



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Lean Manufacturing para mejorar el tiempo de procesamiento de placas en
una empresa de estructuras metálicas

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Industrial

AUTOR(ES)

Rivera Vicente, Harold Luis
ORCID: 0009-0003-6686-5402

Saravia Hinostroza, Ingrid Monica
ORCID: 0009-0004-4048-545X

ASESOR

Rivera Lynch, Cesar Armando
ORCID: 0000-0001-9418-5066

Lima, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor(es)

Rivera Vicente, Harold Luis

DNI: 46058585

Saravia Hinostroza, Ingrid Monica

DNI: 74453497

Datos de asesor

Rivera Lynch, Cesar Armando

DNI: 07228483

Datos del jurado

JURADO 1

Cebreros Delgado De La Flor, Ada Cecilia

DNI: 07799520

ORCID: 0000-0002-0422-7427

JURADO 2

Falcon Tuesta, Jose Abraham

DNI: 08183404

ORCID: 0000-0002-1070-7304

JURADO 3

Saito Silva, Carlos Agustin

DNI: 07823525

ORCID: 0000-0002-8328-5157

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.11.04

Código del Programa: 722026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Rivera Vicente Harold Luis, con código de estudiante N°201211890, con DNI N°46058585, con domicilio en Mz H Lte 55 3era Etapa URB Pachacamac VES, distrito Villa el Salvador, provincia y departamento de Lima. y Saravia Hinostroza Ingrid Monica, con código de estudiante N°201310475, con DNI N°74453497, con domicilio en Jr. Los Huertos 1718, distrito San Juan de Lurigancho, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: “Lean Manufacturing para mejorar el tiempo de procesamiento de placas en una empresa de estructuras metálicas” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Rivera Lynch Cesar Armando, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 21% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 22 de noviembre de 2023



Rivera Vicente Harold Luis

DNI N°46058585



Saravia Hinostroza Ingrid Monica

DNI N°74453497

INFORME DE ORIGINALIDAD – TURNITIN

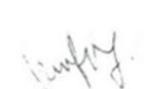
Lean Manufacturing para mejorar el tiempo de procesamiento de placas en una empresa de estructuras metálicas

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	21 %	1 %	7 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	7 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	7 %
3	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1 %
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
7	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	Submitted to Universidad de Lima Trabajo del estudiante	<1 %


Mg. Ing. Victor Manuel Thompson Schreiber
Coordinador Programa Titulación por Tesis - TITES
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres por ser un gran soporte y guía en cada paso que doy; que han sido participes en mi crecimiento personal y profesional, siendo pieza fundamental en desarrollo de la tesis.

Harold Rivera Vicente

Dedico esta tesis a Dios por ser mi guía y fortaleza para seguir adelante a pesar de las adversidades que se presentaban en mi camino, a mis padres por su comprensión y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, a mis hermanos y amistades que me apoyaron y motivaron a cumplir mis metas.

Ingrid Saravia Hinostroza

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento, primero a Dios y a nuestros padres que siempre nos brindaron su apoyo en todo momento, sobre todo en el desarrollo de la tesis. A nuestra Universidad Ricardo Palma, que nos brindó la oportunidad de desarrollar nuestras habilidades, adquiriendo los conocimientos de esta fascinante carrera; a la empresa Suministros FERMAR S.A por la disposición de aplicar nuestra investigación haciendo posible el desarrollo de nuestro proyecto; y finalmente, a nuestros docentes y familiares.

Harold Rivera e Ingrid Saravia

ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD – TURNITIN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	13
1.2.1 <i>Problema general</i>	13
1.2.2 <i>Problemas específicos</i>	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	13
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	13
1.4 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática	13
1.5 Importancia y justificación	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1 Marco histórico.....	19
2.2 Investigaciones del estudio de investigación.....	23
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	26
2.3.1 <i>Lean Manufacturing</i>	26
2.3.2 <i>Metodología 5S 3I</i>	
2.3.3 <i>Herramienta SMED</i>	41
2.3.4 <i>Estandarización del Trabajo</i>	53
2.4 Definición de términos básicos	58
2.5 Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis	61
2.6 Hipótesis	62
2.6.1 <i>Hipótesis General</i>	62
2.6.2 <i>Hipótesis específicas</i>	62
2.7 Variables.....	63
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	64
3.1 Enfoque, tipo, método y diseño de la investigación.....	64
3.2 Población y muestra	65
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	68
3.3.1 <i>Técnicas e instrumentos</i>	68

3.3.2	<i>Criterio de validez y confiabilidad</i>	69
3.3.3	<i>Procedimientos para la recolección de datos</i>	69
3.4	Descripción de procedimientos de análisis de datos	70
	CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	72
4.1	Presentación de resultados.....	72
4.2	Análisis de resultados	144
	CONCLUSIONES	161
	RECOMENDACIONES	162
	REFERENCIAS	163
	ANEXOS	167
	Anexo A: Matriz de Consistencia	167
	Anexo B: Matriz de Operacionalización	168
	Anexo C: Permiso de la empresa	169

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01 Indicador de problemas.....	6
Tabla 02 Porcentaje de Tiempos en el Procesamiento de Placas (Máquina CNC: KF-1606)	11
Tabla 03 Porcentaje de Tiempos en el Procesamiento de Placas (Máquina CNC: AMF Grande)	11
Tabla 04 Porcentaje de Tiempos en el Procesamiento de Placas (Máquina CNC: AMG Chica).....	12
Tabla 05 Separación y conversión de actividades internas y externas	49
Tabla 06 Ejemplo de reducción de tiempos (minutos) de Set Up de una máquina	51
Tabla 07 Reducción de tiempo (minutos) para el cambio de herramienta	52
Tabla 08 Número de puestos de trabajo antes y después de la implementación de SMED	53
Tabla 09 Unidad de análisis, población y muestra PRE y POST por cada una de las variables	67
Tabla 10 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	69
Tabla 11 Técnicas de procesamiento de análisis de datos	71
Tabla 12 Formato de registro documental sobre el tiempo de preparación de la máquina	74
Tabla 13 Cálculo de los porcentajes de los tiempos de preparación de las máquinas -Pre Test.....	75
Tabla 14 Porcentajes de los tiempos de preparación de las máquinas -Pre Test	76
Tabla 15 Elementos externos e internos – Máquina KF1606	81
Tabla 16 Elementos externos e internos – Máquina AMG Grande	81
Tabla 17 Elementos externos e internos – Máquina AMG Chica	82
Tabla 18 Check List de cambio de Plan de Corte	83
Tabla 19 Actividades del cambio de elemento – Máquina KF 1606.....	85
Tabla 20 Actividades del cambio de elemento – Máquina AMG Grande.....	86
Tabla 21 Actividades del cambio de elemento – Máquina AMG Chica	86
Tabla 22 Racionalización de elementos externos e internos – Máquina KF1606.....	88
Tabla 23 Racionalización de elementos externos e internos – Máquina AMG Grande	89
Tabla 24 Racionalización de elementos externos e internos – Máquina AMG Chica... ..	89

Tabla 25 Cálculo de los porcentajes de los tiempos de preparación de las máquinas - Post Test.....	96
Tabla 26 Porcentajes de los tiempos de preparación de las máquinas -Post Test.....	97
Tabla 27 Formato de registro documental sobre el tiempo improductivo de la mano de obra	99
Tabla 28 Cálculo de los porcentajes de los tiempos improductivos de la mano de obra - Pre Test	100
Tabla 29 Porcentajes de los tiempos improductivos de la mano de obra -Pre Test.....	101
Tabla 30 Registro de observación fotográfico	104
Tabla 31 Cálculo de los porcentajes de los tiempos improductivos de mano de obra - Post Test.....	123
Tabla 32 Porcentajes de los tiempos improductivos de la mano de obra -Post Test ...	124
Tabla 33 Formato de registro documental sobre el tiempo de codificación y descarga	125
Tabla 34 Cálculo de los porcentajes de los tiempos de codificación y descarga -Pre Test	126
Tabla 35 Porcentajes de los tiempos de codificación y descarga -Pre Test.....	127
Tabla 36 Tiempo estándar en el procesamiento de placas – máquina KF1606.....	130
Tabla 37 Tiempo estándar en el procesamiento de placas – máquina AMG Grande .	131
Tabla 38 Tiempo estándar en el procesamiento de placas – máquina AMG Chica	131
Tabla 39 Hoja de capacidad del proceso – máquina KF1606.....	132
Tabla 40 Hoja de capacidad del proceso – máquina AMG Grande.....	132
Tabla 41 Hoja de capacidad del proceso – máquina AMG Chica	132
Tabla 42 Tabla de operaciones del proceso– máquina KF1606	133
Tabla 43 Tabla de operaciones del proceso – máquina AMG Grande	134
Tabla 44 Tabla de operaciones de proceso – máquina KF1606	134
Tabla 45 Cálculo de los porcentajes de los tiempos de codificación y descarga -Post Test.....	142
Tabla 46 Porcentajes de los tiempos de codificación y descarga -Post Test	143
Tabla 47 Resumen de resultados.....	144
Tabla 48 Valores Pretest obtenidos – Primera hipótesis.....	146
Tabla 49 Valores Posttest obtenidos – Primera hipótesis	147
Tabla 50 Valores Pretest obtenidos – Segunda hipótesis.....	151
Tabla 51 Valores Posttest obtenidos – Segunda hipótesis	152

Tabla 52 Valores Pretest obtenidos – Tercera hipótesis	156
Tabla 53 Valores Posttest obtenidos – Tercera hipótesis.....	157
Tabla 54 Matriz de consistencia	167
Tabla 55 Matriz de operacionalización.....	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 Planta de Villa el Salvador (área de 16,500 mt ²).....	4
Figura 02 Secuencia de la línea de producción	5
Figura 03 Gráfico de Pareto.....	6
Figura 04 Diagrama de Actividades del proceso	7
Figura 05 Diagrama de Ishikawa	8
Figura 06 Esquema de los 5 por qué.....	9
Figura 07 Proceso de corte por plasma (Máquina CNC KF-1606)	10
Figura 08 Representación Gráfica de los tiempos	12
Figura 09 Mapa de ubicación y la Empresa.....	14
Figura 10 Línea de Tiempo: "Origen del Lean Manufacturing"	22
Figura 11 Adaptación Conceptualizada de la Casa Toyota	27
Figura 12 Problemas de sobreproducción.....	29
Figura 13 El camino de la maduración Lean	30
Figura 14 Las 7 eficacias	32
Figura 15 Etapas de la implementación de la metodología 5'S.....	33
Figura 16 Diagrama de flujo de la clasificación Seiri	34
Figura 17 Tarjeta Roja	35
Figura 18 Ubicación de objetos por frecuencia de uso.....	36
Figura 19 Código de etiquetado por color	37
Figura 20 Tarjeta Amarilla	39
Figura 21 Metodología SMED	46
Figura 22 Pasos para implementar la metodología de trabajo estandarizado	56
Figura 23 Hoja de Capacidad de Proceso	56
Figura 24 Hoja de Combinación de trabajo estandarizado	57
Figura 25 Cuadro de trabajo estandarizado	57
Figura 26 Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis.....	62
Figura 27 Diagrama de Ishikawa –Tiempo elevado de procesamiento de placas	73
Figura 28 Secuencia de pasos para aplicar la herramienta SMED	77
Figura 29 DAP Máquina KF1606 antes de la prueba piloto	78
Figura 30 DAP Máquina AMG Grande antes de la prueba piloto	79
Figura 31 DAP Máquina AMG Chica antes de la prueba piloto	80
Figura 32 Diagrama de Spaguetti	82

Figura 33 Herramientas del cambio de Plan de corte	84
Figura 34 DAP Máquina KF-1606 después de la prueba piloto.....	91
Figura 35 DAP Máquina AMG Grande después de la prueba piloto	92
Figura 36 DAP Máquina AMG Chica después de la prueba piloto	93
Figura 37 Mesas de trabajo por máquinas Nota. FERMAR S.A.....	95
Figura 38 Secuencia de pasos para aplicar la Metodología 5s	102
Figura 39 Cronograma del plan piloto de implementación de las 5S.....	103
Figura 40 Diagnóstico inicial 5S	106
Figura 41 Reporte de objetos clasificados	106
Figura 42 Lista de clasificación de tarjetas rojas.....	107
Figura 43 Reporte de objetos no necesarios	107
Figura 44 Preguntas de Evaluación- Etapa Seiri	108
Figura 45 Orden de ubicación de objetos	108
Figura 46 Estante de herramientas y consumibles.....	109
Figura 47 Antes y Después de los retazos	109
Figura 48 Antes y Después del estante de herramientas.....	110
Figura 49 Preguntas de Evaluación- Etapa Seiton.....	110
Figura 50 Uso de tarjeta amarilla en la zona KF-1606.....	111
Figura 51 Flyer de campaña de limpieza	111
Figura 52 Programa de limpieza y Mantenimiento	112
Figura 53 Check list para la limpieza	112
Figura 54 Antes y después de la limpieza en la zona KF-1606.....	113
Figura 55 Preguntas de Evaluación- Etapa Seiso	113
Figura 56 Afiche 5S.....	114
Figura 57 Charla de 5 minutos 5s	115
Figura 58 Formato de Evaluación de la implementación de las 3'S	116
Figura 59 Preguntas de Evaluación- Etapa Seiketsu	116
Figura 60 Resultado de personas que escucharon sobre la metodología 5S.....	117
Figura 61 Resultado de personas que aprendieron a implementar la 1ra S.....	118
Figura 62 Resultado de personas que aprendieron a implementar la 2da S	118
Figura 63 Resultado de la frecuencia que se deben implementar las campañas de limpieza.....	119
Figura 64 Resultado de personas que sintieron que sus actividades ahora se realizan más rápido	119

Figura 65 Preguntas de Evaluación- Etapa Shitsuke	120
Figura 66 Diagnóstico final 5S	120
Figura 67 Antes y después de la zona de trabajo de la máquina KF-1606.....	122
Figura 68 Secuencia de pasos para aplicar la estandarización del trabajo	128
Figura 69 Participación del material habilitado por proyecto	129
Figura 70 Análisis de Situación Actual - máquina KF1606.....	135
Figura 71 Análisis de Situación Actual - máquina AMG Grande.....	135
Figura 72 Análisis de Situación Actual - máquina AMG Chica	136
Figura 73 Hoja de combinación de trabajo estandarizado - máquina KF1606.....	137
Figura 74 Hoja de combinación de trabajo estandarizado - máquina AMG Grande...	137
Figura 75 Hoja de combinación de trabajo estandarizado - máquina AMG Chica.....	138
Figura 76 Hoja de instrucción de trabajo estandarizado - máquina KF1606	138
Figura 77 Hoja de instrucción de trabajo estandarizado - máquina AMG Grande	139
Figura 78 Hoja de instrucción de trabajo estandarizado - máquina AMG Chica	139
Figura 79 Actividad de codificación de placas.....	140
Figura 80 Separadores metálicos	141
Figura 81 Secuencia de aplicación de pruebas para variable cuantitativa.....	145
Figura 82 Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Primera hipótesis.....	147
Figura 83 Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Primera hipótesis	148
Figura 84 Etapas para la contrastación de hipótesis – Variable 1	149
Figura 85 Resultado de la prueba de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Primera hipótesis.....	149
Figura 86 Estadísticos descriptivos – Primera hipótesis.....	150
Figura 87 Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Segunda hipótesis.....	151
Figura 88 Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Segunda hipótesis	153
Figura 89 Etapas para la contrastación de hipótesis – Variable 2	153
Figura 90 Resultado de la prueba de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Segunda hipótesis.....	154
Figura 91 Estadísticos descriptivos – Segunda hipótesis	155
Figura 92 Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Tercera hipótesis	156
Figura 93 Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Tercera hipótesis.....	158
Figura 94 Etapas para la contrastación de hipótesis – Variable 3	158
Figura 95 Resultado de la prueba de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Tercera hipótesis	159

Figura 96 Estadísticos descriptivos – Tercera hipótesis 160

RESUMEN

El presente trabajo de investigación muestra los principales problemas identificados en el proceso de procesamiento de placas en la línea de cartelería del área de habilitado de la empresa materia del presente estudio, la misma que es una organización del rubro metalmeccánico dedicada al diseño, fabricación y comercialización de estructuras metálicas.

Ante ello se identificó que, mediante la implementación de herramientas del Lean Manufacturing se reduce el tiempo de procesamiento de placas en el proceso de las 3 principales máquinas del área de habilitado, que son las máquinas CNC Plasma KF1606, AMG Grande y AMG Chica.

Con el objetivo de reducir el tiempo de preparación de máquina, tiempo improductivo de mano de obra y el tiempo de codificación y descarga de placas, las mejoras implementadas se realizaron mediante herramientas de ingeniería como el diagrama de Ishikawa, estudio de tiempos y la aplicación de las herramientas del lean Manufacturing como el SMED y la metodología 5S.

El objetivo principal de esta investigación planteó reducir el tiempo de procesamiento de placas, para mejorar la eficiencia en la línea de producción de la empresa para el incremento de la producción con la finalidad de cumplir los plazos de entrega del material al siguiente proceso de estructurado.

El análisis de los datos se dio en el período marzo a mayo del año 2022, el cual fue utilizado para hacer de símil con sus posteriores datos para el período agosto a octubre, del mismo año.

Para cumplir con el objetivo, en principio se determinó el marco metodológico donde se establece el enfoque cuantitativo, el tipo de investigación aplicada, el método de la investigación explicativo y el diseño de investigación experimental de tipo cuasi-experimental.

Con la implementación del Lean Manufacturing en la cual se utilizó herramientas reduciendo el tiempo de procesamiento de placas, como el SMED en un 4.43%, la metodología 5S en un 5.50% y la estandarización del trabajo en un 4.82%.

Palabras Claves: Lean Manufacturing, SMED, metodología 5S, trabajo estandarizado.

ABSTRACT

The present research work shows the main problems identified in the plate processing process in the signage line of the authorized area of the company that is the subject of this study, which is an organization in the metalworking sector dedicated to design, manufacturing and marketing. of metal structures.

Given this, it was identified that, through the implementation of Lean Manufacturing tools, the plate processing time is reduced in the process of the 3 main machines in the enabling area, which are the CNC Plasma KF1606, AMG Grande and AMG Chica machines.

With the objective of reducing machine setup time, unproductive labor time, and plate coding and unloading time, the improvements implemented were made using engineering tools such as the Ishikawa diagram, time study and the application of lean manufacturing tools such as SMED and the 5S methodology.

The main objective of this research was to reduce the plate processing time, to improve efficiency in the company's production line to increase production in order to meet the delivery times of the material to the next structuring process.

The data analysis occurred in the period March to May 2022, which was used to make a comparison with its subsequent data for the period August to October, of the same year. To meet the objective, in principle the methodological framework was determined where the quantitative approach, the type of applied research, the explanatory research method and the quasi-experimental experimental research design were established.

With the implementation of Lean Manufacturing in which tools were used to reduce plate processing time, such as SMED by 4.43%, the 5S methodology by 5.50% and work standardization by 4.82%.

Keywords: Lean Manufacturing, SMED, 5S methodology, standardized work.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación busca reducir el tiempo de procesamiento de placas mediante la implementación del lean Manufacturing en el área de habilitado en una empresa de estructuras metálicas.

Los objetivos de esta investigación son implementar la metodología Lean Manufacturing para así reducir el tiempo de procesamiento de placas en las 3 principales máquinas del área de habilitado; metodologías como la de implementar la herramienta SMED para reducir el tiempo de preparación de máquina, la metodología 5S para reducir el tiempo improductivo de mano de obra y por último la estandarización del trabajo para reducir el tiempo de codificación y descarga de placas en el proceso de procesamiento de placas , siendo las operaciones finales del proceso por máquina.

El presente estudio surge por la necesidad y evidencia de resolver los problemas identificados en la empresa materia del presente trabajo de investigación y ante ello plantear una propuesta que permita solucionar el problema identificado mediante la aplicación de herramientas estudiadas a través de la carrera de ingeniería industrial.

Para este análisis, se tiene una empresa con más de quince años laborando en el sector metalmeccánico, dedicada al diseño, fabricación y comercialización de estructuras metálicas y rejillas, ubicada en el distrito de Villa el Salvador en Lima.

Poseen una amplia cartera de clientes muy exigentes que son principalmente para proyectos mineros e infraestructura a nivel nacional e internacional; es por ello, que se requiere un cumplimiento de entrega de las estructuras metálicas en los plazos establecidos para el montaje en obra, es ahí la importancia del área de producción, que inicia en el habilitado de placas y perfiles, cuyo objetivo como área es entregar la carga de material con calidad en el tiempo establecido ,ya sea la cartelería que son las placas de acero como los perfiles que son las vigas o ángulos para un siguiente proceso de armado y soldeo.

El problema identificado de los elevados tiempos en el proceso de procesamiento de placas en el área de habilitado, conllevan a los retrasos en la línea de producción de las estructuras finales en la empresa, producto de ello se generan penalidades económicas y retrasos en los montajes de obra por parte de los clientes de la empresa.

Como área de habilitado en la línea de producción de la empresa es producir de manera segura, eficiente y a tiempo, para la entrega de la carga al siguiente proceso de armado y soldeo.

El desarrollo de la investigación se ha estructurado en cuatro (4) capítulos, los cuales se detalla a continuación:

En el primer capítulo se presenta el desarrollo y descripción del problema, así como también plantea el objetivo general y específicos, la justificación e importancia de la investigación, lo que permite identificar las causas y consecuencias de los problemas identificados.

En el segundo capítulo se desarrollan los antecedentes de la investigación, tanto nacionales como internacionales, así como todo lo relacionado al marco conceptual y marco histórico de las variables involucradas en el presente estudio, que permitan comprender mejor la problemática.

En el tercer capítulo se plantea la metodología que puede ser abordada en el estudio, estableciendo el enfoque, tipo, nivel y el diseño de investigación. Así mismo, describe la población y muestra, técnicas e instrumentos de investigación, la descripción del procesamiento de análisis de información.

En el cuarto capítulo se desarrolla el planteamiento de la solución, cuyo capítulo se desagrega describiendo en principio la metodología de solución, que compre la identificación del problema, análisis de las causas y efectos que generan dichas problemáticas, identificación de los objetivos y el planteamiento de alternativas de solución.

Luego, se describe en detalle y paso a paso las características de la propuesta de la solución que permitirían lograr los objetivos propuestos y por último presenta el diseño de la solución, la cual es un bosquejo de lo que se hará en realidad para alcanzar el objetivo de la investigación.

Finalmente, el trabajo de investigación busca ser referente para futuros estudios de implementación de la metodología Lean Manufacturing con la finalidad de reducir los tiempos en su proceso productivo en una empresa de estructuras metálicas, con herramientas de la ingeniería industrial, como el Lean Manufacturing que contribuyan al cumplimiento de los plazos de entrega de dichas estructuras hacia los clientes, que son principalmente los proyectos mineros y de infraestructura.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La empresa Suministros FERMAR SA es una compañía peruana fundada el año 1996, especializada en la producción, comercialización e instalación de estructuras metálicas en los proyectos mineros, energía e hidrocarburos; y principalmente en el Sector Metalmeccánico.

Cuenta con plantas industriales ubicadas en el distrito de Villa el Salvador con un área de 16,500 mt², y también en Chilca con un área de 30,000 mt², Lima. Perú; las cuales están equipadas con maquinarias de última generación.

El sector manufacturero a nivel nacional se encuentra en un incremento del 4.7% con respecto al año 2021, debido al incremento del sector secundario y el aumento de las exportaciones industriales, señaló el representante legal del Ministerio de la Producción (Produce), Jorge Luis Prado. “El incremento del sector es positivo 5.3% superior al de marzo del 2019, etapa antes de la pandemia”, precisó. En la manufactura, el alza en la fabricación de bienes intermedios como estructuras metálicas (68.7%), productos químicos (54.7%), pintura y barnices (37%), cemento, cal y yeso (14.2%), benefició con un mayor requerimiento en el sector construcción, explicó. (Sector manufactura crece 4.7% según el Ministerio de la Producción, 2022).

La empresa Suministros FERMAR S.A cuenta actualmente en el año 2023, con una capacidad de producción promediado en 500 toneladas/mes, debido a que cuenta como ya mencionamos líneas arriba de una amplia infraestructura las cuáles cuentan con los equipamientos necesarios (máquinas de corte y de taladrado CNC de cartelas y perfiles , máquina granalladora para estructuras de grandes volúmenes , cabinas para pintado, puentes grúa, etc.), infraestructura de almacenamiento de materia prima, área de corte, habilitado, soldadura, granallado, pintado, embalaje y despacho.(Fernandini, 2023).

El superintendente del área de Estructurado preciso que “La fabricación de estructuras livianas, medianas y pesadas están dentro de nuestro alcance, incluyendo las pruebas de norma y las solicitadas según el requerimiento del cliente. Contamos con operarios calificados y trabajamos con estándares en cada elemento, brindando además un soporte técnico y de control de calidad especializado”. (Lopez,2023).

En la Figura 01 se muestra la planta de la empresa ubicada en villa el salvador. (Ver Figura 01)

Figura 01

Planta de Villa el Salvador (área de 16,500 mt²)



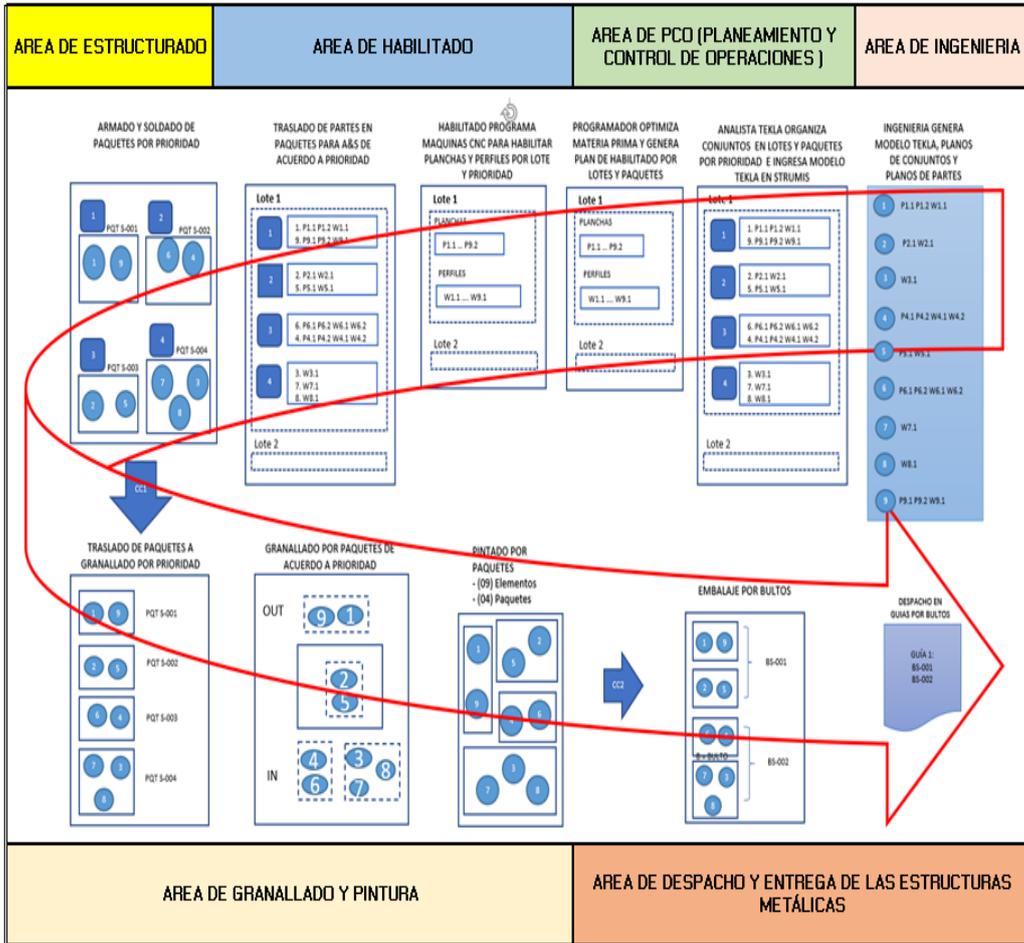
Nota. Empresa de estudio <https://www.fermarperu.com/> capturado el 01/03/2022

En la actualidad la empresa Suministros FERMAR S.A, se encarga del diseño, fabricación y comercialización de estructuras metálicas, teniendo una cartera de clientes. El contrato con dichos clientes se denominan proyectos, en donde sus plazos de entrega se dan en mediano y largo plazo; debido a la magnitud de sus elementos o tipo de estructuras, para la fabricación de puentes, enrejados, conformados, vigas, columnas, canales etc. Actualmente los proyectos continúan en el tiempo por la diversidad de sus requerimientos en distintas estructuras solicitadas, mencionadas anteriormente.

Debido a la gran magnitud de las estructuras metálicas solicitadas por los proyectos, dichos proyectos se clasifican en zonas, cada zona por tarea o lote, cada lote por paquete, cada paquete por marca, cada marca por elemento de marca y cada elemento de marca por prioridad. Dicha programación se lleva a cabo para el seguimiento y el avance de la estructura en las distintas áreas involucradas en el proceso.

Figura 02

Secuencia de la línea de producción



Nota. Suministros FERMAR SA

Elaboración propia

Se logra observar en la Figura 02, cada sección forma parte de la secuencia de la línea de producción y ante cualquier problema presentado en ellos, impactaran en el retraso de la entrega de la estructura final del proyecto. (Ver Figura 02)

Se pudo analizar los problemas presentados en la empresa considerando los factores que se muestran en la tabla 01, Indicador de problemas, ordenado de mayor a menor ocurrencias por mes, que impactan el retraso de entrega de la estructura final de un proyecto (Ver Tabla 01)

Tabla 01

Indicador de problemas

Problemas	Frecuencia (Número de ocurrencias por mes)	P.Acumulado	Acumulado
Tiempo elevado en la preparación de las máquinas	10	33.33%	10
Tiempo elevado de la mano de obra improductiva	8	60.00%	18
Tiempo elevado en la codificación y descarga	6	80.00%	24
Estructuras rechazadas por calidad	2	86.67%	26
Retrasos en el Armado y soldeo de estructuras	1	90.00%	27
Falta de material emitido por PCO	1	93.33%	28
Falta de entrega de planos a tiempo por parte Ingeniería	1	96.67%	29
Demoras en el pintado de estructuras	1	100.00%	30

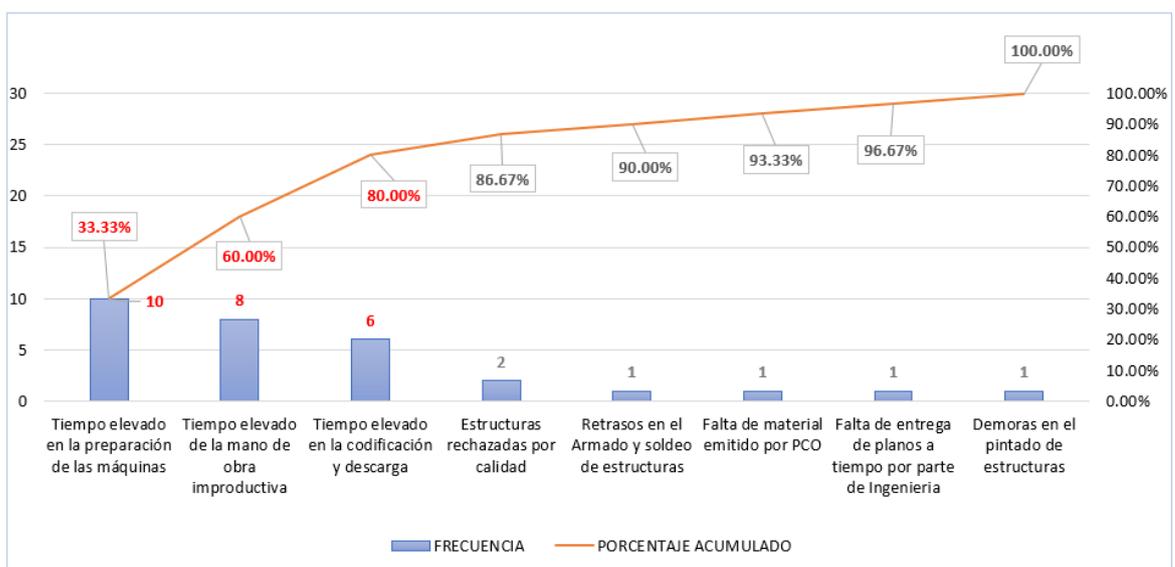
Nota. Suministros FERMAR SA

Elaboración propia

Asimismo, ya con el detalle de la problemática en la empresa, también se desarrolló el gráfico de Pareto, como se puede mostrar en la Figura 03, donde se puede percibir el problema del tiempo elevado en la preparación de las máquinas, el tiempo elevado de la mano de obra improductiva y el tiempo elevado en la codificación y descarga de placas representan el 80% de los problemas en la empresa, siendo las que tienen mayor ocurrencia por mes. (Ver Figura 03)

Figura 03

Gráfico de Pareto



Nota. Suministros FERMAR SA

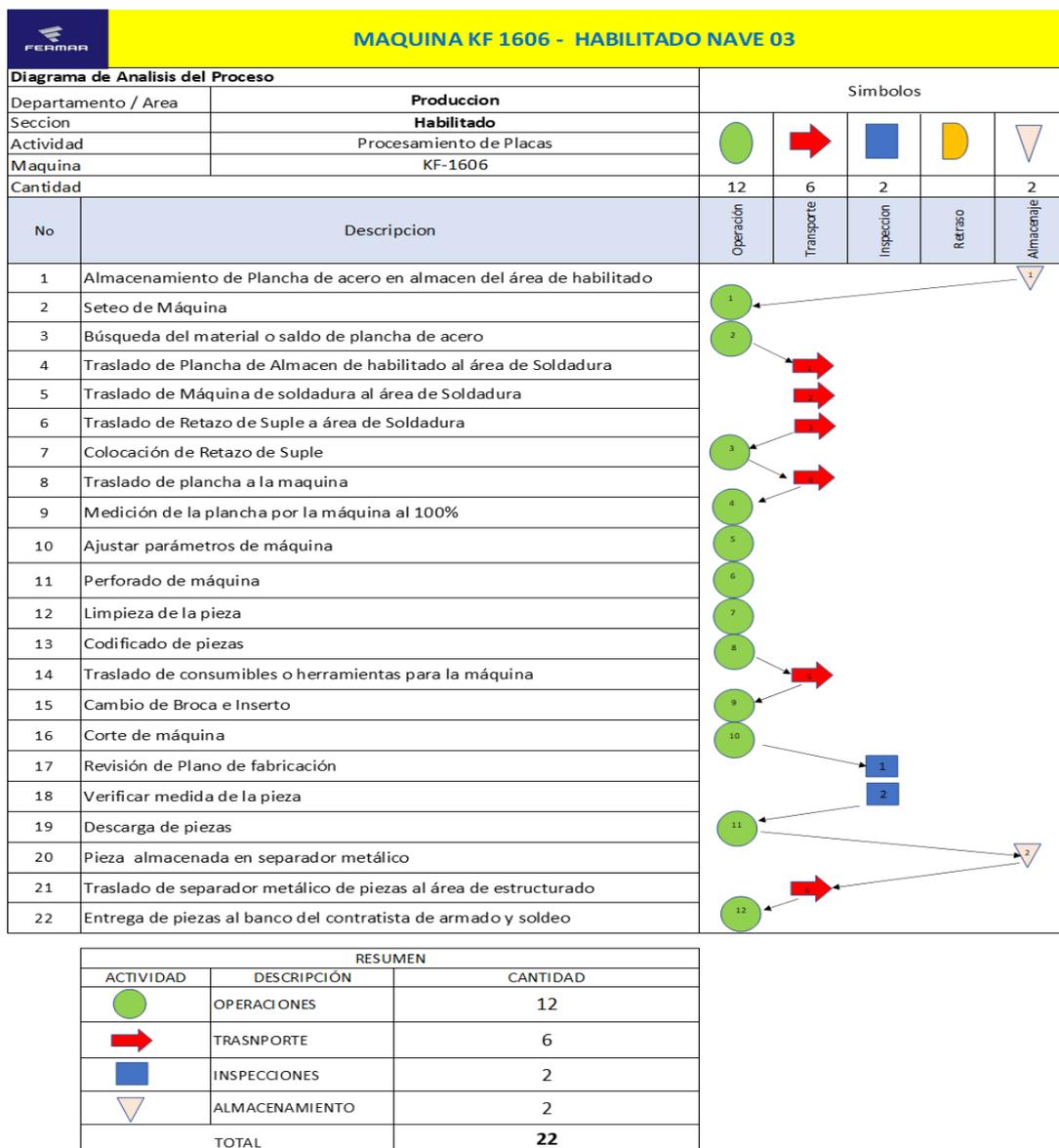
Elaboración propia

El enfoque de la investigación se encuentra en el área de habilitado que pertenece a la línea de producción en la empresa de estructuras metálicas, dentro de esta se aprecia el proceso de procesamiento de placas realizadas por las máquinas CNC pertenecientes al área.

En la Figura 04 se observa un diagrama que se realizó luego de proceder a conocer las etapas del proceso de procesamiento de placas, para lo cual se utilizó como herramienta la observación y se elaboró el diagrama de actividades del proceso. (Ver Figura 04)

Figura 04

Diagrama de Actividades del proceso



Nota. Suministros FERMAR SA

Elaboración propia

A continuación, la Figura 05, muestra el diagrama de Ishikawa, que permite determinar las principales causas que origina el tiempo elevado de procesamiento de placas en el área de habilitado y que impactaran en el retraso de la entrega de las placas al siguiente proceso de estructurado. (Ver Figura 05)

Figura 05

Diagrama de Ishikawa



Nota. Suministros FERMAR SA

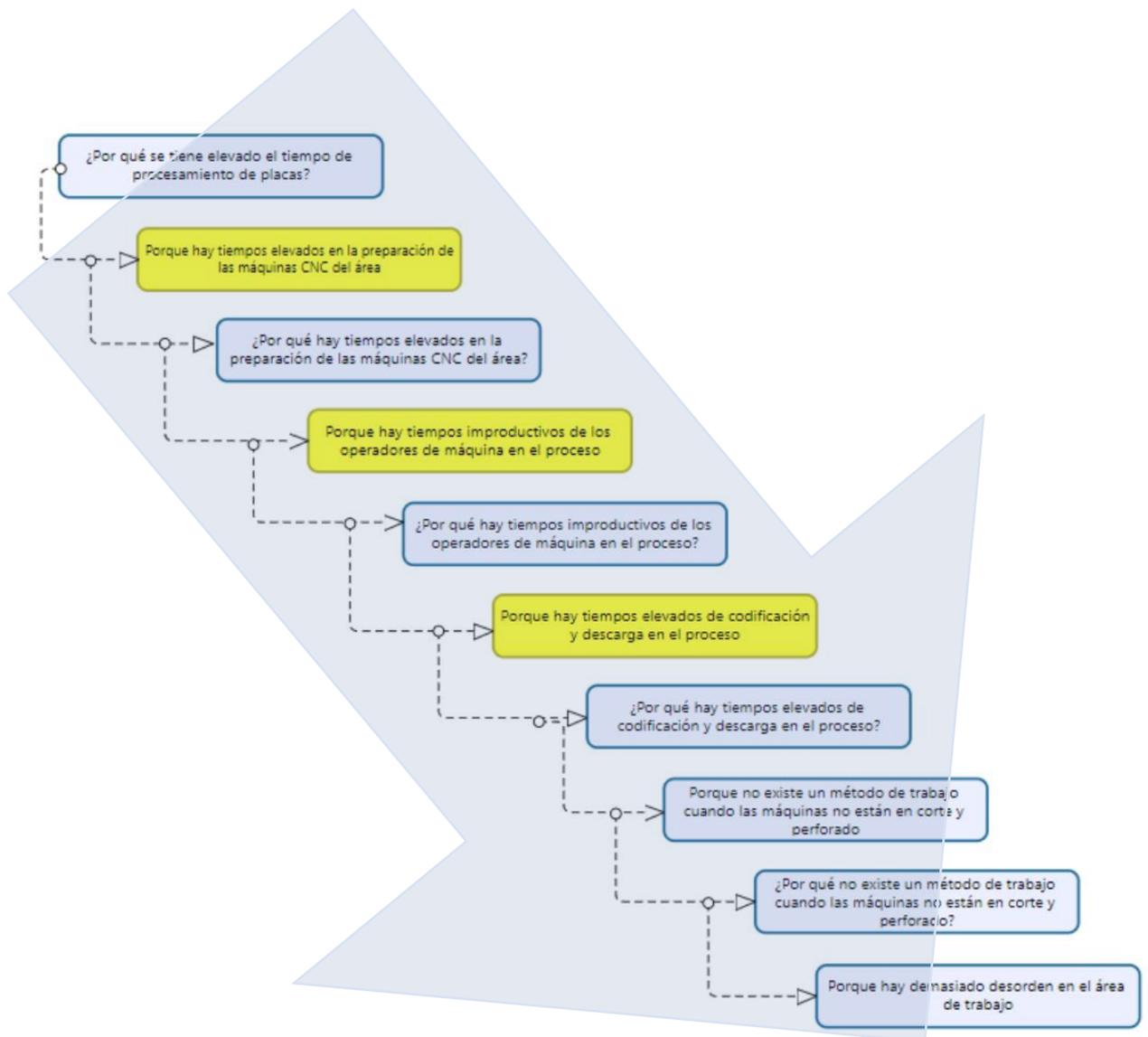
Elaboración propia

Luego de analizar el diagrama de Ishikawa, se puede apreciar, que, al no tener una metodología de trabajo definido en las diferentes etapas del proceso, origina un elevado tiempo en el procesamiento de placas.

Se puede revisar que en la Figura 06, el esquema de los 5 por qué, muestra las causas de los problemas en la empresa. (Ver Figura 06)

Figura 06

Esquema de los 5 por qué



Nota. Suministros FERMAR SA

Elaboración propia

A lo largo de los años en la empresa Suministros FERMAR SA, como parte de la línea de producción, el área de habilitado ha tomado un papel importante; sin embargo los elevados tiempos de procesamiento de placas en el área se debió a que la carga planificada por planes de corte según las programaciones excedían la capacidad y la otra parte fue por no contar con metodologías de trabajo para la carga planificada semanalmente; razón por la cual los problemas en el área de habilitado, trajeron como consecuencia retraso en el cumplimiento de entrega de la carga al siguiente proceso de estructurado.

Dichos retrasos impactan en el cumplimiento de entrega de la estructura final al cliente por proyecto, generando como consecuencia penalidades económicas por parte de los clientes y peor aún la pérdida de ellos.

La empresa ha implementado en sus planes de trabajo para mejorar dicha problemática programas de mantenimiento preventivo, contratación de personal capacitado, capacitaciones trimestrales a los operadores de máquina, check list de máquinas por parte de los operadores.

Los factores que influyen en el elevado tiempo de procesamiento de placas en el área de habilitado son: el tiempo de preparación de máquina, puntualmente por las actividades previas al inicio del maquinado; el tiempo improductivo de la mano de obra, ya que debido a la desorganización del área genera retrasos en el proceso y por último el tiempo de codificación y descarga de las placas, debido a la falta de un método estandarizado se generan tiempos elevados.

A continuación, en la Figura 07 muestra una imagen del proceso de corte por parte la máquina CNC KF-1606 durante el proceso de procesamiento de placas. (Ver Figura 07)

Figura 07

Proceso de corte por plasma (Máquina CNC KF-1606)



Nota. Empresa de estudio capturado el 01/03/2022 10:00am

El proceso de procesamiento de placas es realizado por tres máquinas del área de habilitado, que son las máquinas plasma CNC: KF-1606, AMG Grande y AMG Chica. Para la situación actual se recoge información de la semana 9 hasta la semana 18 del 2022, bajo las mismas condiciones de producción como la misma cantidad de lotes de placas y espesor de las planchas de acero, teniendo un impacto en sus indicadores de los factores que influyen el elevado tiempo de procesamiento de placas como se muestran en las tablas a continuación. (Ver Tablas 02,03 y 04)

En la Tabla 02 se muestra el promedio de los tiempos tomados durante 10 semanas en la Máquina KF -1606.

Tabla 02

Porcentaje de Tiempos en el Procesamiento de Placas (Máquina CNC: KF-1606)

%Tiempos	Semanas									
	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18
Tiempo de preparación de máquina	19.27%	17.54%	20.00%	20.26%	19.82%	20.57%	20.34%	18.56%	20.83%	20.39%
Tiempo improductivo de mano de obra	15.10%	15.17%	14.07%	16.52%	19.35%	16.00%	16.95%	15.46%	14.58%	15.53%
Tiempo de codificación y descarga	25.00%	22.75%	24.44%	25.77%	25.35%	25.71%	25.42%	25.77%	25.00%	21.36%
Tiempo de Corte y Perforado	65.38%	67.06%	65.69%	62.96%	60.58%	63.17%	62.46%	65.72%	64.34%	63.87%

Nota. Suministros FERMAR SA

Elaboración propia

En la Tabla 03 se muestra el promedio de los tiempos tomados durante 10 semanas en la Máquina AMG grande.

Tabla 03

Porcentaje de Tiempos en el Procesamiento de Placas (Máquina CNC: AMF Grande)

%Tiempos	Semanas									
	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18
Tiempo de preparación de máquina	20.16%	19.44%	19.19%	19.13%	18.52%	18.66%	18.87%	18.56%	20.33%	20.44%
Tiempo improductivo de mano de obra	15.32%	15.56%	15.15%	16.52%	15.87%	16.42%	16.04%	15.46%	14.84%	14.60%
Tiempo de codificación y descarga	24.19%	25.00%	25.25%	24.35%	25.40%	22.39%	24.53%	25.77%	23.08%	24.09%
Tiempo de Corte y Perforado	40.33%	40.00%	40.41%	40.00%	40.21%	42.53%	40.56%	40.21%	41.75%	40.87%

Nota. Suministros FERMAR SA

Elaboración propia

En la Tabla 04 se muestra el promedio de los tiempos tomados durante 10 semanas en la AMG Chica.

