \frac{F_{n_1}}{(1+r)} + \frac{F_{n_2}}{(1+r)^2} + \dots + \frac{F_{n_n}}{(1+r)^n} = 0$$

VAN: Valor Actual Neto

I₀: Inversión inicial (\$)

r: Tasa interna de retorno (%)

F_{n1}: Flujo neto (\$)

n: Plazo de proyecto (mes)

Utilizando los datos de la tabla 25, para un plazo de proyecto de 6 meses se realiza el cálculo de la tasa interna de retorno aplicando la formula anteriormente mostrado o también utilizando el programa Excel se obtiene un TIR de 72 %, siendo mayor a la tasa mínima de rentabilidad (13.13%). Por lo tanto, el proyecto debe aceptarse

Prueba de hipótesis

Para la contrastación de las hipótesis planteadas, se realizó un análisis estadístico inferencial a las variables y dimensiones, se inicia con la hipótesis general, seguida de la hipótesis específica 1, hipótesis específica 2 y finalmente la hipótesis específica 3. Para ello se recopilaron un total de 24 datos (12 de la situación inicial y 12 de la situación final), se utilizó el software IBM SPSS Statistics 25.

Primero se realizó la prueba de normalidad y como se obtiene datos menores a 50, se utilizó el test de Shapiro Wilk, el resultado de esta prueba nos indicará si nuestros datos registrados presentan una distribución normal, si el P valor es menor a 0.05 quiere decir que los datos registrados no presentan una distribución normal, pero si el P valor es mayor a 0.05 entonces los datos registrados presentan una distribución normal.

Segundo, una vez realizado la prueba de normalidad se procede a realizar la prueba estadística de correlación de Pearson (datos paramétricos) o Spearman (datos no paramétricos), con el fin de saber la relación entre las variables. Para la interpretación de los rangos de correlación se considera muy baja cuando el r es mayor que cero y menor igual que 0.2, se considera baja cuando el r es mayor que 0.2 y menor igual que 0.4, se considera moderada cuando r es mayor que 0.4 y menor igual que 0.6, se considera buena cuando el r es mayor que 0.6 y menor igual que 0.8 y se considera muy buena cuando el r es mayor que 0.8 y menor igual que 1.

Por último, se realiza la prueba T de Student, donde se compara la situación inicial con la situación final y saber si hay un cambio significativo, la prueba específica a emplear es la T de Student para una muestra, donde el rango seleccionado será la diferencia entre el después y el antes de la variable a analizar y de esta forma se determina si hay un efecto positivo o negativo.

Criterio teórico para las pruebas de hipótesis

Para la prueba de hipótesis se trabajará con un nivel de confianza del 95% de tal modo que la significancia sería del 5% (α), cuando el P valor es menor al nivel de significancia, entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) lo que nos lleva a aceptar a aceptar la hipótesis alterna (H_1); de otro modo si el P valor es mayor al nivel de significancia entonces se acepta la hipótesis nula (H_0) lo que implica que falta evidencia para aceptar la hipótesis del investigador (H_1).

Hipótesis general

La aplicación de Lean Manufacturing influye positivamente en la productividad de una empresa metalmecánica, Lima 2022.

Prueba de coeficiente de correlación de Pearson

1. Definir hipótesis

H0: No existe relación entre el Lean Manufacturing y la productividad antes y después de la aplicación.

H1: Existe relación entre el Lean Manufacturing y la productividad antes y después de la aplicación.

2. Nivel de significancia

Nivel de significancia α es igual a 0.05

3. Prueba estadística

Tabla 27

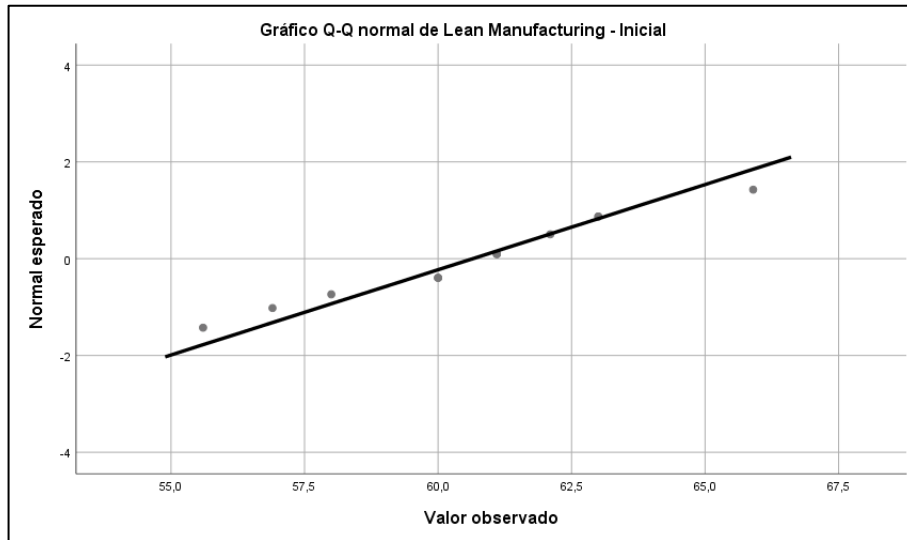
Prueba de normalidad Shapiro Wilk para las variables Lean Manufacturing y productividad antes y después de la aplicación

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
Lean Manufacturing - Inicial	0.969	12	0.904
Lean Manufacturing - Final	0.912	12	0.228
Productividad total - Inicial	0.966	12	0.864
Productividad total - Final	0.931	12	0.394

Nota: Elaboración propia

Figura 25

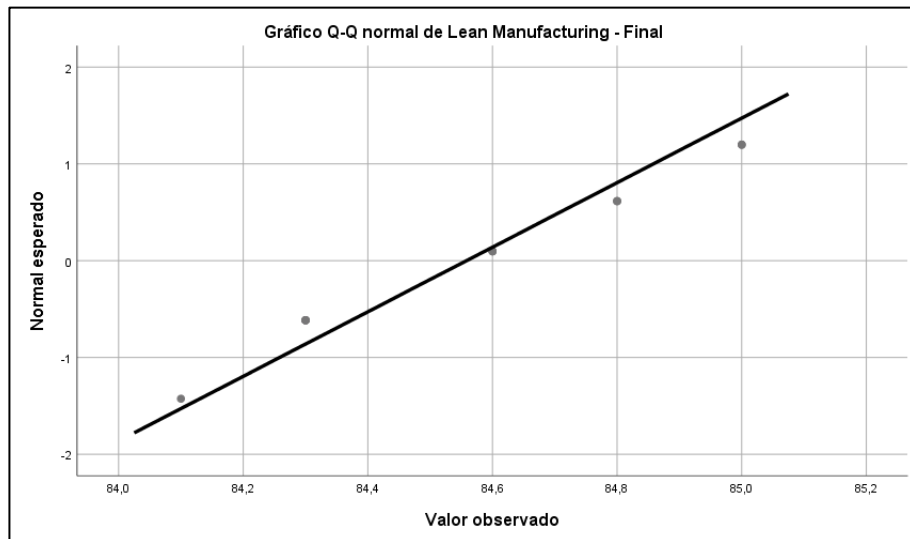
Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la variable Lean Manufacturing situación inicial



Nota: Elaboración propia

Figura 26

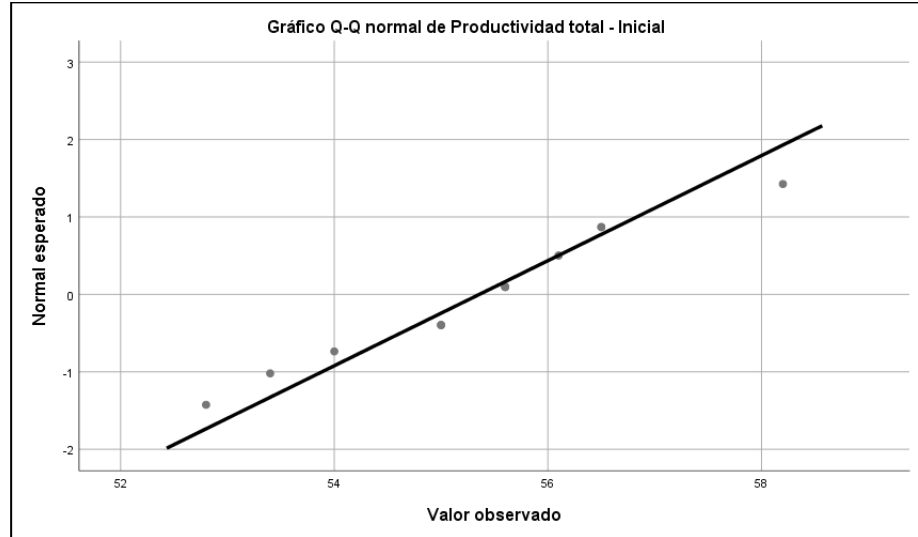
Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la variable Lean Manufacturing situación final



Nota: Elaboración propia

Figura 27

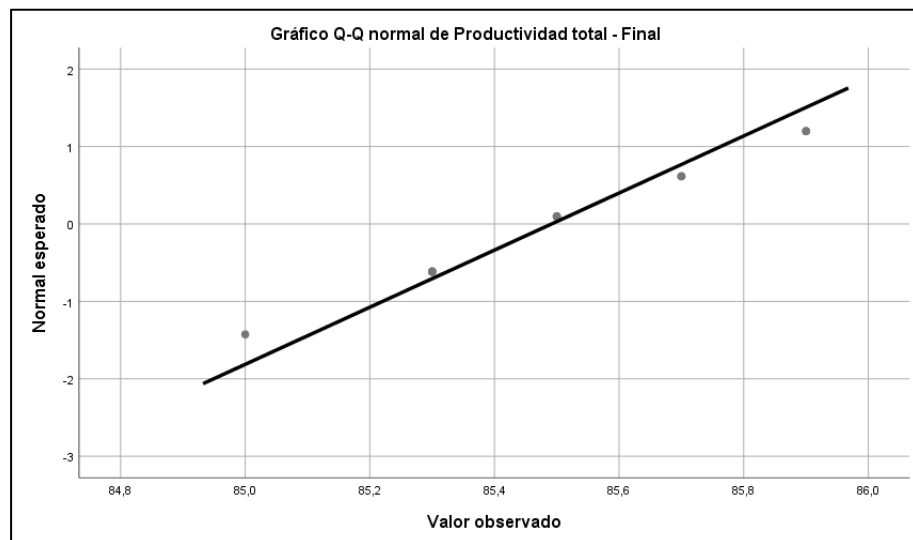
Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la variable Productividad situación inicial



Nota: Elaboración propia

Figura 28

Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la variable Productividad situación final



Nota: Elaboración propia

En la tabla 27 y figura 25 se observa que la variable Lean Manufacturing inicial tiene un P valor de 0.904 el cual es mayor a Alpha (α), en la tabla 27 y figura 26 se observa que la variable Lean Manufacturing final tiene un P valor de 0.228 el cual es mayor a Alpha (α), en la tabla 27 y figura 27 se observa que la variable productividad inicial tiene un P valor de 0.864 el cual es mayor a Alpha (α) y por último en la tabla en la tabla 27 y figura 28 se observa que la variable productividad final tiene un P valor de 0.394 el cual es mayor a Alpha (α). De los mencionado anteriormente el Lean Manufacturing y productividad tanto en el inicial y final sus datos presentan una distribución normal puesto que los resultados de la prueba de normalidad son mayores a 0.05.

