



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Estudio de tiempos y métodos para mejorar la Productividad en
la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

Gonzales Condori, Elard Manuel (ORCID: 0000-0002-8387-4234)

ASESOR:

Mg. Bazán Robles, Romel Darío (ORCID: 0000-0002-9529-9310)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productividad

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico esta tesis primeramente a Dios y a mis queridos padres y hermanos por ser ellos los gestores de esta obra, porque este logro más que mío es suyo por su tiempo, dedicación, cuidados y en especial por esas palabras que cada día me alentaban a no rendirme pese a las dificultades, permitiéndome alcanzar una de mis grandes metas ante la cual hoy me encuentro, ser un profesional.

Agradecimiento

A la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. y en especial a Gerente General Ángel Gustavo Coaguila Talavera, por facilitarme toda la información necesaria para poder elaborar y llevar a cabo mí el proyecto de investigación.

Índice de contenidos

Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEÓRICO.....	18
III. METODOLOGÍA.....	28
3.1. Tipo y diseño de investigación	28
3.2. Variables y operacionalización	29
3.3. Población, muestra y muestreo.....	34
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.5. Procedimientos	37
3.6. Métodos de análisis de datos	88
3.7. Aspectos éticos.....	88
IV. RESULTADOS.....	89
V. DISCUSIONES	101
VI. CONCLUSIONES	105
VII. RECOMENDACIONES	106
REFERENCIAS.....	107
ANEXOS	112

Índice de tablas

Tabla 1. Ordenes atrasadas.....	11
Tabla 2. Causas y sub causas del problema.....	13
Tabla 3. Lista de causas.....	14
Tabla 4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
Tabla 5. Nivel de Confiabilidad.....	36
Tabla 5. Ratio del indicador Eficiencia.....	36
Tabla 6. Ratio del indicador Eficacia.....	37
Tabla 8. Diagrama de Análisis de Procesos (DAP).....	44
Tabla 9. Registro de toma de toma de tiempos enero 2021 – pre test.....	46
Tabla 10. Cálculo de numero de muestra.....	47
Tabla 11. Promedio de tiempos observados.....	49
Tabla 12. Suplementos – tolerancia.....	50
Tabla 13. Tiempo estándar.....	50
Tabla 14. Establecimiento de tareas.....	52
Tabla 15. Tareas que preceden.....	53
Tabla 16. Primera regla de asignación – balanceo de línea.....	56
Tabla 17. Segunda regla de asignación – balanceo de línea.....	57
Tabla 18. Capacidad instalada.....	58
Tabla 19. Cantidad programada.....	59
Tabla 20. Productividad – octubre 2020.....	59
Tabla 21. Productividad - noviembre 2020.....	60
Tabla 22. Productividad – diciembre 2020.....	61
Tabla 23. Resumen de productividad - 2020.....	61
Tabla 24. Preguntas preliminares.....	64
Tabla 25. Preguntas de fondo.....	66
Tabla 26. Actividades para reducir o mejorar.....	67
Tabla 27. Diagrama de análisis de procesos.....	70
Tabla 28. Ficha de tiempos después de la mejora.....	73
Tabla 29. Calculo de muestras – después de la mejora.....	74
Tabla 30. Toma de tiempos después de la mejora.....	76
Tabla 31. Tiempo estándar después de la mejora.....	77
Tabla 32. Definición de tareas.....	78

Tabla 33. Tareas que preceden	79
Tabla 33. Primera regla de asignación – balanceo de línea.....	81
Tabla 35. Segunda regla de asignación – balanceo de línea	82
Tabla 36. Capacidad instalada después de la mejora	83
Tabla 37. Cantidad programada después de la mejora.....	83
Tabla 38. Registro de productividad – febrero 2021.....	84
Tabla 39. Productividad – marzo 2021	85
Tabla 40. Productividad –abril 2021	86
Tabla 41. Resumen de productividad 2021	86
Tabla 42. Análisis descriptivo de Actividades que generan valor	89
Tabla 43. Análisis descriptivo del tiempo estándar.....	89
Tabla 44. Análisis descriptivo del desempeño de línea.....	90
Tabla 45. Análisis descriptivo de la disponibilidad de maquina	91
Tabla 46. Análisis estadístico descriptivo – productividad.....	91
Tabla 47. Análisis estadístico descriptivo - Eficiencia	92
Tabla 48. Análisis estadístico descriptivo – Eficacia	93
Tabla 49. Prueba de normalidad – productividad.....	94
<i>Tabla 50. Contrastación de hipótesis – productividad</i>	<i>95</i>
Tabla 51. Estadísticos de prueba.....	96
Tabla 52. Prueba de normalidad – eficiencia	96
Tabla 53. Contrastación de la hipótesis – eficiencia.....	97
Tabla 54. Estadísticos de prueba.....	97
Tabla 55. Pruebas de normalidad – eficacia	98
Tabla 56. Contrastación de la hipótesis – eficacia	99
Tabla 56. Estadísticos de prueba – eficacia.....	100

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama Ishikawa.....	12
Figura 2. Diagrama de Pareto	14
Figura 3. Ubicación de la empresa.....	38
Figura 4. Organigrama de la empresa.....	39
Figura 5. Diagrama de operaciones del proceso antes de la mejora	40
Figura 7. acople de eje de bomba M15	42
Figura 7. Diagrama de recorrido.....	43
Figura 8. Diagrama de procedencia	55
Figura 9. Eficiencia – Octubre, noviembre y diciembre 2020	62
Figura 10. Eficacia – octubre, noviembre y diciembre 2020.....	62
Figura 11. Productividad – Octubre, noviembre y diciembre 2020	62
Figura 12. Proceso de implementación	63
Figura 13. Diagrama de recorrido de la empresa A y G Maquinarias.....	68
Figura 14. Diagrama de operaciones del proceso antes de la mejora	69
Figura 15. Diagrama de procedencia	80
Figura 16. Eficiencia - 2021.....	87
Figura 17. Eficacia - 2021.....	87
Figura 18. Productividad - 2021	87
Figura 19. Actividades que generan valor	89
Figura 20. Tiempo estándar (min)	90
Figura 21. Desempeño de la línea	90
Figura 22. disponibilidad de maquinaria.....	91

Resumen

El presente trabajo de investigación denominado “Estudio de tiempos y métodos para mejorar la Productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021”; cuyo objetivo principal fue determinar en qué medida el estudio de tiempos y métodos mejorará la productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L.

La metodología fue de tipo descriptiva y explicativa, debido que se buscó determinar las características que repercuten la baja productividad y explicar cuáles son las causas que dan origen a las deficiencias. En ese sentido, la población del presente trabajo de investigación estuvo constituido por los procesos de producción y los trabajadores de la empresa A Y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Teniendo por muestra el área de producción del acople de eje de bomba M15 y los 10 operarios encargados del área mencionada.

Como resultado de la presente investigación se obtiene la mejora de los métodos de trabajo en un 23.80%, incrementado las actividades productivas de 42.31% a 52.38%, reduciendo el tiempo estándar en un 4.99% equivalente a 541.61 min y mejorando el desempeño de la línea en un 14,29%. La eficiencia y eficacia mejoro en un 26% y 30% respectivamente, incrementando la productividad en un 40%.

Palabras clave: Estudio de tiempos, métodos de trabajo, productividad, eficiencia, eficacia.

Abstract

The present research work called "Study of times and methods to improve Productivity in company A and G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021 "; whose main objective was to determine to what extent the study of times and methods will improve productivity in company A and G Maquinarias CNC E.I.R.L.

The methodology was descriptive and explanatory, because it sought to determine the characteristics that affect low productivity and explain what are the causes that give rise to deficiencies. In this sense, the population of the present research work was constituted by the production processes and the workers of the company A Y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Taking as a sample the production area of the M15 pump shaft coupling and the 10 operators in charge of the aforementioned area.

As a result of this research, the improvement of the working methods is obtained by 23.80%, increasing the productive activities from 42.31% to 52.38%, reducing the standard time by 4.99% equivalent to 541.61 min and improving the performance of the line by 14.29%. Efficiency and effectiveness improved by 26% and 30% respectively, increasing productivity by 40%.

Keywords: Time study, work methods, productivity, efficiency, efficacy.

I. INTRODUCCIÓN

La industria de la metalmecánica implica un gran conjunto de actividades manufactureras en las cuales emplean insumos que provienen de la siderurgia y metales no ferrosos durante toda la cadena productiva, desarrollándose cada vez más a nivel mundial, debido a la demanda de las construcciones que se realizan según los diversos sectores, imponiendo así nuevos retos a las empresas, lo cual consiste en establecer nuevos métodos de trabajo con la finalidad de mejorar la utilización eficaz de los recursos y que permitan cumplir con la calidad requerida de los productos (Ghanadbashi y Ramsin, 2016).

En ese sentido, la conducta de las exportaciones a nivel mundial respecto a los productos de acero de uso estructural ha presentado una tendencia positiva durante los últimos años, alcanzando una cifra aproximada de US\$50.000 millones (Alcaldía de Medellín, 2019).

Asimismo, las ventas de productos metalmecánicos hacen referencia a los países como EE. UU con US\$ 127,6 millones FOB en los primeros 10 meses del 2018, seguido por Chile con US\$ 77,7 millones, del mismo modo Ecuador con US\$ 56,1 millones, Bolivia con US\$ 41 millones FOB y México por su parte con US\$ 27,6 millones FOB, mostrando un comportamiento positivo durante ese periodo. Sin embargo, a raíz de la pandemia a causa del Covid – 19, lo cual afectó de manera radical a todo el mundo con respecto a la salud y a la dinámica social, registrando efectos negativos en la economía global. Tanto así que el sector de manufactura no fue ajeno a ello, mostrando una caída en el PBI en 10.5% en el 2020, asimismo, las horas trabajadas tuvo una disminución del 28.6%, las remuneraciones pagadas bajo en 2.1%. Pese a ello, se estima una recuperación del 3,4% para el 2021 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, 2020).

Con respecto al ámbito nacional, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (Instituto Nacional de Informática y Estadística, 2020), el sector de manufactura en el Perú, registró una reducción de 41,51% con respecto al año anterior debido a la coyuntura de pandemia que se vive actualmente, el cual se rige a la determinación de las actividades del subsector fabril primario y no primario. Dentro de las actividades que influyeron en la disminución referente a los bienes

intermedios, destaca la elaboración de productos metálicos para uso estructural con -34.78%, esto es debido a que también hubo una paralización de obras del sector de construcción y minería, por tal motivo la fabricación de estructuras metálicas como torres para extracción de pozos de minas, compuertas, muelles, pernos, puentes, castilletes, etc. disminuyeron.

En ese ámbito, en la ciudad de Arequipa, existen diversas empresas manufactureras de la industria metalmeccánica como en el caso de la empresa A Y G Maquinarias CNC E.I.R.L, la cual es considerada una empresa joven, dinámica y altamente calificada, actualmente cuenta con 10 trabajadores y pertenece al sector de manufactura especializada en soldadura, corte, mecanizado, transformación y fabricación de piezas y estructuras metal-mecánica dirigido al sector industrial y minero, nuestros principales clientes son Backus, kola Real, Socosani, Ladrillera el Diamante y Metso.

La empresa realiza todas sus actividades cumpliendo estándares de calidad, Seguridad y Salud Ocupacional, Gestión de control y seguridad de medio ambiente. Pese a ello, durante los últimos meses se viene registrando algunas deficiencias, tales como el registro de tiempos muertos o improductivos en la realización de las labores, falta de estandarización de procesos, falta de mantenimiento de las maquinas, sobre carga de trabajo, retrasos en los tiempos de entrega, entre otras causas las cuales generaban una baja productividad en la empresa, asimismo la empresa tampoco contaba con indicadores de productividad, en ese aspecto no sabían la magnitud de la deficiencia que existía en la empresa. Cabe mencionar también que en la empresa se tiene programado la fabricación de 8 piezas diarias, sin embargo, el promedio de entrega era de 5 a 6 piezas diarias.

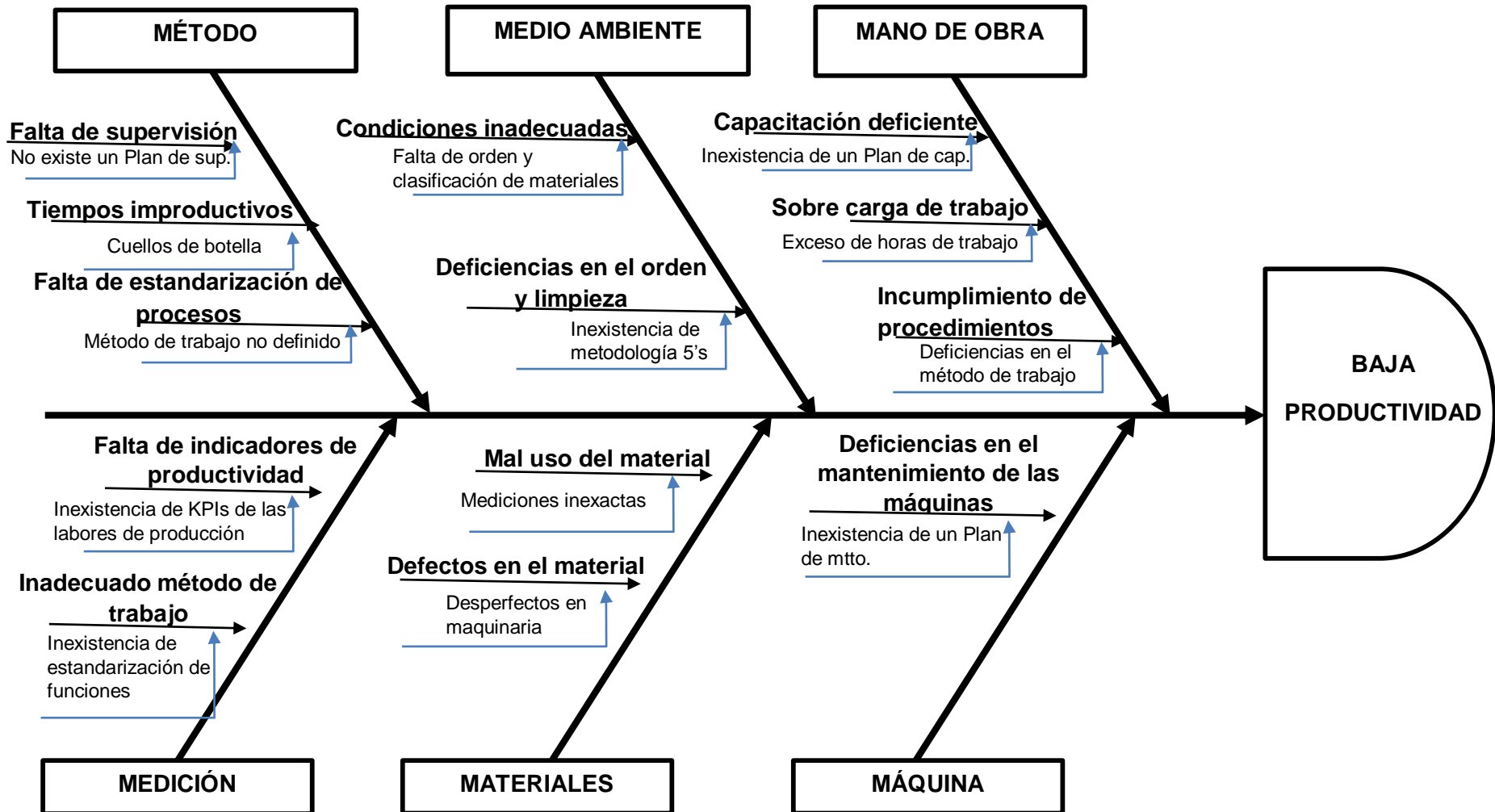
Tabla 1. Ordenes atrasadas.

FECHA	UNIDADES PLANIFICADAS	UNIDADES PRODUCIDAS
1/10/2020	8	5
2/10/2020	8	6
3/10/2020	8	6
5/10/2020	8	5

Fuente: (Empresa, 2020)

A continuación, se presenta el diagrama Ishikawa y diagrama de Pareto de las principales causas identificadas.

Figura 1. Diagrama Ishikawa



Nota. La figura muestra las causas principales de la baja productividad en la empresa en estudio basados en los seis grupos del diagrama causa – efecto

Como se muestra en la figura 1 del diagrama Ishikawa, las causas encontradas responden a la baja productividad de la empresa, las cuales están relacionadas con la falta de supervisión, tiempos improductivos, falta de estandarización de los procesos, asimismo, las condiciones de trabajo no son las adecuadas, se evidencia también incumplimiento de procedimientos, falta de capacitación del personal, la sobrecarga laboral que se da por la falta de personal, se identificaron también inadecuados métodos de trabajo, falta de indicadores de productividad, mal uso de materiales así como también defectos en los materias y deficiencias respecto al mantenimiento de las maquinarias.

Tabla 2. *Causas y sub causas del problema*

Código	Causas	Sub causa
C1	Tiempos improductivos.	Cuellos de botella
C2	Inadecuado método de trabajo	Inexistencia de estandarización de funciones
C3	Falta de indicadores de productividad	Inexistencia de KPIs de las labores de producción
C4	Incumplimiento de procedimientos	Deficiencias en el método de trabajo
C5	Falta de estandarización de procesos	Método de trabajo no definido
C6	Capacitación deficiente	Inexistencia de un Plan de cap.
C7	Sobrecarga de trabajo	Exceso de horas de trabajo
C8	Falta de supervisión	No existe un Plan de sup
C9	Condiciones inadecuadas	Falta de orden y clasificación de materiales
C10	Deficiencia en el orden y limpieza	Inexistencia de metodología 5's
C11	Deficiencias en el mantenimiento de las maquinas	Inexistencia de un Plan de mto.
C12	Mal uso del material	Mediciones inexactas
C13	Defectos en el material	Desperfectos en maquinaria

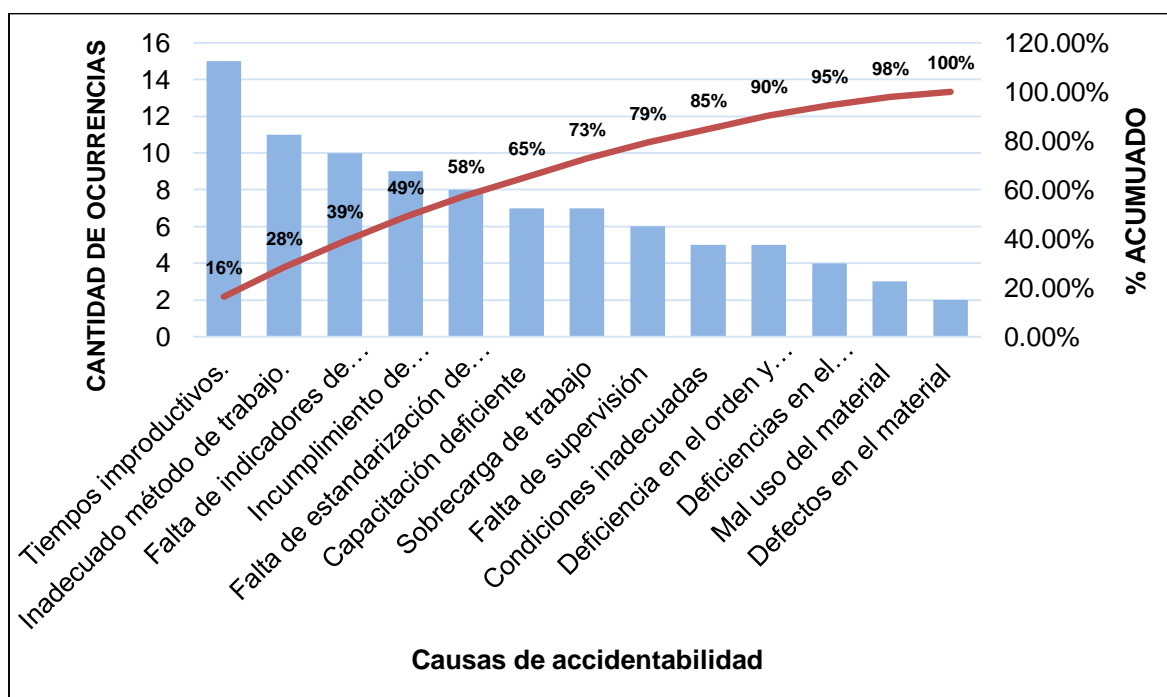
Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Lista de causas

N°	Causa	Cantidad De Ocurrencias	Frec. acumulada	% Frec. Normalizado	%Frec. Acumulada	Importancia
1	Tiempos improductivos.	15	15	16%	16%	VITAL
2	Inadecuado método de trabajo.	11	26	12%	28%	VITAL
3	Falta de indicadores de productividad.	10	36	11%	39%	VITAL
4	Incumplimiento de procedimientos.	9	45	10%	49%	VITAL
5	Falta de estandarización de procesos.	8	53	9%	58%	VITAL
6	Capacitación deficiente	7	60	8%	65%	VITAL
7	Sobrecarga de trabajo	7	67	8%	73%	VITAL
8	Falta de supervisión	6	73	7%	79%	VITAL
9	Condiciones inadecuadas	5	78	5%	85%	TRIVAL
10	Deficiencia en el orden y limpieza	5	83	5%	90%	TRIVAL
11	Deficiencias en el mantenimiento de las maquinas	4	87	4%	95%	TRIVAL
12	Mal uso del material	3	90	3%	98%	TRIVAL
13	Defectos en el material	2	92	2%	100%	TRIVAL
TOTAL		92		100%		

Fuente: elaboración propia

Figura 2. Diagrama de Pareto



Nota. El diagrama de Pareto evidencia que el 20% de las causas (1,2,3 y 4), reduce en aproximadamente un 80% el problema.

En la figura 2 del diagrama de Pareto se estableció las causas mediante una jerarquía (de mayor a menor) respecto a la cantidad de ocurrencias, en ese sentido, mediante la tabla 3 se estableció la frecuencia acumulada de las causas según la cantidad de ocurrencias, evidenciándose 8 causas principales que representan el 79% de la baja productividad, siendo los tiempos improductivos, inadecuado método de trabajo, falta de indicadores de productividad, incumplimiento de procedimientos, falta de estandarización, capacitación deficiente, sobrecarga de trabajo y falta de supervisión.

En ese sentido, se formuló la siguiente pregunta: ¿En qué medida el estudio de tiempos y métodos mejora la productividad la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021? Asimismo, los problemas específicos fueron: ¿En qué medida el estudio del tiempos y métodos mejora la eficiencia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021? y ¿En qué medida el estudio de tiempos y métodos mejora la eficacia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021?

Según Ramírez y Zwerg, (2012), indica que la justificación teórica se enfocó en crear reflexión y generar un debate académico respecto al conocimiento de un tema en particular, para contrastar resultados o establecer nuevas explicaciones, en ese sentido, en la presente investigación se propuso mejorar los procesos productivos mediante el estudio de métodos y tiempos de trabajo, los cuales a través del mencionado estudio permitieron visualizar determinadas tareas y aplicar soluciones en las operaciones, también, mediante el estudio de tiempos es posible fijar estándares para cada operación, de esa manera se contribuye con la reducción de tiempos improductivos y al mejorar los procesos mejora también la productividad de la empresa, cabe mencionar que los resultados obtenidos servirán como guía para futuros investigadores cuyos trabajos se basen en el mismo rubro y busquen alcanzar objetivos similares.

Ñaupas et al. (2018), sostiene que la justificación metodológica se realiza cuando se hace uso de determinadas técnicas e instrumentos las cuales sirven como guía para otras investigaciones, es por eso que en el presente trabajo se tuvo que diseñar instrumentos los cuales permitan una adecuada recopilación y

procesamiento de datos, asimismo para efectos del trabajo se tuvo que emplear también herramientas estandarizadas tales como diagramas de flujo y diagramas de análisis de procesos los cuales permitan obtener información para su respectivo análisis, todo ello con la finalidad de solucionar el problema de la baja productividad en la empresa mejorando la eficiencia y eficacia mediante la fijación de procesos y tiempos. Cabe mencionar que el estudio realizado también se puede aplicar en otras áreas de la empresa.

Vera, Castaño y Torres (2018), indican que la justificación económica en una investigación tiende a beneficiar económicamente a los implicados respecto a los resultados adquiridos, en ese sentido, la presente investigación, permite tener un buen sistema de proceso productivo dentro del área, mostrando beneficios a sus colaboradores en el ámbito económico y motivacional. Es factible a nivel económico, debido que la mejora permite emplear adecuadamente los recursos de la empresa permitiendo que sea más eficiente lo cual brinda resultados en la disminución de los costos por medio del ahorro de movimientos y también el uso innecesario de la maquinaria.

Asimismo, Ramírez y Zwerg, (2012) indica también que la justificación práctica se da cuando el trabajo ayuda a resolver algún problema que afecta de forma directa o indirecta a una realidad, en ese sentido, los métodos de trabajo empleados, permiten diseñar puestos y dar forma a los procesos de una manera más eficiente, eliminando operaciones que no añadan valor alguno. Asimismo, al justificar bien los resultados, dicho trabajo queda como guía para otros estudios de características similares.

Como parte de la justificación social, el estudio del trabajo permitirá mejorar los procesos de fabricación de piezas de acople, asimismo, al disponer de esas mejoras permite también reducir actividades y tiempos improductivos lo cual beneficia principalmente a los colaboradores ya que se reducirá la fatiga innecesaria aumentando así el bienestar social (Ramírez y Zwerg, 2012).

En base a lo mencionado, en la presente investigación se estableció como objetivo principal, determinar en qué medida el estudio de tiempos y métodos mejorará la productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

Asimismo, los objetivos específicos indican determinar en qué medida el estudio de tiempos y métodos mejora la eficiencia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021 y determinar en qué medida el estudio de tiempos y métodos mejora la eficacia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

En ese sentido, la hipótesis general de la investigación sostiene que: El estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021. Así mismo, se presentan las siguientes hipótesis específicas: El estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la eficiencia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021, así como también, el estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la eficacia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel nacional, se tomó como referencia a los siguientes artículos y trabajos de investigación:

Collado y Rivera (2018) en su tesis de investigación titulada “Mejora de la productividad mediante la aplicación de herramientas de ingeniería de métodos en un taller mecánico automotriz”, cuyo objetivo fue reducir el tiempo de despacho, así como también disminuir el tiempo de trabajo del personal. Ante ello, la metodología empleada fue de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental; asimismo, se utilizó como técnicas la aplicación de la metodología 5'S y la toma de tiempos debido al problema de limpieza y organización en almacén, mediante instrumentos como el diagrama de actividades y de recorrido. Los resultados indicaron que se mejoró en el tiempo de entrega de repuestos en un 4.89% luego de pasar un tiempo de 3.48 a 3.31 minutos, también se mejoró el tiempo de culminación del servicio de mantenimiento en un 20.49% luego de pasar un tiempo de 1.22 a 0.97 horas, por último, la capacidad de atención mejoró en un 40%. Finalmente, se concluyó que hubo una mejora de la productividad y en los ciclos de trabajo en el taller.

Sacha (2018) en su tesis de investigación titulada “Aplicación del estudio del trabajo para mejorar la productividad en una empresa textil” cuyo objetivo fue mejorar la productividad mediante el estudio del trabajo. La investigación fue de tipo aplicada, nivel descriptivo, con un diseño cuasi experimental. Empleó la técnica de observación directa y análisis documental. En los resultados, se identificó que las actividades que no agregan valor al proceso representaban el 21.43%, asimismo se determinó que el tiempo estándar para la confección de una casaca es de 1,30 horas, con respecto a la productividad en el diagnóstico se determinó que estaba en un 60.65% 61% y después de aplicar el estudio de trabajo durante el nivel de productividad mejoró en un 93.54% durante los meses de julio a agosto. se concluyó indicando que el estudio de trabajo mejoró la eficiencia de un 74% a un 97.27%.