Tabla 04

Porcentaje de Tiempos en el Procesamiento de Placas (Máquina CNC: AMG Chica)

%Tiempos	Semanas									
	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18
Tiempo de preparación de máquina	20.25%	19.25%	20.72%	20.75%	19.88%	17.65%	20.15%	19.00%	20.61%	20.59%
Tiempo improductivo de mano de obra	15.34%	14.08%	15.14%	15.09%	15.20%	15.88%	15.67%	15.00%	15.27%	14.12%
Tiempo de codificación y descarga	25.77%	25.35%	24.70%	25.16%	23.39%	25.88%	25.37%	25.00%	23.66%	23.53%
Tiempo de Corte y Perforado	38.64%	41.32%	39.44%	39.00%	41.53%	40.59%	38.81%	41.00%	40.46%	41.76%

Nota. Suministros FERMAR SA

Elaboración propia

En la Figura 08 se muestra que, en promedio los tiempos de preparación de las máquinas, tiempos improductivos de mano de obra y tiempos de codificación y descarga representan un 20%, 15% y 25%, respectivamente del tiempo total del procesamiento de placas. (Ver figura 08)

Figura 08

Representación Gráfica de los tiempos



Nota. Suministros FERMAR SA

Elaboración propia

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo mejorar el tiempo de procesamiento de placas en una empresa de estructuras metálicas?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo reducir el tiempo de preparación de la máquina?
- b) ¿Cómo reducir el tiempo improductivo de la mano de obra?
- c) ¿Cómo reducir el tiempo de codificación y descarga?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Implementar la metodología Lean Manufacturing para mejorar el tiempo de procesamiento de placas en una empresa de estructuras metálicas

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Implementar la Herramienta SMED para reducir el tiempo de preparación de la máquina.
- b) Implementar la Metodología 5S para reducir el tiempo improductivo de la mano de obra.
- c) Implementar la Estandarización del Trabajo para reducir el tiempo de codificación y descarga.

1.4 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática

✓ Delimitación espacial

La investigación y recolección de datos, se realiza en el área de habilitado de la sede Villa El Salvador de la empresa Suministros FERMAR S.A., en la Figura 09 se muestra que está ubicado en Calle 2 Manzana. N Lote. 3 y 4. Cooperativa Las Vertientes del distrito de Villa El Salvador. Lima- Perú. (Ver Figura 09)

Figura 09

Mapa de ubicación y la Empresa



Nota. Google

✓ **Delimitación temporal**

Los datos que comprenden la investigación presente, es desde febrero 2022 hasta octubre 2022, tiempo en el cual se analizarán, propondrán y ejecutarán cambios en el área de habilitado:

- Periodo pre: de febrero a mayo 2022
- Periodo de implementación: de mayo a julio del 2022
- Periodo post: de agosto a octubre del 2022

✓ **Delimitación teórica**

La investigación se basará en aplicar la metodología Lean Manufacturing para mejorar el tiempo de procesamiento de placas mediante las herramientas SMED, la Estandarización de Trabajo y las 5'S.

1.5 **Importancia y justificación**

✓ **Importancia**

Esta investigación es importante, ya que beneficiará a las empresas del rubro de estructuras metálicas que deseen la implementación de herramientas y técnicas de Lean Manufacturing para reducir los tiempos improductivos del operario, desde la preparación de la máquina de corte hasta el codificado y descarga a la siguiente área a fin de cumplir con los plazos de entrega proyectados, aprovechando los recursos disponibles del área.

En el rubro de estructuras metálicas es de suma importancia el cumplimiento de las fechas de entrega de cada proyecto, ya que puede significar pérdida económica debido a las

penalizaciones; y también se puede obtener el beneficio de presentar cotizaciones con el menor tiempo de entrega en las convocatorias.

Nuestra investigación será la aplicación de una sólida estructura teórica de Lean Manufacturing, puntualmente con 3 Herramientas que facilitaran las mejoras presentadas en el proceso de procesamiento de placas.

Al ser una aplicación concreta, se da referencia que es una aplicación real de dichas herramientas del Lean Manufacturing, reduciendo los tiempos en las oportunidades presentadas en el proceso, lo que genera el retraso de la entrega del material a la siguiente área de estructurado.

En la investigación se está desarrollando la herramienta SMED, 5S' y estandarización de trabajo, siendo de gran utilidad para la empresa de estudio, ya que solucionarían el problema de los tiempos elevados en el procesamiento de placas, generando un beneficio económico al reducir los sobrecostos por horas extra y evitar penalidades por incumplimiento del plazo solicitado que generalmente son un 5 a 10 % del total del proyecto.

La aplicación de la herramienta SMED beneficia a la empresa al reducir el tiempo de preparación de máquina, específicamente en el tiempo improductivo de la mano de obra, ya que eliminará las actividades innecesarias que se realizan antes de programar la máquina.

La metodología 5S beneficia al personal debido a que, al trabajar en una estación de trabajo ordenado y organizado, se evitarán errores, cansancio y estrés. Además, tendrán ayudas visuales que facilitarán sus actividades en la búsqueda de algún material, herramienta o consumible y así evitar retrasos en el proceso.

La estandarización del trabajo para reducir el tiempo de procesamiento de placas del área de habilitado beneficiará dentro de la empresa a los encargados en el área de Planeamiento y control de operaciones, ya que se podrá cumplir con la carga planificada semanalmente y así se reducirán los sobretiempos de reprogramación, debido a que las programaciones de plan de corte que recibía el área de habilitado, excedían la capacidad del área.

Se beneficia el personal del área de estructurado, granallado y pintura ya que, al obtener las placas requeridas con anticipación, ya no tendrán un tiempo tan ajustado para cumplir con sus actividades.

Este sería un beneficio para la empresa Suministros FERMAR SA, ya que se refleja en el incremento de contratos por parte de los clientes.

Es importante para la empresa Suministros FERMAR SA, porque con el incremento de contratos por parte de los clientes, principalmente del sector minero, se garantizan toneladas de producción para todo un año a más, lo que genera más trabajo para y estabilidad económica de todo el personal calificado en la empresa.

Además, el personal será beneficiado al seguir capacitándose con nuevos métodos de trabajo que aumentarán el valor personal de cada uno y reducirán el nivel de presión en el trabajo, teniendo un buen clima laboral.

La investigación será muy útil para el incremento de la productividad del área de habilitado de la empresa Suministros FERMAR SA, ya que, reduciendo los tiempos de los principales problemas específicos del tiempo de procesamiento de placas, incrementará la producción, por consiguiente, generará mayores ingresos para la empresa. Por otro lado, no menos importante está el prestigio de la empresa Suministros FERMAR SA, siendo una empresa referente del sector de estructuras metálicas en Lima sur.

El objetivo de este estudio es lograr un sistema visual efectivo de los indicadores más importantes, lo que permitirá que el equipo contribuya de manera más efectiva al logro de los objetivos establecidos.

También se busca garantizar la entrega adecuada del material solicitado por el área de estructurado, lo cual es importante para el correcto funcionamiento del proceso y así evitar errores en la producción que significarían tiempos improductivos de la máquina y mano de obra y sobrecostos por los productos defectuosos.

La gerencia del área de producción se beneficiará de mejores resultados gracias a la implementación de estas mejoras. Una gestión visual efectiva y un modelo de trabajo estandarizado permitirán una mayor eficiencia en el proceso de habilitado, lo que se traducirá en una producción más rápida, menor desperdicio de recursos y una mejor calidad en las estructuras metálicas fabricadas.

Se beneficiarán directamente los clientes porque se cumplirá con las fechas de entrega de los proyectos, ya que, los plazos de entrega de las estructuras finales reducirán los tiempos del montaje de obra de los proyectos.

Por el lado del beneficio indirectamente serán el personal calificado que labora en la empresa de suministros FERMAR SA, puesto que al cumplir con los plazos de entrega por parte de producción de las estructuras finales ellos podrán tener más tiempo con su familia antes de comenzar un nuevo proyecto.

Por otro lado, los clientes conjuntos con el área comercial cierran más contratos debido a que la empresa suministros FERMAR cumplen con su capacidad y fabricación de las estructuras metálicas; generando más puestos de trabajo a la empresa.

La investigación propuesta es relevante en el contexto de la competencia entre las empresas líderes del mercado de estructuras metálicas. Al cumplir con las normas AISC (American Institute of Steel Construction) a través de una gestión visual efectiva, la entrega adecuada del material y un modelo de trabajo estandarizado, las empresas pueden fortalecer su posición en el mercado, generar confianza en los clientes y establecer una reputación sólida como proveedores de alta calidad y confiables.

Al plantear la implementación de Lean Manufacturing en la empresa de estudio y proporcionar una explicación detallada de las herramientas utilizadas, esta tesis puede servir como referencia valiosa para futuras investigaciones y contribuir al avance y la difusión de Lean Manufacturing como enfoque de mejora continua en la industria.

✓ **Justificaciones del estudio**

▪ **Justificación práctica**

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de reducir los tiempos elevados en el área de habilitado, ya que es donde se generan los cuellos de botella y representan el 80% de ocurrencias que ocurren en el mes; con la metodología lean se procura analizar desde la preparación de cada máquina hasta la descarga de los paquetes al área de estructurado.

Al aplicar SMED, se realiza un análisis detallado de los pasos involucrados en el cambio de plan de corte, identificando los elementos que no agregan valor y buscando formas de eliminarlas o simplificarlas. Se buscan oportunidades para realizar tareas de preparación de forma paralela, reducir el tiempo de ajuste y optimizar los procedimientos.

Al estandarizar el trabajo en las actividades de codificación y descarga, se busca garantizar que todos los trabajadores sigan los mismos procedimientos y pautas, lo que reduce la variabilidad y mejora la eficiencia en estas tareas. Proporcionar a cada trabajador las pautas de trabajo correspondientes ayuda a evitar errores, reprocesos y confusiones, lo que a su vez reduce el tiempo perdido y contribuye a un proceso más eficiente y efectivo.

▪ **Justificación teórica**

La investigación se centra en mejorar el tiempo de procesamiento de placas mediante la implementación de Lean Manufacturing en el área de habilitado. Los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas pueden servir como base de conocimiento y consulta para

futuras investigaciones que busquen reducir los tiempos improductivos en sus propios procesos.

- **Justificación metodológica**

Desde el punto de vista metodológico, el estudio se justifica ya que al utilizar Lean Manufacturing, se están usando las herramientas SMED, 5s y estandarización de trabajo, que ayudan a la reducción de tiempos, eliminación de cuellos de botellas y mejorar procesos.

- **Justificación económica**

La investigación propuesta puede tener un impacto económico positivo al disminuir los costos de las horas hombre y aumentar la producción.; por lo que beneficiaría a la organización, cumplir a tiempo y sin sobrecostos con los proyectos de sus clientes. Por otro lado, con el cumplimiento de la entrega de la estructura final se minimizan o eliminan las penalidades por parte de los clientes, que son sobrecostos por parte de ellos.

- **Justificación social**

La investigación se centra en beneficiar a los operarios para que se desempeñen en un ambiente de trabajo ordenado y limpio, al brindar un procedimiento específico a seguir, se busca optimizar el tiempo de ejecución de las actividades de los trabajadores. Asimismo, permitirá reducir el tiempo de procesamiento de placas.

- **Justificación ecológica**

Ecológicamente, al reducir el gasto de energía por el tiempo de uso de las máquinas, esto debido a que se estandarizará el trabajo del operario para reducir los tiempos improductivos que realiza mientras la máquina está encendida.

- **Justificación Legal**

(José Ramos, 2012) argumenta que en toda justificación legal se busca perfeccionar las leyes y normas ya derogadas, las cuales pueden ser parte de la legislación peruana, código, reglas o normas propias de la empresa, respetando la jerarquía normativa. Las ventas en la empresa Suministros FERMAR SA. está obligada a declarar ante la SUNAT porque de esta manera se comprobará los ingresos y de esta manera se podrá establecer los impuestos a pagar.

Principalmente se debe registrar la empresa, la cual tiene un requerimiento mínimo de 1000 soles peruanos para su constitución y sea reconocida como empresa. Luego se constituye la empresa según la cantidad de socios que va a tener y se registra en la SUNAT.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

1799

Origen: Lean Manufacturing se remonta a los mosquetes fabricados por Ely Whitney quien en 1798 firmó un contrato para fabricar 10,000 mosquetes utilizando maquinaria y un sistema organizado de producción, en el cual cada puesto de trabajo realizaba una operación distinta. Algunos autores lo consideran como el padre de la producción en masa. El ensamble final constaba de todas las partes intercambiables que habían sido producidas en la cadena de montaje

1800-1890

Años de Perfeccionamiento: De 1799 a 1900 Durante casi 100 años los fabricantes se concentraron en tecnologías propias, sin embargo, durante estos años se desarrollaron los siguientes avances:

*Desarrollo del sistema de planos de ingeniería

*Sistema de tolerancias

*Se modernizaron las máquinas herramientas (Eli Whitney inventó la fresadora universal)

*El convertidor Bessemer (Bessemer process) el cual sirvió para la fabricación a gran escala del acero.

1900

Ingeniería industrial: Alrededor de 1890 Frederick Wilson Taylor comenzó a observar de manera individual tanto a los trabajadores y sus métodos, el resultado: Estudio de tiempos y el trabajo estándar. Taylor nombró como Administración Científica a sus ideas, sin embargo, Taylor prácticamente ignoró las ciencias del comportamiento.

Frank Gilbreth desarrolló el estudio de movimientos e inventó las gráficas o diagrama de proceso y Lillian Gilbreth agregó la psicología al estudio de movimientos y a los trabajos realizados por Taylor mediante el estudio de la motivación de los trabajadores y como estas actitudes afectaban la salida del proceso. Así fue como Taylor y los Gilbreth originaron la idea (sin pensarlo así tal vez) de la "eliminación de desperdicio", una parte vital del sistema Justo a Tiempo y de Lean Manufacturing.

1910

Ford Motor Company: Alrededor de 1910, Ford y su mano derecha Charles E. Sorensen modelaron la primera estrategia de manufactura "entendible" por llamarla de algún modo. Tomaron todos los elementos de un sistema de manufactura: Personas, máquinas,

herramientas y productos; los acomodaron en un sistema continuo de fabricación y le dieron al mundo el Ford T, el icónico primer auto de Ford.

Muchos autores consideran a Henry Ford como el primero en practicar el trabajo en equipo y la manufactura esbelta.

El éxito de Ford inspiró a muchos otros a copiar sus métodos, sin embargo, la mayoría de aquellos que los copiaban no entendían sus fundamentos.

1912

Taiichi Ohno es reconocido como el pionero en el diseño del sistema de producción Toyota, conocido como Just-in-Time (JIT). Nació el 29 de febrero de 1912 en Dairen, Manchuria, que en ese momento formaba parte del Imperio Japonés.

En 1932, Taiichi Ohno comenzó su carrera en la fábrica de telares de la familia Toyota, que más tarde se convertiría en Toyota Motor Corporation.

Durante su tiempo en Toyota, Ohno desarrolló y perfeccionó el sistema de producción Just-in-Time, que se basa en la eliminación de desperdicios, la reducción de inventarios y la sincronización de la producción con la demanda real. Este enfoque revolucionario transformó la industria automotriz y se convirtió en una influencia importante en la gestión y la producción en numerosas industrias alrededor del mundo.

1950

El Renacimiento: Las aportaciones del ingeniero Shigeo Shingo al TPS dieron como resultado la reducción de los tiempos de preparación de las máquinas, lo que contribuyó a que se fabricaran diferentes modelos de autos a diferencia de los inicios del FPS en el cual se fabricaba un solo modelo. Todo lo anterior tuvo lugar de 1945 a 1975.

Japón quedó devastado después de la segunda guerra mundial, Los Estados Unidos ocuparon la isla. Una de las razones fue ayudar a reconstruir. A los japoneses les interesaron dos cosas: Los métodos de fabricación de Ford y los trabajos de Edward Deming, Ishikawa y Joseph Juran.

En Toyota Taichi Ohno y su mano derecha Shigeo Shingo iniciaron con el diseño del sistema de producción Ford, el control estadístico de procesos y otras técnicas, pero pronto se dieron cuenta de que el sistema de producción Ford tenía algunas desventajas, particularmente con los empleados. Durante los años de ocupación americana en Japón, el Gral. Douglas Mac Arthur promovió activamente los sindicatos. Las malas actitudes de "Ford" y una estructura de trabajo poco flexible eran poco adecuadas para el Japón de la posguerra.

Toyota pronto descubrió que los operadores podían contribuir no solo con su "manos" Esto probablemente originó Los círculos de calidad, donde se resolvían problemas propios del proceso con aportaciones de los operadores. Deming, Ishikawa y Juran, donde sus aportes contribuyeron al movimiento de la calidad japonesa, lo que posteriormente originaría el trabajo en equipo y la manufactura en células.

El aumento en la productividad y las ganancias que Japón estaba logrando pronto llamaron la atención del mundo, sobre todo de Estados Unidos quien envió a diferentes ejecutivos para que investigaran que había hecho Japón. Fue así que llegaron a Estados Unidos algunas de las técnicas utilizadas en Japón, como los círculos de calidad y las tarjetas Kanban.

La mayoría de los intentos por emular el TPS han sido infructuosos, la causa: Los que "copian" no copian también el integrar a la gente en el sistema completo.

Otras compañías en Japón también comenzaron a mejorar sus sistemas de producción "copiando" el sistema recién desarrollado por Toyota.

1970-1980

La Crisis del Petróleo: Desde 1950 Toyota ya era importante, sin embargo, no fue sino hasta 1973 durante la crisis del petróleo que los autos Toyota empezaron a tomar notoriedad entre la población estadounidense, autos pequeños con un gran rendimiento en el uso del combustible.

1980-1990

JIT Toma el mundo: Durante esta década algunos fabricantes estadounidenses como Omark Industries, General Electric entre otros empezaron a tener éxito con la implementación de los métodos de Toyota (TPS o JIT).

También surgieron toda clase de acrónimos que hacían referencia a los métodos de Toyota, acrónimos como WCM (world class Manufacturing), Stockless Production (SP), Continuos Flow Manufacturing (CFM), y muchos otros nombres que se referían a esos métodos que esencialmente era JIT. En este periodo nombres como el de Richard Schonberger y Robert Hall escribieron libros que se han hecho populares sobre este tema.

1990

En 1990 James Womack escribió el libro "The machin that change the world" el libro describe un estudio sobre las plantas ensambladoras de autos realizado en Japón, Europa y América. Lo nuevo de este libro, una frase: Lean Manufacturing.

Fue en este libro donde se mencionó por primera vez el término Lean en la manufactura. Aunque muchos piensan que fue Womack el que acuñó el término o la frase, no fue así,

en realidad fue John Krafcik especialista que participó en el estudio desarrollado por el MIT (Massachussets Institute of Technology). Krafcik.

Desde entonces Lean Manufacturing se ha convertido en una metodología de manufactura utilizada en todo el mundo, inclusive más allá de las plantas de fabricación.

2000

La Manufactura de Clase Mundial recopila un conjunto de técnicas, entre las que se incluyen la Calidad Total, Justo a Tiempo, Mantenimiento Productivo Total y otras herramientas de gestión, tecnología y servicios. Estas técnicas se utilizan para mejorar la productividad, la calidad, la eficiencia y la competitividad de las empresas.

2010

De acuerdo con un estudio realizado en 2010, el 69.7 % de las industrias a nivel global aplican el Lean Manufacturing.

Algunas de las organizaciones que utilizan Lean Manufacturing en sus procesos son: NIKE, CAT, Intel, etc.

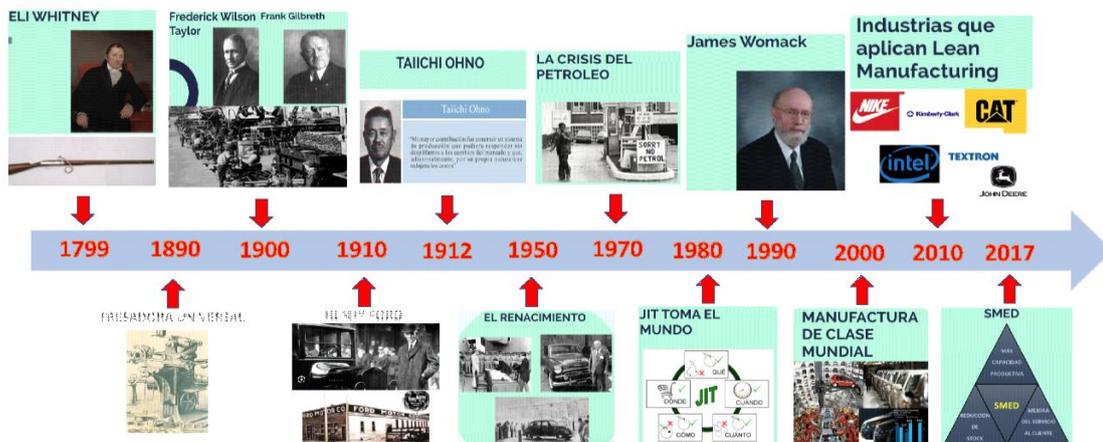
2017

El sistema SMED, desarrollado por Shigeo Shingo en colaboración con Toyota, se centra en reducir los tiempos de preparación de máquinas en los procesos de producción. Esta metodología ha demostrado ser efectiva en la reducción de tiempos improductivos y la mejora de la eficiencia de producción, generando beneficios significativos para las organizaciones que la implementan.

En la siguiente Figura 10 se detalla el origen del Lean Manufacturing a los largos de los años (Ver Figura 10)

Figura 10

Línea de Tiempo: "Origen del Lean Manufacturing"



Nota. Elaboración Propia

2.2 Investigaciones del estudio de investigación

Antecedentes nacionales

- (Bach. CHUN DAVILA, JEFFREY BRYAN & Bach. VILLEGAS CORNEJO, CARMEN ZUGEITH, 2021) en su tesis para optar el título de Ingeniero Industrial “Implementación de la metodología 5S para mejorar el proceso productivo de una empresa metalmecánica Huaura, Lima 2021” en la Universidad Ricardo Palma ubicada en Lima - Perú, consideró lo siguiente:

Sus objetivos fueron tres, primero que se mejoren los espacios de trabajo; segundo, disminuir el tiempo que tarda un operario para encontrar las herramientas y bajar la cantidad de incidentes que se puedan producir. La tesis tuvo una población y muestra de 8 personas en un tiempo de 20 semanas.

Desarrollo un diseño pre-experimental aplicando 2 encuestas como instrumento de recolección de datos y el software SPSS para su análisis.

Arribo a las siguientes conclusiones:

1. Con la ayuda de las tarjetas rojas y separando los objetos innecesarios de los necesarios, se logró incrementar el espacio de trabajo de la empresa metalmecánica, aprovechándose el 25% adicional de espacio libre.
2. Con la implementación de etiquetas según el nivel de uso de los elementos para la 2da S que es el orden, se logró reducir el tiempo que demora el operario para ubicar la herramienta que usará para sus funciones, cabe recalcar que la empresa de estudio es de rubro metalmecánica, mejorando en 17.35 min de la inicial, que es un 20% del tiempo de ubicación.
3. En la etapa de la 3ra S que es limpieza, se redujo los incidentes de trabajo y con el uso tarjetas amarillas se pudo mover al espacio de descarte los desperdicios del área de producción. Dando como resultado una disminución en 72.22 % con respecto al periodo anterior.

Este antecedente demuestra que con la implementación de las 5 S se reducen varios incidentes, por lo que significa la reducción de tiempos improductivos, entre ellos reducen los tiempos muertos de ubicación de materiales, el tiempo de búsqueda de herramientas, y nos muestran instrumentos para medir las variables de investigación que pueden ser adaptados para nuestra investigación.

- (Arroyo Paredes Nelson Augusto, 2018)) en su tesis para optar el título de ingeniero industrial “Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de

producción en una empresa de metalmecánica” en la universidad Nacional Mayor de San Marcos ubicada en Lima - Perú consideró lo siguiente:

Sus objetivos fueron bajar los costos, mejorar la calidad de los productos, reducir el tiempo de elaboración e incrementar la cantidad producida.

Para lograr sus objetivos, las herramientas Lean que decide implementar fueron el Single Minute Exchange of Die (SMED-Cambio de herramientas), Estandarización de Operaciones y el Just in time (JIT-Justo a tiempo).

Desarrollo un diseño no experimental, transversal, descriptivo aplicando solo la técnica de observación y reportes como instrumentos para obtener los datos pre y post implementación, cuadros estadísticos, diagrama de Pareto y diagrama de bloques para su análisis.

Arribo a las siguientes conclusiones:

1. Se redujo S/ 363.133,75 en los costos mensuales, tras la implementación del Lean Manufacturing.
2. Se redujo el 47% del set-up en el proceso de roll forming, como resultado de la implementación del SMED, y además se incrementó la producción de ese proceso en 3 toneladas por día, ya que el tiempo de cambio de formato de espesor se redujo un 67%, generando una disponibilidad de la máquina en un 84%.
3. Se redujo un 59% el tiempo de reproceso, ya que se implementó la estandarización de procesos en el proceso de desengrasado y se redujo en un 75% los reprocesos, beneficiándose la empresa en un incremento de producción de 5 toneladas en dicho proceso por que se tuvo un 89% de la disponibilidad de máquina.
4. Se redujo un 17% del tiempo de espera del proceso productivo, aplicando el concepto del Just in Time (JIT) ya que además se redujo el inventario del acero en 43% del inventario y se eliminó el inventario de los productos en proceso.

La tesis citada en esta investigación, nos demuestra los objetivos cumplidos de una aplicación exitosa del Lean Manufacturing, desarrollándose por el compromiso de toda la organización, respeto al colaborador y adaptabilidad a los cambios e innovación continua. Se tomó como prioridad 1 porque las herramientas implementadas en la Tesis son del sector de nuestro tema de investigación, empleando la herramienta SMED que será implementada en nuestra investigación.

- (Kaneku Orbegozo Jorge Luis Junior & Martinez Palomino Jose Miguel, 2020) en su tesis para optar el título de Ingeniero Industrial “Propuesta de mejora para reducir el índice de mudas en una empresa metalmecánica mediante el uso de herramientas lean

Manufacturing”, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas ubicada en Lima - Perú, consideró lo siguiente:

Al proponer un plan de mejora para la línea de producción, se plantearon como objetivo reducir los desperdicios en una empresa metalmeccánica mediante la implementación del Lean Manufacturing. Se trabajó con una población de 60 productos y muestra de 35 productos.

Esta tesis nos muestra como la Estandarización del trabajo tiene mucho impacto en los procesos productivos y va acorde a nuestros objetivos de investigación.

Antecedentes extranjeros

- (Duchi Mullo Rocío Antonieta & Tacuri Pagalo Vanesa Pilar, 2021) en su tesis para optar el título de Ingeniero Industrial “Diseño de un plan de mejora del desempeño de los procesos de producción en la empresa TABLICON S.A.” en la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador ubicada en Guayaquil - Ecuador, consideró lo siguiente:

Su principal objetivo es mejorar los tiempos de producción aplicando las 5’S y aplicar otras técnicas del Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia de la maquinaria para producir, y también de las entregas.

Desarrollo un diseño pre-experimental aplicando cronómetros como instrumento para la obtención de los datos y el software office para documentar cada dato.

Arribo a las siguientes conclusiones:

1. La empresa contaba con una ineficiencia del tiempo en el proceso productivo, y además se excedían en el tiempo de traslado de un proceso semi terminado a la siguiente maquinaria para su terminación, provocando que este tiempo improductivo afecte en el tiempo de entrega del producto final, y que en el día no se entreguen todos los pedidos programados, causando insatisfacción en el cliente y pérdidas monetarias.
2. El rediseño de la planta se realizó con la aplicación de las 5’S, con el fin de evitar inconvenientes de traslado y retraso de producción.
3. Con la implementación del Lean Manufacturing y 5’s, se pudo mejorar el desempeño de los procesos de producción y la calidad de la gestión operativa, beneficiando a la empresa económicamente. Además, se elimina y reduce los movimientos ineficientes, los inventarios y los tiempos de entrega final, y se capacita al trabajador con conocimiento adecuado sobre los procesos.

Este antecedente demuestra que con las 5S se reducen los tiempos del personal por movimientos ineficientes, y muestran instrumentos para analizar las variables de investigación que pueden ser adaptados para nuestra investigación.

- (Suntaxi Cocanguilla Ismael Bladimir, 2022) en su tesis para optar la maestría de Producción y operaciones industriales “Propuesta de mejora de la productividad en la confección de pantalones para mujer aplicando herramientas Lean Manufacturing” en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador ubicada en Quito-Ecuador, consideró lo siguiente:

Su objetivo fue implementar las 5S, para mejorar la productividad en base a las 3 primeras S, que sería por el orden y disminuir desperdicios.

Desarrollo 3 modalidades de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Propositiva; se tomó la observación y documentos archivados como instrumento de recolección de datos y el software office para su análisis.

Arribo a las siguientes conclusiones:

1. Con la 1ra S y su herramienta las tarjetas rojas, se han logrado identificar los objetos que no son necesarios en el área de almacenamiento de materiales de la empresa, además con la 2da y 3ra S se ha ordenado y clasificado los elementos dentro del área, y según se señala en la tesis, el almacén de materia prima no se encontraba en buenas condiciones de limpieza, y al tener todo desordenado, el operario demoraba en entregar las materias primas que solicitaba el área de producción de la empresa, dando como resultado sobrecostos.
2. Con el Mapeo de flujo de Valor (VSM), se logró mejorar en 54 minutos el tiempo de los procesos operativos de la confección de pantalones de mujer, demostrando también que es necesario la compra de nuevos equipos y maquinarias para el área de producción, ya que con ello se reducen los tiempos de producción y los costos operativos.

Este antecedente propone que para reducir el tiempo de producción se aplica las herramientas lean, y entre ellos los más destacables son 5's y VSM, y nos muestran instrumentos para analizar las variables que pueden ser adaptados para nuestra investigación.

2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1 *Lean Manufacturing*

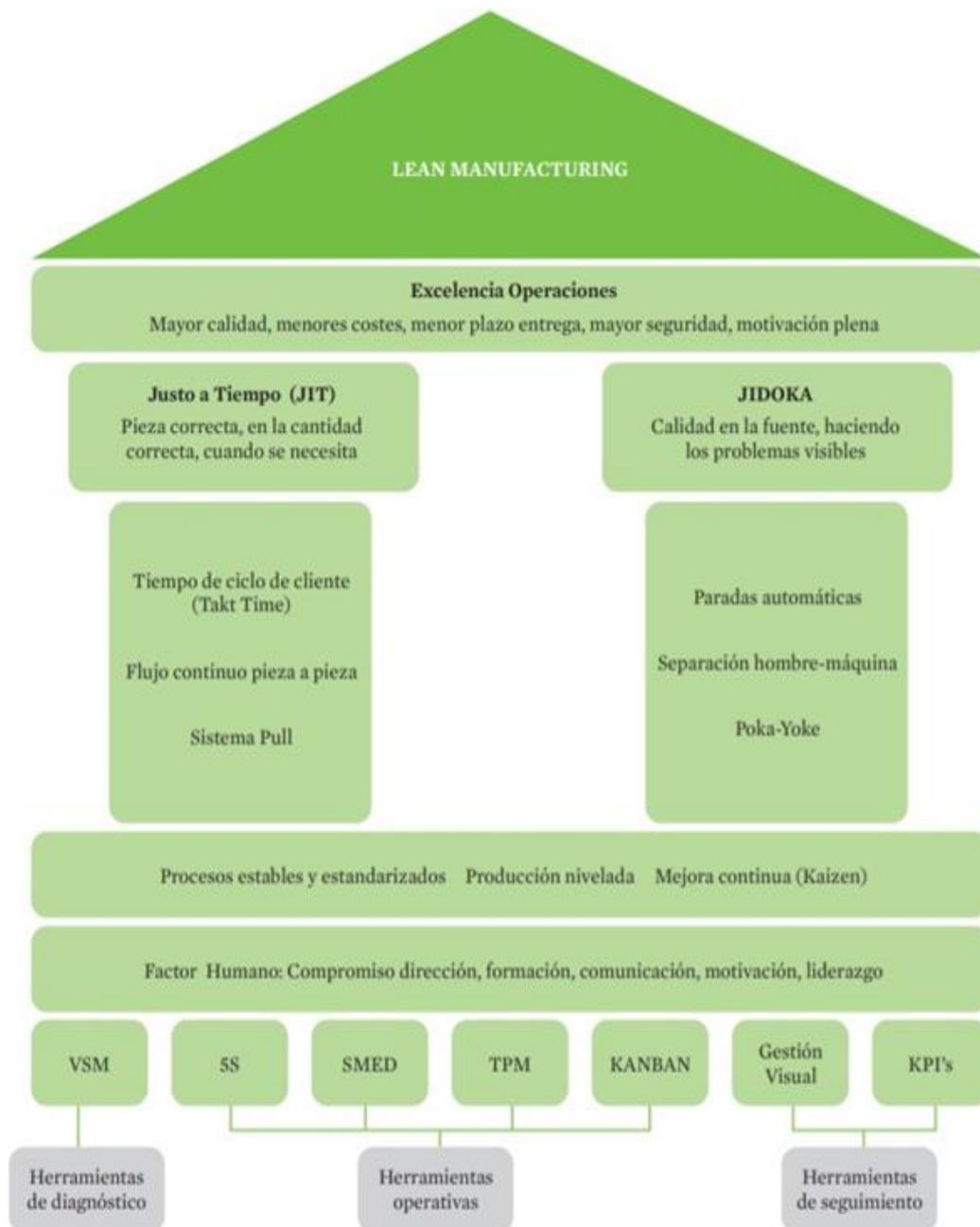
Lean Manufacturing o también llamado manufactura esbelta, es una filosofía que se origina en Japón, siendo implementado por primera vez en el sistema productivo de

Toyota. Lean se define como un sistema multidimensional que resalta especialmente la eliminación del desperdicio (Hernández & Vizán, 2013).

Con el objetivo de eliminar desperdicios, Lean utiliza las herramientas presentadas en el esquema de la “Casa del Sistema de Producción Toyota” como se muestra en la Figura 11 y busca generar valor en el proceso de producción, con la calidad total, con la eliminación de los despilfarros y con la filosofía de mejora continua. (Ver Figura 11)

Figura 11

Adaptación Conceptualizada de la Casa Toyota



Nota. Hernández y Vizán (2013)

También definen Lean Manufacturing de diferentes maneras y con similitudes dependiendo del autor.

Según Villaseñor (2007), la manufactura esbelta tiene como objetivo principal minimizar el desperdicio o también llamado Muda en japonés, el cual es todo aquello que no agrega valor y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar.

Según Hernández y Vizán (2013), su objetivo final es el de generar una nueva Cultura que pretende que sea duradera y sostenible, y para ello las técnicas centradas en el valor añadido y en las personas se aplican dependiendo de cada caso.

Según Upadhye et. al (2016), La Sociedad de Ingenieros de Manufactura define Lean Manufacturing como una metodología que utiliza la mínima cantidad de recursos y genera mayor variedad de productos con buena calidad, por ende, las organizaciones se vuelven más productivas y rentables.

Según Rajadell (2021), el objetivo de lean manufacturing es que el producto y sus atributos deben cumplir con los estándares de lo que quiere el cliente, y para satisfacer esto se debe enfocar en la eliminación de despilfarros.

En varios libros se dividen los despilfarros en 7 grupos:

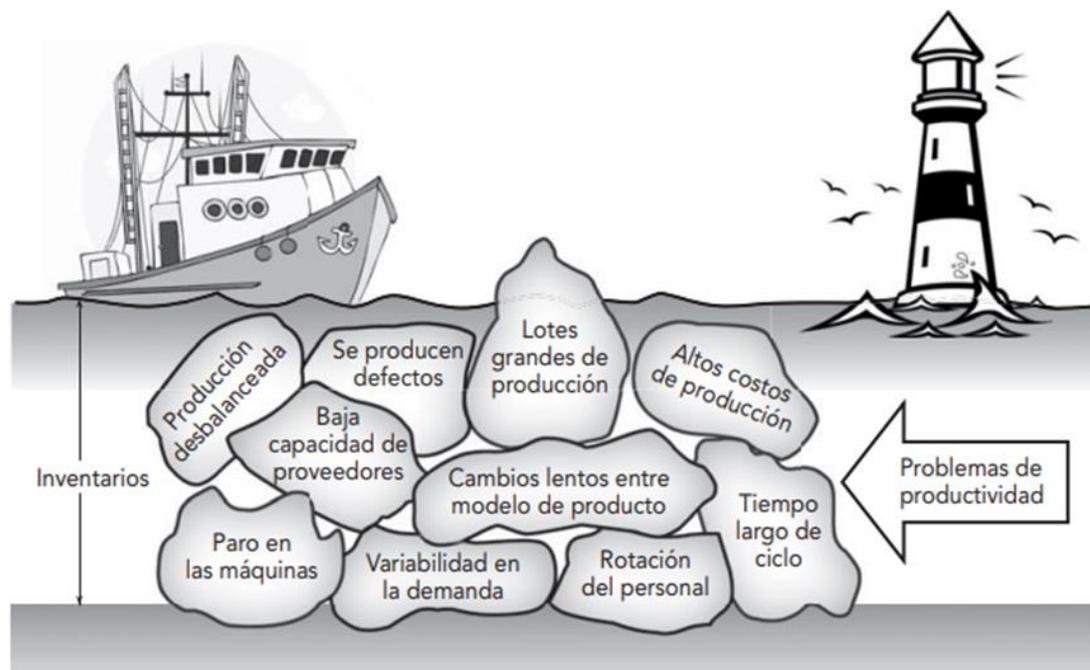
- Por sobreproducción
- Por exceso en inventario
- Por productos defectuosos
- Por transporte de materiales y herramientas
- Por procesos innecesarios
- Por espera
- Por movimientos innecesarios del trabajador

Actualmente surgió un nuevo grupo que sería el despilfarro por no usar el conocimiento y el talento del personal.

Entre todos los grupos, el despilfarro más fatal es por Sobreproducción, ya que este es el origen de varios despilfarros, Socconini (2019) nos da un ejemplo con un río en el que se visualiza los resultados por la sobreproducción, comparando la satisfacción del cliente con el faro, las piedras con cada problema de productividad y para llegar a satisfacer al cliente, el barco debe lograr cruzar sin ser dañado. (Ver figura 12)

Figura 12

Problemas de sobreproducción



Nota. Socconini (2019)

Cirjaliu y Draghici (2016) también mencionan que la sobreproducción crea varios problemas en el ámbito económico, ambiental y social, tales como la contaminación por los desechos a nivel local, por ello se necesitan que la producción tenga un mejor rendimiento para que se genere menos contaminación industrial, menos despilfarros, menos estrés para el personal y ser más eficientes en el uso de materiales y energía.

Lean Manufacturing ha sido de gran ayuda para las empresas manufactureras de diferentes rubros en mejorar cada área, cada proceso, incluso reducir los costos y mejorar la calidad. Pero Buer et. al (2018) menciona que, aunque Lean Manufacturing ha ayudado a varias empresas a reducir sus despilfarros y, por lo tanto, a mejorar en su rendimiento en diferentes dimensiones, muchas empresas aún se esfuerzan por desarrollarse con éxito en una compañía Lean.

Así como hay empresas las cuales han mejorado notablemente por la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing, existen casos en las que las empresas no han tenido en cuenta que primero se debe evaluar las condiciones, para definir qué herramienta Lean conviene, ya que no todas se aplican para el mismo caso.

Además, como dice Buer et. al (2018), que, aunque hayan tenido buenos resultados en su 1ra fase de implementación, a varias empresas les resulta complicado mantener el ritmo de la mejora continua.

Socconini (2019) nos menciona que para obtener un exitoso Lean se necesita entender muy bien la situación actual y formar un buen plan estratégico con la dirección de un equipo comprometido y bien preparado. Para ello en la Figura 13 se muestra cómo se divide en 4 fases su implementación (ver Figura 13).

Figura 13

El camino de la maduración Lean



Nota. Socconini (2019)

Para alcanzar la satisfacción del cliente, rentabilidad y más beneficios del Lean Manufacturing. Rajadell (2021) nos dice que existen 3 conceptos fundamentales o como él les llama Pilares que hay que tener en cuenta:

1er Pilar: Kaizen

2do Pilar: El control total de la calidad

3er Pilar: Just in Time (JIT)

Desde una perspectiva de recursos humanos, Lean está diseñado para promover un trabajo más desafiante con una mayor responsabilidad para el personal de primera línea mediante el uso de equipos de trabajo interfuncionales y autodirigidos (Cirjaliu & Draghici, 2016). Lean Manufacturing empezó en el Sistema de producción de Toyota, una empresa del sector automotriz, y que además es tan flexible que se adapta a otros sectores. Sin embargo, Salonitis, y Tsinopoulos (2016) mencionan que no fue fácil adaptar Lean en el sector manufacturero, ya que Lean es una filosofía que tiene un nuevo enfoque de gestión y no solo un conjunto de técnicas que se usan, y que se debe tener un análisis de todas las condiciones, factores e involucrar en el proceso a las partes interesadas, que tienen interés en conflicto.

2.3.2 Metodología 5S

“La herramienta 5s corresponde a los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo, su acrónimo corresponde a las 5 palabras en japonés que empieza por “s”; seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke, que significan, clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y crear el hábito” (Hernández & Vizán, 2013, p.20).

“Las 5’s constituyen una disciplina para lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza” (Socconini, 2020, p. 147).

Esta herramienta es conocida por todo el mundo por sus buenos resultados, su simplicidad y efectividad. Además, es la principal herramienta que se aplica si se desea implementar la filosofía Lean Manufacturing.

Es muy importante mencionar que los resultados dependen mucho del compromiso y participación del personal, y que los resultados pueden verse reflejados a corto plazo, de forma visual y por medio de indicadores.

También permitirá que los colaboradores tomen conciencia de la importancia de las cosas pequeñas y que los cambios dependerán de las acciones que él tome, logrando que el colaborador tenga mayor satisfacción en el puesto de trabajo.

La herramienta 5’S tiene los siguientes objetivos que generarán cambios positivos en la empresa:

a) Para aumentar la productividad:

- Reducir los tiempos muertos en todos los espacios de la empresa, mediante la gestión visual.
- Reducir el tiempo Set- up en las máquinas y equipos.
- Reducir los gastos de tiempo y energía

b) Para aumentar la calidad:

- Reducir la cantidad de productos defectuosos, mediante la reducción de errores del personal en los procesos.
- Apoyar en la estandarización de procesos

c) Para reducir los costos:

- Reducir los riesgos de accidentes laborales y enfermedades ocupacionales.
- Mejorar el uso del espacio.
- Reducir las pérdidas de inventario y herramientas.
- Reducir los costos de Mantenimiento por la presencia de averías y/o paradas no programadas.

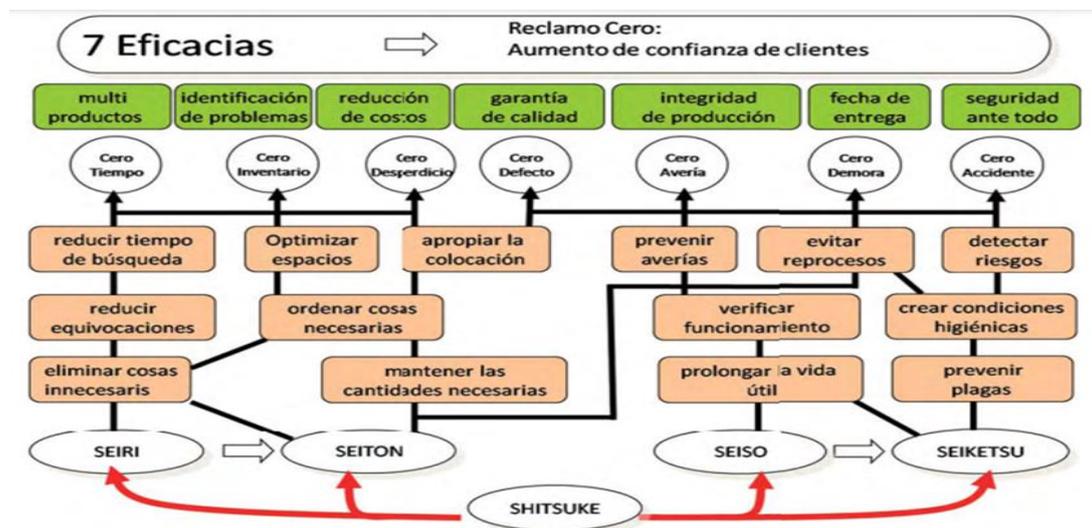
d) Para aumentar la moral del personal:

- Promover el trabajo en equipo.
- Promover la participación y el compromiso del personal.
- Mejorar las condiciones de trabajo, en un lugar limpio y ordenado.

En la Figura 14, según Rodríguez (2010) nos dice que las 5s tiene como beneficio ser un medio para lograr las “siete eficacias” (ver figura 14)

Figura 14

Las 7 eficacias

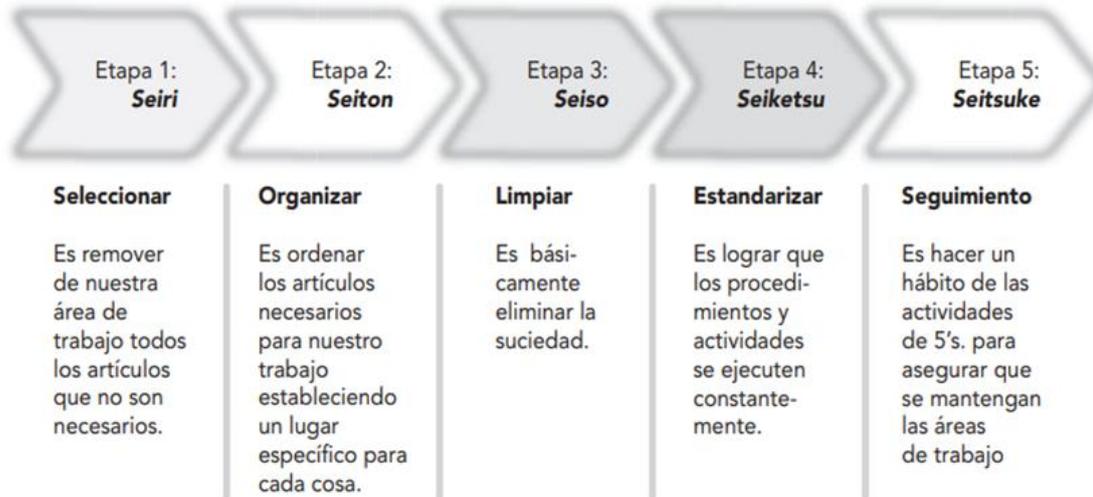


Nota. Rodríguez, J. (2010)

En la figura 15, Socconini (2019) nos dice el significado de las 5 etapas de la implementación de la metodología 5's. (ver figura 15)

Figura 15

Etapas de la implementación de la metodología 5'S



Nota. Socconini, L. (2019)

Etapa 1: Seiri — Seleccionar o clasificar

La primera S, Seiri consiste en clasificar los elementos necesarios y los innecesarios para luego descartar los innecesarios. Esta actividad al comienzo puede ser complicado, ya que las personas tienden a rodearse de objetos que piensan que después pueden servir para algo.