Tabla 28

Correlación de Pearson entre Lean Manufacturing y productividad antes de la aplicación

Correlaciones			
		Lean Manufacturing - Inicial	Productividad total - Inicial
Lean Manufacturing - Inicial	Correlación de Pearson	1	,999**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	12	12
Productividad total - Inicial	Correlación de Pearson	,999**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	12	12

Nota: Elaboración propia

Tabla 29

Correlación de Pearson entre Lean Manufacturing y productividad después de la aplicación

		Correlaciones	
		Lean Manufacturing - Final	Productividad total - Final
Lean Manufacturing - Final	Correlación de Pearson	1	,990**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	12	12
Productividad total - Final	Correlación de Pearson	,990**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	12	12

Nota: Elaboración propia

4. Lectura de P valor

En la tabla 28 se observa que la correlación de Pearson entre Lean Manufacturing y la productividad escenario inicial, es decir antes de la aplicación, se tiene un P valor de 0.000 el cual es menor al Alpha (α). Por otro lado, en la tabla 29 se observa que la correlación de Pearson entre Lean Manufacturing y la productividad escenario final, es decir después de la aplicación, se tiene un P valor de 0.000 el cual es menor al Alpha (α).

5. Tomar una decisión

En la tabla 28 la correlación de Pearson entre el Lean Manufacturing y la productividad en el escenario inicial muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, que existe relación positiva entre el Lean Manufacturing y la productividad en el escenario inicial, observando que la correlación es de 0.999, donde se

establece que existe una relación directamente proporcional y de nivel muy bueno. En la tabla 29 la correlación de Pearson entre el Lean Manufacturing y la productividad en el escenario final muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, que existe relación positiva entre el Lean Manufacturing y la productividad en el escenario final, observando que la correlación es de 0.990, donde se establece que existe una relación directamente proporcional y de nivel muy bueno. Por lo tanto, existe relación entre el Lean Manufacturing y la productividad antes y después de la aplicación.

Prueba T de student

Debido a que la variable productividad antes y después de la aplicación del Lean Manufacturing presentan una distribución normal y; a su vez presenta una correlación con la variable Lean Manufacturing, se realizó la prueba estadística T-Student para determinar la existencia de una diferencia significativa entre las medias del antes y después de la variable productividad.

1. Definir hipótesis

H₀: La aplicación de Lean Manufacturing NO influye positivamente en la productividad de una empresa metalmecánica, Lima 2022

H₁: La aplicación de Lean Manufacturing influye positivamente en la productividad de una empresa metalmecánica, Lima 2022

2. Nivel de significancia

Nivel de significancia *alpha* (α) es igual a 0.05

3. Prueba estadística

Tabla 30

Prueba T - Student para la variable productividad antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 0						
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
				Inferior	Superior	
Diferencia de productividad (Final – Inicial)	66.892	11	0.000	30.13333	29.1418	31.1248

Nota: Elaboración propia

4. Lectura de P valor

En la tabla 30 se observa que la prueba T-Student para la diferencia de variable productividad entre el escenario inicial y final de la aplicación de Lean Manufacturing, muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia (α) que es de 0.05, además, se observa una diferencia de medias positiva de 30.133.

5. Tomar una decisión

En la tabla 30 se observa que la prueba T-Student para la diferencia de variable productividad entre el escenario inicial y final, muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Además, se observa que hay una diferencia de medias de 30.133 indicando que hay cambio positivo. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, **que la aplicación del Lean Manufacturing**

influye positivamente en la productividad en una empresa de metalmecánica, Lima 2021.

Hipótesis específica 1

La mejora del tiempo tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

Prueba de coeficiente de correlación de Pearson

1. Definir hipótesis

H0: No existe relación entre el tiempo y la productividad antes y después de la aplicación.

H1: Existe relación entre el tiempo y la productividad antes y después de la aplicación.

2. Nivel de significancia

Nivel de significancia α es igual a 0.05

3. Prueba estadística

Tabla 31

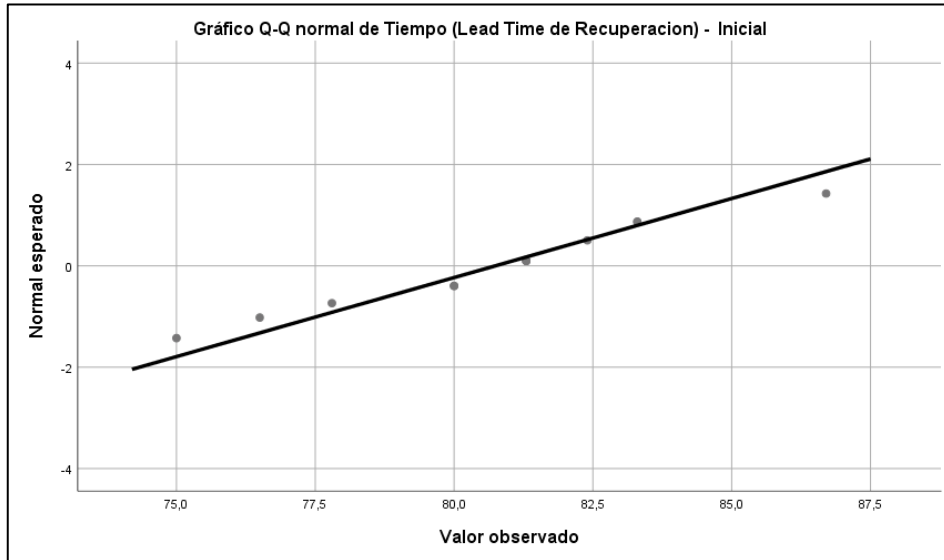
Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión tiempo antes y después de la aplicación.

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo (% Lead Time de recuperación) - Inicial	0.968	12	0.888
Tiempo (% Lead Time de recuperación) - Final	0.917	12	0.266

Nota: Elaboración propia

Figura 29

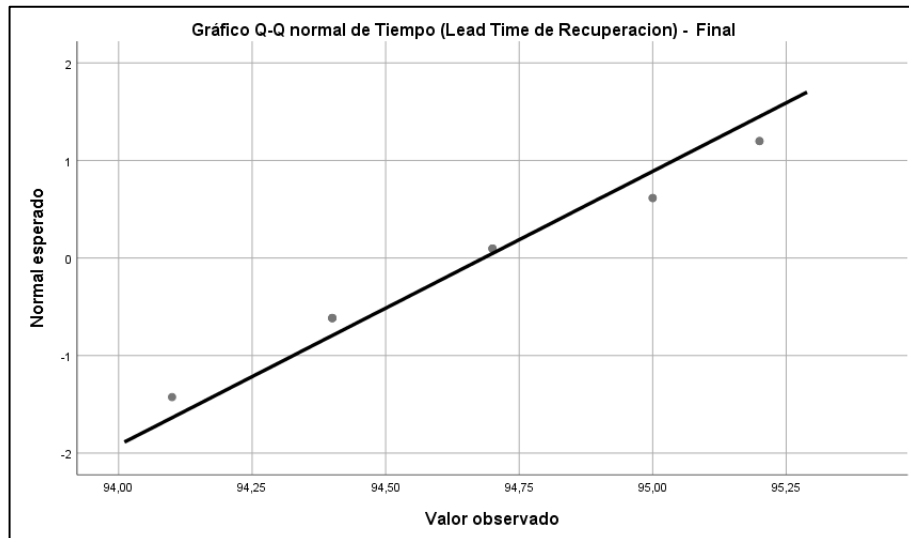
Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión tiempo de recuperación - escenario inicial



Nota: Elaboración propia

Figura 30

Prueba de normalidad Shapiro Wilk para sub-dimensión lead time de recuperación - escenario final



Nota: Elaboración propia

En la tabla 31 y figura 29 se observa que el subdimensión tiempo inicial tiene un P valor de 0.888 el cual es mayor a Alpha (α). Asimismo, en la tabla 30 y figura 30 se observa que el subdimensión tiempo de recuperación final tiene un P valor de 0.266 el cual también es mayor a Alpha (α). De lo mencionado anteriormente la subdimensión tiempo tanto en el inicial y final sus datos presentan una distribución normal puesto que los resultados de la prueba de normalidad son mayores a 0.05.

Tabla 32

Correlación de Pearson entre el tiempo y productividad antes de la aplicación

Correlaciones			
		Tiempo (Lead Time de Recuperación) - Inicial	Productividad total - Inicial
Tiempo (Lead Time de Recuperación) - Inicial	Correlación de Pearson	1	1,000**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	12	12
Productividad total - Inicial	Correlación de Pearson	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	12	12

Nota: Elaboración propia

Tabla 33

Correlación de Pearson entre tiempo y productividad después de la aplicación

Correlaciones			
		Tiempo (Lead Time de recuperación) - Final	Productividad total - Final
Tiempo (Lead Time de Recuperación) - Final	Correlación de Pearson	1	,996**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	12	12
Productividad total - Final	Correlación de Pearson	,996**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	12	12

Nota: Elaboración propia

4. Lectura P Valor

En la tabla 32 se observa que la correlación de Pearson entre el tiempo y la productividad en el escenario inicial, es decir antes de la aplicación de Lean Manufacturing tiene un P valor de 0.000, el cual es menor al Alpha (α). Por otro lado, en la tabla 33 se observa que la correlación de Pearson entre el tiempo y la productividad en el escenario final, es decir después de la aplicación Lean Manufacturing tiene un P valor de 0.000 donde es menor al Alpha (α).

