

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**HERRAMIENTAS LEAN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD  
DE LA FABRICACIÓN DE LA LÍNEA DE PANELES METÁLICOS  
EN INDUSTRIAS FABIOLA S.A.**

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERA INDUSTRIAL**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. HUAMANCHUMO GASPAR, MIRYAM MATILDE**

**Bach. PALOMINO PUMA, ANGEL**

**ASESOR: Mg. RODRÍGUEZ VÁSQUEZ, MIGUEL ALBERTO**

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios, a mis padres y a mis hermanos quienes me han brindado consejos y su apoyo incondicional a lo largo de esta etapa de mi vida. A ellos dedico este logro que son fuente de inspiración y energía en mi vida.

Miryam Matilde Huamanchumo Gaspar

Dedico esta tesis a mis padres y a mis hermanos, por darme la fuerza y disciplina para seguir adelante. Gracias a mi familia por acompañarme en esta etapa, a ellos les dedico este logro en muestra de lo mucho que los quiero.

Angel Palomino Puma

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro sincero agradecimiento a nuestros profesores quienes nos han forjado como unos profesionales en esta etapa universitaria, tanto dentro como fuera de las aulas de clase, gracias por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera y al equipo de Profesionales de Industrias Fabiola S.A. quienes nos brindaron su apoyo para el desarrollo de esta tesis.

Miryam Huamanchumo y Angel Palomino

## ÍNDICE

RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos .....	2
1.2 Objetivo general y específicos .....	4
1.3 Delimitación de la investigación: espacial, temporal y temática.....	5
1.4 Importancia y justificación .....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1 Marco histórico .....	8
2.2 Antecedentes del estudio de investigación .....	10
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio .....	17
2.4 Definición de términos básicos.....	35
2.5 Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis (figuras, mapas conceptuales) ...	37
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....	38
3.1 Hipótesis .....	38
3.1.1 Hipótesis principal.....	38
3.1.2 Hipótesis secundarias .....	38
3.2 Variables .....	38
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	40
4.1 Enfoque, tipo y nivel.....	40
4.2 Diseño de investigación .....	41
4.3 Población y muestra.....	41
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	44
4.4.1 Técnicas e instrumentos .....	44
4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	45
4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos.....	45
4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	46
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	47
5.1 Presentación de Resultados.....	47
5.2 Análisis de resultados .....	85
CONCLUSIONES .....	100
RECOMENDACIONES.....	101

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	102
ANEXOS .....	107
Anexo 01: Matriz de Consistencia.....	107
Anexo 02: Matriz de Operacionalización .....	108
Anexo 03: Declaración de autenticidad .....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población y muestra.....	43
Tabla 2: Técnicas e instrumentos.....	45
Tabla 3: Matriz de análisis de datos.....	46
Tabla 4: Muestra Pre-Test de reprocesos de Mayo y Junio del 2021.....	53
Tabla 5: Los 7 desperdicios de la empresa.....	56
Tabla 6: Muestra Post-Test de reprocesos de Julio y Agosto del 2021.....	65
Tabla 7: Muestra Pre-Test de Tiempo de Espera de Mayo y Junio del 2021.....	66
Tabla 8: Muestra Post-Test de Tiempo de Espera de Julio y Agosto del 2021.....	74
Tabla 9: Muestra Pre-Test de Errores por Manipulación de Mayo y Junio del 2021.....	76
Tabla 10: Muestra Post-Test de Errores por Manipulación de Julio y Agosto del 2021.....	83
Tabla 11: Resumen de Resultado.....	85
Tabla 12: Muestra Pre-Test y Post-Test de Cantidad de Reprocesos en la etapa de fabricación de paneles metálicos.....	86
Tabla 13: Resumen de procesamiento de datos – cantidad de reprocesos en la etapa de fabricación de paneles metálicos, muestras Pre-Test y Post-Test.....	86
Tabla 14: Estadísticas de grupo – Muestras pre y Post-Test.....	87
Tabla 15: Prueba de Normalidad para la cantidad de reprocesos en la etapa de fabricación de paneles metálicos de las muestras Pre-Test y Post-Test .....	87
Tabla 16: Prueba de Levene para la Cantidad de Reprocesos.....	88
Tabla 17: Estadísticas de Grupo de la Cantidad de Reprocesos.....	89
Tabla 18: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de la Cantidad de Reprocesos.....	89
Tabla 19: Muestra Pre-Test y Post-Test de tiempos de espera en la etapa de fabricación de paneles metálicos.....	90
Tabla 20: Resumen de procesamiento de datos – tiempos de espera en la etapa de fabricación de paneles metálicos, muestras Pre-Test y Post-Test.....	91
Tabla 21: Estadísticas de grupo – Muestras pre y Post-Test.....	91
Tabla 22: Prueba de Normalidad para los tiempos de espera en la etapa en la fabricación de paneles metálicos de las muestras Pre-Test y Post-Test.....	92
Tabla 23: Prueba de Levene de los Tiempos de Espera.....	93
Tabla 24: Estadísticas de Grupo de los Tiempos de Espera.....	93

Tabla 25: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de los Tiempos de Espera.....	94
Tabla 26: Muestra Pre-Test y Post-Test de la cantidad de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora en la etapa de fabricación de paneles metálicos.....	95
Tabla 27: Resumen de procesamiento de datos – cantidad de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora en la etapa de fabricación de paneles metálicos, muestras Pre-Test y Post-Test.....	95
Tabla 28: Estadísticas de grupo – Muestras pre y Post-Test.....	96
Tabla 29: Prueba de Normalidad para la cantidad de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora en la etapa en la fabricación de paneles metálicos de las muestras Pre-Test y Post-Test.....	96
Tabla 30: Prueba de Levene de la Cantidad de Errores.....	97
Tabla 31: Estadísticas de Grupo de la Cantidad de Errores.....	98
Tabla 32: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de la Cantidad de Errores.....	98
Tabla 33: Resumen de resultados.....	99
Tabla 34: Matriz de Consistencia.....	107
Tabla 35: Matriz de Operacionalización.....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Volumen de producción mensual de paneles metálicos.....	3
Figura 2: Adaptación actualizada de la casa Toyota.....	18
Figura 3: Lean Manufacturing.....	20
Figura 4: Lean Manufacturing.....	21
Figura 5: Esquema de Herramientas Kanban.....	23
Figura 6: Tipos de Kanban.....	25
Figura 7: Value Stream Mapping.....	30
Figura 8: Estudio del Trabajo .....	32
Figura 9: Hoja Estandarizada de Trabajo.....	33
Figura 10: Mapa Conceptual de los Fundamentos Teóricos que sustentan la hipótesis.....	37
Figura 11: Panel metálico.....	47
Figura 12. Puntales metálicos.....	47
Figura 13. Riel alineador.....	48
Figura 14. Juego de Cuña de panel.....	48
Figura 15. Organigrama de la empresa metalmecánica INFASA.....	48
Figura 16. Panel Metálico de 600 x 2400 mm.....	50
Figura 17. Lista de materiales de la fabricación de paneles metálicos 2400x600mm...	50
Figura 18. Diagrama de Operaciones del Proceso de fabricación de un panel metálico.....	51
Figura 19. Diagrama Causa-Efecto de baja productividad en la fabricación de paneles metálicos.....	52
Figura 20. Sistema de Encofrado de columna Infasa con paneles metálicos de 60 x 240cm.....	53
Figura 21. Reprocesos Pre-Test en la etapa de Habilitado de la Fabricación de Paneles Metálicos.....	54
Figura 22. Proceso de aplicación de estandarización de trabajo.....	54
Figura 23. Lista de desperdicios del proceso de fabricación de la línea de paneles metálicos de INFASA.....	55
Figura 24. VSM actual de la empresa INFASA.....	56



