

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación:

“Propuesta de mejora de la productividad en el área de maquinado de una empresa del sector industrial metalmecánico utilizando la metodología Estudio del Trabajo”

Autores:

Cordero Heredia, Sandra Margarita – 1525430

Gamarra Ortiz, Jennifer Rocio – 1525459

Para obtener el Grado Académico de Bachiller en:

Ingeniería Industrial

Lima – Perú
2020

Resumen

Esta investigación se ha elaborado con el propósito de desarrollar las técnicas del estudio de trabajo en una empresa del sector metalmeccánico, con la finalidad de estimar la factibilidad de la metodología para mejorar la productividad en el área de maquinado. En función al objetivo, primero se evaluó el estado actual de los indicadores de la productividad luego, se empleó las técnicas estudio de métodos y medición de tiempos con el soporte de las herramientas lluvia de ideas, Ishikawa, matriz de priorización, Pareto y diagrama de árbol, el cual, permitió analizar y priorizar los factores más críticos, siendo estos, ausencia de métodos de trabajo, falta de un tiempo estándar en los procesos de maquinado, escasa o nula gestión de capacitación al personal, falta de mantenimiento de máquinas que atribuyen la baja productividad en el área de maquinado.

Con base a lo propuesto, se desarrolla cada etapa de las técnicas de estudio de trabajo los cuales facilitaron la evaluación y control del proceso de maquinado. De esta manera, se proponen alternativas de un nuevo método de trabajo, estandarización de tiempo del proceso y un procedimiento de capacitación para los trabajadores, con esto, se estima la disminución del tiempo del proceso de maquinado de la zapata-MN de 309 min a 287 min. En efecto, se aumenta la producción de 646,55 kg/h a 745,68 kg/h. Por esta razón, la productividad se incrementa de 74% a 85%.

En resumen, se concluye que la propuesta de la metodología permite una variación de 15.33% en la productividad del área de maquinado. Puesto que, agiliza y simplifica el trabajo.

Palabras claves: Productividad, Proceso, Metalmeccánica, Estudio del Trabajo.

Dedicatoria

Esta investigación está dedicada a nuestros seres queridos por ser un apoyo incondicional y a nosotros por el esfuerzo puesto en este informe para cumplir con uno de nuestros anhelos deseados.

Agradecimiento

Nuestro profundo agradecimiento al divino creador por bendecirnos con sabiduría, también al programa Beca 18 por permitirnos crecer profesionalmente y sobre todo a las valiosas personas que nunca dudaron de nuestra capacidad y siempre nos apoyaron incondicionalmente.

Declaración de Autenticidad y No Plagio
(Grado Académico de Bachiller)

Por el presente documento, yo Cordero Heredia Sandra Margarita, identificado/a con DNI N° 71198108, egresado de la carrera de Ingeniería Industrial, informo que he elaborado el Trabajo de Investigación denominado "Propuesta de mejora de la productividad en el área de maquinado de una empresa del sector industrial metalmeccánico utilizando la metodología Estudio de Trabajo", para optar por el Grado Académico de Bachiller en la carrera de Ingeniería Industrial, declaro que este trabajo ha sido desarrollado íntegramente por el/los autores/es que lo suscribe/n y afirmo que no existe plagio de ninguna naturaleza. Así mismo, dejo constancia de que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo, por lo que no se ha asumido como propias las ideas vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos como en Internet.

Así mismo, afirmo que soy responsable solidario de todo su contenido y asumo, como autor, las consecuencias ante cualquier falta, error u omisión de referencias en el documento. Sé que este compromiso de autenticidad y no plagio puede tener connotaciones éticas y legales. Por ello, en caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a lo dispuesto en las normas académicas que dictamine la Universidad Tecnológica del Perú y a lo estipulado en el Reglamento de SUNEDU.

Lima, 31 de julio de 2020.



(firma)

Declaración de Autenticidad y No Plagio

(Grado Académico de Bachiller)

Por el presente documento, yo Gamarra Ortiz Jennifer Rocio, identificado/a con DNI N° 74174904, egresado de la carrera de Ingeniería Industrial, informo que he elaborado el Trabajo de Investigación denominado "Propuesta de mejora de la productividad en el área de maquinado de una empresa del sector industrial metalmecánico utilizando la metodología Estudio de Trabajo", para optar por el Grado Académico de Bachiller en la carrera de Ingeniería Industrial, declaro que este trabajo ha sido desarrollado íntegramente por el/los autores/es que lo suscribe/n y afirmo que no existe plagio de ninguna naturaleza. Así mismo, dejo constancia de que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo, por lo que no se ha asumido como propias las ideas vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos como en Internet.

Así mismo, afirmo que soy responsable solidario de todo su contenido y asumo, como autor, las consecuencias ante cualquier falta, error u omisión de referencias en el documento. Sé que este compromiso de autenticidad y no plagio puede tener connotaciones éticas y legales. Por ello, en caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a lo dispuesto en las normas académicas que dictamine la Universidad Tecnológica del Perú y a lo estipulado en el Reglamento de SUNEDU.

Lima, 31 de julio de 2020.



(firma)

Tabla de contenido

Resumen		II
Introducción		XIII
1. Literatura y teoría sobre el tema		1
1.1. Literatura antecedente		1
1.1.1. Antecedentes internacionales		1
1.1.2. Antecedentes nacionales		2
1.2. Marco teórico		4
1.2.1. Estudio del trabajo		4
1.2.1.1. Definición		4
1.2.1.2. Estudio de Métodos		5
1.2.1.3. Medición del trabajo		7
1.2.2. Productividad		8
1.2.2.1. Definición		8
1.2.2.2. Dimensiones de la productividad		9
1.2.3. Herramientas de soporte para el Estudio del Trabajo		10
1.2.3.1. Lluvia o tormenta de ideas		10
1.2.3.2. Diagrama Causa – efecto		10
1.2.3.3. Matriz de priorización		10
1.2.3.4. Diagrama Pareto		11
1.2.3.5. Diagrama de árbol		11
2. Metodología empleada		12
2.1. Metodología de investigación		12
2.1.1. Variables		12
2.1.2. Diseño metodológico, enfoque y alcance de la investigación		12
2.2. Método de investigación		12

2.2.1.	Diagnostico situacional	13
2.2.1.1.	Descripción de la empresa	13
a)	Gestión de la cadena de suministro	13
b)	Organigrama general de la empresa.....	14
c)	Sistema de producción	15
d)	Descripción del área de maquinado.....	17
2.2.2.	Análisis de los resultados del diagnóstico	20
2.2.2.1.	Indicadores críticos.....	20
2.2.2.2.	Lluvia de ideas.....	22
2.2.2.3.	Diagrama de Ishikawa	22
2.2.2.4.	Matriz de priorización.....	24
2.2.2.5.	Diagrama Pareto	26
2.2.2.6.	Diagrama de árbol	27
2.2.2.7.	Problemática de la empresa	28
2.3.	Diseño de la propuesta de mejora.....	28
2.3.1.	Estudio de métodos	28
2.3.1.1.	Etapa 1: Seleccionar.....	29
2.3.1.2.	Etapa 2: Registrar.....	31
2.3.1.3.	Etapa 3: Examinar los detalles registrados	41
2.3.1.4.	Etapa 4: Establecer el método.....	42
2.3.1.5.	Etapa 5: Evaluar el nuevo método de trabajo	44
2.3.1.6.	Etapa 6: Definir.....	44
2.3.1.7.	Etapa 7: Implantar	45
2.3.1.8.	Etapa 8: Controlar	45
3.	Resultados empleados/encontrados.....	47
3.1.	Ausencia de metodologías de trabajo.....	47
3.2.	Presentación de indicadores anuales de productividad.....	48

4.	Análisis y discusión	49
4.1.	Análisis.....	49
4.2.	Discusión	49
5.	Conclusiones	52
6.	Referencias	53
7.	Anexos	56
7.1.	Anexos 1: Disponibilidad en horas de las máquinas - herramientas:.....	56
7.2.	Anexos 2: Producción total de las piezas mecanizadas	57
7.3.	Anexos 3: Comparación de actividades del proceso actual y mejorado	58

Índice de tablas

Tabla 1 Técnica del interrogatorio	6
Tabla 2 Simbología del DOP	6
Tabla 3 Simbología del DAP	7
Tabla 4 Técnicas de Medición del Trabajo	8
Tabla 5 Proveedores de la empresa.....	13
Tabla 6 Funciones de las áreas.....	15
Tabla 7 Funciones del jefe del área (maquinado)	18
Tabla 8 Funciones del supervisor del área (maquinado)	18
Tabla 9 Máquinas del área (maquinado).....	19
Tabla 10 Piezas agrupadas por familia en el área de maquinado	19
Tabla 11 Indicadores de la productividad actual del área (maquinado)	21
Tabla 12 Lluvia de ideas para analizar el área (maquinado)	22
Tabla 13 Factores relevantes del problema	24
Tabla 14 Causas del Problema.....	26
Tabla 15 Priorización del producto con mayor volumen de producción.....	29
Tabla 16 Indicadores de la productividad anual de zapata-MN	30
Tabla 17 Identificación de las actividades de larga duración	31
Tabla 18 Toma de tiempo en minutos del proceso de mecanizado de zapata-MN.....	33
Tabla 19 Factor de valoración según la normativa británica	34
Tabla 20 Tabla de Westinghouse	35
Tabla 21 Clasificación según la tabla Westinghouse	36
Tabla 22 Determinación del tiempo normal del proceso de mecanizado	37
Tabla 23 Suplementos para el cálculo del tiempo estándar	38
Tabla 24 Determinación del tiempo estándar del proceso de mecanizado	39

Tabla 25 Técnica de la interrogante	41
Tabla 26 Resumen de acción	42
Tabla 27 Carta de descripción para definir el método propuesto	44
Tabla 28 Cronograma de implementación del método	45
Tabla 29 Cronograma de las actividades a desarrollar	45
Tabla 30 Checklist de cumplimiento del nuevo método.....	46
Tabla 31 Presentación del resultado con la propuesta del nuevo método de trabajo.....	47
Tabla 32 Producción actual y propuesto	48
Tabla 33 Categorización de los resultados para la discusión.....	50

Índice de figuras

Figura 1 Técnicas del Estudio de Trabajo.....	5
Figura 2 Ocho etapas del Estudio de Métodos.....	5
Figura 3 Cadena de suministro	14
Figura 4 Representación gráfica del organigrama general	14
Figura 5 Proceso de fabricación de una pieza.....	16
Figura 6 Representación gráfica del organigrama del área (maquinado)	17
Figura 7 Representación gráfica de la producción anual según tipo de pieza	20
Figura 8 Diagrama causa - efecto el problema	23
Figura 9 Matriz de priorización del problema	25
Figura 10 Diagrama Pareto - impacto del problema.....	27
Figura 11 Diagrama de árbol	27
Figura 12 Representación gráfica del producto con mayor volumen de producción	29
Figura 13 DOP de la producción general de piezas fundidas	32
Figura 14 Métodos de calificación del operario	34
Figura 15 Diagrama analítico del proceso de mecanizado (DAP) - Actual.....	40
Figura 16 Diagrama analítico del proceso de mecanizado (DAP) - Propuesto	43
Figura 17 Aumento de la producción de zapata-MN.....	47

Introducción

El sector metalmecánico establece su relación con otras industrias como; sector manufacturero, automotriz, minería y agrícola puesto que, suministra productos intermedios y finales. Por ello, en los países desarrollados industrialmente este sector se presenta económicamente activa (Posada, 2019). En principio, a nivel global, la participación en el sector manufacturero con respecto a las exportaciones, China es el país que lidera con un 22 %, y entre los países Latinoamericanas destaca México con un 3.4% (Mendes, 2015).

En el Perú, como menciona el Instituto de Estudios Económicos y Sociales (IEES) de la Sociedad Nacional de Industrias (SIN) el sector metalmecánico presentó un alza en la producción industrial de 10.2% en el año 2018, esto fue resultado del aumento de la demanda en el interior del país debido, al incremento en la inversión pública y privada (citado en Sociedad Nacional de Industrias [SIN], 2019). Asimismo, a nivel nacional el sector metalmecánico concentra aproximadamente el 1,1 % del Producto Bruto Interno (PBI). A causa de, la dependencia por productos importados, los cuales tienen una alta participación en el mercado con un 83% por ende, solo el 16.6% ocupa la producción nacional (Plan Estratégico Nacional Exportador, 2006).

En el ámbito local, referente a las exportaciones, el sector metalmecánico muestra un incremento promedio de 14.4%, evidenciando así, la rentabilidad del sector que contribuye al crecimiento continuo de las exportaciones registradas en los últimos periodos. Por esta razón, el sector es considerada vital para el desarrollo de la industria en el Perú (Posada, 2019).

La empresa metalmecánica en estudio, ha tenido un desarrollo considerable en torno a su sector, puesto que, cuenta con máquinas CNC (Control Numérico Computarizado). A pesar de ello, se identificó una baja productividad en el área de maquinado de piezas fundidas en el proceso de mecanizado, ya que, en el periodo 2019 presentó una productividad de 74%, estando por debajo del requerimiento estimado mayor a 80%. Por esta razón, el área de maquinado no cumple con la producción programa por el área de Planeamiento de Control de Producción (PCP).

Por lo expuesto, el propósito de esta investigación es mejorar la productividad del área de maquinado de una empresa del sector metalmecánico, utilizando las técnicas del Estudio del Trabajo.

1. Literatura y teoría sobre el tema

1.1. Literatura antecedente

1.1.1. Antecedentes internacionales

Ariza y Padilla (2014) tuvieron como objetivo examinar el estado real de la empresa y determinar las operaciones que generan cuello de botella, sobrecostos, requerimiento innecesario de operarios, etc.

La metodología que se empleó es el estudio de métodos y como herramienta de análisis se utilizó el diagrama de operaciones (DOP) y para una mayor exactitud con respecto al tiempo del proceso, se utilizó el diagrama de flujo de procesos (DAP), con el propósito de controlar los procesos para gestionar el uso óptimo de los recursos y así llegar a potenciar las ventajas competitivas de la empresa. Además, fue necesario aplicar métodos de administración de inventario: Plan Maestro de Producción (PMP) y pronóstico de la demanda, para reducir costos innecesarios de almacenamiento y retardos en el tiempo de suministro de los productos terminados.

Los resultados estimados indican que los tiempos empleados en las actividades que ocasionaban retardos en la elaboración del producto se redujeron en un 50%, por consecuente, la utilización de los trabajos posteriores a éstos se redujo en un 10% y, asimismo el de los trabajadores vinculados al proceso en un 15,8%. En resumen, es factible incrementar la productividad de la empresa y extender la intervención de sus bienes o servicios en el mercado.

Sai *et al.* (2016) tuvieron como objetivo evaluar todas las estaciones de trabajo del proceso, con la intención de registrar las actividades que originan los cuellos de botella, tiempos de inactividad, carga de trabajo para establecer estándares de producción.

La metodología utilizada es el Estudio del Trabajo, con sus respectivas técnicas como; el estudio de los métodos de trabajo y estudio de tiempo. Con la primera técnica se logró registrar los datos reales del proceso. Posterior a ello, se realizó la reorganización de las actividades independientes en las estaciones de trabajo. Después, con la segunda técnica se

logró establecer el tiempo estándar de todos los procesos para reducir el tiempo ciclo de producción.

Finalmente, con el análisis y aplicación de los métodos aumentaron la eficiencia de 61.25% a 91.66% por lo tanto, el tiempo de operación en el proceso disminuyó de 0.179 horas a 0.016 horas. Se concluye, que al estandarizar las operaciones y equilibrar la línea de producción, se logra un rendimiento eficiente en los procesos.

Andrade *et al.* (2019) tuvieron como objetivo, identificar inconvenientes en el proceso de fabricación que ocasionan un déficit en la producción mensual, que impide lograr la producción planeada, misma que retrasa los pedidos programados.

Los métodos aplicados son; el estudio de tiempos y movimientos que consiste analizar por niveles; estación de trabajo, trabajador, ciclo de operación, elemento de trabajo y movimiento unitario. También, fue necesario el uso de la herramienta de calidad, el diagrama de causa-efecto con su respectivo método de las 6M's, como soporte para el estudio. Con la finalidad de diagnosticar el factor crítico que determina el problema en la producción. Este estudio se ejecutó en diferentes fases; adquisición y anotación del informe, desintegración de la ocupación en diversos grupos, cronometraje y por último el cálculo del tiempo observado.

Finalmente, con el análisis de las técnicas se consiguió incrementar la productividad en un 5.49%. Se concluye, que la característica fundamental de la metodología agiliza y simplifica el trabajo permitiendo cumplir con la demanda programada.

1.1.2. Antecedentes nacionales

Bustamante y Gómez (2019) tuvieron como objetivo, diagnosticar problemas presentes en la elaboración de tableros eléctricos, que ocasiona atrasos en la emisión de bienes concluidos.

En esta investigación se desarrollan dos métodos; estudio de métodos y Lean Manufacturing. El primer método, para identificar y agrupar las deficiencias en el proceso que implica la relación hombre máquina. El segundo método, para disminuir los derroches que demandan mayor tiempo en el proceso de fabricación y aplazamiento. Asimismo, se utilizó

las herramientas de calidad como soporte para un análisis detallado de las causas existentes en la producción. Por último, implementaron un plan de capacitación, con el propósito de evitar los costos innecesarios y tiempos de reproceso.

Finalmente, con la aplicación de los métodos lograron reducir costos generados por los reprocesos en un 5.96%, y los costos anuales variaron de S/. 163,806.38 a S/. 154,041.18. Además, indican que lograron disminuir el tiempo de fabricación en un 7.45%. Por consiguiente, se concluye que la productividad se incrementó en un 5.96%, puesto que, es indirectamente proporcional a los costos.

Quinto (2019) menciona que, debido a los problemas presentes en la organización como; la disminución de la productividad generada por la ausencia de métodos de trabajo, capacitación del personal y malas condiciones laborales.