Los objetivos de Seiri según Rodríguez (2010) son:

- Prevenir accidentes y errores humanos causados por los pasillos obstruidos y mesas de trabajos ocupados por piezas innecesarias
- Usar de manera eficiente los espacios físicos dentro de la empresa.
- Al tener en el área de trabajo solo lo necesario, facilitar la búsqueda de los materiales, documentos y otros.
- Mantener el área de trabajo sin elementos innecesarios.

Las ventajas de Seiri son:

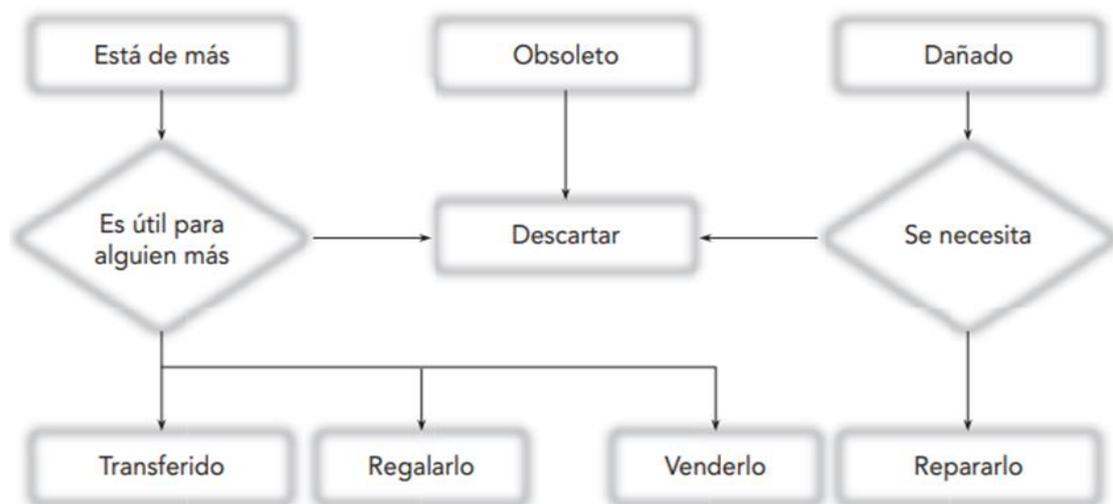
- Espacios libres
- Reducción del tiempo de búsqueda de herramientas, materiales y otros.
- Reducción de gastos por compra de materiales que no se necesitan y por el aumento de la vida útil de las herramientas y materiales.
- Reducción del cansancio físico y mayor facilidad para visualizar las herramientas, documentos y otros elementos de trabajo.

Los pasos para la implementación de Seiri son:

- Asignar un grupo para que fotografíe las áreas designadas y realice el diagnóstico inicial
- Seleccionar los elementos que no son necesarios según la frecuencia de uso o la cantidad a usar y retirarlos a un espacio temporal
- Registrar los elementos no necesarios en una lista
- Establecer criterios para descartar los elementos no necesarios, en la Figura 16 se diagrama el flujo para clasificar los elementos no necesarios. (ver Figura 16)
- Para controlar los elementos no necesarios, se usan las tarjetas rojas.
- Tomar una fotografía a la zona donde se encuentran los elementos que se eliminarán para colocarlo en el mural
- Eliminar los elementos no necesarios
- Realizar una auditoría a las áreas trabajadas

Figura 16

Diagrama de flujo de la clasificación Seiri



Nota. Socconini, L. (2019)

Herramientas:

- Tarjeta Roja, en la Figura 17 se diseñó la tarjeta que se usará (Ver figura 17)
- Hoja de control de tarjetas rojas

Figura 17

Tarjeta Roja

TARJETA ROJA	
Fecha:	Folio:
Responsable:	
Nombre del artículo:	
CATEGORÍA	
Accesorios o herramientas	
Cubetas, recipientes	
Equipo de oficina	
Instrumentos de medición	
Documentos, papelería	
Maquinaria	
Materia prima	
Material de empaque	
Producto terminado	
Producto en proceso	
Refacciones	
Limpieza o Pesticidas	
Otro (especifique)	
LOCALIZACION	
CANTIDAD	UM
RAZÓN	
Contaminante	
Defectuoso	
Descompuesto	
Material de Desperdicio	
No se necesita	
No se necesita pronto	
Uso desconocido	
En exceso	
Otro (especifique)	
Responsable	
Fecha desición	
Forma de desecho: a) Tirar b)Vender c)Otros	
d)Mover areas de tarjeta roja	
e)Mover a otro almacén	
f)Regresar al proveedor	
Fecha de desecho	

Nota. Elaboración propia

Etapa 2: Seiton — Orden

La segunda S, Seiton consiste en ordenar los elementos necesarios de manera sencilla y rotularlos de manera que cualquiera pueda encontrarlos rápidamente.

Rodríguez (2010), nos dice que luego de terminar la 1ra etapa Seiri y se hayan eliminado los elementos innecesarios, entonces se inicia con la organización del lugar de trabajo. Para ordenar los elementos necesarios se requiere definir el sitio más adecuado para colocarlos de acuerdo a la frecuencia de uso (ver figura 18). (p.7)

En la figura 18 se muestra la ubicación de los objetos según su frecuencia de uso.

Seiton es importante porque disminuye el tiempo de actividades que no aportan valor. Esto se puede lograr al mejorar la forma de identificar las herramientas, los materiales y otros objetos, como también monitorear los controles críticos de los equipos y maquinarias para el buen funcionamiento. (Rodríguez, 2010, p.7)

Figura 18

Ubicación de objetos por frecuencia de uso

FRECUENCIA DE USO	COLOCAR
A cada momento	Colocar junto a la persona
Varias veces al día	Colocar cercano a la persona
Varias veces por semana	Colocar cercano al área de trabajo
Algunas veces a la semana	Colocar en áreas comunes
Algunas veces al año	Colocar en archivos o almacén
Es posible que se use	Colocar en área de archivo muerto

Nota. Rodríguez, J. (2010)

Los objetivos de Seiton según Rodríguez (2010) son:

- Disminuir el tiempo de búsqueda y cantidad de movimiento de las herramientas y otros materiales
- Tener cada objeto identificado
- Evitar que los materiales se malogren por no tener uso o por un mal almacenamiento

Las ventajas de Seiton son:

- Los elementos necesarios se pueden retirar y devolver fácilmente a su ubicación designada
- Se practica el método FIFO (primero en entrar, primero en salir).
- Áreas de trabajo que se pueden limpiar fácilmente
- Buena imagen de la empresa por espacios organizados
- Se eliminan riesgos de accidente mediante la señalización en el área del piso de los pasillos y áreas de trabajo.
- Se utiliza controles visuales para que el trabajador no se encuentre frustrado por no encontrar algún material y se adapte al sentido del orden.

Los pasos para la implementación de Seiton son:

- Asignar y definir el lugar donde irán cada objeto
- Tener una guía con la ubicación de cada objeto
- Identificar cada zona con etiquetas para saber dónde se encuentran los objetos, qué tipo de objetos se encuentran y la cantidad exacta.
- Estandarizar con colores las posiciones de los objetos en las áreas designadas.
- Realizar una auditoría a las áreas trabajadas

Herramientas:

- Código de etiquetado por color (Ver Figura 19)
- Señalización
- Tablero sombra: tableros visuales que permiten obtener y regresar la herramienta, ayuda a que todo sea retornado a su lugar.
- Layout

En la Figura 19 se observa el color de las cintas para etiquetar cada área.

Figura 19

Código de etiquetado por color

Color	Área
Amarillo	Pasillos, carriles de tráfico y celdas de trabajo
Blanco	Equipo y aparatos (estaciones de trabajo, carros, anuncios de piso, estantes, etc.) que no estén dentro de otros códigos de color
Azul, verde y/o negro	Materiales y componentes, incluyendo materia prima, producto terminado y en proceso
Naranja	Materiales o producto detenidos para inspección
Rojo	Defectos, desechos, reproceso y áreas de tarjeta roja

Nota. Rodríguez J. (2010)

Etapa 3: Seiso — Limpieza

La tercera S, Seiso consiste en limpiar cada objeto del trabajo y los espacios de cada estación de trabajo, eliminando el polvo, desechos de las máquinas y la suciedad.

Seiso se relaciona estrechamente con el buen funcionamiento de los equipos ya que no solo se mantiene a los equipos libres de polvo o estéticamente bien, sino realizar una revisión hasta de lo más mínimo. Para ello se necesita un plan creativo que ayude a identificar las fuentes de suciedad y contaminación, y de esta manera, se realicen acciones para eliminar el origen que los genera, porque sin esto sería inalcanzable la meta de mantener limpia y en buen estado la estación de trabajo. (Rodríguez, 2010)

Los objetivos de Seiso según Rodríguez (2010) son:

- Evitar que el producto final se ensucie y que se acumule de polvo el lugar de trabajo
- Revisar si las máquinas tienen fuga de aceite o manchas y si se encuentran en buenas condiciones
- Evitar que las máquinas se dañen o paraliquen por cualquier tipo de suciedad
- Hacer de la estación de trabajo un lugar seguro y agradable

Las ventajas de Seiso son:

- Reduce el riesgo de accidentes
- Al trabajador le gustará venir a un ambiente limpio
- Menos máquinas y equipos que tengan averías, por ende, mayor productividad y menos costos
- Mejora la calidad del producto
- Aumenta la vida útil de las herramientas y otros elementos de la estación de trabajo

Los pasos para la implementación de Seiso son:

- Planificar las campañas de limpiezas, estableciendo métodos de prevención que eviten que se ensucie el área, este paso involucra el compromiso de cada empleado para mantener limpio su estación de trabajo
- Determinar cuáles serán los límites de limpieza de cada trabajador que pueden reflejarse en un Mapa 5S
- Tener un programa de limpieza que muestre la frecuencia de limpieza del responsable de cada área,
- Determinar los métodos de limpieza
- Preparar las herramientas y artículos de limpieza que se necesiten
- Implementación de limpieza.
- Realizar una auditoría a las áreas trabajadas

Herramientas:

- Listas de control
- Tarjeta amarilla (Ver Figura 20)

En la Figura 20 se muestra un modelo de tarjeta amarilla.

Figura 20

Tarjeta Amarilla

TARJETA AMARILLA	
AREA	
ELABORADO POR	
FECHA	
CATEGORIA	1. Agua 2. Aire 3. Aceite 4. polvo 5. pasta o esmalte 6. Material-Producto 7. Mal funcionamiento de equipo 8. Condición de las instalaciones 9. Acciones del personal
LOCALIZACION	
DESCRIPCION DEL PROBLEMA	
SOLUCIONES	
ACCIÓN CORRECTIVA IMPLEMENTADA:	
SOLUCIÓN DEFINITIVA PROPUESTA:	

Nota. Rodríguez J. (2010)

Etapa 4: Seiketsu — estandarizar

La cuarta S, Seiketsu define los mejores estándares para implementar de la misma forma las tres primeras S de forma periódica, usando cronogramas, auditorias con listas de verificación que puedan ser usados de forma sencilla por el personal. De esta manera se asignarán responsabilidades para que las 5S se trabajen consistentemente y de la mejor forma.

Al implementar de manera diaria las tres primeras “S”, será beneficioso ya que permitirá identificar problemas de forma sencilla, problemas que pueden parecer imperceptibles y esto apoyará en encontrar anomalías de forma preventiva que puedan generar un ambiente desordenado y sucio. Por lo que se deben establecer procedimientos que puedan resolver los problemas identificados. (Rodríguez, 2010).

Soconinni (2019) menciona que las evaluaciones o también llamadas auditorías deben ser realizados por personal capacitado sobre la metodología 5S y su función debe ser solo para esta actividad, siendo que en la auditoria es necesario comparar los datos obtenidos

con los datos de la auditoría anterior, y de esta forma permitir que las auditorías contribuyan en la cultura de la limpieza y orden. Para ello se recomienda fomentar las 5s al personal como un logro conjunto obtenido.

Los objetivos de Seiketsu según Rodríguez (2010) son:

- Minimizar las causas que provocan suciedad
- Motivar al personal para que sigan con el programa 5S
- Proteger a los trabajadores de condiciones inseguras
- Estandarizar las mejores prácticas de operación y de mantenimiento diario

Las ventajas de Seiketsu son:

- Mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente
- Mejores sistemas de control visual
- Se evita que las estaciones de trabajo vuelvan a sus antiguas condiciones, desordenado y sucio
- Crea un ambiente propicio para mejorar las operaciones y el flujo de trabajo
- Evita que se acumulen los espacios de trabajo con objetos innecesarios

Los pasos para la implementación de Seiketsu son:

- Elaborar un manual estandarizado con aspectos que puedan ayudar al personal a seguir implementando las 3 primeras S
- Asignar responsabilidades a todo el personal para las 3S
- Desarrollar como hábito en la rutina diaria los pasos de las 3S
- Desarrollar periódicamente auditorías del mantenimiento y continuidad de las 3S
- Promover que el personal presente propuestas de mejora para facilitar la implementación de las 5S

Herramientas:

- Cuadro de ciclo de trabajo 5S.
- Instrucciones y Procedimientos.

Etapa 5: Shitsuke — disciplina

La quinta S, Shitsuke es la disciplina con la que las cuatro primeras S se podrán mantener correctamente a largo plazo a través del apoyo y motivación de todos.

Rajadell (2021), menciona que el objetivo de la quinta S es que las 4 primeras S se conviertan en un hábito que fomente una “cultura de autocontrol”, considerando esta etapa como la más sencilla porque solo se aplicará periódicamente los métodos ya implantados, y a la vez la más difícil porque su éxito consiste en el grado de motivación

del personal durante las actividades de las 5S, ya que sin motivación puede generar cansancio.

La disciplina según Rodríguez (2010) debe mostrar una motivación consistente que apoye en la ejecución de las mejoras continuas, obteniendo beneficios para el personal y para la empresa. Mostrándose los resultados en los indicadores de productividad y calidad.

Los objetivos de Shitsuke según Rodríguez (2010) son:

- Fomentar nuevas costumbres para evitar hábitos erróneos
- Fomentar la participación del colaborador en la evaluación de actividades
- Desarrollar el liderazgo en los equipos 5S
- Capacitar al colaborador para que cumpla un rol en los planes de mejoras

Las ventajas de Shitsuke son:

- Beneficia a la empresa porque se promueve el cuidado de los recursos de la empresa
- Mantiene al personal motivado y encaminado y así el éxito de las 5S a largo plazo
- Fomenta el respeto a las normas establecidas y respeto entre las personas
- Sostiene las 4 primeras S, para evitar que se deje de aplicar
- El personal aprende sobre la filosofía Kaizen
- Mejora la eficacia del personal en un mejor entorno de trabajo

Los pasos para la implementación de Shitsuke son:

- Reconocer la participación del personal con sus ideas y opiniones en las actividades 5S
- Mostrar en un mural los resultados de las 5S
- Crear conciencia sobre la importancia las 5S's en toda la empresa con ayuda del personal mediante la creación de los eslóganes
- Reforzar conocimientos al personal para fomentar la autodisciplina

Herramientas:

- Eslogan 5S
- Boletín 5S
- Mural de fotos de la implementación 5S
- Check list de las 5S

2.3.3 Herramienta SMED

Según (Rajadell et. al, 2010)

El Sistema de Cambio Rápido de Herramientas es una metodología desarrollada por Shigeo Shingo, un ingeniero industrial japonés, que se utiliza para reducir el tiempo de cambio de herramientas o equipos en los procesos de producción. El sistema SMED se

originó en la industria Toyo Kogyo de Mazda en 1950, pero fue en los años setenta cuando Shingo trabajaba en la industria de Toyota que se popularizó y se convirtió en un pilar fundamental en la cadena productiva de Toyota.

El fin del SMED es minimizar el tiempo de inactividad y maximizar la eficiencia al cambiar de un producto o artículo a otro en una línea de producción. La metodología se basa en la identificación y eliminación de todas las actividades que no agregan valor durante el proceso de cambio, como movimientos innecesarios, ajustes complicados, pruebas prolongadas, entre otros.

Según (Galgano, 2004)

El SMED es un sistema que tiene como objetivo la reducción de tiempos de cambio, buscando que estos puedan medirse en minutos. Esta metodología puede aplicarse en cualquier industria, ya que se enfoca en optimizar los procesos de cambio de herramientas o equipos en la producción. Al lograr una reducción significativa en este tiempo, se optimiza el uso del tiempo de los trabajadores y de las máquinas, lo que se traduce en una reducción de costos para la empresa.

Para lograr una implementación exitosa del SMED, es importante que todas las partes involucradas estén comprometidas y activamente interesadas en generar el cambio. Esto implica la participación y cooperación tanto de los operarios como del personal de ingeniería y dirección.

Al disminuir el tiempo de cambio, se aumenta la flexibilidad de la línea de producción, ya que se pueden realizar cambios de producto más rápidos y eficientes. Esto permite una respuesta más ágil a las demandas del mercado y una mayor capacidad de adaptación a diferentes productos o artículos.

Reducir los tiempos de cambio de artículo es esencial para maximizar la eficiencia y la productividad de una empresa, ya que se eliminan tiempos muertos y se optimiza el uso de los recursos disponibles. Además, al implementar el SMED, se fomenta la mejora continua y la búsqueda constante de nuevas formas de reducir los tiempos de cambio, lo que contribuye a la eficiencia a largo plazo de la organización.

Según Madariaga (2013), dice lo siguiente:

Shigeo Shingo, comenzó a trabajar en la reducción de tiempos de cambio en la década de 1950. Durante un período de treinta años, desarrolló y perfeccionó una metodología que llamó SMED (Single Minute Exchange of Die), que se centra en lograr cambios de herramientas en minutos.

Shingo colaboró estrechamente con Toyota durante más de 25 años, brindando consultoría y capacitación en temas de mejora continua y eficiencia en la producción. Su experiencia y conocimientos influyeron significativamente en el sistema de producción de Toyota y en la metodología Lean Manufacturing en general.

En 1985, la metodología SMED de Shingo, que previamente había sido publicada en japonés, fue traducida y editada al inglés. Esta traducción permitió una mayor difusión y comprensión de los conceptos y técnicas propuestas por Shingo, lo que llevó a que la metodología SMED se extendiera más allá de Japón y fuera adoptada en empresas de todo el mundo.

El libro "A Revolution in Manufacturing: The SMED System" (Una revolución en la fabricación: el sistema SMED), escrito por Shigeo Shingo y publicado en 1985, se convirtió en una referencia importante para aquellos interesados en implementar el SMED y aprovechar sus beneficios en la reducción de tiempos de cambio y aumento de la eficiencia en la producción.

La contribución de Shingo y su metodología SMED ha sido altamente valorada en el campo de la gestión de la producción y ha tenido un impacto significativo en la forma en que se abordan los tiempos de cambio en las industrias a nivel mundial.

Paso 1. Descomponer el cambio en operaciones:

- Formar un equipo de trabajo multidisciplinario que incluya personal de producción, ingeniería de procesos, mantenimiento, entre otros.
- Filmar el proceso de cambio de la "Referencia 1" a la "Referencia 2" en la máquina seleccionada.
- Observar el video del cambio y descomponerlo en operaciones individuales.

Paso 2. Separar las operaciones en "externas" e "internas":

- Identificar las operaciones que pueden realizarse mientras la máquina está en funcionamiento (operaciones externas) y las que deben realizarse cuando la máquina está detenida (operaciones internas).
- Organizar y llevar a cabo las operaciones externas mientras la máquina continúa procesando la referencia saliente.
- Algunas operaciones externas también pueden realizarse después del cambio, como devolver las herramientas salientes a su lugar en el almacén.

Paso 3. Convertir operaciones internas en externas:

- Para convertir operaciones internas en externas, es posible que se requieran modificaciones en el diseño de las herramientas, utillaje y/o la adquisición de nuevos recursos físicos.

Paso 4. Reducir las operaciones internas:

- Para reducir las operaciones internas, se pueden tomar acciones relacionadas con los ajustes, los elementos de fijación, los desplazamientos del operario y el trabajo en paralelo.
- Ajustes: Simplificar y agilizar los ajustes necesarios durante el cambio.
- Elementos de fijación: Utilizar elementos de fijación rápidos y eficientes.
- Desplazamientos del operario: Minimizar los desplazamientos necesarios durante el cambio.
- Trabajar en paralelo: Identificar tareas que pueden realizarse en paralelo para reducir el tiempo total del cambio.

Paso 5. Reducir las operaciones externas:

- Para reducir el tiempo dedicado a las operaciones externas, se pueden tomar medidas para eliminar búsquedas, minimizar desplazamientos y eliminar tiempos de espera.
- Eliminar búsquedas: Organizar el entorno de trabajo de manera que las herramientas y materiales necesarios estén fácilmente accesibles.
- Minimizar desplazamientos: Diseñar una disposición eficiente del área de trabajo y minimizar los movimientos innecesarios.
- Eliminar tiempos de espera: Identificar y eliminar los tiempos de espera innecesarios durante el cambio.

Paso 6. Estandarizar el cambio:

- Documentar el nuevo método de cambio de forma clara y detallada.
- Proporcionar formación a los operarios sobre el nuevo método de cambio.
- Realizar el cambio siguiendo el nuevo procedimiento y grabar un nuevo video para tener una referencia visual actualizada.
- Estos pasos buscan optimizar y estandarizar el proceso de cambio de herramientas o equipos, con el objetivo de reducir el tiempo de cambio y aumentar la eficiencia en la producción. Al implementar el SMED, se busca lograr cambios de herramientas rápidos y sin errores, lo que contribuye a una mayor productividad y ahorro de costos en la empresa.

El sistema SMED se ha extendido por todo el mundo junto con la difusión y evolución del Sistema de Producción Toyota. Se considera una herramienta clave para mejorar la productividad, reducir los tiempos de inactividad y aumentar la flexibilidad en los procesos de fabricación.

Assaf y Haddad. SMED se enfoca en la reducción de tiempos de configuración y cambios continuos y rentables. También destaca la importancia de convertir las operaciones internas en operaciones externas para mantener las máquinas en funcionamiento durante modificaciones prolongadas (Ribeiro, Souza, Beluco, y otros, 2019)

El sistema SMED brinda varios beneficios a las empresas, como la reducción de existencias de desacoplamiento, la disminución del número de lotes producidos, la reducción de movimientos innecesarios y mejoras en la calidad del producto final. Además, flexibiliza los sistemas de producción y permite trabajar con cantidades más pequeñas de lotes, lo que mejora el flujo de material y la capacidad productiva. (Ribeiro, Souza, Beluco, y otros, 2019)

Una de las principales aplicaciones del sistema SMED es en entornos de producción repetitiva de grandes cantidades de lotes. Antes de la implementación de esta metodología, se solía creer que la producción en grandes lotes era necesaria para amortizar los tiempos de preparación. Sin embargo, el sistema SMED cambió este enfoque al permitir la producción de cantidades más pequeñas de lotes y reducir significativamente los tiempos de configuración.

Al reducir los tiempos de preparación, el sistema SMED proporciona dos ventajas principales. En primer lugar, aumenta la capacidad productiva al reducir el tiempo que se dedica a la configuración de las máquinas. Esto permite que las organizaciones produzcan más unidades en el mismo período de tiempo, lo que resulta en un aumento de la eficiencia y la productividad.

En segundo lugar, el sistema SMED contribuye a la flexibilización de los equipos de producción. Al reducir los tiempos de cambio de configuración, las organizaciones pueden adaptarse rápidamente a las demandas del mercado y producir cantidades más pequeñas de lotes de manera más eficiente. Esto crea un mejor flujo de material y evita los tiempos de espera asociados con los cambios de configuración prolongados.

También se destaca que el sistema SMED ayuda a reducir los tiempos de preparación del equipo, lo que lleva a una producción más económica y lotes más pequeños. Además, permite la reducción de los plazos de entrega, lo que mejora la competitividad de la empresa en el mercado laboral. El SMED también se enfoca en la eliminación de

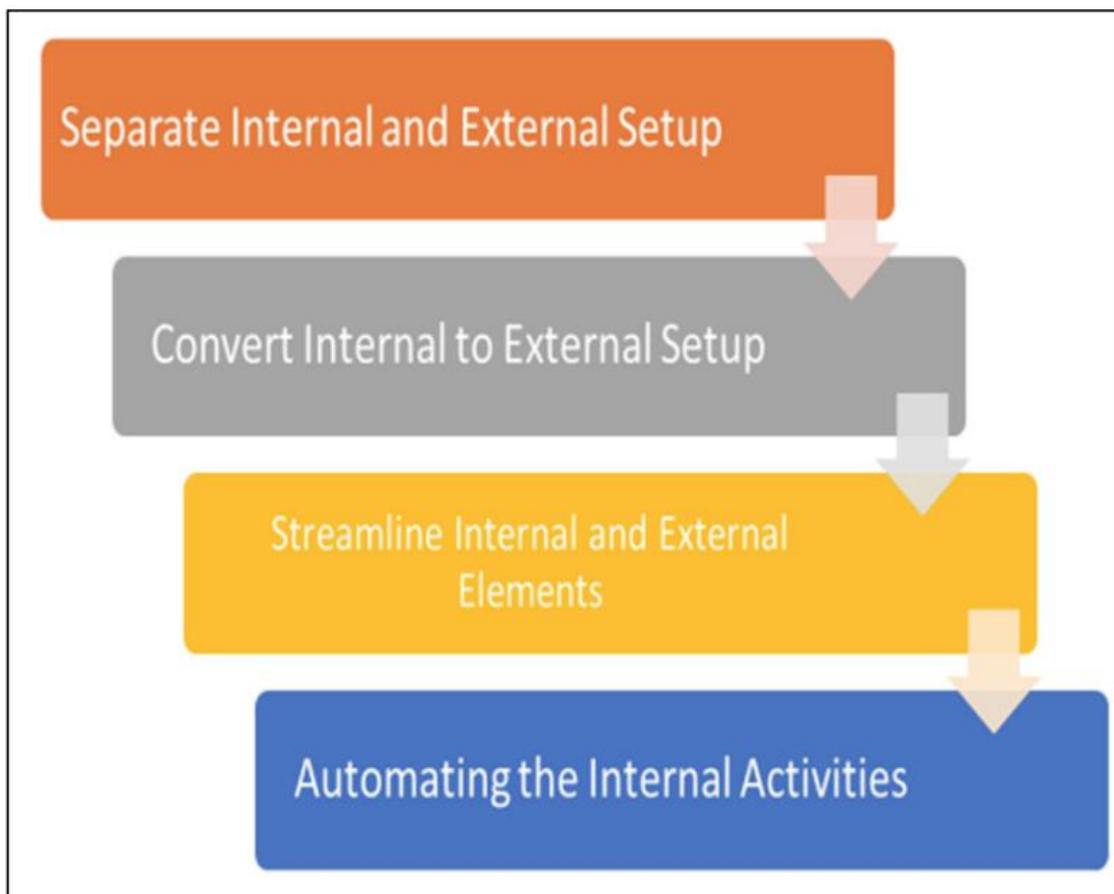
despilfarros y es considerado una herramienta Lean para la mejora de procesos. (Ribeiro, Souza, Beluco, y otros, 2019)

En resumen, el sistema SMED es una metodología efectiva para reducir tiempos de configuración, eliminar despilfarros y lograr una producción más eficiente y rentable. Su implementación requiere un análisis detallado de las operaciones de cambio y puede proporcionar beneficios significativos a las organizaciones. (Wani, y Pant, 2017)

En la Figura 21 se observan los pasos para implementar la metodología SMED.

Figura 21

Metodología SMED



Nota. Wani, y Pant, (2017)

La aplicación exitosa de la metodología SMED en la configuración de una prensa de troquelado de 8 toneladas es un ejemplo concreto de los beneficios que puede ofrecer esta metodología. La reducción del 27.5% en el tiempo de inactividad de la máquina demuestra el impacto positivo que se puede lograr al implementar técnicas y enfoques específicos para mejorar los procesos de configuración.

El estudio de tiempo realizado por los investigadores proporcionó una base sólida para identificar las áreas de mejora y recopilar datos precisos sobre las actividades de configuración. Este enfoque basado en datos permitió analizar el tiempo dedicado a cada tarea y detectar oportunidades de mejora. (Wani, y Pant, 2017)

El uso de un carro SMED es una práctica común para mejorar la actividad de configuración en los procesos productivos. Este carro, diseñado específicamente para agilizar el cambio de herramientas y configuraciones en las máquinas, ayuda a reducir los tiempos de inactividad y facilita la implementación de un nuevo flujo de actividades. Al contar con un carro dedicado para transportar y organizar las herramientas necesarias, se evita la pérdida de tiempo buscando y preparando los elementos requeridos durante la configuración. (Wani, y Pant, 2017)

la implementación de la metodología SMED es esencial en un entorno globalizado e industrializado, donde la agilidad, la eficiencia y la capacidad de respuesta rápida son cruciales para el éxito de las organizaciones. Al reducir el tiempo de inactividad de las máquinas, SMED permite una producción más ágil y eficiente, satisfaciendo las demandas cambiantes del mercado y mejorando la competitividad de las organizaciones. (Desai, y Rawani, 2017):

- A) En el proceso de cambio de configuración o ajuste de la máquina para producir una serie de productos diferentes, se deben realizar diversas actividades. Estas actividades pueden incluir ajustes de troqueles, cambios en la configuración de herramientas, ajustes de parámetros de la máquina, entre otros.
- B) El SMED (Single Minute Exchange of Die), que se traduce como Cambio de Utillaje en Minutos, es una teoría y conjunto de técnicas desarrolladas por Shigeo Shingo para realizar operaciones de cambio o configuración de equipos en un tiempo reducido, generalmente en menos de 10 minutos.

El objetivo del SMED es mejorar el proceso de cambio de configuración y lograr una reducción significativa en el tiempo requerido para realizar dichas operaciones. Con la implementación efectiva de SMED, se puede lograr una reducción del tiempo de configuración de hasta un 90% con inversiones moderadas. (Desai, y Rawani, 2017).

En el marco del SMED, Shingo divide la operación de configuración en dos partes: configuración interna y configuración externa. La configuración interna se refiere a aquellas operaciones de configuración que solo se pueden realizar cuando la máquina está detenida, como el montaje o desmontaje de troqueles. Por otro lado, la configuración externa se refiere a las operaciones de configuración que pueden realizarse mientras la

máquina está en funcionamiento. Estas operaciones externas se pueden llevar a cabo antes o después de detener la máquina, como la preparación de herramientas o equipos. El enfoque del SMED es reducir y optimizar tanto las operaciones de configuración interna como las operaciones de configuración externa, con el objetivo de minimizar el tiempo total de cambio de configuración y lograr un flujo de trabajo más eficiente y ágil. (Desai, y Rawani, 2017)

Por lo que, Desai, y Rawani, (2017), señalan tres pasos específicos para la implementación de la herramienta SMED:

Paso 1: Separación de la configuración interna y externa

El primer paso del SMED es la separación de la configuración interna y externa. En este paso, se analizan todas las actividades de configuración y se determina si pueden realizarse sin detener la máquina (configuración externa) o si requieren que la máquina esté detenida (configuración interna).

La pregunta clave que se plantea para cada actividad es: "¿Es necesario apagar la máquina para realizar esta actividad?". La respuesta a esta pregunta ayuda a distinguir entre configuración interna y externa.

La separación de la configuración interna y externa es fundamental para reducir el tiempo de configuración. Al identificar las actividades que se pueden realizar mientras la máquina está en funcionamiento, se elimina la necesidad de detenerla durante períodos prolongados, lo que a su vez reduce el tiempo total de cambio de configuración.

Para facilitar este proceso, el SMED utiliza tres técnicas principales:

- Listas de verificación: Se crean listas detalladas de todas las actividades de configuración, junto con los pasos requeridos para cada una. Estas listas ayudan a identificar qué actividades se pueden realizar sin detener la máquina y cuáles requieren que se detenga.
- Verificaciones de funciones: Se realizan verificaciones para asegurarse de que la máquina pueda funcionar correctamente después de realizar una actividad de configuración externa. Esto evita problemas y tiempos de ajuste adicionales una vez que se reanuda la producción.
- Transporte mejorado de troqueles y otras piezas: Se implementan métodos más eficientes y rápidos para transportar los troqueles y otras piezas necesarias para la configuración. Esto ayuda a minimizar el tiempo requerido para cambiar los componentes y preparar la máquina para la producción del siguiente producto.

Estas técnicas permiten identificar y optimizar las actividades de configuración externa, lo que resulta en una reducción significativa del tiempo de configuración y un aumento en la eficiencia del proceso de cambio de configuración. (Desai, y Rawani, 2017)

En la Tabla 05 se muestra un ejemplo de aplicación del Paso 1.

Tabla 05

Separación y conversión de actividades internas y externas

Table-6. Tool change time analysis sheet.

Name of Machine: Shaping; BA 4156; Lorenz Gear Shift: First Operator: Anil Patil		Tool change time before SMED					Tool change time after SMED	Name of fixture: RE 332 Part no: 2 01 3 150
S. No	Activities	Time (Sec)	Time (Sec)	Time (Sec)	In Past all Activitie s was Internal	Activity (Internal External)	Time After (Sec)	Modifications/ Remarks and Benefits
1	To take spanner	10	10	10	Internal	Internal	03	Setup trolley has been prepare as shown in above in photograph no 1
2	To take a new cutter	8	7	8	Internal	External	05	Originally this is external activity
3	To remove the old cutter	30	25	28	Internal	Internal	20	SP1825 screw driver, Hexagon Wrench has been used as shown in above photograph no 2
4	To placed old cutter aside	14	16	17	Internal	External	06	Originally this is external activity

Nota. Desai, y Rawani, (2017)

Paso 2: Convertir configuración interna a configuración externa

El segundo paso del SMED es convertir las actividades de configuración interna en actividades de configuración externa. El objetivo de este paso es reducir el tiempo total de apagado de la máquina al llevar a cabo la mayor cantidad de actividades de configuración mientras la máquina está en funcionamiento.

En este paso, se analizan todas las actividades de configuración interna y se buscan formas de convertirlas en actividades que puedan realizarse sin detener la máquina. Al hacer esto, se minimiza el tiempo necesario para detener y reiniciar la producción.

Para lograr la conversión de la configuración interna a externa, se utilizan varias técnicas:

- Preparación anticipada de condiciones de operación: Se realiza una preparación previa antes de detener la máquina. Esto implica realizar tareas como precalentar los equipos, preparar los materiales y herramientas necesarios, y asegurarse de que todo esté listo

para llevar a cabo rápidamente la configuración externa una vez que la máquina se detenga.

- Estandarización de funciones: Se establecen procedimientos estandarizados y claros para las actividades de configuración externa. Esto incluye definir los pasos exactos que deben seguirse, el orden de las operaciones y los roles y responsabilidades de los operadores. La estandarización ayuda a agilizar el proceso y reducir los errores o retrabajos.
- Uso de plantillas intermedias: Se utilizan plantillas o dispositivos intermedios para facilitar la transición entre productos. Estas plantillas pueden ser utilizadas para posicionar rápidamente los componentes, ajustar parámetros de la máquina o realizar otras tareas de configuración. Al tener plantillas predefinidas y listas para usar, se agiliza el cambio de configuración y se reduce el tiempo de inactividad de la máquina.

Estas técnicas permiten optimizar las actividades de configuración interna y convertirlas en actividades que pueden realizarse mientras la máquina está en funcionamiento. Al reducir el tiempo total de apagado de la máquina, se logra una disminución significativa en el tiempo de configuración y se mejora la eficiencia del proceso de cambio de configuración. (Desai, y Rawani, 2017)

Paso 3: Racionalización de todos los aspectos de la operación de configuración

En el paso 3 del SMED, se busca racionalizar todos los aspectos de la operación de configuración con el objetivo de reducir aún más los tiempos de configuración. En este paso, se aplican principios específicos para agilizar el proceso y eliminar cualquier actividad innecesaria o que pueda generar demoras.

A continuación, se describen algunas técnicas utilizadas en este paso:

- Implementación de operaciones paralelas: Se identifican las actividades de configuración que se pueden llevar a cabo de forma simultánea, en lugar de secuencial. Esto implica realizar varias tareas al mismo tiempo, lo que reduce el tiempo total requerido para completar la configuración.
- Uso de abrazaderas funcionales: Se utilizan abrazaderas o dispositivos de fijación que permiten una sujeción rápida y segura de los componentes o herramientas durante la configuración. Estas abrazaderas funcionales están diseñadas para minimizar el tiempo de ajuste y mejorar la eficiencia.
- Eliminación de técnicas de ajuste: Se busca eliminar o reducir la necesidad de ajustes manuales durante la configuración. Esto puede lograrse mediante el diseño de

componentes o troqueles que sean más precisos y requieran menos ajustes, o mediante el uso de sistemas de ajuste automático.

- Mecanización de operaciones: Se busca automatizar las actividades de configuración mediante el uso de dispositivos o equipos que realicen las tareas de forma más rápida y precisa. Esto puede incluir el uso de robots, máquinas de cambio rápido o sistemas automatizados de ajuste.

Estas técnicas se aplican de acuerdo con los principios específicos del SMED y están destinadas a eliminar cualquier paso innecesario, simplificar las operaciones y reducir el tiempo requerido para llevar a cabo la configuración. Al racionalizar y optimizar todos los aspectos de la operación de configuración, se logra una mayor eficiencia y una reducción significativa en los tiempos de configuración. (Desai, y Rawani, 2017)

Tabla 06

Ejemplo de reducción de tiempos (minutos) de Set Up de una máquina

S. No	Setup time before implementation of SMED (min)	Setup time after implementation of SMED (min)	Set up time reduced (min)	Set up time reduced (%)
1	45	7.9	37.1	82.44 %

Nota. Desai, y Rawani, (2017)

La implementación exitosa de la metodología SMED ha tenido un impacto significativo en la reducción del tiempo de configuración y cambio de herramienta, según la investigación de Desai y Rawani (2017). En la Tabla 06 se muestra que, en la división de conformación, el tiempo de configuración se redujo de 45 minutos a 7,9 minutos, lo que representa un ahorro de 37,1 minutos por cada configuración. Esto implica una reducción del 82,44% en el tiempo de cambio de configuración.

En la división de modelado, también se observaron mejoras en el tiempo de cambio de herramienta. Sin embargo, no se proporciona información específica sobre las cifras antes y después de la implementación de SMED en esta área.

Estos resultados demuestran el impacto positivo que puede tener la metodología SMED en la eficiencia de las operaciones de configuración y cambio en una organización. Al reducir drásticamente los tiempos involucrados, se logra una mayor productividad,

flexibilidad y capacidad de respuesta a las demandas del mercado. (Desai, y Rawani, 2017)

En la tabla 07 se muestra la mejora de implementar la herramienta SMED en el tiempo para cambio de herramienta.

Tabla 07

Reducción de tiempo (minutos) para el cambio de herramienta

S. No	Tool change time before implementation of SMED (min)	Tool change time after implementation of SMED (min)	Tool change time reduced (min)	Tool change time reduced (%)
1	14.33	7.81	6.52	44.21 %

Nota. Desai, y Rawani, (2017)

Según la investigación de Desai y Rawani (2017), la implementación exitosa de la metodología SMED en la división de modelado ha llevado a una reducción significativa en el tiempo de cambio de herramienta. El tiempo de cambio de herramienta se ha reducido de 14,33 minutos a 7,81 minutos, lo que representa un ahorro de 6,52 minutos por cada cambio de herramienta. Esto implica una reducción del 44,21% en el tiempo total de cambio de herramienta.

En cuanto a la división de conformación, se menciona una mejora en la productividad debido a la implementación de SMED, pero no se proporciona información específica en términos de cifras.

Estos resultados indican que la implementación exitosa de SMED ha tenido un impacto positivo tanto en la reducción del tiempo de cambio de herramienta como en la mejora de la productividad en las áreas analizadas. Estas mejoras contribuyen a una mayor eficiencia en las operaciones y a una mayor capacidad de respuesta a las necesidades del mercado. (Desai, y Rawani, 2017)

En la Tabla 08 se muestra la mejora de la implementación de la metodología SMED en los puestos de trabajo.

Tabla 08

Número de puestos de trabajo antes y después de la implementación de SMED

S. No	Total no of Jobs before implementation of SMED (Nos)	Total no of Jobs after implementation of SMED (Nos)	Total no of Jobs increased due to implementation of SMED (Nos)
1	213	236	23

Nota. Desai, y Rawani, (2017)

Según la investigación de Desai y Rawani (2017), la implementación exitosa de SMED, junto con la integración de diseño de fijación de sujeción rápida, diseño de tirantes y Kaizen, ha llevado a mejoras significativas en la productividad de la división de modelado. Como resultado de estas mejoras, la máquina de conformación ha sido capaz de producir 23 trabajos adicionales por turno con la misma entrada.

Estos resultados demuestran que la aplicación de SMED y otras técnicas relacionadas puede ser efectiva para mejorar la capacidad de una organización de fabricación y satisfacer las demandas del cliente al optimizar la utilización de los activos de la planta. La reducción del tiempo de configuración y el tiempo de cambio de herramienta han jugado un papel clave en esta mejora de la productividad.

En conclusión, modificar las prácticas existentes a través de la implementación de SMED y otras técnicas relacionadas ha llevado a una reducción significativa en el tiempo de configuración y el tiempo de cambio de herramienta, lo que ha resultado en una mejora general en la productividad de la división de modelado.

(Desai, y Rawani, 2017)

2.3.4 Estandarización del Trabajo

Según Hernández y Vizán (2013), la estandarización es una de las bases principales del Lean Manufacturing, por la cual ayuda a entender varias técnicas Lean y se define como especificar los detalles de forma escrita y gráfica que transmitirán conocimientos exactos sobre el personal, el uso de las máquinas, los métodos, las mediciones y otros más, con el objetivo de realizar productos de calidad de la manera más eficiente, seguro y rápido.

Según Socconini (2019) el trabajo estándar consiste en lograr la máxima calidad con los costos más bajos, y esto debido a que los métodos y técnicas son definidos eficientemente, garantizado que las operaciones desarrollen sus productos con las mismas características. La estandarización de trabajo se desarrolla como primer paso con la observación y midiendo el trabajo del personal, y esto servirá de base para que posteriormente se pueda

comparar. Tal como dice Hernández y Vizán (2013), “Un estándar se crea para mejorarlo” (p.46)

Los estándares pueden ser instrucciones, manuales, procedimientos, guías, niveles, especificaciones y otros similares.

Hernández y Vizán (2013) mencionan que el trabajo estandarizado tiene 4 características fundamentales:

1. Describir las mejores metodologías de producción de la manera más sencilla y clara.
2. Aplicar las herramientas y técnicas necesarias dependiendo de cada situación para mejorar los estándares.
3. Asegurar que se cumplan los trabajos según los estándares.
4. Ser siempre tomado como base inicial para futuras mejoras.

“El trabajo estandarizado es un bloque de construcción fundamental para cualquier sistema Lean. El trabajo estandarizado bien diseñado reconoce todos los factores sociales que intervienen en la producción de buena calidad de manera repetible” (Shook, 2009).

Según la institución Lean Enterprise Institute (2023) la estandarización de trabajo tiene 3 elementos básicos:

- El tiempo Takt y el tiempo de ciclo
- La secuencia estándar que determina el mejor orden para el proceso productivo.
- La cantidad de inventario de materiales, información en proceso que se requieren (S-WIP)

Objetivos del trabajo estandarizado según Socconini (2019):

- Lograr que la secuencia de procedimientos que realiza el operador sea repetible
- Ser de ayuda en el control visual para que se genere un entorno de trabajo donde sea sencillo detectar las irregularidades
- Crear una base donde se puedan comenzar las mejoras
- Mejorar el nivel de producción con el mínimo de recursos
- Disponer un conjunto de información que pueda ser consultable cada vez que se necesite.
- Apoya que los tiempos de todas las actividades sean constantes según el ciclo del tiempo takt
- Las operaciones alcanzarán un nivel elevado en repetibilidad, además que serán efectivas y seguras.
- Reduce el tiempo que toma un operador para aprender sus actividades

- Ayuda a que sea sencillo la forma de documentación de cada vez que se mejore una operación

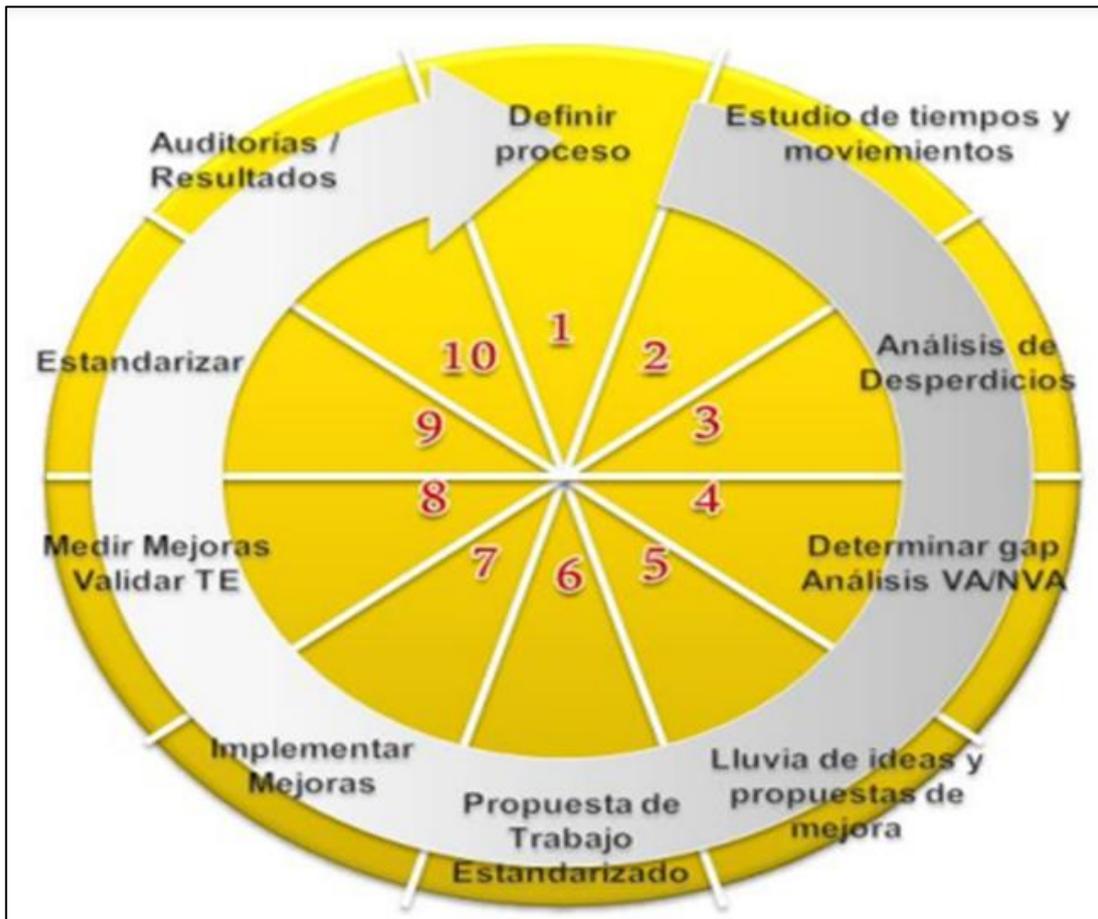
En la Figura 22 se muestra, los pasos del trabajo estandarizado según Verduzco-Garza (ver Figura 22):

1. Definir un proceso específico o una de las actividades del proceso
2. Realizar un estudio de tiempo y análisis de movimientos en condiciones normales de trabajo, presentarlas en una hoja de tiempos observados y calcular la capacidad de operación (ver figura 23).
3. Identificar y analizar los despilfarros
4. Comparar los tiempos obtenidos con los tiempos esperados para determinar el nivel de diferencia y analizar las posibles causas.
5. Proponer mejoras con diferentes técnicas para que los tiempos obtenidos se acerquen al tiempo esperado.
6. Seleccionar la propuesta de mejora que más se adecue al caso.
7. Implementar la mejora que rediseñará la estación de trabajo, además que también cambia los métodos y procedimientos para realizar una operación.
8. Medir la secuencia mejorada de la capacidad para validar el trabajo estandarizado y documentar en una Hoja de Combinación de trabajo estandarizado (ver figura 24)
9. Comprobar que se obtuvo los resultados esperados y documentar los nuevos procedimientos de trabajo estandarizado, para ello se puede dibujar el proceso en la hoja de trabajo estándar (ver figura 25) y realizar guías instructivas.
10. Realizar auditorías y un plan de control para que los resultados sean estables con el tiempo.