Figura 25. Tiempos de Ciclo de las actividades de fabricación de Paneles Metálicos...	57
Figura 26. Hoja de Capacidad de Proceso Actual de la línea de fabricación de paneles metálicos.....	58
Figura 27. Hoja de Combinación de Trabajo Estandarización Actual de la actividad de Habilitado del proceso de Fabricación de INFASA.....	59
Figura 28. Hoja de Trabajo Estandarizado del proceso actual de la línea de fabricación de paneles metálicos de INFASA.....	60
Figura 29. Lista de desperdicios del proceso de fabricación de la línea de paneles metálicos de INFASA.....	61
Figura 30. Hoja de Trabajo Estandarizado del proceso mejorado de la línea de fabricación de paneles metálicos de INFASA.....	63
Figura 31. VSM mejorado de la empresa INFASA.....	64
Figura 32. Reprocesos Post-Test en la etapa de Habilitado de la Fabricación de Paneles Metálicos.....	65
Figura 33. Tiempos de espera (min) Pretest en la etapa de Ensamble de la Fabricación de Paneles Metálicos.....	66
Figura 34. Proceso de aplicación kanban.....	67
Figura 35. Reglas en la que se basa la Herramienta Kanban.....	67
Figura 36. Propuesta de Tarjeta Kanban Producción.....	68
Figura 37. Propuesta de Tarjeta Kanban Retira de Pieza A.....	69
Figura 38. Ficha Técnica de Pieza A.....	71
Figura 39. Ficha Técnica de Pieza B.....	71
Figura 40. Ficha Técnica de Pieza C.....	72
Figura 41. Ficha Técnica de Pieza D.....	72
Figura 42. Ficha Técnica de Pieza E.....	73
Figura 43. Tiempos de espera (min) Post-Test en la etapa de Ensamble de la Fabricación de Paneles Metálicos.....	74
Figura 44. Error en la Manipulación (Und.) Pre-Test de Máquina Herramienta Punzonadora en la etapa de habilitado de la Fabricación de Paneles Metálico.....	76
Figura 45. Proceso de aplicación de LUP.....	77
Figura 46. Diseño de Formato Propuesto de Lección de un Punto.....	78
Figura 47. LUP Alineamiento de platina sobre tope de maquina punzonadora.....	79

Figura 48. LUP Accionamiento Correcto del interruptor del pedal de maquina punzonadora.....	80
Figura 49. LUP Control de Caída y retorno del punzón de máquina Punzonadora.....	81
Figura 50. LUP Calibración de orientación del Punzón.....	82
Figura 51. Errores en la Manipulación (Und.) Post-Test de Máquina Herramienta Punzonadora en la etapa de habilitado de la Fabricación de Paneles Metálicos.....	84

## RESUMEN

La tesis se realizó en la empresa Industrias Fabiola S.A (INFASA) dedicada al rubro de metalmecánica, ubicada en el distrito de Villa el Salvador, tiene por objetivo implementar herramientas Lean con el fin de reducir las deficiencias del área de fabricación de la línea de paneles metálicos, optimizando procesos productivos, uso de recursos humanos y uso de máquina herramienta, ya que, se detectó en el área de fabricación deficiencias como reprocesos, retrasos de tiempos de entrega y errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora.

En la investigación se implementó las herramientas Lean, tales como la estandarización de trabajo, Kanban y Lección de un punto para mejorar el flujo continuo de los procesos de producción de la línea de paneles metálicos, además de reducir las deficiencias existentes en el área de producción.

Las herramientas utilizadas comprenden la mejora de la productividad en la fabricación de la línea de paneles metálicos. En la implementación de la investigación participó el Jefe de Producción, Supervisión de Producción Técnicos y operarios de la planta de producción, quienes proporcionaron datos e información al trabajo de investigación.

Con la aplicación de las herramientas Lean se logró disminuir los reprocesos de 59 a 12 a la semana obteniendo una diferencia porcentual del 79%, se demostró que la cantidad de tiempos de espera disminuyeron de 602.25 segundos hasta 282.75, segundos a la semana obteniendo una diferencia porcentual del 53% y se demostró que la cantidad de errores en la manipulación de una máquina herramienta punzonadora disminuyó de 59 errores hasta 12 errores a la semana, logrando una diferencia porcentual del 79%.

Palabras Clave: herramientas Lean, productividad, mejora, estandarización de trabajo, kanban, lección de un punto, desperdicios.

## ABSTRACT

The thesis was carried out in the company Industrias Fabiola S.A (INFASA) dedicated to the metal-mechanic industry, located in the district of Villa el Salvador, it aims to implement Lean tools in order to reduce the deficiencies in the manufacturing area of the metal panels line, optimizing production processes, use of human resources and use of machine tools, since, it was detected in the manufacturing area deficiencies such as reprocesses, delays in delivery times and errors in the handling of the punching machine tool.

In the research, Lean tools such as work standardization, Kanban and One Point Lesson were implemented to improve the continuous flow of the production processes of the metal panel line, in addition to reducing the existing deficiencies in the production area.

The tools used comprise the improvement of productivity in the manufacturing of the metal panels line. In the implementation of the research participated the Production Manager, Production Supervision Technicians and operators of the production plant, who provided data and information to the research work.

With the application of the Lean tools it was possible to reduce reprocesses from 59 to 12 per week, obtaining a percentage difference of 79%, it was demonstrated that the amount of waiting times decreased from 602.25 seconds to 282.75 seconds per week, obtaining a percentage difference of 53% and it was demonstrated that the amount of errors in the manipulation of a punching machine tool decreased from 59 errors to 12 errors per week, achieving a percentage difference of 79%.

Keywords: Lean tools, productivity, improvement, work standardization, kanban, one-point lesson, waste.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el entorno empresarial es muy competitivo y es por lo que las empresas se encuentran siempre trabajando en una mejora continua con el fin de obtener más porcentaje de participación en el mercado y mayores utilidades, gracias a la reducción de tiempos de respuesta a los clientes en cuanto a despacho de pedidos solicitados. INFASA tiene por objetivo abastecer al rubro de la construcción civil en el menor tiempo posible y con una calidad óptima de sus productos, una alternativa es la de mejorar el sistema de producción de fabricación de la línea de paneles metálicos. La empresa tiene como finalidad mejorar la productividad minimizando los desperdicios que no hacen posible cumplir con este objetivo, para lo cual se propone aplicar Herramientas Lean: Estandarización de trabajo, Kanban y Lección de un punto.

En el capítulo I se desarrolla la investigación iniciando con descripción y formulación del problema general y específicos, se formula el problema, se plantea los objetivos, tomando como objetivo general mejorar la productividad de fabricación de la línea de paneles metálicos, se analiza la justificación e importancia de la investigación, la limitación del estudio y su viabilidad.