A manera de estudio, el autor adapta la metodología estudio de tiempos para establecer la dependencia entre la productividad y el personal operativo, de tal manera evaluar los factores que estiman los tiempos de reproceso en la producción. Posterior a ello, el estudio permite elaborar propuestas orientadas hacia el incremento de la productividad, reduciendo los tiempos improductivos. Con la finalidad de contrarrestar los factores negativos como; la falta de tiempos establecidos en los procesos de los productos continuos, la mala programación de planta y la demora de abastecimientos de los productos.

Finalmente, con la aplicación de la metodología se obtuvo un mayor control en el tiempo de fabricación, del mismo modo se logró incrementar la productividad de la empresa. Asimismo, indica que con la asistencia de esta metodología se pudo reducir a un día de trabajo, ahorrando así una jornada laboral, es decir, el tiempo para reparar los componentes era de 3875 min equivalente a 8 días y con la mejora aplicada, se reparan los componentes en 3214 min que es igual a 7 días laborables.

1.2. Marco teórico

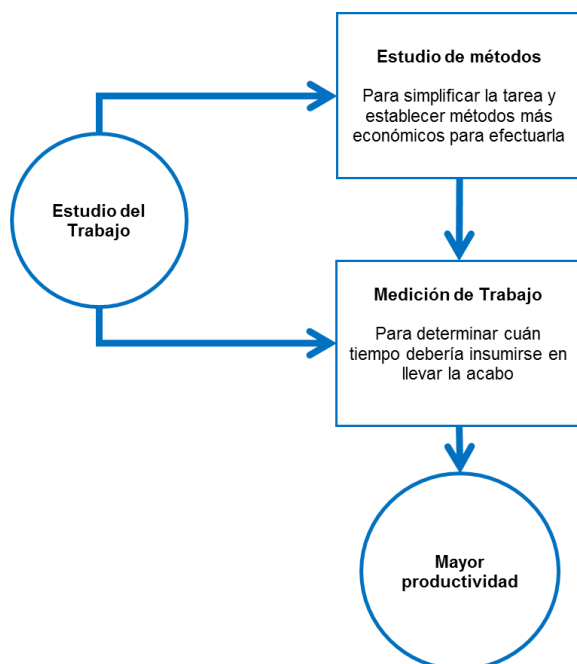
1.2.1. Estudio del Trabajo

1.2.1.1. Definición. La metodología Estudio del Trabajo, según Kanawaty (1996) es una de las metodologías de investigación influyentes en los procesos, puesto que, dispone la dirección sistemática para analizar los problemas y buscar óptimas medidas de solución, aplicada con el propósito de incrementar la productividad de una empresa. Además, comprende la utilización de dos técnicas; el estudio de métodos y la medición del trabajo.

Por otra parte, García (2005) define a la metodología como una estimación concreta, comprendida por las técnicas; estudio de métodos y medición del trabajo, empleados para estudiar las actividades de una instalación y optimizar la utilización de los recursos (materiales, máquinas, mano de obra, tecnología) con la finalidad de incrementar la productividad mediante la eliminación de los desperdicios tanto material, esfuerzo y tiempo.

Beneficios de la metodología. Una óptima aplicación de las técnicas, ayuda a mejorar las actividades dentro de un proceso, la disposición de la instalación, la planificación de actividades, escatimar los recursos de la empresa, incrementar la seguridad y condiciones de trabajo (Centro de Estudio y Asesoramiento Metalúrgico, s.f.).

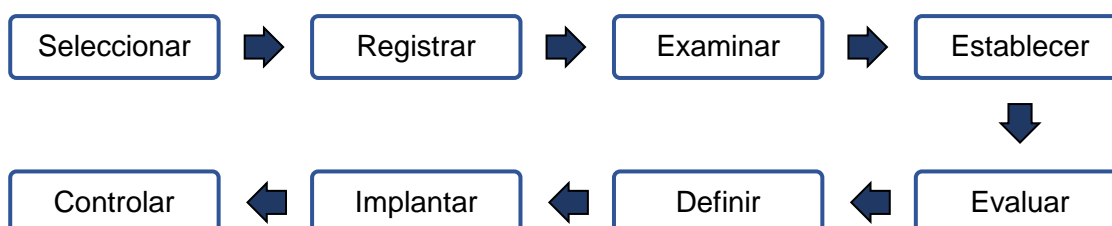
Técnicas de la metodología. Las técnicas estudio de métodos y medición de trabajo (ver figura 1) las cuales, miden y establecen el tiempo en que se realiza una actividad determinada, además, permiten identificar los procesos que afectan el rendimiento de la compañía (Vides *et al.*, s.f.).

Figura 1*Técnicas del Estudio del Trabajo*

Nota. Adaptado de Introducción al Estudio del Trabajo (p. 20), por G. Kanawayt, 1996, Oficina Internacional del Trabajo [OIT]. .

1.2.1.2. Estudio de Métodos. Es una técnica sistemática, que busca identificar y estudiar problemas de trabajo dentro de un área o proceso determinado. Asimismo, es una técnica analítica puesto que, hace uso de la técnica del interrogatorio y diagramas (Vides *et al.*, s.f.).

Técnicas del Estudio de Métodos. Con la asistencia de esta técnica se busca analizar y diseñar los métodos adecuados de trabajo mediante ocho etapas (ver figura 2).

Figura 2*Ocho etapas del Estudio de Métodos*

Nota. Adaptado de “Análisis metodológico para la realización de estudios de métodos y tiempos” (p. 4), por E. Vides *et al.*, s.f., Revista I + D en TIC, 8 (1).

Técnica del interrogatorio. Es una técnica de preguntas sistemáticas y progresivas

(ver tabla 1).

Tabla 1

Técnica del interrogatorio

Objetivos	Preguntas Preliminares	Preguntas de fondo	Objeto
Propósito	¿Qué se hace en la realidad?	¿Qué otra cosa podría hacerse?	Eliminar partes innecesarias del trabajo
¿Qué?	¿Por qué hay que hacerlo?	¿Qué debería hacerse?	
Lugar	¿Dónde se hace?	¿En qué otro lugar podría hacerse?	Ordenar la sucesión de las operaciones para obtener mejores resultados
¿Dónde?	¿Por qué se hace ahí?	¿Dónde debería hacerse?	
Secuencia	¿Cuándo se hace?	¿Cuándo podría hacerse?	
¿Cuándo?	¿Por qué se hace en ese momento?	¿Cuándo debería hacerse?	
Persona	¿Quién lo hace?	¿Qué otra persona podría hacerlo?	
¿Quién?	¿Por qué se hace esa persona?	¿Quién debería hacerlo?	
Medios	¿Cómo se hace?	¿De qué otro modo podría hacerse?	Simplificar la operación
¿Cómo?	¿Por qué se hace de ese modo?	¿Cómo debería hacerse?	




Nota. Recuperado de Ingenio empresa por Betancourt, 2018, (<https://ingenioempresa.com/>).

Copyright 2020 Ingenio Empresa.

Diagrama de Procesos de Operaciones (DOP). El DOP es una herramienta de análisis que representa gráficamente las actividades de un proceso mediante símbolos (ver tabla 2). Asimismo, se puede observar las actividades que presentan ineficiencias con el análisis del tiempo (García, 2005).

Tabla 2

Simbología del DOP







Actividad	Definición	Símbolo
Operación	Implica actividades como; crear, agregar, preparar, fabricar, etc.	
Inspección	Implica actividades como; identificar, comprobar y verificar la calidad o cantidad de un producto	
Operación Combinada	Implica actividades de operación e inspección conjuntamente.	

Nota. Adaptado de Análisis metodológico para la realización de estudios de métodos y tiempos por Vides *et al.*, s.f., (<http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific/index>).

Diagrama de Procesos de Flujo (DAP). El DAP es una herramienta gráfica que especifica todas las actividades de un proceso representada por símbolos (ver tabla 3). Se menciona todas las actividades y gracias a ello, se puede observar la secuencia del proceso para mejorar la utilización de los recursos y reducir las esperas (García, 2005).

Tabla 3

Simbología del DAP

Actividad	Definición	Símbolo
Operación	Implica actividades de realizar, fabricar o producir algo.	
Inspección	Se verifica la calidad o cantidad del producto	
Transporte	Implica actividades de desplazar un objeto de un lugar a otro	
Demora	Los retrasos en una actividad determinada	
Almacenaje	Conservar los materiales y producto final	
Operación Combinada	Implica actividades de operación e inspección conjuntamente	

Nota. Adaptado de Análisis metodológico para la realización de estudios de métodos y tiempos por Vides et al., s.f., (<http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific/index>).

Beneficios del Estudio de Métodos. Conciliar eficazmente los recursos de la empresa (materiales, máquina y mano de obra) incrementa la productividad (García, 2005).

Simplificación del trabajo. En esta parte de la técnica se busca analizar una actividad para reducir o simplificarlo empleando el estudio de movimientos (García, 2005).

1.2.1.3. Medición del trabajo o estudio de tiempos. Es la aplicación de técnicas para precisar el tiempo que emplea un operario al desarrollar una actividad determinada, siguiendo un método establecido. Asimismo, con la medición del trabajo se busca conocer o aprender las técnicas y procedimientos efectivos para la medición del trabajo y su desarrollo (Cruelles, 2013).

Objetivos de la Medición del Trabajo. La adecuada aplicación de la técnica contribuye a incrementar la eficiencia del trabajo y establecer tiempos estándares (García, 2005).

Aplicación de la Medición del Trabajo. El propósito de la aplicación de esta medición en la industria requiere hacer uso de las siguientes técnicas (ver tabla 4).

Tabla 4

Técnicas de Medición del Trabajo

Técnicas	Definición	Para el cálculo
Tiempo reloj TR	Mide el tiempo en que un trabajador ocupa en realizar una actividad	No se toman en cuenta los tiempo de descanso, fatiga y necesidades personales del operario.
Factor Ritmo de trabajo FR	Es un factor que califica el desenvolvimiento de los operarios en tres niveles (lento, normal y rápido) más los rangos de operación	Se toman en cuenta los niveles de calificación, que valora los trabajos de 0 a 100% y la tabla Westinghouse
Tiempo normal TN	Es el tiempo de medida del trabajo a un ritmo normal	TN = TR x FR
Suplementos de trabajo K	Son tiempos particulares al trabajo pero, porque son esenciales para evitar la fátiga del operario.	Se considera los porcentajes en un escala de 0 a 10% en que estarán ocupadas por necesidades personales

Nota. Adaptado de Técnicas de medición del trabajo por A. Caso, 2006, (https://books.google.com.pe/books?id=18TmMdosLp4C&dq=inauthor:%22Alfredo+Caso+Neira%22&source=gbs_navlinks_s).

1.2.2. Productividad

1.2.2.1. Definición. La productividad es el nivel de aprovechamiento de los recursos que cuenta una empresa para satisfacer su demanda suministrando la cantidad adecuada, por ejemplo; fabricar un producto empleando eficientemente su recurso material, máquina, mano de obra y tecnología (García, 2005).

Por otra parte, Cruelles (2013) define a la productividad como la estimación de la producción por unidad de mano de obra. Asimismo, la productividad va a depender de la calidad y la eficiencia aplicada en la elaboración de un producto.

Los autores definen a la productividad como la capacidad de utilización óptima de recursos como materiales, humanos y máquinas a lo largo de la producción. Asimismo,

Cruelles especifica que la productividad va a depender de la calidad y características del producto, la productividad será expresada con la siguiente formula:

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$$

$$\Delta P = \frac{(\text{Propuesta} - \text{Actual})}{\text{Actual}} \times 100\%$$

Importancia del incremento de la productividad. Ofrecer productos de calidad y a menor precio es el resultado del incremento de la productividad en una compañía (García, 2005).

1.2.2.2. Dimensiones de la productividad.

a) Eficiencia. Es la manera en la que una empresa utiliza sus recursos materiales, mano de obra, materia prima y tecnología para, medir los tiempos, desperdicios y hacer uso eficaz de su capacidad instalada (García, 2005).

Asimismo, Gutiérrez (2010) menciona que la eficiencia mide la relación existente entre los resultados utilizados y los resultados alcanzados, mediante la optimización de recursos.

La eficiencia será expresada con la siguiente formula:

$$\text{Capacidad usada} = \text{Capacidad disponible} - \text{Tiempo muerto}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad usada}}{\text{Capacidad disponible}} \times 100\%$$

b) Eficacia. La eficacia mide el nivel de cumplimiento de los objetivos planteados como; el grado de realización de Programas de Producción o Ventas (PPV) y las demoras para efectuar las entregas (García, 2005).

Por otra parte, Gutiérrez (2010) define a la eficacia como el nivel de cumplimiento de las actividades y resultados planeados.

La eficacia será expresada con la siguiente formula:

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{producción real}}{\text{producción programada}} \times 100\%$$

1.2.3. Herramientas de soporte para el Estudio del Trabajo

1.2.3.1. Lluvia o tormenta de ideas. Gutiérrez (2010) menciona que esta herramienta busca encontrar las dificultades que presenta una actividad u procesos en base a la recolección de ideas, es decir, todos los miembros de un grupo deben aportar ideas sobre el problema para luego proponer soluciones.

Además, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT, s.f.) define a esta herramienta como la técnica donde, una o más personas compongan ideas que resuelva un determinado problema.

Utilidad de la técnica lluvia o tormenta de ideas. Además de encontrar todas las causas que puede presentar un problema, esta técnica fortalece el trabajo en equipo puesto que, el dialogo y la reflexión sobre un tema genera más confianza (Gutiérrez, 2010).

1.2.3.2. Diagrama Causa - Efecto. Según Betancourt (2018) el diagrama de Ishikawa o diagrama causa - efecto, es una representación gráfica donde, se ordenan las causas de un problema determinado, con la finalidad de conocer las debilidades de una organización para su posterior propuesta de soluciones.

Por otra parte, Gándara (2014) define a la herramienta como el diagrama causa y efecto, el cual trabaja en base a principios influyentes para analizar un problema en un proceso, mediante la relación causa y efecto.

Asimismo, Según Gutiérrez (2010) esta herramienta analiza la relación del problema frente a sus causas.

Ventajas del uso del diagrama de Ishikawa. Según Betancourt (2018) con el uso de esta herramienta se puede detectar de forma rápida todas las causales posibles de un problema determinado para, dar soluciones de manera inmediata.

También, ayuda a seleccionar todas las causas posibles y su relación entre sí, buscando soluciones óptimas (Gutiérrez, 2010).

1.2.3.3. Matriz de priorización. Esta herramienta facilita establecer prioridades en las actividades mediante ponderaciones conocidos. Además, utiliza el

diagrama de árbol y el diagrama matricial conjuntamente la cual, permite seleccionar las opciones más eficaces (Gutiérrez, 2010).

1.2.3.4. Diagrama Pareto. También conocido como pocos vitales y muchos triviales o ley 20 – 80, donde, el 20% representa los recursos utilizados frente al 80% que representa el producto final. Es un gráfico de barras que ayuda a localizar los casos vitales, así como sus casusas más relevantes (Gutiérrez, 2010).

1.2.3.5. Diagrama de árbol. Según Vilar (s.f.) esta herramienta trabaja con el propósito de identificar ideas puntuales de forma creciente.

Por otra parte, Falco (2009) menciona que esta técnica refuerza a pensar metódicamente sobre la solución de un problema.

Considerando los antecedentes literarios y el marco teórico resaltamos la relevancia del trabajo de investigación a desarrollar.

2. Metodología empleada

2.1. Metodología de investigación

Según las bases de Hernández *et al.* (2014) para la determinación de la metodología de investigación se considera la identificación de la variable independiente y dependiente. Posterior a ello, se indica el diseño metodológico, el enfoque, alcance y método.

2.1.1. Variables

La variable independiente en la investigación es el Estudio de Trabajo porque es utilizada para obtener un beneficio y la variable dependiente es la productividad porque el resultado depende del empleo o manipulación de la variable anterior.

2.1.2. Diseño metodológico, enfoque y alcance de la investigación

La investigación ostenta un diseño de tipo no experimental de enfoque cuantitativo - comparativo, de corte transversal, porque se recoge información del contexto en un tiempo ideal y se hace las respectivas mediciones que facultan tomar apropiadas decisiones y a través de una comparación de resultados distinguir si se presentó cambios numéricos o no al plasmar la propuesta de la investigación.

De la misma forma, esta investigación presenta un alcance descriptivo, dado que se describe las características de los procesos productivos mediante cada etapa del método propuesto.

2.2. Método de investigación

El método de investigación que se ha considerado en el presente informe, parte del análisis y registro del contexto actual de la empresa de sector metalmeccánico, con esos datos se procede a distinguir y evaluar los factores críticos. De esa manera, se propone la utilización de la metodología Estudio de Trabajo para estimar una mejora en la productividad de la empresa.

2.2.1. *Diagnostico situacional*

2.2.1.1. Descripción de la empresa. Inicio sus actividades en el año 2013 formando parte del sector metalmeccánico, incorporándose en la producción de piezas fundidas de hierro y acero, con gran tonelaje llegando hasta 18 toneladas de peso por unidad, destinadas a la minería y grandes industrias nacionales e internacionales.

Hoy en día, es considerada una de las empresas más actualizadas del sector a nivel nacional puesto que, cuenta con un establecimiento bien implementado con hornos de inducción, hornos de tratamiento térmico, máquinas - herramientas convencionales y CNC, entre otros.

a) Gestión de la cadena de suministro. Tiene como principal objetivo llevar a cabo una gestión de mejora continua por lo cual, se analiza desde el proveedor hasta el cliente final para asegurar un producto de calidad, Clasificando la materia prima (chatarra) hasta la conformidad y satisfacción de los clientes finales (industrias mineras, agrícolas, cemento).

La empresa en estudio cuenta con dos tipos de proveedores (ver tabla 5) como son: el proveedor primario (proveedor principal) y el proveedor secundario (proveedor de mi proveedor).