Mejía (2018) en su tesis de investigación titulada “Aplicación del estudio de trabajo para mejorar la productividad del área de taller en la empresa ICA S.A. callao, 2018” cuyo objetivo fue mejorar la productividad mediante la aplicación del estudio de

tiempos, el diseño de investigación es experimenta, de tipo aplicada, de nivel descriptiva-explicativa con un enfoque cuantitativa, empleó la técnica de observación directa y recolección de datos. En la etapa del diagnóstico se determinó que la eficiencia estaba en un 60% mientras que la eficacia estaba en un 25%, dentro de la evaluación de tiempos, de las 50 actividades 23 que no son productivas. Los resultados obtenidos indican que la productividad incrementó en un 166%, puesto que antes de aplicar dicho método la productividad era de 15,2912 y después 41,8608 teniendo un incremento del 26,56. En conclusión, la mejora de la productividad se dio mediante la implementación del estudio del trabajo con excelentes resultados para la empresa.

Díaz (2019) en su tesis de investigación titulada “Aplicación del estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de envasado de lavavajillas en pasta aplicada en una empresa de productos de limpieza en la localidad de Chorrillos” el objetivo principal fue incrementar la productividad mediante la aplicación del estudio de tiempos en el área de envasado de lavavajilla. La investigación es de nivel descriptiva con un enfoque cuantitativo y de diseño pre – experimental. En los resultados el tiempo estándar identificado en la etapa de envasado fue de 13.73 seg. /unidad, con respecto a la eficiencia del operario luego de aplicar el estudio de tiempos se incrementó de 52.44% a 81.15% y la eficiencia de maquina aumento de 45.83% a 64.16%. finalmente, el autor concluye indicando que se logró optimizar el tiempo estándar a 12.40 segundos, influyendo en la producción diaria la cual aumentó de 1320 potes a 1848 potes de 1200 gramos.

Tuestas y Chihuahua (2020), en su artículo de investigación titulada “Incremento de la productividad en una empresa conservera de pescado” en la ciudad de Chimbote, cuyo objetivo fue incrementar la productividad a través de la aplicación de la ingeniería de métodos, la investigación fue aplicada con diseño pre experimental, las técnicas empleadas fue el análisis de frecuencia absoluta y relativa así como también el análisis de causa y raíz, estudio de tiempos y análisis documental . Los resultados obtenidos indican que la productividad inicial era de 48.56% cajas por hombre durante los meses de junio a agosto, mientras que el tiempo estándar se determinó en 645.33 segundos por hora hombre. En conclusión, tras la aplicación del estudio de trabajo, la productividad se incrementó en 15.67%.

A nivel internacional se han elaborado artículos y tesis de investigación, en referencia a la variable dependiente en estudio, los cuales son presentados a continuación.

Moktadir y otros (2017) en su artículo de investigación titulada “Productivity Improvement by Work Study Technique: A Case on Leather Products Industry of Bangladesh” tuvo como objetivo fue incrementar la productividad en la industria de productos de cuero, fue un estudio aplicativo, primero se realizó la selección específica de los productos de cuero con productos específicos. Después de eso, se seleccionó la línea de producción específica. Se observó todas las operaciones particulares con la ayuda del cronómetro. Luego de observar todas las operaciones, identificó el problema existente mediante la técnica de cuestionamiento crítico. Los resultados demostraron que la producción de la línea existente es de 240 piezas – bolsas/día, en un turno de 8 horas con un número total de 97 trabajadores, con respecto a la eficiencia de bolsas es de 582 piezas por día. En conclusión, se logra aumentar la productividad al 12.71% de la línea existente

Duran, Cetindere y Aksu (2015) en su artículo de investigación denominada “Productivity improvement by work and time study technique for earth energy-glass manufacturing company” cuyo objetivo fue mejorar la eficiencia de los procesos de fabricación de vidrio. Empleo la técnica de la observación para recopilar datos para la investigación, los tiempos observados para ciclos de trabajo designados y los elementos de trabajo fueron medidos con un cronómetro electrónico y los resultados se registran en un "formulario de estudio preliminar". Los resultados obtenidos indican un tiempo ordinario de procesos de 35.20 min. Asimismo, se determinó un tiempo de espera de 85 min. pero esto se pudo reducir a 40 min mediante una adecuada reubicación de los moldes. También se logró aumentar la capacidad de producción de 155 a 237 moldes. Finalmente concluye indicando que la reubicación de los moldes de trabajo permitió reducir los tiempos improductivos, lo cual permitió una mayor eficiencia.

montoya-Reyes *et al.* (2020) en su artículo de investigación titulado “Method Engineering to Increase Labor Productivity and Eliminate Downtime” El propósito de este trabajo consistió en la aplicación de métodos de ingeniería, con el fin de eliminar el tiempo de inactividad y mejorar la celda de fabricación. El tipo de estudio

fue aplicado a una empresa de fabricación para explorar las causas del tiempo muerto excesivo y la baja productividad. En primera instancia realizaron un análisis del torno y rectificado proceso; después elaboraron el diagrama hombre-máquina; luego procedieron aplicar la propuesta. Con el método propuesto, el tiempo de inactividad se redujo en un 41% y solo el 50% del disponible. Con el diagrama hombre-máquina se detectó que los operarios en el proceso de torno y rectificado tenían un 63% de tiempo muerto. Al hacer la propuesta de utilizar una distribución de la celda en "L" y que solo un operador sería encargado de ambos procesos. Concluye indicando que la reducción del tiempo muerto del 41% permitió un aumento parcial productividad de la fuerza laboral del 20%.

Mugmal (2017) en su trabajo de grado denominada "Organización del trabajo a través de ingeniería de métodos y estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de post-cosecha de la empresa Florícola Lottus Flowers" de la universidad Técnica del Norte, Ecuador, cuyo objetivo fue optimizar el tiempo y reducir las distancias que recorre el trabajador con la finalidad de mejorar la productividad mediante la, la investigación fue de tipo aplicada, cuantitativo y diseño preexperimental, asimismo empleó técnicas como la encuesta y la observación, el trabajo se basó en la organización del trabajo y estudio de tiempos. Como resultados se obtuvo la reducción de tiempo de ciclo, que paso de 2.01 min. /unidad a 1.79 min. /unidad, aumentando así la capacidad de producción a 13400 tallos al día a comparación de la producción anterior que era de 11893 tallos por día. Por tanto, concluye indicando que se logró cumplir el objetivo debido a que la productividad aumentó en un 12.67%.

Supe (2018) en su tesis titulada "Estudio de los tiempos y movimientos y su incidencia en la productividad en la fabricación de tapas de alcantarillado de la empresa Fundi Laser en la ciudad de Ambato en el año 2018" de la Universidad Tecnológica Indoamericana. Tuvo como objetivo realizar el estudio de procesos de la fabricación de tapas de alcantarillado y determinar la incidencia en la productividad. La investigación fue de tipo experimental con un enfoque cualitativa-cuantitativa, se empleó la técnica de la observación y recopilación de datos. Los resultados obtenidos demostraron que los 5 pilares fundamentales del proceso son la recepción de MP, preparación y moldeo, fundición y mecanizado. Mediante la

aplicación del método de cronometraje se obtuvo un tiempo estándar de 948.48 minutos con un promedio de 176 unidades mensuales. En conclusión, se determinó que la incidencia del estudio de tiempos en la productividad es de 97%.

Montaño et al. (2018) en su artículo de investigación titulado “Métodos de trabajo para mejorar la competitividad del sistema de uva de mesa sonoreense” en la ciudad de Sonora, México, tuvo como objetivo determinar la incidencia de la productividad mediante el método de trabajo en la producción de uva. La metodología empleada fue mediante el análisis de micro movimientos, asimismo, se realizó un estudio de tiempos a los colaboradores en el área de empaque de uva. En los resultados se indica que la actividad que toma menor tiempo es en preparar la bolsa, seguido del proceso de acomodar la bolsa y el llenado que es donde se toma más tiempo, debido que hay que verificar que cada racimo esté limpio. Asimismo, se determinó que la cantidad de movimientos que realizan los 5 trabajadores del área de empaque varían debido a que no todos emplean el mismo procedimiento. En conclusión, indican que, para incrementar la productividad, el estudio de trabajo representa una buena opción.

Andrade, Del Río y Alvear (2019) en su artículo denominado “Estudio de tiempos y movimientos para incrementar la eficiencia en una empresa de producción de calzado” donde el objetivo fue aplicar el estudio de tiempos con la finalidad de incrementar la eficiencia de la empresa. La metodología empleada se basa en aplicar cinco niveles que son: mediante la estación de trabajo, así como también métodos en base al trabajador, ciclo de operación, elemento de trabajo y movimiento unitario. Para ello empleó el diagrama de causa y efecto para determinar las causas más relevantes, asimismo, el cronometro se aplicó para el estudio de tiempos. Los resultados obtenidos indican que la capacidad de producción alcanzó un 96,78% mediante el establecimiento del estudio de tiempos y movimientos. Finalmente, los autores concluyen indicando que el estudio es adaptable para ser aplicado en los procesos de producción, debido a que los métodos empleados son factibles para su aplicación.

Siguiendo la secuencia del trabajo, a continuación, se presentan teorías respecto a la variable independiente y dependiente, con el fin de profundizar más en el tema.

En ese sentido, el estudio de métodos o trabajo hace referencia a la estimación sistemática de aquellos métodos que se emplean para realizar ciertas actividades cuyo objetivo es mejorar el uso eficaz de los recursos mediante el establecimiento de indicadores de rendimiento en base a las actividades realizadas (Medina, Torres y Condori, 2016). Las cuales comprenden determinadas técnicas de estudios como los métodos y medidas, las cuales aseguran el uso adecuado de los recursos materiales como también parte de los recursos humanos, permitiendo mejorar la productividad (Danielle et al., [sin fecha]).

Las etapas fundamentales para el estudio del trabajo consiste primero en seleccionar el trabajo de estudio, posteriormente se realiza el registro de la información a través de la recopilación de datos mediante la observación directa, luego se examina el objeto, el lugar y orden de trabajo para luego crear métodos con el fin de aportar en la mejora continua (Henríquez-Fuentes et al., 2018). Se determina los nuevos métodos y se presenta para ser implantados, asimismo, se debe orientar al personal de lo que se está implementando, indicando los procedimientos y controles los cuales deben mantenerse (Vides, Díaz y Gutiérrez, 2018).

En ese aspecto, el estudio de trabajo se basa en un enfoque sistemático, es decir se debe aplicar métodos en el registro y examen en una actividad con el objetivo de brindar mejoras, asimismo, el uso de estos métodos tiene como finalidad optimizar los procedimientos de los procesos, optimizar el diseño y la disposición de la planta, reducir la sobrecarga laboral, mejorar el empleo de recursos materiales, así como también la mano de obra y maquinaria, del mismo modo mejorar los ambientes de trabajo (Bello, Murrieta y Cortes, 2020).

Por otro lado, el estudio de métodos, el cual es definido como una técnica o examen sistemático de aquellos métodos a emplear para la realización de las actividades de un determinado proceso (Ovalle y Cárdenas, 2016). Cabe mencionar que los métodos y procesos los cuales se encuentran en cualquier actividad que realiza el ser humano son de mucha utilidad ya que esto permite diferenciar las habilidades, ingenio y bienestar y mediante ello mejorar los métodos de trabajo de manera que beneficie tanto a la empresa como a los colaboradores (Henríquez-Fuentes et al., 2018).

Asimismo, los esquemas o diagramas más usados en la ingeniería de métodos es el (DOP) diagrama de operaciones las cuales indican las inspecciones y operación en un determinado proceso, el (DAP) que por sus iniciales hace referencia al diagrama de análisis de procesos que es básicamente la representación gráfica donde se establece la secuencia de las operaciones, inspecciones, demoras, almacenamiento y también transporte, incluyendo las distancias y los tiempo (Muhamad, Hasrulnizzam y Mahmood, 2005).

En ese sentido, se menciona que el examen sistemático, es considerado una de las técnicas más empleadas en el estudio de tiempos y movimientos, cuyo fin es eliminar las deficiencias y aumentar la productividad, en ese sentido para el desarrollo de las actividades es necesario establecer tiempos estándares para una determinada tarea, respecto a la medición del trabajo, así como también del método propiamente descrito, tomando en consideración la fatiga y demoras personales (Bello, Murrieta y Cortes, 2020).

Asimismo, el estudio de movimientos implica los movimientos básicos del cuerpo, como manos y brazos, empleados para realizar una determinada actividad, así como también las herramientas y el equipo a emplear, así como también el diseño del lugar y el medio ambiente (Bello, Murrieta y Cortes, 2020).

Para ello es necesario realizar un adecuado procedimiento de trabajo, el cual es definido como el conjunto de actividades los cuales se realizan con la finalidad de obtener algún resultado de un proceso. En ese sentido, el índice de actividades que añaden valor permite identificar aquellas actividades que influyen en la eficiencia de los procesos, discriminando a aquellas que no influyen directamente en el desarrollo de una orden de trabajo (Henríquez-Fuentes et al., 2018).

Del mismo modo, el estudio del trabajo hace referencia a la medición del trabajo o conocido también como estudio de tiempos, el cual consiste en el uso de técnicas con el fin de determinar el tiempo empleado en determinadas actividades de un proceso, con la finalidad de determinar y eliminar tiempos improductivos para posteriormente establecer tiempos estándares en las operaciones. La utilidad respecto al establecimiento del tiempo estándar sirve como base para la comparación de la eficacia de los distintos métodos, distribuir el trabajo entre los equipos de tal manera que le toque a cada cual una tarea que lleve el mismo tiempo,

obtener información que permita el control de costos que involucran la mano de obra y tratar de mantener costos estándar (Cardona, Castrillón y Tinoco, 2017).

La fase del estudio de tiempo incluye el cronometraje el cual consiste en tomar tiempos con el cronómetro por cada operación, después de ello se determina el tiempo estándar que es definido con el tiempo que se da para llevar a cabo dicha actividad, siendo el resultado de la división de la suma de los tiempos recolectados entre el número de tiempos que se ha considerado, obteniendo de esa manera un tiempo promedio. Si se desea obtener el tiempo normal, es preciso multiplicar el tiempo estándar por el factor de valoración, y se tiene como resultado el tiempo base. En el caso de la valoración del trabajo, se debe considerar tres suplementos los cuales hacer referencia a los retrasos personales, retrasos por fatiga y retrasos especiales los cuales incluyen las demoras por situaciones poco frecuentes, demoras por parte de supervisión y demoras causadas por elementos extraños (Baca U. et al., 2014).

Las herramientas empleadas para la toma de tiempo principalmente es el cronómetro, que puede ser mecánico o electrónico, del mismo modo se debe emplear un tablero con formatos de manera que permitan anotar las observaciones que se van a realizar. Por otro lado, en la toma de tiempos se debe considerar la valoración del ritmo de trabajo el cual hace referencia a la velocidad de movimientos y el tiempo que emplea el trabajador calificado (Danielle et al., [sin fecha]).

Según Andrade, Del Río y Alvear (2019) los pasos para realizar un estudio de tiempos son los siguientes: Primero debe registrar la información de la tarea que se pretende medir, así como también las condiciones de trabajo los cuales influyen en el desempeño del trabajo. Luego, es preciso dividir las operaciones en elementos para describirlo y registrarlo según el método de ejecución, después se procede a determinar el tamaño de la muestra para posteriormente medir el tiempo del trabajador cuando este ejecuta la actividad. Partiendo de eso se procede a calcular el tiempo normal de la actividad.

También indica que la valoración del ritmo de trabajo se realiza mediante un análisis con un enfoque cualitativo, basado en aspectos los cuales permiten determinar la velocidad del trabajo efectivo, para ello es preciso analizar el desempeño del trabajador con la finalidad de determinar el ajuste al tiempo observado. Por tanto,

el factor de calificación, el cual es considerado una técnica que sirve para determinar de manera exacta el tiempo requerido para que un operario normal realice una tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio (Andrade, Del Rio, & Alvear, 2019).

Bajo ese criterio, el sistema Westinghouse, el cual es considerado uno de los métodos más completos y es el más empleado por los analistas que realizan estudios de tiempos. Este método se basa en el uso de cuatro factores para calificar al trabajador, los cuales son: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia (Montero, y otros, 2018).

Por su parte los tiempos cronometrados, el cual consiste en el uso de técnicas con el fin de determinar el tiempo empleado en determinadas actividades de un proceso, con la finalidad de definir y eliminar tiempos improductivos para posteriormente establecer el tiempo normal y tiempo estándar en las operaciones (Cardona, Castrillón y Tinoco, 2017). Así como también el tiempo de ciclo que es básicamente parámetro que se establece en cada proceso de producción (Danielle et al., [sin fecha]).

Cabe mencionar que para determinar el tiempo estándar de cada operación es preciso establecer los suplementos o tolerancias en base a los tiempos básicos, los cuales se dividen en suplementos constantes y suplementos variables que están establecidos tanto para hombres como para mujeres. En ese sentido, dentro de los suplementos constantes se establecen a los suplementos por necesidad y fatiga. Con respecto a los suplementos variables, se identifican a los suplementos por trabajar de pie, por postura anormal, uso de energía, mala iluminación, condiciones atmosféricas, concentración intensa, ruido, tensión muscular, tensión mental, monotonía y tedio (Montero, y otros, 2018).

Asimismo otro de los métodos empleados en el estudio de tiempos es el método SMED, el cual permite reducir el tiempo por el cambio de producto o referencia (Bianchi, Fabricio; Bianchi 2017). En base a ello se desarrolla el balance de línea, herramienta que se emplea básicamente para disponer de un control de producción, ya que dicho método permite la optimización de aquellas variables que influyen en la productividad (Romero, Cirila y Cañari 2018).

A continuación, se presenta la teoría relacionada a la variable independiente denominada productividad.

En función del trabajo realizado, la productividad es definida como la capacidad de mejorar bienes y servicios, lo cual es expresado en base a los ingresos y salidas para calcular la medida de la productividad. En muchos casos, se confunde producción con productividad, asumiendo que, cuando hay más producción, la productividad también es mayor, lo cual no es totalmente cierto debido a que si se habla de producción hace referencia al procesamiento de bienes o servicios en cambio productividad tiene que ver con el uso eficiente y eficaz de los recursos empleados al momento de procesar bienes y servicios (Sandkuhl y Seigerroth, 2019).

De acuerdo con Subaeva et al. (2020) El estudio del concepto de "productividad" puede ser interpretado de manera diferente dependiendo de los objetivos y el análisis económico específico. En general, la productividad se considera como el nivel de aplicación de todo tipo de recursos, contribuyendo al crecimiento de los beneficios y rentabilidad de la empresa.

En base a ello, se menciona que la productividad se mide en función de la eficiencia y eficacia. En ese sentido, la eficiencia es definida como el vínculo que existe entre el resultado alcanzado y los recursos empleados, es decir eficiencia es producir bienes o servicios de buena calidad empleando un tiempo menor, en ese sentido se entiende que la eficiencia sería el resultado de la división del tiempo útil entre el tiempo total.

Según Ludwikowska (2018) la eficiencia determina el nivel y la condición individual de las cualificaciones y consideraciones humanas en una medida del nivel de desempeño. A continuación, se muestra la fórmula de la eficiencia:

$$Eficiencia = \frac{tiempo\ útil}{tiempo\ total} \times 100$$

Respecto a la eficacia, se entiende como el cumplimiento de las actividades planteadas según las metas u objetivos establecidos con la finalidad de alcanzar los resultados esperados, la cual hace referencia a la aplicación de ciertos criterios

de trabajo con el fin de alcanzar resultados esperados respecto a la cantidad y calidad por tanto si se desea calcular la eficacia, se tendría que dividir la producción real entre la producción programada (Baca et al., 2014).

En el mundo del trabajo, los trabajadores deben tener una alta eficacia laboral. En ese sentido, Kuswati (2019) indica que la efectividad laboral, generalmente se interpreta como el éxito logrado por una organización en sus esfuerzos por lograr metas predeterminadas. Por ende, la eficacia es "el logro de las metas marcadas mediante el esfuerzo cooperativo". A continuación, se muestra la fórmula de la eficacia:

$$Eficacia = \frac{Producción\ real}{Producción\ programada} \times 100$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

En base a la finalidad del estudio, fue aplicada debido a que se buscó dar soluciones a los problemas existentes en la empresa a través de la aplicación de tiempos y métodos. Tal como lo menciona , Ramírez y Zwerg, (2012) una investigación cuya finalidad es aplicada se basa en identificar problemas concretos

y darle solución. La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se tuvo que recoger y analizar datos estadísticos en relación de la productividad de la empresa, con la finalidad de determinar patrones de comportamientos(Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Según el nivel de la investigación, fue descriptiva y explicativa, descriptiva porque se buscó determinar las características importantes respecto a los problemas que se encuentran en la empresa lo cual repercute a la baja productividad. Dicha información sirvió para ser analizada y ante ello presentar alternativas de solución, fue explicativa también por que se trató de explicar cuáles son las causas que dan origen a las deficiencias existentes y mediante la aplicación del estudio de tiempos y métodos se permitió demostrar los beneficios (Vera, Castaño y Torres, 2018).

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), una investigación pre experimental se refiere cuando se trabaja con un solo grupo de estudio presentando un mínimo grado de control respecto a las variables, en ese sentido el grupo de estudio en el presente trabajo sería el área de producción de la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. y al aplicarle un estímulo que fue el estudio de tiempos y métodos se pudo medir como influye en la productividad de la empresa. Ante ello primero se realizó una preprueba y una posprueba después de la aplicación del estímulo.

En donde:

G → O1 → X → O2

G: área de producción de la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L.

O1: Productividad de la empresa antes de la aplicación de estudio de tiempos y métodos.

X: Estudio de tiempos y métodos.

O2: Productividad de la empresa después de la aplicación de estudio de tiempos y métodos.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Estudio de tiempos y métodos

Definición conceptual: Técnica empleada de manera sistemática para mejorar el uso eficaz de los recursos mediante el establecimiento de indicadores de rendimiento en base a las actividades realizadas (Danielle et al., [sin fecha]).

Definición operacional: Para la evaluación del estudio de tiempos y métodos, se realizará mediante la toma de tiempos mediante un cronometro, con el fin de determinar el tiempo normal y tiempo estándar de cada operación, asimismo, para determinar el índice de actividades será necesario identificar el total de actividades que conlleva el proceso y con ello identificar aquellas actividades que no añaden valor al proceso (Tejada, Gisbert y Pérez, 2017).

En ese sentido, a continuación, se detalla las dimensiones e indicadores de la variable independiente.

La primera dimensión denominada procedimiento de trabajo: definido como el conjunto de actividades los cuales se realizan con la finalidad de obtener algún resultado de un proceso (Henríquez-Fuentes et al., 2018).

El indicador de los procedimientos de trabajos es el índice de actividades que añaden valor.

Índice de actividades que añaden valor: Para el presente estudio, esta dimensión permite identificar aquellas actividades que influyen en la eficiencia de los procesos, discriminando a aquellas que no influyen directamente en el desarrollo de una orden de trabajo (Henríquez-Fuentes et al., 2018).

Para el cálculo se realiza mediante la siguiente formula:

$$IA = \frac{TA - TANV}{TA} X 100$$

En donde:

IA: Índice de actividad

TA: Todas las Actividades (operaciones)

TANV: Todas las actividades que no agregan valor (Operaciones)

Como segunda dimensión está definida por los tiempos cronometrados: el cual consiste en el uso de técnicas con el fin de determinar el tiempo empleado en

determinadas actividades de un proceso, con la finalidad de determinar y eliminar tiempos improductivos para posteriormente establecer tiempos estándares en las operaciones (Cardona, Castrillón y Tinoco, 2017).

Los indicadores de la presente dimensión son los siguientes:

Numero de muestras: proceso empleado en el cronometraje mediante el método estadístico, donde muestra un nivel de confianza del 95.45% y un margen de error del 5%.

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

En donde:

n: tamaño de muestra

n': número de observaciones preliminares

\sum : suma de valores

X: valor de las observaciones

Tiempo normal: denominado al tiempo del operario que está capacitado el cual conoce muy bien cada actividad realizada a un ritmo normal (Salazar et al., 2016).

$$Tn = \text{tiempo promedio} \times \text{factor de calificación}$$

Tiempo estándar: Es la medida del tiempo de determinadas actividades que se obtiene mediante la suma de los tiempos por piezas o actividades mediante el uso del cronometro (Danielle et al., [sin fecha]).

Para el cálculo se realiza mediante la siguiente formula

$$TE = TN (1 + \%SUPLEMENTOS)$$

En donde:

TE: Tiempo Estándar (minutos)

TN: Tiempo Normal (minutos)

S: Suplementos (porcentajes)

La tercera dimensión está referida al método SMED: Método de trabajo el cual permite reducir el tiempo por el cambio de producto o referencia (Bianchi, Fabricio; Bianchi 2017).

Los indicadores considerados en la presente dimensión son los siguientes:

Tiempo de ciclo: parámetro que se establece en cada proceso de producción, el proceso puede ser manual o de máquina (Danielle et al., [sin fecha]).

Se calcula por la siguiente formula:

$$TC = \frac{\textit{Tiempo total}}{\textit{número de unidades producidas}}$$

Balance de línea: la presente herramienta se emplea básicamente para disponer de un control de producción, ya que dicho método permite la optimización de aquellas variables que influyen en la productividad (Romero, Cirila y Cañari 2018).

Se calcula por la siguiente formula:

$$BL = \frac{\textit{Minuto Total del Operario}}{\textit{Total de minutos por línea}} \times 100$$

Desempeño de línea: es el tiempo promedio que toma un producto para ser elaborado o entregado luego de ser ordenado (Romero, Cirila y Cañari 2018).

Se calcula por la siguiente formula:

$$DL = \frac{\textit{Sum.Tareas}}{\textit{N° estaciones reales} \times \textit{tiempo ciclo}} \times 100$$

Disponibilidad de maquinaria: medida que evalúa el rendimiento de los elementos que permiten la obtención de un producto

Se calcula por la siguiente formula:

$$DM = \frac{\textit{Horas totales} - \textit{Horas paradas}}{\textit{Horas totales}} \times 100$$

Escala de medición: Razón, para todos los indicadores de la variable independiente.

Variable dependiente: Productividad

Definición conceptual: la productividad es definida como la capacidad de mejorar bienes y servicios, lo cual es expresado en base a los ingresos y salidas para calcular la medida de la productividad (Sandkuhl y Seigerroth, 2019).

Definición operacional: Para la evaluación de la productividad se procederá a revisar los registros de producción de la empresa a fin de determinar la eficiencia y eficacia, según la producción total y el tiempo empleado (Huilda et al., 2020).

Para medir la variable Productividad, se utilizaron las siguientes dimensiones:

Eficiencia: por medio de esta dimensión, se determinó la relación entre el tiempo utilizado para elaborar un trabajo asignado en el área de operaciones de la empresa en estudio y el tiempo total laborable incluyendo tiempos ocios, esperas, descansos, etc. Lo que se busca es ejecutar los trabajos asignados en el mismo o menos tiempo (Doimeadiós y Rodríguez, 2015).

La fórmula para calcular es la siguiente:

$$Eficiencia = \frac{TRP}{TTP} \times 100$$

En donde:

TRP: Tiempo Real de Producción (minutos)

TTP: Tiempo Total de Producción (minutos)

Eficacia: la eficacia de los trabajos asignados determinará el nivel o capacidad de cumplimiento de los trabajadores para poder lograr los objetivos propuestos. Es decir, se medirá la relación de aquellos trabajos asignados y culminados, y los trabajos programados en el mes (Goldkuhl y Karlsson, 2020).