En el capítulo II se reúne información para la base teórica y la justificación de la presente investigación e investigaciones relacionadas al tema que poseen óptimos resultados al aplicar la Herramienta Lean.

En el capítulo III se expone las hipótesis tomando como hipótesis general aplicar Herramientas LEAN en la producción para mejorar la productividad de fabricación de la línea de paneles metálicos.

En el capítulo IV se describe la metodología de Herramientas Lean, los resultados obtenidos y el análisis pre y análisis post, usadas para la investigación.

En el capítulo V se presentan los planteamientos y los resultados de las pruebas de normalidad y de las pruebas de hipótesis de la investigación.

# **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos**

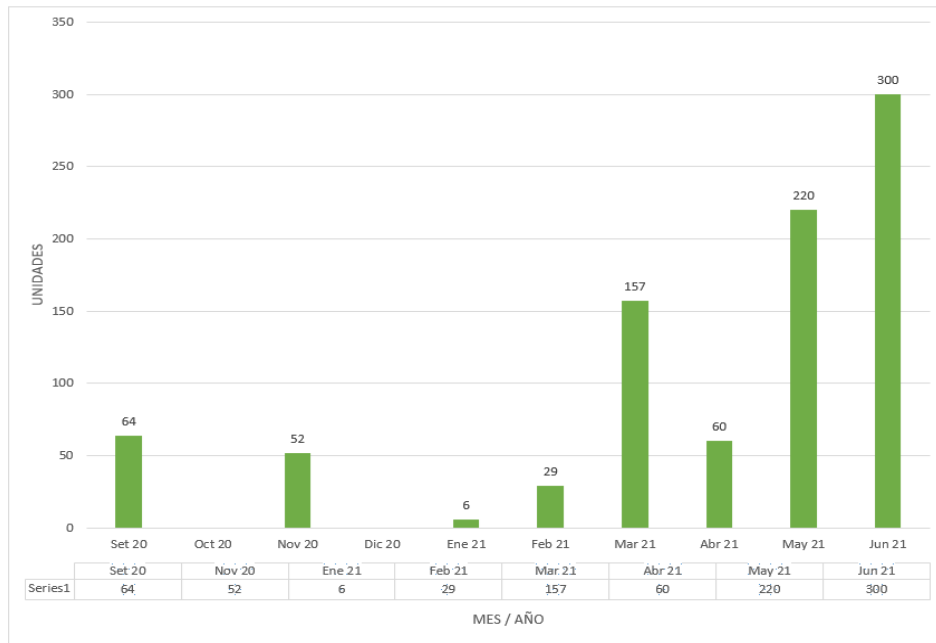
Durante siglos los elementos para la construcción en el mundo fueron pocos, en consecuencia, fueron clasificados aproximadamente de piedra y madera, los dos materiales básicos empleados durante años en el rubro de la construcción y por último el metal que está reemplazando gradualmente a estos. Actualmente, los proyectos dependen de que la industria de la construcción civil sea eficiente como los paneles metálicos, ya que son rápidos de ensamblar, sencillos de desmoldar y tienen varios años de vida útil.

En Colombia aplicaron herramientas Lean para mejorar los procesos y actividades de la empresa HLF Romero S.A.S. en el rubro del hierro para la construcción, mediante el Mapa de Flujo del Valor reduciendo 23.6% los tiempos de espera en el área de despacho (Beltrán & Soto, 2017). Se logró identificar los principales desperdicios del área de despacho, se definió herramientas Lean a utilizarse y en la última fase la implementación y el impacto en el área.

En la actualidad el rubro de la metalmecánica enfocada en las fabricaciones de encofrados y accesorios para la construcción civil es muy competitivo y el abastecimiento se realiza en el menor tiempo posible a los clientes a nivel local y nacional; al mismo tiempo este rubro crece a pasos muy agigantados, por ende, las empresas se van adaptando a las nuevas necesidades con el fin de seguir en competencia en el mercado.

INFASA abastece al sector de construcción siguiendo las exigencias de tiempos más reducidos en las entregas de los pedidos, por lo tanto, se encuentra buscando herramientas tanto teóricas como prácticas con el objetivo de obtener la satisfacción de sus clientes. Así mismo, cuenta con el proceso de fabricación de la línea de paneles metálicos y sus actividades son habilitado, ensamble, acabado y pintura.

Esta línea de paneles metálicos es muy importante en los proyectos civiles próximos a ejecutarse de los clientes, debido a ello, es el producto más vendido y con una producción de 1500 unidades anuales, ver en la figura 1.



*Figura 1: Volumen de producción mensual de paneles metálicos*  
*Fuente: Área de producción de INFASA*

Actualmente, se evidencia un gran número de reprocesos en la etapa de Fabricación de la línea de paneles metálicos, en razón de que los operarios en la actividad de habilitado no cumplen con los parámetros de medidas en el trazado y el punzonado en las piezas denominadas platinas y planchas; ocasionando un ligero desfase en las uniones de las partes de los paneles metálicos, generando deficiencias en el producto final recibido por el cliente, además, sobrecostos en la producción que se refleja en invertir más capital en el recurso humano, es decir, una elevación en las horas hombre planificadas.

Asimismo, otro problema es el tiempo de entrega de materiales para la fabricación de paneles metálicos, debido a que los operarios en la actividad de habilitado no realizan la cantidad de piezas necesarias respecto a la fabricación del producto, ocasionando demoras en las actividades posteriores en el área de fabricación, además, muchos de los requerimientos solicitados por los clientes finales no se entregaron en las fechas pactadas y como consecuencia hubo pérdida de clientes, pérdida de ventas y se redujo el nivel de confiabilidad.

De igual importancia, se observa errores en la manipulación de una máquina herramienta punzonadora del proceso de fabricación de paneles metálicos; dado que los operarios en la actividad de habilitado no realizan los procedimientos adecuados para el cambio del punzón, portapunzón, calibración del punzón y calibración en

general de la máquina- herramienta, generando la utilización de insumos no planificados y un mayor desgaste de la máquina herramientas conllevando a un mantenimiento anticipado previsto.

Por ende, se desea el diagnóstico de la etapa de fabricación de la línea de paneles metálicos y considerar una propuesta de mejora, con el fin de obtener la satisfacción total de sus clientes, la utilización de los recursos humanos, financieros, materiales y tecnológicos. Si los requerimientos de los clientes no se cumplen en el tiempo estipulado ocasionará un decremento en el número de clientes, además de una reducción de posicionamiento de mercado frente a la competencia. A fin de resolver estos problemas se propone utilizar herramientas Lean para demostrar una productividad mejorada en la fabricación de la línea de paneles metálicos.

## **Formulación del problema**

### **Problema general**

¿Con la aplicación de Herramientas Lean mejorará la productividad de la etapa de fabricación de paneles metálicos en Industrias Fabiola SA?

### **Problemas específicos**

- a) ¿Con la aplicación de la estandarización de trabajo disminuirá los reprocesos?
- b) ¿Con la aplicación de la metodología Kanban reducirá el tiempo de entrega de materiales?
- c) ¿Con la aplicación de la Técnica Elección de Un Punto prevendrá los errores en la manipulación de una máquina herramienta punzonadora?