Tabla 5

Proveedores de la empresa

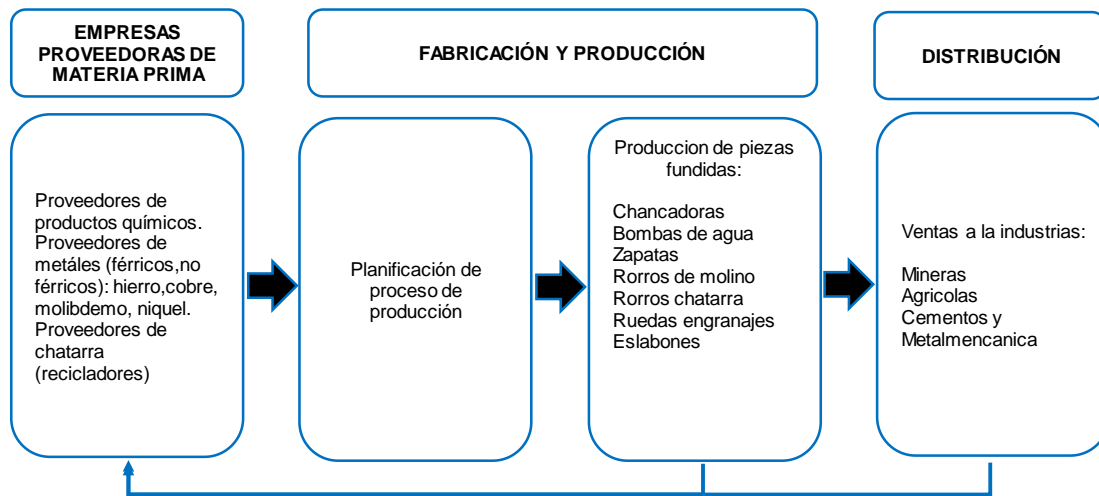
Proveedores Primarios	Proveedores Secundarios
Empresa proveedor de chatarra	Recicladores de chatarra
Empresa proveedor de productos químicos (para aleaciones)	

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

La cadena de suministro en la empresa metalmeccánica de fundición se divide en tres partes principales en cuanto a la cadena de distribución (ver figura 3).

Figura 3

Cadena de suministro

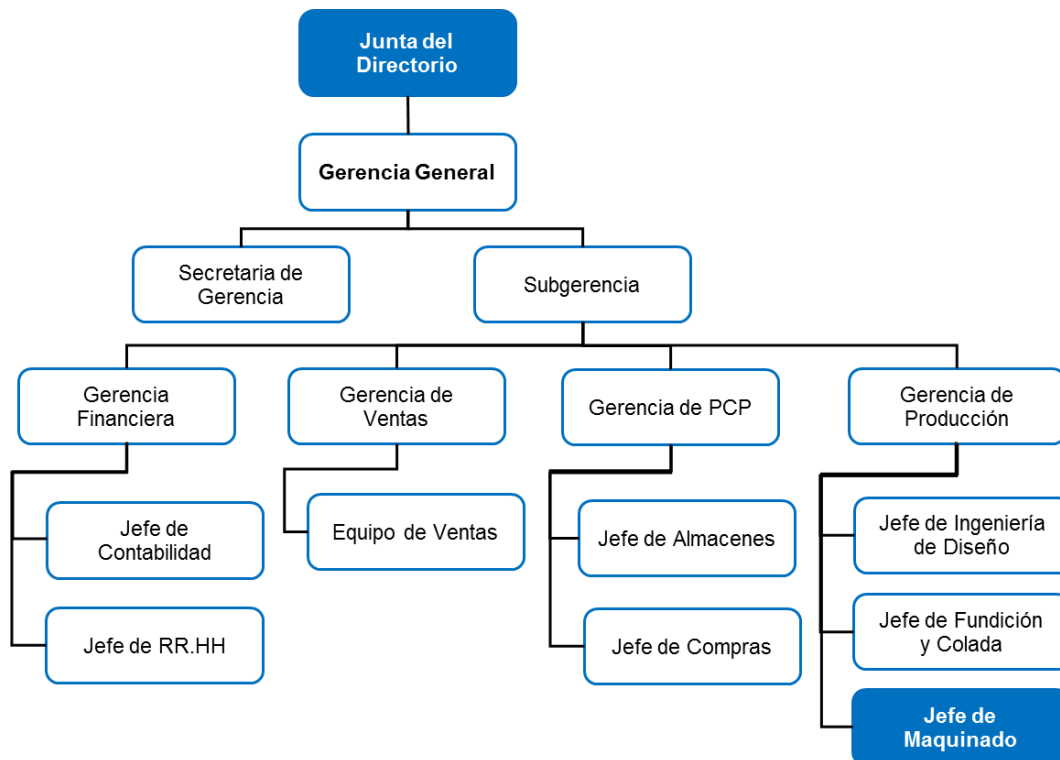


Nota. Elaboración propia con datos de la empresa

b) **Organigrama general de la empresa.** Esta estructura es de carácter jerárquica donde, las funciones se llevan a cabo de manera vertical (ver figura 4).

Figura 4

Representación gráfica del organigrama general



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Descripción de las áreas. La empresa cuenta con áreas generales donde concentra e impone funciones (ver tabla 6) para desarrollar los planes estratégicos de tal manera, alcanzar los objetivos propuestos.

Tabla 6

Funciones de las áreas

Áreas	Cargo	Función
Administración	Dirección general	Se encarga de orientar a todas las otras áreas para el cumplimiento de los objetivos planteados.
Producción	Gerencia de producción	Se encarga de gestionar la calidad y el estándar de producción.
Mercado	Gerencia de Ventas	Se encarga de la coordinación con respecto a las ventas ejecutadas o por ejecutar.
RR. HH	Gerencia de RR.HH	Se encarga de reclutar personal y capacitar.
Finanzas	Gerencia Financiera	Se encarga de controlar el efectivo, tomar decisiones y llevar el control de actividades financieras (ingresos – egresos).

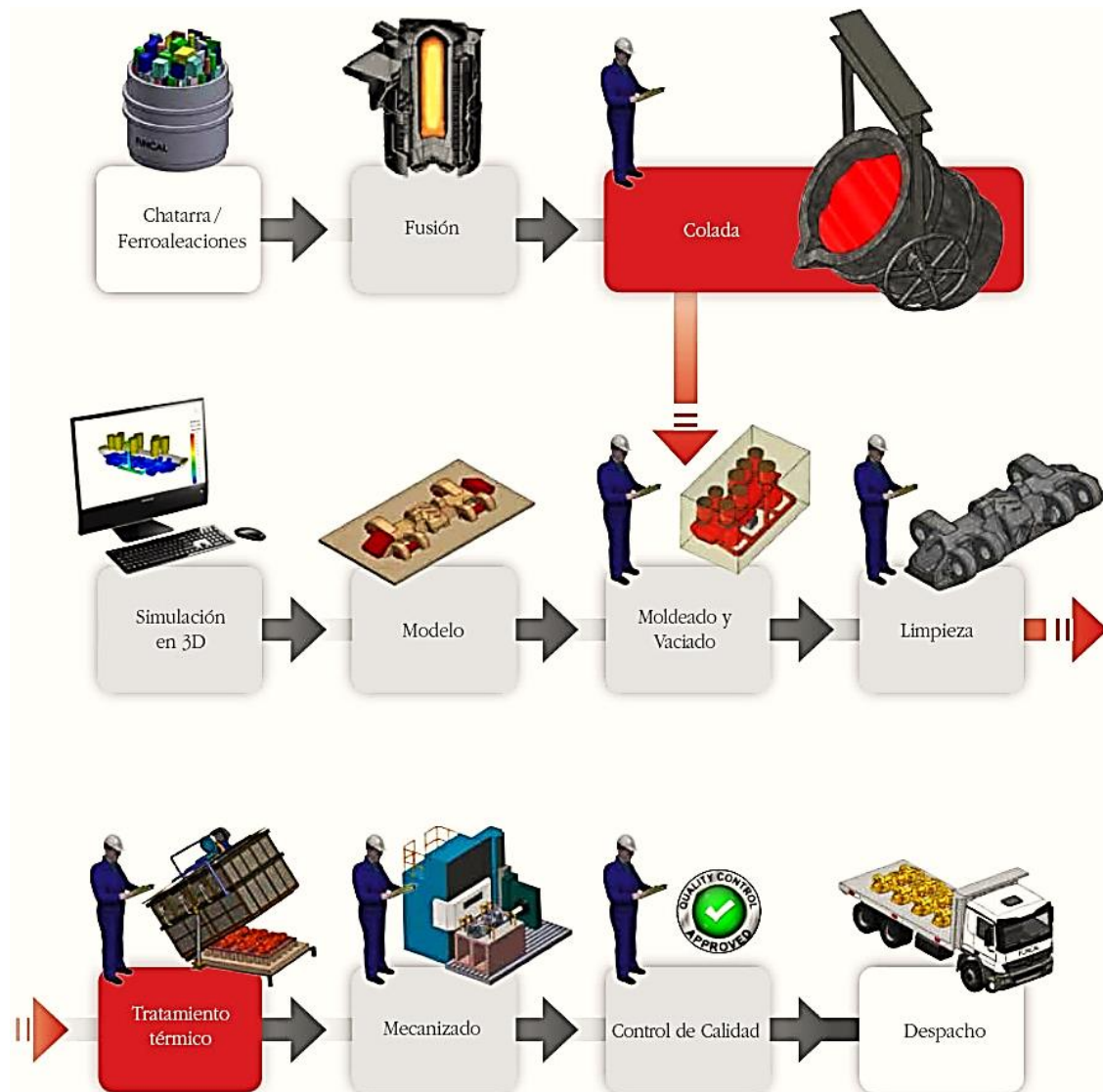
Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

c) Sistema de producción

La producción de piezas fundidas, se realiza de dos maneras; continuas y específicas, ambas categorías cuentan con el mismo proceso diferenciándose en el tiempo de producir una pieza (ver figura 5).

Figura 5

Proceso de fabricación de una pieza



Nota. Adaptado de Etapas del proceso de fabricación de una pieza [Fotografía], por Fundación Callao S.A (FUNCAL PERÚ), s.f., (<http://www.funcal.com.pe/funcal/procesos-de-produccion/>)

Descripción de las fases de producción de una pieza.

- **Fusión.** Este procesos consiste en transformar la chatarra (materia prima), es decir, la chatarra es llevada de su estado sólido a un estado líquido, esto debido al calor producido en el alto horno. Posterior a ello, se separa la escoria del metal fundida.
- **Colada.** El proceso de colado o llenado consiste en vaciar el contenido a sus respectivos moldes.

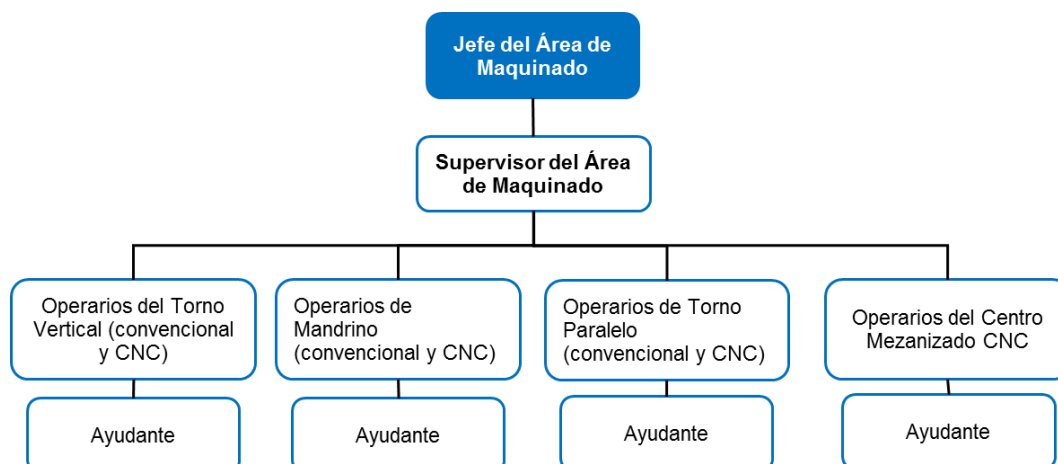
- **Moldeado y Vaciado.** En esta parte del proceso se da forma a la pieza, según las apreciaciones del comprador previamente diseñados por el área de ingeniería.
- **Limpieza o acabado.** Para proceder con esta fase, se necesita que la pieza este fría para eliminar las impurezas
- **Tratamiento térmico.** Es un proceso que consiste en darle a la pieza las características de dureza requerida.
- **Mecanizado.** Proceso mediante el cual, se le da forma a la pieza, haciendo uso de las máquinas – herramientas.
- **Control de calidad.** Finalmente, verifica el acabado de la pieza, para cumplir con todas las características deseadas por el cliente.

d) Descripción del área de maquinado. Esta encargada de mecanizar las piezas fundidas, en base a los requerimientos de los clientes, previamente diseñados por el área de ingeniería. Asimismo, trabaja en base al requerimiento por el área de Planeamiento y Control de la Producción (PCP) con la finalidad de cumplir con los plazos de entrega.

Organigrama específico del área de maquinado. Se caracteriza por llevar los controles de manera jerárquica, partiendo del jefe del área, un supervisor, los operarios y los ayudantes (ver figura 6).

Figura 6

Representación gráfica del organigrama del área (maquinado)



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa en estudio.

Descripción de las funciones del área

Jefe del área. Es el encargado de plantear y organizar las actividades (ver tabla 7) que va realizar el personal a su cargo en las diferentes fases del proceso productivo.

Tabla 7

Funciones del jefe del área (maquinado)

	Función
Jefe del área (maquinado)	Administración del personal.
	Evaluación del trabajo.
	Suministro de material de trabajo.
	Revisión y análisis de catálogos de herramientas para su compra.
	Capacitación e instrucción en el personal.
	Elaboración de informes al gerente de producción.
	Realizar los envíos de los trabajos terminados.

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Supervisor del área de maquinado. Es el encargado de dirigir el funcionamiento del área de maquinado distribuyendo las actividades a realizar, el supervisor está a cargo de los operarios y auxiliares (ver tabla 8).

Tabla 8

Funciones del supervisor del área (maquinado)

Cargo	Función
Operarios	Es el técnico profesional encargado de las operaciones de las máquinas - herramientas a lo largo del proceso.
Ayudantes o Auxiliares	Son auxiliares que apoyan a los operarios en los ajustes de las piezas en las máquinas – herramientas.

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Máquinas – herramientas del área de maquinado. El taller de mecanizado cuenta con un gran número de máquinas - herramientas manuales (convencionales) y CNC tales como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9*Máquinas del área (maquinado)*

N°	Máquinas - Herramientas	Codificación
1	Tornos verticales (stanko CNC y titan CNC)	TV - 4
2	Mandrino nomura CNC	MA - 3
3	Tornos horizontales (padovani CNC, pontiggia, stanko, rivol, safop y Warner & swasey CNC)	Otros - 7

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

En el anexo 1 se muestra el porcentaje de disponibilidad en horas de las máquinas – herramientas. Según los datos extraídos de la empresa en estudio se detalla que la disponibilidad de los tornos verticales y mandrino es de 20 horas al día por 30 días y de las otras máquinas es de 10 horas al día por 30 días sin considerar las horas paradas del equipo.

Piezas que requieren de maquinado. La tabla 10 presenta la descripción de los piezas semi terminadas que pasan por el proceso de mecanizado, cada pieza agrupada por familia.

Tabla 10*Piezas agrupadas por familia en el área de maquinado*

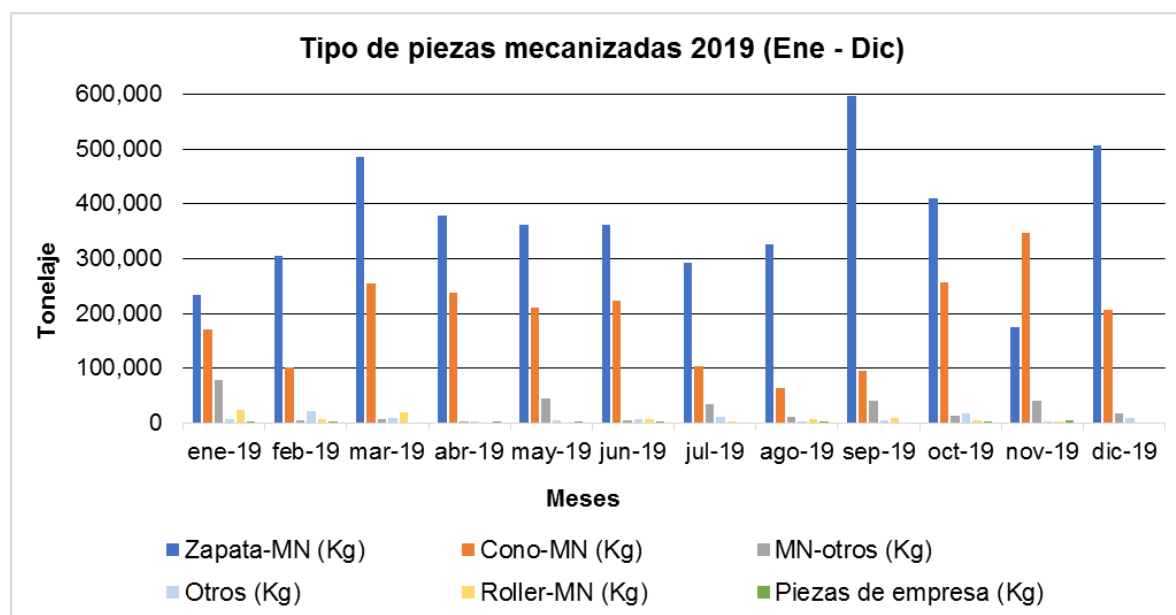
Familia	Descripción
Zapata-MN	Pieza en acero al manganeso MN-1
Cono-MN	Conos en acero al manganeso del MN-1 al MN-6
MN-Otros	Variedad de piezas en acero al manganeso del MN-1 al MN-6
Otros	Variedad de piezas en diversas aleaciones AC; HG; HB; RF
Piezas de empresa	Piezas fundidas, producción interna diversas aleaciones
Roller-MN	Pieza en acero al manganeso MN-1

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

En el anexo 2, se muestra los datos de producción del área de maquinado del periodo 2019 según el tipo de pieza.