La fórmula es la siguiente:

$$Eficacia = \frac{PR}{PP} \times 100$$

En donde:

PR: Producción real (trabajos/mes)

PP: Producción programada (trabajos/mes)

Escala de medición: Razón, para todos los indicadores de la variable dependiente.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Según Andrade, Del Río y Alvear (2019), menciona que la población está definida como el conjunto de datos en los cuales se emplean procedimientos para el desarrollo de un estudio de un conglomerado de personas, pero una población también está definida como el conjunto de elementos que están vinculados a una investigación.

En ese sentido, la población del presente trabajo de investigación estuvo constituido por los procesos de producción y los trabajadores de la empresa A Y G Maquinarias CNC E.I.R.L.

Muestra

Como lo indica (Ramírez y Zwerg, 2012), la muestra está determinada por el subconjunto representativo del cual es extraído de una determinada población.

En base a ello, para la muestra del estudio se consideró el área de producción del acople de eje de bomba M15 y los 10 trabajadores encargados de la transformación y fabricación de piezas y estructuras metal-mecánica de la empresa A Y G Maquinarias CNC E.I.R.L.

Muestreo

En la presente investigación se trabajó con el tipo de muestreo no probabilístico por medio de la técnica por conveniencia debido a que el autor considera a la muestra limitada y de fácil acceso, por tanto, fue posible acceder a toda la población (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Unidad de análisis

Los trabajadores de la empresa A Y G Maquinarias CNC E.I.R.L.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Stieglitz et al., (2018) las técnicas de recolección de datos, son medios para la obtención de información ya sea de manera cualitativa o cuantitativa. A continuación, se detalla las técnicas que se empleó en la presente investigación.

Observación directa: es considerada una herramienta fundamental cuando se pretende realizar una investigación, con la finalidad de obtener información detallada y en el momento preciso, basado en información cualitativa o cuantitativa. Es por ello que en el presente trabajo se empleó dicha técnica, la cual permitió registrar aspectos como la identificación de actividades principales y el tiempo que conlleva realizar cada una de las operaciones.

Análisis documental: se refiere a la búsqueda de información que sirve para realizar un análisis y en base a ello generar alternativas de solución ante posibles problemas encontradas en un sistema. Dicho análisis se obtiene de medios como libros, registros, estudios etc. y que pueden ser obtenidos de medios impresos o digitales. Bajo ese enfoque, el análisis documental sirvió para identificar conceptos, características con la finalidad de recabar información que sirva para el desarrollo de la investigación

Para Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), los instrumentos de recolección de datos están enfocados a registrar la información de aquellas variables que se pretenden estudiar, en ese sentido, en la presente investigación se empleó instrumentos como los que se detallan a continuación:

Guía de observación: Según los autores Ortega-Carbajal, Hernández-Mosqueda y Tobón-Tobón (2015) la guía de observación sirve para registrar información de aquellos elementos de estudio, por lo que para el presente trabajo se empleó fichas de registros de toma de tiempos, diagramas de actividades, procesos, registros de producción, todo ello con la finalidad de aportar mecanismos de mejora para la empresa.

Guía de análisis documental: Para Vera, Castaño y Torres (2018) la guía de análisis se emplea para realizar una búsqueda eficaz de información referente al tema de investigación, estos pueden ser obtenidos de medios impresos o electrónicos. En ese sentido en el presente estudio se empleó la guía de análisis documental del diagrama sinóptico del proceso.

Tabla 4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

VARIABLE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	FUENTE DE VERIFICACIÓN
INDEPENDIENTE: Estudio de tiempos y métodos	Observación directa Análisis documental	Guía de observación (anexo 2,4) Guía de análisis documental (anexo 5)	Área de operaciones de la empresa
DEPENDIENTE: Productividad	Observación directa	Guía de observación (anexo 3)	Área de operaciones de la empresa

Fuente: elaboración propia

Validez: los instrumentos serán validados por juicio de expertos.

Confiabilidad: para demostrar la confiabilidad de los instrumentos, estos fueron sometidos al software IBM SPSS Statistics 25, lo que permitió el análisis de la fiabilidad mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

Tabla 5. Nivel de Confiabilidad

Escala	Nivel
$0.00 < r < 0.20$	Muy bajo
$0.20 \leq r < 0.40$	Bajo
$0.40 \leq r < 0.60$	Regular
$0.60 \leq r < 0.80$	Aceptable
$0.80 \leq r < 1.00$	Elevado

Fuente: elaboración propia

Método de Test-Retest

Se utilizó el Test-Retest y la técnica de coeficiente de correlación de Pearson para verificar el nivel de confiabilidad de los instrumentos. Para ello, se tomó como muestra piloto a 10 días ($n = 10$) del mes de marzo del 2021 para constatar la confiabilidad de los instrumentos a utilizar para la recopilación de datos del Pretest y Postest.

Tabla 6. Ratio del indicador Eficiencia

Correlaciones

		Test EFICIENCIA	Re-test EFICIENCIA
Test EFICIENCIA	Correlación de Pearson	1	,835**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	10	10
Re-test EFICIENCIA	Correlación de Pearson	,835**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia. Realizado en SPSS IBM 25

En la tabla 5 se observa que el Test y Re-Test posee una correlación de Pearson de 0.835 y el nivel de significancia es menor a 0.05, para lo cual, se puede afirmar que el instrumento a utilizar tiene una confiabilidad del 84%.

Tabla 7. *Ratio del indicador Eficacia*

Correlaciones			
		Test EFICACIA	Re-test EFICACIA
Test EFICACIA	Correlación de Pearson	1	,846**
	Sig. (bilateral)		,001
	N	10	10
Re-test EFICACIA	Correlación de Pearson	,846**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Elaboración propia. Realizado en SPSS IBM 25

En la tabla 6 se observa que el Test y Re-Test posee una correlación de Pearson de 0.846 y el nivel de significancia es menor a 0.05, para lo cual, se puede afirmar que el instrumento a utilizar tiene una confiabilidad del 85%.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Método de recolección de datos

El presente trabajo se basó en el estudio tiempos y métodos con el fin de mejorar la productividad de la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. que pertenece al sector de manufactura especializada en soldadura, corte, mecanizado,

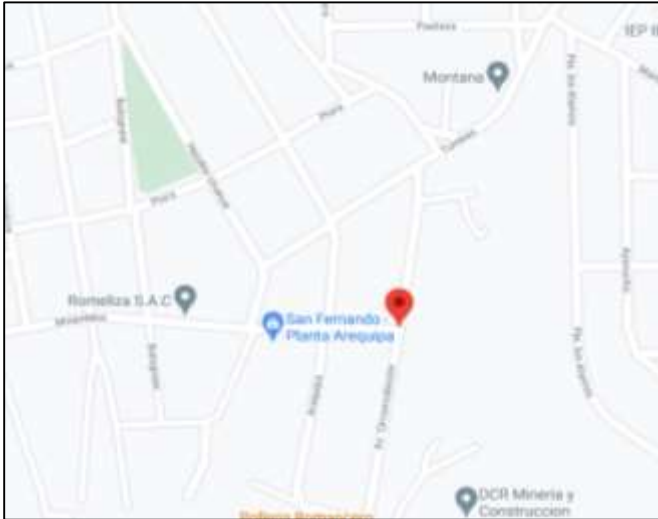
transformación y fabricación de piezas y estructuras metalmecánica dirigido al sector industrial y minero, ubicada en la ciudad de Arequipa. Cabe mencionar que la investigación se centró en el área de producción de la empresa, la cual cuenta con 10 trabajadores. Partiendo de eso, en primera instancia se procedió a realizar la búsqueda de información mediante técnicas como la observación directa y el análisis documental con el fin de obtener información para el análisis de métodos a emplear. Mediante la observación directa y el uso de los instrumentos como la guía de observación y cronometraje se procedió a determinar los métodos y tiempos de trabajo con los cuales se vienen laborando, asimismo se pudo determinar la productividad actual de la empresa, del mismo modo mediante el instrumento de guía de análisis documental, se logró obtener información del proceso actual que mantiene la empresa. Siguiendo la secuencia del estudio, se estima un presupuesto de S/ 1500.00 para el proceso de recolección de datos en los cuales se incluye materiales de oficina y papelerías en general, así como también gastos relacionados a los servicios de internet, durante un tiempo aproximado de 4 meses.

3.5.2. Diagnostico situacional de la empresa

3.5.2.1 Descripción general de la empresa

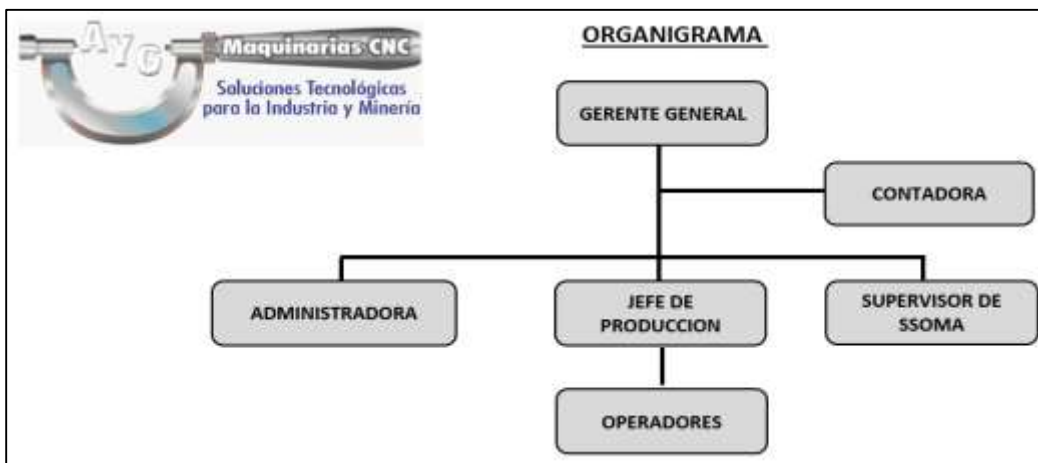
A Y G MAQUINARIAS CNC E.I.R.L es una empresa joven, dinámica y altamente calificada, cuya dirección legal es en Av. Circunvalación Zn D Grp10 Mza. 9 lote 5-A, Cerro Colorado, Arequipa. Identificada con RUC: 20604079722. Actualmente pertenece al sector de manufactura especializada en soldadura, corte, mecanizado, transformación y fabricación de piezas y estructuras metalmecánica dirigido al sector industrial y minero, asimismo, sus principales clientes son Backus, kola Real, Socosani, Ladrillera el Diamante y Metso.

Figura 3. Ubicación de la empresa



Fuente. Google maps, 2021

Figura 4. Organigrama de la empresa



Fuente. Empresa, 2021

En la figura 4 se muestra el organigrama de la empresa en el cual se puede apreciar las áreas de Gerencia general, contabilidad, administración, área de producción el área de supervisión de SSOMA. Actualmente el jefe de producción tiene a su cargo a 10 operarios.

3.5.2.2 Diagnóstico de los tiempo y métodos antes de la mejora

Análisis del procedimiento en la fabricación de acople (eje) de BOMBA M15

Para la fabricación del eje se necesita 1 barra de acero inox de 3"x 40mm. El material en mención es llevado a la maquina (torno convencional). Luego proseguimos con el destronque (la eliminación de exceso) del material (aproximamos medidas). Luego se procede a realizar el cilindrado (reducimos el diámetro del material) y maquinado de la rosca M24 en un extremo del eje.

Se prosigue con la verificación de medidas (uso de calibrador digital). Luego se prosigue con el maquinado del alojamiento para el impulsor a un $\varnothing 29.53\text{mm}$, posteriormente proseguimos con la verificación de medidas (uso de calibrador digital).

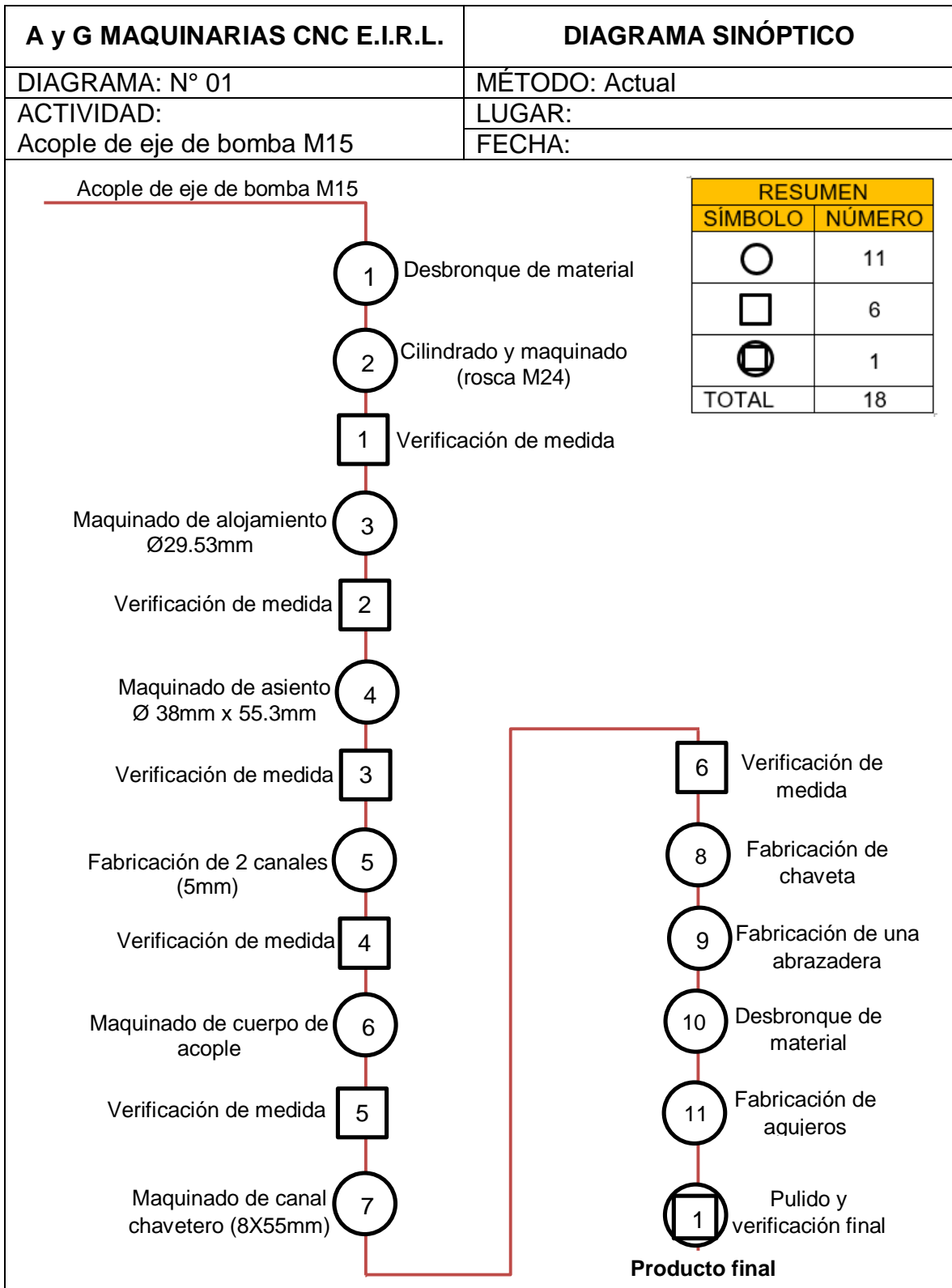
Después se prosigue con el maquinado del asiento (reducimos el diámetro del material) para la prensa estopa (empaquetadura en soga) a un diámetro de 38mm x 55.3mm, verificamos las medidas del asiento (uso del calibrador digital). Luego fabricamos 2 canales de 5mm para los seguros. Luego se realiza la calibración de las medidas de los canales (uso del calibrador).

Seguidamente se realiza el maquinado del cuerpo principal del acople a eje de motor a un diámetro interior de 48mmx110mm y un diámetro exterior de 54mmx 69mm, con un canal lineal de 2mm para la abrazadera.

Luego verificamos las medidas (uso del calibrador), después la pieza es llevada a la fresadora que se encuentra a una distancia de 5 metros para la fabricación del canal chavetero 8x55mm (es un alojamiento), se Verifica las medidas del canal chavetero (uso del calibrador). Se prosigue con la fabricación de la chaveta, una vez fabricado el canal chavetero ya con la chaveta proseguimos con la fabricación del segundo la componente que es la abrazadera

Para la fabricación de la abrazadera necesitamos una barra de 3"x100mm, la barra es llevada al torno para el desbronque y maquinado. Una vez ya maquinado la abrazadera es llevada a la fresadora que se encuentra a 5 metros para la fabricación de agujeros roscados M10 para pernos de ajuste. Una vez terminada toda la fabricación se prosigue al pulido de la pieza con el uso del lijar para darle un buen acabado y terminamos con la verificación en su totalidad de todas las medidas del eje de bomba (uso del calibrador y micrómetro digital).

Figura 5. Diagrama de operaciones del proceso antes de la mejora



Fuente. Elaboración propia

En la figura 5 se presenta el diagrama de operaciones del proceso de fabricación del acople de eje de bomba M15. En el mencionado DOP se puede identificar un

total de 11 operaciones, 6 inspecciones y 1 operación e inspección, lo que da como producto final el acople de eje para una bomba M15

Figura 6. acople de eje de bomba M15



Fuente. Empresa, 2021

A continuación, se realizó el análisis del diagrama de recorrido respecto a las actividades que se ejecutan para la obtención del producto final

Tabla 8. Diagrama de Análisis de Procesos (DAP)

A y G MAQUINARIAS CNC E.I.R.L.		Diagrama de Análisis de Procesos							
Diagrama N°:01	Hoja N°:01	Actividad	Símbolo	Resultado					
Objeto: Eje de bomba M15	Transporte		⇒	4					
	Operación		○	11					
	Espera		D	1					
	Inspección		□	9					
	Almacenamiento		▽	1					
Proceso: Acople de eje de bomba M15	Distancia (mts)			25					
	Tiempo (min)			525.26					
	% de actividades productivas			42.31%					
Área:	% actividades improductivas			57.69%					
N°	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	⇒	○	D	□	▽	Observación
1	Solicitud de materia prima de almacén		4.95					*	
2	Espera de despacho		20.2					*	
3	Traslado del material al taller	10	3.44	*					
4	Desbronque de material		47.2					*	
5	Verificación de medidas		4.71					*	uso de calibrador digital
6	Cilindrado y maquinado de rosca M24 en un extremo del eje		45.3		*				
7	Verificación de medidas		4.55					*	uso de calibrador digital
8	Maquinado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm		59.2		*				
9	Verificación de medidas		4.32					*	uso de calibrador digital
10	Maquinado de asiento para prensa estopa a un diámetro de 38mm x55.3mm		39.8		*				
11	Verificación de medidas		4.41					*	uso de calibrador digital
12	Fabricación de 2 canales para seguros		32		*				
13	Verificación de medidas		4.6					*	uso de calibrador digital
14	Maquinado de cuerpo de acople a eje de motor		38.5		*				
15	Verificación de medidas		4.57					*	uso de calibrador digital
16	la pieza es llevada a la fresadora	5	1	*					
17	Fabricación de canal chavetero de 8mmx55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople		39		*				

18	Verificación de medidas		4.98				*		uso de calibrador digital
19	Fabricación de chaveta de 8mmx55mm		45.2		*				
20	La barra para la abrazadera es trasladada al torno	5	2.74	*					
21	Fabricación de 1 abrazadera con agujeros roscados M10 para pernos de ajuste		57.9		*				
22	La abrazadera es trasladada a la fresadora	5	2.3	*					
23	Fabricación de agujeros M10 para pernos de ajuste.		12.5		*				
24	Verificación de medidas		3.89				*		uso de calibrador digital
25	Pulido de la pieza con el uso del lijador para darle un buen acabado		35		*				
26	verificación en su totalidad		3				*		
TOTAL		25	525.26	4	11	1	9	1	

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 8 se plasmó el diagrama de análisis de proceso en el cual se tuvo un total de 4 transportes, 11 operaciones, 1 espera, 9 inspecciones y 1 almacenamiento, lo que hacen un total de 26 actividades. En base a los resultados obtenidos se procede a determinar las actividades que generan valor según la siguiente formula:

$$AGV = \frac{\text{Actividades que generan valor}}{\text{total de actividades}} * 100$$

$$AGV = \frac{11}{26} * 100 = 42.31\%$$

El resultado luego de aplicar la formula nos indica que las actividades que generan valor dentro del proceso son de 42.31% mientras que las actividades que no generan valor son de 57.69%.

Toma de tiempos

Con la finalidad de determinar los tiempos estandarizados se procedió a realizar la toma de tiempos, las observaciones realizadas fueron durante 13 días del mes de enero, considerando los dos turnos de trabajo.

Tabla 9. Registro de toma de tiempo en enero 2021 – pre test

A y G MAQUINARIAS CNC EIRL	FICHA DE TIEMPOS																										
ÁREA:	Producción																										
PROCESO:	Fabricación de acople de eje																										
PRODUCTO:	acople de eje de condaivilis																										
ACTIVIDADES	TIEMPO OBSERVADO (min)																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Solicitud de material para el arranque	4:24	3:9	4:9	3:7	4:5	4:12	3:9	3:9	4:6	3:17	4:2	3:0	4:8	4:7	3:5	4:1	3:9	3:4	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1	4:1
Espera de despacho	20:3	20	20:2	19:7	19:3	20:2	21:6	20:4	19:6	20:2	21:8	19:7	20:3	21:6	19:2	19:4	21:1	20:7	20:7	20:6	19:1	19:2	22	21:2	21:9	21:2	
Trasado del material al taller	3:5	3:4	3:7	3:1	3:1	3:2	3:0	3:7	3:2	3:7	3:2	3:1	3:9	3:0	3:4	3:6	3:2	3:0	3:9	3:5	3:1	3:6	3:5	3:6	3:1	3:9	
Desmontaje de material	4:3	4:8	4:9	4:6	4:1	4:8	4:8	4:6	4:6	4:6	4:2	4:7	4:1	4:6	4:6	4:6	4:6	4:8	4:8	4:7	4:7	4:6	4:8	4:6	4:6	4:7	
Verificación de medidas	4:6	3:1	4:2	3:0	4:8	4:7	3:5	4:1	3:9	3:4	4:1	4:2	3:9	4:9	3:7	4:5	4:1	3:9	3:9	4:6	3:1	4:2	4:1	4:1	4:3	4:4	
Cilindrado y maquinado de rosca 1/2" en un extremo del eje	4:6	4:6	4:5	4:4	4:3	4:5	4:6	4:6	4:5	4:6	4:5	4:4	4:4	4:8	4:3	4:6	4:4	4:5	4:6	4:6	4:6	4:6	4:3	4:5	4:3	4:6	
Verificación de medidas	4:5	4:5	4:2	4:5	4:9	4:5	4:7	4:8	4:0	4:4	4:8	4:5	4:7	4:1	4:5	4:9	4:3	4:1	4:8	4:3	4:8	4:3	4:6	4:1	4:2	4:6	
IVaquinado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm	5:9	5:8	5	5:9	5	5	5	5	5:9	5	5	6	5	5	5	5:8	5:8	6	5	5	5	6	5	5	5	6	
Verificación de medidas	4:3	4:6	4:7	4:4	4:8	4:8	4:5	4:0	4:7	4:4	4:1	4:2	4:9	4:1	4:4	4:3	4:3	4:8	4:7	4:0	4:5	4:0	4:5	4:4	4:9	4:2	
IVaquinado de asiento	4:0	4:0	4:1	4:0	4:0	4:1	3:9	4:0	4:1	3:9	3:9	3:9	4:0	3:9	4:1	4:1	4:1	3:9	3:9	3:9	4:1	4:0	4:0	4:1	4:2	3:9	
Verificación de medidas	4:4	4:2	4:1	4:8	4:4	4:8	4:0	4:6	4:6	4:7	4:7	4:1	4:0	4:8	4:8	4:0	4:9	4:5	4:3	4:8	4:3	4:4	4:7	4:8	4:6	4:6	
Fabricación de Z canales para seguros	3:1	3:0	3:1	3:1	3:0	3:0	3:1	3:1	3:0	3	3:1	3:0	3:0	3:0	3:1	3:1	3:1	3:1	3:1	3:1	3:1	3:1	3:1	3:1	3:1	3:1	
Verificación de medidas	4:4	4:9	4:3	4:9	4:4	4:7	4:6	4:0	4:0	4:0	4:5	4:7	4:0	4:9	4:0	4:8	4:4	4:0	4:2	4:4	4:5	4:4	4:0	4:0	4:0	4:3	
IVaquinado de cuerpo de acople a eje de motor	38	38	36	37	37	37	35	35	36	35	36	36	35	38	35	35	36	36	38	35	38	35	36	39	37	35	
Verificación de medidas	4:5	4:2	4:9	4:4	4:2	4:1	4:9	4:0	4:3	4:1	4:8	4:7	4:8	4:9	4:1	4:9	4:3	4:1	4:1	4:2	4:3	4:3	4:1	4:2	4:4	4:9	
La pieza es llevada a la fresadora	2:9	2:3	2:9	2:9	2:4	2:9	2:4	2:6	2:4	2:0	2:3	2:2	2:7	2:4	2:1	2:6	2:2	2:4	2:7	2:8	2:0	2:4	2:3	2:1	2:8	2:2	
Fabricación de canal de eje de 8mm x 55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople	3:6	3:6	3:6	3:5	3:8	3:5	3:6	3	3:7	3:5	3	3:5	3:6	3:6	3:5	3:8	3:5	3:8	3:5	3:8	3:5	3:6	3:6	3:6	3:5	3:8	
Verificación de medidas	4:6	4:9	4:7	4:4	4:0	4:6	4:6	4:7	4:1	4:0	4:4	4:2	4:2	4:4	4:2	4:4	4:1	4:1	4:9	4:3	4:7	4:7	4:2	4:4	4:9	4:7	
Fabricación de chaveta de 8mm x 55mm	4:4	4:3	4:4	4:2	4:2	4:3	4:2	4:2	4:3	4:3	4	4:2	4:2	4:4	4	4	4:2	4:4	4:4	4:4	4:2	4:4	4	4	4:4	4:2	
La barra para la abrazadera es trasladada al torno	2:7	2:7	2:5	2:5	2:0	2:2	2:0	2:1	2:1	2:5	2:7	2:4	2:0	2:1	2:1	2:3	2:3	2:2	2:2	2:2	2:7	2:7	2	2:0	2:3	2:6	
Desmontaje y maquinado de material	5:2	5	5:6	5	5:8	5:2	5:8	5:9	5:1	5:4	5:7	5:9	5:1	5:2	5:9	5:6	5:8	5:1	5:4	5:3	5:7	5	5	5:8	5:7	5:6	
La abrazadera es trasladada a la fresadora	2:3	2:9	2:6	2:0	2:6	2:1	2:2	2:4	2:3	2:7	2:8	2	2:2	2:0	2:1	2:5	2:1	2:3	2:0	2:9	2:4	2:5	2:7	2:4	2:4	2:7	
Fabricación de agujeros para pernos de ajuste.	1:2	1:2	1:1	1:1	1:1	1:2	1:2	1:1	1:1	1:2	1:1	1:1	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:1	1:1	1:1	1:2	1:1	1:1	1:2	1:1	
Verificación de medidas	4:9	4:9	4:2	4:9	4:8	4:8	4:8	4:8	4:5	4:0	4:2	4:1	4:2	4:0	4:1	4:1	4:2	4:1	4:8	4:4	4:3	4:0	4:8	4:9	4:9	4:6	
Fulido de la pieza con el uso de lijador para darle un buen acabado	3:1	3:1	3:1	3:2	3:2	3:2	3:0	3:2	3:2	3	3:2	3:1	3:2	3:0	3:2	3:2	3:1	3:0	3:0	3:1	3:1	3:0	3:0	3:0	3:0	3:1	
Verificación en su totalidad	4:9	4:2	4:2	4:6	4:8	4:7	4:7	4:1	4:0	4:8	4:9	4:4	4:2	4:8	4:4	4	4:0	4:6	4:7	4:9	4:1	4:0	4:1	4:1	4:2	4:6	
TOTAL	5:2	5:1	5:2	5:1	5:2	5:2	5:0	5:2	5:2	5:1	5:2	5:2	5:2	5:0	5:0	5:1	5:2	5:3	5:3	5:3	5:3	5:3	5:3	5:3	5:3	5:3	

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de determinar el promedio del tiempo observado, se procedió a determinar el número de muestras, según el método estadístico el cual presenta un nivel de confianza del 95.45% y un margen de error de $\pm 5\%$ la fórmula es la siguiente:

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum (x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Tabla 10. Cálculo de numero de muestra

A y G MAQUINARIAS CNC EIRL	CÁLCULO DE NÚMERO DE MUESTRA			
ÁREA:	Producción			
PROCESO:	Fabricación de acople de eje			
PRODUCTO	acople de eje de bomba M15			
ITEM	ACTIVIDADES	$\sum X$	$\sum X^2$	Número de muestras
1	Solicitud de materia prima de almacén	106.7	443.5	20
2	Espera de despacho	531.1	10868.7	3
3	Traslado del material al taller	89.2	308.5	12
4	Desbronque de material	1221.5	57405.9	1
5	Verificación de medidas	106.3	441.5	24
6	Cilindrado y maquinado de rosca M24 en un extremo del eje	1173.1	52956.4	1
7	Verificación de medidas	118.3	539.7	6
8	Maquinado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm	1516.8	88516.5	1
9	Verificación de medidas	117.1	529.2	6
10	Maquinado de asiento	1053.5	42704.6	1
11	Verificación de medidas	118.7	543.5	4
12	Fabricación de 2 canales para seguros	806.1	25000.7	1
13	Verificación de medidas	115.9	519.3	7
14	Maquinado de cuerpo de acople a eje de motor	954.9	35101.7	2
15	Verificación de medidas	117.2	530.7	7
16	la pieza es llevada a la fresadora	64.0	159.8	26
17	Fabricación de canal chavetero de 8mmx55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople	950.9	34826.5	2
18	Verificación de medidas	117.3	531.0	5
19	Fabricación de chaveta de 8mmx55mm	1133.2	49413.4	1
20	La barra para la abrazadera es trasladada al torno	62.2	150.7	20
21	Desbronque y maquinado de material	1490.8	85497.7	0.31

22	La abrazadera es trasladada a la fresadora	64.7	162.9	21
23	Fabricación de agujeros M10 para pernos de ajuste.	314.6	3813.6	3
24	Verificación de medidas	116.7	526.4	8
25	Pulido de la pieza con el uso del lijarse para darle un buen acabado	819.5	25850.5	1
26	verificación en su totalidad	117.4	532.9	7

Fuente. Elaboración propia

Luego de aplicar la fórmula a cada una de las actividades se logró determinar el número de muestras, con los mencionados datos obtenidos se procedió a determinar el tiempo promedio. Cabe mencionar que los tiempos establecidos en la tabla 9 son tomados de la tabla 8 de las observaciones realizadas durante los 13 días del mes de enero.