## **1.2 Objetivo general y específicos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Aplicar Herramientas Lean para mejorar la productividad en la etapa de fabricación de paneles metálicos en Industrias Fabiola SA.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a) Aplicar la estandarización de trabajo para disminuir los reprocesos



- b) Aplicar la metodología Kanban para reducir el tiempo de entrega de materiales
- c) Aplicar la Técnica Elección de Un Punto para prevenir errores en la manipulación de una máquina herramienta punzonadora

### 1.3 Delimitación de la investigación: espacial, temporal y temática

#### **Delimitación espacial**

El trabajo de investigación se desarrolla en la Planta de Industrias Fabiola S.A. ubicada en Av. El Sol con Calle 5 Urb. Las Vertientes Mz D1 Lt. 04, distrito Villa el Salvador.

#### **Delimitación temporal**

El presente estudio se desarrolla en tres fases: Pre, comprendidas en el mes de mayo y junio del 2021. Implementación, comprendida en las dos últimas semanas del mes de junio del 2021 y Post, comprendidas en el mes julio y agosto del 2021.

#### **Delimitación Teórica**

La investigación se centra en aplicar las herramientas Lean para dar solución a los problemas identificados en Industrias Fabiola S.A.

### 1.4 Importancia y justificación

#### **Importancia**

En el rubro de la metalmecánica, las empresas son cada día más productivas en la búsqueda de ser más competitivas, por lo tanto, una de las medidas a tomar en cuenta es reducir costos en producción para aumentar la rentabilidad y aplicar herramientas con el fin de mejorar la productividad.

El presente estudio plantea una propuesta a fin de mejorar el sistema de producción, aplicando herramientas Lean, aumentando la productividad disminuyendo reprocesos, reduciendo el tiempo de entrega de materiales y minimizando el porcentaje de errores en la manipulación de una máquina herramienta punzonadora. Por lo tanto, la investigación beneficia a la empresa permitiendo una reducción de costos en la fabricación, desembocando en el aumento de la competitividad y la capacidad de producción.

La aplicación de herramientas Lean a las problemáticas de otras empresas del rubro de metalmecánica dieron resultados positivos vistos en los indicadores de productividad. Así mismo, el aporte de este trabajo de investigación a la ciencia es de servir como base a los futuros estudios generando nuevos conocimientos. Además, permitirá que la gerencia de la empresa tome la decisión de desarrollar lo que se está planteando para un mayor beneficio económico.

## **Justificación**

### Justificación Teórica

El presente estudio tiene una justificación teórica, ya que contribuirá con el conocimiento aportando material para futuras investigaciones. La aplicación de herramientas Lean en esta investigación, la cual se aplicó con el fin de mejorar la productividad en Industrias Fabiola S.A., se obtendrá resultados que permitirá reafirmar la validez de las herramientas Lean.

### Justificación Metodológica

En lo metodológico se justifica, debido a la deficiente aplicación de estrategias en INFASA, la cual se evidencia en la línea de fabricación de paneles metálicos, ya que se observa la existencia de desperdicios en las actividades habilitado, ensamble, acabado y pintura en la etapa de fabricación, por ende, se utilizó herramientas Lean para el análisis y la mejora de las actividades mencionadas. Ello se logró iniciando con la captura del estado actual de la empresa como los tiempos de ciclos, elaboración del Mapa de Flujo de Valor, el takt time y los desperdicios en la fabricación; posteriormente, el adecuado de formatos como las Hojas de Capacidad del Proceso, Trabajo Estandarizado o las Lecciones de Un Punto; seguido de una mejora en la fabricación eliminando los desperdicios y realizando un mejorado Mapa de Flujo de Valor, finalmente el análisis de lo implementando.

### Justificación Práctica

Desde el punto de vista práctico, en esta investigación se justifica por cuanto se identificó problemas en la fabricación de paneles metálicos y se presentan evidencias científicas puestas a consideración de gerencia general de INFASA a fin de la toma

de decisión estableciendo estrategias para mejorar la productividad reduciendo los desperdicios encontrados en dicho proceso.

#### Justificación Económica

Al aplicar las herramientas Lean en el área de producción, la empresa Industrias Fabiola S.A. reducirá las horas hombre, las horas máquina y la utilización de insumos en el proceso de fabricación de la línea de paneles metálicos, generando reducción de costos en el área de producción e incrementará la rentabilidad.

#### Justificación Social

La aplicación de herramientas Lean permitirá a los colaboradores desempeñarse en un mejor ambiente de trabajo, con lo que cada uno de ellos se sentirá con mayor motivación y compromiso para realizar sus labores. Asimismo, se generará confianza en los clientes porque se cumplirá con las fechas de entrega establecidas. Del mismo modo, la alta dirección se encontrará en una mejor posición de cumplir con los objetivos establecidos.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco histórico

Se pueden rastrear los orígenes de la Manufactura Lean en la industria japonesa a finales de la Segunda Guerra Mundial. En aquel momento Kiichiro Toyoda, fundador de Toyota Motor Company, se dio cuenta de que la productividad de los obreros americanos era nueve veces mayor que la de los obreros japoneses, tenían que alcanzar a Estados Unidos en tres años, o se verían desplazados por los americanos para siempre. (Chávez & Méndez, 2014, p.21)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es tener en cuenta que si existe productividad en los trabajadores no habrá desplazamiento de empresas.

La familia Toyota fundó una empresa textil (Okawa Menpu) en Nagoya que luego se convirtió en Toyota Motor Company. Es en esta época textil cuando nacen los conceptos de Jidoka (traducido por algunos autores como "Automatización") y Poka-yoke (a prueba de fallos), que junto a conceptos posteriores como Just-in-Time (Justo a Tiempo) y Muda, (Despilfarros) vienen a mediados de siglo lo que ha llamado Sistema de Producción Toyota. (Ortega, 2018, p.63)

Hernández, J; Vizán, A (2013) Señalan: “La metodología del Lean Manufacturing nace en el sistema de producción Just in Time (JIT) originado en el año 50 por la empresa automovilística Toyota” (p. 8).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es que lean manufacturing es aplicable a cualquier rubro empresarial.

La historia del Lean Manufacturing inicia en la primera parte del siglo anterior, como la producción en masa con grandes almacenes con sus grandes volúmenes de materia prima y productos terminados. Con ello, truncó el sistema de producción, por la ausencia de un sistema logístico, retardo de entrega por parte de los proveedores, ineficiencia en los productos y productos con calidad baja. (Womack & Jones, 1996, p.20)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es que no se debe producir en masa ni en altos volúmenes.

El término Lean se utilizó por primera vez en el libro, *La máquina que cambió el mundo* (Womack, Roos, y Jones, 1990), donde se introduce el Lean como un desarrollo del TPS. En un volumen posterior, *Lean Thinking* (Womack y Jones, 1996), se describen los cinco principios Lean.

- 1) Identificar la cadena de valor de cada producto.
- 2) Mapear la cadena de valor.
- 3) Hacer fluir el producto de forma continua a través del proceso.
- 4) Introducir el concepto de que el proceso posterior demanda al anterior, sistema pull, entre todos los pasos en los que es posible un flujo continuo.
- 5) Gestionar hacia la perfección de manera que el número de pasos, el tiempo de producción invertido y la información necesaria para servir al cliente caiga continuamente.