En la Figura 23, la Figura 24 y la Figura 25 se muestran las hojas de trabajo diseñadas para implementar un trabajo estandarizado.

Figura 22

Pasos para implementar la metodología de trabajo estandarizado



Nota. Verduzco-Garza (2013)

Figura 23

Hoja de Capacidad de Proceso

Process Capacity Sheet		Approved by:		Part #			Application		Entered by:	Date
				Part name			Number of parts		Line	
Step	Step name	Machine #	BASIC TIME			TOOL CHANGE		PROCESSING CAPACITY/SHIFT	Remarks	
			MANUAL	AUTO	COMPLETION	CHANGE	TIME			
		Total								

Nota. Lean Enterprise Institute

Figura 24

Hoja de Combinación de trabajo estandarizado

Standardized Work Combination Table	From:		Date:	Required Units per Shift:	Hand																			
	To:		Area:	Takt Time:	Walk																			
Work Elements	Time (sec.)			Seconds																				
	Hand	Auto	Walk	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
Totals		Waiting			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100

Nota. Lean Enterprise Institute

Figura 25

Cuadro de trabajo estandarizado

Standardized Work Chart	From:		Date:	Prepared By:	Dept. /Location:	Team Leader:	Supervisor:
	To:						
Quality Check	Safety Precaution	Standard Work-in-Process		Takt Time	Cycle Time	Operator Number	
◇	+	Symbol	Number of WIP				
		●					

Nota. Lean Enterprise Institute

2.4 Definición de términos básicos

- **Ingeniería de Métodos**

Para Ustate, (2007), La ingeniería de métodos es un enfoque sistemático para mejorar la eficiencia y productividad de los procesos de trabajo, con el objetivo de aumentar la rentabilidad de una organización mediante la reducción de tiempos, costos y la mejora de la calidad.

- **Estudio de Tiempos**

Para Castillo, (2005), el estudio de tiempos es una herramienta valiosa para calcular el tiempo estándar en el que se realiza una actividad, teniendo en cuenta diversos factores que pueden afectar el rendimiento. Permite producir más en menos tiempo, buscar la eficiencia en las áreas de trabajo y proporciona información clave para la mejora continua de los procesos.

- **Capacidad productiva**

Según Trattner, Hvam, & Haug, 2020: La capacidad productiva está definida como la habilidad de un empleado, una maquinaria, máquina, una empresa o un proceso en cualquier tipo de empresa que realice producción de bienes por unidad de tiempo.

En ese sentido, sus actividades críticas como el análisis, la programación y el control son desarrolladas de igual forma que las actividades de programación y planificación.

Por ello, se sostiene que mientras menos sean revisadas las pérdidas de eficiencia, esto implicaría que se están desperdiciando muchos cambios posibles para mejorar la eficiencia.

- **Productividad**

la productividad se refiere a la eficiencia con la que se utilizan los recursos para producir bienes o servicios. Se puede medir mediante la relación entre la producción obtenida y los insumos utilizados en ese proceso.

La definición de la Organización Internacional del Trabajo OIT (1996) destaca la relación entre producción e insumo. Es decir, la productividad se calcula al dividir la producción obtenida por la cantidad de insumos utilizados, como mano de obra, capital, materiales, energía, entre otros. Cuanto mayor sea la producción en relación con los insumos, mayor será la productividad.

La definición de Chase, Jacobs y Aquilano (2006) resalta que la productividad es una medida utilizada para evaluar qué tan eficientemente se utilizan los recursos en un país,

una industria o una unidad de negocio. Se puede considerar como un indicador de la eficacia y la eficiencia con la que se utilizan los recursos para generar resultados.

En resumen, la productividad se refiere a la relación entre la producción obtenida y los insumos utilizados. Es una medida que indica qué tan bien se están utilizando los recursos para alcanzar los resultados deseados en un contexto específico, ya sea a nivel de país, industria o unidad de negocio.

- **Takt Time**

El takt time es un concepto utilizado en la filosofía Lean y se refiere al ritmo al que se debe producir para estar en sincronía con la demanda del producto. Es una medida que indica el tiempo disponible para la producción dividido por la demanda del cliente en ese período de tiempo específico.

El takt time se utiliza para establecer el ritmo de producción necesario para satisfacer las necesidades del cliente de manera continua y eficiente. Es una herramienta que ayuda a equilibrar el flujo de trabajo y evitar el desperdicio de tiempo y recursos. Si se cumple el takt time, se garantiza que los productos se producirán a la velocidad requerida para mantenerse alineados con la demanda del mercado.

Por ejemplo, si se dispone de 480 minutos de tiempo de producción en un turno de 8 horas y la demanda del cliente es de 240 unidades, el takt time sería de 2 minutos por unidad. Esto significa que se debe producir una unidad cada 2 minutos para satisfacer la demanda. El uso del takt time facilita la planificación y programación de la producción, el establecimiento de estándares de trabajo y la identificación de oportunidades de mejora en el flujo de trabajo. Ayuda a evitar la sobreproducción y el subaprovisionamiento, ya que establece el ritmo adecuado para mantener un flujo constante de producción y minimizar los tiempos de espera o retrasos.

En resumen, el takt time es una medida que indica el ritmo de producción necesario para estar en sincronía con la demanda del producto. Se calcula dividiendo el tiempo disponible para la producción entre la demanda del cliente en ese período de tiempo.

- **Tiempo de ciclo**

El tiempo de ciclo, según la definición de Hernández y Vizán (2013), se refiere al tiempo requerido para completar un ciclo de una operación específica. En el contexto de la filosofía Lean, se busca igualar el tiempo de ciclo al takt time, que es el ritmo necesario para satisfacer la demanda del cliente y lograr un flujo continuo de producción en una sola pieza.

Igualar el tiempo de ciclo al takt time es una meta en Lean Manufacturing, ya que permite mantener un flujo de trabajo suave y evitar el exceso de producción o los cuellos de botella. Cuando el tiempo de ciclo se ajusta al takt time, cada operación se realiza en sincronía con la demanda del cliente, lo que ayuda a evitar el desperdicio de tiempo y recursos.

En relación con los planos de estructuras metálicas, estos surgen a partir de un compromiso contractual entre un cliente y un proveedor. Los planos se dividen en dos tipos principales: planos de diseño y planos de fabricación y montaje.

Los planos de diseño contienen la memoria de cálculo y definen las secciones requeridas para la estructura metálica. Estos planos son utilizados para determinar las especificaciones técnicas y los requisitos de diseño de la estructura.

Por otro lado, los planos de fabricación y montaje se derivan de los planos de diseño y se utilizan para identificar los elementos definitivos que deben fabricarse y ensamblarse para materializar la estructura metálica. Estos planos proporcionan instrucciones detalladas sobre cómo fabricar y ensamblar los componentes de la estructura, incluyendo detalles de soldadura, conexión y montaje.

En resumen, el tiempo de ciclo se refiere al tiempo necesario para completar un ciclo de una operación específica. En Lean Manufacturing, se busca igualar el tiempo de ciclo al takt time para lograr un flujo continuo de producción. Por otro lado, los planos de estructuras metálicas son documentos que surgen de un acuerdo contractual y se dividen en planos de diseño y planos de fabricación y montaje, que contienen información detallada sobre las especificaciones técnicas y los pasos necesarios para fabricar y ensamblar la estructura.

- **Estructura metálica**

Las estructuras metálicas son conjuntos de elementos de acero o materiales similares que se disponen de manera ordenada y dimensionada para cumplir con las exigencias físicas requeridas por la edificación o estructura. Estos elementos proporcionan rigidez y resistencia, y su diseño se realiza considerando las cargas y condiciones específicas de la estructura.

- **Corte por Plasma**

El corte por plasma se fundamenta en el uso de un arco eléctrico que eleva la temperatura del material a cortar de manera localizada, alcanzando valores superiores a los 20,000 °C. Esto provoca la formación de plasma, un estado de la materia en el cual los electrones se disocian de los átomos y el gas se vuelve conductor.

El procedimiento implica la generación de un arco eléctrico estrecho a través de una boquilla de soplete de pequeñas dimensiones. Esto permite concentrar de manera extraordinaria la energía cinética del gas utilizado, ionizándolo y dotándolo de capacidad de corte debido a su polaridad.

En resumen, el corte por plasma se basa en la acción térmica y mecánica de un chorro de gas calentado por un arco eléctrico de corriente continua establecido entre un electrodo en la antorcha y la pieza a mecanizar. El chorro de plasma resultante es dirigido hacia la pieza, penetrando a través de su espesor y fundiendo el material a cortar. Posteriormente, el material fundido es expulsado, permitiendo obtener un corte preciso y eficiente. Este proceso es ampliamente utilizado en diversas industrias donde se requiere un corte rápido y preciso en materiales metálicos.

- **Proyecto**

En la empresa Suministros FERMAR SA, se le llama proyecto al contrato que se tiene con un cliente. Cada contrato se le conoce como Orden de Trabajo o proyecto.

- **Placas**

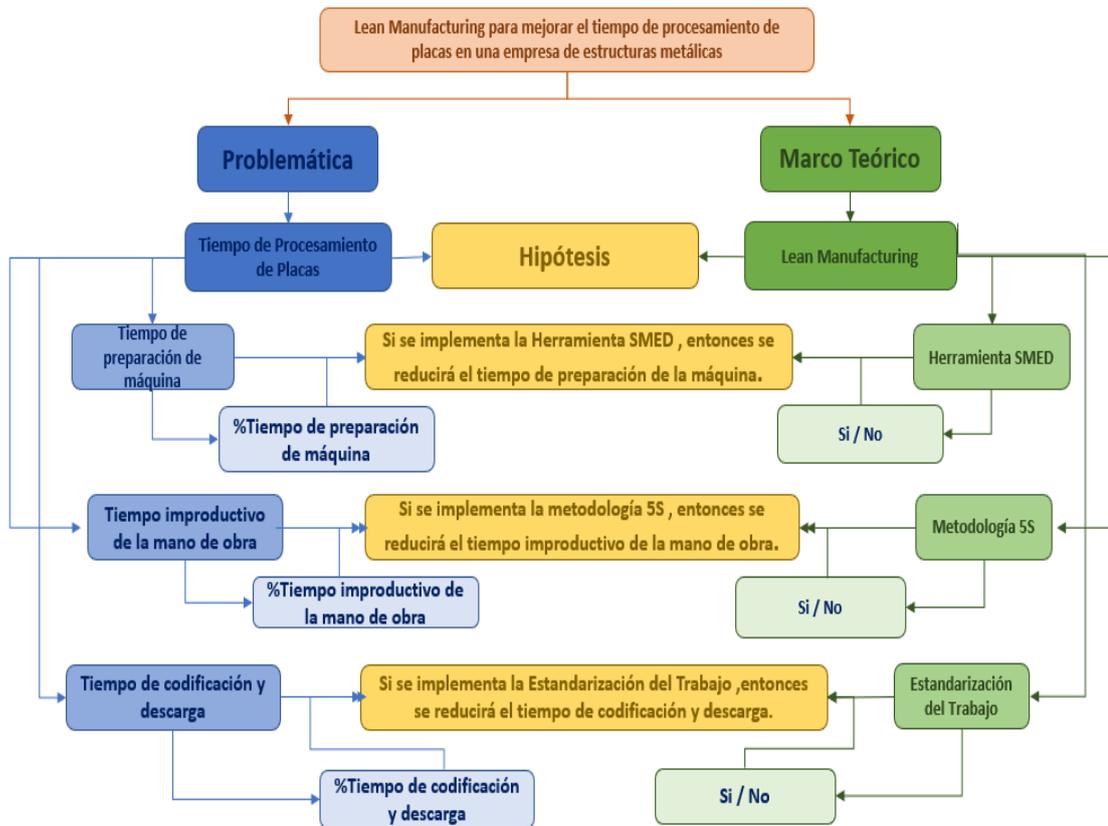
En la empresa Suministros FERMAR SA, se le denomina placas a las cartelas de acero o piezas metálicas que son cortadas y perforadas por las máquinas CNC.

2.5 Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis

En la siguiente figura se sustenta la hipótesis en base al tiempo de procesamiento de placas, de modo que aplicando el Lean Manufacturing se podrá reducir el tiempo de procesamiento de placas; de igual manera, al aplicar la herramienta SMED, la metodología 5S y la estandarización de trabajo, se podrá reducir el tiempo de procesamiento de placas en las máquinas procesadoras de placas, como la KF1606, AMG Grande y AMG Chica. A continuación, se muestra los fundamentos teóricos empleados para solucionar problemas específicos. (Ver Figura 26)

Figura 26

Fundamentos teóricos que sustentan la hipótesis



Nota. Elaboración propia

2.6 Hipótesis

2.6.1 Hipótesis General

Si se implementa la metodología Lean Manufacturing entonces se mejorará el tiempo de procesamiento de placas en una empresa de estructuras metálicas.

2.6.2 Hipótesis específicas

- Si se implementa la Herramienta SMED, entonces se reducirá el tiempo de preparación de la máquina.
- Si se implementa la metodología 5S, entonces se reducirá el tiempo improductivo de la mano de obra.
- Si se implementa la Estandarización del Trabajo, entonces se reducirá el tiempo de codificación y descarga.

2.7 Variables

✓ Independiente

- Lean Manufacturing
- Herramienta SMED
- Metodología 5S
- Estandarización del trabajo

✓ Variables dependientes:

- Tiempo de procesamiento de placas
- Tiempo de preparación de máquina
- Tiempo improductivo de mano de obra
- Tiempo de codificación y descarga

✓ Indicadores

- %Tiempo de preparación de la máquina

$(\text{Tiempo de preparación de la máquina} / \text{Tiempo de procesamiento de placas}) * 100$

- %Tiempo improductivo de la mano de obra

$(\text{Tiempo improductivo de la mano de obra} / \text{Tiempo de procesamiento de placas}) * 100$

- %Tiempo de codificación y descarga

$(\text{Tiempo de codificación y descarga} / \text{Tiempo de procesamiento de placas}) * 100$

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque, tipo, método y diseño de la investigación

✓ Enfoque de la investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se está considerando que la información que se recoge para posteriormente procesarla es de forma numérica; además que para analizar los datos obtenidos del pre y post implementación del Lean en el área de habilitado se hará uso de la estadística descriptiva para probar las hipótesis.

De acuerdo con Hernández et. al (2014), “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p.4).

✓ Tipo de la investigación:

El tipo de investigación es aplicada ya que su objetivo es recolectar las teorías y conocimientos necesarios para que luego sirvan de apoyo y brinden solución al problema planteado (Hernández et. al, 2014).

Considerando que plantea mejorar el tiempo de procesamiento de placas en el área de habilitado de una empresa de estructuras metálicas aplicando 3 herramientas del lean Manufacturing.

✓ Nivel o Alcance la de Investigación:

El nivel o alcance de la Investigación será explicativo, teniendo en cuenta que se explicará el efecto que tiene las herramientas del lean Manufacturing sobre el tiempo de producción en una empresa de estructuras metálicas, además se explicarán las causas que originan el elevado tiempo improductivo que hay en el proceso.

La investigación explicativa “Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables” (Hernández et. al, 2014, p.98).

✓ Diseño de la investigación:

“Plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento” (Hernández et. al, 2014, p.128).

La presente investigación tiene un diseño experimental de tipo cuasi-experimental, dado que estará en manipulación las variables independientes y además se medirá los efectos que generará su implementación.

Para el diseño de la investigación cuasi-experimental, en su modalidad series de tiempo se ha utilizado un grupo con medición antes y después como el siguiente esquema:

GE: Oa1 Oa2 Oa3 ... X Od1 Od2 Od3 ...

Donde:

GE: Grupo de estudio no aleatorio

Oa1: Observación 1 antes (pre)

Od1: Observación 1 después (post)

On: Observación o resultado de la variable dependiente

X: Aplicación de la variable independiente

3.2 Población y muestra

Población

Se entiende que “la población o universo es el conjunto de los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (Hernández et. al, 2014, p.174).

Muestra

Por su parte “la muestra es en esencia, un subgrupo de la población” (Hernández et. al, 2014, p.175).

Las muestras están clasificadas en 2 tipos:

En las muestras probabilísticas, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de muestreo/análisis. (Hernández et. al, 2014, p.175).

Y en las muestras no probabilísticas o también llamadas dirigidas que se diferencia en que la selección de variables no dependerá de la probabilidad, sino que se escogerá según lo que necesite la investigación o el investigador.

Unidad de análisis

Según Rodríguez et al. (2021) En una investigación, la unidad de análisis se refiere a la entidad o elemento principal que se estudiará y sobre la cual se recopilarán datos y se realizarán análisis. La elección de la unidad de análisis depende de la pregunta de investigación y de los objetivos del estudio.

La unidad de análisis puede ser tanto personas como objetos, y representa la entidad mínima y observable que se relaciona con los demás elementos analizados en el estudio. Por ejemplo, en un estudio sobre el rendimiento académico de los estudiantes, la unidad de análisis podría ser cada estudiante individualmente, donde se recopilarían datos sobre

sus calificaciones, asistencia, características demográficas, entre otros aspectos relevantes.

Muestreo o Diseño muestral

Según Tamayo, G. (2001) muestreo es un procedimiento para conocer algunas características de la población con base en una muestra extraída de ella. El objetivo de un diseño de muestreo es proporcionar indicaciones para la selección de una muestra que sea representativa de la población.

Por la tanto, la presente investigación hará uso del muestreo no probabilístico. Ya que las muestras serán seleccionadas según los criterios del investigador en base a lo que se necesite.

Población, muestra y unidad de análisis de la investigación

A continuación, se presenta la población, muestra y unidad de análisis que se emplearon por cada una de las variables dependientes planteadas en esta investigación.

Variable Dependiente 01 (Tiempo de preparación de la máquina) –

Indicador: % (Tiempo de preparación de la máquina/Tiempo del procesamiento de placas)

- Población

La población para la investigación fue el registro total de tiempos de preparación de las máquinas.

- Muestra

Muestra PRE: Registro del tiempo de preparación de las máquinas del área de habilitado desde semana 09 hasta la semana 18 del 2022

Muestra POST: Registro del tiempo de preparación de las máquinas del área de habilitado semana 31 hasta la semana 40 del 2022

- Unidad de Análisis

Un registro del tiempo de preparación de la máquina

Variable Dependiente 02 (Tiempo improductivo de la mano de obra) – Indicador: % (Tiempo improductivo de la mano de obra/Tiempo del procesamiento de placas)

- Población

La población serán los tiempos improductivos de la mano de obra en el área de habilitado.

- Muestra

Muestra PRE: Registro del tiempo improductivo de la mano de obra del área de habilitado desde semana 09 hasta la semana 18 del 2022

Muestra POST: Registro del tiempo improductivo de la mano de obra del área de habilitado desde semana 31 hasta la semana 40 del 2022

- Unidad de Análisis

Un registro del tiempo improductivo de la mano de obra del área de habilitado

Variable Dependiente 03 (Tiempo de codificación y descarga) –

Indicador: % (Tiempo de codificación y descarga/Tiempo del procesamiento de placas)

- Población

La población serán los tiempos de codificación y descarga en el área de habilitado de la empresa de estudio

- Muestra

Muestra PRE: Registro del tiempo de codificación y descarga del área de habilitado desde semana 09 hasta la semana 18 del 2022

Muestra POST: Registro del tiempo de codificación y descarga del área de habilitado desde semana 31 hasta la semana 40 del 2022

- Unidad de Análisis

Un registro del tiempo de codificación y descarga del área de habilitado

A continuación, en la Tabla 09 se muestran las unidades de análisis, la población y las muestras PRE y POST.

Tabla 09

Unidad de análisis, población y muestra PRE y POST por cada una de las variables

Variable Dependiente	Indicador	Población	Muestra pre	Muestra post	Unidad de análisis
Tiempo de preparación de la máquina	% (Tiempo de preparación de la máquina/Tiempo del procesamiento de placas)	Tiempo de preparación de la máquina	Registro del tiempo de preparación de las máquinas del área de habilitado desde semana 09 hasta la semana 18 del 2022	Registro del tiempo de preparación de las máquinas del área de habilitado desde semana 31 hasta la semana 40 del 2022	Un registro del tiempo de preparación de la máquina
Tiempo improductivo de la mano de obra	% (Tiempo improductivo de la mano de obra/Tiempo del procesamiento de placas)	Tiempo improductivo de la mano de obra del área de habilitado	Registro del tiempo improductivo de la mano de obra del área de habilitado desde semana 09 hasta la semana 18 del 2022	Registro del tiempo improductivo de la mano de obra del área de habilitado desde semana 31 hasta la semana 40 del 2022	Un registro del tiempo improductivo de la mano de obra del área de habilitado

Tiempo de codificación y descarga	% (Tiempo de codificación y descarga/Tiempo del procesamiento de placas)	Tiempo de codificación y descarga del área de habilitado	Registro del tiempo de codificación y descarga del área de habilitado desde semana 09 hasta la semana 18 del 2022	Registro del tiempo de codificación y descarga del área de habilitado desde semana 31 hasta la semana 40 del 2022	Un registro del tiempo de codificación y descarga del área de habilitado
--	--	--	---	---	--

Nota. Elaboración propia

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1 Técnicas e instrumentos

Hernández et. al (2014) menciona que la recolección de datos puede ser de distintas maneras con el objetivo de conseguir información.

Según Arias (2012) se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información.

Por ello, la técnica considerada en la presente investigación está comprendida como análisis documental, debido a que se usarán los tiempos de procesamiento de placas de las fichas realizadas por Harold Rivera y validadas por su supervisor.

Según Arias (2012), un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registra o almacenar información.

En cuanto a los instrumentos considerados para el análisis es el registro documental sobre los tiempos detallados del procesamiento de placas en el área de habilitado.

- **Análisis documental:** Según Peña & Pirella (2007) el análisis documental constituye un proceso ideado por el individuo como medio para organizar y representar el conocimiento registrado en los documentos, cuyo índice de producción excede sus posibilidades de lectura y captura.
- **Registro documental:** Según CIFE (2016) el registro documental consiste en buscar información en artículos indexados, libros académicos y otros documentos para realizar el estado del arte frente a un tema, organizando la información en categorías o ejes.

En la Tabla 10 se puede observar las variables dependientes, indicadores, técnicas e instrumentos.

Tabla 10*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Variable Dependiente	Indicador	Técnica	Instrumento
Tiempo de preparación de la máquina	% (Tiempo de preparación de la máquina/Tiempo del procesamiento de placas)	Análisis documental	Registro documental sobre el tiempo de preparación de las máquinas
Tiempo improductivo de la mano de obra	% (Tiempo improductivo de la mano de obra/Tiempo del procesamiento de placas)	Análisis documental	Registro documental sobre el tiempo improductivo de la mano de obra
Tiempo de codificación y descarga	% (Tiempo de codificación y descarga/Tiempo del procesamiento de placas)	Análisis documental	Registro documental sobre el tiempo de codificación y descarga

Nota. Elaboración propia

3.3.2 Criterio de validez y confiabilidad

El criterio de Validez se define según (Hernández et. al, 2014) como “Validez que se establece al correlacionar las puntuaciones resultantes de aplicar el instrumento con las puntuaciones obtenidas de otro criterio externo que pretende medir lo mismo” (p.202).

Por otro lado, el criterio de confiabilidad según (Hernández et. al, 2014) es el “Grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes” (p.200).

Para evaluar la confiabilidad, se busca determinar si el instrumento produce resultados consistentes cuando se aplica repetidamente a la misma muestra o población.

Hay diferentes formas de evaluar la confiabilidad, como el coeficiente de confiabilidad (por ejemplo, el coeficiente alfa de Cronbach) que indica la consistencia interna de las medidas obtenidas, o a través de pruebas de Pretest, donde se vuelve a aplicar el instrumento en un periodo de tiempo y se evalúa la consistencia entre los resultados obtenidos en ambas aplicaciones. Por lo que, para el presente estudio, las tres variables, su criterio de validez y confiabilidad es mediante la aprobación de la empresa.

3.3.3 Procedimientos para la recolección de datos

El trabajo en investigación consistió en la recolección de datos mediante los registros documentales sobre el tiempo de preparación de la máquina, el tiempo improductivo de la mano de obra y el tiempo de codificación y descarga del área de habilitado, registros que fueron brindados por el equipo de producción con el propósito de obtener información

detallada e indicadores de la empresa de metalmecánica durante el segundo trimestre del 2022.

Luego, se procedió a analizar los datos recolectados en los registros de tiempo que fueron proporcionados por la compañía, con el fin de implementar planes de mejora para los diferentes problemas que se han encontrado.

3.4 Descripción de procedimientos de análisis de datos

La matriz de análisis de datos es una herramienta utilizada para organizar y analizar los datos recopilados durante la investigación.

Esta matriz proporciona una estructura que permite clasificar, comparar y examinar los datos de acuerdo con las variables e indicadores establecidos previamente. En el caso específico de tu investigación, mencionas que se utilizaron diferentes herramientas del Lean Manufacturing, como el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto, el diagrama de procesos y el diagrama de análisis del proceso.

Estas herramientas son ampliamente utilizadas en la mejora de procesos y la identificación de problemas y oportunidades de mejora.

Además, mencionas el uso de Microsoft Excel 2019 y el software SPSS Statistics para el análisis estadístico de los datos recopilados. Estas herramientas permiten realizar cálculos, generar tablas y gráficos, y aplicar pruebas estadísticas para interpretar los resultados de manera más precisa.

El análisis e interpretación de los resultados se lleva a cabo mediante la presentación de los datos en tablas y gráficos, lo que facilita la visualización y comprensión de los patrones y tendencias. Luego, se ejecuta un estudio estadístico, como la Prueba T de Student de muestras independientes, utilizando el software SPSS para analizar la significancia de las diferencias encontradas.

En resumen, la matriz de análisis de datos es una herramienta para organizar y analizar los datos recopilados. En tu investigación, se utilizaron diferentes herramientas del Lean Manufacturing, así como el software Microsoft Excel 2019 y SPSS Statistics para el análisis estadístico. Los resultados se presentarán en tablas y gráficos, y se aplicarán pruebas estadísticas para interpretar los resultados y verificar la hipótesis planteada.

En la Tabla 11 se resume lo antes descrito indicando cada variable y su indicador respectivo.

Tabla 11*Técnicas de procesamiento de análisis de datos*

Variable Dependiente	Indicador	Unidad	Escala de Medición	Estadísticos descriptivos	Análisis Inferencial
Tiempo de preparación de la máquina	% (Tiempo de preparación de la máquina/Tiempo del procesamiento de placas)	%	RAZÓN	Tendencia central (media aritmética y mediana) Dispersión (varianza, desviación estándar)	Prueba de hipótesis: T Student para muestras relacionadas
Tiempo improductivo de la mano de obra	% (Tiempo improductivo de la mano de obra/Tiempo del procesamiento de placas)	%	RAZÓN	Tendencia central (media aritmética y mediana) Dispersión (varianza, desviación estándar)	Prueba de hipótesis: T Student para muestras relacionadas
Tiempo de codificación y descarga	% (Tiempo de codificación y descarga/Tiempo del procesamiento de placas)	%	RAZÓN	Tendencia central (media aritmética y mediana) Dispersión (varianza, desviación estándar)	Prueba de hipótesis: T Student para muestras relacionadas

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

Generalidades

La empresa Suministros FERMAR SA es una compañía peruana especializada en la fabricación, comercialización e instalación de estructuras metálicas en los proyectos mineros, energía e hidrocarburos; y principalmente en el Sector Metalmecánico. Se encuentra ubicada en Calle 2 Mz. N Lt. 3 y 4. Cooperativa Las Vertientes. Villa El Salvador. Lima- Perú.

Tiene como misión desarrollar soluciones en proyectos de infraestructura, enfocadas a la satisfacción de las necesidades de sus clientes; asociando el talento humano, seguridad y salud en el trabajo, avances tecnológicos, optimización de procesos, conservación del medio ambiente y responsabilidad social. Las personas, la comunidad, el acero; en ese orden.

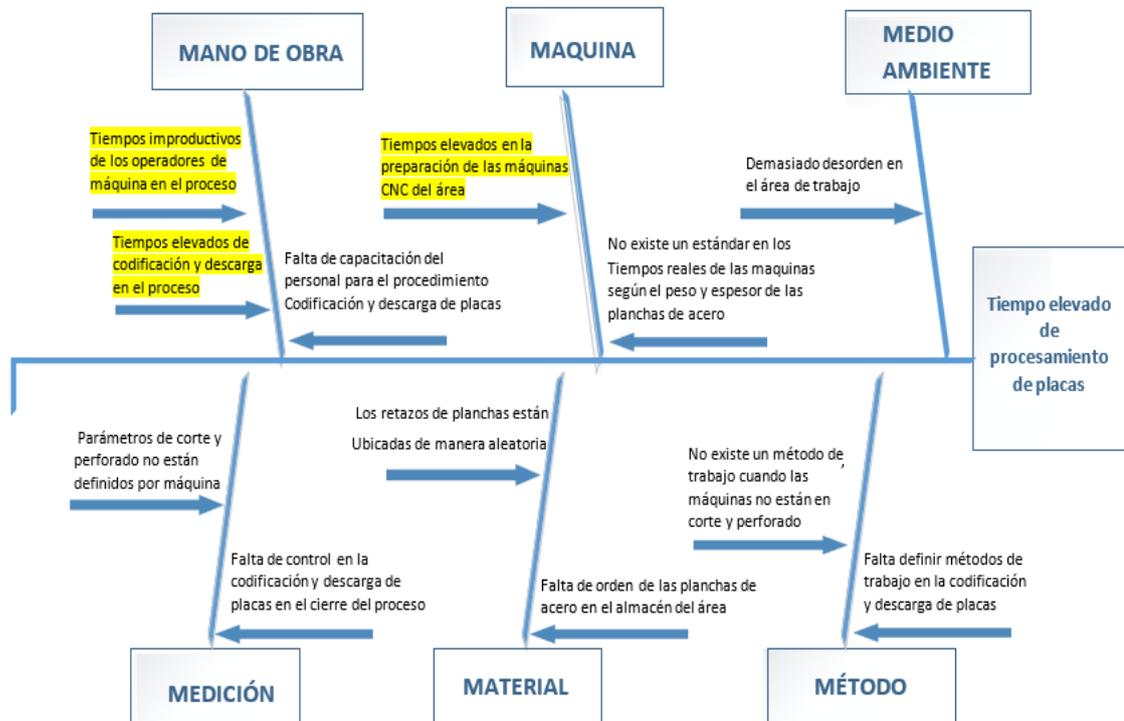
Tiene como visión contribuir en el desarrollo y ejecución de proyectos de infraestructura del sector privado y público, que permitan generar empleo a sus colaboradores y familias, además de satisfacer necesidades de infraestructura de la población.

La empresa Suministros FERMAR S.A., presenta varios problemas que forman parte de la secuencia de la línea de producción y ante cualquier problema presentado en ellos, impactaran en el retraso de la entrega de la estructura final de un proyecto. Sin embargo, el de mayor impacto es el tiempo elevado de procesamiento de placas en el área de habilitado de la empresa.

A continuación, en la Figura 27, se muestra el diagrama de Ishikawa. El cual permite determinar las principales causas que origina el tiempo elevado de procesamiento de placas en el área de habilitado que impactaran en el retraso de la entrega de las placas al siguiente proceso de estructurado. Las principales causas como el elevado tiempo de preparación de máquina, tiempo improductivo de mano de obra y el tiempo de codificación y descarga de piezas.

Figura 27

Diagrama de Ishikawa –Tiempo elevado de procesamiento de placas



Nota. Elaboración propia

- Objetivo específico 01: Implementar la Herramienta SMED para reducir el tiempo de preparación de la máquina.
- Situación Antes (Pre Test)

Debido al elevado tiempo de preparación de las máquinas del área de habilitado trae como consecuencia el retraso del cumplimiento de entrega de las piezas metálicas al siguiente proceso de estructurado, debido al impacto en el tiempo de total del procesamiento de placas.

Dicho retraso afecta la secuencia de la línea de producción, impactando en el retraso de la entrega de la estructura final de un proyecto.

Se evidenciaron las actividades previas al inicio del maquinado en el área que conllevan elevado tiempo de preparación de las máquinas; problemas en el seteo de máquina, búsqueda de saldos o planchas de acero, medición de planchas de acero, colocación de suple, traslado de las planchas de acero hacia la máquina, ajustes de parámetros, calibración de las planchas de acero y cambios de broca o insertos.

Para determinar el tiempo de preparación de la máquina del PRE TEST en el periodo de estudio (Semana 9 del 2022 hasta la Semana 18 del 2022), se realizó el análisis

documental de las fichas que se realizaron con la toma de tiempos de preparación de máquinas del proceso de procesamiento de placas.

De los datos recolectados por semana se tomaron cuatro muestras por día de lunes a viernes en los procesos de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica, de las cuales cada 2 semanas fueron recolectadas por turno de trabajo; ya que la toma de tiempos fue realizada bajo las mismas características de tener los mismos operadores de máquina, misma cantidad de lotes a procesar y mismo espesor de plancha de acero a cortar.

Los tiempos fueron registrados en el formato de registro documental sobre el tiempo de preparación de máquina.

En la Tabla 12 se detalla el formato de registro documental sobre el tiempo de preparación de máquina (Ver tabla 12):

Tabla 12

Formato de registro documental sobre el tiempo de preparación de la máquina

Registro documental sobre el tiempo de preparación de la máquina											FICHA N°
Zona: _____					Fecha: _____						
Plan de corte: _____					Tipo de material: _____						
Código de la máquina: _____					Nombre del operador: _____						
ACTIVIDADES	CLASIFICACIÓN					Tiempo observado					Promedio T.O.
	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	T.O ₁	T.O ₂	T.O ₃	T.O ₄	T.O ₅	
Seteo de máquina											
Buscar saldo y/o material											
Medir plancha de acero											
Colocar Suple											
Trasladar plancha a la máquina											
Ajustar parámetros y/o calibrar la plancha											
Cambiar broca y/o inserto											
Tiempo de preparación de la máquina											
Tiempo de perforación de máquina											
Tiempo de corte de máquina											
Tiempo de codificación y descarga											
Tiempo total:											
Piezas producidas:											
Tiempo/pieza:											
Tiempo improductivo de mano de obra											
OBSERVACIONES:											
<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>											
Elaborado por: _____					Revisado por: _____						
Fecha: _____					Fecha: _____						

Nota. Fermar S.A.

Dichos tiempos registrados permitieron obtener los porcentajes de los tiempos de preparación de las máquinas del área de habilitado.

El porcentaje de tiempo de preparación de la máquina:

(Tiempo de preparación de máquina / Tiempo de procesamiento de placas) *100%

En la Tabla 13 se muestra los datos recolectados y el porcentaje del tiempo de preparación por cada semana. (Ver Tabla 13)

Tabla 13

Cálculo de los porcentajes de los tiempos de preparación de las máquinas -Pre Test

Máquina	Semanas	Setear máquina	Buscar Saldo y/o material	Medir Plancha de acero	Colocar Suple	Trasladar Plancha a la máquina	Ajustar parámetros y/o calibrar la plancha	Cambiar broca y/o inserto	Tiempo de preparación de la máquina	Tiempo Total del proceso (min)	% Tiempo de preparación de la máquina
KF -1606	Semana 9	9	8	7		7	6		37	192	19.27%
AMG Grande	Semana 9	4		7		6	8		25	124	20.16%
AMG Chica	Semana 9	6		12		8	7		33	163	20.25%
KF -1606	Semana 10	5	4	4		17	7		37	211	17.54%
AMG Grande	Semana 10	5		14		11	5		35	180	19.44%
AMG Chica	Semana 10	10	3	8		8	12		41	213	19.25%
KF -1606	Semana 11	5	7			9	6		27	135	20.00%
AMG Grande	Semana 11	8	6	8		9	7		38	198	19.19%
AMG Chica	Semana 11	8	9	10		15	10		52	251	20.72%
KF -1606	Semana 12	8	15	10	10	27	12	10	92	454	20.26%
AMG Grande	Semana 12	7	5	2		3	5		22	115	19.13%
AMG Chica	Semana 12	3		12		5	13		33	159	20.75%
KF -1606	Semana 13	10	5	7	10	5	6		43	217	19.82%
AMG Grande	Semana 13	5	10	4		10	6		35	189	18.52%
AMG Chica	Semana 13	5	7	8		5	9		34	171	19.88%
KF -1606	Semana 14	10	7		8	5	6		36	175	20.57%
AMG Grande	Semana 14	3		3		9	10		25	134	18.66%
AMG Chica	Semana 14	6	3	8		7	6		30	170	17.65%
KF -1606	Semana 15	2	4	2		2	2		12	59	20.34%
AMG Grande	Semana 15	5	5			5	5		20	106	18.87%
AMG Chica	Semana 15	5	10	5		5	2		27	134	20.15%
KF -1606	Semana 16	3	2		7	3	3		18	97	18.56%
AMG Grande	Semana 16	5				6	7		18	97	18.56%
AMG Chica	Semana 16	5				5	9		19	100	19.00%
KF -1606	Semana 17		5			5			10	48	20.83%
AMG Grande	Semana 17	9	3	5		12	8		37	182	20.33%
AMG Chica	Semana 17	6		10		7	4		27	131	20.61%
KF -1606	Semana 18	2	8		3	5	3		21	103	20.39%
AMG Grande	Semana 18	2				20	6		28	137	20.44%
AMG Chica	Semana 18	7	19	2		5	2		35	170	20.59%

Nota. Elaboración propia

➤ Muestra antes

Para determinar el porcentaje de los tiempos de preparación de las máquinas del PRE TEST en el periodo de estudio (Semana 9 del 2022 hasta la Semana 18 del 2022), se procede a la recolección de los datos de acuerdo a los tiempos obtenidos del proceso de procesamiento de placas en las Máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado.

En la Tabla 14, se observa que el promedio semanal del porcentaje de los tiempos de preparación de las máquinas fue de 19.66%. (Ver Tabla 14)

Tabla 14

Porcentajes de los tiempos de preparación de las máquinas -Pre Test

Semanas	Promedio Semanal	
SEMANA 9	19.89%	
SEMANA 10	18.74%	
SEMANA 11	19.97%	
SEMANA 12	20.05%	
SEMANA 13	19.41%	
SEMANA 14	18.96%	
SEMANA 15	19.79%	
SEMANA 16	18.71%	
SEMANA 17	20.59%	
SEMANA 18	20.47%	
Promedio General	19.66%	% de tiempo en minutos

Nota. Elaboración propia

➤ Aplicación de la Teoría (Herramienta SMED)

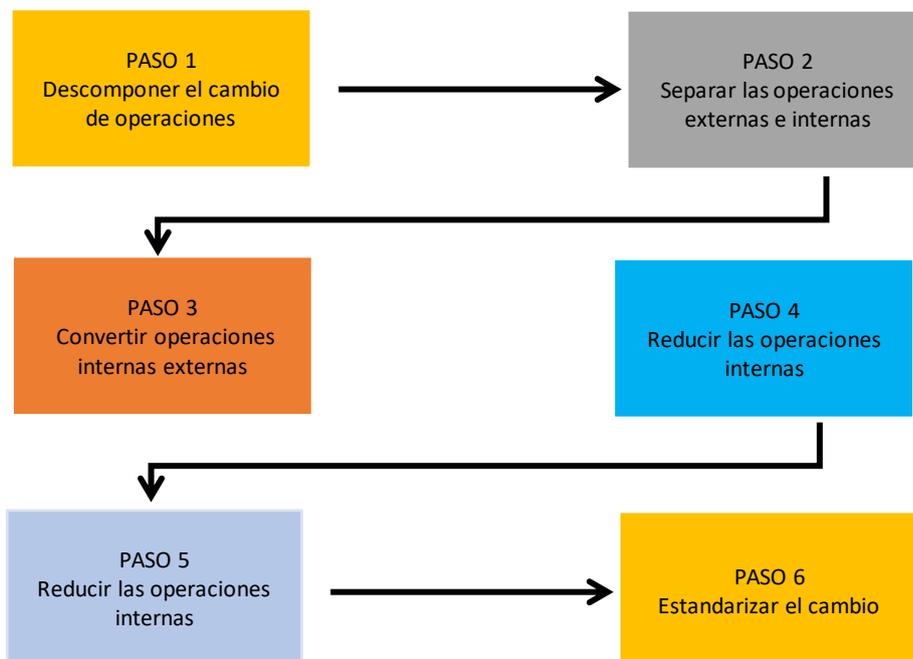
Se realizó la implementación de la herramienta SMED con el objetivo de reducir el tiempo de preparación de la máquina en el proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado en la empresa de estructuras metálicas. La finalidad de la herramienta es reducir el tiempo de las actividades que no generan valor agregado, las cuales son seteo de máquina, búsqueda de saldos o planchas de acero, medición de planchas de acero, traslado de planchas de acero, ajustes de parámetros, calibración de la plancha y cambio de broca o inserto.

La aplicación de la herramienta SMED ayudará a la empresa y a sus trabajadores, esta herramienta permitirá optimizar los tiempos de las actividades del proceso de procesamiento de placas, con fin de reducir los tiempos de cambio de plan de corte a otro plan de corte y aumentando la eficiencia de producción.

El objetivo de la implementación de la Herramienta SMED fue poder reducir los tiempos de preparación de las máquinas. A continuación, en la Figura 28 se muestran los pasos que se implementaron para la aplicación de la herramienta SMED. (Ver Figura 28)

Figura 28

Secuencia de pasos para aplicar la herramienta SMED



Nota. Elaboración propia

Paso 1: Descomponer el cambio de operaciones

Para la prueba piloto, se forma un equipo de trabajo donde se incluye el apoyo del operario de las máquinas KF 1606, AMG Grande y AMG Chica, un supervisor de mantenimiento y contar con la aprobación del superintendente del área de habilitado para el estudio de las actividades del proceso de procesamiento de placas.

Se procede a conocer las actividades que se realizan en el proceso de procesamiento de placas, para lo cual se utilizó como herramienta la observación y posteriormente se elabora el diagrama de actividades del proceso antes de la prueba piloto en las máquinas.