Figura 7

Representación gráfica de la producción anual según tipo de pieza



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

2.2.2. **Análisis de los resultados del diagnóstico**

El trabajo de investigación está enfocado en el desarrollo de los procesos de maquinado de diferentes tipos de piezas mecanizadas. Por ello, es necesario el empleo de las herramientas de soporte para identificar factores críticos del problema. A continuación, se presentan las herramientas empleadas para la determinación de las raíces de los problemas, previo a este análisis es necesario determinar los indicadores de productividad actual.

2.2.2.1. Indicadores críticos. Según el reporte de la producción total del periodo 2019 en relación a la producción programado por PCP y las horas disponibles de los equipos se determina los indicadores del cumplimiento del objetivo estándar. A continuación, se presenta el análisis realizado, para verificar el desempeño de la productividad actual y de sus indicadores respectivamente de la empresa en estudio.

Tabla 11

Indicadores de la productividad actual del área (maquinado)

Mes	Producción		Indicadores		Productividad (%)	
	Tonelaje Programado PCP	Tonelaje cumplido MAQ.	Eficiencia (%)	Eficacia (%)		
	Estándar objetivo					
	100	>80%				
ene-19	759,389 Kg	516,176 Kg	90%	68%	61%	
feb-19	698,236 Kg	442,320 Kg	83%	63%	53%	
mar-19	776,463 Kg	776,353 Kg	96%	100%	96%	
abr-19	710,420 Kg	622,837 Kg	90%	88%	79%	
may-19	760,542 Kg	626,563 Kg	90%	82%	74%	
jun-19	754,821 Kg	606,204 Kg	90%	80%	73%	
jul-19	769,839 Kg	442,436 Kg	83%	57%	48%	
ago-19	572,632 Kg	410,529 Kg	94%	72%	67%	
sep-19	764,485 Kg	747,432 Kg	96%	98%	94%	
oct-19	716,409 Kg	704,911 Kg	90%	98%	89%	
nov-19	774,054 Kg	573,046 Kg	90%	74%	67%	
dic-19	740,065 Kg	739,231 Kg	92%	100%	92%	

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

De acuerdo al análisis se evidencia una la baja productividad en el área de maquinado, puesto que, en todos los meses se visualiza una deficiencia en el cumplimiento del objetivo

estándar según datos históricos del periodo 2019 excepto en los meses de marzo, septiembre, octubre y diciembre.

2.2.2.2. Lluvia de ideas. En la tabla 12 se elabora una lista de las posibles causas que incitan el problema de la baja productividad.

Tabla 12

Lluvia de ideas para analizar el área (maquinado)

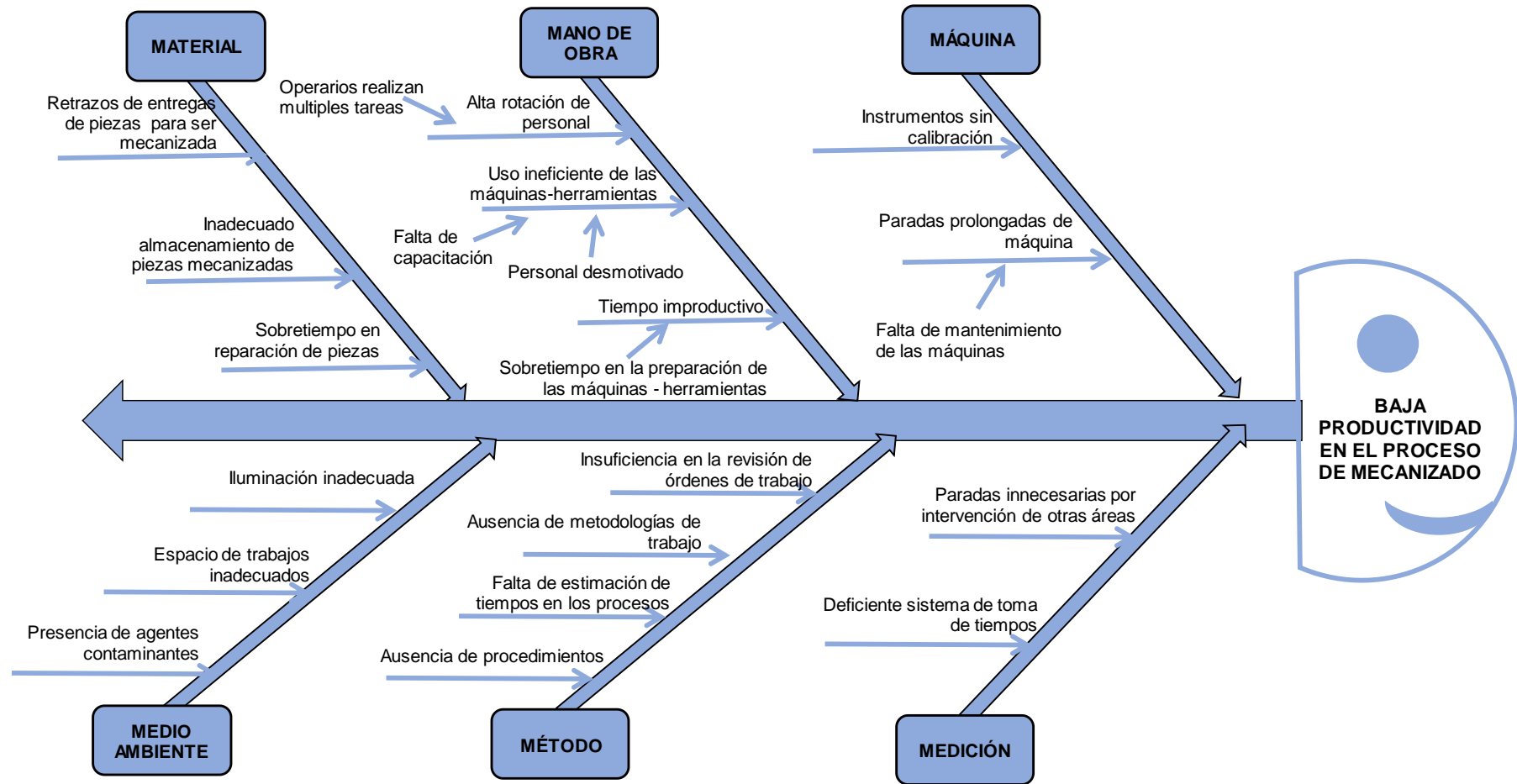
N°	Ideas
1	Falta de mantenimiento en las máquinas
2	Deficiente sistema de toma de tiempos
3	Paradas prolongadas de máquina
4	Sobretiempo en la preparación de las máquinas herramientas
5	Ausencia de metodologías de trabajo
6	Escasa o nula gestión de capacitación al personal
7	Alta rotación de los trabajadores
8	Instrumentos sin calibración
9	Paradas innecesarias por intervención de otras áreas
10	Sobretiempo en reparación de piezas
11	Uso ineficiente de máquinas
12	Insuficiencia en la revisión de órdenes de trabajo
13	Personal desmotivado
14	Retrasos de entrega de piezas para ser mecanizada
15	Inadecuado almacenamiento de piezas mecanizadas
16	Espacio de trabajos inadecuados
17	Iluminación inadecuada
18	Falta de procedimientos efectivos en producción
19	Presencia de agentes contaminantes
20	Falta de estimación de tiempos en los procesos
21	Operarios realizan múltiples tareas
22	Tiempo improductivo

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

2.2.2.3. Diagrama de Ishikawa. En este diagrama se clasifica todas las causas que ocasionan el problema mediante las 6Ms (ver tabla 8).

Figura 8

Diagrama causa – efecto del problema



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

2.2.2.4. Matriz de priorización. En esta investigación se emplea esta herramienta para elegir los factores más relevantes (ver

tabla 13) que afecta la productividad mediante la valoración del impacto del problema.

Tabla 13

Factores relevantes del problema

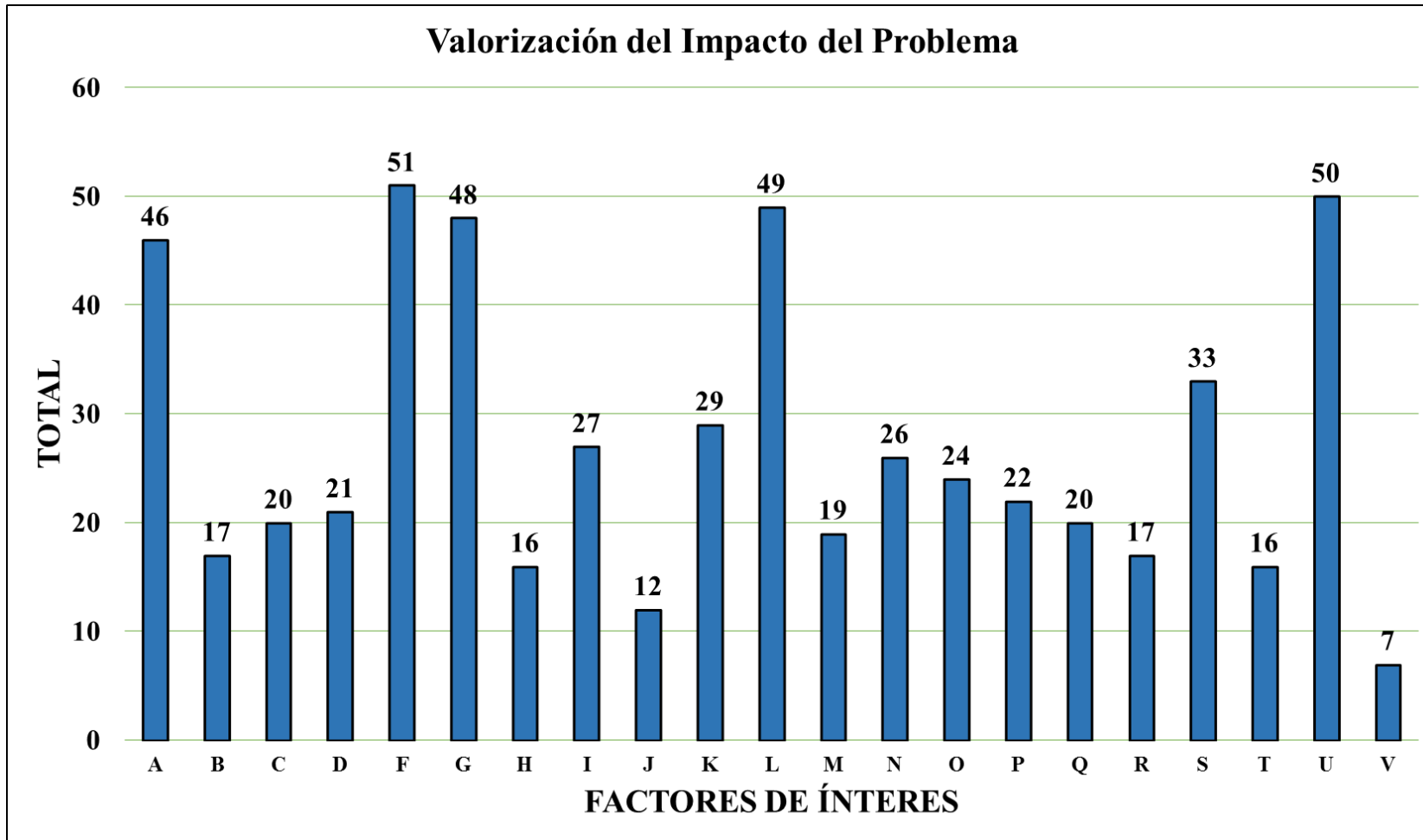
Cod.	FACTORES DE INTERES	ESCALA 0-20				Valorización del impacto
		ESCALA MAGNITUD	GRAVEDAD	CAPACIDAD	BENEFICIO	
		Influye en el problema	Impacta en la calidad del producto	Influye economicamente a la empresa	Dificultad para corregir	
A	Uso ineficiente de las maquinas herramientas	14	10	12	10	46
B	Deficiente sistema de toma de tiempos	8		9		17
C	Paradas prolongadas de maquina	9	2	4	5	20
D	Sobretiempo en la preparación de las maquinas	9	6	2	4	21
F	Ausencia de metodologías de trabajo	19	12	15	5	51
G	Escasa o nula gestión de capacitación al personal	15	15	11	7	48
H	Alta rotación de los trabajadores	5	5	4	2	16
I	Instrumentos sin calibración	7	7	9	4	27
J	Paradas innecesarias por intervención de otras áreas	5	2	3	2	12
K	Sobretiempo en reparación de piezas	6	9	10	4	29
L	Carencia de mantenimiento en las máquinas	18	12	12	7	49
M	Insuficiencia en la revision de órdenes de trabajo	10		9		19
N	Personal desmotivado	7	9	8	2	26
O	Retrasos de entrega de piezas para ser mecanizada	8	4	12		24
P	Inadecuado almacenamiento de piezas mecanizadas	9	2	7	4	22
Q	Espacio de trabajos inadecuados	11	6	3		20
R	Iluminación inadecuada	9	5	3		17
S	Falta de procedimientos efectivos en producción	10	9	9	5	33
T	Presencia de agentes contaminantes	8	4	2	2	16
U	Falta de estimación de tiempos en los procesos	20	9	16	5	50
V	Operarios realizan múltiples tareas	5		2		7
TOTAL		212	128	162	68	570

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Misma que estará ponderada con una escala de 0 - 20 la cual se aplicará para un conjunto de criterios (ver figura 9).

Figura 9

Matriz de priorización del problema



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

2.2.2.5. Diagrama Pareto. Con la elaboración de este diagrama se prioriza los incidentes más frecuentes que afectan la productividad en el área de estudio (ver tabla 14).

Tabla 14

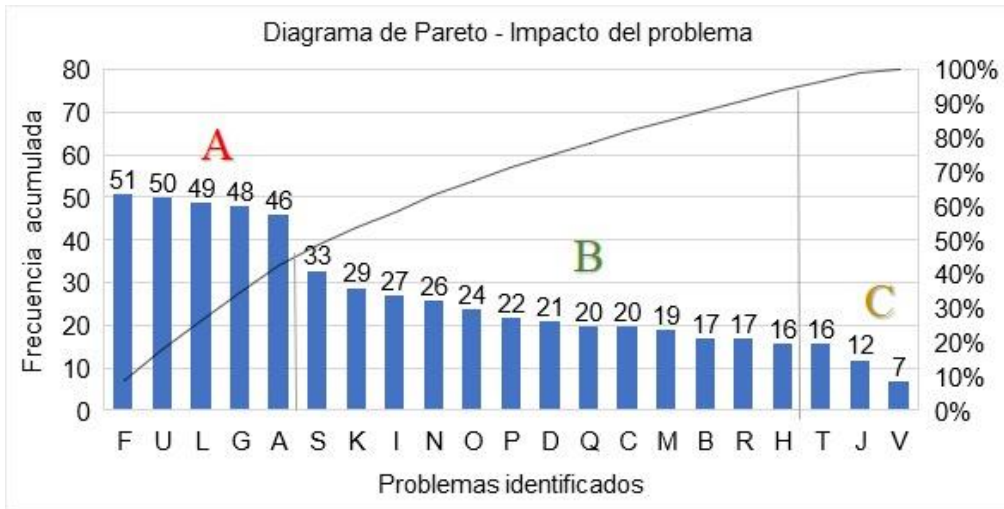
Causas del problema

Cod.	Causas del problema	Impacto	%Frecuencia relativa de impacto	%Frecuencia acumuladas de impacto	Categoría
F	Ausencia de metodologías de trabajo	51	9%	9%	A
U	Falta de estimación de tiempos en los procesos	50	9%	18%	A
L	Carencia de mantenimiento de máquinas	49	9%	26%	A
G	Escasa o nula gestión de capacitación al personal	48	8%	35%	A
A	Uso ineficiente de las máquinas herramientas	46	8%	43%	B
S	Falta de procedimientos efectivos en producción	33	6%	49%	B
K	Sobretiempo en reparación de piezas	29	5%	54%	B
I	Instrumentos sin calibración	27	5%	58%	B
N	Personal desmotivado	26	5%	63%	B
O	Retrasos de entrega de piezas para ser mecanizada	24	4%	67%	B
P	Inadecuado almacenamiento de piezas mecanizadas	22	4%	71%	B
D	Sobretiempo en la preparación de las máquinas herramientas	21	4%	75%	B
Q	Espacio de trabajos inadecuados	20	4%	78%	B
C	Paradas prolongadas de máquina	20	4%	82%	B
M	Insuficiencia en la revisión de órdenes de trabajo	19	3%	85%	B
B	Deficiente sistema de toma de tiempos	17	3%	88%	B
R	Iluminación inadecuada	17	3%	91%	B
H	Alta rotación de los trabajadores	16	3%	94%	B
T	Presencia de agentes contaminantes	16	3%	97%	C
J	Paradas innecesarias por intervención de otras áreas	12	2%	99%	C
V	Operarios realizan múltiples tareas	7	1%	100%	C
TOTAL		570	100%		

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Figura 10

Diagrama Pareto – impacto del problema



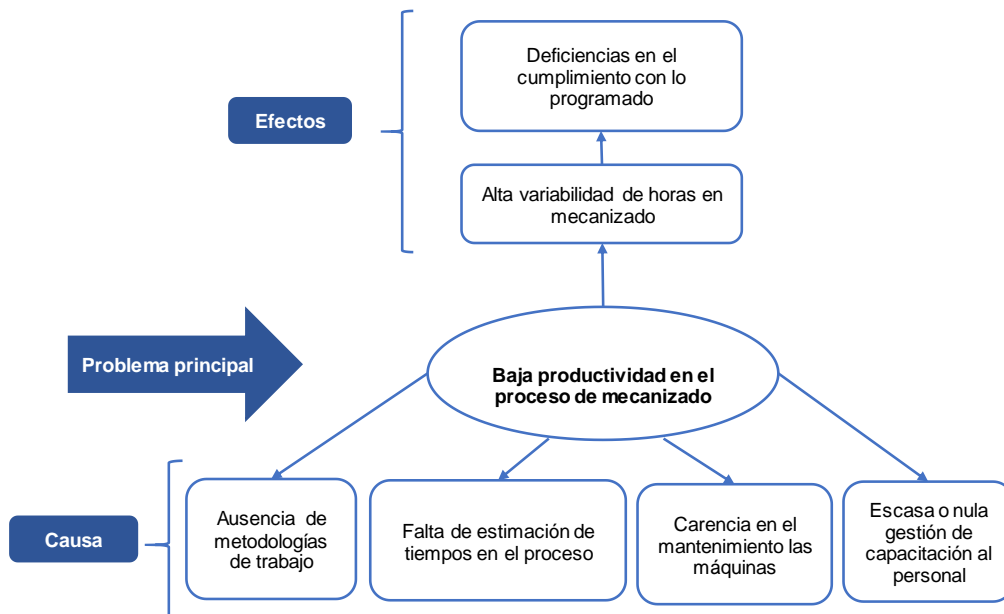
Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

En la figura se identifica que el taller de maquinado enfrenta 4 problemas vitales como; ausencia de metodologías de trabajo, falta de estimación de tiempos en el proceso, escasa o nula gestión de capacitación al personal y carencia en el mantenimiento de los equipos.