El autor Castellano (2019) señala:

Se creó en 1956 por Toyota (Japón) y se utiliza para controlar el avance del trabajo en una cadena de producción. Pertenece a la filosofía Lean Manufacturing basada en la utilización de técnicas just-in-time (JIT). El principal objetivo del sistema Kanban es asegurar una tasa de producción sostenible para evitar exceso de producto terminado, cuellos de botella y retrasos en la demanda de pedidos. Los trabajos en curso deben organizarse en función de la capacidad del centro de trabajo y equipos. Requiere una comunicación en tiempo real sobre la capacidad y una transparencia del trabajo total. (pp. 30-41)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que se aplicó Kanban asegurando una tasa de producción sostenible evitando el exceso en productos terminados.

Umba, N; Duarte, J (2017) Señalan: “La filosofía del lean manufacturing busca eliminar las actividades que no generan valor para los clientes, aplicando la filosofía y sus herramientas se logra suprimir las diferentes clases de desperdicios que Lean reconoce” (p.21).

Womack & Jones (2017) señalan:

Ninguna idea surge realmente del vacío. Al contrario, las ideas nuevas surgen de un conjunto de condiciones en la que no parecen funcionar ya las antiguas. La producción Lean surgió en un momento determinado porque las ideas convencionales parecían no funcionar en el desarrollo industrial de ese país. (p. 31)

Otro de los autores considera igual, que: “Lean Manufacturing se originó en la industria automotriz japonesa, Toyota Motor Corporation, que se enfocó en buscar la manera en la que diferenciarse del sistema de producción estadounidense” (Pérez Castañeda, 2016, p. 1)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es se aplicó lean manufacturing enfocándose en buscar diferenciarse con otros sistemas de producción.

Lareau y Kaufman (2003) afirman que:

La fabricación ajustada o lean manufacturing, también conocida como fabricación/manufactura agilizada/esbelta/delgada/lean, etc. Es un término genérico que se da a las aplicaciones del sistema de producción Toyota. Este sistema se refiere tanto a fabricación flexible, manejable, como a la fabricación según el flujo de demanda. (p.185)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es que se tomó como ejemplo al sistema de producción Toyota.

Sancho (2014) afirma que:

Lean Manufacturing, es un extenso conjunto de técnicas que, cuando se acoplan y a lo largo del tiempo llegan a madurar, ello permite disminuir y eliminar todo tipo de desperdicios o despilfarros. Esta filosofía logra también que las empresas sean más flexibles y ágiles a la hora de responder a los clientes. (p. 51).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es que se aplicaron técnicas de Lean manufacturing que permitieron disminuir los desperdicios.

## 2.2 Antecedentes del estudio de investigación

Carpio, Juan Carlos (2012) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial “Implementación de Manufactura Esbelta en la línea de producción de la

empresa SEDEMI S.C.C”, Riobamba, Ecuador, presentada en la Universidad Nacional de Chimborazo.

El objetivo del trabajo de investigación fue implementar el sistema de lean manufacturing en la línea de producción de la empresa metalmecánica SEDEMI CC. Esta investigación de tipo no experimental y descriptiva, permitió al autor establecer un antes y un después de la implementación de las herramientas de lean manufacturing como las 5S, Kanban y SMED.

Arribó a las siguientes conclusiones:

- El sistema de lean manufacturing aumenta la productividad al sacar mayor provecho de los factores humanos y de máquinas en función del tiempo.
- Al aplicar las herramientas de lean manufacturing se logró estandarizar tiempos de 413 minutos produciendo 6,3 toneladas diarias a 525 minutos produciendo 8,93 toneladas en el proceso de producción, con lo que se aumenta en un 29,45% a la producción diaria y se reduce las actividades muertas en un 45,34%”.

En consonancia a lo postulado en la investigación del autor, el aporte hacia el proyecto es la metodología de implementar las herramientas de lean manufacturing como las 5S, Kanban y SMED, aumentando la productividad aprovechando los factores humanos y máquinas.

Abril, David Felipe (2013), en su tesis para optar el título de Ingeniero Industrial “Propuesta del Sistema Lean Manufacturing en la fabricación de gabinetes para refrigeradoras en la Empresa Indurama-Induglob 21 S.A”, Cuenca, Ecuador, presentada en la Universidad de Cuenca.

La investigación tiene por objetivo elaborar propuestas de mejora con la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en la fabricación de refrigeradoras, y lograr incrementar el flujo de producción, la entrega en fecha de los productos y la satisfacción del cliente.

La investigación determinó hacer la implementación tomando dos modelos de refrigeradoras: el RI-425 y RI-587, y a su vez considera los siguientes procesos: termo formado, acabados plásticos y poliuretano. Los principales problemas identificados son: mala utilización del almacenamiento, tiempos improductivos en la entrega al cliente y producto en proceso aumentando el inventario.

Arribó a las siguientes conclusiones:

- Se logró reducir el tiempo de entrega al siguiente proceso para el modelo RI-425 de 50,16 a 25,13 horas, una reducción del 50,09% y en el modelo RI-587 de 50,03 a 24,98 horas, con una disminución del 49,93%.
- Se logró reducir las unidades del inventario en proceso de ambos modelos, obteniendo un ahorro en el costo de \$23,317.66.
- Se logró la disminución del espacio de almacenamiento generando un ahorro anual de \$11424 para el modelo RI-425 y como también con un ahorro de \$10752 para el modelo RI-587.

En consonancia a lo postulado en la investigación del autor, el aporte hacia el proyecto es la metodología de mejora continua y el seguimiento de la gestión de los procesos, que permite identificar los desperdicios que se generan y perjudican la performance.

Garcés, Luis (2012) en su tesis para optar el título a Ingeniero Industrial “Mejoramiento del Proceso Productivo de la Empresa Indumever por medio del uso de herramientas de Manufactura Esbelta”, Quito, Ecuador. presentada en la Universidad de Las Américas.

El objetivo del trabajo de investigación fue diseñar un modelo para el uso de herramientas de lean manufacturing en los procesos productivos de la empresa Indumever S.A.

El marco metodológico de la investigación señala que es no experimental y descriptiva, pues el autor recopiló información de la organización como el mapa de proceso para identificar los procesos claves y establecer las operaciones que permitan el análisis bajo la utilización de herramientas estadísticas tales como el diagrama de Pareto.

Arribó a la siguiente conclusión:

- Los resultados de las técnicas de lean manufacturing permitieron la reducción de tiempos en un 25% en las operaciones seleccionadas para el estudio
- Los desperdicios del proceso productivo disminuyeron en un 30%.



En consonancia a lo postulado en la investigación del autor, el aporte hacia el proyecto es la metodología de implementar herramientas Lean en los procesos productivos, reduciendo los tiempos en las operaciones y disminuyendo los desperdicios.

Arroyo, N. (2018), en su tesis para optar el Título profesional de ingeniero industrial “Implementación de Lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción de una empresa metalmecánica”, en Perú, presentada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

El objetivo del trabajo de investigación fue mejorar el sistema de producción en una metalmecánica reflejada en la rentabilidad de esta, el tipo de investigación fue descriptivo de enfoque cuantitativo; además, su diseño fue no experimental, transversal. La población fue todos los procesos del sistema de producción; mientras que, la muestra fue el análisis de los procesos más críticos del proceso.

Adicionalmente, la técnica usada fue la de observación participativa y los instrumentos de recolección de datos fueron los reportes de producción, productividad diaria, el lead time de abastecimiento y los tiempos de fabricación de cada proyecto. Posteriormente, para el análisis de los datos se usaron cuadros estadísticos, diagrama de Pareto y diagrama de bloque.