Tabla 11. Promedio de tiempos observados

A y G MAQUINARIAS CNC EIRL	FICHA DE TIEMPOS																										
AREA:	Producción																										
PROCESO:	Fabricación de acople de eje																										
PRODUCTO:	acople de eje de comba V115																										
ACTIVIDADES	TIEMPO OBSERVADO (min)																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Solicitud de materia prima de almacén	4.2	3.9	5.0	3.8	4.5	4.1	4.0	3.9	4.6	3.2	4.3	3.0	4.9	4.7	3.6	4.1	3.9	3.4	4.1	4.2							4.1
Espera de despacho	20.3	20.0	20.2																								20.2
Traslado de material al taller	3.6	3.4	3.7	3.2	3.1	3.3	3.0	3.7	3.2	3.7	3.3	3.2															3.5
Desmontaje de material	47.3																										47.3
Verificación de medidas	4.6	3.2	4.3	3.0	4.9	4.7	3.6	4.1	3.9	3.4	4.1	4.2	3.9	5.0	3.8	4.5	4.1	4.0	3.9	4.6	3.2	4.3	4.1	4.2			4.1
Cilindrado y maquinado de rosca V124 en un extremo del eje	46.1																										46.1
Verificación de medidas	4.6	4.6	4.2	4.6	5.0	4.6																					4.9
IVaquinado de abajamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm	59.2																										59.2
Verificación de medidas	4.4	4.6	4.8	4.4	4.8	4.8																					4.4
IVaquinado de asiento para prensa estopa a un diámetro de 38mm x 55.3mm	40.6																										40.6
Verificación de medidas	4.4	4.2	4.2	4.9																							4.0
Fabricación de 2 canales para seguros	31.1																										31.1
Verificación de medidas	4.5	5.0	4.3	5.0	4.4	4.8	4.6																				4.4
IVaquinado de cuerpo de acople a eje de motor	38.0	38.0																									38.0
Verificación de medidas	4.6	4.2	5.0	4.4	4.2	4.2	5.0																				4.4
La pieza es llevada a la fresadora	3.0	2.2	3.0	3.0	2.5	2.4	2.6	2.7	2.0	2.1	2.3	2.2	2.7	2.6	2.1	2.6	2.2	2.5	2.8	2.8	2.0	2.0	2.4	2.1	2.9	2.2	2.5
Fabricación de canal de eje de 8mm x 55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople	36.4	36.4																									31.7
Verificación de medidas	4.6	4.9	4.7	4.5	4.1																						4.2
Fabricación de chaveta de 8mm x 55mm	44.4																										44.0
La barra para la abrazadera es trasladada al torno	2.7	2.7	2.5	2.6	2.0	2.3	2.1	2.1	2.1	2.5	2.8	2.5	2.1	2.2	2.1	2.3	2.4	2.3	2.3	2.7							2.4
Desmontaje y maquinado de material	57.2																										57.2
La abrazadera es trasladada a la fresadora	2.4	3.0	2.7	2.1	2.6	2.1	2.3	2.4	2.7	2.7	2.9	2.5	2.2	2.0	2.2	2.6	2.2	2.3	2.0	2.9	2.5						2.4
Fabricación de agujeros V110 para pernos de ajuste.	12.7	12.2	12.1																								13.1
Verificación de medidas	5.0	4.9	4.2	5.0	4.9	4.6	4.8	4.8																			4.7
Fujo de la pieza con el uso de lijor para darle un buen acabado	31.2																										31.2
Verificación en su totalidad	5.0	4.2	4.3	4.6	4.9	4.8	4.8																				4.3

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra el tiempo estandar que para su calculo se consiero el tiempo promedio de la tabla 10. Asimismo, se empleo el metodo Westinghouse, para evaluar la actuacion del operario considerando factores como la habilidad, esfuerzo, condicion y consistencia. También se consideró el 11% de tolerancia (hombres) por necesidades personales, por fatiga, trabajo de pie y nivel de ruido.

Tabla 12. Suplementos – tolerancia

SUPLEMENTOS	
Suplementos Constantes	
Por necesidades Personales	5
Por fatiga	4
Suplementos Variables	
Por trabajo de pie	2
Por postura anormal	0
Uso de fuerza	0
Mala iluminación	0
Condiciones atmosféricas	0
Concentración intensa	0
Nivel de ruido (Continuo)	0
Tensión mental	0
Monotonía	0
Tedio	0
Total, Tolerancia	11

Fuente. (según OIT,2010)

Tabla 13. Tiempo estándar

A y G MAQUINARIAS CNC EIRL									
ÁREA:	Producción								
PROCESO:	Fabricación de acople de eje								
PRODUCTO:	acople de eje de bomba M15								
ACTIVIDADES	T. prom	westinghouse				1+FC	TIEMPO NORMAL	TOLERANCIA %	TIEMPO ESTANDAR
		H	E	CD	CS				
Solicitud de materia prima de almacén	4.1	0.03	0.02	0	0	1.05	4.4	0.11	4.83
Espera de despacho	20.2	0	0.02	0.02	0.01	1.05	21.2	0.11	23.51
Traslado del material al taller	3.5	0	0.02	0.02	0.01	1.05	3.6	0.11	4.05
Desbronce de material	47.3	0.03	0.02	0	0	1.05	49.7	0.11	55.13
Verificación de medidas	4.1	0	0.02	0.02	0.01	1.05	4.3	0.11	4.73
Cilindrado y maquinado de rosca M24 en un extremo del eje	46.1	0	0.02	0.02	0.01	1.05	48.4	0.11	53.73
Verificación de medidas	4.9	0.03	0.02	0.02	0.01	1.35	6.6	0.11	7.29
Maquinado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm	59.2	0	0.02	0.02	0.01	1.04	61.6	0.11	68.34
Verificación de medidas	4.4	0.03	0.02	0	0.01	1.06	4.7	0.11	5.19
Maquinado de asiento para prensa estopa a un diámetro de 38mm x55.3mm	40.6	0	0.02	0	0.01	1.03	41.8	0.11	46.42
Verificación de medidas	4.0	0.03	0.02	0.02	0.01	1.08	4.4	0.11	4.83
Fabricación de 2 canales para seguros	31.1	0.03	0.02	0.02	0.01	1.08	33.6	0.11	37.28
Verificación de medidas	4.4	0.03	0.02	0.02	0	1.07	4.7	0.11	5.24
Maquinado de cuerpo de acople a eje de motor	38.0	0.03	0.02	0.02	0.01	1.08	41.0	0.11	45.55
Verificación de medidas	4.4	0.03	0.02	0	0.01	1.06	4.7	0.11	5.23
la pieza es llevada a la fresadora	2.5	0	0.02	0	0.01	1.05	2.6	0.11	2.89
Fabricación de canal chavetero de 8mmx55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople	31.7	0.03	0.02	0.02	0	1.07	34.0	0.11	37.69
Verificación de medidas	4.2	0.03	0.02	0.02	0.01	1.08	4.6	0.11	5.07
Fabricación de chaveta de 8mmx55mm	44.0	0	0.02	0	0.01	1.03	45.3	0.11	50.31

La barra para la abrazadera es trasladada al torno	2.4	0.03	0.02	0.02	0.01	1.08	2.6	0.11	2.84
Desbronce y maquinado de material	57.2	0	0.02	0	0.01	1.03	58.9	0.11	65.40
La abrazadera es trasladada a la fresadora	2.4	0.03	0.02	0.02	0.01	1.08	2.6	0.11	2.89
Fabricación de agujeros M10 para pernos de ajuste.	13.1	0.03	0.02	0.02	0	1.07	14.0	0.11	15.57
Verificación de medidas	4.7	0.03	0.02	0	0.01	1.06	5.0	0.11	5.54
Pulido de la pieza con el uso del lijador para darle un buen acabado	31.2	0	0.02	0.02	0.01	1.05	32.8	0.11	36.36
verificación en su totalidad	4.3	0.03	0.02	0.02	0.01	1.08	4.7	0.11	5.21
TOTAL	514.1	0.8	0.5	0.4	0.2	27.8	541.6	2.9	601.14

Fuente. Elaboración propia

El tiempo estándar determinado para la fabricación de un acople de eje de bomba M15 es de 601.14 min.

Tiempo De Ciclo

Para determinar el tiempo de ciclo, se consideró las siguientes tareas, el cual es el proceso de fabricación del acople de eje de bomba M15.

Tabla 14. Establecimiento de tareas

TAREAS		TIEMPO. MIN
A	Desbronce de material	55.13
B	Verificación de medidas	4.73
C	Cilindrado y maquinado de rosca M24 en un extremo del eje	53.73
D	Verificación de medidas	7.29
E	Maquinado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm	68.34
F	Verificación de medidas	5.19
G	Maquinado de asiento para prensa estopa a un diámetro de 38mm x55.3mm	46.42
H	Verificación de medidas	4.83
I	Fabricación de 2 canales para seguros	37.28
J	Verificación de medidas	5.24
K	Maquinado de cuerpo de acople a eje de motor	45.55
L	Verificación de medidas	5.23
M	la pieza es llevada a la fresadora	2.89
N	Fabricación de canal chavetero de 8mmx55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople	37.69

Ñ	Verificación de medidas	5.07
O	Fabricación de chaveta de 8mmx55mm	50.31
P	La barra para la abrazadera es trasladada al torno	2.84
Q	Desbronce y maquinado de material	65.40
R	La abrazadera es trasladada a la fresadora	2.89
S	Fabricación de agujeros M10 para pernos de ajuste.	15.57
T	Verificación de medidas	5.54
U	Pulido de la pieza con el uso del lijarse para darle un buen acabado	36.36
V	verificación en su totalidad	5.21
TIEMPO TOTAL		568.74

Fuente. Elaboración propia

$$C = \frac{\text{Tiempo prod. por dia}}{\text{produccion por dia}}$$

$$C = \frac{568.74}{7} = 81.24$$

El tiempo de ciclo para la fabricación de un acople de eje es de 81.24 min/pieza.

Balance de Línea

En la tabla 15, se determinó las tareas que preceden a cada una, dicha información sirvió para establecer el diagrama de precedencia como se muestra en la figura 9.

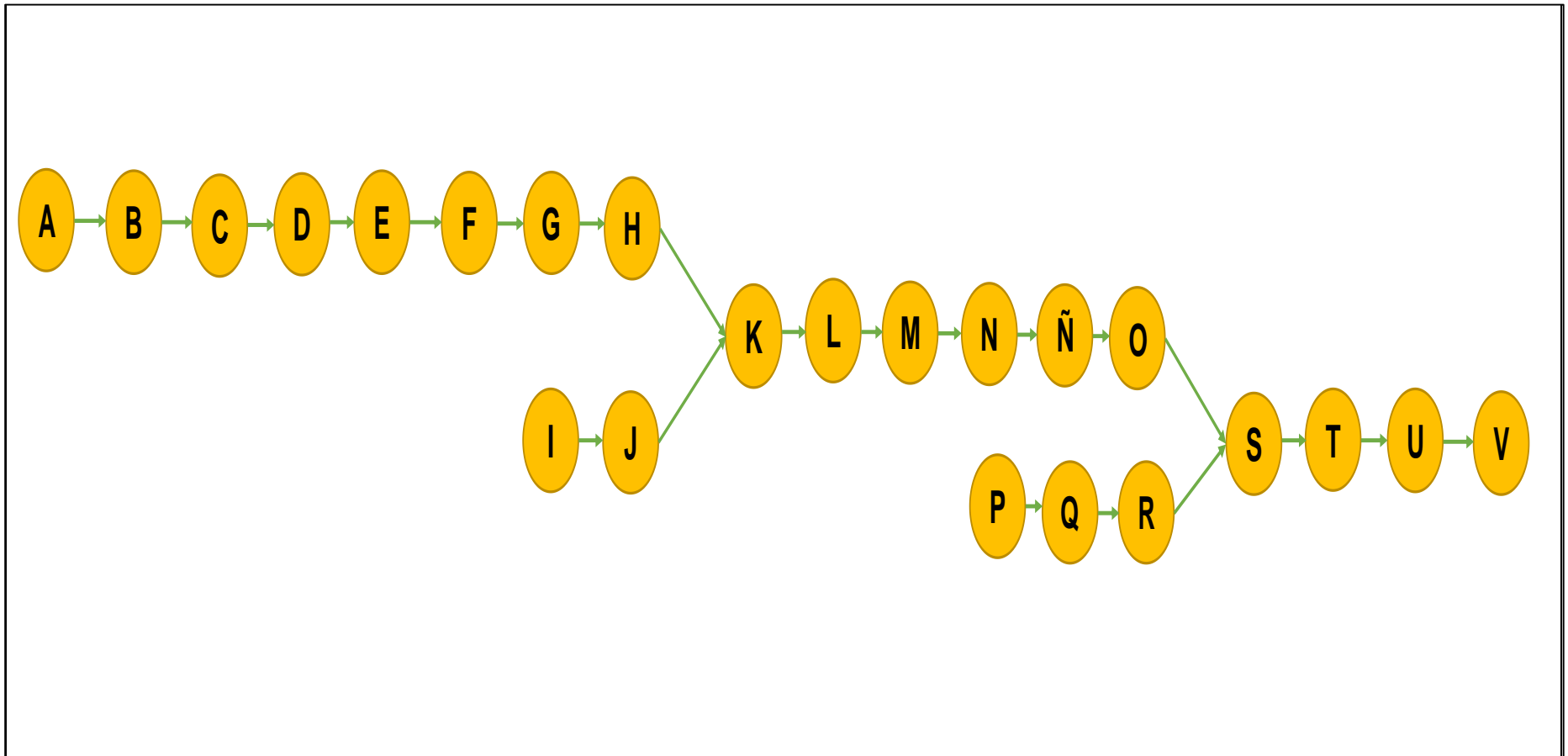
Tabla 15. Tareas que preceden

TAREA QUE PRECEDE	TAREA	TIEMPO. MIN
---	A	55.13
A	B	4.73
B	C	53.73
C	D	7.29
D	E	68.34
E	F	5.19
F	G	46.42
G	H	4.83
---	I	37.28
I	J	5.24
H-J	K	45.55
K	L	5.23
L	M	2.89
M	N	37.69
N	Ñ	5.07

Ñ	O	50.31
---	P	2.84
P	Q	65.40
Q	R	2.89
O-R	S	15.57
S	T	5.54
T	U	36.36
U	V	5.21

Fuente. Elaboración propia

Figura 8. Diagrama de procedencia



Fuente. Elaboración propia

Luego de definir el diagrama de precedencia, a continuación, se determinó el número mínimo de estaciones, empleando la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} EST. = \frac{TIEMPO TOTAL}{TIEMPO CICLO}$$

$$N^{\circ} EST. = \frac{568.74}{81.24} = 7$$

El número mínimo de estaciones deben ser 7.

Luego de ello, se procedió a seleccionar las reglas de asignación, donde la primera fue dar prioridad en la fabricación del acople de eje a las tareas que contengan mayor número.

Tabla 16. Primera regla de asignación – balanceo de línea

TAREA	TAREAS QUE SIGUEN	TAREA PRIORIDAD	TAREAS QUE SIGUEN
A	17	A	17
B	16	B	16
C	15	C	15
D	14	D	14
E	13	E	13
F	12	F	12
G	11	G-I	11
H	10	H-J	10
I	11	K	9
J	10	L	8
K	9	M	7
L	8	N-P	6
M	7	Ñ-Q	5
N	6	O-R	4
Ñ	5	S	3
O	4	T	2
P	6	U	1
Q	5	V	0
R	4		
S	3		
T	2		
U	1		
V	0		

Fuente. Elaboración propia

La segunda regla de asignación es dar prioridad a las tareas que tengan tiempos más extensos

Tabla 17. Segunda regla de asignación – balanceo de línea

NUMERO DE ESTACION	TIEMPO TAREA	TIEMPO CICLO	TIEMPO NO ASIGNADA	TAREA	TIEMPO POR CADA ESTACION
1	55.13	81.2	26.07	A	59.86
	4.73		21.34	B	
2	53.73	81.2	27.47	C	61.02
	7.29		20.18	D	
3	68.34	81.2	12.86	E	73.53
	5.19		7.67	F	
4	46.42	81.2	34.78	G	51.25
	4.83		29.95	I	
5	37.28	81.2	43.92	J	47.35
	5.24		38.68	H	
	4.83		33.85	K	
6	45.55	81.2	35.65	L	53.67
	5.23		30.42	M	
	2.89		27.53	N	
7	37.69	81.2	43.51	P	40.53
	2.84		40.67	Q	
8	65.4	81.2	15.8	Ñ	65.4
9	50.31	81.2	30.89	O	74.3
	2.89		28	R	
	15.57		12.43	S	
	5.54		6.89	T	
10	36.36	81.20	44.84	U	41.57
	5.21		39.63	V	

Fuente. Elaboración propia

$$BL = \frac{\text{Minuto Total del Operario}}{\text{Total de minutos por línea}}$$

Estaciones	Balance de línea (min)
1	9.50
2	9.32
3	7.73
4	11.09
5	7.73
6	10.59
7	14.03
8	8.69
9	7.65
10	13.68

El desempeño de la línea fue la siguiente:

$$DL = \frac{\text{Sum. Tareas}}{N^{\circ} \text{ estaciones reales} * \text{tiempo ciclo}} \times 100$$

$$DL = \frac{568.49}{10 \times 81.2} \times 100$$

$$DL = 70\%$$

La disponibilidad de la maquinaria (TORNO) fue la siguiente:

Horas totales = 8.97

Horas paradas = 3.00

$$DM = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas}}{\text{Horas totales}} \times 100$$

$$DM = 67\%$$

La disponibilidad de la maquinaria (FRESADORA) fue la siguiente:

Horas totales = 8.97

Horas paradas = 5.00

$$DM = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas}}{\text{Horas totales}} \times 100 \quad DM = 44\%$$

3.5.2.3 Diagnostico de la eficiencia, eficacia y productividad antes de la mejora

En la tabla 18 se calculó la capacidad instalada o capacidad teórica, cuyo resultado fue de 8, el cálculo se realizó según la siguiente formula:

$$CI = \frac{\text{Numero de trabajadores} * \text{tiempo labor}}{\text{tiempo estandar}}$$

Tabla 18. Capacidad instalada

Capacidad Instalada			
N° Trabajadores	Tiempo Labor/trab.	Tiempo Estándar	Capacidad Teórica
10	480	568.64	8

Fuente. Elaboración propia

Asimismo, en la tabla 19 se calculó la cantidad programada, en el cual se consideró el 90% como factor de valoración, el cálculo fue según la siguiente formula:

$$UP = CAPACIDAD * FACTOR DE VALORACION$$

Tabla 19. Cantidad programada

Cantidad Programada		
Capacidad Teórica	Factor De Valoración	Unidades Programadas
8	90%	8

Fuente. Elaboración propia

Los cálculos realizados permitirán determinar la eficiencia y eficacia respecto a la producción en la empresa A y G MAQUINARIAS CNC E.I.R.L.

Tabla 20. Productividad – octubre 2020

FECHA	H.H. PROGRA. (MIN)	H.H. REALES (MIN)	UNID. PLAN.	UNID. PROD.	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
2/10/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
3/10/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
5/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
6/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
7/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
8/10/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
9/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
10/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
12/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
13/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
14/10/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
15/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
16/10/2020	480	223	8	4	46%	50%	23%
17/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
19/10/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
20/10/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
21/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
22/10/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
23/10/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
24/10/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
26/10/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
27/10/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
28/10/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
TOTAL	11520	7244	192	130	1509%	1625%	1033%
PROMEDIO					63%	68%	43%

Fuente. Elaboración propia

Tabla 21. Productividad - noviembre 2020

FECHA	H.H PROGRAMADA (MIN)	H.H. REALES (MIN)	UNID. PLAN.	UNID. PROD.	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
2/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
3/11/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
4/11/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
5/11/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
6/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
7/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
9/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
10/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
11/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
12/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
13/11/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
14/11/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
16/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
17/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
18/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
19/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
20/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
21/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
23/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
24/11/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
25/11/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
26/11/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
27/11/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
28/11/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
TOTAL	11520	7189	192	129	1231%	1325%	821%
PROMEDIO					51%	55%	34%

Fuente. Elaboración propia

Tabla 22. Productividad – diciembre 2020

FECHA	H.H. PROGRAMA DA (MIN)	H.H. REALES (MIN)	UNID. PLAN I.	UNID. PRO D.	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
2/12/2020	480	223	8	4	46%	50%	23%
3/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
4/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
5/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
7/12/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
9/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
10/12/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
11/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
12/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
14/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
15/12/2020	480	223	8	4	46%	50%	23%
16/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
17/12/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
18/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
19/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
21/12/2020	480	223	8	4	46%	50%	23%
22/12/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
23/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
24/12/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
26/12/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
28/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
29/12/2020	480	334	8	6	70%	75%	52%
30/12/2020	480	279	8	5	58%	63%	36%
TOTAL	11520	6909.9	192	124	1440%	1550%	943%
PROMEDIO					60%	65%	39%

Fuente. Elaboración propia

Tabla 23. Resumen de productividad - 2020

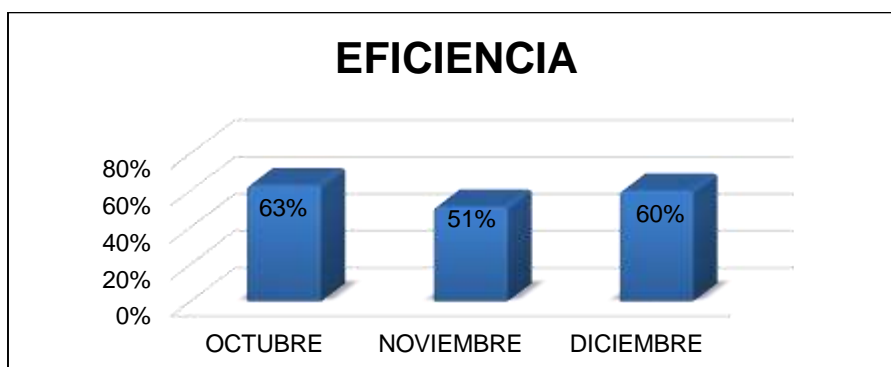
MES	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
OCTUBRE	63%	68%	43%
NOVIEMBRE	51%	55%	34%
DICIEMBRE	60%	65%	39%
PROMEDIO	61%	63%	41%

Fuente. Elaboración propia (tabla 20, 21 y 22)

En la tabla 20, 21 y 22 se muestra la productividad durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2020 respectivamente. El resumen del análisis

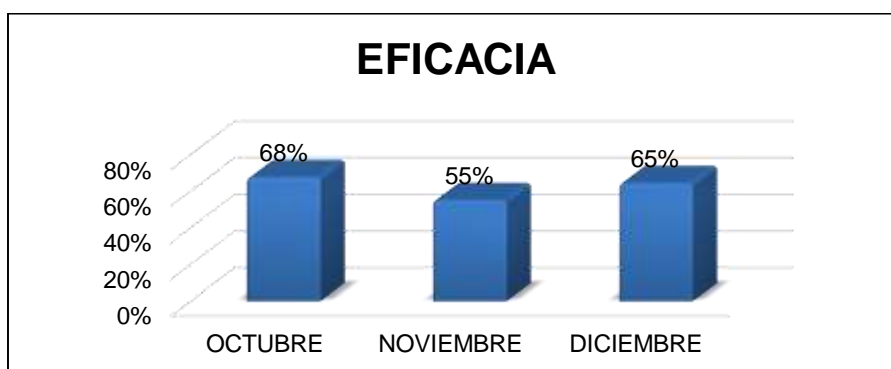
indica que en el mes de octubre la productividad fue de 43%, en noviembre 34% y diciembre fue de 39%.

Figura 9. Eficiencia – Octubre, noviembre y diciembre 2020



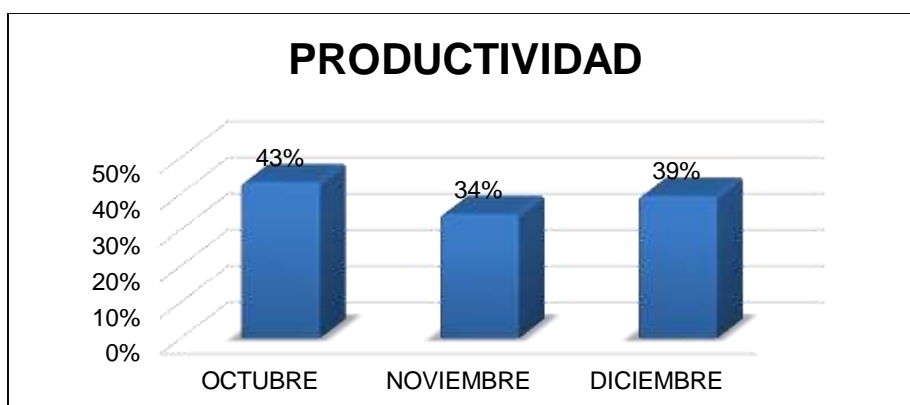
En la figura 9 se aprecia que la eficiencia ha ido descendiendo durante los meses de octubre, noviembre y diciembre respectivamente.