2.2.2.6. Diagrama de árbol

Figura 11

Diagrama de árbol



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

2.2.2.7. Problemática de la empresa

El problema fue localizado en el área de maquinado, debido a la falta de cumplimiento con la producción de piezas fundidas, razón por la cual, el departamento de PCP no cumple con los trabajos programadas en la empresa.

Al realizar el análisis en el área de maquinado, se evidencia una baja productividad, es decir, no se cumple el objetivo estándar de la programación de maquinado, puesto que, existe un manejo inadecuado de los recursos principales (las maquinas herramientas CNC), las cuales son consideradas máquinas de alto nivel de producción. Asimismo, se registra la ocupación de tiempos improductivos en parada de máquina y en trabajos que no suman valor al proceso (actividades repetitivas).

Por lo expuesto, se deduce que los factores predominantes que suscitan el problema, es la ausencia de metodologías de trabajo, falta de estimación de tiempos en el proceso, escasa o nula gestión de capacitación al personal y carencia en el mantenimiento de las máquinas, Por esta razón, se analiza el desenvolvimiento de los trabajadores a lo largo del proceso de maquinado, por tratarse de unas de las principales inversiones en la producción de la empresa.

2.3. Diseño de la propuesta de mejora

2.3.1. Estudio de Métodos

Primera técnica de la metodología de la investigación, se debe aplicar con el fin de conocer la situación real de la empresa y analizar sus actividades a lo largo del proceso. Posterior a ello, se sugiere proponer un nuevo método de trabajo para mejorar rendimiento de la producción. Por ello, en principio, se necesita la autorización de la alta dirección, y el apoyo activo del jefe de área de esa manera poder desarrollar el estudio en cuestión.

Este estudio sigue un proceso ordenado a través de 8 etapas. Pero es importante, que el analista realice visitas reiteradas a planta. En caso no amerita la situación, se trabaja con datos secundarios para aplicar todas las etapas concernientes.

Etapa 1: Seleccionar

En esta etapa de selección se considera dos puntos de vista: económico y funcional. De manera que, se pueda reconocer el producto con mayor volumen de producción y los trabajos de larga duración en el proceso de mecanizado de piezas fundidas.

Fase 1: Análisis de productos con mayor volumen de producción. Para asignar el orden de prioridad a los productos sustanciales de la organización, se sugiere utilizar una de las herramientas de calidad, el diagrama de análisis Pareto (ver tabla 15 y figura 12)).

Tabla 15

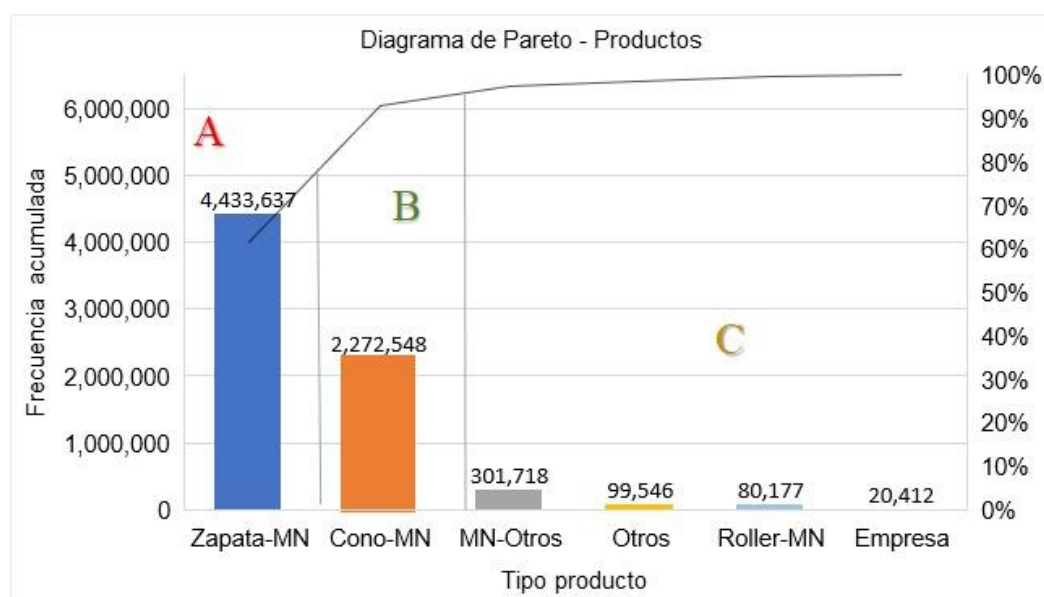
Priorización del producto con mayor volumen de producción

Productos	Frecuencia absoluta (Kg)	%Frecuencia relativa de impacto	Frecuencia acumulada (Kg)	%Frecuencia acumuladas de impacto	Categoría
Zapata - MN	4,433,637	62%	4,433,637	62%	A
Cono - MN	2,272,548	32%	6,706,185	93%	B
MN-Otros	301,718	4%	7,007,903	97%	C
Otros	99,546	1%	7,107,449	99%	C
Roller-MN	80,177	1%	7,187,626	100%	C
Empresa	20,412	0%	7,208,038	100%	C
Total	7,208,038	100%			

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Figura 12

Representación gráfica del producto con mayor volumen de producción



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Según el diagrama Pareto, se determina con respecto al porcentaje de participación que la zapata representa el 62% de la producción en el área de maquinado de la empresa. A continuación, se presenta la producción de zapata anual del periodo 2019 (ver tabla 16).

Tabla 16

Indicadores de la productividad anual de Zapata - MN

Producto Zapata - Período-2019					
MES	Estándar objetivo				
	100%	>80%	>80%	>80%	>80%
	Producción		Eficiencia (%)	Eficacia (%)	Productividad (%)
Programado PCP (Kg/año)	Cumplido (Kg/año)				
ENE	470,821	320,029	90%	68%	61%
FEB	432,906	274,238	83%	63%	53%
MAR	481,407	481,339	96%	100%	96%
ABR	440,460	386,159	90%	88%	79%
MAY	471,536	388,469	90%	82%	74%
JUN	467,989	375,846	90%	80%	72%
JUL	477,300	274,310	83%	57%	48%
AGO	355,032	254,528	94%	72%	67%
SET	473,981	463,408	96%	98%	94%
OCT	444,174	437,045	90%	98%	89%
NOV	479,913	355,289	90%	74%	67%
DIC	458,840	458,323	92%	100%	92%
Total	5,454,360	4,468,984	90%	82%	74%

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Según los datos calculados en la tabla 16, se determina que la productividad es de 74% ello, refiere que no se está cumpliendo con el estándar objetivo. Esto justifica claramente la elección de este producto para los análisis posteriores.

Fase 2: Análisis de actividades de larga duración. La herramienta a emplear debe ser una hoja de análisis de tiempos y actividades (ver tabla 17).

Tabla 17*Identificación de las actividades de larga duración*

XXX		Hoja de Análisis		N° AA6-120	
Sección:		1	Operación: Proceso de maquinado de zapata-MN		
Máquina:		Operario:	Pieza o plano: Pieza		
Unidades por:		Pieza:	Zapata-MN	Fecha:	15/06/2019
Producto	Actividades	Tiempos			
		Minutos	Horas		
Zapata-MN	Recepción del zapata-MN en la zona despejada	9	0.15		
	Preparación de la machina para zapata-MN	10	0.17		
	Transportar zapata-MN a la machina	2	0.03		
	Montaje de zapata-MN a la machina	2	0.03		
	Centrado zapata-MN en la machina	20	0.33		
	Preparación de mandrino nomura CNC	5	0.08		
	Transportar zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	3	0.05		
	Montaje zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	5	0.08		
	Mecanizado zapata-MN	150	2.50		
	Desmontaje zapata-MN con la machina del mandrino nomura CNC	5	0.08		
	Transportar zapata-MN con la machina a la meza de desmontaje	3	0.05		
	Desmontaje zapata-MN de la machina	5	0.08		
	Transportar zapata-MN a la zona de inspección	2	0.03		
Inspección de acabado y medidas zapata-MN	20	0.33			
Almacenaje en zona despejada para ser enviada al área de acabados	9	0.15			
Tiempo ciclo			4.17		

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Del análisis se determina que las actividades con mayor duración son del proceso de mecanizado de zapata-MN que comprende de 15 tareas con un tiempo total 4 horas con 17 minutos. Por lo tanto, se les considera como actividades que generan cuello de botella debido a:

- Ausencia de metodologías de trabajo
- Falta de estimación de tiempos en el proceso
- Escasa o nula gestión de capacitación al personal
- Carencia en el mantenimiento de las máquinas.

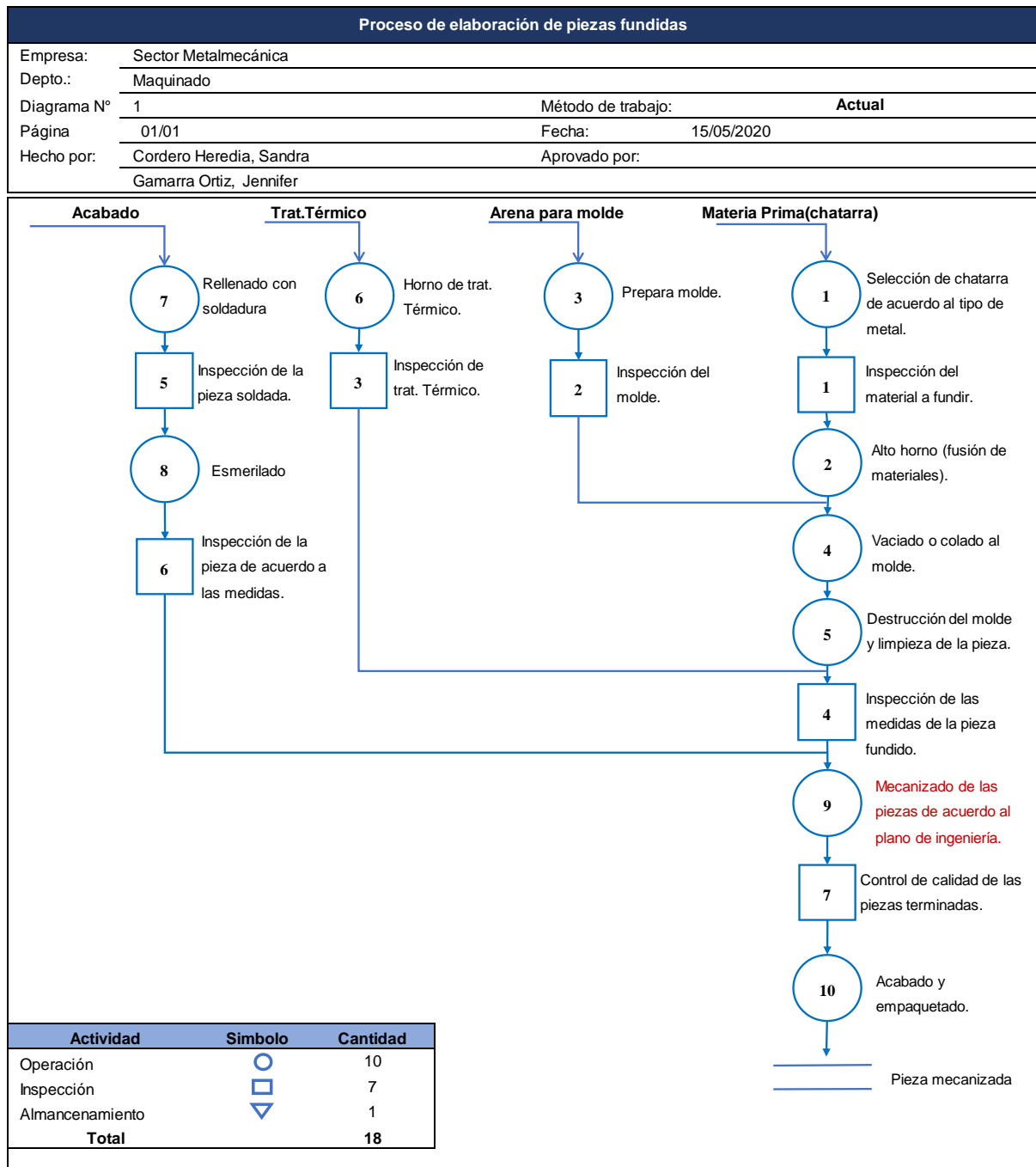
Etapas 2: Registrar las actividades

Determinado el producto sustancial que generan beneficios en la economía de la empresa y el proceso de larga duración, se realiza el registro de las actividades.

Este registro compete en plasmar cada detalla de los procesos (ver la figura 13) en el diagrama correspondiente.

Figura 13

DOP de la producción general de piezas fundidas



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

El proceso está compuesto por 18 actividades compartidas en 10 operaciones, 7 actividades de inspección y un almacenamiento.

Medición de tiempos. Este estudio es la segunda técnica de la metodología de la investigación, que se debe aplicar con el propósito de reducir y estimar el tiempo estándar del proceso. Consecuente a ello, se prosigue con las etapas de la técnica anterior.

Fase 1: Registro de tiempo actual. Para establecer el tiempo estándar del proceso de mecanizado, se debe utilizar la técnica de muestreo de trabajo a través de la observación directa y registrar los datos en una hoja de registro. Donde, es preciso digitar los tiempos en minutos por cada actividad. Cabe mencionar que estos tiempos son un valor aproximado ya que la empresa trabaja de manera empírica (ver tabla 18).

a) Registro tiempo actual del proceso de mecanizado de Zapata - MN

Tabla 18

Toma de tiempo en minutos del proceso de mecanizado de la zapata - MN

Tiempo en minutos de proceso de mecanizado												
Método:	Actual	Actividad:	Mecanizado de zapata-MN				Unid.Medida	Minutos				
Proceso:	Proceso de mecanizado de zapata-MN		Producto:	Zapata-MN			Muestra	10 observaciones				
Elaborado por:	Sandra Cordero Jennifer Gamarra		Unid.Prod:	1								
Actividades	Días										Promedio	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Recepción del zapata-MN en la zona despejada	9	9	7	9	10	10	9	7	8	8	9	
Preparación de la machina para zapata-MN	10	8	9	10	10	9	8	9	10	11	9	
Transportar zapata-MN a la machina	2	3	2	2	3	2	2	3	1	2	2	
Montaje de zapata-MN a la machina	2	2	2	3	2	3	3	3	2	3	3	
Centrado zapata-MN en la machina	20	18	20	21	20	19	18	22	20	19	20	
Preparación de mandrino nomura CNC	5	3	2	4	4	5	6	4	5	7	5	
Transportar zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	3	2	4	3	3	2	3	2	2	3	3	
Montaje zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	5	5	6	3	4	5	3	6	5	4	5	
Mecanizado zapata-MN	150	148	150	149	145	150	149	150	147	146	148	
Desmontaje zapata-MN con la machina del mandrino nomura CNC	5	4	5	6	4	5	7	5	4	5	5	
Transportar zapata-MN con la machina a la meza de desmontaje	3	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3	
Desmontaje zapata-MN de la machina	5	4	6	5	5	4	5	3	5	6	5	
Transportar zapata-MN a la zona de inspección	2	2	1	2	3	2	2	3	2	2	2	
Inspección de acabado y medidas zapata-MN	20	19	15	16	20	18	17	18	18	19	18	
Almacenaje en zona despejada para ser enviada al área de acabados	9	7	9	11	8	9	9	7	9	10	9	

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Para determinar el tiempo promedio en minutos de cada actividad del proceso de mecanizado, fue necesario registrar 10 observaciones. Al término del registro, se establece los métodos de calificación (ver figura 14) brindada por la normativa británica.

b) . Calificación de desenvolvimiento de los trabajadores

Figura 14

Métodos de calificación del operario

		Tiempo normal			
1er operario	Observado			Calificación >	100%
2do operario	Observado			Calificación =	100%
3er operario	Observado			Calificación <	100%
Rápido:		Valoración >	100%		
Normal:		Valoración =	100%		
Lento:		Valoración <	100%		

Nota. Elaboración propia según el nivel de valoración bajo la normativa Británica.

La escala de valoración británica proporciona y analiza la rapidez con la que opera el trabajador, en tres diferentes maneras; rápido, normal o lento, considerando una valoración en escala de 0 al 100%. En la tabla 19, se presenta las valoraciones según la norma en cada actividad del proceso.