Arribó a las siguientes conclusiones:

- Se concluyó que la implementación de las herramientas Lean obtuvo una reducción del 47%, 59% y 17% en los procesos, reprocesos y el lead time respectivamente en la empresa.
- Se concluyó que la implementación del SMED generó en el proceso de roll forming una reducción del 47% y 67% en el set-up y cambio de formato de espesor respectivamente.
- Se concluyó que la implementación de la Estandarización de Operaciones generó una reducción del 59% y 75% del tiempo de reproceso y reproceso por desengrasado respectivamente.

En consonancia a lo postulado en la investigación del autor, el aporte hacia el proyecto es la metodología de implementar herramientas Lean en el mismo rubro de

metalmecánica y la reducción de % en los indicadores.

Aranibar M. (2016), en su tesis propone la Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera, Perú, presentada a la Universidad Mayor de San Marcos.

La Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera. Se planteó como objetivos: Presentar los conocimientos y herramientas del Lean que permitan convertirse en los agentes del cambio dentro de sus organizaciones, presentar los aspectos que debe contemplar el Lean Manufacturing, para mejorar la productividad en la empresa manufacturera y aplicar la metodología Kanban, para disminuir costos e incrementar la productividad del proceso.

Arribó a las siguientes conclusiones:

- La metodología Kanban disminuye costos e incrementa la productividad del proceso.
- Con la aplicación del Kanban se produce exactamente aquella cantidad de trabajo que el sistema es capaz de asumir, es decir, no se genera una sobreproducción.

En consonancia a lo postulado en la investigación del autor, el aporte hacia el proyecto es la Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad, disminuyendo los costos.

Bances, R. (2017), en su tesis para optar el Título profesional de ingeniero industrial “Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánico Wensay Aceros S.A.”, en Perú, presentada en la Universidad César Vallejo.

El objetivo del trabajo de investigación fue mejorar la situación actual del área de producción del taller de metalmecánica. La investigación aplicada es a nivel explicativo, cuantitativo y cuasi experimental. Además, la población elegida fue 30 pedidos de días laborables antes y 30 pedidos de días laborables después y la muestra se eligió el 100% de la población.

Adicionalmente, la observación en los procesos consulta de datos históricos y fichas bibliográficas fueron las técnicas de recolección de datos; y el instrumento de

recolección de datos fue check, ficha de registro de datos, reloj y registros directos. El análisis de datos fue cuantitativo, la evaluación de datos se determinó mediante Excel y la base de datos cuantitativos se determinó con el software SSPS.

Arribó a las siguientes conclusiones:

- Se mejoró un 9.18% y 24%, el lead time y la productividad respectivamente mediante la implementación de herramientas Lean Manufacturing.
- Óptimos beneficios y un desempeño positivo se obtendrán manteniendo la estandarización de sus procesos en toda la empresa.

En consonancia a lo postulado en la investigación del autor, el aporte hacia el proyecto es la técnica de recolección de datos por medio de la consulta de datos históricos, observación en los procesos y la mejora del lead time mediante herramientas Lean Manufacturing.

Ale M. & Greys, J. (2020), en su tesis para optar el Título profesional de ingeniero industrial “Propuesta de aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing para reducir los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos en Lima 2020”, en Perú, presentada en la Universidad Ricardo Palma.

El objetivo fue reducir los tiempos muertos de las operaciones del proceso de reencauche, mediante la implementación de herramientas Lean Manufacturing como SMED, Poka Yoke y 5S.

La investigación presentada fue cuantitativa de alcance descriptivo, explicativo con diseño transversal y cuasi experimental. Además, la población de la investigación comprendió el proceso de reencauche en el lapso de enero del 2019 a octubre del 2020. El diseño de la muestra fue una muestra no probabilística, por ello en la investigación tomaron la decisión de considerar tanto la muestra, la población y la unidad de análisis como el proceso de reencauche. La técnica de recolección de datos fue revisión de la hoja de registro de producción, observación directa, y toma de tiempo para cada operación. Además, el instrumento de recolección de datos fue tabla AMEF, cuestionario de evaluación de orden y limpieza. Adicionalmente, el procedimiento para la recolección de datos se realizó mediante: observación, entrevista, registro de fallos, información de tiempos y producción. Por otro lado, la

investigación utilizó Excel para análisis estadístico de los datos recolectados y el procesamiento de los datos de producción.

Arribó a las siguientes conclusiones:

- Se redujo un 45.57% y 52%, en los tiempos muertos globales y tiempos muertos por desorganización respectivamente, aplicando Lean Manufacturing.
- Se redujo los tiempos de preparación aplicando la metodología SMED en un 38%, mediante una lista de chequeo y un carrito porta herramientas.

En consonancia a lo postulado en la investigación del autor, el aporte hacia el proyecto es la toma total de la población para la muestra de la investigación, lo cual genera un estudio de todo lo observado en un lapso determinado. Además, el aporte es dado por la utilización y análisis por medio del programa Microsoft Excel.

Córdova, Frank (2012) en su tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial “Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando la Manufactura Esbelta”, Lima, Perú, presentada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

El objetivo principal fue el diseño de un modelo de aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el sistema de fabricación de spools para demostrar la factibilidad económica de su implementación utilizando las herramientas de 5' s, el Kanban, Justo a tiempo, Jidoka, Andon y el Poka yoke.

El estudio fue cuantitativo porque tuvo claridad en detectar el problema. En primer lugar, se conceptualizó las principales herramientas, luego se cuantifica el rendimiento del proceso para proponer las herramientas Lean Manufacturing y finalmente se optimizó el proceso de fabricación.

Arribó a la siguiente conclusión:

- El resultado de la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta, tuvo como evidencia que aplicando las 5' S y el Kanban, el poka-yoke impactaron el 62% de defectos totales detectados.

En consonancia a lo postulado el trabajo de investigación aportó en el diagnóstico del problema, en la identificación de las actividades en el proceso de producción que

no agregan valor, en la reducción de tiempos y la detección de errores.

Aguirre, Y. (2014), en su tesis para optar el título de Magíster en Ingeniería Industrial “Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes”, en Colombia, presentada a la Universidad Nacional de Colombia.

El objetivo fue mejorar la productividad a través herramientas Lean Manufacturing mediante la eliminación de desperdicios. Además, la investigación fue experimental, se eligieron factores a las herramientas Lean Manufacturing y niveles aplicando la herramienta y no aplicarla, además, como variable de respuesta se decidió por las unidades producidas con un diseño experimental de 2<sup>k</sup>. Por otro lado, se usó el software Simul8 para el análisis de relación de los desperdicios y las herramientas, y los distintos escenarios con la aplicación Minitab 16® y la teoría de diseño de Experimentos.

Arribó a las siguientes conclusiones:

- Se concluyó que la eliminación de desperdicios en la cadena de suministros es un punto de partida para las pequeñas y medianas empresas.
- Se concluyó que al utilizar herramientas Lean Manufacturing aumenta la productividad en pequeñas y medianas empresas.

En consonancia a lo postulado en la investigación del autor, el aporte hacia el proyecto es la relación entre los desperdicios de los procesos y las herramientas Lean, lo cual es una base para la implementación en el proyecto de esta relación.