Figura 10. Eficacia – octubre, noviembre y diciembre 2020



En la figura 10 se aprecia que la eficiencia ha ido descendiendo durante los meses de octubre, noviembre y diciembre respectivamente.

Figura 11. Productividad – Octubre, noviembre y diciembre 2020



Al presentar una variación y descenso de la eficiencia y eficacia, el resultado de la productividad se ve afectado, tal como se evidencia en la figura 11.

3.5.3. Desarrollo de la propuesta de mejora

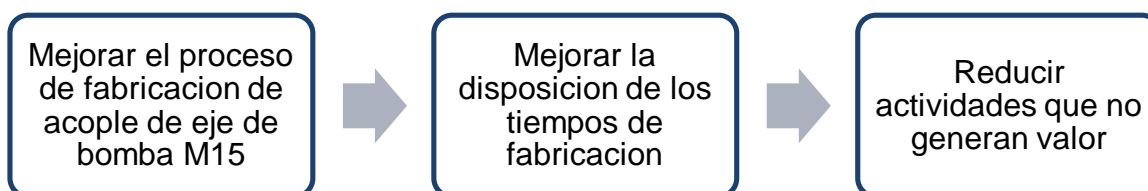
Después de identificar y analizar la información sobre los métodos y tiempos de trabajo los cuales influyen en la productividad de la empresa se procede a analizar las herramientas las cuales permitirán mejorar los problemas de la baja productividad en la empresa.

Cabe mencionar que la finalidad del presente trabajo es mejorar la productividad erradicando todos aquellos tiempos muertos que no generan valor útil en la producción.

Implementación de la mejora

Para la implementación se tendrá en consideración aspectos como los siguientes:

Figura 12. Proceso de implementación



Aplicación de las etapas de estudio del trabajo:

Paso 1: Registrar

En esta primera etapa se procede a recopilar la información de las actividades que se pretende estudiar, para ello es necesario ser lo más minucioso posible para que de esa manera se pueda disponer de la exactitud de los datos lo cual servirá para mejorar los métodos de trabajo (figura 6,7 y tabla 8).

Para ello lo primero que se debe hacer es registrar la información de manera manual, por medio de instrumentos que nos permitan plasmar los datos recopilados luego ya se procesa por medio una base datos.

En ese sentido, los diagramas más empleados en este tipo de estudios son los gráficos que indican sucesión o con escala de tiempo y los diagramas que indican movimiento, de recorrido, entre otros. Pero para el caso de estudio se empleó la elaboración de diagrama de operaciones de proceso, tal como se presentan a continuación.

Paso 2. Examinar

Se examina la información que fue recopilada según los gráficos anteriormente mostrados. En ese sentido la técnica que se empleo fue la técnica del interrogatorio.

Tabla 24. Preguntas preliminares

PREGUNTAS PRELIMINARES		ESTUDIO DEL TRABAJO
Propósito:	<p>¿Qué se hace en realidad?</p> <p>¿Por qué hay que hacerlo?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se aplicará el estudio del trabajo en el área de operaciones. • Se realizará con la finalidad de reducir las acciones y tiempos que son innecesarias en el trabajo y de esta manera aumentar la productividad.
Lugar:	<p>¿Dónde se hace?</p> <p>¿Por qué se hace ahí?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se desarrollará en el área de operaciones. • Se desarrollará el estudio en ese lugar debido que allí se fabrican.
Sucesión:	<p>¿Cuándo se hace?</p> <p>¿Por qué se hace en ese momento?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El estudio se aplicará cuando estén fabricando los acoples. • Porque nos permitirá tomar los tiempos exactos.

<p>Persona:</p>	<p>¿Quién lo hace? ¿Por qué lo hace esa persona?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación del estudio lo desarrollara el autor de esta investigación y las fabricaciones serán desarrolladas por los técnicos del área de operaciones. • Lo realizaran estas personas debido a que están capacitadas para desarrollar estas actividades.
<p>Medios:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se hace? • ¿Por qué se hace de ese modo? 	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizará la toma de tiempos y del proceso de mediante la observación directa. • Debido a que nos permite tomar los tiempos exactos y de manera real área de operaciones.

Fuente: Adaptado de G. Kanaway. Introducción al Estudio del Trabajo. 4ed. Ginebra: OIT. 1996

Tabla 25. Preguntas de fondo.

PREGUNTAS PRELIMINARES		ESTUDIO DEL TRABAJO
Propósito:	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué se hace? • ¿Por qué se hace? • ¿Qué debería hacerse? 	<ul style="list-style-type: none"> • Se aplicará el estudio del trabajo en la fabricación de acople de eje de bomba M15 • Porque la demanda de fabricación de acople es mayor. • Se debería aplicar la propuesta planteada.
Lugar:	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Dónde se hace? • ¿Por qué se hace allí? • ¿Dónde debería hacerse? 	<ul style="list-style-type: none"> • Se desarrollará en el área de operaciones. • Se desarrollará el estudio en ese lugar debido que allí se fabrican los acoples. • En el lugar que donde se desarrolle la actividad a estudiar.
Sucesión:	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuándo se hace? • ¿Por qué se hace entonces? • ¿Cuándo podría hacerse? • ¿Cuándo debería hacerse? 	<ul style="list-style-type: none"> • El estudio se aplicará cuando estén fabricando los acoples. • Porque nos permitirá tomar los tiempos exactos y de esta manera mejorar la productividad. • Se deberá desarrollar antes y después de implantar el nuevo método. • Se deberá desarrollar en las fechas que se plantearon.
Persona:	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Quién lo hace? • ¿Por qué lo hace esa persona? • ¿Qué otra persona podría hacerlo? • ¿Quién debería hacerlo? 	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación del estudio lo desarrollara el autor de esta investigación y las fabricaciones serán desarrolladas por los técnicos del área de taller. • Lo realizaran estas personas debido a que están capacitadas para desarrollar estas actividades. • Se podría instruir a una persona para el apoyo en la aplicación del estudio de métodos. • Lo deberían desarrollar las personas que se propuso.

Medios:	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se hace? • ¿Por qué se hace de ese modo? • ¿De qué otro modo podría hacerse? • ¿Cómo debería hacerse? 	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizará la toma de tiempos y del proceso de mediante la observación directa. • Debido a que nos permite tomar los tiempos exactos y de manera real. • Se podrían tomar los datos asumiendo los tiempos, pero no habría precisión de esos tiempos. • Se deberá ejecutar como se propuso.
----------------	--	---

Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber realizado el análisis se determinó la que existen actividades que no agregan valor a la producción, por tanto, es preciso reducir o eliminar con la finalidad de mejorar la productividad.

Tabla 26. Actividades para reducir o mejorar

N°	ACTIVIDADES	
	ACTUAL	PROPUESTA
1	Solicitud de materia prima de almacén	M Solicitud de materia prima de almacén
2	Espera de despacho	M Espera de despacho
3	Traslado del material al taller	M Traslado del material al taller
4	Desbronque de material	M Desbronque de material
5	Verificación de medidas	E Cilindrado y maquinado de rosca M24 en un extremo del eje
6	Cilindrado y maquinado de rosca M24 en un extremo del eje	M Maquinado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm
7	Verificación de medidas	E Verificación de medidas
8	Maquinado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm	M Maquinado de asiento para prensa estopa a un diámetro de 38mm x55.3mm
9	Verificación de medidas	M Fabricación de 2 canales para seguros
10	Maquinado de asiento para prensa estopa a un diámetro de 38mm x55.3mm	M Verificación de medidas
11	Verificación de medidas	M Maquinado de cuerpo de acople a eje de motor
12	Fabricación de 2 canales para seguros	M la pieza es llevada a la fresadora
13	Verificación de medidas	M Fabricación de canal chavetero de 8mmx55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople
14	Maquinado de cuerpo de acople a eje de motor	M Verificación de medidas
15	Verificación de medidas	E Fabricación de chaveta de 8mmx55mm

16	la pieza es llevada a la fresadora	M	La barra para la abrazadera es trasladada al torno
17	Fabricación de canal chavetero de 8mmx55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople	M	Fabricación de 1 abrazadera con agujeros roscados M10 para pernos de ajuste
18	Verificación de medidas	M	La abrazadera es trasladada a la fresadora
19	Fabricación de chaveta de 8mmx55mm	M	Fabricación de agujeros M10 para pernos de ajuste.
20	La barra para la abrazadera es trasladada al torno	M	Pulido de la pieza con el uso del lijarse para darle un buen acabado
21	Fabricación de 1 abrazadera con agujeros roscados M10 para pernos de ajuste	M	verificación en su totalidad
22	La abrazadera es trasladada a la fresadora	M	
23	Fabricación de agujeros M10 para pernos de ajuste.	M	
24	Verificación de medidas	E	
25	Pulido de la pieza con el uso del lijarse para darle un buen acabado	M	
26	verificación en su totalidad	M	

Nota. (E: eliminación; M: mantiene)

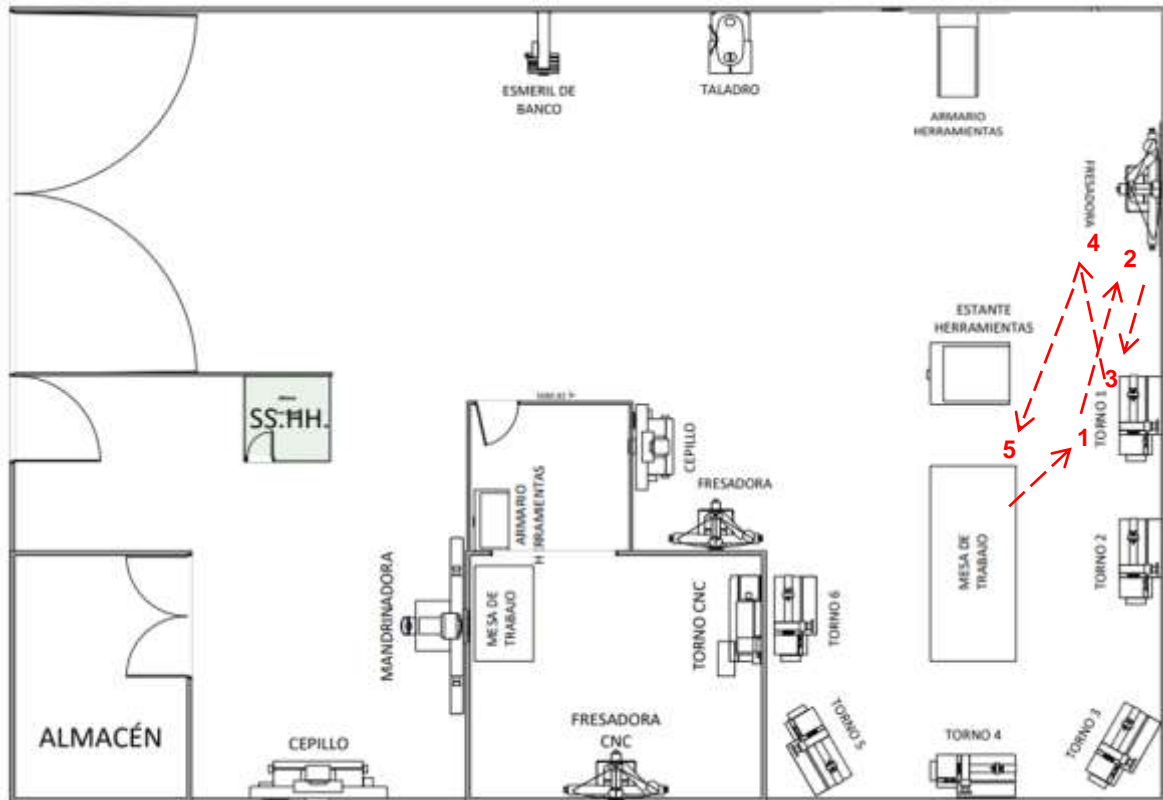
Fuente. Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 26, del total de las actividades algunas inspecciones fueron eliminadas debido a que mientras que se realizaba el proceso de fabricación también se verificaba, por tanto, ya no era necesario otra verificación.

Paso 3. Establecer

En este paso se establece una metodología, lo que se aplicó en el desarrollo del trabajo es en relación con la mejora del diagrama de recorrido, diagrama de operaciones del proceso y diagrama de análisis de procesos de la fabricación de acople de eje de bomba M15

Figura 13. Diagrama de recorrido de la empresa A y G Maquinarias

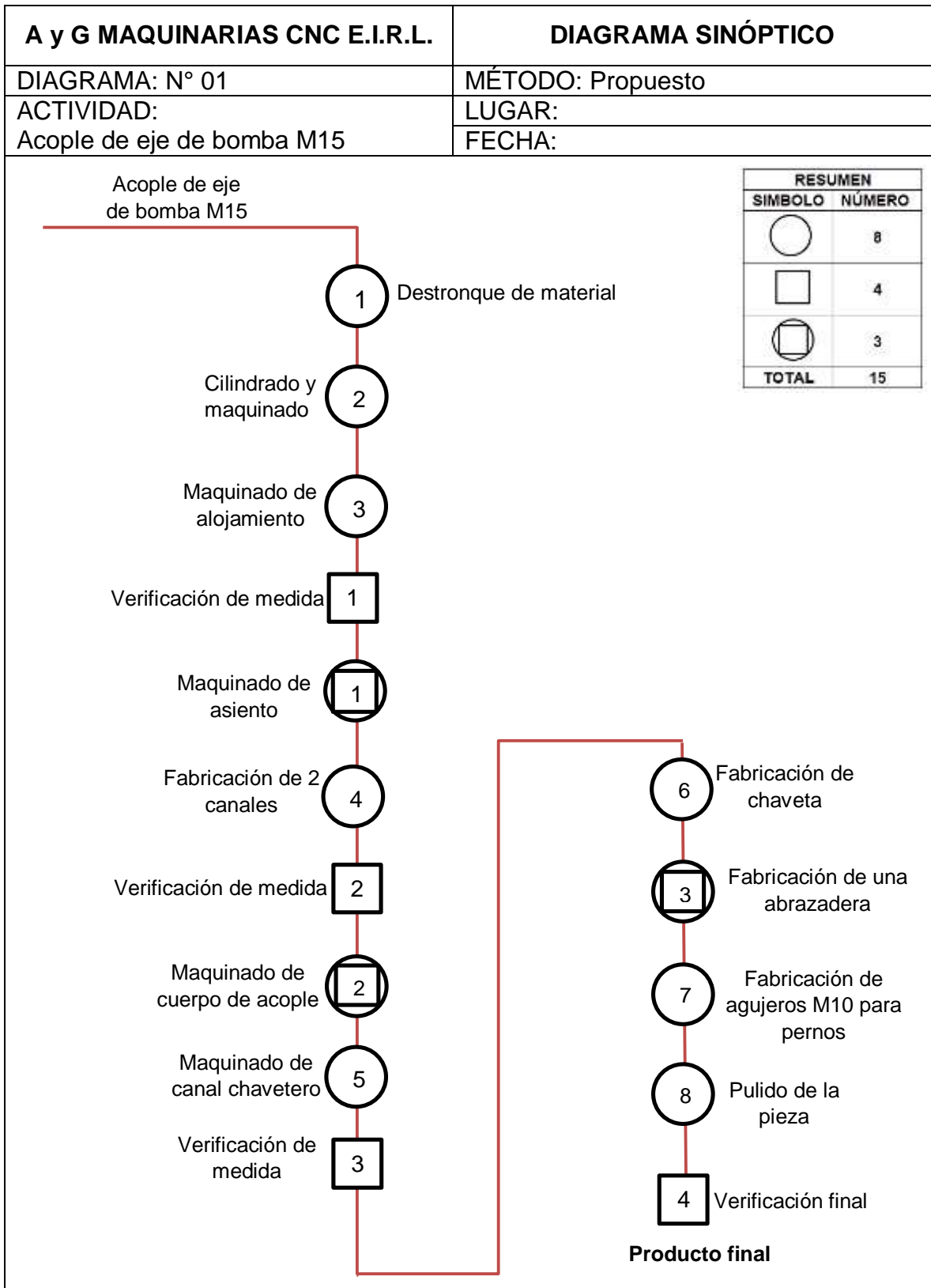


Fuente. Elaboración propia

Como se muestra en la figura 13 el cual es el diagrama de recorrido de la empresa, se cambió de lugar la fresadora con el armario de herramientas, como es evidente en la figura cerca de la mesa de trabajo ya se encontraba un estante en el cual se podía colocar las herramientas necesarias y evitar que el trabajador este dirigiéndose nuevamente al armario por cada herramienta, es por ello que al analizar el trabajo se procedió a realizar el cambio con el fin de reducir la distancia y con ello el tiempo improductivo que se generaba por el mismo.

Asimismo, al analizar cada una de las actividades del proceso de fabricación de acople de eje de bomba M15, se identificó actividades en las cuales mediante su proceso se realizaba también la verificación, es decir eran actividades paralelas. Por tanto, se estableció un nuevo diagrama de procesos de operaciones, mostrado a continuación en la figura 14.

Figura 14. Diagrama de operaciones del proceso antes de la mejora



Fuente. Elaboración propia

Tabla 27. Diagrama de análisis de procesos

A y G MAQUINARIAS CNC E.I.R.L.		Diagrama de Análisis de Procesos							
Diagrama N°:01	Hoja N°:01	Actividad	Símbolo					Resultado	
Objeto:		Transporte						4	
		Operación						11	
		Espera						1	
		Inspección						4	
		Almacenamiento						1	
Proceso: Acople de eje de bomba M15		Distancia (mts)						19	
		Tiempo (min)						499.13	
		% de actividades productivas						52.38%	
Área:		% actividades improductivas						47.62%	
N°	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)						Observación
1	Solicitud de materia prima de almacén		4.95					*	
2	Espera de despacho		10.2			*			
3	Traslado del material al taller	10	3.44	*					
4	Desbronce de material		47.2		*				uso de calibrador digital
5	Cilindrado y maquinado de rosca M24 en un extremo del eje		52.3		*				
6	Maquinado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm		55.2		*				
7	Verificación de medidas		4.32				*		uso de calibrador digital
8	Maquinado de asiento para prensa estopa a un diámetro de 38mm x55.3mm		42.8		*		*		uso de calibrador digital
9	Fabricación de 2 canales para seguros		30		*				
10	Verificación de medidas		3.6				*		uso de calibrador digital
11	Maquinado de cuerpo de acople a eje de motor		38.5		*		*		uso de calibrador digital
12	la pieza es llevada a la fresadora	3	1	*					
13	Fabricación de canal chavetero de 8mmx55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople		39		*				
14	Verificación de medidas		4.98				*		uso de calibrador digital
15	Fabricación de chaveta de 8mmx55mm		45.2		*				
16	La barra para la abrazadera es trasladada al torno	3	2.74	*					
17	Fabricación de 1 abrazadera con agujeros roscados M10 para pernos de ajuste		57.9		*				
18	La abrazadera es trasladada a la fresadora	3	2.3	*					

	Fabricación de agujeros M10 para pernos de ajuste.		15.5		*			
	Pulido de la pieza con el uso del lijador para darle un buen acabado		35		*			
	verificación en su totalidad		3				*	
TOTAL		19	499.13	4	11	1	4	1

Fuente. Elaboración propia

En la figura 14 se muestra el diagrama de operaciones propuesto en el cual se combinó operaciones con inspección debido a que es una operación que se realiza a la par y en la tabla 27 se presenta el diagrama de análisis de procesos en el cual se redujo la distancia de traslado entre las maquinas fresadora y torno, por tanto, se redujo el tiempo.

Según el diagrama de análisis de proceso mejorado se obtuvo un total de 4 transportes, 11 operaciones, 4 inspecciones, 1 espera y 1 almacenamiento, lo que hacen un total de 21 actividades. En base a los resultados obtenidos se procede a determinar las actividades que generan valor según la siguiente formula:

$$AGV = \frac{\text{Actividades que generan valor}}{\text{total de actividades}} * 100$$

$$AGV = \frac{11}{21} * 100 = 52.38\%$$

El resultado de las actividades que generan valor resulto en un 52.38% después de la mejora del estudio de métodos y tiempos en la fabricación de acople de eje de bomba M15.

PASO 4. MEDIR

Luego de haber establecido los nuevos métodos de trajo se procedido a realizar la toma de tiempos, considerando 26 observaciones durante los dos turnos de trabajo. Las observaciones fueron tomadas durante los primeros 13 días del mes de febrero.

Toma de tiempos después de la mejora

Tabla 28. Ficha de tiempos después de la mejora

A y G MAQUINARIAS CNC EIRL	FICHA DE TIEMPOS																									
ÁREA:	Producción																									
PROCESO:	Fabricación de acople de eje																									
PRODUCTO:	acople de eje de bomba M15																									
ACTIVIDADES	TIEMPO OBSERVADO (min)																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Solicitud de material para almacen	4.8	4.2	4	4.6	4.5	4.1	4.4	4.2	4.2	4	4.5	4.8	4.9	5	5	5	4	4.3	4.5	4.6	4.7	4.4	4.3	4.5	4.1	4.9
Espera de despacho	8.9	8.7	8.2	8.8	8.7	8.2	8.7	8.1	8	8.6	8.3	8.4	8.9	8.3	8.1	8.8	8.1	8.2	8.1	8.4	8.6	8.6	8.7	8.2	9	8.5
Trasado del material al taller	3.4	3.1	3.9	3.6	3.3	3.8	3.9	3.6	3.7	3.8	3.9	3.5	3.9	3.1	3.1	4	3.1	3.9	3.8	3.9	3.6	3.4	3.8	3.5	3.7	3.7
Desmontaje de material	47.5	47.7	47.4	47.9	47.8	47.3	47.9	48.0	47.2	47.4	47.6	47.7	47.2	47.3	47.5	48.0	47.6	47.8	47.9	47.6	47.9	47.9	47.4	47.6	47.7	47.3
Cilindrado y maquinado de rosca 1/24 en un extremo del eje	52.7	52.6	52.4	52.1	52.5	52.3	52.3	52.7	52.6	52.9	52.2	52.8	52.2	52.5	52.2	52.5	52.9	52.9	52.0	52.7	53.0	52.3	53.0	52.9	52.3	52.9
Mecanizado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53 mm	51.4	51.2	51.4	51.2	51.3	51.6	51.4	51.4	51.7	51.6	51.3	51.4	51.4	51.9	51.1	52.0	51.5	51.9	52.0	52.0	51.3	51.7	51.4	51.7	51.8	51.1
Verificación de medidas	4.7	4.2	4.6	3.2	4.7	4.9	4	4.3	4	5	4.7	4.8	4.9	4.9	4.3	4.5	4	5	3.2	4.3	5	4.9	4.2	4.9	4.4	4.7
Mecanizado de asiento para prensa estopa a un diámetro de 38 mm x 55.3 mm	40.5	40.5	40.5	40.1	40.3	40.2	40.0	40.8	40.3	40.8	40.6	40.2	40.4	41.0	40.7	40.7	40.6	40.9	40.8	40.2	40.4	40.9	40.8	41.0	40.4	40.0
Fabricación de 2 canales para seguros	29.6	28.7	29.6	29.0	28.5	28.1	29.0	27.2	30.0	29.2	29.8	29.2	28.4	29.8	29.6	28.7	29.9	29.2	28.7	29.5	27.6	29.8	29.7	28.1	29.2	27.5
Verificación de medidas	3.2	3.8	3.9	3.3	3.6	3.7	4	3.8	3.5	3.3	3.4	3.6	3.3	3.2	3.4	3.7	3.1	3.7	3.4	3.6	3.5	3.7	3.5	3.6	3.6	3.4
Mecanizado de cuerpo de acople a eje de motor	38.8	38.4	38.8	38.5	38.6	38.5	38.2	38.5	38.8	38.2	38.7	38.6	38.4	38.8	38.6	38.9	38.3	38.5	38.4	38.8	38.4	38.0	38.2	38.7	38.5	38.8
La pieza es llevada a la fresadora	3.0	2.2	3.0	3.0	2.5	2.4	2.6	2.7	2.0	2.1	2.3	2.2	2.7	2.6	2.1	2.6	2.2	2.5	2.8	2.8	2.0	2.0	2.4	2.1	2.9	2.2
Fabricación de canal de eje de 8 mm x 55 mm en alojamiento del impulsor de eje de acople	37.3	37.2	37.2	37.0	37.7	37.2	37.3	37.5	37.9	37.6	37.7	38.0	38.0	37.9	37.1	37.4	37.5	37.3	38.0	37.3	37.2	37.4	37.5	37.4	37.5	37.9
Verificación de medidas	4.3	4.2	4.8	4.7	4.3	4.9	4.9	5	4.4	4.4	4.8	4.2	4.7	4.5	4.7	4.3	4.9	4.7	4.1	4.3	4.6	4.3	5	4.1	4.7	4.7
Fabricación de chaveta de 8 mm x 55 mm	43.4	43.1	43.5	43.7	43.2	43.5	43.9	43.2	43.2	43.9	43.7	43.6	43.9	43.3	44.0	43.2	43.4	43.2	43.6	43.9	43.4	43.3	43.5	43.2	43.8	43.3
La barra para la abrazadera es trasladada al torno	2.8	2	2.3	3	2.7	2.4	2.5	2.7	2.2	2.7	2.4	2.5	2.9	2.7	2.7	3	2.3	2.3	2.7	2.2	2.1	2.4	2.8	2.8	2.7	2.3
Fabricación de 1 abrazadera con agujeros roscados M10 para pernos de ajuste	56.5	56.6	56.2	57.0	56.7	56.2	57.1	57.0	56.3	56.3	57.0	56.3	57.0	56.1	57.4	57.1	56.9	57.4	57.9	57.8	57.4	57.4	56.7	57.4	56.8	57.5
La abrazadera es trasladada a la fresadora	2.2	3	2.6	2.3	2.6	2.5	2.8	2	2.4	2.9	2.2	2.8	2.3	2.2	2.8	2.2	2.1	2.2	2.2	2.5	2.3	2.3	3	2.3	2	2.7
Fabricación de agujeros M10 para pernos de ajuste.	15.9	15.4	15.6	15.5	15.7	16.0	15.7	15.6	15.5	15.6	16.0	15.3	15.6	15.8	15.1	15.2	16.0	15.0	15.2	15.0	15.6	15.1	15.7	15.3	15.5	15.6
Finalizo de la pieza con el uso de lija para darle un buen acabado	32.3	32.7	32.6	32.0	32.7	32.1	32.3	32.7	32.3	32.1	32.3	32.2	32.4	32.4	32.1	33.0	32.1	32.8	32.6	32.6	32.5	32.5	33.0	33.0	32.6	32.5
verificación en su totalidad	3.8	3.3	3.5	3.7	4	3.8	3.2	3.5	4	3.3	3.6	3.1	3.6	3.5	3.2	3.4	3.4	3.1	3.2	4	3.1	4	3.6	3.9	3.4	3.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Cálculo de muestras – después de la mejora

A y G MAQUINARIAS CNC EIRL	CÁLCULO DE NÚMERO DE MUESTRA			
ÁREA:	Producción			
PROCESO:	Fabricacion de acople de eje			
PRODUCTO	acople de eje de bomba M15			
ITEM	ACTIVIDADES	ΣX	ΣX^2	Número de muestras
1	Solicitud de materia prima de almacén	116.5	524.54	7.8
2	Espera de despacho	219.98	1863.46	1.9
3	Traslado del material al taller	93.81	340.45	9.3
4	Desbronque de material	1238.22	58970.25	0.0
5	Cilindrado y maquinado de rosca M24 en un extremo del eje	1366.5	71822.24	0.0
6	Maquinado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm	1339.57	69019.10	0.0
7	Verificación de medidas	116.11	524.65	18.9
8	Maquinado de asiento para prensa estopa a un diámetro de 38mm x55.3mm	1053.52	42690.92	0.1
9	Fabricación de 2 canales para seguros	753.38	21845.56	1.1
10	Verificación de medidas	91.61	324.15	6.8
11	Maquinado de cuerpo de acople a eje de motor	1001.65	38589.89	0.1
12	la pieza es llevada a la fresadora	63.95	159.83	25.8
13	Fabricación de canal chavetero de 8mmx55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople	974.94	36560.14	0.1
14	Verificación de medidas	118.31	540.55	6.5
15	Fabricación de chaveta de 8mmx55mm	1130.75	49178.79	0.1
16	La barra para la abrazadera es trasladada al torno	65.78	168.32	18.2
17	Fabricación de 1 abrazadera con agujeros roscados M10 para pernos de ajuste	1479.87	84237.86	0.1
18	La abrazadera es trasladada a la fresadora	63.22	156.05	24.2
19	Fabricación de agujeros M10 para pernos de ajuste.	403.43	6262.03	0.6
20	Pulido de la pieza con el uso del lijarse para darle un buen acabado	844.14	27408.72	0.1
21	verificación en su totalidad	91.64	325.3688	11.8

Fuente. Elaboración propia

El cálculo de la muestra se realizó siguiendo la misma metodología desarrollada en el diagnóstico inicial, empleando la fórmula de Kanawaty, las muestras determinadas son tomadas de las observaciones de la tabla anterior. Esto permitirá determinar el tiempo promedio y con ello se procede a determinar el tiempo normal y estándar.