Tabla 19

Factor de valoración según la normativa británica para el proceso

Actividades	Días										Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Recepción del zapata-MN en la zona despejada	0.9	0.9	0.8	1.1	0.8	1	0.9	1.1	0.8	1.1	0.9
Preparación de la machina para zapata-MN	0.8	1	0.9	0.8	0.8	0.9	1	0.9	0.8	0.7	0.9
Transportar zapata-MN a la machina	0.7	0.9	0.8	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	1.1	1	0.9
Montaje de zapata-MN a la machina	1	1	1	0.9	1	0.9	0.9	0.9	1	0.9	1.0
Centrado zapata-MN en la machina	0.8	1.8	0.8	0.9	0.8	1.1	0.8	0.7	0.8	1.1	2.6
Preparación de mandrino nomura CNC	1	1.2	1.2	1.1	1.1	1	0.9	1.1	1	0.8	1.0
Transportar zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	1.1	0.5	0.9	0.8	0.9	0.9
Montaje zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	1	1	0.9	0.8	1.1	1	1.2	0.09	1.1	1.2	0.9
Mecanizado zapata-MN	0.9	1.1	0.8	0.9	0.8	0.8	1.1	0.9	0.7	1.1	0.9
Desmontaje zapata-MN con la machina del mandrino nomura CNC	0.9	1	0.9	0.8	1	0.9	0.8	0.9	1	0.9	0.9
Transportar zapata-MN con la machina a la meza de desmontaje	0.9	0.9	3	0.9	1	0.9	1	1	0.9	0.9	1.1
Desmontaje zapata-MN de la machina	0.9	1.1	0.8	0.9	0.9	1.1	0.9	1	0.9	0.8	0.9
Transportar zapata-MN a la zona de inspección	1	1	1.2	1	0.9	1	1	0.9	1	1	1.0
Inspección de acabado y medidas zapata-MN	0.9	1	0.8	0.9	0.9	1.1	0.9	0.8	0.9	1	0.9
Almacenaje en zona despejada para ser enviada al área de acabados	0.9	1.1	0.9	1.1	1	0.9	0.9	1.1	0.9	0.8	1.0

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

En la tabla 19, se visualiza la apreciación de desempeño promedio de los trabajadores inmersos en el proceso de maquinado, la mayoría corresponden a una valoración de 0.9

equivalente en porcentaje a 90% siendo menor que 100%, por ende, se les considera de desempeño lento.

c) Calificación en el progreso de las actividades

En la tabla 20, se puede observar las características de nivelación de los métodos de trabajo.

Tabla 20

Tabla de Westinghouse

Habilidad		Esfuerzo	
0.15	A1	0.13	A1
0.13	A2 - Habilísimo	0.12	A2 - Excesivo
0.11	B1	0.1	B1
0.08	B2- Excelente	0.08	B2- Excelente
0.06	C1	0.05	C1
0.03	C2-Bueno	0.02	C2-Bueno
0	D - Promedio	0	D - Promedio
-0.05	E1	-0.04	E1
-0.1	E2 - Regular	-0.08	E2 - Regular
-0.15	F1	-0.12	F1
-0.22	F2 - Deficiente	-0.17	F2 - Deficiente
Condiciones		Consistencia	
0.06	A - Ideales	0.04	A - Perfecto
0.04	B - Excelentes	0.03	B - Excelentes
0.02	C - Buenas	0.01	C - Buenas
0	D - Promedio	0	D - Promedio
-0.03	E - Regulares	-0.02	E - Regulares
-0.07	F - Malas	-0.04	F - Malas

Nota. Adaptado de Estudio del trabajo ingeniería de métodos y medición del trabajo (p. 210), por R. García, 2005, McGrawHill. 2da edición. .

Según García (2005) indica que en esta tabla se califica el progreso en las actividades de los trabajadores referente a nuestra investigación la cual sería en el área de maquinado. Luego, se realiza la evaluación según las características presentadas en la tabla 20.

Tabla 21

Clasificación según la tabla Westinghouse

Actividades	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Total
	H	E	CD	CS	
Recepción del zapata-MN en la zona despejada	0.03	0.08	0.06	0.01	0.2
Preparación de la machina para zapata-MN	0.03	0.12	0.06	0.01	0.2
Transportar zapata-MN a la machina	0.03	-0.08	0.06	0.01	0.6
Montaje de zapata-MN a la machina	0.08	0.08	0.06	0.00	0.4
Centrado zapata-MN en la machina	0.15	-0.08	0.06	-0.02	-1.4
Preparación de mandrino nomura CNC	0.13	0.12	0.02	0.01	0.3
Transportar zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	0.08	-0.08	0.04	0.01	0.4
Montaje zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	0.08	0.08	0.02	0.00	0.3
Mecanizado zapata-MN	-0.1	0.12	0.0	0.00	0.1
Desmontaje zapata-MN con la machina del mandrino nomura CNC	0.03	0.08	0.04	0.01	0.3
Transportar zapata-MN con la machina a la meza de desmontaje	0.03	-0.08	0.04	0.01	0.2
Desmontaje zapata-MN de la machina	0.08	0.08	-0.03	0.01	0.3
Transportar zapata-MN a la zona de inspección	0.08	-0.08	0.04	0.01	0.5
Inspección de acabado y medidas zapata-MN	0.08	-0.17	0.02	0.01	0.1
Almacenaje en zona despejada para ser enviada al área de acabad	0.03	-0.17	-0.07	-0.04	0.1

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Al término del análisis de la tabla anterior, se procede a calcular el tiempo normal del proceso, donde, se considera para los datos factor de valoración la suma del promedio de observaciones con el total de la categorización de la tabla de Westinghouse.

Fase 2: Estimación del tiempo normal. (ver tabla 22).

Tabla 22

Determinación del tiempo normal del proceso de mecanizado

Tiempo normal del proceso de maquinado de la zapata-MN			
Método:	Actual	Actividad:	Mecanizado de zapata-MN
Proceso:	Proceso de mecanizado de zapata-MN	Producto:	Zapata-MN
Elaborado por:	Sandra Cordero	unid.Prod:	1
Actividades	Tiempo Prom.Obs	Factor de Valoración	T.Normal
Recepción del zapata-MN en la zona despejada	9	1.9	11
Preparación de la machina para zapata-MN	9	1.08	10
Transportar zapata-MN a la machina	2	0.92	3
Montaje de zapata-MN a la machina	3	1.22	4
Centrado zapata-MN en la machina	20	2.69	23
Preparación de mandrino nomura CNC	5	1.28	6
Transportar zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	3	0.91	4
Montaje zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	5	1.12	6
Mecanizado zapata-MN	148	0.93	149
Desmontaje zapata-MN con la machina del mandrino nomura CNC	5	1.07	6
Transportar zapata-MN con la machina a la meza de desmontaje	3	1.14	4
Desmontaje zapata-MN de la machina	5	1.07	6
Transportar zapata-MN a la zona de inspección	2	1.05	3
Inspección de acabado y medidas zapata-MN	18	0.86	19
Almacenaje en zona despejada para ser enviada al área de acabado	9	0.71	10
Tiempo normal del proceso		Minutos	264
		Horas	4.4

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

El tiempo normal ocupado para el mecanizado de una zapata-MN es de 4 horas con 4 minutos. Por consiguiente, se determina los suplementos para estandarizar el proceso (ver tabla 23).

Según García (2005) los suplementos son proporciones de tiempo que le otorga al trabajador con la intención de subsanar los aplazamientos, las tardanzas y las eventualidades presentes en las actividades, Por esta razón, se realiza el cálculo de suplementos en el proceso de mecanizado.

Tabla 23*Determinación de porcentaje de suplementos*

Actividades	Necesidades Personales	Fatiga	Trab. de pie	Carga de peso	Imprevistos	Total
Recepción del zapata-MN en la zona despejada	5%	3%	4%	2%	2%	14%
Preparación de la machina para zapata-MN	5%	3%	4%	2%	2%	16%
Transportar zapata-MN a la machina	5%	3%	4%	0%	2%	14%
Montaje de zapata-MN a la machina	5%	3%	4%	4%	2%	18%
Centrado zapata-MN en la machina	5%	4%	4%	4%	2%	19%
Preparación de mandrino nomura CNC	5%	3%	4%	2%	2%	16%
Transportar zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	5%	3%	4%	4%	2%	18%
Montaje zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	5%	3%	4%	4%	2%	18%
Mecanizado zapata-MN	5%	3%	4%	4%	2%	18%
Desmontaje zapata-MN con la machina del mandrino nomura CNC	5%	3%	4%	4%	2%	18%
Transportar zapata-MN con la machina a la meza de desmontaje	5%	3%	4%	0%	2%	14%
Desmontaje zapata-MN de la machina	5%	3%	4%	4%	2%	18%
Transportar zapata-MN a la zona de inspección	5%	3%	4%	0%	2%	14%
Inspección de acabado y medidas zapata-MN	5%	3%	4%	0%	2%	14%
Almacenaje en zona despejada para ser enviada al área de acabados	5%	3%	4%	4%	2%	18%

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Fase3: Estimación del tiempo estándar. Para establecer este tiempo se considera la suma del tiempo normal más los suplementos (ver tabla 24).

Tabla 24

Determinación del tiempo estándar del proceso de mecanizado

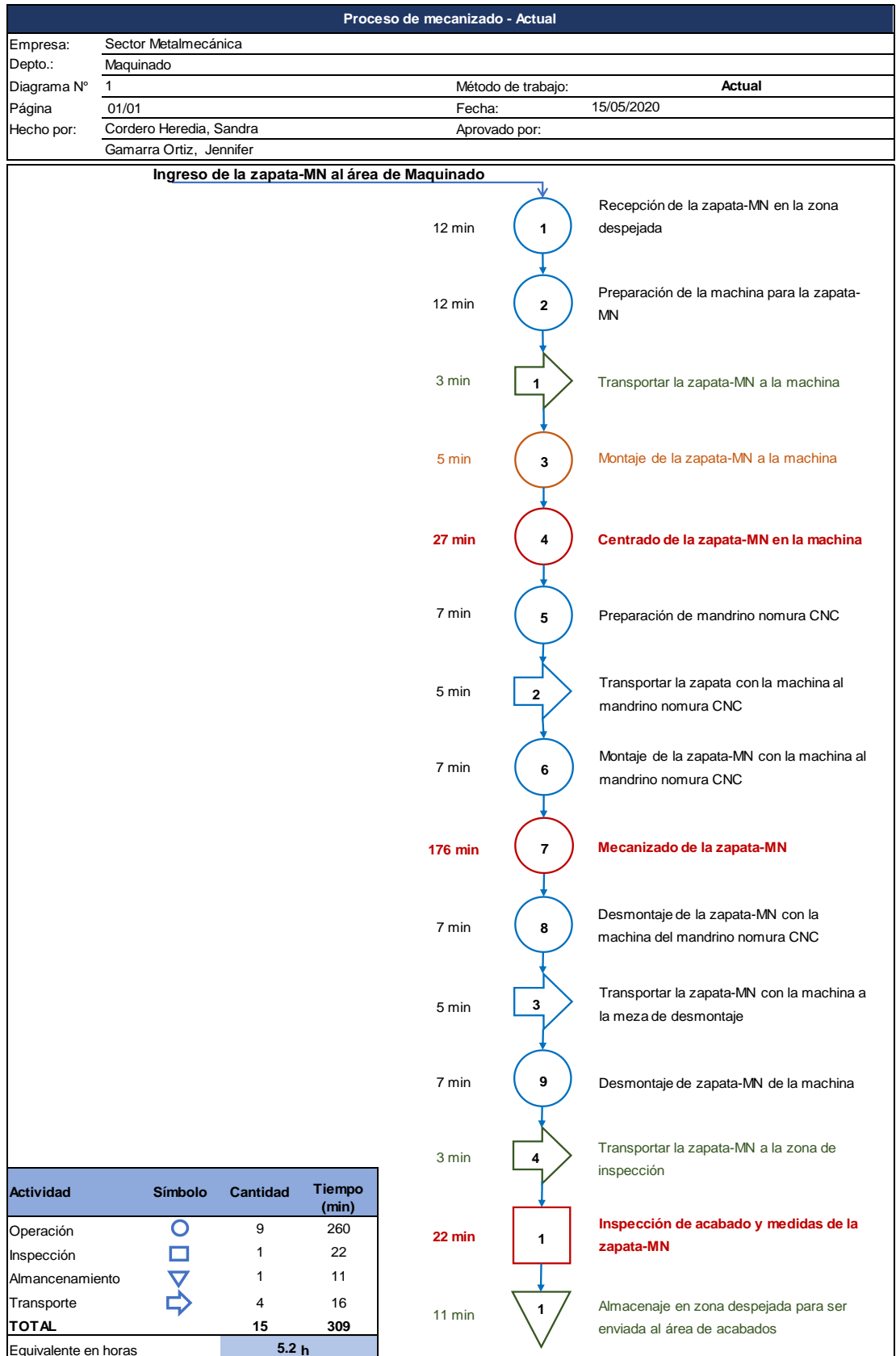
Tiempo normal del proceso de maquinado de la zapata-MN			
Método:	Actual	Actividad:	Mecanizado de zapata-MN
Proceso:	Proceso de mecanizado de zapata-MN	Producto:	Zapata-MN
Elaborado por:	Sandra Cordero Jennifer Gamarra	Unid.Prod:	1
Actividades	T. Normal	Suplementos	T. Estándar
Recepción del zapata-MN en la zona despejada	11	1.14	12
Preparación de la machina para zapata-MN	10	1.16	12
Transportar zapata-MN a la machina	3	1.14	3
Montaje de zapata-MN a la machina	4	1.18	5
Centrado zapata-MN en la machina	23	1.19	27
Preparación de mandrino nomura CNC	6	1.16	7
Transportar zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	4	1.18	5
Montaje zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	6	1.18	7
Mecanizado zapata-MN	149	1.18	176
Desmontaje zapata-MN con la machina del mandrino nomura CNC	6	1.18	7
Transportar zapata-MN con la machina a la meza de desmontaje	4	1.14	5
Desmontaje zapata-MN de la machina	6	1.18	7
Transportar zapata-MN a la zona de inspección	3	1.14	3
Inspección de acabado y medidas zapata-MN	19	1.14	22
Almacenaje en zona despejada para ser enviada al área de acabados	10	1.18	11
Tiempo Estándar del proceso		Minutos	309
		Horas	5.15

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Al término del registro y análisis de los tiempos, se procede a establecer el tiempo estándar del proceso de mecanizado de zapata-MN de 5 horas con 2 minutos por unidad producida. Luego, se registra todas las actividades en los diagramas de estudio del método con sus respectivos tiempos establecidos.

Figura 15

Diagrama analítico del proceso de mecanizado (DAP)- Actual



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

El total del proceso de mecanizado es de 15 actividades que consta de; 9 operaciones, una inspección, un almacenaje y 4 transportes, donde, se observa que las operaciones 4 y 7 e inspección 1 demandan mucho tiempo en su ejecución, por lo que se debe realizar en la siguiente etapa los controles correctivos para mejorar esta actividad.

Etapa 3: Examinar los detalles registrados. En esta etapa se examina de forma minuciosa la significación de las actividades que suscitan o no valor para el proceso, por medio de la utilización de la técnica interrogante (ver tabla 25).

Tabla 25

Técnica de la interrogante

Preguntas	Proceso de mecanizado de la zapata -MN
¿Qué se hace ?	4° Centrado zapata-MN en la machina
	7° Mecanizado zapata-MN
	1° Inspección de acabado y medidas zapata-MN
¿Cómo se hace?	Despues del montaje de la pieza al machina, el ayudante centra la pieza en la machina
	El operario según el cajetin de datos enviados por el área de ingenieria programa la maquina para iniciar el mecanizado y el operario esta pendiente del termino del mecanizado para parar la máquina.
	Se transporte innesesariamente la pieza para el revisado minucioso una vez culminado el desmonte de la pieza del manchino
¿Dónde se hace?	En el área de maquinado de piezas fundidas
¿Porqué se hacen así?	Porque ello permite que no se mueva la pieza durante el mecanizado
	Porque son piezas con tonelajes elevados y requieren de mecanizados minuciosos.
	Porque requiere de estandares de calidad
¿Quiénes lo hacen?	El ayudante del operario
	El operario que cuenta con experiencia en mecanizado en máquinas convencionales pero no estan capacitados para el uso de máquinas CNC
	Los trabajadores de control de calidad
¿Porqué se hace de ese modo?	Por la rutina y costumbre de los trabajadores.
¿Qué otra cosa podría hacerse?	Podría combinarse la operación de montaje con centrado de la pieza para reducir tiempo
	Podría desarrollarse un software donde el ingeniero crea el perfil 2D de la pieza en un programa CAD, exporta el diseño en un archivo con formato DXF y lo importa al software desarrollado. Tambien deberá capacitarse al operario para la configuración de parámetros.
	Podría eliminarse transporte a la zona de inspeccion y los encargados de control deben verificar la pieza en el mismo área para eliminar tiempo de traslado.
¿Qué debería hacerse?	Debería seguir la propuesta indicada.
¿Cómo debería realizarse?	En el mismo proceso de montaje de pieza a la machina se debe centrar la pieza
	El operario solo configuraria los parámetros de mecanizado,y da la orden de iniciar el proceso y el sistema trabajará en modo completamente autónomo hasta que la pieza sea terminada.
	Al termino de desmontaje de la pieza del machino se debe iniciar la inspeccion sin necesidad de ser transportado para reducir tiempo

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Tabla 26*Resumen de acción*

Actividades	Intención		
	Eliminar	combinar y reordenar	Simplificar
4°			
7°			
1°			

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

De esta manera al aplicar la técnica se identifica los transportes 1 y 4 que ocupan un tiempo de 6 min, las operaciones 3,4, y 7, de 5, 27 y 176 minutos respectivamente, la inspección 1 de 22 minutos y almacenaje 1 de 11 minutos, todas estas tareas demandan de un tiempo total de 247 minutos que representa un 79% del tiempo del proceso. También, en el cuadro se exhibe los problemas en el proceso de maquinado.