## 2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

### 2.3.1 Lean manufacturing

Para Hernández y Vizán (2013) indica:

Lean Manufacturing es una filosofía, que define mejorar y optimizar los sistemas productivos enfocados en eliminar todo tipo de “desperdicios”, la cual se define como aquellos procesos que usan más recursos de lo necesario en la producción y se identifican como: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario y defectos. Por la cual esta filosofía

(ver Figura 2) observa lo que está mal y no agrega valor al cliente y propone eliminarlo (p.10).

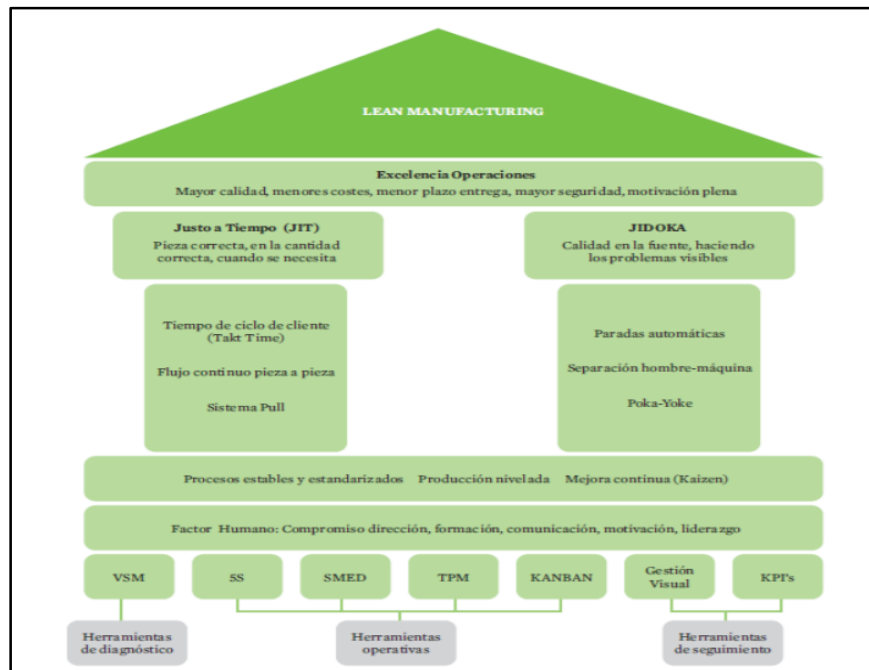


Figura 2: Adaptación actualizada de la casa Toyota  
Fuente: Hernández y Vizán p.18

Para Hernández y Vizán (2013) indica:

El techo de la casa está organizado por las metas perseguidas que se identifican con la mejor calidad, el más bajo costo, el menor tiempo de entrega o tiempo de maduración (Lead-time). Sujetando este techo se encuentran las dos columnas que sustentan el sistema: JIT y Jidoka. El 40 JIT, tal vez la herramienta más reconocida del sistema Toyota, significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta. Jidoka consiste en entregar a las máquinas y operadores la habilidad para poder definir cuándo se produce una condición anormal e inmediatamente detener el proceso. Este sistema permite detectar las causas de los problemas y eliminarlas de raíz de manera que los defectos no pasen a las estaciones siguientes. La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos: el heijunka o nivelación de la producción y la aplicación sistemática de la mejora continua. El techo de la casa Toyota está conformado para alcanzar los objetivos que se identifican como la alta calidad, el bajo costo y el menor tiempo de entrega, sosteniendo este techo las dos columnas que son el JIT y el Jidoka. Por la cual el JIT, consiste en producir el producto indicado en el momento que se requiere

y en una cantidad correcta y el Jidoka consiste en entregar la habilidad a las máquinas y operadores para poder determinar cuándo hay una condición defectuosa para detener el proceso inmediatamente. A la vez este sistema permite detectar y eliminar las causas de los problemas de forma que no pasen a la siguiente fase. La base se basa en estandarizar y estabilizar los procesos (p. 18).

### Objetivos de lean manufacturing

Según Rajadell & Sánchez (2010) afirman que:

El Lean Manufacturing tiene por objetivo la eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, Kanban, Kaizen, Heijunka, Jidoka, etc.), que se desarrollaron fundamentalmente en Japón. Los pilares del Lean Manufacturing son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios. (p. 1)

Umba, N; Duarte, J (2017) afirman que: “La filosofía del lean manufacturing busca eliminar las actividades que no generan valor para los clientes, aplicando la filosofía y sus herramientas se logra suprimir las diferentes clases de desperdicios que Lean reconoce”. (p.21)

Según Madariaga Francisco (2013) afirma que: “Lean Manufacturing es un herramienta o modelo de gestión y organización que busca mejorar el servicio, la eficiencia y la calidad mediante la eliminación de desperdicios”. (pp. 13-14)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es que se aplicó Lean manufacturing y permitió mejorar el sistema de producción.

### 2.3.2 Pilares de lean manufacturing

En el año 2010, Rajadell & Sánchez definieron que “los pilares del Lean Manufacturing son la filosofía de la mejora continua: el concepto Kaizen, control total de la calidad: calidad que se garantiza para todas las actividades y el Just In Time” (p. 11). Ver Figura 3.



Figura 3: Lean Manufacturing  
Fuente: Rajadell & Sánchez (2010 p. 11)

### Primer pilar: kaizen

Masaki Imai creador del Kaizen, estableció la unión de las palabras kai y zen, es decir, cambio para mejorar. Asimismo, una definición de mejora continua es alcanzar mejores prácticas mediante una cultura de cambio constante (Rajadell & Sánchez, 2010).

Para definir Kaizen, Rajadell & Sánchez (2010) sostuvieron lo siguiente:

Es una acumulación gradual y continua de pequeñas mejoras hechas por todos los empleados (incluyendo a los directivos). El concepto de Kaizen debe interpretarse como lo mejor en un sentido tanto espiritual como físico. Comprende tres componentes esenciales: percepción (descubrir los problemas), desarrollo de ideas (hallar soluciones creativas), y finalmente, tomar decisiones, implantarlas y comprobar su efecto, es decir, escoger la mejor propuesta, planificar su realización y llevarla a la práctica (para alcanzar un determinado efecto). (p. 12)

Según Rivera (2010), afirma que: Es una filosofía de gestión que genera cambios o pequeñas mejoras incrementales en el método de trabajo (o procesos de trabajo) que permite reducir despilfarros y por consecuencia mejorar el rendimiento del trabajo, llevando a la organización a una espiral de innovación incremental (p. 115).



En consonancia el aporte hacia el proyecto es que se aplicó mejora continua generando cambios que nos permitieron disminuir despilfarros.

Segundo pilar: El control total de la calidad

La utilización del término Control Total de la Calidad fue escrito en la revista Industrial Quality Control de 1957 por Armand Vallin Feigenbaum. Además, señala que el control de calidad recae en todos los empleados de todas las áreas de la empresa. Por otro lado, Ishikawa planteó tres características: las funciones de la empresa están incorporadas al control de calidad, toda persona relacionada a la empresa participa en el control de calidad y también todos los departamentos de la empresa (Rajadell & Sánchez, 2010).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es que se incorporó un control de calidad en los productos fabricados.