En la Figura 29 se muestra el Diagrama de Análisis del Proceso realizado a la máquina KF1606 antes de la prueba piloto. (Ver Figura 29)

Figura 29

DAP Máquina KF1606 antes de la prueba piloto

Diagrama de Analisis del Proceso										
Departamento / Area		Simbolos								
Produccion <td rowspan="5">  </td> <td rowspan="5">  </td> <td rowspan="5">  </td> <td rowspan="5">  </td> <td rowspan="5">  </td> <td rowspan="5">Total</td> <td rowspan="5">  </td> <td rowspan="5"></td>							Total			
Seccion										Habilitado
Actividad										Procesamiento de Placas
Maquina										KF-1606
Distancia (m)										55
Cantidad		10	2	1	4				17	
No	Descripcion	Operación	Transporte	Inspeccion	Retraso	Almacenaje	Tipo de desperdicio	Tiempo en minutos y segundos	Tipo de actividad	
1	Seteo de máquina							00:06:01	Agrego valor	
2	Búsqueda de material						Retraso	00:07:02	No Agrega valor	
3	Falta de puente de grúa						Retraso	00:13:05	No Agrega valor	
4	Traslado de plancha a la máquina						Traslado	00:10:04	No Agrega valor	
5	Colocación de suple							00:08:02	Agrego valor	
6	Calibración de plancha							00:06:01	Agrego valor	
7	Ajuste de parámetros							00:06:03	Agrego valor	
8	Falta de Herramientas						Retraso	00:06:04	No Agrega valor	
9	Fallta de consumibles						Retraso	00:05:03	No Agrega valor	
10	Traslado de consumibles y/o herramientas a la máqui						Traslado	00:08:04	No Agrega valor	
11	Cambio de consumible							00:05:01	Agrego valor	
12	Perforado de máquina							00:17:01	Agrego valor	
13	Limpieza de material							00:05:03	Agrego valor	
14	Corte de máquina							00:49:02	Agrego valor	
15	Revisión de plano de fabricación							00:10:04	Agrego valor	
16	Codificación de piezas							00:20:01	Agrego valor	
17	Descarga de piezas							00:22:03	Agrego valor	
Resumen	Cantidad									
	Tiempo Total (Horas , minutos y segundos)	02:24:18	00:18:08	00:10:04	00:31:14			03:23:44		
	Tiempo AV (Horas , minutos y segundos)	02:24:18						02:24:18		
	Tiempo NV (Horas , minutos y segundos)		00:18:08	00:10:04	00:31:14			00:59:26		

Nota. Elaboración propia

En la Figura 30 se muestra el Diagrama de Análisis del Proceso realizado a la máquina AMG Grande antes de la prueba piloto. (Ver Figura 30)

Figura 30

DAP Máquina AMG Grande antes de la prueba piloto

Diagrama de Analisis del Proceso		Simbolos							
Departamento / Area	Produccion							Total	
Seccion	Habilitado								
Actividad	Procesamiento de Placas								
Maquina	AMG - Grande								
Distancia (m)							10.5		
Cantidad		8	2	1	4		15		
No	Descripcion	Operación	Transporte	Inspeccion	Retraso	Almacenaje	Tipo de desperdicio	Tiempo en minutos y segundos	Tipo de actividad
1	Seteo de máquina							00:05:01	Agrego valor
2	Búsqueda de material						Retraso	00:06:02	No Agrega valor
3	Falta de puente de grúa						Retraso	00:12:05	No Agrega valor
4	Traslado de plancha a la máquina						Traslado	00:09:04	No Agrega valor
5	Calibración de plancha							00:06:01	Agrego valor
6	Ajuste de parámetros							00:07:03	Agrego valor
7	Falta de Herramientas						Retraso	00:07:04	No Agrega valor
8	Falta de consumibles						Retraso	00:08:03	No Agrega valor
9	Traslado de consumibles y/o herramientas a la máquina						Traslado	00:06:04	No Agrega valor
10	Cambio de consumible							00:08:01	Agrego valor
11	Limpieza de material							00:07:03	Agrego valor
12	Corte de máquina							01:00:03	Agrego valor
13	Revisión de plano de fabricación							00:07:04	Agrego valor
14	Codificación de piezas							00:19:01	Agrego valor
15	Descarga de piezas							00:17:03	Agrego valor
Resumen	Cantidad								
	Tiempo Total (Horas , minutos y segundos)	02:09:16	00:15:08	00:07:04	00:33:14			03:04:42	
	Tiempo AV (Horas , minutos y segundos)	02:09:16						02:09:16	
	Tiempo NV (Horas , minutos y segundos)		00:15:08	00:07:04	00:33:14			00:55:26	

Nota. Elaboración propia

En la Figura 31 se muestra el Diagrama de Análisis del Proceso realizado a la máquina AMG Chica antes de la prueba piloto. (Ver Figura 31)

Figura 31

DAP Máquina AMG Chica antes de la prueba piloto

Diagrama de Analisis del Proceso		Símbolos							
Departamento / Area	Produccion							Total	
Seccion	Habilitado								
Actividad	Procesamiento de Placas								
Maquina	AMG Chica								
Distancia (m)									14.5
Cantidad		8	2	1	4		15		
No	Descripcion	Operación	Transporte	Inspeccion	Retraso	Almacenaje	Tipo de desperdicio	Tiempo en minutos y segundos	Tipo de actividad
1	Seteo de máquina							00:06:01	Agrego valor
2	Búsqueda de material						Retraso	00:09:02	No Agrega valor
3	Falta de puente de grúa						Retraso	00:07:05	No Agrega valor
4	Traslado de plancha a la máquina						Traslado	00:07:04	No Agrega valor
5	Calibración de plancha							00:08:01	Agrego valor
6	Ajuste de parámetros							00:07:03	Agrego valor
7	Falta de Herramientas						Retraso	00:07:04	No Agrega valor
8	Fallta de consumibles						Retraso	00:08:03	No Agrega valor
9	Traslado de consumibles y/o herramientas a la máqui						Traslado	00:05:04	No Agrega valor
10	Cambio de consumible							00:05:01	Agrego valor
11	Limpieza de material							00:06:03	Agrego valor
12	Corte de máquina							01:07:00	Agrego valor
13	Revisión de plano de fabricación							00:07:04	Agrego valor
14	Codificación de piezas							00:23:01	Agrego valor
15	Descarga de piezas							00:19:03	Agrego valor
Resumen	Cantidad								
	Tiempo Total (Horas , minutos y segundos)	02:21:13	00:12:08	00:07:04	00:31:14			03:11:39	
	Tiempo AV (Horas , minutos y segundos)	02:21:13						02:21:13	
	Tiempo NV (Horas , minutos y segundos)		00:12:08	00:07:04	00:31:14			00:50:26	

Nota. Elaboración propia

Por otro lado, se realiza la identificación de los elementos externos e internos, de las actividades del proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas.

En la Tabla 15 se observa los elementos externos e internos de la máquina KF1606. (Ver Tabla 15)

Tabla 15*Elementos externos e internos – Máquina KF1606*

ELEMENTOS EXTERNOS (E)		ELEMENTOS INTERNOS (E)	
#OPE	DESCRPCIÓN DEL ELEMENTO	#OPE	DESCRPCIÓN DEL ELEMENTO
1	Seteo de máquina (6min)	2	Búsqueda de material (7min)
3	Falta de puente grúa (13min)	4	Traslado de plancha a la máquina (10min)
8	Falta de herramientas (6min)	5	Colocación de suple (8min)
9	Falta de consumibles (5min)	6	Calibración de plancha (6min)
12	Perforado de máquina (17min)	7	Ajuste de parámetros (6min)
13	Limpieza de plancha (5min)	10	Traslado de consumibles y/o herramientas (8min)
14	Corte de máquina (49min)	11	Cambio de consumibles (5min)
		15	Revisión de plano de fabricación (10min)
		16	Codificación de piezas (20min)
		17	Descarga de piezas (22min)

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 16 se observa los elementos externos e internos de la máquina AMG Grande.
(Ver Tabla 16)

Tabla 16*Elementos externos e internos – Máquina AMG Grande*

ELEMENTOS EXTERNOS (E)		ELEMENTOS INTERNOS (E)	
#OPE	DESCRPCIÓN DEL ELEMENTO	#OPE	DESCRPCIÓN DEL ELEMENTO
1	Seteo de máquina (5min)	2	Búsqueda de material (6min)
3	Falta de puente grúa (12min)	4	Traslado de plancha a la máquina (9min)
7	Falta de herramientas (7min)	5	Calibración de plancha (6min)
8	Falta de consumibles (8min)	6	Ajuste de parámetros (7min)
11	Limpieza de plancha (5min)	9	Traslado de consumibles y/o herramientas (6min)
12	Corte de máquina (60min)	10	Cambio de consumibles (8min)
		13	Revisión de plano de fabricación (7min)
		14	Codificación de piezas (19min)
		15	Descarga de piezas (17min)

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 17 se observa los elementos externos e internos de la máquina AMG Chica.
(Ver Tabla 17)

Tabla 17

Elementos externos e internos – Máquina AMG Chica

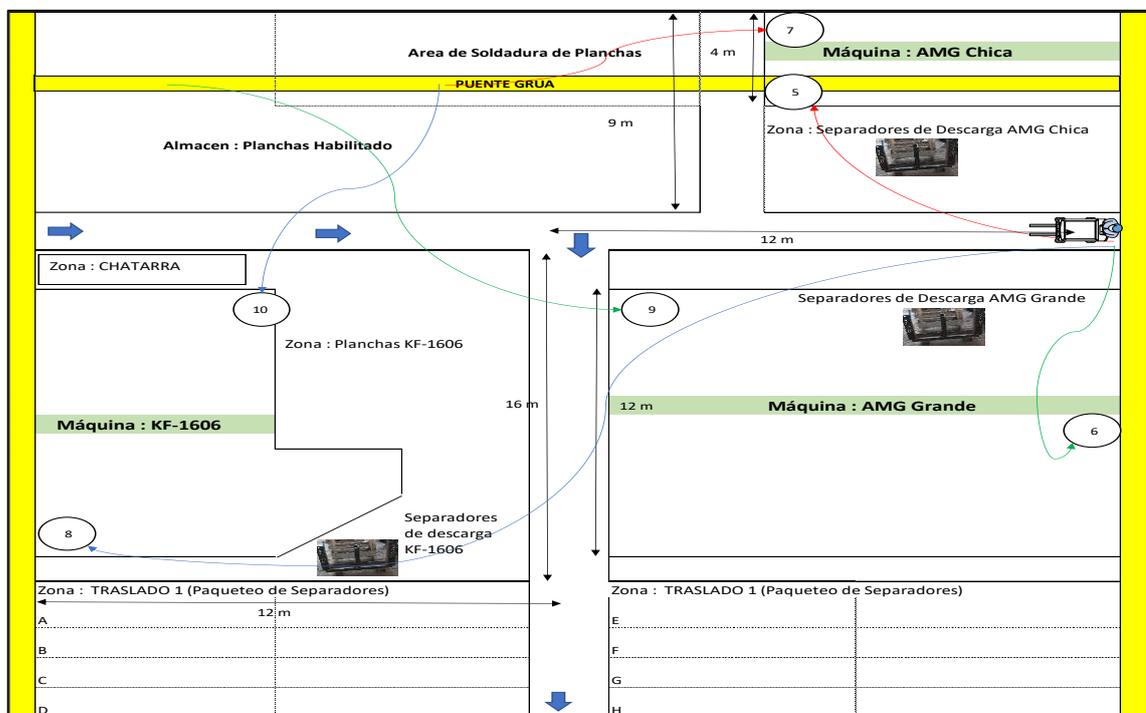
ELEMENTOS EXTERNOS (E)		ELEMENTOS INTERNOS (E)	
#OPE	DESCRPCIÓN DEL ELEMENTO	#OPE	DESCRPCIÓN DEL ELEMENTO
1	Seteo de máquina (6min)	2	Búsqueda de material (9min)
3	Falta de puente grúa (7min)	4	Traslado de plancha a la máquina (7min)
7	Falta de herramientas (7min)	5	Calibración de plancha (8min)
8	Falta de consumibles (8min)	6	Ajuste de parámetros (7min)
11	Limpieza de plancha (6min)	9	Traslado de consumibles y/o herramientas (5min)
12	Corte de máquina (67min)	10	Cambio de consumibles (5min)
		13	Revisión de plano de fabricación (7min)
		14	Codificación de piezas (23min)
		15	Descarga de piezas (19min)

Nota. Elaboración propia

A continuación, en el diagrama de Spaguetti se muestran el tránsito de cada operador entre la zona de suministros de las herramientas y/o consumibles y las máquinas, por otro lado, el tiempo del recorrido del puente grúa hacia las máquinas para las descargas de las planchas de acero. (Ver Figura 32)

Figura 32

Diagrama de Spaguetti



Nota. Elaboración propia

Paso 2: Separar las operaciones en externas e internas

Luego de la identificación de los elementos externos e internos en el proceso de procesamiento de placas, para la reducción del tiempo de preparación de máquina puntualmente en el cambio de plan de corte a otro plan de corte, se logra identificar los elementos internos que pasarían a ser externos, las cuales son:

- Búsqueda de Saldos o planchas de acero
- Traslado de planchas de acero a las máquinas
- Calibración de la plancha de acero

Como parte de la organización en la separación de los elementos externos e internos, a continuación, en la Tabla 18 se muestra un Check List de elementos externos o actividades que se pueden realizar mientras la máquina esté funcionando con el objetivo de reducir el tiempo de preparación de máquina. (Ver Tabla 18)

Tabla 18

Check List de cambio de Plan de Corte

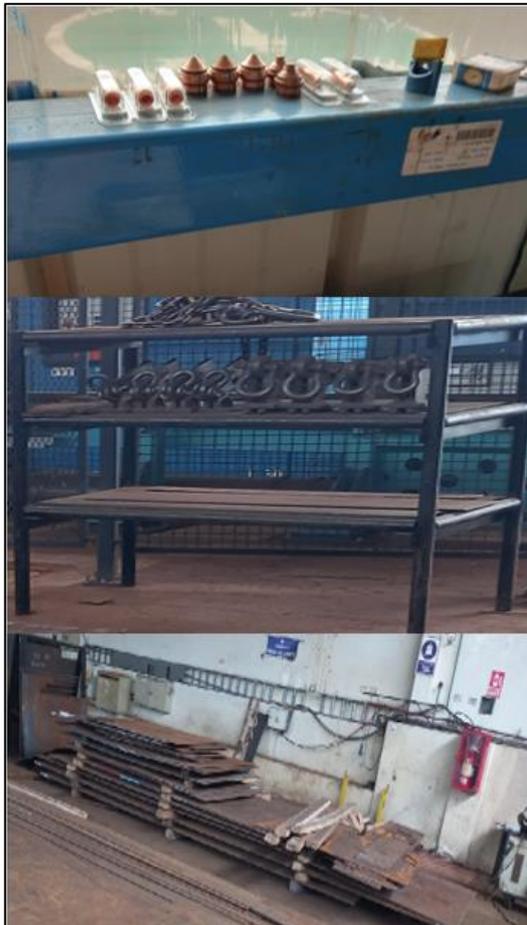
Check List Cambio de Plan de Corte		Smed Project		
Fecha :				
Inspector:				
1. Componentes y herramientas usadas:		CUMPLE	NO CUMPLE	
¿Estan en su sitio las herramientas y componentes utilizados?				
¿Se encuentran en buen estado las herramientas y componentes usados?				
¿Se hace el correcto uso de las herramientas y componentes establecidos?				
2. Actividades Realizadas		CUMPLE	NO CUMPLE	
¿Se siguió el procedimiento establecido?				
¿Se realizaron las inspecciones de los procedimientos?				
¿Se registraron los ajustes realizados?				
¿Existen riesgos para el operario?				
3. Organizar		CUMPLE	NO CUMPLE	
¿Se mantiene el área las cantidades mínimas necesarias de los saldo o retazos de las planchas de acero para las actividades ?				
¿Las herramientas regresan a su lugar de almacenamiento despues de finalizar las actividades?				
Observaciones				

Nota. Elaboración propia

A continuación, en la Figura 33 se muestran las herramientas necesarias para el cambio de plan de corte para reducir los tiempos de preparación de las máquinas. (Ver figura 33)

Figura 33

Herramientas del cambio de Plan de corte



Nota. Elaboración propia

Paso 3: Convertir las operaciones internas en externas

Para convertir las operaciones internas en externas se realiza lo siguiente en cada una de estas actividades:

- Búsqueda de material: Referido a los saldos o retazos de las planchas de acero ya correctamente identificados y rotulados con su codificación para una identificación más adecuada del material. Los formatos de planes de corte serán indicados por el operador de máquina al ayudante oficial de máquina donde según el orden en la secuencia de los programas de planes de corte ubicará los saldos y/o planchas de acero,

para no tener la necesidad de que el operador apague la máquina o deje de hacer el seguimiento al corte y/o perforado.

- Traslado de plancha de acero a la máquina: El traslado de planchas de acero a las máquinas se realiza por personal capacitado en el manejo del puente grúa, razón por la cual el traslado de las planchas de acero no dependerá del personal de maniobras sino del ayudante de máquina previa capacitación, para no tener la necesidad de que el operador apague la máquina o deje de hacer el seguimiento al corte y/o perforado para realizar dicha actividad.
- Calibración de plancha de acero: Se refuerza el procedimiento a los operadores de máquinas y se condicionará un espacio para tener al alcance una wincha de 8 metros conjunto a un indicador de medición. Dicho procedimiento está con base a la ficha técnica de la máquina y la posición de los anclajes con el suple de la plancha de acero colocada en la máquina, donde la actividad se realizará con la máquina encendida.

Por otro lado, en la Tabla 19, la Tabla 20 y la Tabla 21 se realiza la conversión de los elementos externos e internos, dichos elementos del tiempo de preparación de máquina de las actividades del proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica respectivamente. (Ver Tablas 19, 20 y 21)

Tabla 19

Actividades del cambio de elemento – Máquina KF 1606

ACTIVIDADES DEL CAMBIO DE ELEMENTOS										
PROCESO : <u>PROCESAMIENTO DE PLACAS</u>					OBSERVADOR : _____					
MAQUINA : <u>KF-1606</u>										
FECHA : _____										
Nro	Actividad	CATEGORIA			PLAN DE MEJORA			TIEMPO		
		Internas	Externas	Despedicio	Eliminar	Interna a Externa	Reducir	Inicio	Fin	Total
1	Seteo de máquina		(E)				(E)	08:00:00	08:05:01	5
2	Búsqueda de material	(I)				(E)		08:05:01	08:11:02	6
3	Falta de puente de grúa		(E)				(E)	08:11:02	08:19:05	8
4	Traslado de plancha a la máquina	(I)				(E)		08:19:05	08:28:04	8
5	Colocación de suple	(I)					(I)	08:28:04	08:35:02	6
6	Calibración de plancha	(I)				(E)		08:35:02	08:39:02	4
7	Ajuste de parámetros	(I)					(I)	08:39:02	08:43:03	4
8	Falta de Herramientas		(E)				(E)	08:43:03	08:47:04	4
9	Falta de consumibles		(E)				(E)	08:47:04	08:52:03	4
10	Traslado de consumibles y/o herramientas a la máquina	(I)					(I)	08:52:03	09:00:04	8
11	Cambio de consumible	(I)					(I)	09:00:04	09:05:01	4
12	Perforado de máquina		(E)				(E)	09:05:01	09:22:01	17
13	Limpieza de material		(E)				(E)	09:22:01	09:26:03	4
14	Corte de máquina		(E)				(E)	09:26:03	10:16:02	49
15	Revisión de plano de fabricación	(I)					(I)	10:16:02	10:23:04	7
16	Codificación de piezas	(I)					(I)	10:23:04	10:40:01	16
17	Descarga de piezas	(I)					(I)	10:40:01		18
									TIEMPO TOTAL	172

Nota. Elaboración propia

Tabla 20*Actividades del cambio de elemento – Máquina AMG Grande*

ACTIVIDADES DEL CAMBIO DE ELEMENTOS										
PROCESO : PROCESAMIENTO DE PLACAS			OBSERVADOR : _____							
MAQUINA : AMG Grande			FECHA : _____							
Nro	Actividad	CATEGORIA			PLAN DE MEJORA			TIEMPO		
		Internas	Externas	Despedicio	Eliminar	Interna a Externa	Reducir	Inicio	Fin	Total
1	Seteo de máquina		(E)				(E)	08:00:00	08:01:01	1
2	Búsqueda de material	(I)				(E)		08:01:01	08:02:02	1
3	Falta de puente de grúa		(E)				(E)	08:02:02	08:11:04	9
4	Traslado de plancha a la máquina	(I)				(E)		08:11:04	08:16:40	5
5	Calibración de plancha	(I)				(E)		08:16:40	08:17:50	1
6	Ajuste de parámetros	(I)					(I)	08:17:50	08:18:50	1
7	Falta de Herramientas		(E)				(E)	08:18:50	08:23:04	4
8	Falta de consumibles		(E)				(E)	08:23:04	08:29:03	5
9	Traslado de consumibles y/o herramientas a la máquina	(I)					(I)	08:29:03	08:33:40	4
10	Cambio de consumible	(I)					(I)	08:33:40	08:34:40	1
11	Limpieza de material		(E)				(E)	08:34:40	08:38:40	4
12	Corte de máquina		(E)				(E)	08:38:40	09:38:02	59
13	Revisión de plano de fabricación	(I)					(I)	09:38:02	09:43:00	4
14	Codificación de piezas	(I)					(I)	09:43:00	09:59:00	16
15	Descarga de piezas	(I)					(I)	09:59:00	10:13:00	14
									TIEMPO TOTAL	129

Nota. Elaboración propia

Tabla 21*Actividades del cambio de elemento – Máquina AMG Chica*

ACTIVIDADES DEL CAMBIO DE ELEMENTOS										
PROCESO : PROCESAMIENTO DE PLACAS			OBSERVADOR : _____							
MAQUINA : AMG - Chica			FECHA : _____							
Nro	Actividad	CATEGORIA			PLAN DE MEJORA			TIEMPO		
		Internas	Externas	Despedicio	Eliminar	Interna a Externa	Reducir	Inicio	Fin	Total
1	Seteo de máquina		(E)				(E)	08:00:00	08:01:20	1
2	Búsqueda de material	(I)				(E)		08:01:20	08:02:20	1
3	Falta de puente de grúa		(E)				(E)	08:02:20	08:06:20	4
4	Traslado de plancha a la máquina	(I)				(E)		08:06:20	08:08:30	2
5	Calibración de plancha	(I)				(E)		08:08:30	08:09:30	1
6	Ajuste de parámetros	(I)					(I)	08:09:30	08:13:30	4
7	Falta de Herramientas		(E)				(E)	08:13:30	08:18:30	5
8	Falta de consumibles		(E)				(E)	08:18:30	08:23:30	5
9	Traslado de consumibles y/o herramientas a la máquina	(I)					(I)	08:23:30	08:26:40	3
10	Cambio de consumible	(I)					(I)	08:26:40	08:29:30	2
11	Limpieza de material		(E)				(E)	08:29:30	08:32:30	3
12	Corte de máquina		(E)				(E)	08:32:30	09:32:02	67
13	Revisión de plano de fabricación	(I)					(I)	09:32:02	09:38:00	5
14	Codificación de piezas	(I)					(I)	09:38:00	09:58:00	20
15	Descarga de piezas	(I)					(I)	09:58:00	10:14:00	16
									TIEMPO TOTAL	139

Nota. Elaboración propia

Paso 4: Reducir las operaciones internas

Para reducir las operaciones internas se realiza lo siguiente en cada una de estas actividades:

- Ajuste de parámetros de máquina: Se establecen visual cards o una ayuda visual en su mesa de trabajo por cada máquina, en el cual se detalla las especificaciones técnicas de los parámetros a utilizar por tipo de material y espesor de las planchas de acero; parámetros de corte y perforado como la velocidad de corte, el amperaje, avance de perforación y revoluciones por minuto de la broca a usar.

Por otro lado, se evidencia el trabajo en paralelo entre el operador de máquina y su ayudante cuya actividad será el traslado de plancha a la máquina.

- Colocación de Suple: Se reduce elemento interno, reubicando la zona de soldadura del suple de la máquina, para minimizar el traslado de la plancha de acero y el tiempo de soldadura del suple realizada por el operador de máquina.
- Cambio de consumibles de máquina: Se reduce el tiempo del cambio de broca, punzón, electrodo, boquilla u otra herramienta para la máquina con la ayuda del check list de seguimiento de las herramientas de cambio de plan de corte.

Paso 5: Reducir las operaciones externas

Para reducir las operaciones internas se realiza lo siguiente en cada una de estas actividades:

- Búsqueda de material:

Para reducir tiempo en la búsqueda de saldo o planchas de acero se reubicaron los saldos o planchas de acero en base a la secuencia del programa. Dichos saldos son planchas de acero mayor a 1.5 metros de longitud que quedan de la ejecución de un plan de corte anterior, para ello el operario entregará diariamente el formato de control de saldos debidamente rotulado en el lugar para su rápida identificación en el área. Por otro lado, los saldos o retazos de planchas de acero menor a 1.5 metros de longitud se consideran chatarra y son ubicados en otro espacio del área para su desecho.

- Traslado de planchas de acero a las máquinas:

Muy aparte de la capacitación a los operadores y ayudantes del área para el manejo del puente grúa, se reubica la zona de la colocación del suple, en donde esta actividad de soldadura se realiza en una zona más cerca del área para minimizar recorridos y el tiempo de la colocación del suple.

- Calibración de planchas de acero:

Con la implementación de una nueva mesa de trabajo al costado de la máquina, el operador tendrá la facilidad de utilizar las herramientas de calibración para realizar las medidas de las planchas de acero colocadas en las máquinas, por otro lado, se realizan las capacitaciones a los operadores de máquina sobre la calibración de las planchas de acero con la máquina encendida.

- Eliminar búsquedas y minimizar Desplazamientos: Para lo cual se organiza el área de trabajo de las máquinas con una mesa de trabajo para cada una, de manera que las herramientas y materiales necesarios estén fácilmente accesibles al operador de máquina. Por otro lado, con una disposición eficiente del área se minimizarán los movimientos innecesarios, evitándose el apagado de máquina.
- Reducir Tiempos de espera: Se reduce y/o elimina el tiempo de los elementos externos que retrasa la operación. Para los tiempos de espera por la falta de herramientas y/o consumibles, se diseñan nuevas mesas de trabajo conjunto a check list de seguimiento de las herramientas de cambio de plan de corte.

Por otro lado, en la Tabla 22, la Tabla 23 y la Tabla 24 se muestra la racionalización de los elementos externos e internos, dichos elementos del tiempo de preparación de máquina de las actividades del proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica respectivamente. (Ver Tablas 22, 23 y 24)

Tabla 22

Racionalización de elementos externos e internos – Máquina KF1606

Nro	Actividad	Medida Correctiva	Tiempo (min)
1	Seteo de máquina	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	5
2	Búsqueda de material	Se cambia de elemento interno a externo reduciendo el tiempo de preparación de máquina	6
3	Falta de puente Grúa	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	8
4	Traslado de plancha de acero a la máquina	Se cambia de elemento interno a externo reduciendo el tiempo de preparación de máquina	8
5	Colocación de suple	Se reduce elemento interno, reubicando la zona de soldadura del suple de la máquina, para minimizar el traslado de la plancha de acero y el tiempo de soldadura del suple realizada por el operador de máquina.	6
6	Calibración de plancha de acero	Se cambia de elemento interno a externo reduciendo el tiempo de preparación de máquina	4
7	Ajuste de parámetros	Se reduce el tiempo del elemento interno que retrasa la operación, con la ayuda de visuals card para el operador de máquina	4
8	Falta de Herramientas	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	4
9	Falta de Consumibles de máquina	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	4
10	Traslado de consumibles o herramientas a la máquina	Se reduce el tiempo del elemento interno, diseñando nuevas mesas de trabajo por máquina, donde se realiza el seguimiento mediante el Check list de cambio de plan de corte	8
11	Cambio de consumibles	Se reduce el tiempo del elemento interno con el cambio de broca, punzón, electrodo, boquilla u otra herramienta para la máquina con la ayuda del check list de seguimiento de las herramientas de cambio de plan de corte.	4
12	Perforado de máquina	Se mantiene como elemento externo y el tiempo de operación	17
13	Limpieza de plancha de acero	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	4
14	Corte de máquina	Se mantiene como elemento externo y el tiempo de operación	49
15	Revisión de plano de fabricación	Se reduce el tiempo del elemento interno y reduce el tiempo de operación	7
16	Codificación de piezas	Se reduce el tiempo del elemento interno y reduce el tiempo de operación	16
17	Descarga de piezas	Se reduce el tiempo del elemento interno y reduce el tiempo de operación	18

172

Nota. Elaboración propia

Tabla 23*Racionalización de elementos externos e internos – Máquina AMG Grande*

Nro	Actividad	Medida Correctiva	Tiempo (min)
1	Seteo de máquina	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	1
2	Búsqueda de material	Se cambia de elemento interno a externo reduciendo el tiempo de preparación de máquina	1
3	Falta de puente Grúa	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	9
4	Traslado de plancha de acero a la máquina	Se cambia de elemento interno a externo reduciendo el tiempo de preparación de máquina	5
5	Calibración de plancha de acero	Se cambia de elemento interno a externo reduciendo el tiempo de preparación de máquina	1
6	Ajuste de parámetros	Se reduce el tiempo del elemento interno que retrasa la operación ,con la ayuda de visuals card para el operador de máquina	1
7	Falta de Herramientas	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	4
8	Falta de Consumibles de máquina	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	5
9	Traslado de consumibles o herramientas a la máquina	Se reduce el tiempo del elemento interno , diseñando nuevas mesas de trabajo por máquina , donde se realiza el seguimiento mediante el Check list de cambio de plan de corte	4
10	Cambio de consumibles	Se reduce el tiempo del elemento interno con el cambio de broca, punzón, electrodo, boquilla u otra herramienta para la máquina con la ayuda del check list de seguimiento de las herramientas de cambio de plan de corte.	1
11	Limpieza de plancha de acero	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	4
12	Corte de máquina	Se mantiene como elemento externo y el tiempo de operación	59
13	Revisión de plano de fabricación	Se reduce el tiempo del elemento interno y reduce el tiempo de operación	4
14	Codificación de piezas	Se reduce el tiempo del elemento interno y reduce el tiempo de operación	16
15	Descarga de piezas	Se reduce el tiempo del elemento interno y reduce el tiempo de operación	14
			129

Nota. Elaboración propia

Tabla 24*Racionalización de elementos externos e internos – Máquina AMG Chica*

Nro	Actividad	Medida Correctiva	Tiempo (min)
1	Seteo de máquina	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	1
2	Búsqueda de material	Se cambia de elemento interno a externo reduciendo el tiempo de preparación de máquina	1
3	Falta de puente Grúa	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	4
4	Traslado de plancha de acero a la máquina	Se cambia de elemento interno a externo reduciendo el tiempo de preparación de máquina	2
5	Calibración de plancha de acero	Se cambia de elemento interno a externo reduciendo el tiempo de preparación de máquina	1
6	Ajuste de parámetros	Se reduce el tiempo del elemento interno que retrasa la operación ,con la ayuda de visuals card para el operador de máquina	4
7	Falta de Herramientas	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	5
8	Falta de Consumibles de máquina	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	5
9	Traslado de consumibles o herramientas a la máquina	Se reduce el tiempo del elemento interno , diseñando nuevas mesas de trabajo por máquina , donde se realiza el seguimiento mediante el Check list de cambio de plan de corte	3
10	Cambio de consumibles	Se reduce el tiempo del elemento interno con el cambio de broca, punzón, electrodo, boquilla u otra herramienta para la máquina con la ayuda del check list de seguimiento de las herramientas de cambio de plan de corte.	2
11	Limpieza de plancha de acero	Se mantiene como elemento externo y se reduce el tiempo de operación	3
12	Corte de máquina	Se mantiene como elemento externo y el tiempo de operación	67
13	Revisión de plano de fabricación	Se reduce el tiempo del elemento interno y reduce el tiempo de operación	5
14	Codificación de piezas	Se reduce el tiempo del elemento interno y reduce el tiempo de operación	20
15	Descarga de piezas	Se reduce el tiempo del elemento interno y reduce el tiempo de operación	16
			139

Nota. Elaboración propia

Paso 6 Estandarizar el cambio

Se solicitó y aprobó con el superintendente del área de habilitado y el gerente de producción la realización de la prueba piloto. Por otro lado, mediante un taller con el personal del área entre operarios y ayudantes de máquinas se explicó cómo se realizarán la nueva metodología documentada en la búsqueda de saldos o plancha de acero, la capacitación en el puente grúa para el traslado de planchas y la implementación del indicador de medida para las planchas de acero conjunto al procedimiento de calibración de las planchas de acero en las máquinas.

Todo ello con el objetivo de realizar las actividades con las máquinas encendidas, reduciendo tiempos en la operación, minimizando traslados o desplazamientos de los operarios y aumentando la productividad.

Estos pasos buscan optimizar y estandarizar el proceso, reduciendo el tiempo de preparación de las máquinas, con el objetivo de reducir el tiempo de cambio de plan de corte y aumentar la eficiencia en la producción, lo que contribuye a una mayor productividad y ahorro de costos en la empresa.

A continuación, en la Figura 34, la Figura 35 y la Figura 36 se muestra el diagrama de actividades del proceso elaborado luego de la implementación de la herramienta SMED, con la reducción del tiempo de preparación de las máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica respectivamente. (Ver Figuras 34,35 y 36)

Figura 34

DAP Máquina KF-1606 después de la prueba piloto

Diagrama de Analisis del Proceso		Símbolos							
Departamento / Área	Produccion	    	Total						
Seccion	Habilitado								
Actividad	Procesamiento de Placas								
Maquina	KF-1606								
Distancia (m)				18	18				
Cantidad		10	2	1	4	17			
No	Descripcion	Operación	Transporte	Inspeccion	Retraso	Almacenaje	Tipo de desperdicio	Tiempo en minutos y segundos	Tipo de actividad
1	Seteo de máquina							00:05:01	Agrego valor
2	Búsqueda de material					Retraso		00:06:02	No Agrega valor
3	Falta de puente de grúa					Retraso		00:08:05	No Agrega valor
4	Traslado de plancha a la máquina					Traslado		00:08:04	No Agrega valor
5	Colocación de supe							00:06:02	Agrego valor
6	Calibración de plancha							00:04:01	Agrego valor
7	Ajuste de parámetros							00:04:03	Agrego valor
8	Falta de Herramientas					Retraso		00:04:04	No Agrega valor
9	Fallta de consumibles					Retraso		00:04:03	No Agrega valor
10	Traslado de consumibles y/o herramientas a la máqui					Traslado		00:08:04	No Agrega valor
11	Cambio de consumible							00:04:01	Agrego valor
12	Perforado de máquina							00:17:01	Agrego valor
13	Limpieza de material							00:04:03	Agrego valor
14	Corte de máquina							00:49:02	Agrego valor
15	Revisión de plano de fabricación							00:07:04	Agrego valor
16	Codificación de piezas							00:16:01	Agrego valor
17	Descarga de piezas							00:18:03	Agrego valor
Resumen	Cantidad								
	Tiempo Total (Horas , minutos y segundos)	02:07:18	00:16:08	00:07:04	00:22:14			02:52:44	
	Tiempo AV (Horas , minutos y segundos)	02:07:18						02:07:18	
	Tiempo NV (Horas , minutos y segundos)		00:16:08	00:07:04	00:22:14			00:45:26	

Nota. Elaboración propia

Figura 35

DAP Máquina AMG Grande después de la prueba piloto

Diagrama de Analisis del Proceso		Simbolos							
Departamento / Area	Produccion							Total	
Seccion	Habilitado								
Actividad	Procesamiento de Placas								
Maquina	AMG - Grande								
Distancia (m)							8.5		
Cantidad		8	2	1	4		15		
No	Descripcion	Operación	Transporte	Inspeccion	Retraso	Almacenaje	Tipo de desperdicio	Tiempo en minutos y segundos	Tipo de actividad
1	Seteo de máquina							00:01:01	Agrego valor
2	Búsqueda de material						Retraso	00:01:02	No Agrega valor
3	Falta de puente de grúa						Retraso	00:09:05	No Agrega valor
4	Traslado de plancha a la máquina						Traslado	00:03:40	No Agrega valor
5	Calibración de plancha							00:01:01	Agrego valor
6	Ajuste de parámetros							00:01:03	Agrego valor
7	Falta de Herramientas						Retraso	00:04:04	No Agrega valor
8	Falta de consumibles						Retraso	00:05:03	No Agrega valor
9	Traslado de consumibles y/o herramientas a la máquina						Traslado	00:04:04	No Agrega valor
10	Cambio de consumible							00:01:30	Agrego valor
11	Limpieza de material							00:04:03	Agrego valor
12	Corte de máquina							01:00:03	Agrego valor
13	Revisión de plano de fabricación							00:04:04	Agrego valor
14	Codificación de piezas							00:16:01	Agrego valor
15	Descarga de piezas							00:14:03	Agrego valor
Resumen	Cantidad								
	Tiempo Total (Horas , minutos y segundos)	01:38:45	00:07:44	00:04:04	00:19:14			02:09:47	
	Tiempo AV (Horas , minutos y segundos)	01:38:45						01:38:45	
	Tiempo NV (Horas , minutos y segundos)		00:07:44	00:04:04	00:19:14			00:31:02	

Nota. Elaboración propia

Figura 36

DAP Máquina AMG Chica después de la prueba piloto

Diagrama de Analisis del Proceso		Simbolos					Total	FERMAR	
Departamento / Area	Produccion	Operación	Transporte	Inspeccion	Retraso	Almacenaje			
Seccion	Habilitado								
Actividad	Procesamiento de Placas								
Maquina	AMG Chica								
Distancia (m)			2.5						2.5
Cantidad		8	2	1	4				15
No	Descripcion	Operación	Transporte	Inspeccion	Retraso	Almacenaje	Tipo de desperdicio	Tiempo en minutos y segundos	Tipo de actividad
1	Seteo de máquina							00:01:20	Agrego valor
2	Búsqueda de material						Retraso	00:01:20	No Agrega valor
3	Falta de puente de grúa						Retraso	00:04:05	No Agrega valor
4	Traslado de plancha a la máquina						Traslado	00:02:30	No Agrega valor
6	Calibración de plancha							00:01:01	Agrego valor
7	Ajuste de parámetros							00:01:03	Agrego valor
8	Falta de Herramientas						Retraso	00:04:04	No Agrega valor
9	Fallta de consumibles						Retraso	00:05:03	No Agrega valor
10	Traslado de consumibles y/o herramientas a la máqui						Traslado	00:03:04	No Agrega valor
11	Cambio de consumible							00:02:30	Agrego valor
13	Limpieza de material							00:03:03	Agrego valor
14	Corte de máquina							01:07:00	Agrego valor
15	Revisión de plano de fabricación							00:04:04	Agrego valor
16	Codificación de piezas							00:20:01	Agrego valor
17	Descarga de piezas							00:16:03	Agrego valor
Resumen	Cantidad								
	Tiempo Total (Horas , minutos y segundos)	01:52:01	00:05:34	00:04:04	00:14:32			02:16:11	
	Tiempo AV (Horas , minutos y segundos)	01:52:01						01:52:01	
	Tiempo NV (Horas , minutos y segundos)		00:05:34	00:04:04	00:14:32			00:24:10	

Nota. Elaboración propia

➤ Situación Después (Post Test)

La implementación de la Herramienta SMED, ha permitido reducir el porcentaje del tiempo de preparación de máquina de 19.66% a un 15.23 %.

Logros:

- De los elementos internos convertidos en externos que forman parte del tiempo de preparación de la máquina, se redujo el tiempo de búsqueda de los retazos de las planchas de acero, ya que se identificó y zonificó el área donde se almacenan las planchas de acero en el área de habilitado para que el ayudante del operario pueda realizar esta actividad sin necesidad de apagar la máquina. Dichas planchas son ubicadas según el orden de una secuencia de planes de corte a ejecutar y ubicadas por medidas y espesor. Se calculó el promedio para la búsqueda de material donde tomaría 3 min, siendo un 57% menos en tiempo previo a la prueba piloto.
- Se redujo el tiempo de traslado de planchas de acero, ya que se capacitó al oficial ayudante del operario de máquina a trasladar las planchas de acero en la máquina de corte, mientras que el operador de máquina inicia con el seteo y configuración de los parámetros de corte en la máquina previo al corte y/o perforado ,ayudando así al personal que maneja el puente grúa, logrando que el nuevo tiempo de traslado sea 5 min, siendo un 44% menos en tiempo previo a la prueba piloto.
- Se redujo el tiempo de la calibración de plancha de acero, al acondicionar un nuevo espacio donde se puedan almacenar planchas recepcionadas de proveedor por medidas y ubicación a las máquinas procesadoras de placas, donde se pueda realizar las mediciones con una sola wincha de 8m. este nuevo tiempo tomaría 2 min, siendo un 71% menor en tiempo previo a la prueba piloto del proceso de procesamiento de placas.
- Se logró una reducción en los tiempos de los elementos internos que conforman el tiempo de preparación de máquina, como el ajuste de parámetros, al implementar una ayuda visual con las especificaciones técnicas como parámetros de corte y perforado a utilizar, des acuerdo al espesor de la plancha de acero, este tiempo tomaría 3 min, siendo un 57% menor en tiempo previo a la prueba piloto.
- Por otro lado, se redujo el tiempo del cambio de consumibles que son los implementos de las máquinas para el corte o perforado, implementos como electrodo, boquilla, brocas e insertos debido a que se equiparon mesas de trabajo por máquina, donde se maneja un stock según la cantidad de planes de corte que se efectuarán en las máquinas; dichas mesas de trabajo tendrá 3 compartimientos, donde se colocarán los

planes de corte por procesar , procesados y contar con un check list de herramientas, con el cambio tomaría 2 min, siendo un 66% menor en tiempo previo a la prueba piloto del proceso de procesamiento de placas.

- Se logró una reducción en los tiempos del elemento externo que conforma el tiempo de preparación de máquina, como del seteo de máquina que es la configuración inicial del servidor de la maquina CNC para efectuar el plan de corte en el proceso de procesamiento de placas, donde tomaría 2 min, siendo un 66% menor en tiempo previo a la prueba piloto del proceso de procesamiento de placas.
- Se logró una reducción en los desplazamientos en los elementos internos por los traslados de plancha de acero, ya que se zonificaron los saldos y planchas de acuerdo a la secuencia de planes de corte y traslados de consumibles o herramientas a las máquinas, ya que como se muestra en la figura 37, se implementaron las mesas de trabajo por máquina, donde tomarían 17 metros, siendo un 62% menor en los desplazamientos previo a la prueba piloto del proceso de procesamiento de placas.

Figura 37

Mesas de trabajo por máquinas



Nota. FERMAR S.A

A continuación, en la Tabla 25 se muestra los porcentajes de los tiempos de preparación de máquina recolectados. (Ver Tabla 25)

Tabla 25*Cálculo de los porcentajes de los tiempos de preparación de las máquinas -Post Test*

Máquina	Semanas	Setear máquina	Buscar Saldo y/o material	Medir Plancha de acero	Colocar Suple	Trasladar Plancha a la máquina	Ajustar parámetros y/o	Cambiar broca y/o inserto	Tiempo de preparación de la	Tiempo Total del proceso (min)	% Tiempo de preparación de la máquina
KF -1606	Semana 31	3			4	4	5		16	106	15.09%
AMG Grande	Semana 31	8	7	5		4	2		26	170	15.29%
AMG Chica	Semana 31	5				3	3		11	69	15.94%
KF -1606	Semana 32	8	7	10	3	8	8	5	49	339	14.45%
AMG Grande	Semana 32	8		7		5			20	131	15.27%
AMG Chica	Semana 32	8	3	3		5	4		23	151	15.23%
KF -1606	Semana 33	5		6	5	6	5		27	179	15.08%
AMG Grande	Semana 33	18		7		6	6		37	242	15.29%
AMG Chica	Semana 33	6				6	8		20	132	15.15%
KF -1606	Semana 34	5	13		10	15	10		53	350	15.14%
AMG Grande	Semana 34	10					3		13	87	14.94%
AMG Chica	Semana 34	3	3			2	3		11	69	15.94%
KF -1606	Semana 35	8	5	9	11	9	3	5	50	325	15.38%
AMG Grande	Semana 35	3	7	7		7	7		31	205	15.12%
AMG Chica	Semana 35	12	10	5		3	2		32	202	15.84%
KF -1606	Semana 36	4		1	14	7	5		31	204	15.20%
AMG Grande	Semana 36	7		13		4	8		32	223	14.35%
AMG Chica	Semana 36	12				7	4		23	152	15.13%
KF -1606	Semana 37	8		7	10		5		30	198	15.15%
AMG Grande	Semana 37	8		5		5	5		23	144	15.97%
AMG Chica	Semana 37	7				6	6		19	125	15.20%
KF -1606	Semana 38	2		5	10				17	109	15.60%
AMG Grande	Semana 38	6	4	4			3		17	108	15.74%
AMG Chica	Semana 38	3	6	6		5	2		22	145	15.17%
KF -1606	Semana 39	11		7	14	5	12	5	54	359	15.04%
AMG Grande	Semana 39	5	8	12			3		28	180	15.56%
AMG Chica	Semana 39	3				3	5		11	72	15.28%
KF -1606	Semana 40	17			13				30	205	14.63%
AMG Grande	Semana 40	13					2		15	103	14.56%
AMG Chica	Semana 40	4		4		5			13	85	15.29%

Nota. Elaboración propia

➤ Muestra después

Para determinar el porcentaje de los tiempos de preparación de las máquinas del POST TEST en el periodo de estudio (Semana 31 del 2022 hasta la Semana 40 del 2022), se procede a la recolección de los datos de acuerdo a los tiempos obtenidos del proceso de procesamiento de placas en las Máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado.

En la Tabla 26 se muestra que el promedio semanal del porcentaje de los tiempos de preparación de las máquinas fue de 15.23%. (Ver tabla 26)

Tabla 26

Porcentajes de los tiempos de preparación de las máquinas -Post Test

Semanas	Promedio Semanal	
SEMANA 31	15.44%	
SEMANA 32	14.98%	
SEMANA 33	15.17%	
SEMANA 34	15.34%	
SEMANA 35	15.45%	
SEMANA 36	14.89%	
SEMANA 37	15.44%	
SEMANA 38	15.50%	
SEMANA 39	15.29%	
SEMANA 40	14.83%	
Promedio General	15.23%	% de tiempo en minutos

Nota. Elaboración propia

El indicador de los tiempos de preparación de máquina disminuyó de 19.66% de tiempo en minutos del proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica (Ver tabla N°14) que se registró en la muestra Pre desde la semana 9 hasta la semana 18 del 2022 a presentar un 15.23% de tiempo en minutos del proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica (Ver tabla N°26) que se registró en la muestra Post desde la semana 31 hasta la semana 40 del 2022. La implementación de la Herramienta SMED resultó eficiente, ya que eliminación de los tiempos en los elementos que no agregan valor se minimizaron tiempos de preparación de máquina en el proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica.

- Objetivo específico 02: Implementar la Metodología 5S para reducir el tiempo improductivo de la mano de obra.

➤ Situación Antes (Pre Test)

Debido al elevado tiempo improductivo de la mano de obra en el proceso de procesamiento de placas del área de habilitado trae como consecuencia el retraso del cumplimiento de entrega de las piezas metálicas al siguiente proceso de estructurado, debido al impacto en el tiempo de total del procesamiento de placas.

Dicho retraso afecta la secuencia de la línea de producción, impactando en el retraso de la entrega de la estructura final de un proyecto.

Se evidenciaron las actividades del proceso de procesamiento de placas en el área que conllevan el elevado tiempo improductivo de mano de obra; problemas en el traslado de consumibles y/o herramientas para la máquina, revisión de los planos de fabricación, verificación de las medidas de las piezas, limpieza del material, falta de saldos y/o material, falta y/o averías de herramientas, falta y/o avería de puentes grúas y falta de consumibles para las máquinas.

Para determinar el tiempo improductivo de la mano de obra del PRE TEST en el periodo de estudio (Semana 9 del 2022 hasta la Semana 18 del 2022), se realizó el análisis documental de las fichas que se realizaron con la toma de tiempos improductivos de la mano de obra del proceso de procesamiento de placas.