5. Tomar una decisión

En la tabla 32 la correlación de Pearson entre el tiempo y la productividad en el escenario inicial muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, que existe relación positiva entre el tiempo y la productividad en el escenario inicial, observando que la correlación es de 1, donde se establece que existe una relación directamente proporcional y de nivel muy bueno. En la tabla 33 la correlación de Pearson entre el tiempo y la productividad en el escenario final muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, que existe relación positiva entre el tiempo y la productividad en el escenario final, observando que la correlación es de 0.996 donde se establece que existe una relación directamente proporcional y de nivel muy bueno. Por lo tanto, existe relación entre el tiempo y la productividad antes y después de la aplicación del Lean Manufacturing.

Prueba T de Student

Debido a que la sub-dimension tiempo antes y después de la aplicación del Lean Manufacturing presentan una distribución normal y; a su vez presenta una correlación con la variable productividad, se realizó la prueba estadística T-Student para determinar la existencia de una diferencia significativa entre las medias del antes y después de la sub-dimension tiempo.

1. Definir hipótesis

H0: La mejora del tiempo NO tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

H1: La mejora del tiempo tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

2. Nivel de significancia

Nivel de significancia α (α) es igual a 0.05

3. Prueba estadística

Tabla 34

Prueba T - Student para la sub-dimension tiempo antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 0						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Diferencia de Tiempo (Final - Inicial)	14.701	11	0.000	13.9417	11.854	16.029

Nota: Elaboración propia

4. Lectura P valor

En la tabla 34 se observa que la prueba T-Student para la diferencia de la sub-dimensión tiempo entre el escenario inicial y final de la aplicación de Lean Manufacturing, muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia (α) que es de 0.05, además, se observa una diferencia de medias positiva de 13.9417.

5. Tomar una decisión

En la tabla 34 se observa que la prueba T-Student para la diferencia de la sub-dimensión tiempo entre el escenario inicial y final muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Además, se observa que hay una diferencia de medias de 13.9417 indicando que hay cambio positivo. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, **que la mejora del tiempo tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.**

Hipótesis específica 2

La mejora del costo influye positivamente en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

Prueba de coeficiente de correlación de Pearson

1. Definir hipótesis

H0: No existe relación entre el costo y la productividad antes y después de la aplicación.

H1: Existe relación entre el costo y la productividad antes y después de la aplicación.

2. Nivel de significancia

Nivel de significancia $alpha$ (α) es igual a 0.05

3. Prueba estadística

Tabla 35

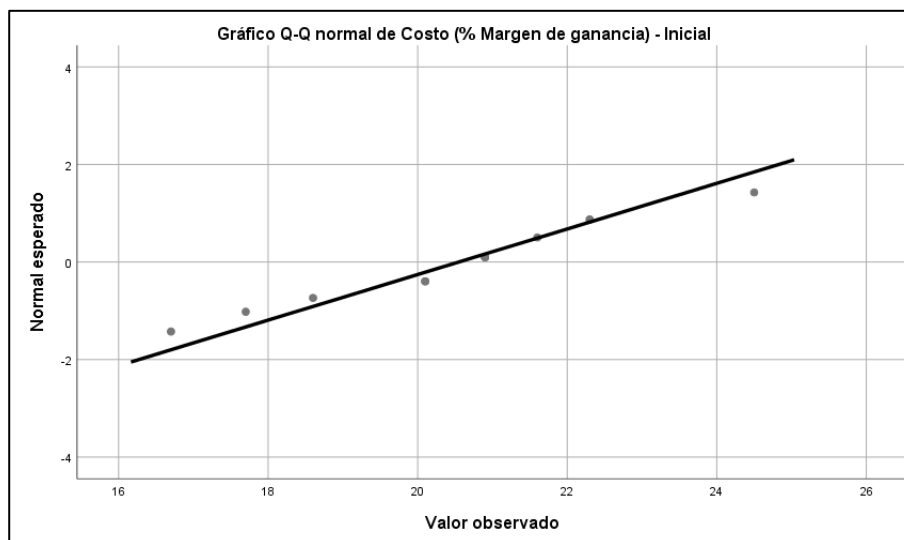
Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión costo antes y después de la aplicación.

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Costo (% Margen de ganancia) - Inicial	0.968	12	0.884
Costo (% Margen de ganancia) - Final	0.919	12	0.276

Nota: Elaboración propia

Figura 31

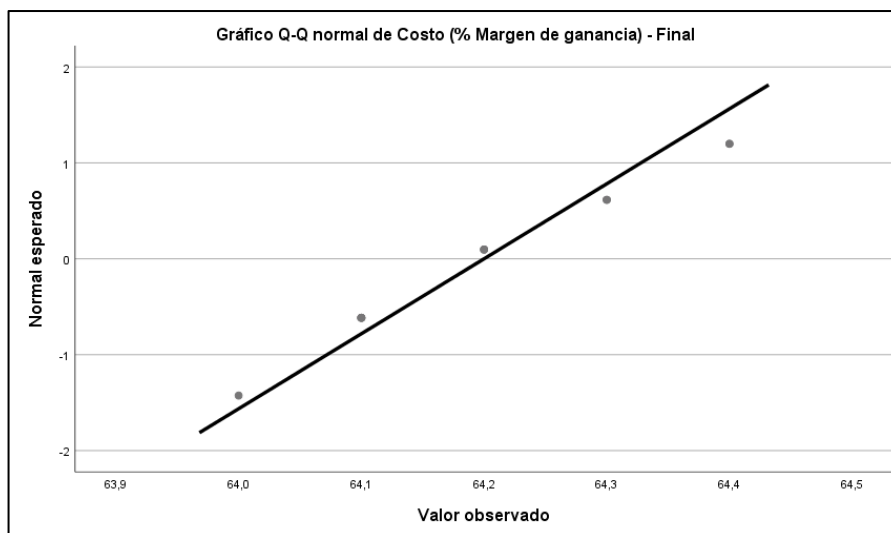
Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión costo - escenario inicial



Nota: Elaboración propia

Figura 32

Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión costo - escenario final



Nota: Elaboración propia

En la tabla 35 y figura 31 se observa que el subdimensión costo inicial tiene un P valor de 0.884 el cual es mayor a Alpha (α). Asimismo, en la tabla 35 y figura 32 se observa que el subdimensión costo final tiene un P valor de 0.276 el cual también es mayor a Alpha (α). De lo mencionado anteriormente la subdimensión costo tanto en el inicial y final sus datos presentan una distribución normal puesto que los resultados de la prueba de normalidad son mayores a 0.05.

Tabla 36

Correlación de Pearson entre costo y productividad antes de la aplicación

Correlaciones			
		Costo (% Margen de ganancia) - Inicial	Productividad total - Inicial
Costo (% Margen de ganancia) - Inicial	Correlación de Pearson	1	,999**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	12	12
Productividad total - Inicial	Correlación de Pearson	,999**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	12	12

Nota: Elaboración propia

Tabla 37

Correlación de Pearson entre costo y productividad después de la aplicación

Correlaciones			
		% Margen de ganancia - Final	Productividad total - Final
% Margen de ganancia - Final	Correlación de Pearson	1	,996**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	12	12
Productividad total - Final	Correlación de Pearson	,996**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	12	12

Nota: Elaboración propia

4. Lectura P valor

En la tabla 36 se observa que la correlación de Pearson entre el costo y la productividad en el escenario inicial, es decir antes de la aplicación de Lean Manufacturing tiene un P valor de 0.000, el cual es menor al Alpha (α). Por otro lado, en la tabla 37 se observa que la correlación de Pearson entre el costo y la productividad en el escenario final, es decir después de la aplicación Lean Manufacturing tiene un P valor de 0.000 donde es menor al Alpha (α).

5. Tomar una decisión

En la tabla 36 la correlación de Pearson entre el costo y la productividad en el escenario inicial muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, que existe relación positiva entre el costo y la productividad en el escenario inicial, observando que la correlación es de 0.999, donde se establece que existe una relación directamente proporcional y de nivel muy bueno. En la tabla 37 la correlación de Pearson entre el costo y la productividad en el escenario final muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, que existe relación positiva entre el costo y la productividad en el escenario final, observando que la correlación es de 0.996 donde se establece que existe una relación directamente proporcional y de nivel muy bueno. Por lo tanto, existe relación entre el costo y la productividad antes y después de la aplicación del Lean Manufacturing.

Prueba T de Student

Debido a que la sub-dimension costo antes y después de la aplicación del Lean Manufacturing presentan una distribución normal y; a su vez presenta una correlación con la variable productividad, se realizó la prueba estadística T-Student para determinar la existencia de una diferencia significativa entre las medias del antes y después de la sub-dimension costo.

1. Definir hipótesis

H0: La mejora del costo No influye positivamente en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

H1: La mejora del costo influye positivamente en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

2. Nivel de significancia

Nivel de significancia alpha (α) es igual a 0.05

3. Prueba estadística

Tabla 38

Prueba T - Student para la sub-dimension costo antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 0						
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
				Inferior	Superior	
Diferencia de Costo (Final – Inicial)	69.876	11	0.000	43.6500	42.275	45.025

Nota: Elaboración propia

4. Lectura P valor

En la tabla 38 se observa que la prueba T-Student para la diferencia de la sub-dimensión costo entre el escenario inicial y final de la aplicación de Lean Manufacturing, muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia (α) que es de 0.05, además, se observa una diferencia de medias positiva de 43.6500.

5. Tomar una decisión

En la tabla 38 se observa que la prueba T-Student para la diferencia de la sub-dimensión costo entre el escenario inicial y final muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Además, se observa que hay una diferencia de medias de 43.6500 indicando que hay cambio positivo. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, que **la mejora del costo influye positivamente en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.**

Hipótesis específica 3

La mejora de calidad tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.

Prueba de coeficiente de correlación de Pearson

1. Definir hipótesis

H₀: No existe relación entre la calidad y productividad antes y después de la aplicación.