Tabla 30. Tomade tiempos después de la rejira

A y G MAQUINARIAS CNC EIRL		FICHA DE TIEMPOS																									
ÁREA:	Producción																										
PROCESO:	Fabricacion de acople de eje																										
PRODUCTO:	acople de eje de bomba M15																										
ACTIVIDADES	TIEMPO OBSERVADO (min)																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Solicitud de material primade almacen	4.81	4.18	4.03	4.62	4.48	4.09	4.42	4.19																			4.35
Espere de despacho	8.86	8.69																									8.78
Trasab del material al taller	3.38	3.1	3.86	3.6	3.26	3.75	3.91	3.55	3.74																		3.57
Desbrnque de material	47.5																										47.50
Cilindracoy maquina de rosca liviz4en un extremo del eje	52.7																										52.70
Maquina de alojamiento para impulsora un diametro de 29.53mm	51.4																										51.40
Verificacon de medidas	4.71	4.21	4.58	3.2	4.69	4.94	4.03	4.27	4.03	5	4.72	4.75	4.89	4.93	4.27	4.45	4.01	4.96	3.2								4.41
Maquina de asenio para prensa eslopa a un diametro de 38mmx55.3mm	40.5																										40.50
Fabricacon de 2 canales para seguros	29.6																										29.60
Verificacon de medidas	3.15	3.78	3.92	3.25	3.64	3.67	3.97																				3.63
Maquina de cuerpo de acople a eje de motor	38.8																										38.80
la pieza es llevada a la fresadora	3.0	2.2	3.0	3.0	2.5	2.4	2.6	2.7	2.0	2.1	2.3	2.2	2.7	2.6	2.1	2.6	2.2	2.5	2.8	2.8	2.0	2.0	2.4	2.1	2.9	2.2	2.46
Fabricacon de canal de chaveteo de 8mmx5mm en alojamiento del impulsor de eje de acople	37.3																										37.30
Verificacon de medidas	4.29	4.15	4.78	4.67	4.26	4.91	4.85																				4.56
Fabricacon de chaveta de 8mmx5mm	43.4																										43.40
La carra para la abrazadera es trasladada al torno	2.75	2.02	2.3	2.99	2.67	2.37	2.47	2.66	2.2	2.72	2.39	2.5	2.93	2.68	2.65	2.96	2.26	2.32									2.55
Fabricacon de abrazadera con agujeros roscados M10 para pernos de ajuste	56.5																										56.50
La abrazadera es trasladada a la fresadora	2.18	2.98	2.64	2.32	2.64	2.5	2.82	2.03	2.44	2.86	2.15	2.8	2.32	2.17	2.79	2.16	2.06	2.19	2.17	2.47	2.28	2.33	2.96	2.26			2.44
Fabricacon de agujeros vivio para pernos de ajuste.	15.9																										15.90
Fuido de la pieza con el uso de lijapara darle un buen acabado	32.3																										32.30
verificacon en su totalidad	3.76	3.33	3.48	3.7	3.99	3.81	3.16	3.45	3.95	3.32	3.58	3.06															3.55
TOTAL																										486.19	

Fuente. Elaboración propia

Tabla 31. Tiempo estándar después de la mejora

ACTIVIDADES	TIEMPO prom	westinghouse				1+FC	TIEMPO NORMAL	TOLERANCIA %	TIEMPO ESTANDAR
		H	E	CD	CS				
Solicitud de materia prima de almacén	4.4	0	0.02	0	0	1.05	4.6	0.11	5.07
Espera de despacho	8.8	0	0.02	0.02	0.01	1.05	9.2	0.11	10.23
Traslado del material al taller	3.6	0	0.02	0.02	0.01	1.05	3.8	0.11	4.16
Desbronque de material	47.5	0	0.02	0	0	1.05	49.9	0.11	55.36
Cilindrado y maquinado de rosca M24 en un extremo del eje	52.7	0	0.02	0.02	0.01	1.05	55.3	0.11	61.42
Maquinado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm	51.4	0	0.02	0.02	0.01	1.05	54.0	0.11	59.91
Verificación de medidas	4.4	0.3	0	0.02	0.01	1.33	5.9	0.11	6.51
Maquinado de asiento para prensa estopa a un diámetro de 38mm x55.3mm	40.5	0	0.02	0.02	0	1.04	42.1	0.11	46.75
Fabricación de 2 canales para seguros	29.6	0	0.02	0	0.01	1.06	31.4	0.11	34.83
Verificación de medidas	3.6	0	0.02	0	0.01	1.03	3.7	0.11	4.15
Maquinado de cuerpo de acople a eje de motor	38.8	0	0.02	0.02	0.01	1.08	41.9	0.11	46.51
la pieza es llevada a la fresadora	2.5	0	0	0.02	0.01	1.06	2.6	0.11	2.89
Fabricación de canal chavetero de 8mmx55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople	37.3	0	0.02	0.02	0	1.07	39.9	0.11	44.30
Verificación de medidas	4.6	0	0.02	0.02	0.01	1.08	4.9	0.11	5.46
Fabricación de chaveta de 8mmx55mm	43.4	0	0.02	0	0.01	1.06	46.0	0.11	51.06
La barra para la abrazadera es trasladada al torno	2.5	0	0.02	0.02	0.01	1.05	2.7	0.11	2.97
Fabricación de 1 abrazadera con agujeros roscados M10 para pernos de ajuste	56.5	0	0.02	0.02	0	1.07	60.5	0.11	67.11
La abrazadera es trasladada a la fresadora	2.4	0	0.02	0.02	0.01	1.08	2.6	0.11	2.92
Fabricación de agujeros M10 para pernos de ajuste.	15.9	0	0.02	0	0.01	1.03	16.4	0.11	18.18
Pulido de la pieza con el uso del lijador para darle un buen acabado	32.3	0	0.02	0.0	0.01	1.08	34.9	0.11	38.72
verificación en su totalidad	3.5	0	0.02	0	0.01	1.03	3.7	0.11	4.06
TOTAL	486.2	0.6	0.4	0.3	0.2	22.5	515.8	2.3	572.59

Fuente. Elaboración propia

El tiempo estándar después de la mejora fue de 572.59, asimismo se consideró el 11% de tolerancias, por necesidades, por fatiga, trabajo de pie y nivel de ruido.

Tiempo De Ciclo

Para determinar el tiempo de ciclo, se consideró las siguientes tareas, el cual es el proceso de fabricación del acople de eje de bomba M15.

Tabla 32. Definición de tareas

TAREAS		TIEMPO. MIN
A	Desbronce de material	55.36
B	Cilindrado y maquinado de rosca M24 en un extremo del eje	61.42
C	Maquinado de alojamiento para impulsor a un diámetro de 29.53mm	59.91
D	Verificación de medidas	6.51
E	Maquinado de asiento para prensa estopa a un diámetro de 38mm x55.3mm	46.75
F	Fabricación de 2 canales para seguros	34.83
G	Verificación de medidas	4.15
H	Maquinado de cuerpo de acople a eje de motor	46.51
I	la pieza es llevada a la fresadora	2.89
J	Fabricación de canal chavetero de 8mmx55mm en alojamiento del impulsor de eje de acople	44.30
K	Verificación de medidas	5.46
L	Fabricación de chaveta de 8mmx55mm	51.06
M	La barra para la abrazadera es trasladada al torno	2.97
N	Fabricación de 1 abrazadera con agujeros roscados M10 para pernos de ajuste	67.11
Ñ	La abrazadera es trasladada a la fresadora	2.92
O	Fabricación de agujeros M10 para pernos de ajuste.	18.18
P	Pulido de la pieza con el uso del lijador para darle un buen acabado	38.72
Q	verificación en su totalidad	4.06
TIEMPO TOTAL		553.12

Fuente. Elaboración propia

Para el cálculo se tomó en consideración el tiempo de las actividades propias del proceso, así mismo según lo establecido en la capacidad de producción se estableció 8 piezas por turno.

$$C = \frac{\text{Tiempo prod. por dia}}{\text{produccion por dia}}$$

$$C = \frac{553.12}{8} = 69.1$$

El tiempo de ciclo para la fabricación de un acople de eje es de 69.1 min/pieza.

Balance de Línea

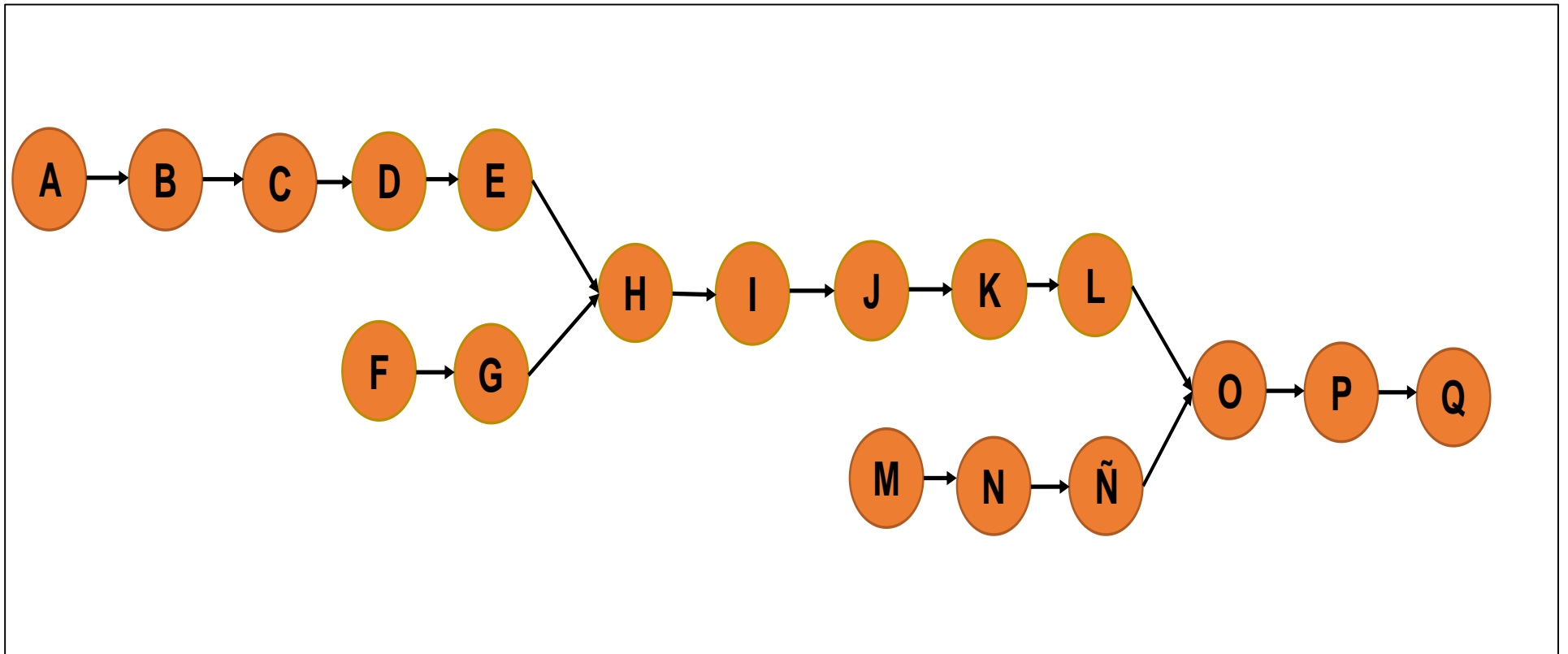
En la tabla 33, se determinó las tareas que preceden a cada una, dicha información sirvió para establecer el diagrama de precedencia como se muestra en la figura 15.

Tabla 33. Tareas que preceden

TAREA QUE PRECEDE	TAREA	TIEMPO. MIN
***	A	55.36
A	B	61.42
B	C	59.91
C	D	6.51
D	E	46.75
***	F	34.83
F	G	4.15
E-G	H	46.51
H	I	2.89
I	J	44.30
J	K	5.46
K	L	51.06
***	M	2.97
M	N	67.11
N	Ñ	2.92
L-Ñ	O	18.18
O	P	38.72
P	Q	4.06

Fuente. Elaboración propia

Figura 15. Diagrama de procedencia



Fuente. Elaboración propia

Luego de definir el diagrama de precedencia, a continuación, se determinó el número mínimo de estaciones, empleando la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} EST. = \frac{TIEMPO TOTAL}{TIEMPO CICLO}$$

$$N^{\circ} EST. = \frac{553.12}{69.1} = 8$$

El número mínimo de estaciones deben ser 8.

Luego de ello, se procedió a seleccionar las reglas de asignación, donde la primera fue dar prioridad en la fabricación del acople de eje a las tareas que contengan mayor número.

Tabla 34. Primera regla de asignación – balanceo de línea

TAREA	TAREAS QUE SIGUEN	TAREA PRIORIDAD	TAREAS QUE SIGUEN
A	12	A	12
B	11	B	11
C	10	C	10
D	9	D-F	9
E	8	E-G	8
F	9	H	7
G	8	I	6
H	7	J-M	5
I	6	K-N	4
J	5	L-Ñ	3
K	4	O	2
L	3	P	1
M	5	Q	0
N	4		
Ñ	3		
O	2		
P	1		
Q	0		

Fuente. Elaboración propia

La segunda regla de asignación es dar prioridad a las tareas que tengan tiempos más extensos

Tabla 35. Segunda regla de asignación – balanceo de línea

NUMERO DE ESTACION	TIEMPO TAREA	TIEMPO CICLO	TIEMPO NO ASIGNADA	TAREA	TIEMPO POR CADA ESTACION
1	55.36	69.14	13.78	A	55.36
2	61.42	69.14	7.72	B	61.42
3	59.91	69.14	9.23	C	59.91
4	34.83	69.14	34.31	F	41.34
	6.51		27.8	D	
5	46.75	69.14	22.39	E	50.9
	4.15		18.24	G	
6	46.51	69.14	22.63	H	49.4
	2.89		19.74	I	
7	44.3	69.14	24.84	J	47.3
	2.97		21.9	M	
8	67.11	69.14	2.03	N	67.1
9	5.46	69.14	63.68	K	59.4
	51.06		12.62	L	
	2.92		9.7	Ñ	
10	18.18	69.14	50.96	O	60.96
	38.72		12.24	P	
	4.06		8.18	Q	

Fuente. Elaboración propia

$$BL = \frac{\text{Minuto Total del Operario}}{\text{Total de minutos por línea}}$$

Estaciones	Balance de línea (min)
1	9.99
2	9.01
3	9.23
4	13.38
5	10.87
6	11.20
7	11.70
8	8.24
9	9.31
10	9.07

El desempeño de la línea fue la siguiente:

$$DL = \frac{\text{Sum. Tareas}}{N^{\circ} \text{ estaciones reales} * \text{tiempo ciclo}} \times 100$$

$$DL = \frac{553.20}{10 \times 69.14} \times 100$$

$$DL = 80\%$$

La disponibilidad de la maquinaria (TORNO) fue la siguiente:

Horas totales = 8.72

Horas paradas = 2.30

$$DM = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas}}{\text{Horas totales}} \times 100$$

$$DM = 74\%$$

La disponibilidad de la maquinaria (FRESADORA) fue la siguiente:

Horas totales = 8.72

Horas paradas = 4.30

$$DM = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas}}{\text{Horas totales}} \times 100$$

$$DM = 51\%$$

Medición de la Eficiencia, Eficacia y Productividad después de la mejora

En la tabla 36 se calculó la capacidad instalada o capacidad teórica, cuyo resultado fue de 8, el cálculo se realizó según la siguiente formula:

$$CI = \frac{\text{Numero de trabajadores} * \text{tiempo labor}}{\text{tiempo estandar}}$$

Tabla 36. Capacidad instalada después de la mejora

CAPACIDAD INSTALADA			
Nº TRABAJADORES	TIEMPO/TRABAJADOR	TIEMPO ESTANDAR	CAPACIDAD TEORICA
10	480	553.11	9

Fuente. Elaboración propia

El cálculo de la capacidad instalada fue de 9 unidades y la cantidad de unidades programadas fue de 8 unidades, tal como se muestra en la tabla 36.

Tabla 37. Cantidad programada después de la mejora

CANTIDAD PROGRAMADA		
CAPACIDAD TEORICA	FACTOR DE VALORACION	UNIDADES PROGRAMADAS
9	95%	8

Fuente. Elaboración propia

Tabla 39. Productividad – marzo 2021

H.H PROGRAMADA (MIN)	H.H. REALES (MIN)	UNIDADES PLANIFICADAS	UNIDADES PRODUCIDAS	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
PROMEDIO				80%	85%	68%

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 40. Productividad –abril 2021

H.H PROGRAMADA (MIN)	H.H. REALES (MIN)	UNIDADES PLANIFICADAS	UNIDADES PRODUCIDAS	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	454	9	9	95%	100%	95%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	404	9	8	84%	89%	75%
480	353	9	7	74%	78%	57%
480	404	9	8	84%	89%	75%
PROMEDIO				72%	77%	63%

Fuente. Elaboración propia.

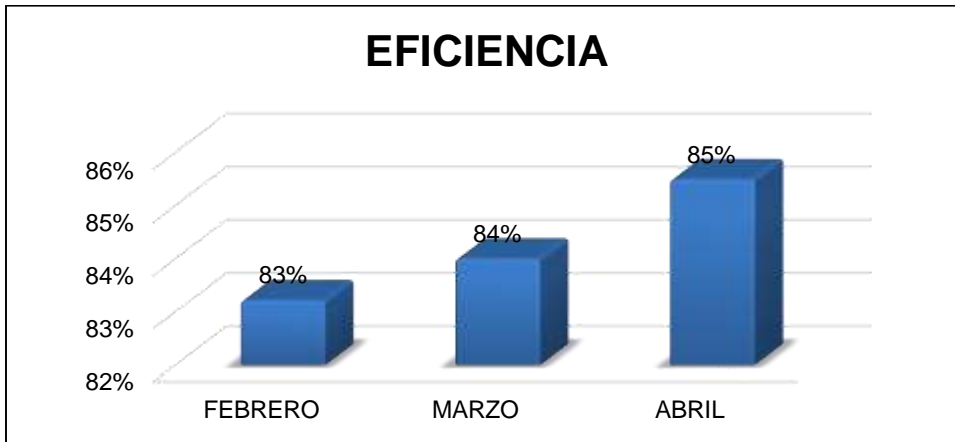
Finalmente, la productividad del mes de febrero resulto en un 76.72%, del mes de marzo fue de 78.17% y en el mes de abril fue de 81.22% tal como se muestra en la tabla.

Tabla 41. Resumen de productividad 2021

MES	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
FEBRERO	80%	84%	67%
MARZO	80%	85%	68%
ABRIL	72%	77%	63%
PROMEDIO	80%	84%	68%

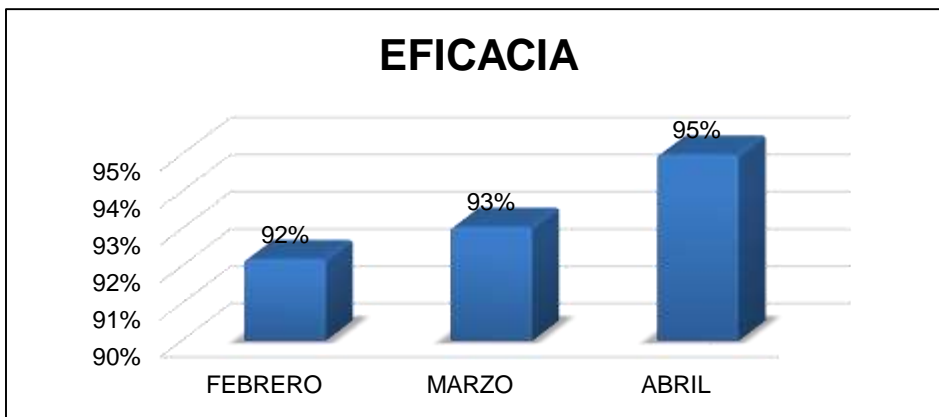
Fuente. Elaboración propia (tabla 38, 39 y 40).

Figura 16. Eficiencia - 2021



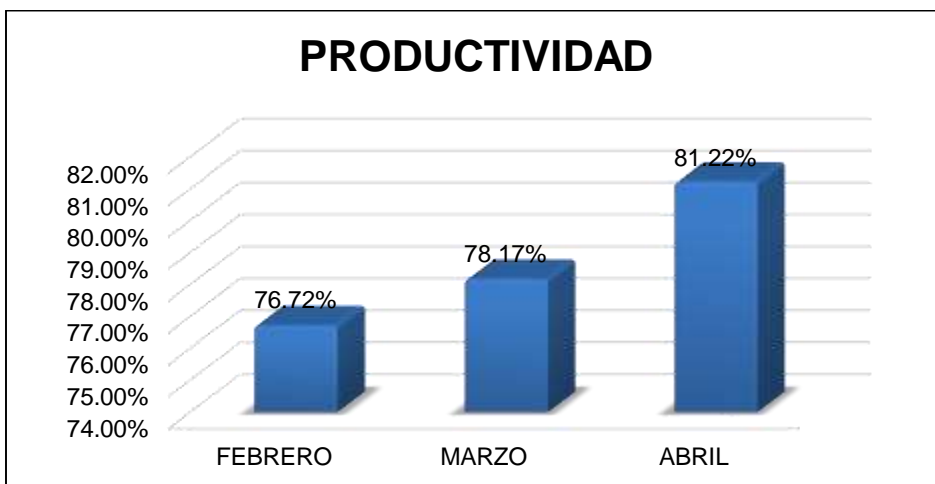
Fuente. Elaboración propia.

Figura 17. Eficacia - 2021



Fuente. Elaboración propia.

Figura 18. Productividad - 2021



Fuente. Elaboración propia.

3.6. Métodos de análisis de datos

El presente estudio se basó en un análisis de estadística descriptiva e inferencial, empleando la prueba de normalidad de Shapiro Wilk.

Estadística descriptiva: conjunto de técnicas tanto numéricas como graficas los cuales permiten describir y analizar datos, dentro de ellos se puede identificar el promedio, la mediana, la media geométrica, la varianza, la desviación estándar, entre otros (Alvarado, Galindo y Retamal, 2018).

Estadística inferencial: Técnicas que permiten realizar inducciones respecto al grado de incertidumbre, según este análisis se puede realizar la contrastación de la hipótesis y determinar si el comportamiento de los datos es paramétricos o no paramétricos.

Es por eso que en la investigación se empleó la normalidad de Shapiro Wilk, porque los datos de la investigación son menores a 50, en ese sentido, si se obtiene el valor $p \leq 0.05$ el estudio es no paramétrico, pero si el valor de p es > 0.05 entonces los datos de la serie presentan un comportamiento paramétrico. Para ello se trabajó con el paquete estadístico SPSS 23, el cual dio soporte a los cálculos y análisis de estadísticas para la prueba de hipótesis.

3.7. Aspectos éticos

El presente trabajo se rige a los lineamientos establecidos por la universidad Cesar Vallejo, asimismo, respeta la autoría de los trabajos citados en el contenido del trabajo reflejándose en las referencias bibliográfica, del mismo modo se respeta la información confidencial de los datos proporcionados por la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L empleándolo solo con fines investigativos, para lo cual se solicitó una carta de autorización que se puede evidenciar en el anexo 10. Cabe mencionar que la información detallada está basada en datos verídicos, los cuales permiten obtener resultados comprobables, permitiendo servir como guía para trabajos que cuenten con características similares.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de la estadística descriptiva

4.1.1. Variable independiente: Estudio de tiempos y métodos de trabajo

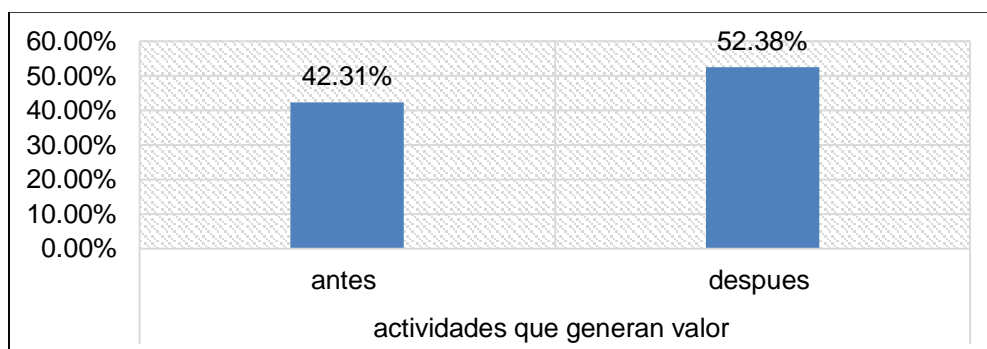
Como parte del análisis descriptivo de la variable independiente se procedió a realizar una comparación del antes y después de la aplicación del estudio de tiempos y métodos de trabajo, considerando los siguientes indicadores los cuales se describe a continuación.

Tabla 42. Análisis descriptivo de Actividades que generan valor

ACTIVIDADES QUE GENERAN VALOR	
ANTES	DESPUÉS
42.31%	52.38%

Fuente. Elaboración propia.

Figura 19. Actividades que generan valor



Fuente. Elaboración propia

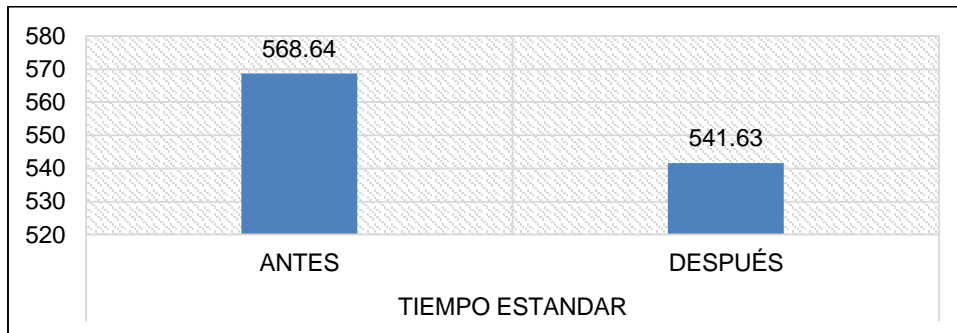
Tal como se muestra en la tabla 42 y figura 19 el resultado de las actividades que generan valor antes de la aplicación del estudio de tiempo y métodos fue de 42.31% mientras que después se evidencia un incremento a 52.38%.