De los datos recolectados por semana se tomaron cuatro muestras por día de lunes a viernes en los procesos de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica, de las cuales cada 2 semanas fueron recolectadas por turno de trabajo; ya que la toma de tiempos fue realizada bajo las mismas características de tener los mismos operadores de máquina, misma cantidad de lotes a procesar y mismo espesor de plancha de acero a cortar.

Los tiempos fueron registrados en el formato de registro documental sobre el tiempo improductivo de mano de obra. Dichos tiempos registrados permitieron obtener los porcentajes de los tiempos improductivos de la mano de obra del proceso.

El porcentaje de tiempo improductivo de mano de obra: $(\text{Tiempo improductivo de mano de obra} / \text{Tiempo de procesamiento de placas}) * 100\%$

En la Tabla 27 se muestra el formato de registro documental sobre el tiempo improductivo de mano de obra. (Ver tabla 27)

Tabla 27

Formato de registro documental sobre el tiempo improductivo de la mano de obra

Registro documental sobre el tiempo improductivo de la mano de obra										FICHA N°	
Zona:									Fecha:		
Plan de corte:									Tipo de material:		
Código de la máquina:									Nombre del operador:		
ACTIVIDADES	CLASIFICACIÓN					Tiempo observado					Promedio T.O.
	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	T.O. ₁	T.O. ₂	T.O. ₃	T.O. ₄	T.O. ₅	
Tiempo de preparación de la máquina											
Tiempo de perforación de máquina											
Tiempo de corte de máquina											
Tiempo de codificación y descarga											
Tiempo total:											
Piezas producidas:											
Tiempo/pieza:											
Trasladar consumibles y/o herramientas para la máquina											
Revisar plano de fabricación											
Verificar medida de la pieza											
Limpiar material											
Falta de Saldo y/o material											
Falta y/o avería de herramientas											
Falta y/o avería de puente grua											
Falta de consumibles											
Otros: _____											
Tiempo improductivo de mano de obra											
OBSERVACIONES:											
Elaborado por:									Revisado por:		
Fecha:									Fecha:		

Nota. Fermar S.A.

En la Tabla 28, se muestra el % de tiempo improductivo de la mano de obra de las Máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado. (Ver Tabla 28)

Tabla 28

Cálculo de los porcentajes de los tiempos improductivos de la mano de obra -Pre Test

Máquina	Semanas	Trasladar consumibles y/o herramientas para la máquina	Revisar plano de fabricación	Verificar medida de la pieza	Limpiar material	Falta de Saldo y/o material	Falta y/o avería de herramientas	Falta y/o avería de puente grúa	Falta de consumibles	Tiempo Improductivo de mano de obra	Tiempo Total del proceso (min)	% Tiempo improductivo de la mano de obra
KF -1606	Semana 9	7	7		5			5	5	29	192	15.10%
AMG Grande	Semana 9	2	2						15	19	124	15.32%
AMG Chica	Semana 9	4	6	5			5		5	25	163	15.34%
KF -1606	Semana 10	15			2			9	6	32	211	15.17%
AMG Grande	Semana 10				11			17		28	180	15.56%
AMG Chica	Semana 10	2	4				14		10	30	213	14.08%
KF -1606	Semana 11	13					3		3	19	135	14.07%
AMG Grande	Semana 11							25	5	30	198	15.15%
AMG Chica	Semana 11		15				3	10	10	38	251	15.14%
KF -1606	Semana 12	12	24		6			25	8	75	454	16.52%
AMG Grande	Semana 12	9	8		2					19	115	16.52%
AMG Chica	Semana 12		8				8	3	5	24	159	15.09%
KF -1606	Semana 13	6	10		9		9		8	42	217	19.35%
AMG Grande	Semana 13	8	8		8			6		30	189	15.87%
AMG Chica	Semana 13							5	21	26	171	15.20%
KF -1606	Semana 14	7	5		2		7		7	28	175	16.00%
AMG Grande	Semana 14	4	6		4			4	4	22	134	16.42%
AMG Chica	Semana 14		3				4	10	10	27	170	15.88%
KF -1606	Semana 15	2	2		2		2		2	10	59	16.95%
AMG Grande	Semana 15		8					9		17	106	16.04%
AMG Chica	Semana 15							11	10	21	134	15.67%
KF -1606	Semana 16	8			7					15	97	15.46%
AMG Grande	Semana 16	7	8							15	97	15.46%
AMG Chica	Semana 16	5						6	4	15	100	15.00%
KF -1606	Semana 17	2					5			7	48	14.58%
AMG Grande	Semana 17			17				10		27	182	14.84%
AMG Chica	Semana 17	6			8				6	20	131	15.27%
KF -1606	Semana 18	8					5		3	16	103	15.53%
AMG Grande	Semana 18			10	10					20	137	14.60%
AMG Chica	Semana 18	5		5	3		5	3	3	24	170	14.12%

Nota. Elaboración propia

➤ **Muestra antes**

Para determinar el porcentaje de los tiempos improductivos de la mano de obra del PRE TEST en el periodo de estudio (Semana 9 del 2022 hasta la Semana 18 del 2022), se procede a la recolección de los datos de acuerdo a los tiempos obtenidos del proceso de procesamiento de placas.

En la Tabla 29 se puede observar que el promedio semanal del porcentaje de los tiempos improductivos de la mano de obra fue de 15.51%. (Ver Tabla 29)

Tabla 29

Porcentajes de los tiempos improductivos de la mano de obra -Pre Test

Semanas	Promedio Semanal	
SEMANA 9	15.25%	
SEMANA 10	14.94%	
SEMANA 11	14.79%	
SEMANA 12	16.04%	
SEMANA 13	16.81%	
SEMANA 14	16.10%	
SEMANA 15	16.22%	
SEMANA 16	15.31%	
SEMANA 17	14.90%	
SEMANA 18	14.75%	
Promedio General	15.51%	% de tiempo en minutos

Nota. Elaboración propia

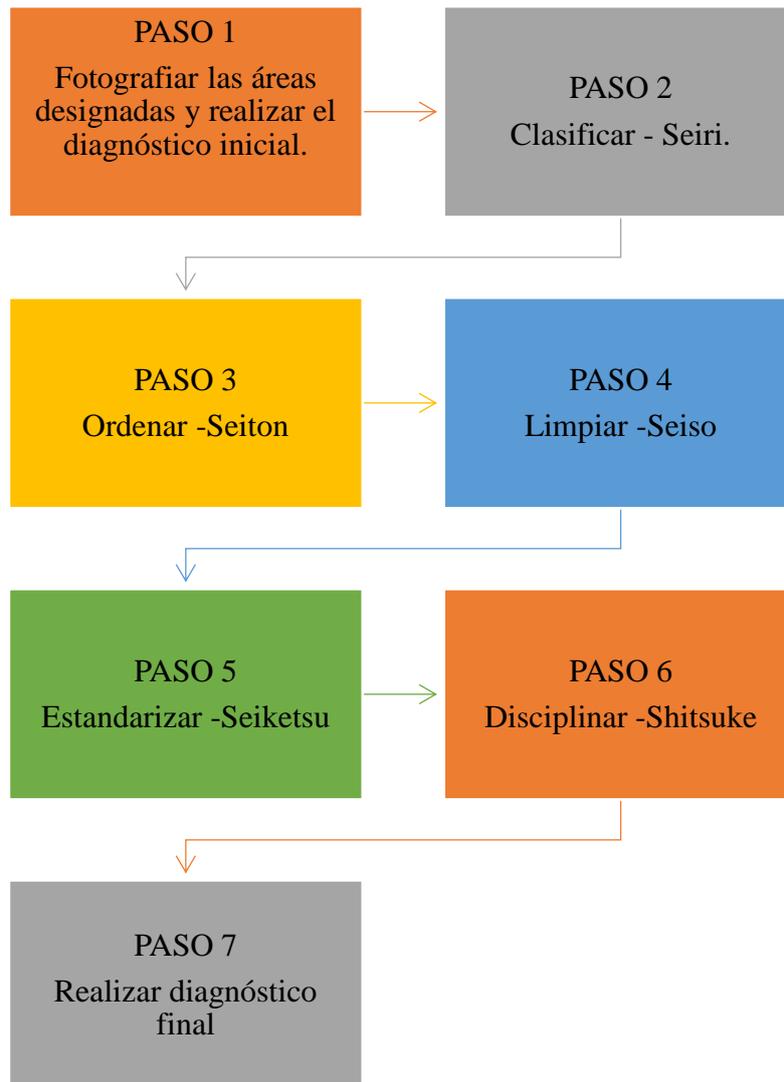
➤ **Aplicación de la Teoría (Metodología 5s)**

Para la implementación de la metodología 5S se conversó primero con el superintendente del área de habilitado, en la reunión se presentó la importancia de la metodología 5s y cuáles serían sus beneficios al implementarlo, luego de la reunión se aprobó realizar un plan piloto teniendo el objetivo de reducir el tiempo improductivo de la mano de obra.

En la Figura 38 se muestran los pasos a seguir para implementar la Metodología 5S.(ver Figura 38)

Figura 38

Secuencia de pasos para aplicar la Metodología 5s



Nota. Elaboración propia

Para empezar el plan piloto, se realizó una reunión con los trabajadores del área de habilitado con el fin de presentar la metodología 5S y formar un equipo de trabajo para la implementación, este equipo tuvo el apoyo del operario de las máquinas KF 1606, AMG Grande y AMG Chica y un supervisor de mantenimiento, a quienes luego, en una reunión se les presentó el cronograma del plan piloto de implementación de las 5S.

En la Figura 39 se muestra el cronograma propuesto del plan piloto. (ver figura 39).

La aplicación de la teoría se realizó en 5 etapas, siendo que en cada etapa se realizó los pasos de cada S, siguiendo el orden de: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke.

Figura 39

Cronograma del plan piloto de implementación de las 5S

	ETAPA	DESCRIPCIÓN	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN: METODOLOGÍA 5S														
			SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12			
1	SEIRI	Tomar fotos del área donde se implementará las 5s	■														
		Diagnostico inicial 5S	■														
		Colocar tarjetas rojas para clasificar	■	■													
		Realizar acción correspondiente (mantener, reducir, almacenar o eliminar)		■	■												
		Realizar diagnóstico del área trabajada			■												
2	SEITON	Codificar los objetos de la etapa Seiri				■											
		Asignar la ubicación de cada objeto				■											
		Identificar cada zona con etiquetas o ayudas visuales				■											
		Delimitar con colores los espacios				■											
		Dividir y rotular los estantes, armarios				■											
		Realizar diagnóstico del área trabajada				■											
3	SEISO	Identificar los desperdicios generados							■								
		Planificar campaña de limpieza y mantenimiento							■								
		Realizar mapa 5S							■								
		Realizar instructivo de limpieza							■								
		Preparar herramientas y artículos de limpieza								■							
		Realizar limpieza								■							
		Realizar diagnóstico del área trabajada								■							
4	SEIKETSU	Realizar un manual estandarizado para el personal de implementación de las 3S									■						
		Implementar como rutina diaria las 3S										■					
		Desarrollar un cronograma de auditorías de mantenimiento y continuidad de las 3S										■					
		Realizar diagnóstico del área trabajada											■				
5	SHITSUJKE	Consultar la opinión del personal por medio de encuestas sobre las actividades 5S											■				
		Crear un eslogan junto al personal sobre la importancia 5S												■			
		Realizar diagnóstico del área trabajada													■		
		Mostrar en un mural los resultados de las 5S														■	

Nota. Elaboración propia

Los pasos para la implementación de Seiri son:

1er paso: Fotografiar las áreas designadas, tal como se muestra en la Tabla 30, y realizar el diagnóstico inicial (ver Tabla 30)

Tabla 30

Registro de observación fotográfico

Imágenes antes de la implementación	Descripción
	<p>Esqueleto metálico se encuentran bloqueando el pasillo.</p>
	<p>Caja de herramientas sin ubicación fija que dificulta su búsqueda y virutas en el suelo.</p>

	<p>Estación de trabajo desordenado.</p>
	<p>Estante de herramientas desordenado.</p>
	<p>Retazos de la plancha de acero ubicados en cualquier lugar.</p>
	<p>Zona de colocación de Suple desordenada.</p>

Nota. Suministros Fermar S.A.

En la Figura 40 se puede observar el resultado del diagnóstico del área de habilitado antes de la implementación de las 5S, que junto al equipo 5S se respondieron 26 preguntas seccionadas en las 5 etapas, evidenciando que en el área hay falta de clasificación, orden y limpieza.

Figura 40

Diagnóstico inicial 5S



Nota. Elaboración propia

2do paso: Seleccionar los elementos que no son necesarios y registrarlos en una lista. En este paso hemos separado los elementos que no son necesarios según la frecuencia de uso, el área de habilitado se dividió en 3 zonas de trabajo, en la cual el nombre de cada zona de trabajo es igual que el nombre de cada máquina, y estarán compuestas por 1 máquina, los separadores de descarga y la mesa de trabajo.

En la Figura 41 se observa el reporte que se obtuvo como resultado. (ver figura 41)

Figura 41

Reporte de objetos clasificados

REPORTE DE OBJETOS CLASIFICADOS			
Área:	Área de habilitado	Fecha:	12/05/2022
Encargado:	Grupo 5S		

ZONA DE TRABAJO	OBJETOS NECESARIOS	OBJETOS INNECESARIOS	TOTAL DE OBJETOS CLASIFICADOS
KF-1606	5	14	19
AMG GRANDE	7	11	18
AMG CHICA	6	19	25
TOTAL	18	44	62

Nota. Elaboración propia

3er paso: Establecer criterios para descartar los elementos no necesarios.

En este paso los objetos no necesarios fueron clasificados según su frecuencia, y puestos en una lista como se muestra en la Figura 42 con ayuda de las tarjetas rojas. (ver Figura 42)

Figura 42

Lista de clasificación de tarjetas rojas

LISTA DE CLASIFICACIÓN CON TARJETA ROJA					
N°	ITEM	ZONA	CANT	FRECUENCIA DE USO	ACCIÓN
1	Anclaje de gancho	AMG CHICA	1	A veces	Mover a zona de tarjeta roja
2	Baldes con agujeros	AMG CHICA	2	Nunca	Desechar
3	Barriles de polvo plasma	AMG CHICA	1	Nunca	Reubicar a otra zona
4	Barriles de residuo generales	AMG CHICA	1	Poca veces	Reubicar a otra zona
5	Caja de herramienta de mantenimiento	AMG CHICA	1	A veces	Mover a zona de tarjeta roja
6	Esqueleto metalico	AMG CHICA	3	Nunca	Reubicar a otra zona
7	guantes de seguridad deteriorados	AMG CHICA	2	Nunca	Desechar
8	Sacos para viruta	AMG CHICA	6	A veces	Mover a zona de tarjeta roja
9	Trapos con grasa	AMG CHICA	2	Nunca	Desechar
10	Anclaje de gancho	AMG GRANDE	2	A veces	Mover a zona de tarjeta roja
11	Baldes con agujeros	AMG GRANDE	1	Nunca	Desechar
12	Barriles de polvo plasma	AMG GRANDE	1	Nunca	Reubicar a otra zona
13	Barriles de residuo generales	AMG GRANDE	1	Poca veces	Reubicar a otra zona
14	Esqueleto metalico	AMG GRANDE	1	Nunca	Reubicar a otra zona
15	Sacos para viruta	AMG GRANDE	4	A veces	Mover a zona de tarjeta roja
16	Trapos con grasa	AMG GRANDE	1	Nunca	Desechar
17	Disco de corte	KF-1606	1	Nunca	Mover a zona de tarjeta roja
18	Esqueleto metalico	KF-1606	1	Nunca	Reubicar a otra zona
19	guantes de seguridad deteriorados	KF-1606	4	Nunca	Desechar
20	Retazos de acero	KF-1606	3	Poca veces	Reubicar a otra zona
21	Sacos para viruta	KF-1606	4	A veces	Mover a zona de tarjeta roja
22	Trapos con grasa	KF-1606	1	Nunca	Desechar

Nota. Elaboración propia

4to paso: Eliminar los elementos no necesarios

Se estableció 5 acciones a tomar por los elementos no necesarios de cada zona de trabajo, en la Figura 43 se muestra el reporte que se obtuvo como resultado (ver Figura 43):

Figura 43

Reporte de objetos no necesarios

REPORTE DE ACCIONES DE ELIMINACION	
Área:	Área de habilitado Fecha: 16/05/2022
Encargado:	Grupo 5S
ACCIONES	OBJETOS NO NECESARIOS
Desechar	13
Mover a zona de tarjeta roja	19
Reubicar a otra zona	12
Vender	0
Otros	0
TOTAL	44

Nota. Elaboración propia

5to paso: Realizar un diagnóstico a las áreas trabajadas.

En la Figura 44 se muestra el resultado de la evaluación luego de la implementación de la 1ra S. (ver Figura 44)

Figura 44

Preguntas de Evaluación- Etapa Seiri

Artículos de evaluación		Evaluación
1. Clasificar		
CLASIFICAR	(1) Existen materia prima sin usar	4
	(2) Existen productos en proceso y productos terminados innecesario	4
	(3) Existen máquinas o equipos innecesarios	4
	(4) Existen herramientas y accesorios innecesarios	4
	(5) Los objetos innecesarios están identificados	4
	(6) Se aplican criterios claros para identificar objetos innecesarios	4
SUBTOTAL		24

Nota. Elaboración propia

2da etapa: Seiton

Los pasos para la implementación de Seiton son:

1er paso: Asignar y definir el lugar donde irán cada objeto

En la Figura 45 se muestra que en este paso el estante de herramientas será dividido en 4 niveles, de las cuales los objetos serán ubicados según su frecuencia. (ver Figura 45)

Figura 45

Orden de ubicación de objetos

Objetos que se usan varias veces al día
Objetos que se usan varias veces por semana
Objetos que se usan algunas veces por semana
Objetos que se usan algunas veces al mes

Nota. Elaboración propia

2do paso: Dividir y rotular los estantes

En esta etapa se procede a dividir los estantes de las herramientas y consumibles.

En la Figura 46 se muestra la forma en la que se divide. (ver Figura 46)

Figura 46

Estante de herramientas y consumibles



Nota. Empresa Fermar S.A. (2023)

3er paso: Identificar cada zona con carteles para saber dónde se encuentran los objetos y qué tipo de objetos se encuentran.

En este paso hemos ubicado todos los retazos a la zona de productos en proceso, como se muestra en la Figura 47, se puso un cartel con el nombre de la zona para encontrarlo fácilmente. (ver Figura 47)

Figura 47

Antes y Después de los retazos



Nota. Empresa Fermar S.A. (2023)

4to paso: Estandarizar con colores las posiciones de los objetos en las áreas designadas. En la Figura 48 se muestra que se delimitaron los pasillos con franja de color amarillo y el estante de herramienta con la máquina se delimitó con franjas color blanca (ver Figura 48).

Figura 48

Antes y Después del estante de herramientas



Nota. Empresa Fermar S.A. (2023)

5to paso: Realizar una auditoría a las áreas trabajadas.

En la Figura 49 se muestra el resultado de la Evaluación que se realizó luego De implementar la 2da S (ver Figura 49)

Figura 49

Preguntas de Evaluación- Etapa Seiton

Artículos de evaluación		Evaluación
2. Ordenar		
ORDENAR	(1) Existe un lugar específico para cada objeto	3
	(2) Los lugares en donde se colocan los objetos están rotulados	4
	(3) Se usan líneas trazadas en el piso para delimitar pasillos, las zonas de trabajo, las máquinas, estantes, etc	4
	(4) Los pasillos se encuentran libres	3
	(5) Se usan letreros para identificar las áreas o procesos de trabajo (secciones)	4
	(6) Es fácil visualizar la ubicación de los objetos	4
	(7) La ubicación de los extintores está claramente identificado	4
	(8) Se cuenta con lugares adecuados para los objetos que se utilizan con poca frecuencia	4
	SUBTOTAL	30

Nota. Elaboración propia

3ra etapa: Seiso

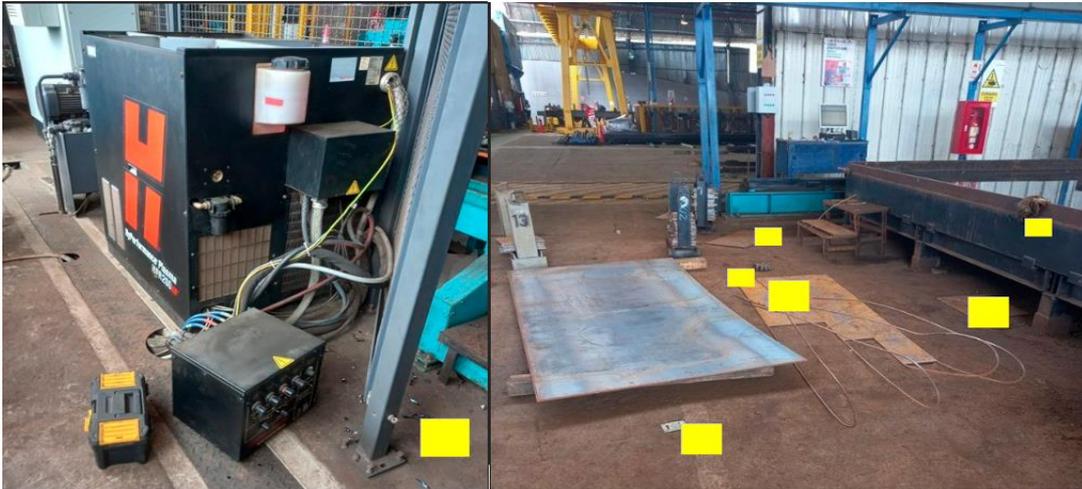
Los pasos para la implementación de Seiso son:

1er paso: Identificar los desperdicios generados.

En este paso se usaron las tarjetas amarillas como se muestra en la Figura 50.

Figura 50

Uso de tarjeta amarilla en la zona KF-1606



Nota. Empresa Fermar S.A. (2023)

En la Figura 50 se observan los restos de viruta, epp's usados, sobras de metal.

2do paso: Planificar campaña de limpieza y mantenimiento

En junio se estableció la fecha en la que se realizó una campaña de limpieza y mantenimiento de las zonas de trabajo, las máquinas, herramientas y pasillos.

En la Figura 51 se muestra el Flyer del anuncio. (ver Figura 51)

Figura 51

Flyer de campaña de limpieza



Nota. Elaboración propia

3er paso: Tener un programa de limpieza que muestre la frecuencia de limpieza del responsable de cada Zona.

En la Figura 52 se observa el formato del programa de limpieza y mantenimiento. (ver Figura 52)

Figura 52

Programa de limpieza y Mantenimiento

PROGRAMA DE LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO																											
MES JULIO 2022																											
ZONA	RESPONSABLE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	VI 1	LU 4	MA 5	MI 6	JU 7	VI 8	LU 11	MA 12	MI 13	JU 14	VI 15	LU 18	MA 19	MI 20	JU 21	VI 22	LU 25	MA 26	MI 27	JU 28	VI 29			
Pasillo	Equipo 5'S	Limpieza	Diario																								
Mesa de trabajo	Operario de cada zona	Limpieza y desinfección	Diario																								
Máquina	Operario de cada zona	Mantenimiento	Diario																								
Pisos	Operario de cada zona	Limpieza	Semanal																								
Bote de basura	Operario de cada zona	Desechar la basura	Diario																								

Nota. Elaboración propia

4to paso: Determinar los métodos de limpieza

El método de limpieza que se utilizó es la limpieza manual

5to paso: Preparar las herramientas y artículos de limpieza que se necesiten

En la Figura 53 se muestra que se realizó un check list de los implementos a usar el día de la limpieza. (ver Figura 53)

Figura 53

Check list para la limpieza

CHECK LIST DE LOS IMPLEMENTOS PARA LA ACTIVIDAD DE LIMPIEZA		
Responsable:		Fecha:
Nº	Nombre	CONFORME
1	Escoba	<input type="checkbox"/>
2	Recogedor	<input type="checkbox"/>
3	Sacos para la basura	<input type="checkbox"/>
4	Trapos	<input type="checkbox"/>
5	Guantes	<input type="checkbox"/>
6	Desinfectante	<input type="checkbox"/>
7	Pintura	<input type="checkbox"/>
8	Brocha	<input type="checkbox"/>
9	Aspiradora	<input type="checkbox"/>
10	Escaleras	<input type="checkbox"/>
11	EPP	<input type="checkbox"/>

Nota. Elaboración propia

6to paso: Implementación de limpieza.

En la Figura 54 se muestra el resultado que se obtuvo luego de realizar la limpieza. (ver Figura 54)

Figura 54

Antes y después de la limpieza en la zona KF-1606

Antes



Después



Nota. Empresa Fermar S.A. (2023)

7mo paso: Realizar una auditoría a las áreas trabajadas

En la Figura 55 obtenemos el resultado de la evaluación de la 3ra S (ver Figura 55)

Figura 55

Preguntas de Evaluación- Etapa Seiso

Artículos de evaluación		Evaluación
3. Limpiar		
LIMPIAR	(1) Existen desperdicios de materiales o líquidos en el suelo	4
	(2) Las estaciones de trabajo y su ubicación están bien diseñados, de tal forma que la limpieza sea fácil	4
	(3) Cada trabajador es responsable de mantener limpio su puesto de trabajo, sus máquinas, sus herramientas, etc.	4
	(4) Se tiene un rol de limpieza para las estaciones de trabajo, los pasillos y el baño	4
SUBTOTAL		16

Nota. Elaboración propia

4ta etapa: Seiketsu

Los pasos para la implementación de Seiketsu son:

1er paso: Elaborar un manual y/o afiche estandarizado como se muestra en la Figura 56 con aspectos que puedan ayudar al personal a seguir implementando las 3 primeras S. (ver Figura 56)

Figura 56

Afiche 5S



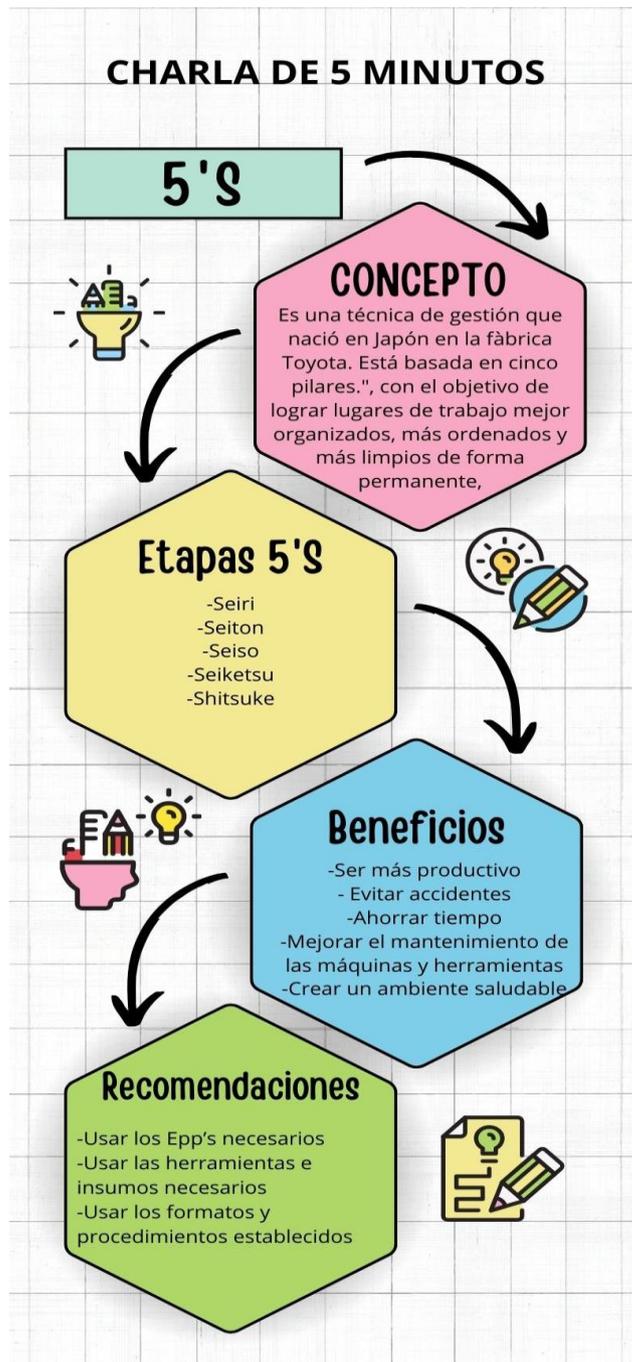
Nota. Elaboración propia

2do paso: Desarrollar como hábito en la rutina diaria los pasos de las 3S

En este paso, se realizaron capacitaciones en la mañana al personal sobre los beneficios de implementar las 5'S como rutina. En la Figura 57 se muestra el detalle del tema de la capacitación realizada. (ver Figura 57)

Figura 57

Charla de 5 minutos 5s



Nota. Elaboración propia

3er paso: Desarrollar periódicamente auditorías del mantenimiento y continuidad de las 3S

Para este paso se planificó la auditoría para cada fin de mes, utilizando el formato que se muestra en la Figura 58 para su evaluación. (ver Figura 58)

Figura 58

Formato de Evaluación de la implementación de las 3'S

AUDITORÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LAS 3'S

Responsable: _____
 Área: _____

Fecha: _____

0	1	2	3	4
Nada	Malo	Bien	Muy Bien	Excelente

Artículos de evaluación		Evaluación
1. Clasificar		
CLASIFICAR	(1) Existen materia prima sin usar	
	(2) Existen productos en proceso y productos terminados innecesario	
	(3) Existen máquinas o equipos innecesarios	
	(4) Existen herramientas y accesorios innecesarios	
	(5) Los objetos innecesarios están identificados	
	(6) Se aplican criterios claros para identificar objetos innecesarios	
SUBTOTAL		0
2. Ordenar		
ORDENAR	(1) Existe un lugar específico para cada objeto	
	(2) Los lugares en donde se colocan los objetos están rotulados	
	(3) Se usan líneas trazadas en el piso para delimitar pasillos, las zonas de trabajo, las máquinas, estantes, etc	
	(4) Los pasillos se encuentran libres	
	(5) Se usan letreros para identificar las áreas o procesos de trabajo (secciones)	
	(6) Es fácil visualizar la ubicación de los objetos	
	(7) La ubicación de los extintores está claramente identificado	
	(8) Se cuenta con lugares adecuados para los objetos que se utilizan con poca frecuencia	
SUBTOTAL		0
3. Limpiar		
LIMPIAR	(1) Existen desperdicios de materiales o líquidos en el suelo	
	(2) Las estaciones de trabajo y su ubicación están bien diseñados, de tal forma que la limpieza sea fácil	
	(3) Cada trabajador es responsable de mantener limpio su puesto de trabajo, sus máquinas, sus herramientas, etc.	
	(4) Se tiene un rol de limpieza para las estaciones de trabajo, los pasillos y el baño	
SUBTOTAL		0

Nota. Elaboración propia

4to paso: Realizar diagnóstico del área trabajada

En la Figura 59 se muestra el resultado de la evaluación realizada al área luego de implementar la 4ta S (ver Figura 59)

Figura 59

Preguntas de Evaluación- Etapa Seiketsu

Artículos de evaluación		Evaluación
4. Mantener		
MANTENER	(1) Existe un manual de actividades para cumplir con las 3's	4
	(2) Existen controles visuales en el lugar de trabajo	3
	(3) Se realizan inspecciones en la zona de trabajo y en las máquinas con la adecuada frecuencia	4
	(4) Se tiene establecido el procedimiento para las inspecciones con los formatos correspondientes	4
SUBTOTAL		15

Nota. Elaboración propia

5ta etapa: Shitsuke

Los pasos para la implementación de Shitsuke son:

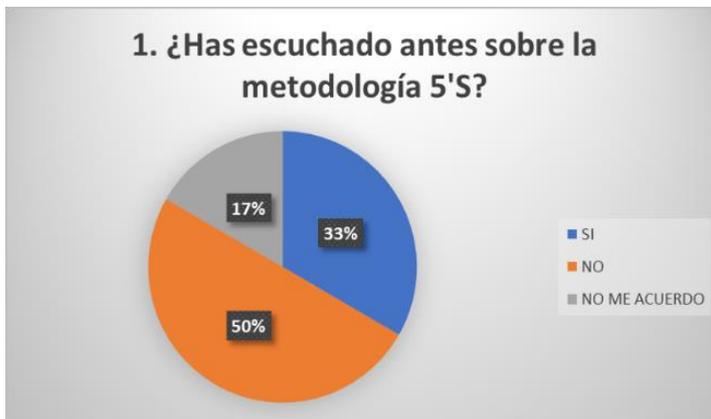
1er paso: Consultar la opinión del personal por medio de una encuesta sobre las actividades 5'S.

En este paso se realizó 5 breves preguntas a 12 personas sobre su conocimiento de las 5'S y su apreciación respecto a las mejoras realizadas.

En la Figura 60 se muestra el gráfico de resultado de la 1ra pregunta, donde se observa que el 50% de los encuestados no sabían sobre las 5'S antes de su implementación. (ver Figura 60)

Figura 60

Resultado de personas que escucharon sobre la metodología 5S

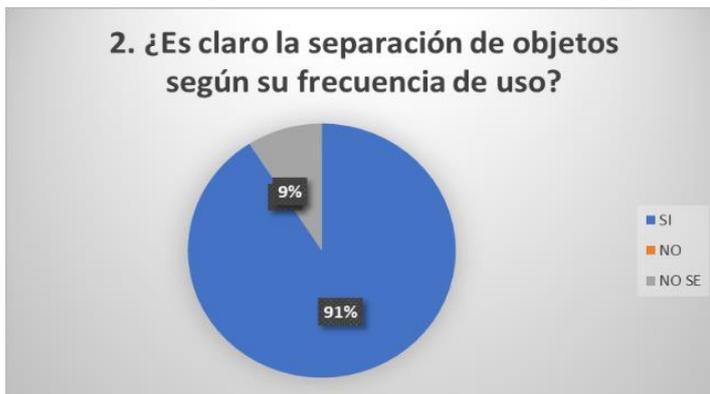


Nota. Elaboración propia

En la Figura 61 se muestra el gráfico de resultado de la 2da pregunta, donde se observa que luego de la implementación y las charlas diarias realizadas sobre las 5'S, el 91% de los encuestados aprendieron sobre los criterios de clasificación para implementar la etapa Seiri (ver figura 61)

Figura 61

Resultado de personas que aprendieron a implementar la 1ra S

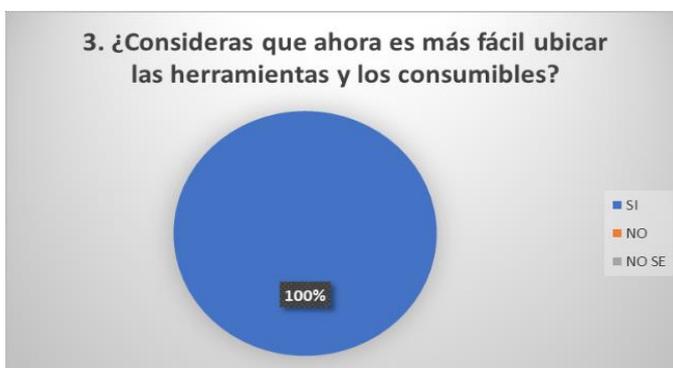


Nota. Elaboración propia

En la Figura 62 se muestra que el 100% de los encuestados consideran que con la implementación de la etapa Seiton ahora es más fácil la búsqueda de las herramientas y consumibles. (ver Figura 62)

Figura 62

Resultado de personas que aprendieron a implementar la 2da S



Nota. Elaboración propia

En la Figura 63 se muestra el gráfico de resultado de la 4ta pregunta realizada, donde se observa que el 75% de los encuestados opinan que se deberían implementar campañas de limpieza mensualmente. (ver Figura 63)

Figura 63

Resultado de la frecuencia que se deben implementar las campañas de limpieza

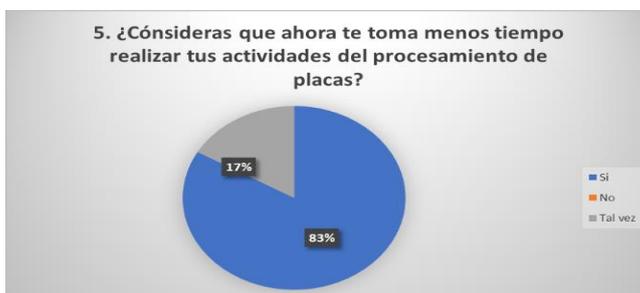


Nota. Elaboración propia

En la Figura 64 se muestra el gráfico de resultado de la 5ta pregunta realizada, donde se observa que el 83% de los encuestados respondieron que sí sintieron la reducción del tiempo en sus actividades y ahora procesan las placas más rápido. (ver Figura 64)

Figura 64

Resultado de personas que sintieron que sus actividades ahora se realizan más rápido



Nota. Elaboración propia

2do paso: Crear un eslogan junto al personal sobre la importancia 5'S

En este paso se propusieron 2 esloganes, de los cuales por voto de mayoría el eslogan escogido fue:

“Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”

3er paso: Realizar diagnóstico del área trabajada.

En la Figura 65 se muestra el resultado de la evaluación realizada al área luego de implementar la 5ta S (ver Figura 65)

Figura 65

Preguntas de Evaluación- Etapa Shitsuke

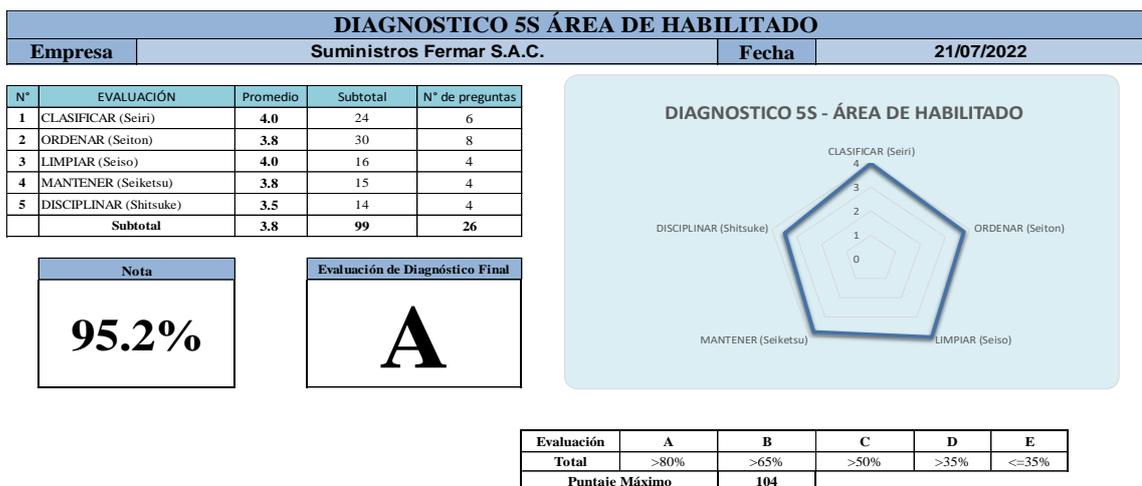
Artículos de evaluación		Evaluación
5. Disciplinar		
DISCIPLINAR	(1) Existe la norma y el hábito para identificar los objetos innecesarios y deshacerse de ellos	2
	(2) Existe la norma y el hábito para devolver las cosas al lugar donde se guardan	4
	(3) El colaborador sabe sobre la importancia de las 3'S	4
	(4) Se realizan reuniones de 5min en la mañana, 3 veces a la semana para fomentar la importancia de las 3'S	4
SUBTOTAL		14

Nota. Elaboración propia

En la Figura 66 se puede observar el resultado del diagnóstico del área de habilitado después de la implementación de las 5S, dando como resultado una notable mejora en la clasificación, orden y limpieza.

Figura 66

Diagnóstico final 5S



Nota. Elaboración propia

➤ Situación Después (Post Test)

La implementación de la Metodología 5S, ha permitido reducir el porcentaje del tiempo improductivo de la mano de obra de 15.51% a un 10.01% sobre el tiempo de procesamiento de placa.

Logros:

- Se logró separar los elementos innecesarios como baldes rotos, guantes de seguridad deteriorados, repuestos oxidados y se capacitó al personal para que aprendan a clasificar y tomar acciones con respecto a los objetos innecesarios. En la figura 67 se

observa cómo estaba la zona de trabajo KF1606 antes de la implementación de la metodología 5S.

- Los operarios cuentan con conocimiento sobre el uso de las tarjetas rojas que ayudaron a clasificar los elementos necesarios de los innecesarios, y a proporcionar el mejor método de descarte para los objetos innecesarios.
- Se redujo las veces de verificar la medida de las piezas con ayuda del orden, debido a que el material que ingresa es recién salido del almacén, y los materiales que fueron usados son enviados a otra zona para evitar su confusión, y también por que ahora se cuenta con una mesa más grande y una wincha de 8mt para realizar las medidas del material antes de que ingrese a la máquina.
- Se logró reducir el tiempo por la falta de consumibles, debido a que los consumibles se encuentran rotulados y además los más utilizados se pusieron en la mesa de trabajo que se ubica cerca de cada máquina.
- Se logró reducir el tiempo de revisión del plano de fabricación, debido a que se aplicó la 2da S y ahora los planos tienen un lugar específico en la mesa de trabajo de fácil visualización para el operario.
- Se logró delimitar y ordenar los espacios como pasillos, zona de máquina, estante de herramientas, etc. Y además existen zonas específicas para cada elemento rotulado que permite su rápida búsqueda.
- Se logró reducir el tiempo de traslado de los consumibles y herramientas para la máquina, debido a que con las 3'S, los pasillos se encuentran limpios y libres, además que la zona tiene un cartel que ayuda su fácil ubicación.
- Se fomentó la limpieza de las zonas de trabajo, las herramientas e implementos de seguridad de cada operario, teniendo buena aceptación por parte del personal.
- Con una zona de trabajo ordenada y limpia como se muestra en la figura 67, el operario del área de habilitado se siente con menos estrés y más eficiente al realizar las actividades del procesamiento de placas. Además, que los operarios conseguirán sus herramientas en el menor tiempo posible y con el mantenimiento y limpieza lograrán evitar las posibles averías de las herramientas y/o consumibles para la máquina.

Figura 67



Antes y después de la zona de trabajo de la máquina KF-1606

Nota. Fermar S.A.

- Más de la mitad del personal del área de habilitado tiene conocimiento sobre la metodología 5´S, y se encuentra preparado para seguir realizando las actividades del Seiri, Seiton y Seiso.
- El personal del área de habilitado se encuentra capacitado para realizar las auditorías de implementación de las 3´S en una zona de trabajo diferente al de su puesto, es decir que cada operario es responsable de su zona de trabajo de máquina correspondiente, pero para que las auditorías sean más certeras, ellos pueden realizar auditorías 5S en la zona de trabajo de otra máquina.

En la Tabla 31, se procede a la recolección de los datos de acuerdo con los tiempos obtenidos del proceso de procesamiento de placas en las Máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado. (Ver Tabla 31)

Tabla 31*Cálculo de los porcentajes de los tiempos improductivos de mano de obra -Post Test*

Máquina	Semanas	Trasladar consumibles y/o herramientas para la máquina	Revisar plano de fabricación	Verificar medida de la pieza	Limpiar material	Falta de Saldó y/o material	Falta y/o avería de herramientas	Falta y/o avería de puente grúa	Falta de consumibles	Tiempo Improductivo de mano de obra	Tiempo Total del proceso (min)	% Tiempo improductivo de mano de obra
KF -1606	Semana 31	3			6					9	106	8.49%
AMG Grande	Semana 31	3			4			10		17	170	10.00%
AMG Chica	Semana 31	5						1		6	69	8.70%
KF -1606	Semana 32	7	8		6		13			34	339	10.03%
AMG Grande	Semana 32	5			5			3		13	131	9.92%
AMG Chica	Semana 32	4			5			7		16	151	10.60%
KF -1606	Semana 33	6	5				7			18	179	10.06%
AMG Grande	Semana 33	10			5			10		25	242	10.33%
AMG Chica	Semana 33	9			1		2			12	132	9.09%
KF -1606	Semana 34	10	5		5		8		8	36	350	10.29%
AMG Grande	Semana 34	6						3		9	87	10.34%
AMG Chica	Semana 34	2			2			3		7	69	10.14%
KF -1606	Semana 35	3	3	6	7			16		35	325	10.77%
AMG Grande	Semana 35	11			5			5		21	205	10.24%
AMG Chica	Semana 35	3			2		3	13		21	202	10.40%
KF -1606	Semana 36	5	2		5		5	5		22	204	10.78%
AMG Grande	Semana 36	8			7			8		23	223	10.31%
AMG Chica	Semana 36	5	5						6	16	152	10.53%
KF -1606	Semana 37		1		6			10		17	198	8.59%
AMG Grande	Semana 37	12						3		15	144	10.42%
AMG Chica	Semana 37	4	2					6		12	125	9.60%
KF -1606	Semana 38	5			2				4	11	109	10.09%
AMG Grande	Semana 38	4	2		2			3		11	108	10.19%
AMG Chica	Semana 38	3	3					8		14	145	9.66%
KF -1606	Semana 39	8	4		8		8	4	4	36	359	10.03%
AMG Grande	Semana 39		11					6		17	180	9.44%
AMG Chica	Semana 39	2	3					2		7	72	9.72%
KF -1606	Semana 40		10		8			3		21	205	10.24%
AMG Grande	Semana 40	8	3							11	103	10.68%
AMG Chica	Semana 40	4						5		9	85	10.59%

Nota. Elaboración propia

➤ **Muestra después**

Para determinar el porcentaje de los tiempos improductivos de la mano de obra del POST TEST en el periodo de estudio (Semana 31 del 2022 hasta la Semana 40 del 2022), se realizó un promedio de los tiempos obtenidos del proceso de procesamiento de placas en las Máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado.

A continuación, en la Tabla 32 se observa el promedio semanal del porcentaje de los tiempos improductivos de la mano de obra fue de 10.01 %. (Ver tabla 32)

Tabla 32*Porcentajes de los tiempos improductivos de la mano de obra -Post Test*

Semanas	Promedio Semanal	
SEMANA 31	9.06%	
SEMANA 32	10.18%	
SEMANA 33	9.83%	
SEMANA 34	10.26%	
SEMANA 35	10.47%	
SEMANA 36	10.54%	
SEMANA 37	9.54%	
SEMANA 38	9.98%	
SEMANA 39	9.73%	
SEMANA 40	10.50%	
Promedio General	10.01%	% de tiempo en minutos

Nota. Elaboración propia

El indicador de los tiempos improductivos de la mano de obra disminuyó de 15.51% de tiempo en minutos del proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica (Ver tabla N°29) que se registró en la muestra Pre desde la semana 9 hasta la semana 18 del 2022 a presentar un 10.01% de tiempo en minutos del proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica (Ver tabla N°32) que se registró en la muestra Post desde la semana 31 hasta la semana 40 del 2022. La implementación de la metodología 5S resultó eficiente, ya que con el orden y limpieza en las áreas de trabajo se minimizaron tiempos improductivos de mano de obra en el proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606,AMGGrande y AMG Chica.