H₁: Existe relación entre la calidad y productividad antes y después de la aplicación.

2. Nivel de significancia

Nivel de significancia α es igual a 0.05

3. Prueba estadística

Tabla 39

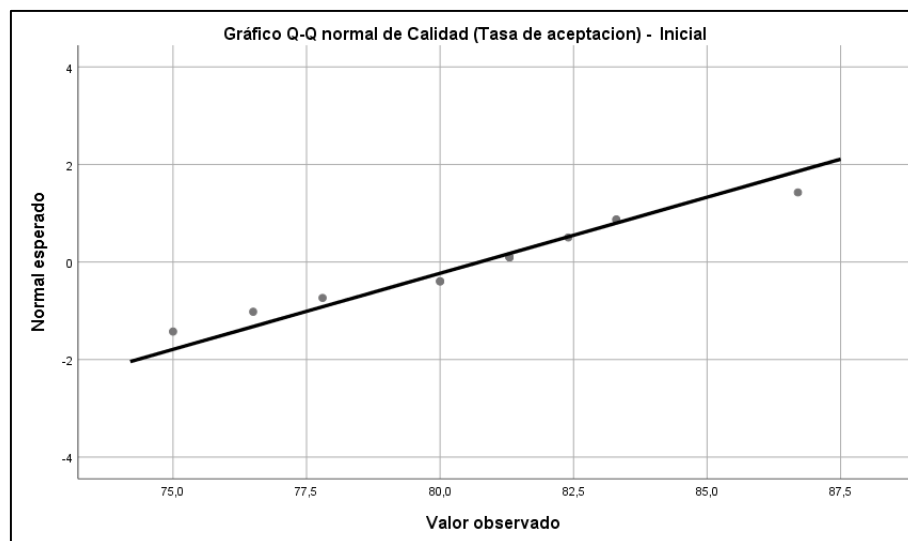
Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión calidad antes y después de la aplicación.

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Calidad (Tasa de aceptación) - Inicial	0.968	12	0.888
Calidad (Tasa de aceptación) - Final	0.917	12	0.266

Nota: Elaboración propia

Figura 33

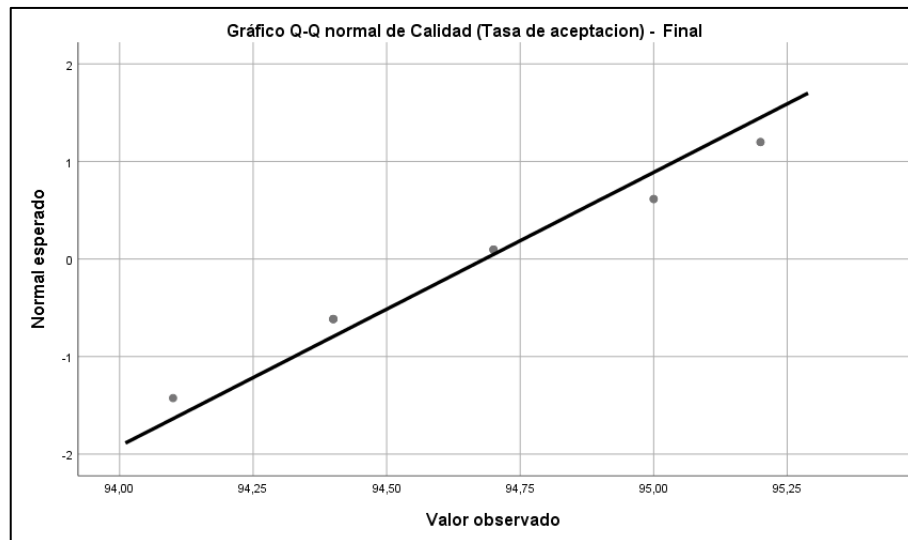
Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión calidad - escenario inicial



Nota: Elaboración propia

Figura 34

Prueba de normalidad Shapiro Wilk para la sub-dimensión calidad - escenario final



Nota: Elaboración propia

En la tabla 39 y figura 33 se observa que el subdimensión calidad inicial tiene un P valor de 0.888 el cual es mayor a Alpha (α). Asimismo, en la tabla 39 y figura 34 se observa que el subdimensión costo final tiene un P valor de 0.266 el cual también es mayor a Alpha (α). De lo mencionado anteriormente la subdimensión calidad tanto en el inicial y final sus datos presentan una distribución normal puesto que los resultados de la prueba de normalidad son mayores a 0.05.

Tabla 40

Correlación de Pearson entre calidad y productividad antes de la aplicación

Correlaciones			
		Calidad (Tasa de aceptación) - Inicial	Productividad total - Inicial
Calidad (Tasa de aceptación) - Inicial	Correlación de Pearson	1	1,000**

	Sig. (bilateral)		0.000
	N	12	12
Productividad total - Inicial	Correlación de Pearson	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	12	12

Nota: Elaboración propia

Tabla 41

Correlación de Pearson entre calidad y productividad después de la aplicación

Correlaciones			
		Calidad (Tasa de aceptación) - Final	Productividad total - Final
Calidad (Tasa de aceptación) - Final	Correlación de Pearson	1	,996**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	12	12
Productividad total - Final	Correlación de Pearson	,996**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	12	12

Nota: Elaboración propia

4. Lectura P valor

En la tabla 40 se observa que la correlación de Pearson entre la calidad y la productividad en el escenario inicial, es decir antes de la aplicación de Lean Manufacturing tiene un P valor de 0.000, el cual es menor al Alpha (α). Por otro lado, en la tabla 41 se observa que la correlación de Pearson entre la calidad y la productividad en el escenario final, es decir después de la aplicación Lean Manufacturing tiene un P valor de 0.000 donde es menor al Alpha (α).

5. Tomar una decisión

En la tabla 40 la correlación de Pearson entre la calidad y la productividad en el escenario inicial muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, que existe relación positiva entre la calidad y la productividad en el escenario inicial, observando que la correlación es de 1, donde se establece que existe una relación directamente proporcional y de nivel muy bueno. En la tabla 41 la correlación de Pearson entre calidad y la productividad en el escenario final muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, que existe relación positiva entre la calidad y la productividad en el escenario final, observando que la correlación es de 0.996 donde se establece que existe una relación directamente proporcional y de nivel muy bueno. Por lo tanto, existe relación entre la calidad y la productividad antes y después de la aplicación del Lean Manufacturing.

Prueba T de Student

Debido a que la sub-dimension calidad antes y después de la aplicación del Lean Manufacturing presentan una distribución normal y; a su vez presenta una correlación con la variable productividad, se realizó la prueba estadística T-Student para determinar la existencia de una diferencia significativa entre las medias del antes y después de la sub-dimension calidad.

1. Definir hipótesis

H0: La mejora de calidad NO tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022

H1: La mejora de calidad tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022

2. Nivel de significancia

Nivel de significancia alpha (α) es igual a 0.05

3. Prueba estadística

Tabla 42

Prueba T - Student para la sub-dimension calidad antes y después de la aplicación de Lean Manufacturing

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 0						
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
				Inferior	Superior	
Diferencia de Calidad (Final – Inicial)	14.701	11	0.000	13.9417	11.854	16.029

Nota: Elaboración propia

4. Lectura P valor

En la tabla 42 se observa que la prueba T-Student para la diferencia de la sub-dimensión calidad entre el escenario inicial y final de la aplicación de Lean Manufacturing, muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel de significancia (α) que es de 0.05, además, se observa una diferencia de medias positiva de 13.9417.

5. Tomar una decisión

En la tabla 42 se observa que la prueba T-Student para la diferencia de la sub-dimensión calidad entre el escenario inicial y final muestra un P valor de 0.000 siendo menor al nivel significancia de 0.05, de acuerdo con el criterio teórico de decisión, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna. Además, se observa que hay una diferencia de medias de 13.9417 indicando que hay cambio positivo. Por consiguiente, se afirma con un nivel de confianza del 95%, que **la mejora de calidad tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022.**

CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Interpretación comparativa con los antecedentes de la investigación

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alterna general, establece que la aplicación del Lean Manufacturing influye positivamente en la productividad en una empresa metalmeccánica, Lima 2022, esto se debe por la prueba T de student donde se obtuvo un P valor de 0.000 y una diferencia de medias de 30.13, indicando que el cambio es positivo. Esto quiere decir que la aplicación de Lean Manufacturing tiene una gran influencia en la productividad de una empresa metalmeccánica y de esta manera poder cumplir con los objetivos trazados por la empresa.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Vargas (2022) quien menciona que la aplicación de Lean Manufacturing mejora la productividad en el proceso de producción de adhesivos acuosos en una empresa manufacturera, hecho quedo demostrado en la prueba de hipótesis donde utiliza el software Minitab y realiza la comparación entre la productividad entre el 2019 y 2018, obteniendo una diferencia de medias positivo de 1.0289, lo cual se comprueba la mejora de la productividad en el 2019.

También guarda relación con Castañeda y Pereda (2021) donde realizan la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa manufacturera, hecho quedo demostrado en la prueba de hipótesis T de Student para muestras emparejadas utilizando el software SPSS versión 22 donde se obtuvo un P valor de 0.002 y aceptando la hipótesis alterna donde la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing si mejoran la productividad en una empresa manufacturera. Para este caso se observa que los autores usan una prueba T de Student para muestras emparejadas y en la investigación actual

se utilizó la prueba de T de Student para una muestra, hay que mencionar que ambas pruebas darán el mismo resultado puesto que en la prueba T de Student para muestras emparejadas se utilizan los datos del después y el antes, y en la prueba T de Student para una muestra utiliza como una sola data que es el resultado de la diferencia entre el después y el antes.

Por otro lado Vega y Llanqui (2022) no concuerdan en los resultados con la presente investigación, esto se debe que su tesis es descriptivo y realizan encuestas a los trabajadores de la empresa, al ser datos no paramétricos se utiliza la correlación de Spearman, donde se obtiene una relación muy buena de 0.946 entre las herramientas de Lean Manufacturing y la productividad, sin embargo no se realizó una aplicación real de herramientas Lean Manufacturing donde se pueda observar si existe una mejora y/o impacto en la productividad.