Tabla 43. Análisis descriptivo del tiempo estándar

Tiempo Estándar (min)	
ANTES	DESPUÉS
568.64	541.63

Fuente. Elaboración propia

Figura 20. Tiempo estándar (min)



Fuente. Elaboración propia

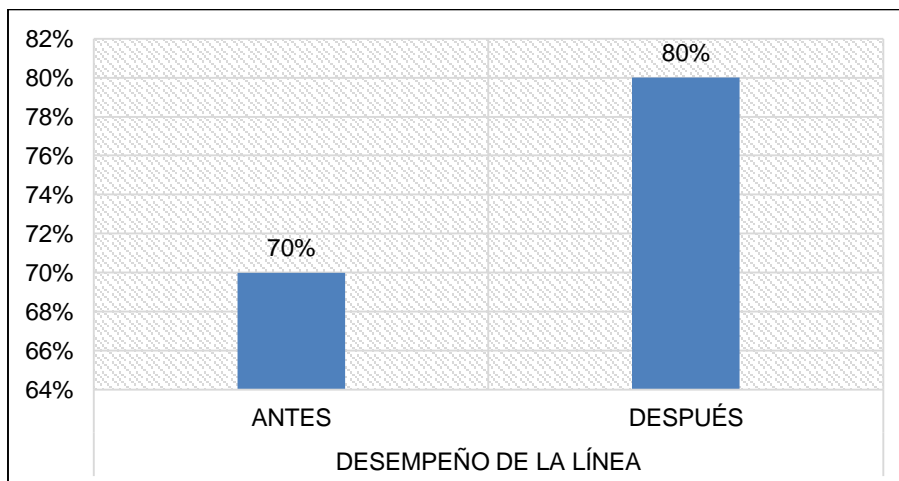
Según la tabla 43 y figura 20, el tiempo estándar antes de la aplicación del estudio de tiempos y métodos fue de 568.64 min y después se determinó una reducción del tiempo estándar a 541.63 min por pieza.

Tabla 44. Análisis descriptivo del desempeño de línea

DESEMPEÑO DE LA LÍNEA	
ANTES	DESPUÉS
70%	80%

Fuente. Elaboración propia

Figura 21. Desempeño de la línea



Fuente. Elaboración propia

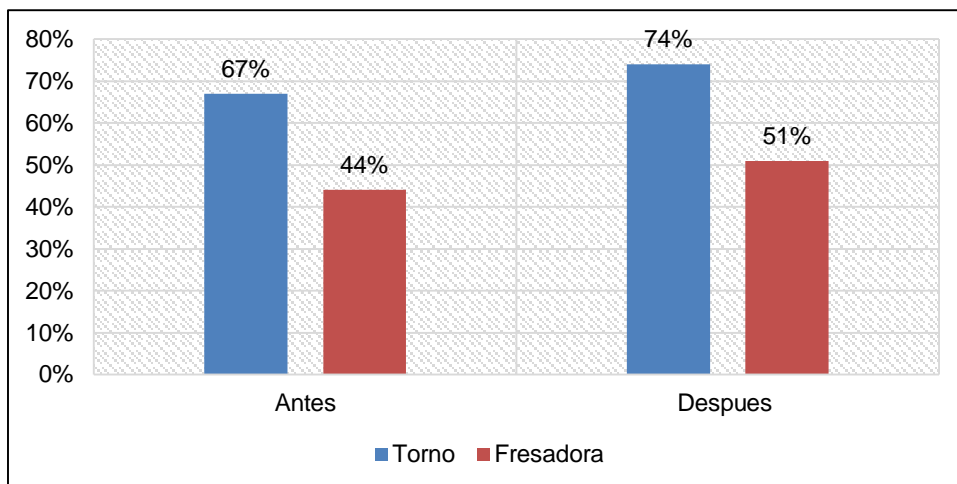
Según la tabla 44 y figura 21, el desempeño de la línea de fabricación de acople de eje de bomba M15 antes de la aplicación del estudio de tiempos y métodos fue de 70% y después se mostró un incremento del 10% con un resultado final de 80%.

Tabla 45. Análisis descriptivo de la disponibilidad de maquina

DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA		
MAQUINA	ANTES	DESPUÉS
Torno	67%	74%
Fresadora	44%	51%

Fuente. Elaboración propia

Figura 22. disponibilidad de maquinaria



Fuente. Elaboración propia

Tal como se muestra en la tabla 45 y figura 22, disponibilidad de maquinaria antes de la aplicación del estudio de tiempos y métodos para el torno fue de 67% y la fresadora 44%, los resultados post test de la disponibilidad de maquinaria torno fue de 74% y fresadora de 51%, por tanto, se indica que hubo una mejora.

4.1.2. Variable dependiente: Productividad

Se procedió a pasar los datos numéricos al programa Estadístico SPSS, y bajo el análisis descriptivo se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 46. Análisis estadístico descriptivo – productividad

		Prod_Pretest	Prod_Postest
N	Válido	24	24
	Perdidos	0	0
Media		41.58	68.79
Error estándar de la media		1.085	1.180
Mediana		42,00	69,00
Moda		42	69

Desv. Desviación	5,315	5.778
Varianza	28,254	33,389
Rango	16	19
Mínimo	36	57
Máximo	52	76
Suma	998	1651

Fuente.programa SPS 23

Tal como se muestra en la tabla 46, el promedio de la productividad pre test el cual es denominado media tiene un valor de 41.58 lo cual equivale al porcentaje promedio de piezas/horas elaboradas antes de la mejora, mientras que el valor de la media post tes es de 68.79 que representa también el porcentaje promedio de piezas/horas después de la mejora, ante ello el incremento fue de 27.21%. Por tanto, se indica el estudio de tiempos y métodos permitió mejorar la productividad de la empresa. Cabe mencionar también que según el análisis de dispersión de datos en la pre prueba se logra identificar una desviación estándar de 5.315 y en la posprueba se tuvo una desviación estándar de 5.778, asimismo, se obtuvo un valor de varianza de 28,254 antes y 33,389 después. Lo que indica que los datos se extienden sobre un rango de valores más amplio. Los datos para los análisis estadísticos fueron tomados de las tablas 23 y 41.

Tabla 47. Análisis estadístico descriptivo - Eficiencia

		Eficiencia Pretest	Eficiencia_Postest
N	Válido	24	24
	Perdidos	0	0
Media		61,83	80,67
Error estándar de la media		,816	,658
Mediana		62,00	81,00
Moda		62	81
Desv. Desviación		3,996	3,226
Varianza		15,971	10,406
Rango		12	10
Mínimo		58	74
Máximo		70	84
Suma		1484	1936

Fuente.programa SPS 23

Tal como se muestra en la tabla 47, el promedio de la eficiencia pre test el cual es denominado media tiene un valor de 61.83 el cual se midió en función a las horas reales/horas programadas mientras que el valor de la media post tes es de 80.67,

en función de la misma medida que fue en horas reales/horas programadas, el incremento fue de 18.84%. Por tanto, se indica que el estudio de tiempos y métodos permitió mejorar la eficiencia de la empresa. Cabe mencionar también que según el análisis de dispersión de datos en la pre prueba se logra identificar una desviación estándar de 3,996 y en la posprueba se tuvo una desviación estándar de 3,226, asimismo, se obtuvo un valor de varianza de 15,971 antes y 10,406 después. Lo que indica que los datos se extienden sobre un rango de valores más amplio. Los datos para los análisis estadísticos fueron tomados de las tablas 23 y 41.

Tabla 48. Análisis estadístico descriptivo – Eficacia

		Eficacia Pretest	Eficacia_Poste st
N	Válido	24	24
	Perdidos	0	0
Media		66,83	84,96
Error estándar de la media		,816	,726
Mediana		67,00	85,00
Moda		67	85
Desv. Desviación		3,996	3,557
Varianza		15,971	12,650
Rango		12	11
Mínimo		63	78
Máximo		75	89
Suma		1604	2039

Fuente.programa SPS 23

Tal como se muestra en la tabla 48, el promedio de la eficacia pre test el cual es denominado media tiene un valor de 66,83 (porcentaje promedio obtenido del cálculo del producto de las piezas producidas/piezas planificadas) mientras que el valor de la media post tes es de 84,96 (porcentaje promedio obtenido del cálculo del producto de las piezas producidas/piezas planificadas), el incremento fue de 18.13% Por tanto, se indica que el estudio de tiempos y métodos permitió mejorar la eficacia de la empresa. Cabe mencionar también que según el análisis de dispersión de datos en la pre prueba se logra identificar una desviación estándar de 3,996 y en la posprueba se tuvo una desviación estándar de 3,557, asimismo, se obtuvo un valor de varianza de 15,971 antes y 12,650 después. Lo que indica que los datos se extienden sobre un rango de valores más amplio. Los datos para los análisis estadísticos fueron tomados de las tablas 23 y 41.

4.2. Análisis de la estadística inferencial

A continuación, se va a describir las variables, hipótesis, de la general al de las hipótesis específicas, así comprobar resultados de la hipótesis nula y donde procede a realizar el estudio de normalidad a través del estadígrafo de shapiro wilk.

Regla de decisión:

Si $p_v \leq 0.05$, la muestra no contiene una distribución normal.

Si $p_v > 0.05$, la muestra contiene una distribución normal.

Antes	Después	Estadígrafo
Paramétrico	Paramétrico	T Student
Paramétrico	No paramétrico	Wilcoxon
No paramétrico	No paramétrico	Wilcoxon

4.2.1. Análisis de la hipótesis general (productividad)

Ha: La aplicación del estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

Prueba de normalidad de la productividad

Regla de decisión

Si $p_{valor} \leq 0.05$, los datos contienen un comportamiento no paramétrico.

Si $p_{valor} > 0.05$, los datos contienen un comportamiento paramétrico.

Tabla 49. Prueba de normalidad – productividad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Prod_Prest	,187	24	,030	,843	24	,002
Prod_Postest	,306	24	,000	,822	24	,001

Fuente.programa SPS 23

Como se evidencia en la tabla 49, la productividad pretest muestra una significancia menor que 0.05 así como también la significancia de la productividad post test es

menor que 0.05 por tanto mediante la regla de decisión se infiere que presenta un comportamiento no paramétrico, en ese sentido se utilizaría el estudio Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis específica (productividad)

El estudio demuestra que la información tiene comportamiento no paramétrico, por tanto, se procedió utilizar el estratifico Wilcoxon para obtener la seguridad de nuestra hipótesis general.

Ho: El estudio de tiempos y métodos no mejora significativamente la productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

Ha: El estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{pa} \geq \mu_{pd}$$

$$H_a: \mu_{pa} < \mu_{pd}$$

Tabla 50. Contrastación de hipótesis – productividad

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
Prod_Pretest	24	41,58	5,315	36	52
Prod_Postest	24	68,79	5,778	57	76

Fuente.programa SPS 23

Según la tabla se puede interpretar que el resultado de la media del pre test de la productividad es de 41.58 (piezas/horas el cual es menor que la media obtenida del post test (68.79) por lo tanto no se cumple $H_0: \mu_{pa} \geq \mu_{pd}$, en ese caso se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Regla de decisión:

Si $pvalor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $pvalor > 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula

Tabla 51. Estadísticos de prueba

Estadísticos de prueba ^a	
	Prod_Postest - Prod_Pretest
Z	-4,296 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000

Fuente.programa SPS 23

Según la tabla 49 por medio de la prueba Wilcoxon dirigida a la productividad anterior y posterior el cual es de 0.00, que, mediante la regla de decisión establecida, se indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación (el estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021).

4.2.1.1. Análisis de la hipótesis específica (Eficiencia)

Ha: El estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la eficiencia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

Prueba de normalidad de la eficiencia

Regla de decisión

Si $p\text{valor} \leq 0.05$, los datos contienen un comportamiento no paramétrico.

Si $p\text{valor} > 0.05$, los datos contienen un comportamiento paramétrico.

Tabla 52. Prueba de normalidad – eficiencia

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia Pretest	,275	24	,000	,801	24	,000
Eficiencia_Postest	,333	24	,000	,790	24	,000

Fuente.programa SPS 23

Como se evidencia en la tabla 52 la eficiencia pretest muestra una significancia menor que 0.05 así como también la significancia de la eficiencia post test es menor

que 0.05 por tanto mediante la regla de decisión se infiere que presenta un comportamiento no paramétrico, en ese sentido se utilizaría el estudio Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis específica (eficiencia)

El estudio demuestra que la información tiene comportamiento no paramétrico, por tanto, se procedió utilizar el estratifico Wilcoxon para obtener la seguridad de nuestra hipótesis general.

Ho: El estudio de tiempos y métodos no mejora significativamente la eficiencia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

Ha: El estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la eficiencia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{pa} \geq \mu_{pd}$$

$$H_a: \mu_{pa} < \mu_{pd}$$

Tabla 53. Contrastación de la hipótesis – eficiencia

	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
Eficiencia Pretest	24	61,83	3,996	58	70
Eficiencia_Postest	24	80,67	3,226	74	84

Fuente.programa SPS 23

Según la tabla se puede interpretar que el resultado de la media del pre test de la eficiencia es de 61.83 el cual es menor que la media obtenida del post test (80.67) por lo tanto no se cumple $H_0: \mu_{pa} \geq \mu_{pd}$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p_{valor} > 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula

Tabla 54. Estadísticos de prueba

Estadísticos de prueba^a	
	Eficiencia_Postest - Eficiencia_Pretest

Z	-4,300 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000

Fuente.programa SPS 23

Según la tabla 54 por medio de la prueba Wilcoxon dirigida a la eficiencia anterior y posterior el cual es de 0.00, que, mediante la regla de decisión establecida, se indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación (El estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la eficiencia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021).

4.2.1.2. Análisis de la hipótesis específica (Eficacia)

Ha: El estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la eficacia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

Prueba de normalidad de la eficiencia

Regla de decisión

Si $p\text{valor} \leq 0.05$, los datos contienen un comportamiento no paramétrico.

Si $p\text{valor} > 0.05$, los datos contienen un comportamiento paramétrico.

Tabla 55. Pruebas de normalidad – eficacia

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia Pretest	,275	24	,000	,801	24	,000
Eficacia_Postest	,296	24	,000	,819	24	,001

Fuente.programa SPS 23

Como se evidencia en la tabla 55 la eficacia pretest muestra una significancia menor que 0.05 así como también la significancia de la eficacia post test es menor que 0.05 por tanto mediante la regla de decisión se infiere que presenta un comportamiento no paramétrico, en ese sentido se utilizaría el estudio Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis específica (eficiencia)

El estudio demuestra que la información tiene comportamiento no paramétrico, por tanto, se procedió utilizar el estratifico Wilcoxon para obtener la seguridad de nuestra hipótesis general.

H₀: El estudio de tiempos y métodos no mejora significativamente la eficacia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

H_a: El estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la eficacia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{pa} \geq \mu_{pd}$$

$$H_a: \mu_{pa} < \mu_{pd}$$

Tabla 56. Contrastación de la hipótesis – eficacia

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
Eficacia_Pretest	24	66,83	3,996	63	75
Eficacia_Postest	24	84,96	3,557	78	89

Fuente.programa SPS 23

Según la tabla se puede interpretar que el resultado de la media del pre test de la eficacia es de 66,83 el cual es menor que la media obtenida del post test (84,96) por lo tanto no se cumple H₀: $\mu_{pa} \geq \mu_{pd}$, por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Regla de decisión:

Si $pvalor \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $pvalor > 0.05$, no se rechaza la hipótesis nula

Tabla 57. Estadísticos de prueba – eficacia

Estadísticos de prueba^a	
	Eficacia_Postest - Eficacia_Prestest
Z	-4,318 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000

Fuente.programa SPS 23

Según la tabla 56 por medio de la prueba Wilcoxon dirigida a la eficacia anterior y posterior el cual es de 0.000, que, mediante la regla de decisión establecida, se indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de la investigación (El estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la eficacia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021).

V. DISCUSIONES

En la presente tesis, con la finalidad de identificar las causas que impactaban a la productividad de la empresa, se procedió a identificarlas mediante el diagrama Ishikawa en el cual se identificó 8 causas vitales que representaba el 79% del total. En ese sentido cabe mencionar que dentro de ellos destacaba los tiempos improductivos, inadecuados métodos de trabajo, falta de indicadores de productividad, incumplimiento de procedimiento, falta de estandarización de proceso, capacitación deficiente y sobrecarga de trabajo. Bajo ese contexto según Andrade et al. (2019) en su artículo denominado “Estudio de tiempos y movimientos para incrementar la eficiencia en una empresa de producción de calzado” también empleo el diagrama de Ishikawa para la identificación de las causas, dentro de las causas identificadas en la empresa fueron los deficiente métodos de trabajo en el área de costura los cuales daban lugar a tiempos improductivos; otras de las causas fueron también los cambios en los materiales, se evidenciaba una deficiencia en el mantenimiento de las maquinarias y la falta de estandarización de proceso. Por otro lado, Mejía (2018) en su tesis de investigación titulada “Aplicación del estudio de trabajo para mejorar la productividad del área de taller en la empresa ICA S.A. callao, 2018” indico que las principales causas identificadas los cuales provocaban que la productividad descienda fueron los retrasos en los plazos de entrega de los pedidos, también se identificó retrasos por parte de los proveedores ya que no entregaban los materiales en el tiempo establecido, asimismo se evidenciaba la falta de metodologías de trabajo.

Con la finalidad de determinar los métodos de trabajo, en la presente tesis se empleó el diagrama de procesos de operaciones, asimismo se realizó el diagrama de análisis de procesos antes de la mejora propuesta donde se determinó que el 42.31% eran actividades productivas, mientras que las actividades improductivas fueron 57.69%, luego del análisis y establecimiento de la mejora, el resultado de las actividades productivas fueron de 52.38%; en ese sentido, Mejía (2018) en su trabajo de investigación menciona que, antes de la implementación de la mejora contaban con 50 actividades para la fabricación de soportes, 23 eran productivas y 27 eran actividades no productivas. Después de la mejora lograron reducir a 40 actividades de las cuales 25 eran productivas y solo 15 fueron actividades improductivas. Asimismo, Collado y Rivera (2018) en su tesis titulada “Mejora de la

productividad mediante la aplicación de herramientas de ingeniería de métodos en un taller mecánico automotriz” determino que de las actividades que generan valor antes de la mejora fue de 61% y después de la implementación de los nuevos métodos de trabajo, las actividades productivas aumentaron al 76%. Asimismo, Sacha (2018) en su tesis de investigación titulada “Aplicación del estudio del trabajo para mejorar la productividad en una empresa textil” En los resultados, se identificó que las actividades que no agregan valor al proceso representaban el 21.43%

Por otro lado, con la finalidad de determinar los tiempos estandarizados antes de la implementación de mejora, se procedió a realizar la toma de tiempos, las observaciones realizadas fueron durante 13 días del mes de enero, considerando los dos turnos de trabajo, por tanto, se tuvo un total de 26 observaciones, posteriormente se determinó el número de muestras, según el método estadístico cuya confianza fue del 95.45% y un margen de error de $\pm 5\%$. Del cual se obtuvo un tiempo promedio del 514.1 min para la fabricación de un acople de eje de bomba M15. De ello se calculó el tiempo normal considerando el método Westinghouse, para evaluar la actuación del operario el cual fue de 541.6, asimismo se consideró el 5% de tolerancia por necesidades personales, por tanto, el tiempo estándar fue de 568.64 min. Después de la mejora establecida en la empresa se tuvo un tiempo promedio de 486.19 min, el tiempo normal fue de 515.8 y el tiempo estándar fue de 541.63 min. En ese sentido, Collado y Rivera (2018) en su tesis de investigación titulada indicó que los tiempos de entrega mejoro en un 4.89% pasando de 3.48 a 3.31 minutos también se mejoró el tiempo de culminación del servicio de mantenimiento en un 20.49% luego de pasar un tiempo de 1.22 a 0.97 horas. Asimismo, Duran et al. (2015) en su artículo de investigación denominada “Productivity improvement by work and time study technique for earth energy-glass manufacturing company” dentro de sus resultados obtenidos indicó un tiempo ordinario de procesos de 35.20 min. Asimismo, se determinó un tiempo de espera de 85 min. pero esto se pudo reducir a 40 min mediante una adecuada reubicación de los moldes. Bajo ese mismo panorama, Mugmal (2017) en su trabajo de grado denominada “Organización del trabajo a través de ingeniería de métodos y estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de post-cosecha de la empresa Florícola Lottus Flowers” indico la reducción de tiempo de ciclo, que paso de 2.01 min. /unidad a 1.79 min. /unidad, aumentando así la capacidad de

producción a 13400 tallos al día a comparación de la producción anterior que era de 11893 tallos por día.

Como parte de la mejora de la productividad de la empresa, se midió la eficiencia y eficacia de la empresa antes de la aplicación del estudio de métodos y tiempos de trabajo, en ese sentido los resultados de eficiencia durante el mes de octubre del año 2020 fue del 63% mientras que la eficacia fue del 68%, para el mes de noviembre se determinó un nivel de eficiencia del 51% y eficacia del 55% del mismo modo para el mes de diciembre, la eficiencia fue de 60% mientras que la eficacia fue del 65%. En promedio se tuvo un nivel del 58% de eficiencia y un 63% de eficacia durante los tres meses evaluados. Según Mejía (2018) en su tesis de investigación titulada “Aplicación del estudio de trabajo para mejorar la productividad del área de taller en la empresa ICA S.A. callao, 2018” menciona que logro determinar que la eficiencia estaba en un 60% mientras que la eficacia estaba en un 25%, luego de la aplicación de la mejora de estudio de trabajo logro obtener una eficiencia del 80% y una eficacia del 50%. Asimismo, Diaz (2019) en su tesis de investigación titulada “Aplicación del estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de envasado de lavavajillas en pasta aplicada en una empresa de productos de limpieza en la localidad de Chorrillos” menciona que la eficiencia del operario luego de aplicar el estudio de tiempos se incrementó de 52.44% a 81.15% y la eficacia de la maquina aumento de 45.83% a 64.16%.

Por otro lado, con la finalidad de determinar la productividad el cual fue básicamente por medio de los indicadores de eficiencia y efectividad, se obtuvo que, durante la evaluación inicial, considerando los meses de octubre, noviembre y diciembre el promedio de la productividad fue de 39% y después de la mejora respecto al estudio de tiempos y métodos considerados durante los meses de febrero, marzo y abril en promedio se obtuvo una productividad del 79%. En ese sentido, Sacha (2018) en su tesis de investigación titulada “Aplicación del estudio del trabajo para mejorar la productividad en una empresa textil” en los resultados indican que la productividad en el diagnóstico inicial estaba en un 60.65% 61% y después de aplicar el estudio de trabajo durante el nivel de productividad mejoró en un 93.54% durante los meses de julio a agosto. También, según Tuestas y Chihuahua (2020), en su artículo de investigación titulada “Incremento de la productividad en una empresa conservera

de pescado” en la ciudad de Chimbote, dentro de sus resultados obtenidos indican que la productividad inicial era de 48.56% cajas por hombre durante los meses de junio a agosto y tras la aplicación del estudio de trabajo, la productividad se incrementó en 15.67%. del mismo modo, según Mektadir y otros (2017) en su artículo de investigación titulada “Productivity Improvement by Work Study Technique: A Case on Leather Products Industry of Bangladesh” dentro de sus resultados indicaron que la producción de la línea existente es de 240 piezas – bolsas/día, en un turno de 8 horas con un número total de 97 trabajadores, con respecto a la eficiencia de bolsas es de 582 piezas por día lo que permitió aumentar la productividad al 12.71% de la línea existente.

Por otra parte, con el objetivo de detectar el tiempo improductivo y estudiar las posibles mejoras en el área, se calculó el tiempo estándar, que fue de 568.64. Así mismo, se logró reducir el tiempo estándar en un 4.99% de 568.64 min a 541.61 min. Para determinar el tiempo de ciclo para la fabricación de un acople de eje es de 81.24 min/pieza y con la mejora se logró reducir en 69.1%. Del mismo modo, Supe (2018) en su tesis de investigación titulada “Estudio de los tiempos y movimientos y su incidencia en la productividad en la fabricación de tapas de alcantarillado de la empresa Fundi Laser en la ciudad de Ambato en el año 2018”, en los resultados nos señalan que el tiempo estándar fue de 948.48 minutos con un promedio de 176 unidades mensuales. En consecuencia, se determinó que la incidencia del estudio de tiempos en la productividad es de 97%. También, según Mugmal (2017) en su trabajo de grado designada “Organización del trabajo a través de ingeniería de métodos y estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de post-cosecha de la empresa Florícola Lottus Flowers”, dentro de sus resultados alcanzados nos demuestran tiempo de ciclo, que paso de 2.01 min. /unidad a 1.79 min. /unidad, aumentando el volumen de producción a 13400 tallos al día a comparación de la producción pasada que era de 11893 tallos por día. Es por esto que, concluye indicando que se logró cumplir el objetivo debido a que la productividad aumentó en un 12.67%, con la finalidad de optimizar el tiempo y reducir distancias entre áreas de trabajo.

VI. CONCLUSIONES

1. De acuerdo al diagnóstico inicial, se logró mejorar los métodos de trabajo en un 23.80 % pasando de 42.31% a 52.38% de actividades productivas. Asimismo, se logró reducir el tiempo estándar en un 4,99% pasando de 568.64 min a 541.61min. Del mismo modo, en un principio se determinó un desempeño de línea del 70% luego de la aplicación del estudio de tiempos y métodos se obtuvo un desempeño de línea del 80%, teniendo una mejora del 14,29%.
2. Respecto a la determinación del impacto del estudio de tiempos y métodos en el presente estudio, inicialmente se determinó la eficiencia durante el mes de octubre que fue de 63%, en el mes de noviembre la eficiencia fue del 51% y en el mes de diciembre se obtuvo una eficiencia del 60%, en promedio la eficiencia durante los tres meses evaluados fue del 58%. En ese sentido, después de la aplicación de la mejora se volvió evaluar la eficiencia considerando los meses de febrero, marzo y abril del año 2021, en donde se obtuvo una eficiencia promedio del 84%. Por tanto, se menciona que se logró mejorar la eficiencia en la fabricación de acople de eje de bomba M15 en un 26%
3. Del mismo modo, inicialmente se determinó la eficacia durante el mes de octubre que fue de 68%, en el mes de noviembre la eficacia fue del 55% y en el mes de diciembre se obtuvo una eficacia del 65%, en promedio la eficacia durante los tres meses evaluados fue del 63%. En ese sentido, después de la aplicación de la mejora se volvió evaluar la eficacia considerando los meses de febrero, marzo y abril del año 2021 en donde se obtuvo una eficacia promedio del 93%. Por tanto, se menciona que se logró mejorar la eficacia en la fabricación de acople de eje de bomba M15 en un 30%.
4. Finalmente se concluye indicando que la productividad mejoró en un 40%, pasando de 39% a 79%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudio de métodos de trabajo a las demás piezas las cuales se fabrican en la empresa con la finalidad de seguir mejorando la productividad.
2. Se recomienda también capacitar al personal, asimismo hacer de conocimiento sobre las mejoras de los métodos de trabajo los cuales deben ser ejecutados para que se cumpla los objetivos de la empresa que es básicamente mejorar la productividad en base a la eficiencia y eficacia.
3. Se recomienda realizar un plan de mantenimiento de las maquinas, principalmente la fresadora y el torno.
4. Finalmente, se recomienda realizar un seguimiento continuo de los procesos estandarizados a fin de propiciar su cumplimiento de lo contrario no se logrará obtener buenos resultados.