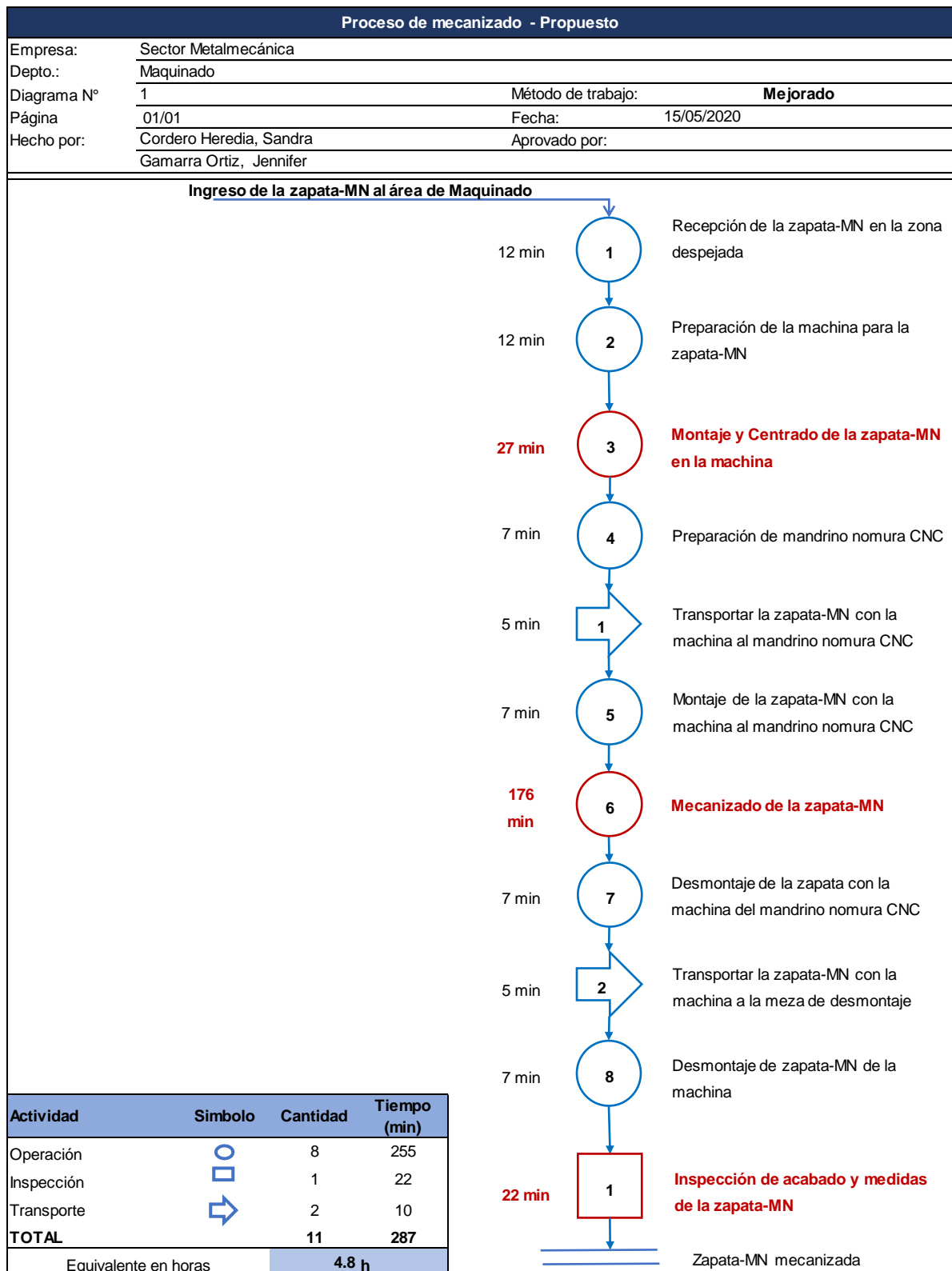
Por lo expuesto, se plantea la eliminación de 2 transportes, ya que, se puede recepcionar el producto en la misma zona de trabajo. Asimismo, la combinación de las operaciones 3 y 4, la simplificación de la operación 7 con la propuesta de incorporación de un software desarrollado y la capacitación del trabajador, porque en dicha zona se trabaja con máquinas CNC, para la inspección, se reordena en base a las herramientas de calidad con el propósito de aprovechar mejor el tiempo y por último, se elimina el almacenaje, puesto que, al concluir la inspección el área de mecanizado ya tiene su producto final, por tanto, el almacenaje pertenece al área de abastecimiento.

Etapa 4: Establecer el método. Al término del análisis de las actividades seleccionadas en la etapa anterior, se determina las ineficiencias que se presentan en el proceso y, asimismo se evidencia las posibles mejoras.

En esta etapa se procede a diseñar el nuevo método de trabajo, mediante la simplificación, combinación y descarte de actividades que no suman importancia, con el propósito de ajustar una manera óptima en llevar a cabo la actividad.

Figura 16

Diagrama analítico del proceso de mecanizado (DAP) - Propuesto



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Finalmente, con el nuevo método de trabajo propuesto se estima una disminución de las actividades que consta de 11 actividades, 8 operaciones, una inspección, 2 transportes. Así mismo, se estima una reducción del tiempo estándar para el proceso de mecanizado de zapata-MN de 5 horas con 2 minutos a 4 horas con 8 minutos.

Etapa 5: Evaluar el nuevo método de trabajo. En esta etapa se debe examinar el método de trabajo propuesto con la finalidad de compararlo con el método descrito en el diagrama de la etapa 2 que incluye los tiempos estimados por actividad.

Según la comparación de las actividades, se observa una disminución del tiempo de mecanizado de 309 min a 287 min. (ver anexo 3).

Etapa 6: Definir. En esta etapa se debe definir el método de trabajo propuesto, por medio de un documento esencial e imprescindible conocida como; carta de descripción que incluye el nuevo procedimiento para el mecanizado de zapata-MN.

Tabla 27

Carta de descripción para definir el método propuesto

Carta de descripción		
Producto:	Piezas de fundidas para mecanizado	
Proceso:	Mecanizado de zapata-MN	
Lugar:	Área de maquinado	
Elaborado por :	Cordero, Sandra Gamarra, Jennifer	
N°	Actividad	Descripción
1	Recepción del zapata-MN en la zona despejada	El ayudante recepciona la zapata-MN
2	Preparación de la machina para zapata-MN	El ayudante prepara la machina para la zapata-MN
3	Montaje y centrado zapata-MN en la machina	El ayudante recepciona y inicia con el montaje y centrado de la zapata-MN
4	Preparación de mandrino nomura CNC	En esta zona el operario prepara el mandrino para la operación de mecanizado
5	Transportar zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	El operario transporte la zapata-MN hacia el mandrino
6	Montaje zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	El operario inicia el montaje de la machina al mandrino
7	Mecanizado zapata-MN	El operario configura los parámetros de mecanizado, y da la orden de iniciar proceso
8	Desmontaje zapata-MN con la machina del mandrino nomura CNC	Culminado el mecanizado se inicia a desmontar la machina del mandrino
9	Transportar zapata-MN con la machina a la meza de desmontaje	Luego el operario traslada con la grua la pieza hacia la mesa de desmontaje
10	Desmontaje zapata-MN de la machina	El ayudante recepciona y inicia con el desmontaje de la zapata-MN de la machina
11	Inspección de acabado y medidas zapata-MN	Los inspectores de calidad analizan el acabado y medidas requeridas de la pieza

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Etapa 7: Implantar. Para la implementación del nuevo método de trabajo se propone un cronograma de capacitación para los ayudantes y operarios del área de maquinado con el

objetivo de, amaestrarlos en el método propuesto de trabajo, de tal manera alcanzar los resultados planteados. Cabe mencionar, que para garantizar el método se necesita la colaboración de los trabajadores y el compromiso del supervisor del área.

Tabla 28

Cronograma de implementación del método

Actividades a desarrollar	Mes			
	1°sem	2°sem	3°sem	4°sem
Presentación del nuevo método de trabajo				
Preparar al trabajador				
Demostrar el trabajo				
Observación en la práctica				

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Plan de capacitación. Se propone un programa de adiestramiento dirigido a los operarios que trabajan con las máquinas herramientas CNC, con la intención de prepararlos e instruirlos constantemente para que puede desenvolverse eficientemente en su puesto actual y de esa manera aportar en la productividad de la empresa (ver tabla 31). Este plan debe ser aprobado por el gerente del área y se debe hacer seguimiento por parte del supervisor.

Tabla 29

Cronograma de las actividades a desarrollar

Actividades a desarrollar	Año			
	Trim.1	Trim.2	Trim.2	Trim.3
Delimitar el número de personas a adiestrar				
Organizar los contenidos del taller				
Desarrollo de las actividades de formación en planta				
Desarrollo de las actividades de formación en taller				
Manejo de máquinas herramientas				
Lecturas de plano				
Configuración de parámetros				

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Etapa 8: Controlar. En esta última etapa se debe implementar las inspecciones en el área de trabajo para observar el cumplimiento del método establecido. Puesto que, es necesario e importante que los trabajadores se adapten al nuevo método y no vuelvan a realizar el método anterior. Por concerniente, se propone un formato para verificar el cumplimiento del nuevo método en el área de maquinado.

Tabla 30*Checklist de cumplimiento del nuevo método*

Checklist de cumplimiento					
Nombre de la empresa:	Sector Metalmeccanica				Convención
Nombre del observador:	Sandra Cordero Heredia				
Localización:	Área de maquinado				IIII
Proceso:	Maquinado de zapata				IIII
N° de hoja:	1/.1				III
Fecha:	15/06/2020				II
Alcance:	Registrar los acontecimientos dentro del proceso de mecanizado de piezas				I
Nombre de operario	Observación de cumplimiento método				TOTAL
	1°sem	2°sem	3°sem	4°sem	
1er operario					
2do operario					
:					
10mo operario					

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

3. Resultados esperados/encontrados

3.1. Ausencia de metodologías de trabajo

Al término del uso de la metodología Estudio del Trabajo para el proceso de mecanizado de zapata-MN, se estima una reducción de 5 horas con 2 minutos a 4 horas con 8 minutos, esto indica una disminución del 7.12% de tiempo usado en tareas que no generan valor, como se indica en la tabla 31.

Tabla 31

Presentación del resultado con la implementación del nuevo método de trabajo

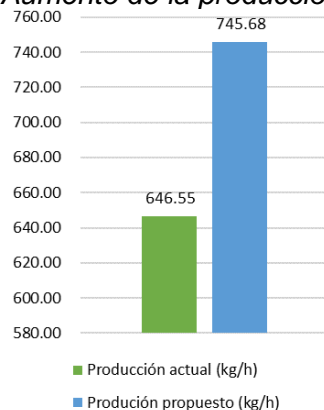
Resumen de actividades						
Actividades	Actual		Propuesto		Diferencias	
	Nº	Tiempo (min)	Nº	Tiempo (min)	Nº	Tiempo (min)
Operación ○	9	260	8	255	1	5
Inspección □	1	22	1	22	0	0
Almacenaje ▽	1	11	0	0	1	11
Transporte ⇨	4	16	2	10	2	6
Total	15	309	11	287	4	22
Horas		5.2		4.8		0.4

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

La tabla 31 registra una disminución de tiempos de proceso en mecanizado de zapata-MN entre el método actual y el propuesto, el cual detalla, que las operaciones se redujeron de 9 a 8 actividades, el transporte de 4 a 2 y finalmente se eliminó los tiempos de almacenaje. Por consiguiente, se presume un aumento de la producción de 646,55 kg/h a 745,68 kg/h (ver figura 17).

Figura 17

Aumento de la producción de zapata-MN



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

3.2. Presentación de indicadores anuales de productividad

La tabla 32, muestra la diferencia entre indicadores de la productividad, según el análisis de la producción actual y propuesta, a consecuencia de la reducción de tiempos en el proceso de mecanizado generados a partir de la estimación del tiempo estándar y la propuesta de un nuevo método de trabajo.

Tabla 32

Producción actual y propuesta

Producción	Programado PCP (Kg/año)	Cumplido (kg/año)	Eficiencia (%)	Eficacia (%)	Productividad (%)
	Estándar objetivo				
	100%	>80%	>80%	>80%	>80%
Actual	5,454,360	4,468,984	90%	82%	74%
Propuesta	5,454,360	5,154,124	90%	94%	85%

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

De esta manera, se estima un aumento de la producción anual de zapata-MN de 4, 468,984 kg/año, a 5, 154,124 kg/año. Finalmente, se procede a estimar la variación de la productividad a través de la siguiente fórmula:

$$\Delta P = \frac{(\text{Propuesta} - \text{Actual})}{\text{Actual}} \times 100\%$$

$$\Delta P = \frac{(5,154,124 - 4,468,984)}{4,468,984} \times 100\%$$

$$\Delta P = 15.33\%$$

Por lo tanto, se indica que, con el desarrollo de las técnicas de Estudio de Trabajo, la productividad varía en un 15.33%, lo que significa que se estaría cumpliendo con el requerimiento programado de producción, ya que 85% de productividad es mayor a 80% del estándar objetivo.

4. Análisis y Discusión

4.1. Análisis

Se asume que el motivo fundamental para estimar el incremento de la productividad en el área de mecanizado se debe, a la propuesta de empleo de la metodología Estudio del Trabajo. De manera que, al utilizar sus técnicas permite evaluar, seleccionar, medir y proponer nuevos métodos en relación a los métodos actuales, las cuales presentan tareas que obstaculizan el avance de la producción. Finalmente, permite la comparación de los métodos y de esa manera se estima la disminución del tiempo del proceso de mecanizado de la zapata-MN de 309 min a 287 min. En efecto, se incrementa la eficacia del proceso en un 12% y, en consecuencia, se proyecta a cumplir con el requerimiento de la producción programada.

4.2. Discusión

En la investigación se estima una variación de la productividad de 15.33%, es decir, la productividad se incrementa de 74% a 85%, este resultado se atribuye a la medición de tiempo apropiado para el proceso y la propuesta de un nuevo método de trabajo que reduce el tiempo del proceso de mecanizado de zapata-MN. En relación, a los resultados estimados, se evidencia similitud con respecto a los antecedentes como indica la tabla 33 de categorización de resultados según el índice de mejora de la productividad.

Tabla 33

Categorización de los resultados para la discusión

ORDEN	1	2	3	4	5
Autores	Ariza, L. y Padilla, M. (2014)	Quinto, J. (2019)	Sai, Reddy., Srinath, R., & Rajyalakshmi, G. (2016)	Bustamante, A. y Gómez, K. (2019)	Andrade. Adrián. M., Del Rio, Cesar. A. y Alvear. Daissy. L. (2019)
Metodología	Estudio de métodos (DOP-DAP) Plan maestro de producción (PMP)	Estudio de tiempos	Estudio de Trabajo	Estudio de métodos Lean Manufacturing Las herramientas de calidad Plan de capacitación	Estudio de tiempos y movimientos Herramienta de calidad, el diagrama de Ishikawa con su respectivo método de las 6M's
Resultados	Disminuyó en un 50% los tiempos que ocasionaban retardos en la elaboración del producto Disminuyó en un 10% la utilización de los trabajos posteriores Disminuyó en un 15.8% la utilización de los trabajadores vinculados al proceso	Disminuyó el tiempo de reparación del componente de 3875 min a 3214 min lo que equivale en días de 8 a 7 días laborables	Incrementó la eficiencia de 61.25% a 91.66% Disminuyó de 0.179 horas a 0.016 el tiempo de operación en el proceso	Disminuyó los costos generados por los reprocesos en un 5.96% Disminuyó los costos anuales de S/. 163,806.38 a S/. 154,041.18 Disminuyó el tiempo de fabricación en un 7.45%	Incrementó la productividad en un 5.49%.

Nota. Elaboración propia.

En primer lugar, el informe realizado por Ariza y Padilla indican que consiguieron una disminución del tiempo de 50% en la fabricación de estructuras metálicas, una reducción de 10 % de la utilización de trabajos sucesores y 15.8 % en la utilización de los trabajadores vinculados. Este resultado supera a nuestras estimaciones, puesto que, aplicaron el estudio de métodos y adicionalmente implementaron un plan maestro en toda la línea de producción, reduciendo el tiempo de las actividades en comparación con la investigación, que solo se utilizó el Estudio del Trabajo. De la misma forma, el resultado del estudio planteado por Quinto, es similar al primer informe, ya que, disminuyó el tiempo de reparación del componente de 3875 a 3214 minutos, lo que equivale en días de 8 a 7 días laborables. Sin embargo, dicha disminución óptima, se logró solo con la utilización del estudio de tiempos en el área de mantenimiento.

En segundo lugar, la investigación elaborada por Sai, Srinath & Rajyalakshmi, son similares en cuanto a la metodología con la investigación. No obstante, los resultados obtenidos, difieren al estudio ya que, obtuvieron un incremento del 30.41% en su eficiencia y una disminución de 0.179 horas a 0.006 horas. Esto se debe, a que son dos procesos diferentes y porque adicionalmente equilibraron la línea de producción de aparatos solares.

De forma similar, Bustamante y Gómez, con la implementación de las metodologías estudio de métodos, lean manufacturing y herramientas de calidad, e incluso la implementación de un plan de capacitación, en la elaboración de tableros eléctricos, consiguieron incrementar la productividad de un 5.96%, menor a los resultados obtenidos en la investigación, ello se debe a que, delimitaron su análisis en un único proceso.

Finalmente, Andrade, Del rio y Alvear lograron un incremento de la productividad de tan solo 5.49 %, el cual, es una cifra que está por debajo de los resultados anteriores, a pesar de haber implementado la misma metodología y utilizado herramientas de calidad como soporte del estudio, mismo que se aplicó en la investigación las cuales proporcionan veracidad y simplifican el trabajo. Esto se debe a que son procesos diferentes.