4.1.2. Limitaciones al estudio

Se encontraron limitaciones respecto a la consolidación de la data lo cual en un inicio estaba desordenada y se realizó un análisis, organización y clasificación de la información, además, se realizó las mediciones en la misma operación con la finalidad de constatar con la data que había sido recopilada anteriormente, se tuvo que consultar con otras áreas el tema relacionado a costos ya que esta información es de índole confidencial para la empresa.

La empresa no autoriza colocar los nombres reales de las piezas, esto debido a la ley N°29733 que refiere a la protección de datos personales. Se tuvo que codificar mediante letras del alfabeto de manera aleatorio y de esta manera evitar divulgar cualquier tipo de información confidencial. Para la pieza donde se analizó el proceso de recuperación y fue motivo de estudio se denominó pieza “X”.

Respecto a la validación de instrumento a través de juicio de expertos, se tuvo demoras para conseguir ingenieros colegiados y hagan la validación respectiva. Para la

presente investigación se consiguió la validación por 3 ingenieros industriales con experiencia en procesos.

Durante la primera etapa de implementación y control se tuvo que realizar jornadas laborales extras, primero para explicar a los operarios el beneficio del proyecto, segundo, contar con el apoyo de los operarios de mayor experiencia y poder establecer planes de acción concretos y objetivos.

4.1.3. Implicancias

Implicancia Social: La presente investigación propone contratar un practicante de ingeniería industrial, generando un puesto de trabajo adicional. Esta persona se dedicará a observar y medir los tiempos de los procesos de recuperación de otras piezas con el fin de detectar los factores que no agregan valor al cliente de esta manera se podrá aplicar las herramientas de Lean Manufacturing a otros tipos de piezas.

Implicancia Practica: La presente investigación propone mejorar el proceso de recuperación para las piezas tipo X en una empresa metalmecánica y de esta manera contribuir con los objetivos de la organización con una mayor rentabilidad. Asimismo, al reducir los reprocesos permitirá que la operación ya no realice horas extras para cumplir con las fechas de entrega.

Implicancia Económica: La presente investigación propone reducir las mermas económicas, esto se ve reflejado reduciendo los productos no conformes, al reducir los reprocesos se optimiza el consumo de insumos, hora - máquinas y hora – hombre

4.2. Conclusiones

Con la aplicación de Lean Manufacturing, se tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022. Hecho que se pudo evidenciar en la tabla 11 con una variación positiva porcentual promedio de 35.95% para la productividad de materia prima y una variación positiva porcentual promedio de 73.59 % en productividad de mano de obra. Además, en la tabla 24 se evidenció científicamente con la prueba estadística “T” de Student de una cola o muestra, para un 95% de confianza.

Con la mejora del tiempo, se tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022. Hecho que se pudo evidenciar en la tabla 14 con una variación positiva porcentual promedio de 17.5% respecto al lead time de recuperación para las piezas X. Además, en la tabla 28 se evidenció científicamente con la prueba estadística “T” de Student de una cola o muestra, para un 95% de confianza.

Con la mejora del costo, se tiene una influencia positiva en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022. Hecho que se pudo evidenciar en la tabla 17 con un incremento en el margen de ganancia de 40% aproximadamente en la recuperación de las piezas tipo X. Además, en la tabla 32 se evidenció científicamente con la prueba estadística “T” de student de una cola o muestra, para un 95% de confianza.

Con la mejora de la calidad, se tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022. Hecho que se pudo evidenciar en la tabla 20 con una variación positiva porcentual promedio de 17.5% en lo que respecta a la tasa de aceptación para la recuperación de piezas tipo X. Además, en la tabla 36 se evidenció científicamente con la prueba estadística “T” de student de una cola o muestra, para un 95% de confianza.

En conclusión, al análisis económico que se obtuvo de la aplicación del Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022, se identificó los resultados respecto al valor actual neto de la inversión que englobó los costos de la inversión en la aplicación de Lean Manufacturing para el proceso de recuperación de las piezas tipo X mostrando un resultado de VAN de \$ 26,995 y TIR de 72% indicando que el proyecto es rentable para la empresa.

REFERENCIAS

- Alvarez, R., & Diaz, F. (2019) *Aplicación de manufactura esbelta para incrementar la productividad de la empresa Calzados Joana, 2019*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/70739>
- Arana, R. (2018) *Implementación de la metodología Lean Manufacturing en proceso productivo de fabricación de suelas de poliuretano*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11168>
- Arce, F. (2017) *Manufactura esbelta para elevar la productividad en una empresa manufacturera de línea blanca, Lurin -2017*. [Tesis de Maestría, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/8589>
- Arroyo, N. (2018) *implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/9778>
- Bances, R. (2017) *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánica Wensay Aceros S.A., Puente Piedra, 2017*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1387>
- Benites, J. (2018) *Uso de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la industria metalmecánica: revisión sistemática*. [Trabajo de investigación, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14221>

- Canahua, N. (2021) *Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia OEE de la producción de repuestos en una empresa metalmecánica*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16972>
- Carrillo, J. (2021) *Implementación de Lean Manufacturing y su asociación con la sostenibilidad de las PYMES; del sector metalmecánica ubicadas en Lima 2018*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional Federico Villarreal].
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4960>
- Castañeda, S., & Pereda, C. (2021) *Aplicación de las herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa manufacturera, 2021*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Cesar Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84144>
- Escalante, A., & Valencia, G. (2019) *Propuesta de mejora de procesos utilizando herramientas de Lean Manufacturing en la confección de calentadores de brazo para elevar la productividad en una Pyme textil de Arequipa*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Católica San Pablo]. <http://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/15992>
- Gálvez, M. (2018) *Mejora de la productividad en la unidad de desarrollo de producto en una empresa de confecciones mediante herramientas Lean Manufacturing*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8971>

- De la Guarda, N. (2021) *Mejora del proceso de producción de jabones líquidos a traes de la manufactura esbelta*. [Tesis para el grado de bachiller, Universidad de Lima].
<https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/13301>
- Contreras, N., Huertas, J., & Portugal, A. (2018) *Implementación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en planta de producción de galletas*. [Tesis de Maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625600>
- Lipa, E. (2019) *Uso de herramientas de optimización de procesos de producción en la industria metalmecánica: revisión sistemática*. [Trabajo de investigación, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/23714>
- Macavilca, O. (2019) *Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora en el sistema de producción de una empresa metalmecánica*. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/14835>
- Mendoza, M. (2021) *Mejora del proceso de fabricación de portapapeles en una empresa de sector de plásticos, usando herramientas de Lean Manufacturing*. [Tesis de Título Profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú].
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/21994>
- Ramos, Y. (2021) *Mejora del proceso de confección de polos de una empresa textil, aplicando las herramientas de Lean Manufacturing*. [Tesis de Título Profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú].
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/22013>

- Monja, J., & Panta, T. (2022) *Propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la empresa Insumex S.A.* [Tesis de Título Profesional, Universidad Privada Antenor Orrego].
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/8757>
- Reyes, H. (2021) *Propuesta de mejora de los procesos productivos en una fábrica en Arequipa – Perú aplicando la metodología del Lean Manufacturing.* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16392>
- Rubio, V. (2018) *Aplicación de manufactura esbelta en el proceso de producción para incrementar la productividad en la empresa de manufacturas Claudinne S.A.C 2018.* [Tesis de Título Profesional, Universidad Cesar Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25283>
- Temoche, A. (2019) *Aplicación del modelo Lean Manufacturing en empresas de confección del parque industrial del Asentamiento Humano de Huaycán.* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal].
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3177>
- Heredia, A., & Gonzales, F. (2022) *Propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing en las áreas de producción y almacén para incrementar la productividad de la empresa Bibenor S.A.C Trujillo, 2020.* [Tesis de Título Profesional, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30966>

- Cecias, J., & Polo, D. (2019) *Desarrollo de manufactura esbelta en la empresa ITEMSA Perú S.A.C, Chimbote - 2018*. [Tesis de Título Profesional, Universidad San Pedro].
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14227>
- Azalgara, R. (2021) *Uso del Single Minute Exchange Die (SMED) del Lean Manufacturing para optimizar los tiempos de cambio de medida de una Línea de producción del rubro metalmecánica*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/13593>
- Vargas, E. (2022) *Aplicación del Lean Manufacturing para la mejora de la productividad en el proceso de producción de Adhesivos acuosos en una empresa manufacturera*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/18170>
- Vega, L., & Llanqui, J. (2022) *Las herramientas de Lean Manufacturing y la incrementación de la productividad en la empresa Kian 2021*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/6297>
- Zare, R. (2017) *Plan de mejora con Manufactura Esbelta para incrementar la productividad en una empresa agroindustrial de la Libertad*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30905>
- Lema, O., & Apupalo, T. (2019) *Implementación de un sistema de control y análisis de la producción en la empresa Curtiembre Quisapincha aplicando las herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad*. [Tesis de Título Profesional,

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13518>

Aguirre, Y. (2014) *Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en la Pymes*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/54090>

Verdugo, M. (2021) *Propuesta para la implementación de herramientas Lean Manufacturing en una empresa fabricante de materiales de fricción para sistemas de frenos*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80242>

Gaona, D., & Ahumada, E. (2018) *Evaluación y mejora de la productividad en la empresa Impresos Proarli S.A.S a partir de la implementación de la metodología Lean Manufacturing*. [Tesis de Título Profesional, Universidad de Cundinamarca]. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2136>

Jiménez, H. (2022) *Diseño de un modelo de gestión de proceso para la mejora de la productividad en la fabricación de cerraduras de combinación con la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en una microempresa mecánica*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22875>

Gómez, W. (2021) *Manufactura esbelta para reducir los desperdicios en un taller de matricería*. [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato].