- Objetivo específico 03: Implementar la Estandarización del Trabajo para reducir el tiempo de codificación y descarga.

➤ Situación Antes (Pre Test)

Debido al elevado tiempo de codificación y descarga en el proceso de procesamiento de placas del área de habilitado trae como consecuencia el retraso del cumplimiento de entrega de las piezas metálicas al siguiente proceso de estructurado, debido al impacto en el tiempo de total del procesamiento de placas. Dicho retraso afecta la secuencia de la línea de producción, impactando en el retraso de la entrega de la estructura final de un proyecto.

Se evidenciaron que no existen métodos y estándares en la realización de dichas actividades del proceso de procesamiento de placas en el área que conllevan el elevado tiempo de codificación y descarga de piezas metálicas.

Para determinar el tiempo de codificación y descarga del PRE TEST en el periodo de estudio (Semana 9 del 2022 hasta la Semana 18 del 2022), se realizó el análisis documental de las fichas que se realizaron con la toma de tiempos de codificación y descarga del proceso de procesamiento de placas. Los tiempos fueron registrados en el formato de registro documental sobre el tiempo de codificación y descarga.

De los datos recolectados por semana se tomaron cuatro muestras por día de lunes a viernes en los procesos de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica, de las cuales cada 2 semanas fueron recolectadas por turno de trabajo; ya que la toma de tiempos fue realizada bajo las mismas características de tener los mismos operadores de máquina, misma cantidad de lotes a procesar y mismo espesor de plancha de acero a cortar.

Dichos tiempos registrados permitieron obtener los porcentajes de los tiempos de codificación y descarga del proceso.

El porcentaje de tiempo de codificación y descarga: $(\text{Tiempo de codificación y descarga} / \text{Tiempo de procesamiento de placas}) * 100\%$

En la Tabla 33 se observa el formato de registro documental sobre el tiempo de codificación y descarga. (Ver tabla 33)

Tabla 33

Formato de registro documental sobre el tiempo de codificación y descarga

Registro documental sobre el tiempo de codificación y descarga										FICHA N°	
Zona: _____					Fecha: _____						
Plan de corte: _____					Tipo de material: _____						
Código de la máquina: _____					Nombre del operador: _____						
ACTIVIDADES	CLASIFICACIÓN					Tiempo observado					Promedio T.O.
	Operación	Transporte	Inspección	Retiro	Almacenaje	T.O. ₁	T.O. ₂	T.O. ₃	T.O. ₄	T.O. ₅	
Tiempo de preparación de la máquina											
Tiempo de perforación de máquina											
Tiempo de corte de máquina											
Codificar piezas											
Descargar piezas											
Tiempo de codificación y descarga											
Tiempo total:											
Piezas producidas:											
Tiempo/pieza:											
Tiempo improductivo de mano de obra											
OBSERVACIONES:											
<div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>											
Elaborado por: _____					Revisado por: _____						
Fecha: _____					Fecha: _____						

Nota. Fermar S.A.

En la Tabla 34, se muestran los datos de los tiempos obtenidos del proceso de procesamiento de placas en las Máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado. (Ver tabla 34)

Tabla 34

Cálculo de los porcentajes de los tiempos de codificación y descarga -Pre Test

Máquina	Semanas	Codificar Piezas	Descargar piezas	Tiempo de codificación y descarga	Tiempo Total del proceso (min)	% Tiempo de codificación y descarga
KF -1606	Semana 9	23	25	48	192	25.00%
AMG Grande	Semana 9	12	18	30	124	24.19%
AMG Chica	Semana 9	20	22	42	163	25.77%
KF -1606	Semana 10	26	22	48	211	22.75%
AMG Grande	Semana 10	22	23	45	180	25.00%
AMG Chica	Semana 10	38	16	54	213	25.35%
KF -1606	Semana 11	17	16	33	135	24.44%
AMG Grande	Semana 11	40	10	50	198	25.25%
AMG Chica	Semana 11	40	22	62	251	24.70%
KF -1606	Semana 12	57	60	117	454	25.77%
AMG Grande	Semana 12	20	8	28	115	24.35%
AMG Chica	Semana 12	21	19	40	159	25.16%
KF -1606	Semana 13	17	38	55	217	25.35%
AMG Grande	Semana 13	22	26	48	189	25.40%
AMG Chica	Semana 13	21	19	40	171	23.39%
KF -1606	Semana 14	28	17	45	175	25.71%
AMG Grande	Semana 14	15	15	30	134	22.39%
AMG Chica	Semana 14	26	18	44	170	25.88%
KF -1606	Semana 15	8	7	15	59	25.42%
AMG Grande	Semana 15	6	20	26	106	24.53%
AMG Chica	Semana 15	17	17	34	134	25.37%
KF -1606	Semana 16	10	15	25	97	25.77%
AMG Grande	Semana 16	15	10	25	97	25.77%
AMG Chica	Semana 16	13	12	25	100	25.00%
KF -1606	Semana 17	4	8	12	48	25.00%
AMG Grande	Semana 17	22	20	42	182	23.08%
AMG Chica	Semana 17	13	18	31	131	23.66%
KF -1606	Semana 18	12	10	22	103	21.36%
AMG Grande	Semana 18	15	18	33	137	24.09%
AMG Chica	Semana 18	16	24	40	170	23.53%

Nota. Elaboración propia

➤ **Muestra antes**

Para determinar el porcentaje de los tiempos de codificación y descarga del PRE TEST en el periodo de estudio (Semana 9 del 2022 hasta la Semana 18 del 2022), se realizó un promedio de los tiempos obtenidos del proceso de procesamiento de placas en las Máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado.

En la Tabla 35 se muestra que el promedio semanal del porcentaje de los tiempos de codificación y descarga fue de 24.61%. (Ver Tabla 35)

Tabla 35

Porcentajes de los tiempos de codificación y descarga -Pre Test

Semanas	Promedio Semanal	
SEMANA 9	24.99%	
SEMANA 10	24.37%	
SEMANA 11	24.80%	
SEMANA 12	25.09%	
SEMANA 13	24.71%	
SEMANA 14	24.66%	
SEMANA 15	25.11%	
SEMANA 16	25.51%	
SEMANA 17	23.91%	
SEMANA 18	22.99%	
Promedio General	24.61%	% de tiempo en minutos

Nota. Elaboración propia

➤ **Aplicación de la Teoría (Estandarización de trabajo)**

Se realizó la implementación de la estandarización de trabajo con el objetivo de reducir el tiempo de codificación y descarga en el proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado en la empresa de estructuras metálicas.

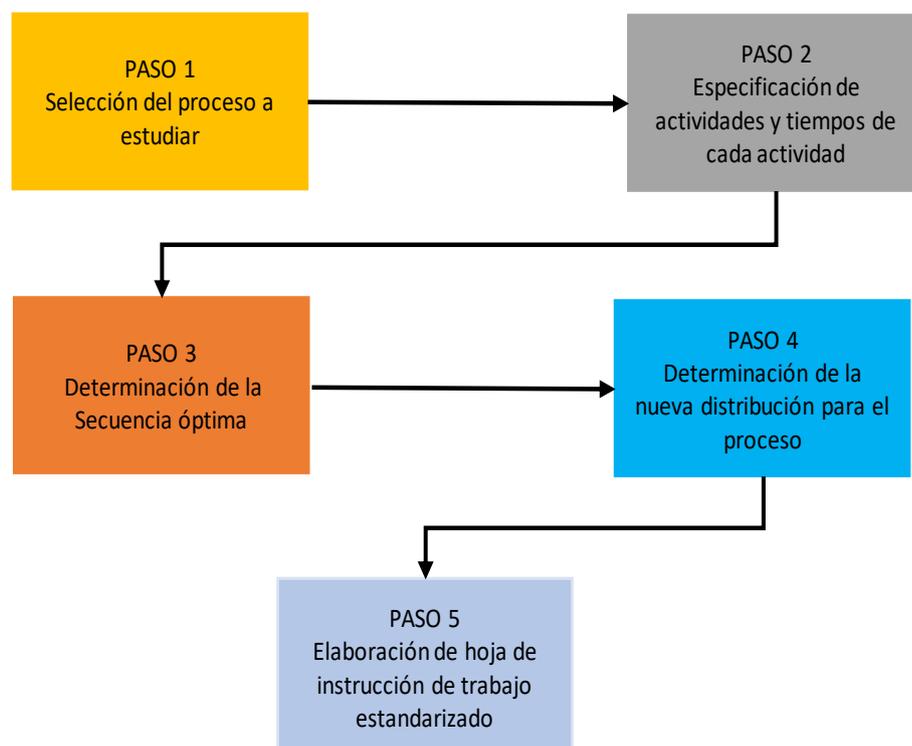
La finalidad de la herramienta es encontrar la mejor manera de realizar una tarea u operación específica en el proceso, con un método más seguro y eficiente para realizar el trabajo que cumple el operador con el nivel de calidad requerido, permitiendo reducir el tiempo de codificación y descarga de placas.

La aplicación de la estandarización del trabajo ayudará a la empresa y sobre todo a sus trabajadores, esta herramienta permitirá el aumento de la productividad en el proceso de procesamiento de placas, definiendo como se realiza el trabajo; detallando la interacción del operador y la máquina en el proceso para completar el trabajo lo más libre de desperdicios, reduciendo tiempos en las tareas y aumentando la productividad de mano de obra.

El objetivo de estandarización de trabajo fue poder reducir los tiempos de codificación y descarga de placas en el proceso. A continuación, en la Figura 68 se muestran los pasos que se implementaron para la aplicación de la estandarización de trabajo. (Ver Figura 68)

Figura 68

Secuencia de pasos para aplicar la estandarización del trabajo



Nota. Elaboración propia

Paso 1: Selección del proceso a estudiar

La empresa suministros FERMAR S.A dedicada a la fabricación y comercialización de estructuras metálicas, dichas estructuras como puentes, escaleras, enrejados, almacenes, columnas, etc.; dependerá de sus clientes que son principalmente los proyectos mineros o de infraestructura.

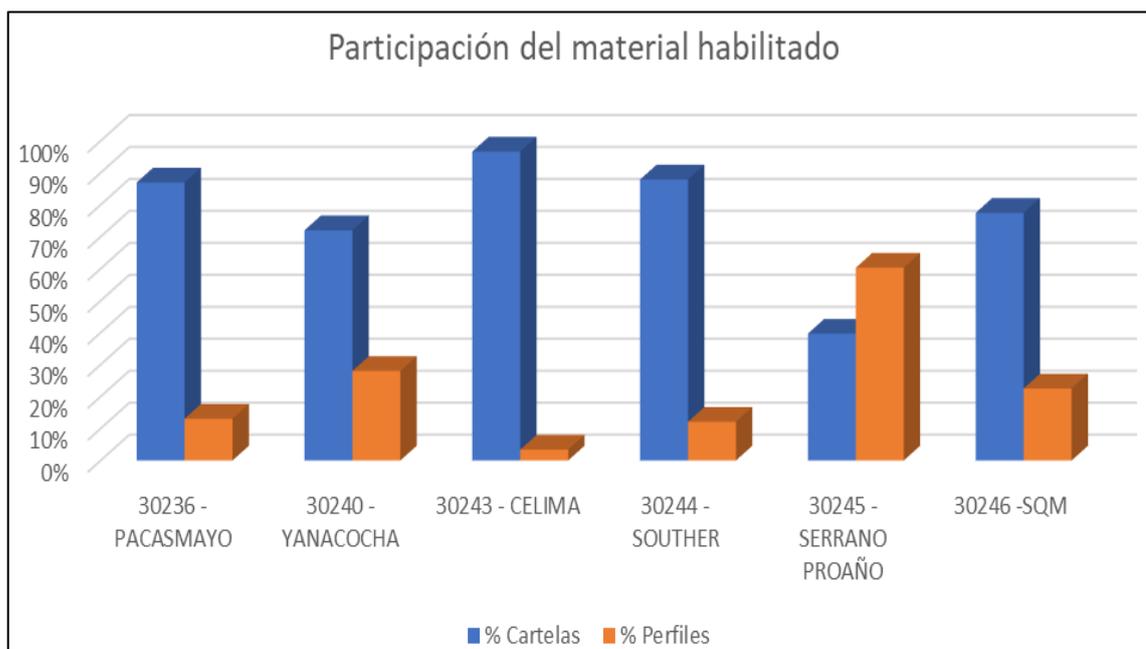
Luego de haber revisado la problemática de la empresa, puntualmente el área más importante de la línea de producción que es el área de habilitado (Ver Figura 02), donde el retraso de entrega del material al siguiente proceso de estructurados impactara en la fabricación final de una estructura metálica, retrasando los plazos de entrega a los clientes. El área de habilitado se encarga de producir y entregar el material tanto como placas o cartelas metálicas y perfiles de diferentes longitudes y espesores que conforman el armado y soldeo de las estructuras según el diseño del área de ingeniería requerida por los clientes de los proyectos.

La entrega del material es por lotes y cada lote conforman los planos de fabricación para el siguiente proceso de estructurados en la línea de producción.

Se realizó un diagnóstico que se muestra en la Figura 69, para determinar la participación de las placas y perfiles en las diversas estructuras metálicas de los principales clientes, que son los proyectos mineros y de infraestructura a nivel nacional, razón por la cual el objeto de estudio es el procesamiento de placas del área de habilitado, ya que las placas representa un 77% y los perfiles representan un 23% del material entregado por parte del área al siguiente proceso de estructurados en la línea de producción de las estructuras finales de un proyecto. (Ver Figura 69)

Figura 69

Participación del material habilitado por proyecto



Nota. Suministros FERMAR SA 2021

Elaboración propia

Paso 2: Especificación de actividades y tiempos de cada actividad

Una vez seleccionado el objeto de estudio que son la producción de placas por ser la de mayor representación en la entrega del material por parte del área, se detallaron las actividades y los tiempos promedios a seguir para el procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado en la empresa.

Al contar con estos datos, tal como se muestra en la Tabla 36, la Tabla 37 y la Tabla 38 se procedió al cálculo del tiempo estándar en segundos en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica respectivamente. (Ver Tablas 36, 37 y 38)

Tabla 36

Tiempo estándar en el procesamiento de placas – máquina KF1606

Nro	Actividad	Tiempo promedio (s)	Tiempo estándar (s)
1	Seteo de máquina	361	487.35
2	Búsqueda de material	422	569.7
3	Espera de puente Grúa	785	1059.75
4	Traslado de plancha de acero a la máquina	604	815.4
5	Colocación de suple	482	650.7
6	Calibración de plancha de acero	361	487.35
7	Ajuste de parámetros	363	490.05
8	Espera de Herramientas	364	491.4
9	Espera de Consumibles de máquina	303	409.05
10	Traslado de consumibles o herramientas a la máquina	484	653.4
11	Cambio de consumibles	301	406.35
12	Perforado de máquina	1021	1378.35
13	Limpieza de plancha de acero	303	409.05
14	Ubicación del trapo industrial	30	40.5
15	Secado de plancha de acero	60	81
16	Ubicación de marcador metálico	30	40.5
17	Revisión del plan de corte	60	81
18	Codificado de placas	1021	1378.35
19	Corte de máquina	2942	3971.7
20	Revisión de plano de fabricación	604	815.4
21	Trasladar separador a zona de máquina	90	121.5
22	Ubicación de imán metálico o puente de grúa	30	40.5
23	Ubicación del carro portaplacas de la máquina	30	40.5
24	Retirar el carro portaplacas de la máquina	30	40.5
25	Descarga de placas	963	1300.05
26	Trasladar separador a zona de traslado de material	60	81
27	Traslado de esqueleto o retazo de plancha	120	162
		12224	16502

Nota. Elaboración propia

Tabla 37*Tiempo estándar en el procesamiento de placas – máquina AMG Grande*

Nro	Actividad	Tiempo promedio (s)	Tiempo estándar (s)
1	Seteo de máquina	301	406.35
2	Búsqueda de material	362	488.7
3	Espera de puente Grúa	725	978.75
4	Traslado de plancha de acero a la máquina	544	734.4
5	Calibración de plancha de acero	361	487.35
6	Ajuste de parámetros	423	571.05
7	Espera de Herramientas	424	572.4
8	Espera de Consumibles de máquina	483	652.05
9	Traslado de consumibles o herramientas a la máquina	364	491.4
10	Cambio de consumibles	481	649.35
11	Limpieza de plancha de acero	423	571.05
12	Corte de máquina	3603	4864.05
13	Revisión de plano de fabricación	424	572.4
14	Ubicación del trapo industrial	30	40.5
15	Secado de plancha de acero	60	81
16	Ubicación de marcador metálico	30	40.5
17	Revisión del plan de corte	60	81
18	Codificado de placas	961	1297.35
19	Trasladar separador a zona de máquina	120	162
20	Ubicación de imán metálico o puente de grúa	30	40.5
21	Descarga de placas	663	895.05
22	Trasladar separador a zona de traslado de material	120	162
23	Traslado de esqueleto o retazo de plancha	90	121.5
		11082	14961

Nota. Elaboración propia**Tabla 38***Tiempo estándar en el procesamiento de placas – máquina AMG Chica*

Nro	Actividad	Tiempo promedio (s)	Tiempo estándar (s)
1	Seteo de máquina	361	487.35
2	Búsqueda de material	542	731.7
3	Espera de puente Grúa	425	573.75
4	Traslado de plancha de acero a la máquina	424	572.4
5	Calibración de plancha de acero	481	649.35
6	Ajuste de parámetros	423	571.05
7	Espera de Herramientas	424	572.4
8	Espera de Consumibles de máquina	483	652.05
9	Traslado de consumibles o herramientas a la máquina	304	410.4
10	Cambio de consumibles	301	406.35
11	Limpieza de plancha de acero	363	490.05
12	Corte de máquina	4020	5427
13	Revisión de plano de fabricación	424	572.4
14	Ubicación del trapo industrial	30	40.5
15	Secado de plancha de acero	60	81
16	Ubicación de marcador metálico	30	40.5
17	Revisión del plan de corte	60	81
18	Codificado de placas	1201	1621.35
19	Trasladar separador a zona de máquina	150	202.5
20	Ubicación de imán metálico o puente de grúa	30	40.5
21	Descarga de placas	783	1057.05
22	Trasladar separador a zona de traslado de material	120	162
23	Traslado de esqueleto o retazo de plancha	60	81
		11499	15524

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 39, la Tabla 40 y la Tabla 41 se muestran que luego de determinar los tiempos estándar para el procesamiento de placas o piezas metálicas realizadas en las máquinas del área de habilitado, teniendo en cuenta un factor de 100% por tener una valoración normal y suplementos de 35%, se llenó las hojas de capacidad de operación de los procesos de procesamiento de placas, obteniendo como resultado que la capacidad del proceso es de 75, 60 y 55 placas/hora en las máquinas KF1606, AMG Grande, AMG Chica respectivamente, respecto a la producción actual de 33.4, 36.5 y 19.5 placas/hora en las máquinas KF1606, AMG Grande, AMG Chica respectivamente. (Ver Tablas 39, 40 y 41)

Tabla 39

Hoja de capacidad del proceso – máquina KF1606

HOJA DE CAPACIDAD DE PROCESO		Aprobado por:	# de Parte	OT-001			Solicitud		MH-01	Fecha
		Salomon Apolaya	Nombre de Parte	Procesamiento de Placas			Numero de Parte	1	Registrado por :	Harold Rivera
							Tiempo Disponible (horas)	100	# de Linea	Máquina KF1606-01
#	PROCESO	# DE MAQUINA	TIEMPO BASICO (\$)			CAMBIO HERRAMIENTA (\$)			Tiempo Total (\$)	CAPACIDAD DE PROCESO (placas/Hora)
			Manual	Auto	Total	Cambio	Tiempo	Tiempo		
1	Preparación	KF1606	4560.3		4560.3	-	-	-	1793.81	201
2	Perforado		409.05	1378.35	1787.4	153	980.1	6.41		
3	Codificación		1621.35		1621.35	-	-	-		
4	Corte	KF1606	815.4	3971.7	4787.1	153	980.1	6.41	4793.51	75
5	Descarga		1786.05		1786.05	-	-	-		
		TOTAL	9192.15							
									Capacidad de proceso (HORA)	75

Nota. Elaboración propia

Tabla 40

Hoja de capacidad del proceso – máquina AMG Grande

HOJA DE CAPACIDAD DE PROCESO		Aprobado por:	# de Parte	OT-002			Solicitud		MH-02	Fecha
		Salomon Apolaya	Nombre de Parte	Procesamiento de Placas			Numero de Parte	2	Registrado por :	Harold Rivera
							Tiempo Disponible (horas)	100	# de Linea	Máquina AMG Grande-02
#	PROCESO	# DE MAQUINA	TIEMPO BASICO (\$)			CAMBIO HERRAMIENTA (\$)			Tiempo Total (\$)	CAPACIDAD DE PROCESO (placas/Hora)
			Manual	Auto	Total	Cambio	Tiempo	Tiempo		
1	Preparación	AMG Grande	3666.6		3666.6	-	-	-	6023.06	60
2	Corte		1143.45	4864.05	6007.5	152	2365.2	15.56		
3	Codificación		1540.35		1540.35	-	-	-		
4	Descarga		1381.05		1381.05	-	-	-		
		TOTAL	7731.45							
									Capacidad de proceso (HORA)	60

Nota. Elaboración propia

Tabla 41

Hoja de capacidad del proceso – máquina AMG Chica

HOJA DE CAPACIDAD DE PROCESO		Aprobado por:	# de Parte	OT-003			Solicitud		MH-03	Fecha
		Salomon Apolaya	Nombre de Parte	Procesamiento de Placas			Numero de Parte	3	Registrado por :	Harold Rivera
							Tiempo Disponible (horas)	100	# de Linea	Máquina AMG Ghica-03
#	PROCESO	# DE MAQUINA	TIEMPO BASICO (\$)			CAMBIO HERRAMIENTA (\$)			Tiempo Total (\$)	CAPACIDAD DE PROCESO (placas/Hora)
			Manual	Auto	Total	Cambio	Tiempo	Tiempo		
1	Preparación	AMG Chica	3585.6		3585.6	-	-	-	6513.75	55
2	Corte		1062.45	5427	6489.45	84	2041.2	24.3		
3	Codificación		1864.35		1864.35	-	-	-		
4	Descarga		1543.05		1543.05	-	-	-		
		TOTAL	8055.45							
									Capacidad de proceso (HORA)	55

Nota. Elaboración propia

Paso 3: Determinación de la secuencia óptima

Con las secuencias en los procesos actuales en el procesamiento de placas (tabla 36,37 y 38) se tiene un tiempo de ciclo de 204, 185 y 192 minutos/placa en las máquinas de habilitado.

Por lo tanto, siendo este mayor al takt time de 14 minutos/placa, se evidencia que existen tareas que no agregan valor al proceso, tales como los transportes entre las secciones de las naves del área y otras actividades que podrían realizarse de manera simultánea, como es el caso de la codificación y descarga de placas, mismo que se puede efectuar durante el corte de máquina.

Para ello se identificó las operaciones de las actividades que no agregan valor, tal como lo muestra la Tabla 42, la Tabla 43 y la Tabla 44, debido a que su tiempo de ciclo es mayor al takt time en los procesos de procesamiento de placas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica respectivamente. (ver Tablas 42,43 y 44)

Tabla 42

Tabla de operaciones del proceso– máquina KF1606

OPERACIONES	TT (s)	TT /min	MANUAL	MAQUINA	TAKT TIME
Seteo de máquina	361	6	6	0	14
Búsqueda de material	422	7	7	0	14
Espera de puente Grúa	785	13	13	0	14
Traslado de plancha de acero a la máquina	604	10	10	0	14
Colocación de suple	482	8	8	0	14
Calibración de plancha de acero	361	6	6	0	14
Ajuste de parámetros	363	6	6	0	14
Espera de Herramientas	364	6	6	0	14
Espera de Consumibles de máquina	303	5	5	0	14
Traslado de consumibles o herramientas a la	484	8	8	0	14
Cambio de consumibles	301	5	5	0	14
Perforado de máquina	1324	22	5	17	14
Codificación de placas	1201	20	20	0	14
Corte de máquina	3546	59	10	49	14
Descarga de placas	1323	22	22	0	14

Nota. Elaboración propia

Tabla 43*Tabla de operaciones del proceso – máquina AMG Grande*

OPERACIONES	TT (s)	TT /min	MANUAL	MAQUINA	TAKT TIME
Seteo de máquina	301	5	5	0	14
Búsqueda de material	362	6	6	0	14
Espera de puente Grúa	725	12	12	0	14
Traslado de plancha de acero a la máquina	544	9	9	0	14
Calibración de plancha de acero	361	6	6	0	14
Ajuste de parámetros	423	7	7	0	14
Espera de Herramientas	424	7	7	0	14
Espera de Consumibles de máquina	483	8	8	0	14
Traslado de consumibles o herramientas a la	364	6	6	0	14
Cambio de consumibles	481	8	8	0	14
Corte de máquina	4450	74	14	60	14
Codificación de placas	1141	19	19	0	14
Descarga de placas	1023	17	17	0	14

Nota. Elaboración propia**Tabla 44***Tabla de operaciones de proceso – máquina KF1606*

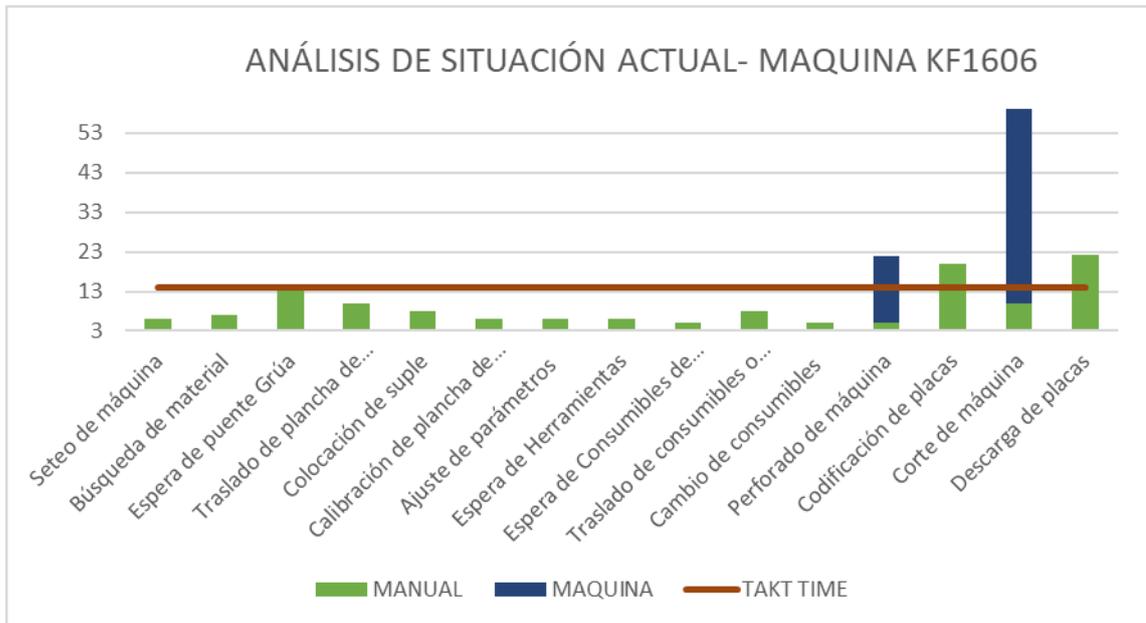
OPERACIONES	TT (s)	TT /min	MANUAL	MAQUINA	TAKT TIME
Seteo de máquina	361	6	6	0	14
Búsqueda de material	542	9	9	0	14
Espera de puente Grúa	425	7	7	0	14
Traslado de plancha de acero a la máquina	424	7	7	0	14
Calibración de plancha de acero	481	8	8	0	14
Ajuste de parámetros	423	7	7	0	14
Espera de Herramientas	424	7	7	0	14
Espera de Consumibles de máquina	483	8	8	0	14
Traslado de consumibles o herramientas a la	304	5	5	0	14
Cambio de consumibles	301	5	5	0	14
Corte de máquina	4807	80	13	67	14
Codificación de placas	1381	23	23	0	14
Descarga de placas	1143	19	19	0	14

Nota. Elaboración propia

Por otro lado, se muestran la Figura 70, la Figura 71 y la Figura 72 que son la situación actual del proceso en cada máquina procesadora de placas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica respectivamente. (Ver Figuras 70,71 y 72).

Figura 70

Análisis de Situación Actual - máquina KF1606

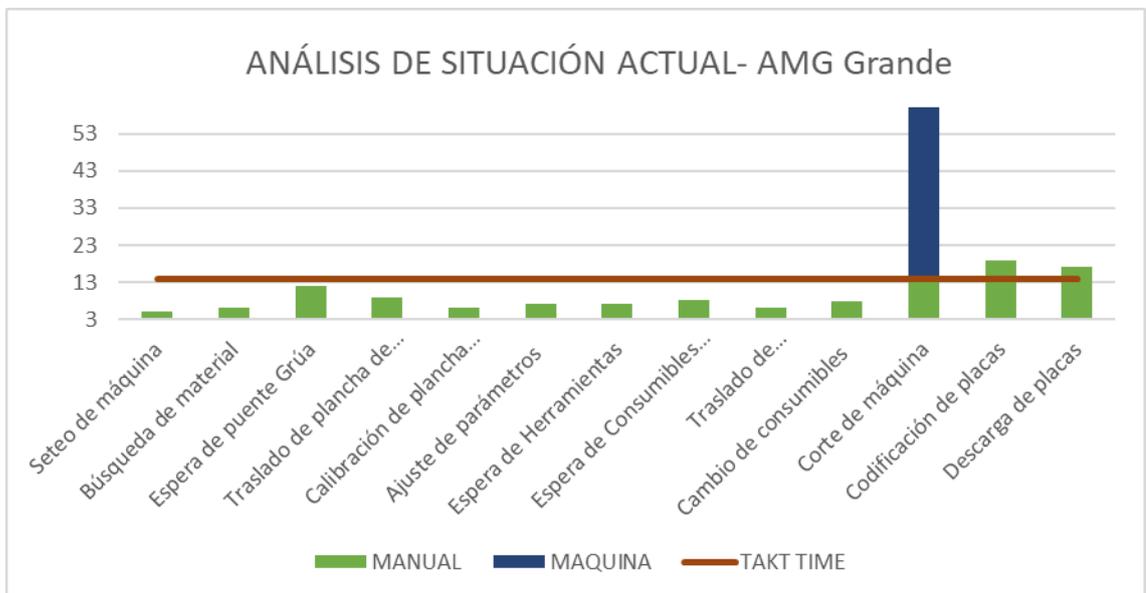


Nota. Suministros FERMAR SA 2022

Elaboración propia

Figura 71

Análisis de Situación Actual - máquina AMG Grande

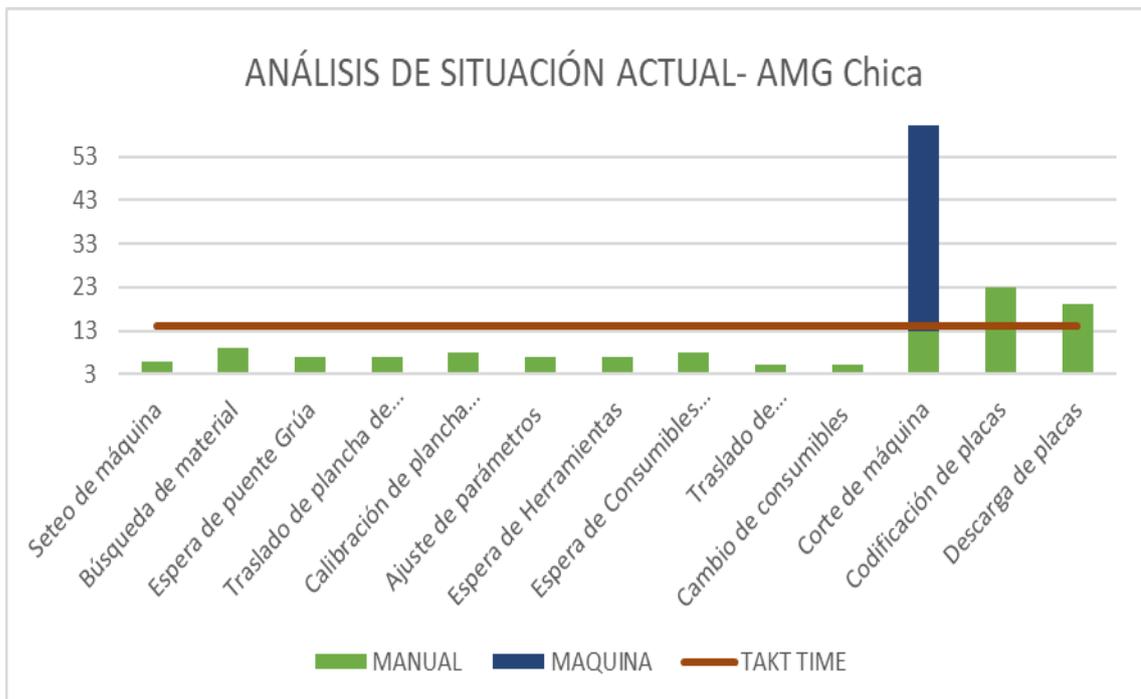


Nota. Suministros FERMAR SA 2022

Elaboración propia

Figura 72

Análisis de Situación Actual - máquina AMG Chica



Nota. Suministros FERMAR SA 2022

Elaboración propia

Con la estandarización de procesos se determinó las secuencias óptimas (Ver Figuras 73,74 y 75), logrando reducir en un 5.5% el tiempo de codificación y descarga de placas. Por otro lado, el tiempo de ciclo se redujo de 194 min a 192 min, pasando a trabajar al ritmo del takt time.

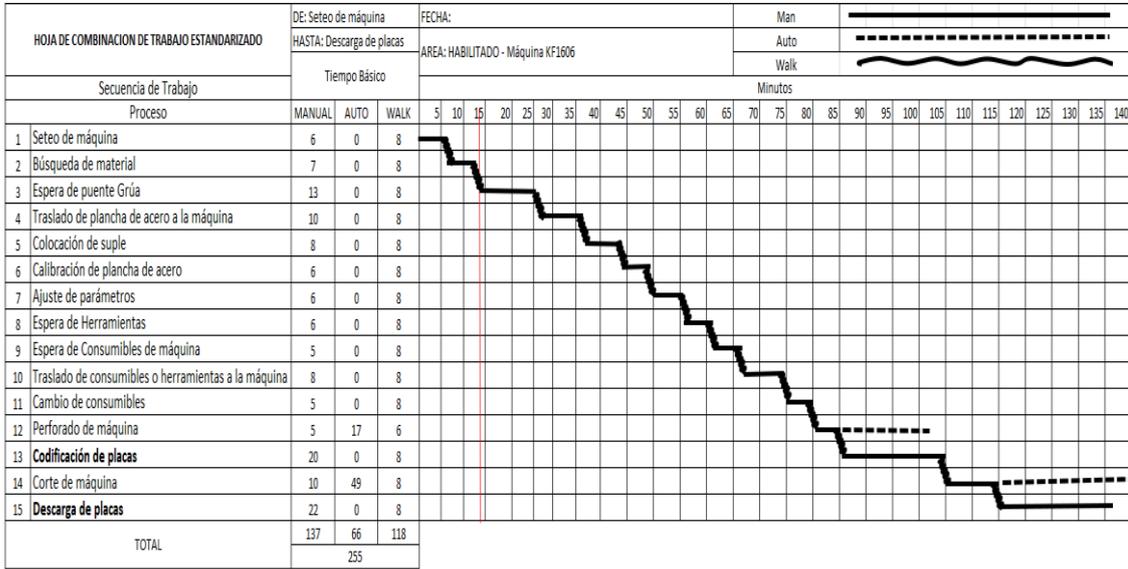
Además, al reducir las operaciones que no agregan valor en las actividades de codificado y descarga de placas se pudo comprobar que el tiempo de ciclo disminuyó a 120 segundos/unidad; valor que se encuentra por debajo del takt time.

Paso 4: Determinación de la nueva distribución para el proceso

Luego de establecer la secuencia mejorada de los procesos de procesamiento de placas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica. A continuación, tal como se muestra en la Figura 73, la Figura 74 y la Figura 75 se procede a documentar en una Hoja de combinación de trabajo estandarizado del proceso según la máquina empleada. (Ver figura 73, figura 74 y figura 75)

Figura 73

Hoja de combinación de trabajo estandarizado - máquina KF1606

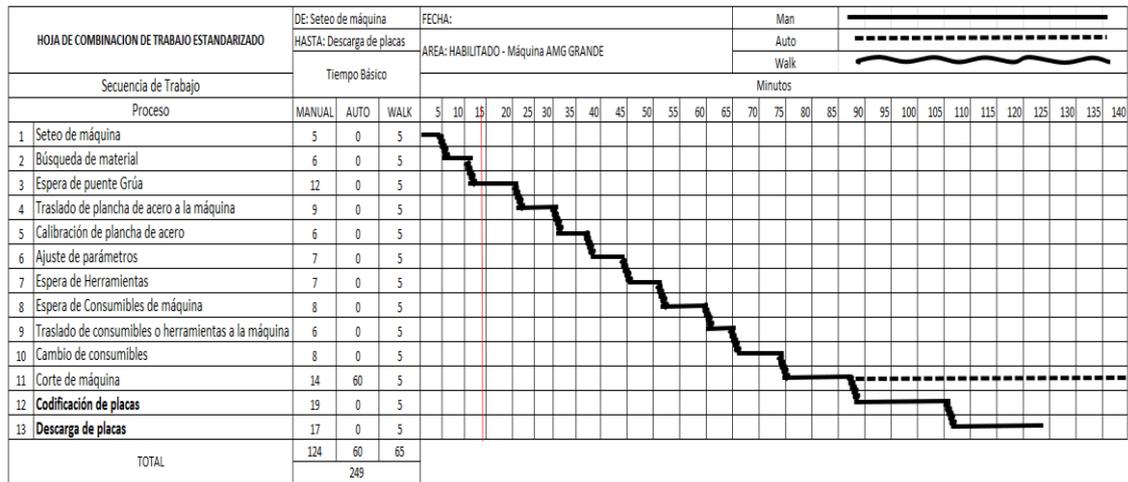


Nota. Suministros FERMAR SA 2022

Elaboración propia

Figura 74

Hoja de combinación de trabajo estandarizado - máquina AMG Grande

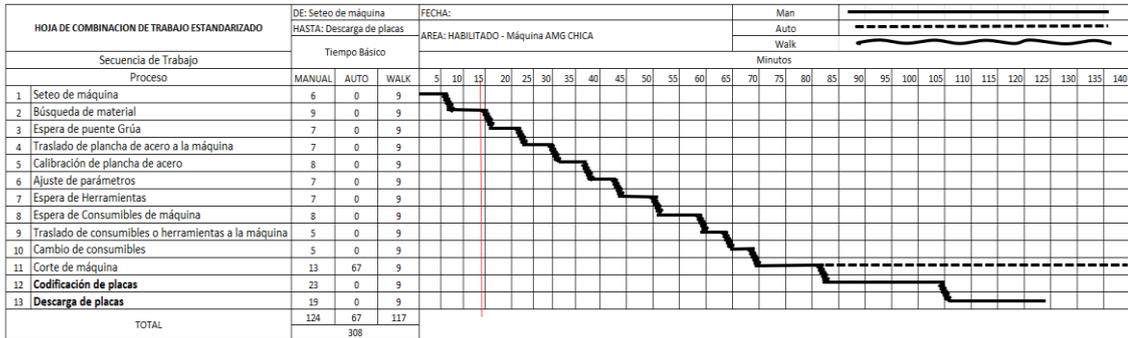


Nota. Suministros FERMAR SA 2022

Elaboración propia

Figura 75

Hoja de combinación de trabajo estandarizado - máquina AMG Chica



Nota. Suministros FERMAR SA 2022

Elaboración propia

Paso 5: Elaboración de hoja de instrucción de trabajo estandarizado

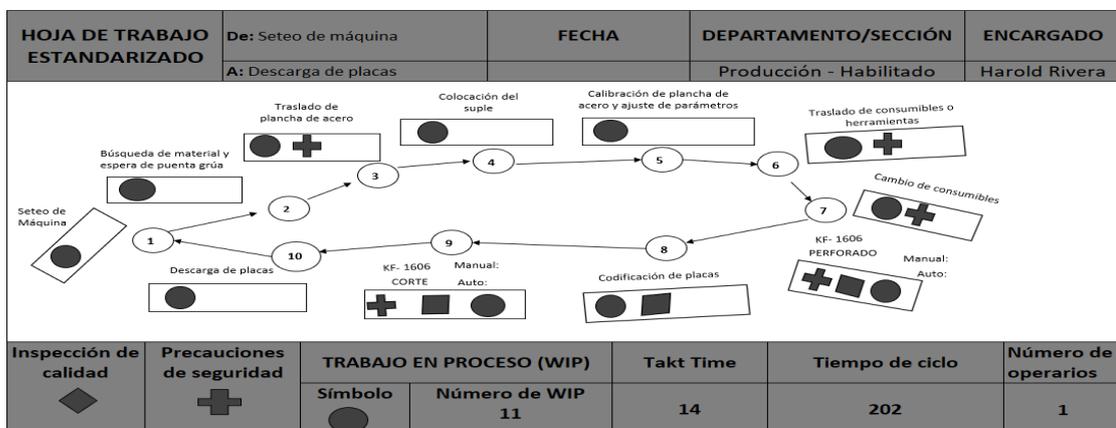
Luego se establece la tabla de trabajo estandarizado, donde se muestra el movimiento del operador y la ubicación del material en relación con la máquina y el diseño general del proceso.

Con la hoja de instrucción de trabajo estandarizado se muestra el tiempo takt, el tiempo de ciclo, la secuencia de trabajo y el WIP estándar.

A continuación, en la Figura 76, la Figura 77 y la Figura 78 se observan las hojas de trabajo estandarizado del proceso de las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica respectivamente. (Ver figura 76, 77 y 78)

Figura 76

Hoja de instrucción de trabajo estandarizado - máquina KF1606



Nota. Suministros FERMAR SA 2022

Elaboración propia

Figura 77

Hoja de instrucción de trabajo estandarizado - máquina AMG Grande

HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO	De: Seteo de máquina	FECHA	DEPARTAMENTO/SECCIÓN	ENCARGADO		
	A: Descarga de placas		Producción - Habilitado	Harold Rivera		
Inspección de calidad	Precauciones de seguridad	TRABAJO EN PROCESO (WIP)		Takt Time	Tiempo de ciclo	Número de operarios
		Símbolo	Número de WIP	14	183	1

Nota. Suministros FERMAR SA 2022

Elaboración propia

Figura 78

Hoja de instrucción de trabajo estandarizado - máquina AMG Chica

HOJA DE TRABAJO ESTANDARIZADO	De: Seteo de máquina	FECHA	DEPARTAMENTO/SECCIÓN	ENCARGADO		
	A: Descarga de placas		Producción - Habilitado	Harold Rivera		
Inspección de calidad	Precauciones de seguridad	TRABAJO EN PROCESO (WIP)		Takt Time	Tiempo de ciclo	Número de operarios
		Símbolo	Número de WIP	14	189	1

Nota. Suministros FERMAR SA 2022

Elaboración propia

➤ Situación Después (Post Test)

La implementación de la estandarización del trabajo, ha permitido reducir el porcentaje del tiempo de codificación y descarga de 24.61% a un 19.80% del tiempo total del proceso en las máquinas del área de habilitado.

Logros:

- Se logró la reducción de los elementos desde la ubicación del trapo industrial, secado de la plancha de acero, ubicación del marcador metálico, revisión del plan de corte hasta la codificación propiamente dicha que conforman la codificación de placas en los procesos de procesamiento de placas realizadas en las máquinas. Dicha reducción en 3 min, siendo un 4.8% menos en tiempo previo a la prueba piloto del proceso de procesamiento de placas.
- Se logró la reducción de los elementos desde el traslado del separador a la zona de máquina, la ubicación del imán metálico o puente grúa, ubicación del carro portaplacas de la máquina, retirar el carro portaplacas de la máquina, la descarga propiamente dicha que conforman la descarga de placas en los procesos de procesamiento de placas realizadas en las máquinas, además se encuentra incluido el tiempo de regreso del separador a la zona de traslado de material.
- Se capacitó al operario y su ayudante a realizar algunas actividades del proceso de codificación y descarga, mientras la máquina sigue realizando el proceso de corte, estas actividades pueden ser el desplazamiento del separador, de codificación de placas como se muestra en la figura 79, u otros.

Figura 79

Actividad de codificación de placas



Nota. FERMAR S.A.

- Debido a la zonificación del área de traslado de placas perteneciente al área de habilitado, donde los separadores o también llamados compartimientos para la descarga de placas, como se muestra en la figura 80. Dichos separadores estarán ubicados cerca de las máquinas procesadoras de placas. La descarga de placas se redujo en 5 min, siendo un 8.6% menos en tiempo previo a la prueba piloto del proceso de procesamiento de placas,
- Se logró una reducción en los desplazamientos del operario para realizar las actividades de codificación y descarga de placas, debido a que todo implemento de descarga de placas como el imán metálico y marcador corrector para el codificado de placas estarán ubicados en la misma zona de trabajo de las máquinas, para evitar desplazamientos innecesarios, tiempos de espera de herramientas o consumibles, manteniendo el orden y limpieza en su zona de trabajo.

Figura 80

Separadores metálicos



Nota. FERMAR S.A.