REFERENCIAS

- ALCALDÍA DE MEDELLÍN, 2019. Inteligencia De Mercados Componente: Estudios De Mercado Sectoriales, En Línea Con La Política Pública De Desarrollo Económico De Medellín Estudio De Mercado: Elaboración De Productos Lácteos Medellín-Antioquia 2.019 2 Alcaldía De Medellín. *CREAME Incubadora de Empresas*, pp. 1-44.
- ALVARADO, H., GALINDO, M. y RETAMAL, M., 2018. Evaluación del aprendizaje de la estadística orientada a proyectos en estudiantes de ingeniería Evaluation of the learning of the statistics oriented to projects in engineering students. *Scielo* [en línea], vol. 30, no. 3. [Consulta: 25 agosto 2021]. DOI 10.24844/EM3003.07. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ed/v30n3/1665-5826-ed-30-03-151.pdf>.
- ANDRADE, A.M., DEL RÍO, C.A. y ALVEAR, D.L., 2019. A study on time and motion to increase the efficiency of a shoe manufacturing company | Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *Informacion Tecnologica*, vol. 30, no. 3, pp. 83-94.
- BACA U., G., CRUZ, M., CRISTÓBAL, M., BACA C., G., GUTIÉRREZ, J., PACHECO, A. y RIVERA, I., 2014. *Introduccion a la Ingenieria Industrial*. S.l.: s.n. ISBN 9786074389197.
- BELLO, D., MURRIETA, F. y CORTES, C., 2020. Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de energías limpias. *Tecnológico Nacional de México*, pp. 1-9.
- BIANCHI, FABRICIO; BIANCHI, M., 2017. *SMED. La chiave della flessibilità - Productivity Press Development Team*. Primera. Milano: Guerini Next Srl. ISBN 978-88-6896-174-9.
- CARDONA, M., CASTRILLÓN, O. y TINOCO, H., 2017. Determinación del Método Óptimo de Operaciones de Ensamble Bimanual con el Algoritmo de Dijkstra (o de Caminos Mínimos) Determination of the Optimal Method of Bimanual Assembly Operations with Dijkstra Algorithm (or Shortest Path). *Scielo* [en línea], vol. 28, no. 4, pp. 125-134. [Consulta: 25 agosto 2021]. DOI

10.4067/S0718-07642017000400015. Disponible en:
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n4/art15.pdf>.

COLLADO, M.A. y RIVERA, J.M., 2018. *Mejora de la productividad mediante la aplicación de herramientas de ingeniería de métodos en un taller mecánico automotriz*. S.l.: s.n.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 2020. Comercio internacional de América Latina y el Caribe caerá 23% en 2020 debido a los efectos de la pandemia | Comunicado de prensa | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. *CEPAL*.

DANIELLE, J., NUNES, C., MARIA, A., CORREIA, M., GONÇALVES, P., SAMPAIO, V. y MARTINS DA SILVA, A., [sin fecha]. INDEPENDENT JOURNAL OF MANAGEMENT & PRODUCTION (IJM&P) STUDY OF TIMES AND MOVEMENTS IN THE SERVICE SECTOR: AN ANALYSIS IN A BEAUTY SALON. , DOI 10.14807/ijmp.v10i2.842.

DIAZ, J., 2019. *Aplicación del estudio de tiempos para incrementar la productividad en el área de envasado de lavavajillas en pasta aplicada en una empresa de productos de limpieza en la localidad de Chorrillos*. S.l.: s.n.

DOIMEADIÓS, Y. y RODRÍGUEZ, E., 2015. Un análisis comparado de eficiencia y eficacia en el sector público en Cuba. *Scielo*, vol. 155, no. 2, pp. 44-59.

DURAN, C., CETINDERE, A. y AKSU, Y., 2015. Productivity Improvement by Work and Time Study Technique for Earth Energy-glass Manufacturing Company. *Procedia Economics and Finance*, vol. 26, no. 15, pp. 109-113. ISSN 22125671. DOI 10.1016/s2212-5671(15)00887-4.

GHANADBASHI, S. y RAMSIN, R., 2016. Towards a method engineering approach for business process reengineering. *IET Software*, vol. 10, no. 2, pp. 27-44. DOI 10.1049/IET-SEN.2014.0223.

GOLDKUHL, G. y KARLSSON, F., 2020. Method Engineering as Design Science. *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 21, no. 5, pp. 1237-1278.

- HENRÍQUEZ-FUENTES, G., CARDONA, D., RADA-LLANOS, J. y ROBLES, N., 2018. Medición de Tiempos en un Sistema de Distribución bajo un Estudio de Métodos y Tiempos Measurement for a Distribution System under a Study of Methods and Times. *Información Tecnológica* [en línea], vol. 29, no. 6, pp. 277-286. [Consulta: 25 agosto 2021]. DOI 10.4067/S0718-07642018000600277. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000600277>.
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C., 2018. *Metodología de la investigación - Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. S.l.: s.n. ISBN 9781456223960.
- HUILDA, E., PASNAK, I., RENKAS, A. y SHARYY, V., 2020. Vista del método de ingeniería para determinar parámetros racionales de protección contra incendios de almacenes. *Journals* [en línea], pp. 38-45. [Consulta: 25 agosto 2021]. Disponible en: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/201819/201900>.
- INSTITUTO NACIONAL DE INFORMÁTICA Y ESTADÍSTICA, 2020. Producción nacional - julio. *INEI*, pp. 62.
- KUSWATI, Y., 2019. Motivation Role in Improving Work Effectiveness. *Budapest International Research and Critics Institute (BIRCI-Journal) : Humanities and Social Sciences*, vol. 2, no. 4, pp. 281-288. ISSN 2615-1715. DOI 10.33258/birci.v2i4.636.
- LUDWIKOWSKA, K., 2018. THE EFFECTIVENESS OF TRAINING NEEDS ANALYSIS AND ITS RELATION TO EMPLOYEE EFFICIENCY. *Z E S Z Y T*, no. 77. DOI 10.21008/j.0239-9415.2018.077.11.
- MEDINA, A., TORRES, E. y CONDORI, S., 2016. Identificación de Peligros y Evaluación y Control de Riesgos (IPERC) en la miniplanta de hilandería y tejeduría de la Facultad de Ingeniería Industrial - UNMSM. *Revista UNMSM*, vol. 19, no. 1, pp. 109-116. ISSN 1560-9146. DOI 10.15381/idata.v19i1.12543.
- MEJÍA, C., 2018. *Aplicación del Estudio de Trabajo para mejorar la productividad del área de taller en la empresa ICA S.A., Callao, 2018*. S.l.: s.n.

- MONTAÑO, K., PRECIADO, J., ROBLES, J. y CHÁVEZ, L., 2018. Métodos de trabajo para mejorar la competitividad del sistema de uva de mesa sonoreense. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, vol. 28, no. 52. ISSN 0188-4557. DOI 10.24836/es.v28i52.579.
- MONTOYA-REYES, M., GONZÁLEZ-ANGELES, A., MENDOZA-MUÑOZ, I., GIL-SAMANIEGO-RAMOS, M. y LING-LÓPEZ, J., 2020. Method Engineering to Increase Labor Productivity and Eliminate Downtime. *Journal of Industrial Engineering and Management* [en línea], vol. 13, no. 2, pp. 321-331. [Consulta: 23 agosto 2021]. ISSN 2013-8423. DOI 10.3926/jiem.3047. Disponible en: <https://doi.org/10.3926/jiem.3047>.
- MUGMAL, J., 2017. *Organización del trabajo a través de Ingeniería de métodos y estudios de tiempo para incrementar la productividad en el área de post-cosecha de la empresa Florícola Lottus Fowers*. S.l.: s.n.
- MUHAMAD, M.R., HASRULNIZZAM, W. y MAHMOOD, W., 2005. Productivity improvement through motion and time study. *Management of Technology and Technology Entrepreneurship*, pp. 1-14.
- ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M., PALACIOS, J. y ROMERO, H., 2018. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. S.l.: s.n. ISBN 9788578110796.
- OVALLE, A. y CÁRDENAS, D., 2016. What happened with the application of time and motion study in the last two decades?: review of the literature. *Dialnet*, vol. 16, no. 2, pp. 12-31.
- RAMIRÉZ, F. y ZWERG, A., 2012. Metodología de la investigación: más que una receta. *Redalyc*, vol. 1, no. 20, pp. 91-111. ISSN 1692-0279.
- ROMERO, E., CIRILA, A. y CAÑARI, R., 2018. Artículo de Contribución. *Revista Peruana de ComPutación y sistemas*, vol. 1, no. 1, pp. 9-22. ISSN 2617-2003. DOI 10.15381/xxxxxxs.
- SACHA, Y., 2018. *Aplicación del Estudio del Trabajo para mejorar productividad en una empresa textil*. S.l.: s.n.

- SALAZAR, K., ARROYAVE, A., OVALLE, A.M., OCAMPO, O.L. y AUGUSTO, C., 2016. Tiempos en la recolección manual tradicional de café Times in the traditional coffee manual collection. *Scielo*, vol. 37, no. 2, pp. 114-126.
- SANDKUHL, K. y SEIGERROTH, U., 2019. Method engineering in information systems analysis and design: a balanced scorecard approach for method improvement. *Springer*, vol. 18, pp. 1833-1857. DOI 10.1007/s10270-018-0692-3.
- STIEGLITZ, S., MIRBABAIE, M., ROSS, B. y NEUBERGER, C., 2018. Social media analytics – Challenges in topic discovery, data collection, and data preparation. *ScienceDirect*, vol. 39, pp. 156-168. ISSN 0268-4012. DOI 10.1016/J.IJINFOMGT.2017.12.002.
- SUBAEVA, A.K., NIZAMUTDINOV, M.M., MAVLIEVA, L.M. y KALIMULLIN, M.N., 2020. Labor productivity in digital agriculture. *BIO Web of Conferences*, vol. 17, pp. 00226. DOI 10.1051/bioconf/20201700226.
- SUPE, E., 2018. *Universidad tecnológica indoamérica*. S.l.: s.n.
- TEJADA, N., GISBERT, V. y PÉREZ, A., 2017. Metodología De Estudio De Tiempo Y Movimiento; Introducción Al Gsd. *3C Empresa : Investigación y pensamiento crítico*, vol. 6, no. 5, pp. 39-49. ISSN 2254-3376. DOI 10.17993/3cemp.2017.especial.39-49.
- VERA, J., CASTAÑO, R. y TORRES, Y., 2018. *Fundamentos de Fundamentos de Metodología de la investigación científica*. S.l.: s.n. ISBN 9789942330703.
- VIDES, E., DÍAZ, L. y GUTIÉRREZ, J., 2018. Análisis metodológico para la realización de estudios de métodos y tiempos Methodological analysis for the performance of studies of methods and times. *Universidad Simón Bolívar*, vol. 8, no. 1, pp. 3-10.

ANEXOS

A n e x o 1: Matriz de operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de los indicadores	Técnica	Instrumento	Unidad de medida	Fórmula
Variable Independiente: Estudio de tiempos y métodos	Técnica empleada de manera sistemática para mejorar el uso eficaz de los recursos mediante el establecimiento de indicadores de rendimiento en base a las actividades realizadas (Danielle et al., [sin fecha])	Para la evaluación del estudio de tiempos y métodos, se realizará mediante la toma de tiempos, con el fin de determinar el tiempo normal y tiempo estándar de cada operación, asimismo, para determinar el índice de actividades será necesario identificar el total de actividades que conlleva el proceso y con ello identificar aquellas	Procedimientos de trabajo	Índice de actividades que añaden valor	Razón	Observación Análisis documental	Guía de observación Guía de Análisis documental (Anexo 3)	Porcentual	Índice de Actividades $IA = \frac{(TA - TANV)}{TA} \times 100$ LEYENDA: IA: Índice de actividad TA: Todas las Actividades (operaciones) TANV: Todas las actividades que no agregan valor (Operaciones)
			Tiempos cronometrados	Número de muestras	Razón	Observación	Guía de observación (Anexo 6)	promedio	$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum (x)^2}}{\sum x} \right)^2$ n: tamaño de muestra n': número de observaciones preliminares Σ: suma de valores X: valor de las observaciones
				Tiempo normal	Razón	Observación	Guía de observación (Anexo 7)	promedio	$T_n = \text{tiempo promedio} \times \text{factor de calificación}$
				Tiempo estándar	Razón	Observación	Guía de observación (Anexo 3)	Porcentual	Tiempo Estándar $TE = TN(1 + \% \text{SUPLEMENTO})$ LEYENDA:

		actividades que no añaden valor al proceso (Tejada, Gisbert y Pérez, 2017).						TE: Tiempo Estándar (minutos) TN: Tiempo Normal (minutos) S: Suplementos (porcentajes)
		Método SMED	Tiempo de ciclo	Razón	Observación	Guía de observación	Promedio	$C = \frac{T.Total}{NUP}$ C: Ciclo NUP: Número de unidades producidas
			Balace de línea	Razón	Observación	Guía de observación	Porcentual	$BL = \frac{Minuto\ Total\ del\ Operario}{Total\ de\ minutos\ por\ línea} \times 100$
			Desempeño de la línea	Razón	Observación	Guía de observación	porcentual	$DL = \frac{Sum.Tareas}{N^{\circ} ER * tiempo\ ciclo} \times 100$ DL: Desempeño de la línea ER: estaciones reales
			Disponibilidad de la máquina	Razón	Observación	Guía de observación	porcentual	$DM = \frac{Horas\ totales - Horas\ paradas}{Horas\ totales} \times 100$

Variable Dependiente: Productividad	La productividad es definida como la capacidad de mejorar bienes y servicios, lo cual es expresado en base a los ingresos y salidas para calcular la medida de la productividad (Sandkuhl y Seigerroth, 2019).	Para la evaluación de la productividad se procederá a revisar los registros de producción de la empresa a fin de determinar la eficiencia y eficacia, según la producción total y el tiempo empleado (Huilda et al., 2020).	Eficiencia	Índice de eficiencia	Razón	Observación	Guía de observación – registro de productividad (Anexo 3)	Porcentual	<p>Índices de Eficiencia</p> $EFICI. = \frac{T. REAL PROD}{T. TOTAL DE PROD} X 100$ <p>LEYENDA:</p> <p>TRP: Tiempo Real de Producción (minutos)</p> <p>TTP: Tiempo Total de Producción (minutos)</p>
			Eficacia	Índice de eficacia	Razón	Observación	Guía de observación – registro de productividad (Anexo 3)	Porcentual	<p>Índice Eficacia</p> $EFICA. = \frac{P. REAL}{P. PROGRAMADA} X 100$ <p>LEYENDA:</p> <p>PR: Producción real (trabajos/mes)</p> <p>PP: Producción programada (trabajos/mes)</p>

Fuente: elaboración propia

A n e x o 2: Matriz de consistencia











Estudio de tiempos y métodos para mejorar la Productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.										
Preguntas de investigación	Objetivos	Hipótesis	Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de indicadores	Metodología	
General	General	Principal	V. Independiente: Estudio del trabajo	Técnica empleada de manera sistemática para mejorar el uso eficaz de los recursos mediante el establecimiento de indicadores de rendimiento en base a las actividades realizadas (Danielle et al., [sin fecha])	Para la evaluación del estudio de tiempos y métodos, se realizará mediante la toma de tiempos, con el fin de determinar el tiempo normal y tiempo estándar de cada operación, asimismo, para determinar el índice de actividades será necesario identificar el total de actividades que conlleva el proceso y con ello identificar aquellas actividades que no añaden valor al proceso (Tejada, Gisbert y Pérez, 2017).	Procedimientos de trabajo	Índice de actividades que añaden valor	Razón	Tipo: Aplicada	
¿En qué medida el estudio de tiempos y métodos mejora la productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021?	determinar en qué medida el estudio de tiempos y métodos mejorará la productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.	El estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021				Tiempos cronometrados	Número de muestras			Nivel: Explicativo
Específicas	Específicos	Secundarias				Tiempo normal	Diseño: Preexperimental			
¿En qué medida el estudio de tiempos y métodos mejora la eficiencia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021?	determinar en qué medida el estudio de tiempos y métodos mejora la eficiencia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021	El estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la eficiencia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021				Tiempo estándar	Población: Área de Producción			
¿En qué medida el estudio de tiempos y métodos mejora la eficacia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021?	determinar en qué medida el estudio de tiempos y métodos mejora la eficacia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.	el estudio de tiempos y métodos mejora significativamente la eficacia en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021.	V. Dependiente: Productividad			Método SMED	Tiempo de ciclo Balance de línea Desempeño de la línea Disponibilidad de la máquina	Razón	Muestra: Área de Producción Técnica: Observación Instrumentos: Hoja de registro Método de análisis: estadística descriptiva - inferencial	
						Eficiencia	Índice de eficiencia			
						Eficacia	Índice de eficacia			

Anexo 3: Guía de observación - estudio de tiempos

A y G MAQUINARIAS CNC EIRL		FICHA DE TIEMPOS																										
ÁREA:																												
PROCESO:																												
PRODUCTO:																												
ACTIVIDADES	TIEMPO OBSERVADO (min)																									SUMATORIA		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
TOTAL																												

Fuente: Elaboración propia






Anexo 5: Guía de observación - Diagrama de análisis de procesos

AyG MAQUINARIAS CNC E.I.R.L.		DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS							
Diagrama N°	Hoja N°	ACTIVIDAD	SÍMBOLO					RESULTADO	
OBJETIVO:		Transporte							
		Operación							
		Espera							
		Inspección							
		Almacenamiento							
PROCESO:		Distancia (mts)							
		Tiempo (min)							
		% de actividades productivas							
ÁREA:		% de actividades improductivas							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Distancia (mts)	Tiempo (min)	ACTIVIDAD					OBSERVACIÓN
									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
TOTAL									

NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Guía de análisis documental - Diagrama Sinóptico

A y G MAQUINARIAS CNC E.I.R.L.	DIAGRAMA SINÓPTICO
DIAGRAMA N°	METDODO: ACTUAL/PROPUESTO
ACTIVIDAD	LUGAR:
	FECHA
RESUMEN	
ACTIVIDAD	CANTIDAD
Transporte 	
Operación 	
Espera 	
Inspección 	
Almacenamiento 	

Anexo 9: productividad del mes de enero 2021

FECHA	H.H PROGRAMADA (MIN)	H.H. REALES (MIN)	UNIDADES PLANIFICADAS	UNIDADES PRODUCIDAS	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
2/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
4/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
5/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
6/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
7/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
8/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
9/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
11/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
12/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
13/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
14/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
15/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
16/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
18/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
19/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
20/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
21/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
22/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
23/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
25/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
26/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
27/01/2021	480	341	8	6	71%	75%	53%
28/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
29/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
30/01/2021	480	398	8	7	83%	88%	73%
TOTAL	12480	9666.88	208	170	2014%	2125%	1656%
PROMEDIO					84%	89%	69%

Anexo 10: Autorización de la empresa

Arequipa, 27 de Abril del 2021

Señor

Dr. Alex Antenor Benites Aliaga

Director De Nacional de la Escuela Profesional De Ingeniería Industrial de la
Universidad Cesar Vallejo – Sede Lima Este

ASUNTO: AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR TESIS DE INVESTIGACIÓN

Yo Angel Gustavo Coaguilo Talavera identificado con DNI 73026822 de en mi calidad de representante legal de la empresa AyG Maquinarias CNC E.I.R.L., autorizo al estudiante Flord Manuel Gonzalez Condori, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, de la Universidad Cesar Vallejo – Sede Lima Este, a utilizar información confidencial de la empresa para el desarrollo del proyecto de tesis denominado “Aplicación del estudio de tiempos y métodos para mejorar la productividad en la empresa AyG Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa 2021”. Como condiciones contractuales, el estudiante se obliga a (1) no divulgar ni usar para fines personales la información (documentos, expedientes, escritos, artículos, contratos, estados de cuenta y demás materiales) que, con objeto de la relación de trabajo, le fue suministrada; (2) no proporcionar a terceras personas, verbalmente o por escrito, directa o indirectamente, información alguna de las actividades y/o procesos de cualquier clase que fuesen observadas en la empresa durante la duración del proyecto y (3) no utilizar completa o parcialmente ninguno de los productos (documentos, metodología, procesos y demás) relacionados con el proyecto. El estudiante asume que toda información y el resultado del proyecto serán de uso exclusivamente académico.

El material suministrado por la empresa será la base para la construcción de un estudio de caso. La información y resultado que se obtenga del mismo podrian llegar a convertirse en una herramienta didáctica que apoye la formación de los estudiantes de la Escuela de Profesional de Ingeniería Industrial.

Atentamente,


AyG MAQUINARIAS CNC E.I.R.L.
Nombre del Representante legal,
Angel G. Coaguilo Talavera
GERENTE GENERAL



Anexo 11: validación de instrumentos

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Estudio de tiempos y métodos							
1	DIMENSIÓN 1: Procedimientos de trabajo	Si	No	Si	No	Si	No	
	Índice de Actividades que añaden valor = $\frac{(TA-TANV)}{TA} \times 100$	x		x		x		
2	DIMENSION 2: Tiempos cronometrados	Si	No	Si	No	Si	No	
	Número de muestras: $n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$	x		x		x		
	Tiempo normal: $Tn = \text{tiempo promedio} \times \text{factor de calificación}$	x		x		x		
	Tiempo de ciclo: $TC = \frac{\text{Tiempo total}}{\text{numero de unidades producidas}}$	x		x		x		
3	DIMENSION 3: Método SMED	Si	No	Si	No	Si	No	
	Tiempo Estándar de actividades internas: TE = TN(1+%SUPLEMENTO)	x		x		x		
	Disponibilidad de la máquina	x		x		x		

	$DM = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas}}{\text{Horas totales}} \times 100$						
	Balance de línea: $BL = \frac{\text{Minuto Total del Operario}}{\text{Total de minutos por línea}} \times 100$	x		x		x	
	Desempeño de la línea $DL = 1 - \left(\frac{\text{Tolerancias Hombre}}{\text{Tiempo por turno}} \right) + \left(\frac{\text{Tolerancias Máquina}}{\text{Tiempo por turno}} \right)$	x		x		x	
	VARIABLE DEPENDIENTE : Productividad						
1	DIMENSION 1: Eficiencia	Si	No	Si	No	Si	No
	$\text{Eficiencia} = \frac{T. REAL PROD}{T. TOTAL DE PROD} \times 100$	x		x		x	
2	DIMENSON 2 : Eficacia	Si	No	Si	No	Si	No
	$\text{Eficacia} = \frac{P. REAL}{P. PROGRAMADA} \times 100$	x		x		x	

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: ...Conde Rosas Roberto Carlos DNI:.....09447944.....

Especialidad del validador:.....MAGISTER EN DIRECCION DE OPERACIONES Y LOGISTICA

¹**Pertinencia:**El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima...12.....de.....MAYO.....del 2021



Firma del Experto Informante.

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Estudio de tiempos y métodos							
1	DIMENSIÓN 1: Procedimientos de trabajo	Si	No	Si	No	Si	No	
	Índice de Actividades que añaden valor = $\frac{(TA-TANV)}{TA} \times 100$	X		X		X		
2	DIMENSION 2: Tiempos cronometrados	Si	No	Si	No	Si	No	
	Número de muestras: $n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum (x)^2}}{\sum x} \right)^2$	X		X		X		
	Tiempo normal: $Tn = \text{tiempo promedio} \times \text{factor de calificacion}$	X		X		X		
	Tiempo de ciclo: $TC = \frac{\text{Tiempo total}}{\text{numero de unidades producidas}}$	X		X		X		
3	DIMENSION 3: Método SMED	Si	No	Si	No	Si	No	
	Tiempo Estándar de actividades internas: $TE = TN(1+\%SUPLEMENTO)$	X		X		X		
	Disponibilidad de la máquina $DM = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas}}{\text{Horas totales}} \times 100$	X		X		X		
	Balance de línea: $BL = \frac{\text{Minuto Total del Operario}}{\text{Total de minutos por línea}} \times 100$	X		X		X		

	Desempeño de la línea $DL = 1 - \left(\frac{\text{Tolerancias Hombre}}{\text{Tiempo por turno}} \right) + \left(\frac{\text{Tolerancias Máquina}}{\text{Tiempo por turno}} \right)$	X		X		X		
	VARIABLE DEPENDIENTE : Productividad	X		X		X		
1	DIMENSION 1: Eficiencia	Si	No	Si	No	Si	No	
	$\text{Eficiencia} = \frac{T. REAL PROD}{T. TOTAL DE PROD} \times 100$	X		X		X		
2	DIMENSION 2 : Eficacia	Si	No	Si	No	Si	No	
	$\text{Eficacia} = \frac{P. REAL}{P. PROGRAMADA} \times 100$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): ___ SÍ HAY SUFICIENCIA _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Mg: ...ROBERTO FARFAN MARTINEZ. DNI: 02617808...

Especialidad del validador:... MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERIA.....

Lima... 12 ..de... MAYO del 2021

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Experto Informante.

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Estudio de tiempos y métodos							
1	DIMENSIÓN 1: Procedimientos de trabajo	Si	No	Si	No	Si	No	
	Índice de Actividades que añaden valor = $\frac{(TA-TANV)}{TA} \times 100$	x		x		x		
2	DIMENSION 2: Tiempos cronometrados	Si	No	Si	No	Si	No	
	Número de muestras: $n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum (x)^2}}{\sum x} \right)^2$	x		x		x		
	Tiempo normal: $Tn = \text{tiempo promedio} \times \text{factor de calificacion}$	x		x		x		
	Tiempo de ciclo: $TC = \frac{\text{Tiempo total}}{\text{numero de unidades producidas}}$	x		x		x		
3	DIMENSION 3: Método SMED	Si	No	Si	No	Si	No	
	Tiempo Estándar de actividades internas: $TE = TN(1+\%SUPLEMENTO)$	x		x		x		
	Disponibilidad de la máquina $DM = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas paradas}}{\text{Horas totales}} \times 100$	x		x		x		
	Balance de línea: $BL = \frac{\text{Minuto Total del Operario}}{\text{Total de minutos por línea}} \times 100$	x		x		x		

	Desempeño de la línea $DL = 1 - \left(\frac{\text{Tolerancias Hombre}}{\text{Tiempo por turno}} \right) + \left(\frac{\text{Tolerancias Máquina}}{\text{Tiempo por turno}} \right)$	x		x		x		
	VARIABLE DEPENDIENTE : Productividad							
1	DIMENSION 1: Eficiencia	Si	No	Si	No	Si	No	
	$\text{Eficiencia} = \frac{T. REAL PROD}{T. TOTAL DE PROD} \times 100$	x		x		x		
2	DIMENSION 2 : Eficacia	Si	No	Si	No	Si	No	
	$\text{Eficacia} = \frac{P. REAL}{P. PROGRAMADA} \times 100$	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: Romel Dario Bazan Robles DNI: 41091024
Especialidad del validador: Maestro en Productividad y Relaciones industriales

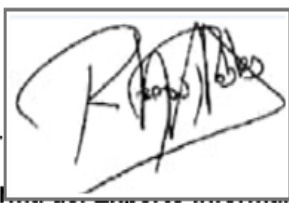
Lima 04 de Mayo del 2021

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del validador.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, GONZALES CONDORI ELARD MANUEL estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Estudio de tiempos y métodos para mejorar la Productividad en la empresa A y G Maquinarias CNC E.I.R.L. Arequipa, 2021", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
GONZALES CONDORI ELARD MANUEL DNI: 47496420 ORCID 0000-0002-8387-4234	Firmado digitalmente por: ELGONZALESC01 el 15-09- 2021 20:13:09

Código documento Trilce: INV - 0344639