- Gómez, W. (2021) *Manufactura esbelta para la optimización de la productividad en la línea de ensamble de puertas de refrigeración*. [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato].
- Ocaña, F. (2022) *Plan de mejoramiento de la productividad a través de herramientas Lean Manufacturing para la disminución de desperdicios en el proceso de empacado y almacenamiento de la empresa Mascorona y Soleg Cia LTDA*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Técnica de Ambato].
- Molina, A. (2016) *Lean Manufacturing en un centro de distribución para incrementar la productividad*. [Tesis de Título Profesional, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/63084>
- Socconini Pérez Gómez, L. V. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso*. Marge Books. <https://elibro.bibliotecaupn.elogim.com/es/lc/upnorte/titulos/117567>
- Madariaga, F. (2021). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva a la familia de productos mediante procesos discretos*. George Grantham Bain Collection (Library of Congress)
- Domínguez, J.; Álvarez, J.; Domínguez, A.; Gracias, S. y Ruiz, A. (1998) *Dirección de Operaciones: Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. McGrawHill
- Garay, G., Cárdenas, J. y Flores, J. (2021). *El proyecto de investigación, guía de elaboración*. <http://editorialacademica.ga/wp-content/uploads/2021/11/el-proyecto-de-investigación-guia-para-su-elaboración.pdf>

- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI. <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnicas-e-implantacion>
- Julca Huaman, R. y Ramos Farroñan, E. (2018) Propuesta de mejora de procesos mediante lean manufacturing para incrementar la productividad en una empresa de Chiclayo. Rev. Tzhoecoen julio – septiembre. VOL. 10 / N° 3, ISSN: 1997-8731. <https://doi.org/10.26495/rtzh1810.327832>
- Tapia Coronado, J., Escobedo Portillo, T., Barrón López, E., Martínez Moreno, G., & Estebané Ortega, V. (2017). Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria. Ciencia & trabajo, 19(60), 171-178. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492017000300171>
- Vargas Crisóstomo, E., & Camero Jiménez, J. (2021). Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. Industrial Data, 24(2), 249-271. Epub 31 de diciembre de 2021. <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i2.19485>
- Vargas Hernández, J., Muratalla Bautista, G., & Jiménez Castillo, M. (2018). Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta lean manufacturing. Ciencias administrativas, (11), 81-95. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-37382018000200081&lng=es&tlng=es.
- Canahua Apaza, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos

- en una empresa metalmecánica. *Industrial Data*, 24(1), 49-76. Epub 00 de enero de 2021. <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>
- Ibarra Balderas, V., & Ballesteros-Medina, L. (2017). *Manufactura Esbelta. Conciencia Tecnológica*, (53), ISSN: 1405-5597. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94453640004>
- Carrillo Landazábal, M., Alvis Ruiz, C., Mendoza Álvarez, Y., & Cohen-Padilla, H. (2019). *Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. SIGNOS-Investigación en Sistemas de Gestión*, 11(1),71-86. ISSN: 2145-1389. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560465980005>
- Piña Domínguez, R., León Balderrama, J. I., & Martín Preciado Rodríguez, J. (2018). Nivel de implementación de la manufactura esbelta en la industria maquiladora de Hermosillo y Guaymas-Empalme, Sonora. *RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Infomática*, 7(20),36-51. ISSN.<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637968308003>
- Banco Central de Reserva del Perú. Curva de rendimiento DC BCRP. <https://www.bcrp.gob.pe/estadisticas/curva-de-rendimiento-de-cd-bcrp.html>
- Sociedad Nacional de Industrias (octubre 2022) <https://sni.org.pe/37-industria-metalmeccanica/>
- Damodaran. Valor de prima de riesgo. <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- Ibarra Balderas, V., & Ballesteros Medina, L. (2017) *Manufactura Esbelta. Conciencia Tecnológica* No. 53: 54-58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6407912>

Rojas Jauregui, A., & Gisbert Soler, V. (2017) Lean Manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 116-124. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.116-124/>

Fontalvo Herrera, T., De La Hoz-Granadillo, E., & Morelos-Gómez, J. (2017) La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. Dimensión Empresarial, 15(2), 47-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i2.1375>

Escalda Villalobos, I., Jara Valdes, P., Letzkus Palavecino, M. (2016) Mejora de procesos productivos mediante lean manufacturing. Trilogía. Facultad de administración y economía. <http://repositorio.utem.cl/handle/30081993/992>

ANEXOS

ANEXO N° 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Sub - Dimensiones	Indicadores	Formula	Tipo de variables
Lean Manufacturing	Según Socconini (2019) lo define como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo y trabajo; esta eliminación de desperdicios se realiza mediante equipos de trabajo de personas bien organizadas y capacitadas.	Tiempo de espera	Tiempo	% Lead Time de Recuperación	$100\% - \left(\frac{\text{Tiempo Real} - \text{Tiempo STD}}{\text{Tiempo STD}} \right) \times 100\%$	Porcentual
		Reproceso	Costo	% Ganancia	$\left(\frac{\text{Margen de ganancia}}{\text{Costo Venta}} \right) \times 100\%$	Porcentual
			Calidad	Tasa de aceptación	$\left(\frac{\# \text{Piezas aceptadas}}{\# \text{Total de piezas}} \right) \times 100\%$	Porcentual
Productividad	Según Domínguez, Álvarez, Domínguez, García y Ruiz (1998) mencionan que la productividad es sin duda un indicador de la eficiencia, midiendo, para un cierto periodo de tiempo, la relación entre la producción obtenida y la cantidad de factores empleados para obtenerla.	Productividad	Productividad de Materia Prima	% Productividad de Materia Prima	$\left(\frac{\text{Productividad de MP obtenido}}{\text{Productividad de MP estandar}} \right) \times 100\%$	Porcentual
			Productividad de Mano de Obra	% Productividad de Mano de Obra	$\left(\frac{\text{Productiidad MO obtenido}}{\text{Productiidad MO estandar}} \right) \times 100\%$	Porcentual

ANEXO N° 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa metalmeccánica, Lima 2022						
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Dimensión	Indicadores	Metodología
¿Cómo influye la aplicación de Lean Manufacturing en la productividad en una empresa metalmeccánica, Lima 2022?	Determinar el efecto de la aplicación de Lean Manufacturing en la productividad en una empresa metalmeccánica, Lima 2022.	La aplicación de Lean Manufacturing influye positivamente en la productividad de una empresa metalmeccánica, Lima 2022.	Lean Manufacturing	Tiempo de espera	% Lead Time de Fabricación	Tipo de investigación: Aplicada
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		Reproceso	% Ganancia	Nivel de investigación: Explicativo Diseño de investigación: Cuasi experimental
P1. ¿Cómo influye la mejora del tiempo en la productividad de una empresa metalmeccánica, Lima 2022?	O1. Establecer el efecto de la mejora del tiempo en la productividad de una empresa metalmeccánica, Lima 2022.	H1. La mejora del tiempo tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmeccánica, Lima 2022.				
P2. ¿Cuál es influencia de la mejora de costos en la productividad de una empresa metalmeccánica, Lima 2022?	O2. Demostrar la influencia de la mejora del costo en la productividad de una empresa metalmeccánica, Lima 2022.	H2. La mejora del costo influye positivamente en la productividad en una empresa metalmeccánica, Lima 2022.	Productividad	Tasa de aceptación	técnica de recolección de datos: Observación Análisis documental	
P3. ¿Cómo influye la mejora de calidad de manufactura en la productividad de una empresa metalmeccánica, Lima 2022?	O3. Establecer el efecto de mejora de la calidad en la productividad de una empresa metalmeccánica, Lima 2022.	H3. La mejora de calidad tiene un efecto positivo en la productividad en una empresa metalmeccánica, Lima 2022.				Productividad de Materia Prima
				Productividad de Mano de obra	% Productividad de Mano de Obra	

ANEXO N° 3: BASE DE DATOS ESCENARIO INICIAL

LEAN MANUFACTURING										
Mes	Calidad			Costo				Tiempo		
	Piezas aceptadas	Total de piezas	Tasa de aceptación	Valor Venta	Costo real	Margen	%Margen de ganancia	Tiempo estándar	Tiempo Real	% Lead Time de Fabricación
Mes 1	12	15	80.0%	22500	17988.48	4511.52	20.1%	104.1	124.92	80.0%
Mes 2	13	16	81.3%	24000	18987.84	5012.16	20.9%	111.04	131.86	81.3%
Mes 3	14	17	82.4%	25500	19987.2	5512.8	21.6%	117.98	138.8	82.4%
Mes 4	14	18	77.8%	27000	21985.92	5014.08	18.6%	124.92	152.68	77.8%
Mes 5	15	18	83.3%	27000	20986.56	6013.44	22.3%	124.92	145.74	83.3%
Mes 6	12	16	75.0%	24000	19987.2	4012.8	16.7%	111.04	138.8	75.0%
Mes 7	12	15	80.0%	22500	17988.48	4511.52	20.1%	104.1	124.92	80.0%
Mes 8	13	17	76.5%	25500	20986.56	4513.44	17.7%	117.98	145.74	76.5%
Mes 9	13	16	81.3%	24000	18987.84	5012.16	20.9%	111.04	131.86	81.3%
Mes 10	15	18	83.3%	27000	20986.56	6013.44	22.3%	124.92	145.74	83.3%
Mes 11	13	16	81.3%	24000	18987.84	5012.16	20.9%	111.04	131.86	81.3%
Mes 12	13	15	86.7%	22500	16989.12	5510.88	24.5%	104.1	117.98	86.7%

PRODUCTIVIDAD							
Productividad de Materia Prima				Productividad de Mano de Obra			
Cantidad de alambre utilizado	Unidades producidas	Productividad de materia prima	% Productividad de materia prima	Horas empleadas	Unidades producidas	Productividad de mano de obra	% Productividad de mano de obra
56.94	15	0.263	55.6%	124.92	15	0.120	54.4%
60.10	16	0.266	56.1%	131.86	16	0.121	55.0%
63.26	17	0.269	56.7%	138.8	17	0.122	55.5%
69.59	18	0.259	54.5%	152.68	18	0.118	53.4%
66.43	18	0.271	57.1%	145.74	18	0.124	55.9%
63.26	16	0.253	53.3%	138.8	16	0.115	52.2%
56.94	15	0.263	55.6%	124.92	15	0.120	54.4%
66.43	17	0.256	54.0%	145.74	17	0.117	52.8%
60.10	16	0.266	56.1%	131.86	16	0.121	55.0%
66.43	18	0.271	57.1%	145.74	18	0.124	55.9%
60.10	16	0.266	56.1%	131.86	16	0.121	55.0%
53.77	15	0.279	58.8%	117.98	15	0.127	57.6%