En la Tabla 45, se procede a la recolección de los datos de acuerdo a los tiempos obtenidos del proceso de procesamiento de placas en las Máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado. (Ver Tabla 45)

Tabla 45*Cálculo de los porcentajes de los tiempos de codificación y descarga -Post Test*

Máquina	Semanas	Codificar Piezas	Descargar piezas	Tiempo de codificación y descarga	Tiempo Total del proceso (min)	% Tiempo de codificación y descarga
KF -1606	Semana 31	12	9	21	106	19.81%
AMG Grande	Semana 31	15	20	35	170	20.59%
AMG Chica	Semana 31	9	5	14	69	20.29%
KF -1606	Semana 32	31	35	66	339	19.47%
AMG Grande	Semana 32	12	14	26	131	19.85%
AMG Chica	Semana 32	12	18	30	151	19.87%
KF -1606	Semana 33	20	16	36	179	20.11%
AMG Grande	Semana 33	35	15	50	242	20.66%
AMG Chica	Semana 33	13	13	26	132	19.70%
KF -1606	Semana 34	38	33	71	350	20.29%
AMG Grande	Semana 34	6	12	18	87	20.69%
AMG Chica	Semana 34	6	8	14	69	20.29%
KF -1606	Semana 35	57	9	66	325	20.31%
AMG Grande	Semana 35	30	10	40	205	19.51%
AMG Chica	Semana 35	25	17	42	202	20.79%
KF -1606	Semana 36	27	9	36	204	17.65%
AMG Grande	Semana 36	22	23	45	223	20.18%
AMG Chica	Semana 36	15	14	29	152	19.08%
KF -1606	Semana 37	21	15	36	198	18.18%
AMG Grande	Semana 37	15	14	29	144	20.14%
AMG Chica	Semana 37	13	13	26	125	20.80%
KF -1606	Semana 38	8	12	20	109	18.35%
AMG Grande	Semana 38	9	12	21	108	19.44%
AMG Chica	Semana 38	17	13	30	145	20.69%
KF -1606	Semana 39	47	18	65	359	18.11%
AMG Grande	Semana 39	11	25	36	180	20.00%
AMG Chica	Semana 39	6	8	14	72	19.44%
KF -1606	Semana 40	24	18	42	205	20.49%
AMG Grande	Semana 40	12	9	21	103	20.39%
AMG Chica	Semana 40	6	10	16	85	18.82%

Nota. Elaboración propia

➤ Muestra después

Para determinar el porcentaje de los tiempos de codificación y descarga del POST TEST en el periodo de estudio (Semana 31 del 2022 hasta la Semana 40 del 2022), se realizó un

promedio de los tiempos obtenidos del proceso de procesamiento de placas en las Máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica del área de habilitado.

A continuación, en la Tabla 46 se puede observar que el promedio semanal del porcentaje de los tiempos de codificación y descarga fue de 19.80%. (Ver Tabla 46)

Tabla 46

Porcentajes de los tiempos de codificación y descarga -Post Test

Semanas	Promedio Semanal	
SEMANA 31	20.23%	
SEMANA 32	19.73%	
SEMANA 33	20.16%	
SEMANA 34	20.42%	
SEMANA 35	20.20%	
SEMANA 36	18.97%	
SEMANA 37	19.71%	
SEMANA 38	19.49%	
SEMANA 39	19.18%	
SEMANA 40	19.90%	
Promedio General	19.80%	% de tiempo en minutos

Nota. Elaboración propia

El indicador de los tiempos de codificación y descarga disminuyó de 24.61% de tiempo en minutos del proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica (Ver tabla N°35) que se registró en la muestra Pre desde la semana 9 hasta la semana 18 del 2022 a presentar un 19.80% de tiempo en minutos del proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica (Ver tabla N°46) que se registró en la muestra Post desde la semana 31 hasta la semana 40 del 2022. La implementación del trabajo estandarizado resultó eficiente, ya que genera un orden en el procedimiento de trabajo en la codificación y descarga de placas en el proceso de procesamiento de placas realizadas en las máquinas KF1606, AMG Grande y AMG Chica.

▪ **Resumen de Resultados**

A continuación, en la Tabla 47 se muestra el resumen de resultados de las tres variables dependientes. (ver Tabla 47)

Tabla 47*Resumen de resultados*

Hipótesis Específica	Variables Independiente	Variables Dependiente	Indicador	Pre-Test	Post-Test	Diferencia	%
Si se implementa la Herramienta SMED, entonces se reducirá el tiempo de preparación de la máquina	Herramienta SMED	Tiempo de preparación de la máquina	% (Tiempo de preparación de la máquina/Tiempo del procesamiento de placas)	19.66%	15.23%	4.43%	22.53%
Si se implementa la metodología 5S, entonces se reducirá el tiempo improductivo de la mano de obra	Metodología 5S	Tiempo improductivo de la mano de obra	% (Tiempo improductivo de la mano de obra/Tiempo del procesamiento de placas)	15.51%	10.01%	5.50%	35.46%
Si se implementa la Estandarización del trabajo, entonces se reducirá el tiempo de codificación y descarga	Estandarización del Trabajo	Tiempo de codificación y descarga	% (Tiempo de codificación y descarga/Tiempo del procesamiento de placas)	24.61%	19.80%	4.82%	19.54%

Nota. Elaboración: Propia

4.2 Análisis de resultados

Generalidades

En esta sección se presentan el método desarrollado y los resultados de las pruebas de normalidad y de las pruebas de hipótesis de esta investigación, donde se expone el detalle de la información levantada de las muestras en situación pre test y en situación post test, para que se pueda comprobar y verificar el contraste de las muestras, a través del análisis de la estadística inferencial planteadas en la investigación para cada una de las hipótesis específicas.

Para todos los resultados de las pruebas se ha utilizado el software estadístico SPSS, versión 29.

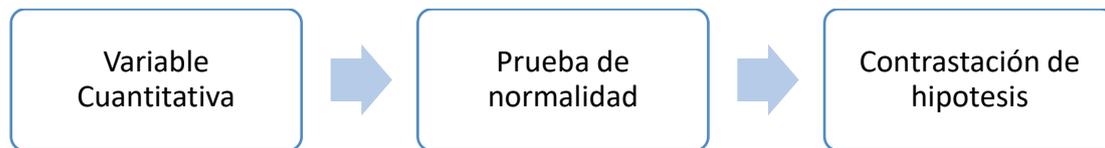
Para el desarrollo de las pruebas en el presente estudio, se determina que las muestras pre test y post test de las 3 hipótesis específicas son muestras relacionadas, ya que los datos obtenidos se tomaron en la misma situación, con las mismas variables que son los operarios, los planos de corte, las especificaciones de las placas y las máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica.

A pesar de que se tuvieron variables intervinientes como la condición de la máquina y volumen de producción, estos no afectaron en la toma de tiempo.

Además, según la Figura 81, primero se identifica que las 3 variables son de tipo cuantitativo y luego junto a la prueba de normalidad se determina el tipo de análisis que se usará. (ver Figura 81)

Figura 81

Secuencia de aplicación de pruebas para variable cuantitativa



Nota. Elaboración Propia

Pruebas de normalidad (para las tres hipótesis)

Para las pruebas de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

H₀: Hipótesis Nula – Los datos de la muestra, **SI** siguen una distribución normal

H₁: Hipótesis Alterna – Los datos de la muestra, **NO** siguen una distribución normal

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor a 5,00% (Sig. > 0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H₀)

Por lo tanto, los datos de la muestra, **SI** siguen una distribución normal.

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor o igual al 5,00% (Sig. =< 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H₁)

Por lo tanto, los datos de la muestra, **NO** siguen una distribución normal.

Contrastación de hipótesis (para las tres hipótesis)

Para la contrastación de hipótesis se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

H₀: Hipótesis Nula – **NO** existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test.

H₁: Hipótesis Alterna – **SI** existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test.

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor a 5,00% (Sig. > 0,05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0), o lo que es lo mismo, se rechaza la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: **NO** se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador.

- Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor o igual al 5,00% (Sig. \leq 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1), o lo que es lo mismo, se acepta la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: **SI** se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador.

- ✓ Primera hipótesis específica (H_1): Si se implementa la Herramienta SMED, entonces se reducirá el tiempo de preparación de la máquina.

Pruebas de normalidad

- **Pre-test: Muestra variable dependiente 01**

En la Tabla 48 se observa que los datos que se analizan son los obtenidos en el periodo (28 de febrero del 2022 hasta 08 de mayo del 2022). (ver Tabla 48)

Tabla 48

Valores Pretest obtenidos – Primera hipótesis

Datos Pretest	19.66	% de tiempo en minutos
SEMANA	% Tiempo de preparación de la máquina (minutos)	
SEMANA 9	19.89%	
SEMANA 10	18.74%	
SEMANA 11	19.97%	
SEMANA 12	20.05%	
SEMANA 13	19.41%	
SEMANA 14	18.96%	
SEMANA 15	19.79%	
SEMANA 16	18.71%	
SEMANA 17	20.59%	
SEMANA 18	20.47%	

Nota. Elaboración propia

Se ingresan los datos Pre test al software estadístico SPSS y se aplica la prueba de normalidad. Al ser una muestra de 10 datos y menor que 50 se elige el nivel de significancia del Test de Shapiro- Wilks.

A continuación, en la Figura 82 se muestra el resultado de las pruebas de normalidad de la primera hipótesis. (ver Figura 82)

Figura 82

Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Primera hipótesis

Pruebas de normalidad						
PreTest01	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	.181	10	.200 [*]	.923	10	.382

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Área de habilitado – Fermar S.A.

Elaboración propia

El resultado obtenido del nivel de significancia (Sig. =0.382), pasa por la regla de decisión que define si nuestra muestra sigue una distribución normal.

Si el nivel de significancia es mayor al 5 % (Sig>0.05), como es en este caso (0.382 > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, los datos de la muestra pre test de la primera variable dependiente, SI sigue una distribución normal.

- **Post-test: Muestra variable dependiente 01**

En la Tabla 49, se muestra que los datos que se analizan son los obtenidos en el período (01 de agosto del 2022 hasta 09 de octubre del 2022). (ver Tabla 49)

Tabla 49

Valores Posttest obtenidos – Primera hipótesis

Datos Posttest	15.23	% de tiempo en minutos
-----------------------	--------------	-------------------------------

SEMANA	% Tiempo de preparación de la máquina (minutos)
SEMANA 31	15.44%
SEMANA 32	14.98%
SEMANA 33	15.17%
SEMANA 34	15.34%
SEMANA 35	15.45%
SEMANA 36	14.89%
SEMANA 37	15.44%
SEMANA 38	15.50%
SEMANA 39	15.29%
SEMANA 40	14.83%

Nota. Elaboración propia

Se ingresan los datos Post test al software estadístico SPSS y se aplica la prueba de normalidad. Al ser una muestra de 10 datos y menor que 50 se elige el nivel de significancia del Test de Shapiro- Wilks.

A continuación, se muestra el resultado de las pruebas de normalidad (ver Figura 83)

Figura 83

Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Primera hipótesis

Pruebas de normalidad							
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Sig.
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
PostTest01	.195	10	.200 [*]	.870	10	.101	

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Área de habilitado – Fermar S.A.

Elaboración propia

El resultado obtenido del nivel de significancia (Sig. =0.101), pasa por la regla de decisión que define si nuestra muestra sigue una distribución normal.

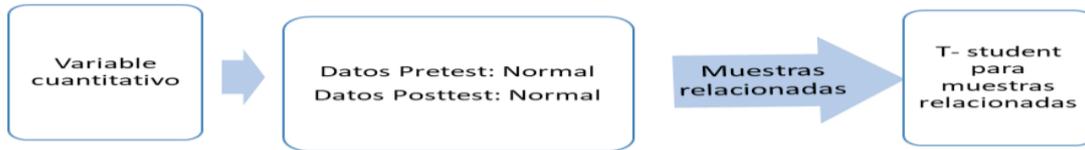
Si el nivel de significancia es mayor al 5 % (Sig>0.05), como es en este caso (0.101 > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, los datos de la muestra pre test de la primera variable dependiente, SI sigue una distribución normal.

Contrastación de hipótesis

Para esta etapa tenemos los resultados de la prueba de normalidad de la variable dependiente 01, donde se obtuvo que las muestras Pre test y Post Test siguen una distribución Normal, por ende, son muestras paramétricas, además estas muestras son relacionadas ya que los datos obtenidos luego de implementar la herramienta SMED son con las mismas variables que son los mismos operarios, el mismo plan de corte, las mismas especificaciones de las placas y de las mismas máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica.

Figura 84

Etapas para la contrastación de hipótesis – Variable 1



Nota. Elaboración propia

En la figura 84 se determina que la prueba de hipótesis a usar es T-student para muestras relacionadas, ya que la variable es cuantitativa y las muestras pretest y posttest pasaron por una prueba de normalidad y ambas resultaron ser paramétricas, además sabemos de antemano que una muestra está relacionada con la otra, debido a que los valores se realizaron con los mismos elementos, que son los operarios, el plan de corte, las especificaciones de las placas y las máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica.

A pesar de que se tuvieron variables intervinientes como la condición de mantenimiento de la máquina y volumen de producción, estos no afectaron en los valores tomados.

Por lo que para contrastar la hipótesis, se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

H₀: Si se implementa la Herramienta SMED, entonces NO se reducirá el tiempo de preparación de la máquina.

H₁: Si se implementa la Herramienta SMED, entonces SI se reducirá el tiempo de preparación de la máquina.

Luego se procede a ingresar los datos Pre test y Post test al software SPSS.

• **Resultados de la contrastación**

Luego de realizar la prueba de hipótesis en el software SPSS, se obtiene el siguiente resultado: (ver figura 85)

Figura 85

Resultado de la prueba de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Primera hipótesis

Prueba de muestras emparejadas										
		Diferencias emparejadas					Significación			
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	P de un factor	P de dos factores
					Inferior	Superior				
Par 1	PreTest01 - PostTest01	.04419	.00722	.00228	.03903	.04935	19.360	9	<.001	<.001

Nota. Área de habilitado – Fermar S.A.

Elaboración propia

El resultado obtenido del nivel de significancia pasa por la regla de decisión que define si nuestra hipótesis es un enunciado razonable, si el nivel de significancia resulta ser un valor menor o igual al 5,00% (Sig. $\leq 0,05$), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1), o lo que es lo mismo, se acepta la hipótesis del investigador.

En este caso el nivel de significancia es sig. $<0.001 <0.05$

Por lo tanto, se acepta la hipótesis (H_1) que concluye que si se implementa la Herramienta SMED, entonces SI se reducirá el tiempo de preparación de la máquina.

- **Estadísticos descriptivos**

Los estadísticos descriptivos se refieren al análisis de los datos de una investigación, resumido en tablas, figuras o gráficos. Entre los estadísticos descriptivos tenemos las medidas de tendencia central donde calculamos la media y la mediana, y también tenemos las medidas de dispersión donde calculamos la varianza, la desviación estándar y el error estándar.

A continuación, se muestra los datos estadísticos descriptivos de la primera variable que fueron resultado de la simulación realizada en el SPSS: (ver figura 86)

Figura 86

Estadísticos descriptivos – Primera hipótesis

			Estadístico	Error estándar
% Tiempo de preparación de la máquina	PreTest01	Media	0.1965	0.00214
		Mediana	0.1984	
		Varianza	0.000	
		Desv. estándar	0.00675	
	PostTest01	Media	0.1523	0.00079
		Mediana	0.1532	
		Varianza	0.000	
		Desv. estándar	0.00251	

Nota. Elaboración propia

En la figura 86 se observa que la media de los datos PreTest es de 19.65%, es decir que el tiempo de preparación de máquina demora 19.65 min por cada 100min del tiempo total y la media del PostTest es de 15.23%. También se observa que la dispersión de los datos PostTest es menor que los datos Pretest.

- ✓ Segunda hipótesis específica (H2): Si se implementa la metodología 5S, entonces se reducirá el tiempo improductivo de la mano de obra.

Pre-test: Muestra variable dependiente 02

Los datos que se analizan son los obtenidos en el período (28 de febrero del 2022 hasta 08 de mayo del 2022). (ver tabla 50)

Tabla 50

Valores Pretest obtenidos – Segunda hipótesis

Datos Pretest	15.51	% de tiempo en minutos
----------------------	--------------	-------------------------------

SEMANA	% Tiempo improductivo de mano de obra (minutos)
SEMANA 9	15.25%
SEMANA 10	14.94%
SEMANA 11	14.79%
SEMANA 12	16.04%
SEMANA 13	16.81%
SEMANA 14	16.10%
SEMANA 15	16.22%
SEMANA 16	15.31%
SEMANA 17	14.90%
SEMANA 18	14.75%

Nota. Elaboración propia

Se ingresan los datos Pre test al software estadístico SPSS y se aplica la prueba de normalidad. Al ser una muestra de 10 datos y menor que 50 se elige el nivel de significancia del Test de Shapiro- Wilks.

A continuación, se muestra el resultado de las pruebas de normalidad (ver figura 87)

Figura 87

Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Segunda hipótesis

Pruebas de normalidad							
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Sig.
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
PreTest02	.209	10	.200 [*]	.887	10	.157	

* . Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Área de habilitado – Fermar S.A.

Elaboración propia

El resultado obtenido del nivel de significancia (Sig. =0.157), pasa por la regla de decisión que define si nuestra muestra sigue una distribución normal.

Si el nivel de significancia es mayor al 5 % (Sig.>0.05), como es en este caso (0.157>0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, los datos de la muestra pre test de la primera variable dependiente, SI sigue una distribución normal.

- **Post-test: Muestra variable dependiente 02**

Los datos que se analizan son los obtenidos en el período (01 de agosto del 2022 hasta 09 de octubre del 2022). (ver tabla 51)

Tabla 51

Valores Posttest obtenidos – Segunda hipótesis

Datos Posttest	10.01	% de tiempo en minutos
SEMANA	% Tiempo improductivo de mano de obra (minutos)	
SEMANA 31	9.06%	
SEMANA 32	10.18%	
SEMANA 33	9.83%	
SEMANA 34	10.26%	
SEMANA 35	10.47%	
SEMANA 36	10.54%	
SEMANA 37	9.54%	
SEMANA 38	9.98%	
SEMANA 39	9.73%	
SEMANA 40	10.50%	

Nota. Elaboración propia

Se ingresan los datos Post test al software estadístico SPSS y se aplica la prueba de normalidad. Al ser una muestra de 10 datos y menor que 50 se elige el nivel de significancia del Test de Shapiro- Wilks.

A continuación, se muestra el resultado de las pruebas de normalidad (ver figura 88)

Figura 88

Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Segunda hipótesis

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PostTest02	.140	10	.200*	.931	10	.455

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Área de habilitado – Fermar S.A.

Elaboración propia

El resultado obtenido del nivel de significancia (Sig. =0.455), pasa por la regla de decisión que define si nuestra muestra sigue una distribución normal.

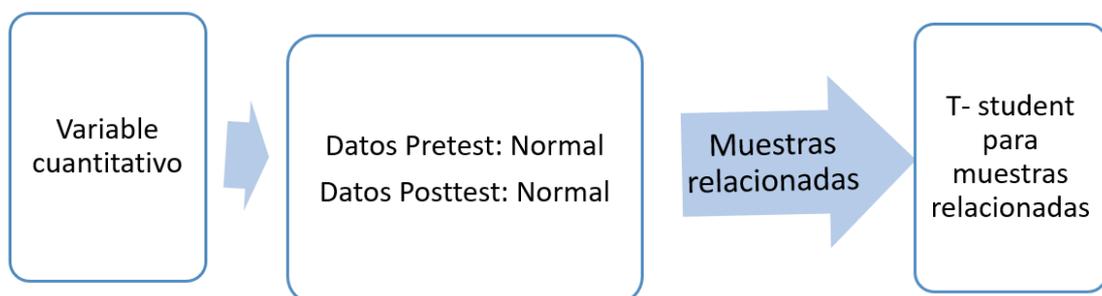
Si el nivel de significancia es mayor al 5 % (Sig>0.05), como es en este caso (0.455 > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, los datos de la muestra pre test de la segunda variable dependiente, SI sigue una distribución normal.

Contrastación de hipótesis

Para esta etapa tenemos los resultados de la prueba de normalidad de la variable dependiente 02, donde se obtuvo que las muestras Pre Test y Post Test siguen una distribución Normal, por ende, son muestras paramétricas, además estas muestras son relacionadas ya que los datos obtenidos tras implementar la metodología 5S son con las mismas variables que son los mismos operarios, el mismo plan de corte, las mismas especificaciones de las placas y de las mismas máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica.

Figura 89

Etapas para la contrastación de hipótesis – Variable 2



Nota. Elaboración propia

En la figura 89 se determina que la prueba de hipótesis a usar es T-student para muestras relacionadas, ya que la variable es cuantitativa y las muestras pretest y posttest pasaron por una prueba de normalidad y ambas resultaron ser paramétricas, además sabemos de antemano que una muestra está relacionada con la otra, debido a que los valores se realizaron con los mismos elementos que son los operarios, el plan de corte, las especificaciones de las placas y las máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica. A pesar de que se tuvieron variables intervinientes como la condición de mantenimiento de la máquina y volumen de producción, estos no afectaron en los valores tomados.

Por lo que, para contrastar la hipótesis, se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

H₀: Si se implementa la metodología 5S, entonces NO se reducirá el tiempo improductivo de la mano de obra.

H₁: Si se implementa la metodología 5S, entonces SI se reducirá el tiempo improductivo de la mano de obra.

Luego se procede a ingresar los datos Pre test y Post test al software SPSS.

Resultados de la contrastación

Luego de realizar la prueba de hipótesis en el software SPSS, se obtiene el siguiente resultado: (ver figura 90)

Figura 90

Resultado de la prueba de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Segunda hipótesis

Prueba de muestras emparejadas										
Par 1	PreTest02 - PostTest02	Media	Desv. estándar	Diferencias emparejadas			t	gl	Significación	
				Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				P de un factor	P de dos factores
					Inferior	Superior				
		.05502	.00760	.00240	.04958	.06046	22.899	9	<.001	<.001

Nota. Área de habilitado – Fermar S.A.

Elaboración propia

El resultado obtenido del nivel de significancia pasa por la regla de decisión que define si nuestra hipótesis es un enunciado razonable, si el nivel de significancia resulta ser un valor menor o igual al 5,00% (Sig. =< 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H₁), o lo que es lo mismo, se acepta la hipótesis del investigador.

En este caso el nivel de significancia es sig.<0.001 <0.05

Por lo tanto, se acepta la hipótesis (**H₁**) que concluye que, Si se implementa la metodología 5S, entonces SI se reducirá el tiempo improductivo de la mano de obra.

- **Estadísticos descriptivos**

Los estadísticos descriptivos se refieren al análisis de los datos de una investigación, resumido en tablas, figuras o gráficos. Entre los estadísticos descriptivos tenemos las medidas de tendencia central donde calculamos la media y la mediana, y también tenemos las medidas de dispersión donde calculamos la varianza, la desviación estándar y el error estándar.

A continuación, se muestra los datos estadísticos descriptivos de la segunda variable que fueron resultado de la simulación realizada en el SPSS: (ver figura 91)

Figura 91

Estadísticos descriptivos – Segunda hipótesis

			Estadístico	Error estándar
% Tiempo improductivo de mano de obra	PreTest02	Media	0.1551	0.00229
		Mediana	0.1528	
		Varianza	0.000	
		Desv. estándar	0.00724	
	PostTest02	Media	0.1001	0.00151
		Mediana	0.1008	
		Varianza	0.000	
		Desv. estándar	0.00478	

Nota. Elaboración propia

En la figura 91 se observa que la media de los datos PreTest es de 15.51%, es decir que el tiempo improductivo de mano de obra es de 15.51 min por cada 100min del tiempo total de procesamiento de placas y la media del PostTest es de 10.01%, esta diferencia es significativa ya que pasó por la prueba T de student.

También se observa que la dispersión de los datos PostTest es menor que los datos Pretest.

- ✓ Tercera hipótesis específica (H3): Si se implementa la Estandarización del Trabajo, entonces se reducirá el tiempo de codificación y descarga.

Pre-test: Muestra variable dependiente 03

Los datos que se analizan son los obtenidos en el período (28 de febrero del 2022 hasta 08 de mayo del 2022). (ver tabla 52)

Tabla 52

Valores Pretest obtenidos – Tercera hipótesis

Datos Pretest	24.61	% de tiempo en minutos
SEMANA	% Tiempo codificación y descarga (minutos)	
SEMANA 9	24.99%	
SEMANA 10	24.37%	
SEMANA 11	24.80%	
SEMANA 12	25.09%	
SEMANA 13	24.71%	
SEMANA 14	24.66%	
SEMANA 15	25.11%	
SEMANA 16	25.51%	
SEMANA 17	23.91%	
SEMANA 18	22.99%	

Nota. Elaboración propia

Se ingresan los datos Pre test al software estadístico SPSS y se aplica la prueba de normalidad. Al ser una muestra de 10 datos y menor que 50 se elige el nivel de significancia del Test de Shapiro- Wilks.

A continuación, se muestra el resultado de las pruebas de normalidad (ver figura 92)

Figura 92

Resultado de la prueba de normalidad Pre Test - Tercera hipótesis

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PreTest03	.225	10	.161	.893	10	.184

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Área de habilitado – Fermar S.A.

Elaboración propia

El resultado obtenido del nivel de significancia (Sig. =0.184), pasa por la regla de decisión que define si nuestra muestra sigue una distribución normal.

Si el nivel de significancia es mayor al 5 % (Sig.>0.05), como es en este caso (0.184>0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, los datos de la muestra pre test de la tercera variable dependiente, SI sigue una distribución normal.

- **Post-test: Muestra variable dependiente 03**

Los datos que se analizan son los obtenidos en el período (01 de agosto del 2022 hasta 09 de octubre del 2022). (ver tabla 53)

Tabla 53

Valores Posttest obtenidos – Tercera hipótesis

Datos Posttest	19.80	% de tiempo en minutos
SEMANA	%Tiempo de codificación y descarga (minutos)	
SEMANA 31	20.23%	
SEMANA 32	19.73%	
SEMANA 33	20.16%	
SEMANA 34	20.42%	
SEMANA 35	20.20%	
SEMANA 36	18.97%	
SEMANA 37	19.71%	
SEMANA 38	19.49%	
SEMANA 39	19.18%	
SEMANA 40	19.90%	

Nota. Elaboración propia

Se ingresan los datos Post test al software estadístico SPSS y se aplica la prueba de normalidad. Al ser una muestra de 10 datos y menor que 50 se elige el nivel de significancia del Test de Shapiro- Wilks.

A continuación, se muestra el resultado de las pruebas de normalidad (ver figura 93)

Figura 93

Resultado de la prueba de normalidad Post Test - Tercera hipótesis

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PostTest03	.175	10	.200 [*]	.944	10	.598

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Área de habilitado – Fermar S.A.

Elaboración propia

El resultado obtenido del nivel de significancia (Sig. =0.598), pasa por la regla de decisión que define si nuestra muestra sigue una distribución normal.

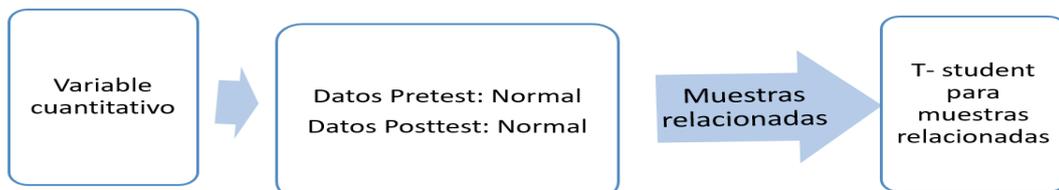
Si el nivel de significancia es mayor al 5 % (Sig.>0.05), como es en este caso (0.598 > 0.05), entonces, se acepta la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, los datos de la muestra pre test de la tercera variable dependiente, SI sigue una distribución normal.

Contrastación de hipótesis

Para esta etapa tenemos los resultados de la prueba de normalidad de la variable dependiente 03, donde se obtuvo que las muestras Pre Test y Post Test siguen una distribución Normal, por ende, son muestras paramétricas, además estas muestras son relacionadas ya que los datos obtenidos tras aplicar la estandarización del trabajo son con las mismas variables que son los mismos operarios, el mismo plan de corte, las mismas especificaciones de las placas y de las mismas máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica.

Figura 94

Etapas para la contrastación de hipótesis – Variable 3



Nota. Elaboración propia

En la figura 94 se determina que la prueba de hipótesis a usar es T-student para muestras relacionadas, ya que la variable es cuantitativa y las muestras pretest y posttest pasaron por una prueba de normalidad y ambas resultaron ser paramétricas, además sabemos de antemano que una muestra está relacionada con la otra, debido a que los valores se realizaron con los mismos elementos que son los operarios, el plan de corte, las especificaciones de las placas y las máquinas KF-1606, AMG Grande y AMG Chica. A pesar de que se tuvieron variables intervinientes como la condición de mantenimiento de la máquina y volumen de producción, estos no afectaron en los valores tomados.

Por lo que, para contrastar la hipótesis, se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

H₀: Si se implementa la Estandarización del Trabajo, entonces NO se reducirá el tiempo de codificación y descarga.

H₁: Si se implementa la Estandarización del Trabajo, entonces SI se reducirá el tiempo de codificación y descarga.

Luego se procede a ingresar los datos Pre test y Post test al software SPSS.

- **Resultados de la contrastación**

Luego de realizar la prueba de hipótesis en el software SPSS, se obtiene el siguiente resultado: (ver figura 95)

Figura 95

Resultado de la prueba de muestras emparejadas Pre Test y Post Test - Tercera hipótesis

Prueba de muestras emparejadas										
		Diferencias emparejadas					Significación			
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	P de un factor	P de dos factores
Par 1	PreTest03 - PostTest03	.04815	.00797	.00252	Inferior .04245	Superior .05385	19.098	9	<.001	<.001

Nota. Área de habilitado – Fermar S.A.

Elaboración propia

El resultado obtenido del nivel de significancia pasa por la regla de decisión que define si nuestra hipótesis es un enunciado razonable, si el nivel de significancia resulta ser un valor menor o igual al 5,00% (Sig. =< 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H₁), o lo que es lo mismo, se acepta la hipótesis del investigador.

En este caso el nivel de significancia es sig.<0.001 <0.05

Por lo tanto, se acepta la hipótesis (**H₁**) que concluye que, si se implementa la Estandarización del Trabajo, entonces SI se reducirá el tiempo de codificación y descarga.

- **Estadísticos descriptivos**

Los estadísticos descriptivos se refieren al análisis de los datos de una investigación, resumido en tablas, figuras o gráficos. Entre los estadísticos descriptivos tenemos las medidas de tendencia central donde calculamos la media y la mediana, y también tenemos las medidas de dispersión donde calculamos la varianza, la desviación estándar y el error estándar.

A continuación, se muestra los datos estadísticos descriptivos de la tercera variable que fueron resultado de la simulación realizada en el SPSS: (ver figura 96)

Figura 96

Estadísticos descriptivos – Tercera hipótesis

			Estadístico	Error estándar
% Tiempo de Codificación y Descarga	PreTest03	Media	0.2461	0.00227
		Mediana	0.2476	
		Varianza	0.000	
		Desv. estándar	0.00719	
	PostTest03	Media	0.1980	0.00151
		Mediana	0.1982	
		Varianza	0.000	
		Desv. estándar	0.00477	

Nota. Elaboración propia

En la figura 96 se observa que la media de los datos PreTest es de 24.61%, es decir que el tiempo para codificar y descargar las placas demora 24.61 min por cada 100min del tiempo total y la media del PostTest es de 19.80%. Esta diferencia es significativa ta que pasó por la prueba T de student .

También se observa que la dispersión de los datos PostTest es menor que los datos Pretest

CONCLUSIONES

1. El resultado de la aplicación de la herramienta SMED redujo el tiempo de preparación de la máquina de 19.66% a 15.23%, con una variación del 4.43%, lo que representa un 22.53% de reducción, esto se debe a que se capacitó al operario y a su ayudante para que puedan realizar la búsqueda de material, el traslado de la plancha de acero y la calibración de la plancha mientras la máquina está encendida.
2. Mediante la aplicación de la herramienta SMED, se implementó mesas de trabajo cerca de la máquina con las herramientas y consumibles que usarán, y así reducir el tiempo en el desplazamiento y en los retrasos por falta de herramientas y consumibles.
3. El resultado de la aplicación de la metodología 5S redujo el tiempo improductivo de la mano de obra de 15.51% a 10.01%, con una variación del 5.50%, lo que representa un 35.46% de reducción, esta reducción se validó a través de la prueba de hipótesis.
4. Mediante la implementación de la metodología 5S, se rotularon las herramientas y consumibles, se reubicaron los objetos innecesarios y las zonas del área de habilitado están más ordenadas, reduciendo el tiempo de búsqueda de material, el tiempo de desplazamiento y también se redujo las veces de revisar la medida.
5. El resultado de la aplicación de la Estandarización del Trabajo redujo el tiempo de codificación y descarga de 24.61% a 19.80%, con una variación del 4.82%, lo que representa un 19.54% de reducción, la reducción se validó a través de la prueba de hipótesis.
6. Mediante la aplicación de la estandarización de trabajo, se capacitó a los operarios con nuevos métodos para operar la máquina y para desarrollar de manera eficiente sus actividades.
7. La metodología Lean Manufacturing redujo el tiempo de procesamiento de placas, ya que mediante las herramientas SMED, la metodología 5S y la estandarización de trabajo, se logró eliminar las actividades innecesarias y reducir los tiempos improductivos, en la preparación de la máquina, en la mano de obra y en la codificación y descarga de las placas.

RECOMENDACIONES

1. A fin de que se mantenga la reducción del tiempo de procesamiento de placas, se recomienda capacitar en la metodología de trabajo según la planificación semanal por parte del supervisor del área de habilitado y evaluar semanalmente a cada operario y ayudante de cada máquina, ya que se evitará retrasos en la producción de las placas por actividades innecesarias.
2. A fin de continuar con las mejoras realizadas para reducir el tiempo, se recomienda evaluar las sugerencias que tienen el personal del área ya que los motivará a sentirse comprometidos con su trabajo y además son la clave del éxito para mantener la metodología 5S.
3. Se recomienda al supervisor del área de habilitado programar anualmente al menos un día para la realización de la limpieza general en el área de habilitado y charlas de capacitación sobre los métodos del trabajo estandarizado.
4. Se recomienda al operario de cada máquina mantener el orden y la ubicación de sus herramientas de trabajo, para así mantener la reducción de los tiempos improductivos como es la búsqueda de material o también los desplazamientos innecesarios.
5. Se recomienda al operario que mientras realizan la limpieza semanalmente de su zona de trabajo, realicen inspecciones del funcionamiento de la máquina y del correcto estado de las herramientas y de los consumibles.
6. Para mantener la reducción del 19.54% del tiempo de codificación y descarga, se recomienda al personal usar el nuevo método de trabajo estandarizado, donde se realizan algunas actividades para la codificación y descarga durante el corte de máquina.

REFERENCIAS

- Arroyo, N. (2018). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú]. Repositorio de tesis digitales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/9778>
- Buer, S., Strandhagen J. & Chan F. (2018) The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*. 56(8). 2924-2940. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
- Buzón, J. (2019). *Lean Manufacturing*. Editorial Elearning, S.L.
- Castillo, O. A. (2005). *Estudio de tiempos y movimientos en el proceso de producción de una industria manufacturera de ropa* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala-Guatemala].
- Chase, R., Aquilano, N. & Jacobs, F. (2009). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. McGraw-Hill.
- Chun, J. & Villegas, C. (2021). *Implementación de la metodología 5S para mejorar el proceso productivo de una empresa metalmecánica Huaura, Lima 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú]. Repositorio institucional de la Universidad Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4884>
- CIFE (2016). Metodología del registro documental para la búsqueda y organización de la investigación científica. *CIFE* (1ra. Ed.). México
- Cirjaliu, B. & Draghici, A. (2016). Ergonomic Issues in Lean Manufacturing. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 221(2). 105-110. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.095>
- Desai, M. & Rawani, A.M. (2017). Productivity improvement of shaping division of an automobile industry by using single minute exchange of die (SMED) methodology. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*. 12(8). 2615-2629.
- Duchi, R. & Tacuri, V. (2021). *Diseño de un plan de mejora del desempeño de los procesos de producción en la empresa TABLICON S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Guayaquil - Ecuador].

- Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21991>
- EQUUS GESPRO. (11 de junio de 2023). *Plasma*. <https://www.equus.es/corte-de-plasma>
- Espin, F. (2013). Técnica SMED. Reducción del tiempo preparación. *3 ciencias*. 5. 20-29. <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf>
- García, J. (2020). *El tiempo y las operaciones. Nota Técnica*. RIUNET Repositorio UPV. <http://hdl.handle.net/10251/150795>
- Hernández, J., & Vizan, A. (2013). *Lean Manufacturing: Concepto, técnicas e implantación*. EOI Escuela de Organización Industrial. <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/78202/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, I. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mcgraw-hill/interamericana editores, s.A. De c.V.
- Kaneku, J. & Martinez, J. (2020). *Propuesta de mejora para reducir el índice de mudas en una empresa metalmecánica mediante el uso de herramientas lean Manufacturing* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú]. Repositorio Académico UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654963>
- Lean Enterprise Institute. (11 de junio de 2023). *Standardized Work*. <https://www.lean.org/lexicon-terms/standardized-work/>
- Madariaga, F. (2013). *Lean Manufacturing exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Bubok Publishing S.L.
- Prado, J. (16 de mayo de 2022). Sector manufactura crece 4,7%, según el Ministerio de la Producción. *La República*. <https://larepublica.pe/economia/2022/05/16/sector-manufactura-crece-47-segun-el-ministerio-de-la-produccion>
- Qustom CNC. (11 de junio de 2023). *Cortador de plasma Qustom CNC PL1-3000*. <https://qustomcnc.com/routers/mexico/maquinas-corte-plasma/cortador-de-plasma-qustom-cnc-pl1-3000/>
- Rajadell, M., & Sanchez, J. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Ediciones Díaz Santos.
- Rajadell, M. (2021). *Lean Manufacturing. Herramientas para producir mejor*. Ediciones Díaz de Santos S.A. ProQuest Ebook Central.

- <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliourp-ebooks/detail.action?docID=7098400>.
- Ribeiro, R.B., Souza, J.D., Beluco, A., Biehl, L.V., Braz Medeiros, J.L., Sporket, F., Rossini, E.G., & Amaral, F.A. (2019). Application of the single-minute exchange of die system to the CNC sector of a shoe mold company. *Cogent Engineering*, 6, 1. <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1606376>
- Rodriguez, C., Breña, J. & Esenarro D. (2021). *Las variables en la metodología de la investigación científica*. 3Ciencias
- Rodríguez, J. (2010). *Manual Estrategia de las 5S Gestión para la mejora continua*. Editorial Agencia de Cooperación Internacional del Japón.
- Salonitis, K. & Tsinopoulos, C. (2016). Drivers and Barriers of Lean Implementation in the Greek Manufacturing Sector. *Procedia CIRP*. 57. 189-194. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.033>
- Sector manufactura crece 4,7%, según el Ministerio de la Producción. (16 de mayo de 2022). *La República*. Recuperado de: <https://larepublica.pe/economia/2022/05/16/sector-manufactura-crece-47-segun-el-ministerio-de-la-produccion>
- Shook, J. (27 de octubre de 2009). *Five Missing Pieces in Your Standardized Work (Part 3 of 3)*. Lean Enterprise Institute. <https://www.lean.org/the-lean-post/articles/five-missing-pieces-in-your-standardized-work-part-3-of-3/>
- Sintaxis, I. (2022). *Propuesta de mejora de la productividad en la confección de pantalones para mujer aplicando herramientas Lean Manufacturing* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Quito-Ecuador]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23877>
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing paso a paso*. Marge Books. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/eccisp/detail.action?docID=5885237>.
- Socconini, L., & Barrantes, M. (2020). *EL proceso de las 5's en acción*. Marge Books. <https://bibliotecadigital.margebooks.com/library/publication/el-proceso-de-las-5s-en-accion>
- Sortino, R. A. (2001). Radiación y distribución de planta (Layout) como gestión empresarial. *Invenio*, 4(6). 125-139. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87740609>

- Sunol, H. (11 de junio de 2023). *Lean Warehousing Management and Why You Need It*. Cyzerg Warehouse Technology. <https://articles.cyzerg.com/lean-warehouse-management-and-why-you-need-it>
- Tójar, J. (1994). Calidad de los registros de Observación en Investigación Educativa. *Bordón*. 46(1). 99-110
- Trattner, A. L., Hvam, L., & Haug, A. (2020). Why slow down? Factors affecting speed loss in process manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 106, 2021-2034. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04559-4>
- Upadhye, N. & Deshmukh, S. & Garg, S. (2016). Lean manufacturing system implementation barriers: an interpretive structural modelling approach. *International Journal of Lean Enterprise Research*. 2(1). 46-65. <https://doi.org/10.1504/IJLER.2016.078232>
- Ustate, E. (2007). *Estudio de métodos y tiempos en la planta de producción de la empresa Metales y Derivados S. A.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá-Colombia].
- Verduzco-Garza, T. (2013). Incremento de la capacidad de una línea de ensamble aplicando una Metodología de Trabajo Estandarizado (Presentation). IIE Annual Conference. Proceedings, ,1. <http://aulavirtual.urp.edu.pe/bdacademicas/scholarly-journals/incremento-de-la-capacidad-una-línea-ensamble/docview/1471958436/se-2>
- Villaseñor Contreras, A. (2007). *Manual de Lean Manufacturing, Guía Básica*. Editorial LIMUSA S.A. de C.V.
- Wani, M. & Pant, R. (2017) Implementation of Single Minute Exchange of Die in Motor Manufacturing Unit, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 4(11). 1300-1310. <https://www.irjet.net/archives/V4/i11/IRJET-V4I11235.pdf>

ANEXOS

Anexo A: Matriz de Consistencia

En la Tabla 54 se muestra la matriz de consistencia que será utilizada en la presente investigación

Tabla 54

Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Indicador VI	Variable Dependiente	Indicador VD
¿Cómo mejorar el tiempo de procesamiento de placas en una empresa de estructuras metálicas?	Implementar la metodología Lean Manufacturing para mejorar el tiempo de procesamiento de placas en una empresa de estructuras metálicas	Si se implementa la metodología Lean Manufacturing entonces se mejorará el tiempo de procesamiento de placas en una empresa de estructuras metálicas	Lean Manufacturing	Si/No	Tiempo de Procesamiento de Placas	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas				
¿Cómo reducir el tiempo de preparación de la máquina?	Implementar la Herramienta SMED para reducir el tiempo de preparación de máquina	Si se implementa la Herramienta SMED, entonces se reducirá el tiempo de preparación de la máquina	Herramienta SMED	Si/No	Tiempo de preparación de la máquina	% (Tiempo de preparación de la máquina/Tiempo de procesamiento de placas)
¿Cómo reducir el tiempo improductivo de la mano de obra?	Implementar la Metodología 5S para reducir el tiempo improductivo de la mano de obra	Si se implementa la metodología 5S, entonces se reducirá el tiempo improductivo de la mano de obra	Metodología 5s	Si/No	Tiempo improductivo de la mano de obra	% (Tiempo improductivo de la mano de obra/Tiempo del procesamiento de placas)
¿Cómo reducir el tiempo de codificación y descarga?	Implementar la Estandarización del Trabajo para reducir el tiempo de codificación y descarga	Si se implementa la Estandarización del Trabajo, entonces se reducirá el tiempo de codificación y descarga	Estandarización del Trabajo	Si/No	Tiempo de codificación y descarga	% (Tiempo de codificación y descarga/Tiempo de procesamiento de placas)

Nota. Elaboración propia

Anexo B: Matriz de Operacionalización

En la Tabla 55 se muestra la matriz de operacionalización que será utilizada en el presente estudio

Tabla 55

Matriz de operacionalización

Variable Independiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Herramienta SMED	Si/No	SMED es el acrónimo de las palabras " <i>Single -Minute Exchange of Dies</i> ", que significa que los cambios de formato o herramienta necesarios para pasar de un lote al siguiente, se pueden llevar a cabo en un tiempo inferior a 10 minutos. (Espin, 2013)	Para la implementación de la herramienta SMED Se separan las actividades internas y externas de la preparación de la máquina, se convierten las actividades internas en externas, y se reduce el tiempo de las actividades externas
Metodología 5S	Si/No	Es un método integral que sistematiza, limpia, organiza y estandariza el almacén. (Sunol,2023)	Clasificación, ordenar, limpieza, estandarizar, mantener
Estandarización del Trabajo	Si/No	El trabajo estandarizado hace referencia al conjunto de procedimientos que definen el mejor método posible de trabajar para que todos los operarios desarrollen de la misma manera los distintos procesos de fabricación y ensamble, lo cual facilita el éxito para la obtención de altos niveles de productividad, calidad y seguridad. (Rajadell,2010)	Conjunto de prácticas que pueden contribuir para que una organización mejore lo que actualmente realiza.
Variable Dependiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Tiempo de preparación de la máquina	% (Tiempo de preparación de la máquina/Tiempo del procesamiento de placas)	Se denomina tiempo de setup, tiempo de preparación, tiempo de cambio, al tiempo que se dedica a preparar la máquina para que comience el siguiente lote productivo. Al comenzar el lote puede haber un periodo en el que, aunque ya se está produciendo producto, está sujeto a controles de calidad o a ritmos de producción aún no estables. (García-Sabater, Jose P.,2020)	Cantidad porcentual del tiempo de preparación dentro del tiempo de procesamiento de placas
Tiempo improductivo de la mano de obra	% (Tiempo improductivo de la mano de obra/Tiempo del procesamiento de placas)	Es el tiempo en el cual, el hombre permanece inactivo por factores que pueden ser solucionados	Cantidad porcentual del tiempo improductivo de la mano de obra dentro del tiempo de procesamiento de placas
Tiempo de codificación y descarga	% (Tiempo de codificación y descarga/Tiempo del procesamiento de placas)	Es el tiempo que se realiza desde que se registra un código en el producto realizado hasta la descarga en el siguiente proceso. (Definición propia)	Cantidad porcentual del tiempo de codificación y descarga dentro del tiempo de procesamiento de placas

Nota. Elaboración propia

Anexo C: Permiso de la empresa



SUMINISTROS FERMAR S.A.C.

Villa El Salvador, 02 de febrero del 2022

Universidad Ricardo Palma
33, Av. Alfredo Benavides 5440,
Santiago de Surco 15039

De nuestra consideración,

Estimado,

Por la presente, autorizamos al señor bachiller Rivera Vicente Harold y a su compañera de tesis la señorita Saravia Hinojosa Ingrid, a fin que puedan utilizar los datos, figuras o fotografías de la empresa para la elaboración de su tesis.

Atentamente,


SUMINISTROS FERMAR S.A.C.
JAVIER ACUÑA CUELLAR
JEFE DE RR.HH.