5. Conclusiones

Con respecto a la metodología, se emplea el estudio de trabajo y como soporte del estudio se utiliza las herramientas de calidad, donde se evidencia factores críticos que incitan la baja productividad en el proceso de mecanizado en una empresa del sector metalmecánico, estos son; ausencia de metodologías de trabajo, falta de estimación de tiempos en los procesos, escasa o nula gestión de capacitación al personal y carencia de mantenimiento de las máquinas - herramientas.

Con respecto al diseño de la propuesta de mejora se recurre a la técnica de estimación de tiempo y estudio de método. El primero, con la finalidad de estimar un tiempo estándar de 309 minutos para el proceso de maquinado de la zapata-MN antes de la mejora. Posterior a ello, se plantea un nuevo método de trabajo para el proceso de mecanizado del producto que presenta el mayor volumen de producción en el área de maquinado, con la intención de reducir, simplificar, y eliminar las operaciones que ocupan tiempos que no contribuyen a la producción.

Con respecto a los resultados se estima la reducción del tiempo del proceso de mecanizado de zapata-MN a 287 minutos de 309 minutos, que representa una disminución de 7.1%. En consecuencia, se pretende aumentar la producción de zapata-MN de 646,55 kg/h a 745,68 kg/h, y esto deriva, a un incremento de la productividad de 74% a 85%, que implica una variación en la productividad de 15.33%, para el proceso de mecanizado de la zapata-MN.

Se concluye, que la metodología permite tener un mayor control en el proceso y, por ende, se logra un rendimiento eficiente a lo largo de la producción y de esa manera se cumplirá con el requerimiento de la producción programada .

6. Referencias

- Andrade, Adrián M., A. Del Río, César, y Alvear, Daissy L. (2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *Información tecnológica*, 30(3), 83-94. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300083>
- Ariza, L. M. y Padilla, M. A. (2014). *Propuesta de mejoramiento de la productividad en una pyme del sector metalmeccánico de estructuras en Bogotá como estrategia para competir contra las importaciones de China* (Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana). Repositorio Institucional <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/16574>
- Benetti, P. (s.f.). Facilitación de la creatividad y la innovación. Recuperado de: <http://www.creamundos.net/reflexionados/facilitacion.pdf>
- Benítez, I. y Cortés, J. R. (2017). *Propuesta de mejoramiento de las condiciones de trabajo mediante la distribución en planta y la aplicación de métodos de la ergonomía física en el taller de metalmeccánica de la Empresa Comerdic LTDAT* (Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana). Repositorio Institucional <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/10124>
- Betancourt, D. F. (2018, 10 de febrero). *La Técnica del interrogatorio en el estudio de métodos*. Recuperado de Ingenio Empresa: www.ingenioempresa.com/tecnica-del-interrogatorio
- Betancourt, D. F. (2016, 18 de agosto). *Las 7 herramientas básicas de calidad: ¿Cómo se aplican?*. Recuperado de Ingenio Empresa: www.ingenioempresa.com/7-herramientas-de-calidad
- Betancourt, D. (2016, 05 de julio). *Cómo hacer un árbol de problemas: Ejemplo práctico*. Consultado el 17 de junio de 2020, de Ingenio Empresa: www.ingenioempresa.com/arbol-de-problemas.
- Bustamante, A. S y Gómez, K. J. (2019). *Propuesta para la mejora del proceso de fabricación de tableros eléctricos para una metalmeccánica en la ciudad de Arequipa* (Tesis de grado, Universidad Católica San Pablo). Repositorio Institucional <https://core.ac.uk/reader/250640322>
- Caso, A. (s.f.) *Técnicas de medición de trabajo*. FC editorial. https://books.google.com.pe/books?id=18TmMdosLp4C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Centro de Estudio y Asesoramiento Metalúrgico [CEAM]. (s.f.). *Estudio Del Trabajo (Métodos y tiempos)*. Consultado el 23 de Mayo de 2020. <https://www.ceam-metal.es/es/productividad-ind/estudio-del-trabajo-metodos-y-tiempos/121>

- Cruelles, J. A. (2013). *Ingeniería Industrial Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua* (Alfa omega, ed.).
- Falcó, A. R. (2009). *Herramientas de calidad*. [PDF]. Obtenido de <https://web.cortland.edu/matresearch/HerraCalidad.pdf>
- Fundición Callao S.A. (FUNCAL). (s.f.). *Etapas del proceso de fabricación de una pieza*. [Fotografía]. Consultado el 05 de mayo de 2020. <http://www.funcal.com.pe/funcal/procesos-de-produccion/>
- Gándara, F. J. (2014). Herramientas de calidad y el trabajo en equipo para disminuir la reprobación escolar. *Conciencia Tecnológica*, (48) ,17-24. [Fecha de Consulta 21 de Junio de 2020]. ISSN: 1405-5597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=944/94432996003>
- García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo* (Segunda ed.). MC Graw Hill.
- Gutiérrez, H. (2010). *Calidad total y productividad* (McGraw-Hill/Interamericana editores S.A.).
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014) *Metodología de la Investigación*. (6ta edición). Editorial McGrawHill Education. https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Kanawaty, G., (1996). Introducción al estudio de trabajo. Oficina Internacional del Trabajo. <https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>.
- Mendes, G. (2015) *Cadena metalmecánica en América Latina: importancia económica. Inversiones y comercio internacional*. Asociación latinoamericana del acero. https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/cadena_metalmecanica_en_america_latina_-_nov_2015_version_completa.pdf
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones [MICIT]. (s.f.). Lluvia de ideas y analogías. Recuperado de: https://www.innovacion.cr/sites/default/files/article/adjuntos/herramientas_practicas_para_innovacion_lluvia_de_ideas.pdf
- Plan Estratégico Nacional Exportador (PENX). (2006, marzo). *Plan Operativo Exportador del Sector Siderometalúrgico metalmecánico*. Recuperado de https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/plan_exportador/Penx_2003_2013/2_Planes_Sectoriales_POS/Sector_Metalurgico_Metalmecanico.pdf
- Posada, C. (2019, 15 de abril). Metalmeccánica es clave para el desarrollo. *Instituto de Investigación y Desarrollo de Comercio Exterior – CCL*.

https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r874_3/comercio%20exterior.pdf

- Quinto, J. (2019). *Aplicación del estudio de tiempos y su relación con la productividad del personal operativo en el área de reparación en una empresa metalmecánica dedicada al mantenimiento de maquinaria pesada – 2018* (Tesis de maestría, Universidad Nacional del Callao). Repositorio institucional <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/4240>
- Sai Nishanth. Reddy. A., Srinath. Rao. P. & Rajyalakshmi. G. (2016) Mejora de la productividad con la ayuda de técnicas de ingeniería industrial [Improving Productivity in a Mechanical Industry using Industrial Engineering Tools and Techniques]. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6(4), 243-249. <https://www.irjet.net/archives/V6/i5/IRJET-V6I549.pdf>
- Sociedad Nacional de Industrias (SIN). (2019). *SIN: Industrias metalmecánica creció 10.2%*. Consultado el 9 de junio de 2020. <https://www.sni.org.pe/sni-industria-metalmecanica-crecio-102/>
- Vides, E. X., Díaz, L. A. y Gutiérrez, J. J. (s.f.). Análisis metodológico para la realización de estudios de métodos y tiempos. *Revista I + D en TIC*, 8 (1), 3-10. <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific/index>
- Vilar, J. F. (s.f.) *Las 7 nuevas herramientas para mejora de la calidad*. Fundación confemetal.

7. ANEXOS

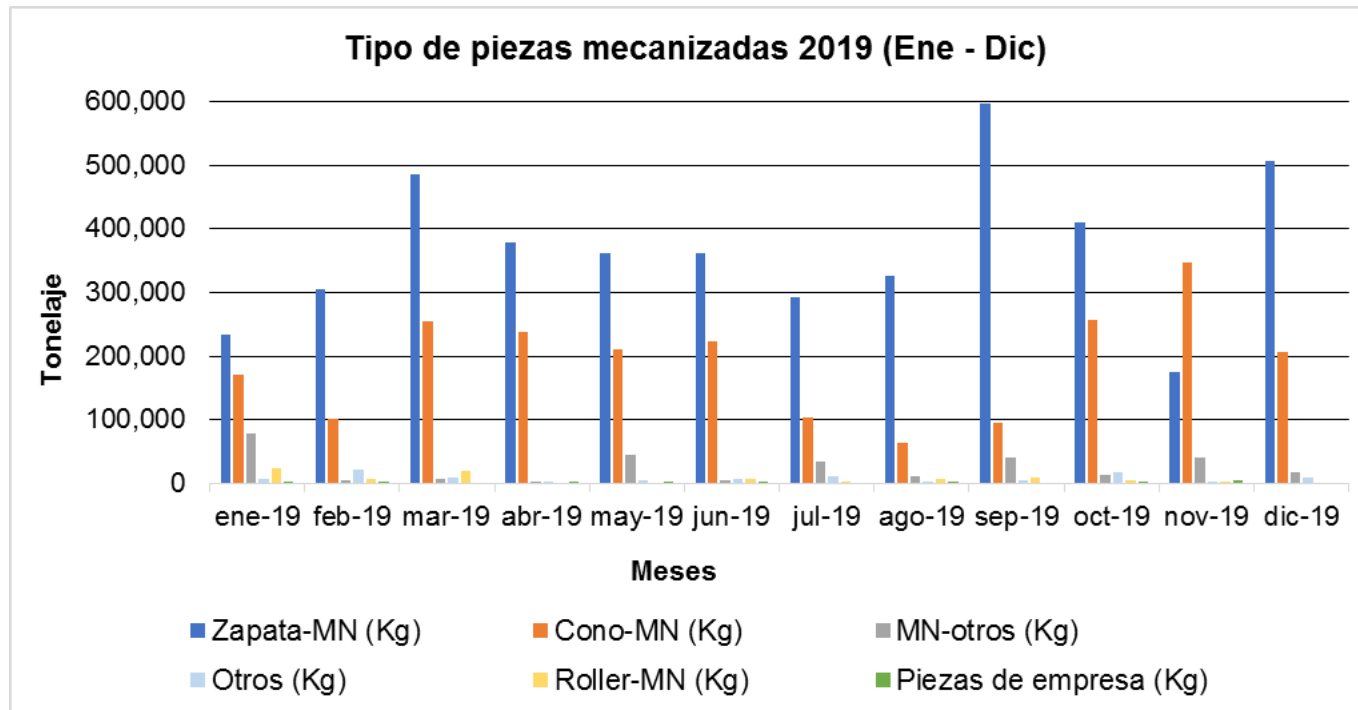
Anexo 1: Disponibilidad en horas de las máquinas - herramientas

Mes	Equipos	Horas disp.	Horas prod.	Horas paradas				Disponibilidad de la máquina (%)
				Preparación	Reparación	Inspección	Fallas	Estándar objetivo
								>=85%
ene-19	TV-(4)	2400:00:00	2126:25:00	50:50:00	155:55:00	29:30:00	37:20:00	98%
	MA-(3)	1800:00:00	1484:05:00	25:00:00	0:00:00	3:10:00	287:45:00	84%
	OTROS-(7)	2100:00:00	2056:45:00	8:30:00	7:00:00	0:00:00	27:45:00	99%
feb-19	TV-(4)	2400:00:00	2097:45:00	12:15:00	136:45:00	4:15:00	149:00:00	94%
	MA-(3)	1800:00:00	1424:15:00	29:30:00	0:00:00	0:00:00	346:15:00	81%
	OTROS-(7)	2100:00:00	1714:30:00	35:45:00	18:30:00	0:00:00	331:15:00	84%
mar-19	TV-(4)	2400:00:00	2258:15:00	18:00:00	97:40:00	5:05:00	21:00:00	99%
	MA-(3)	1800:00:00	1722:40:00	19:05:00	0:00:00	0:00:00	58:15:00	97%
	OTROS-(7)	2100:00:00	2084:15:00	15:45:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	100%
abr-19	TV-(4)	2400:00:00	2073:55:00	74:15:00	157:20:00	15:45:00	78:45:00	97%
	MA-(3)	1800:00:00	1736:45:00	15:35:00	0:00:00	2:00:00	45:40:00	97%
	OTROS-(7)	2100:00:00	1883:15:00	31:15:00	2:30:00	0:30:00	182:30:00	91%
may-19	TV-(4)	2400:00:00	2073:55:00	74:15:00	157:20:00	15:45:00	78:45:00	97%
	MA-(3)	1800:00:00	1736:45:00	15:35:00	0:00:00	2:00:00	45:40:00	97%
	OTROS-(7)	2100:00:00	1883:15:00	31:15:00	2:30:00	0:30:00	182:30:00	91%
jun-19	TV-(4)	2400:00:00	2073:55:00	74:15:00	157:20:00	15:45:00	78:45:00	97%
	MA-(3)	1800:00:00	1736:45:00	15:35:00	0:00:00	2:00:00	45:40:00	97%
	OTROS-(7)	2100:00:00	1883:15:00	31:15:00	2:30:00	0:30:00	182:30:00	91%
jul-19	TV-(4)	2400:00:00	2097:45:00	12:15:00	136:45:00	4:15:00	149:00:00	94%
	MA-(3)	1800:00:00	1424:15:00	29:30:00	0:00:00	0:00:00	346:15:00	81%
	OTROS-(7)	2100:00:00	1714:30:00	35:45:00	18:30:00	0:00:00	331:15:00	84%
ago-19	TV-(4)	2400:00:00	2321:15:00	14:45:00	39:15:00	4:15:00	20:30:00	99%
	MA-(3)	1800:00:00	1512:15:00	30:40:00	24:00:00	24:45:00	208:20:00	88%
	OTROS-(7)	2100:00:00	2064:30:00	7:45:00	0:00:00	1:30:00	26:15:00	99%
sep-19	TV-(4)	2400:00:00	2258:15:00	18:00:00	97:40:00	5:05:00	21:00:00	99%
	MA-(3)	1800:00:00	1722:40:00	19:05:00	0:00:00	0:00:00	58:15:00	97%
	OTROS-(7)	2100:00:00	2084:15:00	15:45:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	100%
oct-19	TV-(4)	2400:00:00	2073:55:00	74:15:00	157:20:00	15:45:00	78:45:00	97%
	MA-(3)	1800:00:00	1736:45:00	15:35:00	0:00:00	2:00:00	45:40:00	97%
	OTROS-(7)	2100:00:00	1883:15:00	31:15:00	2:30:00	0:30:00	182:30:00	91%
nov-19	TV-(4)	2400:00:00	2126:25:00	50:50:00	155:55:00	29:30:00	37:20:00	98%
	MA-(3)	1800:00:00	1484:05:00	25:00:00	0:00:00	3:10:00	287:45:00	84%
	OTROS-(7)	2100:00:00	2056:45:00	8:30:00	7:00:00	0:00:00	27:45:00	99%
dic-19	TV-(4)	2400:00:00	2262:10:00	38:50:00	65:35:00	8:40:00	24:45:00	99%
	MA-(3)	1800:00:00	1636:05:00	45:10:00	0:00:00	1:00:00	117:45:00	93%
	OTROS-(7)	2100:00:00	1873:45:00	39:45:00	0:00:00	0:00:00	186:30:00	91%

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Anexo 2: Producción total de las piezas mecanizadas

Productos	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	TOTAL
Zapata-MN (Kg)	234,632	305,528	485,947	379,336	361,712	360,926	292,890	325,482	596,800	410,746	174,208	505,430	4,433,637
Cono-MN (Kg)	170,504	101,062	253,889	237,456	210,835	223,824	103,097	64,590	96,238	256,601	347,422	207,030	2,272,548
MN-otros (Kg)	77,740	4,856	7,253	3,342	45,338	4,827	34,828	11,538	40,418	12,565	41,004	18,009	301,718
Otros (Kg)	7,086	22,264	9,925	1,268	5,320	7,598	10,613	1,436	4,904	17,518	2,852	8,762	99,546
Roller-MN (Kg)	23,344	6,855	19,339	0	0	7,594	1,008	6,048	9,072	5,097	1,820	0	80,177
Piezas de empresa (Kg)	2,870	1,755	0	1,435	3,358	1,435	0	1,435	0	2,384	5,740	0	20,412
Total (Kg)	516,176	442,320	776,353	622,837	626,563	606,204	442,436	410,529	747,432	704,911	573,046	739,231	7,208,038



Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.

Anexo 3: Comparación de actividades del proceso actual y mejorado

Método de trabajo - Actual			Método de trabajo - Propuesto		
N°	Descripción	T.S (min.)	N°	Descripción	T.S (min.)
1	Recepción de zapata-MN en la zona despejada	12	1	Recepción de zapata-MN en la zona despejada	12
2	Preparación de la machina para zapata-MN	12	2	Preparación de la machina para zapata-MN	12
3	Transportar zapata-MN a la machina	3			
4	Montaje de zapata-MN a la machina	5	3	Montaje y Centrado de zapata-MN en la machina	27
5	Centrado de zapata-MN en la machina	27			
6	Preparación de mandrino nomura CNC	7	4	Preparación de mandrino nomura CNC	7
7	Transportar zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	5	5	Transportar zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	5
8	Montaje de zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	7	6	Montaje de zapata-MN con la machina al mandrino nomura CNC	7
9	Mecanizado zapata-MN	176	7	Mecanizado zapata-MN	176
10	Desmontaje de zapata-MN con la machina del mandrino nomura CNC	7	8	Desmontaje de zapata-MN con la machina del mandrino nomura CNC	7
11	Transportar zapata-MN con la machina a la meza de desmontaje	5			
12	Desmontaje de zapata-MN de la machina	7	9	Transportar zapata-MN con la machina a la meza de desmontaje	5
13	Transportar zapata-MN a la zona de inspección	3			
14	Inspección de acabado y medidas de zapata-MN	22	10	Desmontaje de zapata-MN de la machina	7
15	Almacenaje en zona despejada para ser enviada al área de acabados	11	11	Inspección de acabado y medidas de zapata-MN	22
TOTAL		309	TOTAL		287

Nota. Elaboración propia con datos de la empresa.