ANEXO N° 4: BASE DE DATOS ESCENARIO FINAL

LEAN MANUFACTURING										
Mes	Calidad			Costo				Tiempo		
	Piezas aceptadas	Total de piezas	Tasa de aceptación	Valor venta	Costo real	Margen	%Margen de ganancia	Tiempo estándar	Tiempo Real	% Lead Time de Fabricación
Mes 1	20	21	95.2%	31500	11211.75	20288.3	64.4%	95.13	99.66	95.2%
Mes 2	17	18	94.4%	27000	9682.875	17317.1	64.1%	81.54	86.07	94.4%
Mes 3	18	19	94.7%	28500	10192.5	18307.5	64.2%	86.07	90.6	94.7%
Mes 4	17	18	94.4%	27000	9682.875	17317.1	64.1%	81.54	86.07	94.4%
Mes 5	19	20	95.0%	30000	10702.125	19297.9	64.3%	90.6	95.13	95.0%
Mes 6	18	19	94.7%	28500	10192.5	18307.5	64.2%	86.07	90.6	94.7%
Mes 7	20	21	95.2%	31500	11211.75	20288.3	64.4%	95.13	99.66	95.2%
Mes 8	17	18	94.4%	27000	9682.875	17317.1	64.1%	81.54	86.07	94.4%
Mes 9	18	19	94.7%	28500	10192.5	18307.5	64.2%	86.07	90.6	94.7%
Mes 10	17	18	94.4%	27000	9682.875	17317.1	64.1%	81.54	86.07	94.4%
Mes 11	19	20	95.0%	30000	10702.125	19297.9	64.3%	90.6	95.13	95.0%
Mes 12	16	17	94.1%	25500	9173.25	16326.8	64.0%	77.01	81.54	94.1%

PRODUCTIVIDAD							
Productividad de Materia Prima				Productividad de Mano de Obra			
Cantidad de alambre utilizado	Unidades producidas	Productividad de materia prima	% Productividad de materia prima	Horas empleadas	Unidades producidas	Productividad de mano de obra	% Productividad de mano de obra
57.99	21	0.362	76.4%	99.66	21	0.211	95.5%
50.08	18	0.359	75.8%	86.07	18	0.209	94.7%
52.72	19	0.360	76.0%	90.6	19	0.210	95.0%
50.08	18	0.359	75.8%	86.07	18	0.209	94.7%
55.36	20	0.361	76.2%	95.13	20	0.210	95.2%
52.72	19	0.360	76.0%	90.6	19	0.210	95.0%
57.99	21	0.362	76.4%	99.66	21	0.211	95.5%
50.08	18	0.359	75.8%	86.07	18	0.209	94.7%
52.72	19	0.360	76.0%	90.6	19	0.210	95.0%
50.08	18	0.359	75.8%	86.07	18	0.209	94.7%
55.36	20	0.361	76.2%	95.13	20	0.210	95.2%
47.45	17	0.358	75.6%	81.54	17	0.208	94.4%

ANEXO N° 5: PROCEDIMIENTO DE RECUPERACION DE PIEZA X

Instructivo Técnico	Código:	OTCO_IT_TMT_07
	Categoría:	Mediamente Importante
	Clasificación:	Privado
	Fecha de Aprobación:	15/01/2021

Recuperación de los Diámetros Exterior e Interior Pieza X

ZONA 1: RECUPERACIÓN DEL DIAMETRO DE ALOJAMIENTO DE SELLO (EXTERIOR)

I. PRE - MAGUINADO:

A. INSPECCION DEL TORNO VERTICAL

- Inspeccionar el funcionamiento del Torno Vertical considerando los siguientes aspectos:
 - ✓ Verificar el nivel de aceite de la máquina.
 - ✓ Verificar el ajuste del Chuck Independiente de 4 Mondazas.
 - ✓ Verificar el encendido de la máquina.
 - ✓ Verificar que el botón de emergencia esté funcionando correctamente.



Figura 4: Verificación del Torno Vertical

B. ALISTAMIENTO Y MONTAJE

- Montar el utilaje especial dentro del Carrier Seal, luego montar el componente en el torno vertical en el chuck independiente.

Nota: Tener cuidado en el montaje del Carrier Seal y no dañar la máquina, para ello utilizar tablas de elementos de protección y evitar golpear.

Instructivo Técnico	Código:	OTCO_IT_TMT_07
	Categoría:	Mediamente Importante
	Clasificación:	Privado
	Fecha de Aprobación:	15/01/2021

Recuperación de los Diámetros Exterior e Interior Pieza X




Figura 5: Montaje del Carrier Seal en el Torno Vertical

- Luego centramos el Carrier Seal, utilizando el reloj comparador y su base magnética en la base del carro transversal y tomamos como referencia el diámetro exterior del componente.

Nota: Manejar adecuadamente el reloj comparador, para su buen cuidado y uso.



Figura 6: Centrado del Carrier Seal

Instructivo Técnico	Código:	OTCO_IT_TMT_07
	Categoría:	Mediamente Importante
	Clasificación:	Privado
	Fecha de Aprobación:	15/01/2021

Recuperación de los Diámetros Exterior e Interior Pieza X

- Precalear superficies a metalizar que estén en contacto con aceite o humedad, para que cualquier rastro que haya quedado en las zonas porosas salgan a la superficie, verificar con el pirómetro la temperatura adecuada que no exceda los 70°C.

Nota1: Verificar el equipo para calentar (soplete - oxígeno y gas propano) antes de ser utilizado también revisar los conectores, descartar posibles fugas de gases, entre otros.

Nota2: Ante un exceso de humedad en el ambiente se debe precalear cerca a los 100°C.

Nota3: No precalear aleaciones con aluminio, esto acelera la tasa de oxidación.



Figura 16: Aplicación de Material Base 798

- Aplicar alambre base:
 - ✓ 798 (200 AMP - 29 VCLT - AIRE 47 PSI) - Alambre que permite mejor anclaje de adherencia para el metalizado (capa de 0.3 mm). Ver anexo 3



Instructivo Técnico	Código:	OTCO_IT_TMT_07
	Categoría:	Mediamente Importante
	Clasificación:	Privado
	Fecha de Aprobación:	15/01/2021

Recuperación de los Diámetros Exterior e Interior Pieza X

- Aplicar material de relleno (alambre de acabado) con capa de 1 mm:
 - ✓ 60T (200 AMP - 29 VCLT - AIRE 65 PSI) - Componentes Críticos donde trabajan rodavientos. Ver anexo 4



Figura 18: Aplicación de Alambre de Acabado

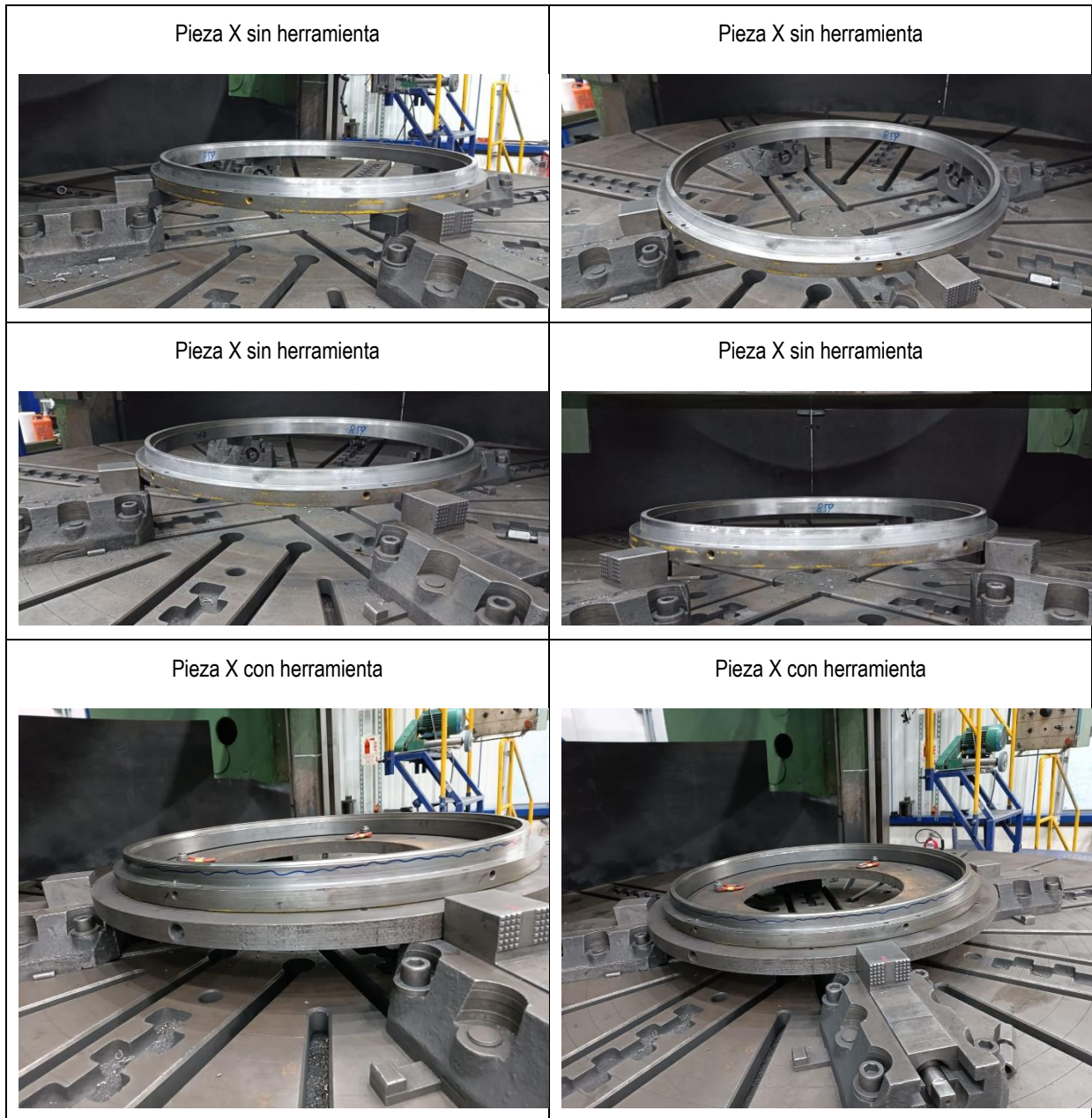
Nota1: Verificar el equipo para calentar (soplete - oxígeno y gas propano) antes de ser utilizado también revisar los conectores, descartar posibles fugas de gases, entre otros.

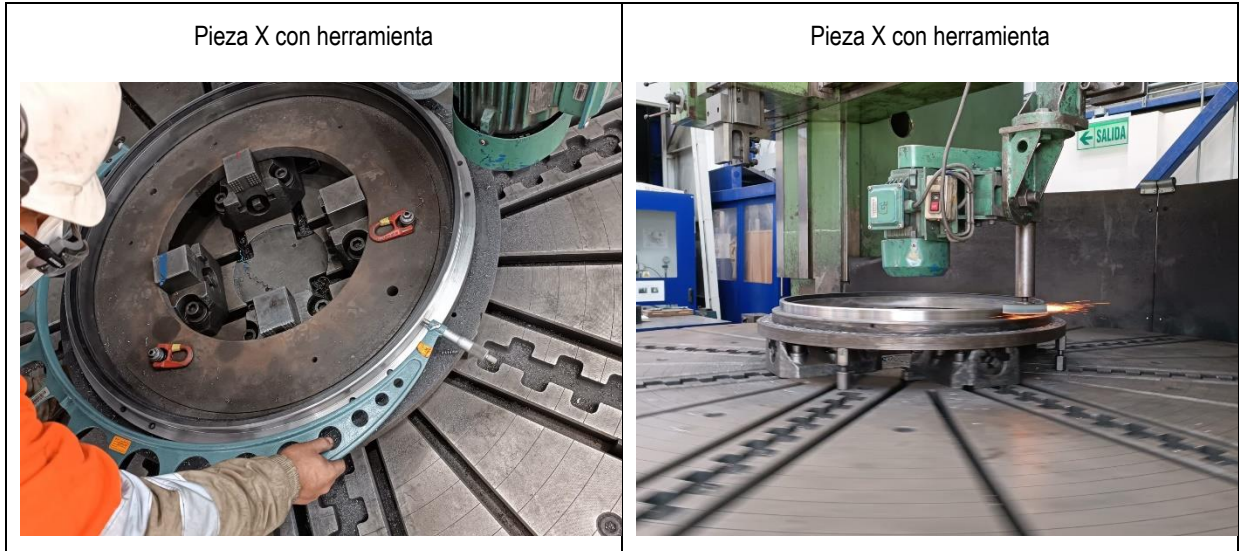
Nota2: Ante un exceso de humedad en el ambiente se debe precalear entre los 70 a 75°C.

C. METALIZADO DEL CARRIER SEAL

- Sujetar bien la pistola correctamente (con ambas manos) y mantener postura adecuada al encender la pistola.
 - Nota:** El ángulo de proyección de la pistola de respecto a la superficie a metalizar debe ser 70°
- Realizar el proceso de metalizado y verificar que la temperatura entre pasadas sea de manera continua.
 - Nota:** La distancia de aplicación de la pistola a la superficie debe estar alrededor de 127mm o 5".
- Se debe Controlar temperaturas por medio de un pirómetro:
 - ✓ No debe exceder de 250°C.
 - ✓ No dejar enfriar menos de 40°C.

ANEXO N° 6: REGISTRO FOTOGRAFICO





ANEXO N° 7: VALIDACIÓN DE JUCIO DE EXPERTO N°1

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

PERFIL DEL VALIDADOR	
Nombre y apellidos:	Yenifer Dany Cruz Hancoo
Cargo:	Supervisora Soporte Servicios
Institución /Empresa:	Komatsu Hulsui Maquinarias Perú
Código CIP	272196

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Revisar cada uno de los Ítems del instrumento y marcar con una "X" dentro del recuadro, según la calificación que asigne a cada indicador:

1. Deficiente (Menos del 30% del total de ítems cumple con el indicador)
2. Regular (Entre el 31% y 70% del total de ítems cumple con el indicador)
3. Buena (Más del 70% del total de ítems cumple con el indicador)

Aspectos de validación del instrumento		I	2	3	Sugerencias
Criterio	Indicador	D	R	B	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Los ítems responden a lo que se debe medir en la variable y sus dimensiones.			X	
Congruencia	Los ítems son congruentes entre sí y con el concepto que miden.			X	
Suficiencia	Los ítems son suficientes en cantidad para medir las variables.			X	
Objetividad	Los ítems miden comportamientos y acciones observables.			X	
Consistencia	Los ítems se han formulado en concordancia a los fundamentos teóricos de las variables.			X	
Organización	Los ítems están secuenciados y distribuidos de acuerdo a dimensiones e indicadores.			X	
Claridad	Los ítems están redactados en un lenguaje entendible para los sujetos a evaluar.			X	
Formato	Los ítems están escritos respetando aspectos técnicos (tamaño de letra, espaciado, nitidez)			X	

Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones, consignas y opciones de respuesta bien definidas.			X	
CONTEO TOTAL				30	
Realizar el conteo de acuerdo a puntuaciones asignadas a cada indicador		C	B	A	TOTAL

Coficiente de validez:

$$\frac{A+B+C}{30} = \frac{30}{30} = 1$$

Intervalos	Resultado
0,00 - 0,49	Validez nula
0,50 - 0,59	Validez muy baja
0,60 - 0,69	Validez baja
0,70 - 0,79	Validez aceptable
0,80 - 0,89	Validez buena
0,90 - 1,00	Validez muy buena

CALIFICACIÓN GLOBAL

Ubicar el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y escriba sobre el espacio el resultado.

Validez muy buena


YENIFER DANY CRUZ HANCO
 Ingeniera Industrial
 CIP N° 272196

Código CIP: 272196

Firma del validador

Lima, 29 de setiembre del 2022

ANEXO N° 7: VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO N°2

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

PERFIL DEL VALIDADOR	
Nombre y apellidos:	Antuanet Coral Vásquez
Cargo:	Ingeniera de Calidad y Procesos
Institución /Empresa:	Komatsu Mitsui Maquinarias Perú
Código CIP	267038

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Revisar cada uno de los ítems del instrumento y marcar con una "X" dentro del recuadro, según la calificación que asigne a cada indicador:

1. Deficiente (Menos del 30% del total de ítems cumple con el indicador)
2. Regular (Entre el 31% y 70% del total de ítems cumple con el indicador)
3. Buena (Más del 70% del total de ítems cumple con el indicador)

Aspectos de validación del instrumento		1	2	3	Sugerencias
Criterio	Indicador	D	R	B	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Los ítems responden a lo que se debe medir en la variable y sus dimensiones.			X	Se sugiere también incluir el índice de productividad con relación a las máquinas.
Congruencia	Los ítems son congruentes entre sí y con el concepto que miden.			X	
Suficiencia	Los ítems son suficientes en cantidad para medir las variables.			X	
Objetividad	Los ítems miden comportamientos y acciones observables.			X	
Consistencia	Los ítems se han formulado en concordancia a los fundamentos teóricos de las variables.			X	
Organización	Los ítems están secuenciados y distribuidos de acuerdo con dimensiones e indicadores.			X	
Claridad	Los ítems están redactados en un lenguaje entendible para los sujetos a evaluar.			X	

Formato	Los ítems están escritos respetando aspectos técnicos (tamaño de letra, espaciado, nitidez)			X
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones, consignas y opciones de respuesta bien definidas.			X
CONTEO TOTAL				10
Realizar el conteo de acuerdo con puntuaciones asignadas a cada indicador		C	B	A
				TOTAL

Coefficiente de validez:

$$\frac{A+B+C}{30} = 30/30$$

Intervalos	Resultado
0,00 - 0,49	Validez nula
0,50 - 0,59	Validez muy baja
0,60 - 0,69	Validez baja
0,70 - 0,79	Validez aceptable
0,80 - 0,89	Validez buena
0,90 - 1,00	Validez muy buena

CALIFICACIÓN GLOBAL

Ubicar el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y escriba sobre el espacio el resultado.

1
Validez muy buena


ANTUANET GERALDINE MIRIAM
CORAL VASQUEZ
 Ingeniera Industrial
 CIP N° 267038

Código CIP: 267038

Firma del validador

Lima, 29 de setiembre del 2022.

ANEXO N° 7: VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO N°3

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

PERFIL DEL VALIDADOR	
Nombre y apellidos:	Erick Humberto Rabanal Chávez
Cargo:	Coordinador de Carrera
Institución /Empresa:	UPN
Código CIP	143744

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Revisar cada uno de los Ítems del instrumento y marcar con una "X" dentro del recuadro, según la calificación que asigne a cada indicador:

1. Deficiente (Menos del 30% del total de ítems cumple con el indicador)
2. Regular (Entre el 31% y 70% del total de ítems cumple con el indicador)
3. Buena (Más del 70% del total de ítems cumple con el indicador)

Aspectos de validación del instrumento		1	2	3	Sugerencias
Criterio	Indicador	D	R	B	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Los ítems responden a lo que se debe medir en la variable y sus dimensiones.			X	
Congruencia	Los ítems son congruentes entre sí y con el concepto que miden.			X	
Suficiencia	Los ítems son suficientes en cantidad para medir las variables.			X	
Objetividad	Los ítems miden comportamientos y acciones observables.			X	
Consistencia	Los ítems se han formulado en concordancia a los fundamentos teóricos de las variables.			X	
Organización	Los ítems están secuenciados y distribuidos de acuerdo a dimensiones e indicadores.			X	
Claridad	Los ítems están redactados en un lenguaje entendible para los sujetos a evaluar.			X	
Formato	Los ítems están escritos respetando aspectos técnicos (tamaño de letra, espaciado, nitidez)			X	

Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones, consignas y opciones de respuesta bien definidas.			X	
CONTEO TOTAL					
Realizar el conteo de acuerdo a puntuaciones asignadas a cada indicador		C	B	A	TOTAL

**Coefficiente de
validez:**


$$\frac{A+B+C}{30} = 30/30$$

Intervalos	Resultado
0,00 - 0,49	Validez nula
0,50 - 0,59	Validez muy baja
0,60 - 0,69	Validez baja
0,70 - 0,79	Validez aceptable
0,80 - 0,89	Validez buena
0,90 - 1,00	Validez muy buena

CALIFICACIÓN GLOBAL

Ubicar el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y escriba sobre el espacio el resultado.

Muy buena


Código CIP: 143744

Firma del validador

Lima, 29 de setiembre del 2022