Tercer pilar: just in time (JIT)

Taiichi Ohno, primer vicepresidente de Toyota Motor Corporation, es el creador del sistema de producción Just in Time (JIT); la cual mediante la eliminación del despilfarro tiene por finalidad la reducción de costos (Rajadell & Sánchez, 2010). Ver Figura 4.

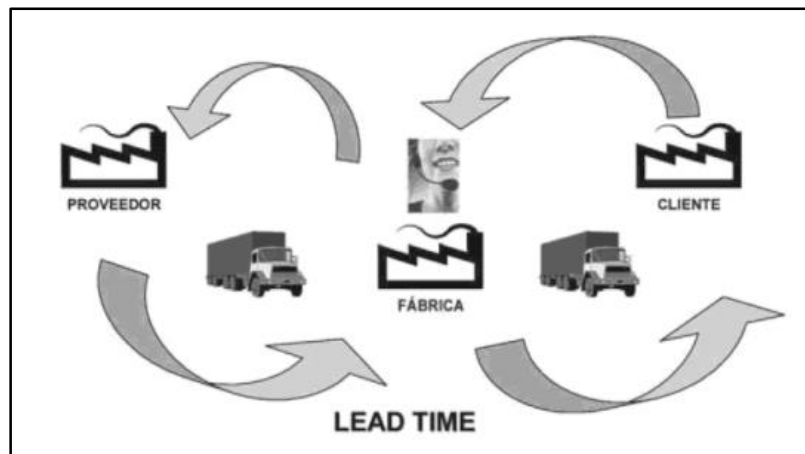


Figura 4: Lean Manufacturing  
Fuente: Rajadell & Sánchez (2010 p. 15)

Según Villaseñor & Galindo (2011) afirman que JIT es : “Entregar los artículos correctos en el tiempo indicado en las cantidades requeridas. El JIT provee tres elementos básicos para cambiar el sistema de producción de una compañía: el flujo continuo, el Takt time y el sistema jalar (Kanban)”. (pp. 73-74)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que se suministró los materiales correctamente en los tiempos indicados.

### 2.3.3 Herramientas de lean manufacturing

#### Trabajo estandarizado

Según Hernández (2013) afirma que “Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre las máquinas, materiales métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente. Señala además que el estándar utilizado en el sistema Lean es diferente al uso habitual de la palabra estándar, en donde se suele pensar que son documentos que se mantienen guardados o sin un uso frecuente”.

Otro autor que explica el trabajo estandarizado es Cudney, Furterer, & Dietrich (2014):

Los cuales indican de acuerdo con la traducción al español que se realizó, que el trabajo estandarizado consiste en tres elementos: Takt time, secuencia de trabajo estándar y estándar de trabajo en proceso

El uso de esta herramienta permite:

- Establecer una rutina de tareas repetitivas
- Facilita la gestión de la asignación de recursos y la programación.
- Establece una relación entre una persona y su entorno
- Proporciona una base para la mejora, definiendo el proceso normal y destacando las áreas a mejorar.
- Prohíbe el retroceso o la recaída en malos hábitos anteriores.

Según Arce B. afirma que: “El objetivo principal del Trabajo Estandarizado, es estandarizar el trabajo y el tiempo de ciclo de una operación y asegurarse que, el trabajo se realice en el orden asignado. Todo (...) el área de trabajo en una zona visible” (pp. 9-10).

En consonancia el aporte hacia el proyecto, se estandarizó el trabajo y el tiempo de ciclo de una operación estableciendo una rutina de tareas repetitivas.

## Kanban

Para Hernández. J y Vizan (2013) indica que: “sistema de control y programación sincronizado de la producción basado en tarjetas o señales (...) sincronizando todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y estos, a su vez, con la línea de montaje final” (p. 162).

Para Socconini. L (2008) indica:

- Seleccionar los números de parte que se van a establecer en Kanban
- Calcular la cantidad de piezas por Kanban
- Escoger el tipo de señal y el tipo de contenedor estándar
- Calcular el número de contenedores y la secuencia
- Dar seguimiento (p. 279).

A continuación, el Esquema de Herramientas Kanban. Ver Figura 5.

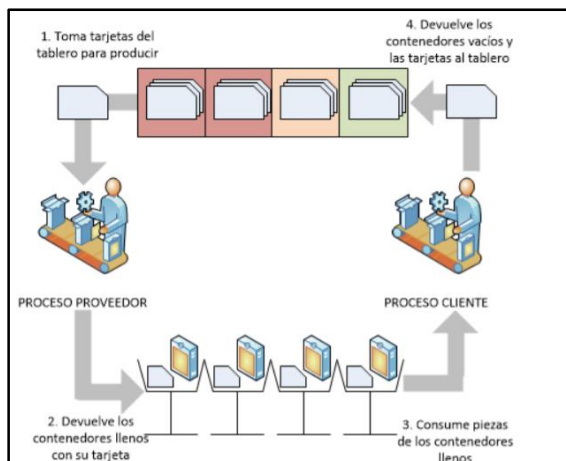


Figura 5: Esquema de Herramientas Kanban

Fuente: Kanban: Control de materiales y producción. (Salazar, B., 2020a)

Calcular la cantidad de piezas por Kanban:

Para Socconini. L (2008) Indica: La cantidad de piezas por Kanban es

$$D \times TE \times U \times \%VD$$

D = Demanda semanal. Normalmente la demanda mensual se multiplica por 12 y se divide entre el número de semanas laborables o entre 52.

TE = Tiempo de entrega en semanas que tiene el proveedor interno o externo, e incluye:

Para productos comprados: Tiempo de generar la orden + tiempo de entrega del proveedor + tiempo de transporte + tiempo de recepción, inspección y stock. Para productos manufacturados: Tiempo para generar la orden de trabajo + tiempo total de procesamiento + tiempo de recepción/inspección.

U = número de ubicaciones

VD = % Nivel de variación de la demanda (p. 280).

Para Socconini. L (2008) menciona, “De otra manera para obtener el Kanban necesario en los procesos está basado en el cubrimiento de los materiales de acuerdo con el tiempo de ciclo del proceso o el tiempo de entrega

((Tiempo de entrega del Proceso/ Tiempo Takt) / Cantidad de piezas por Kanban) + Margen de Seguridad)

Tiempo de entrega: Es el tiempo total de la cadena de valor desde la materia prima hasta el producto terminado. Este tiempo incluye actividades que agregan y que no agregan valor. Normalmente este tiempo se define en el mapa de la cadena de valor.

Tiempo Takt: Tiempo disponible para producir entre la demanda. Unidades por Kanban = Es el tamaño de lote que presenta cada tarjeta según la capacidad y los contenedores de operación.

Margen de seguridad: Es una cantidad de materiales que mantiene cierta confianza en el sistema ante posibles eventualidades” (p. 283).

Beneficios del Kanban:

Para Socconini. L (2008) indica, “la implementación del Kanban beneficia en la disminución de la sobreproducción, bajar los inventarios, mejorar los tiempos de entrega, producir solo lo que el cliente necesita y elimina las complejidades de la programación de la producción” (p. 278).

Hernández J. & Vizán A. (2013), distinguen dos tipos de kanban: (Ver Figura 6)

- a) “El Kanban de Producción, que indica que y cuanto hay que fabricar para el proceso posterior.
- b) El Kanban de Retirada, que indica qué y cuánto material se retirará del proceso anterior” (P.77-78).

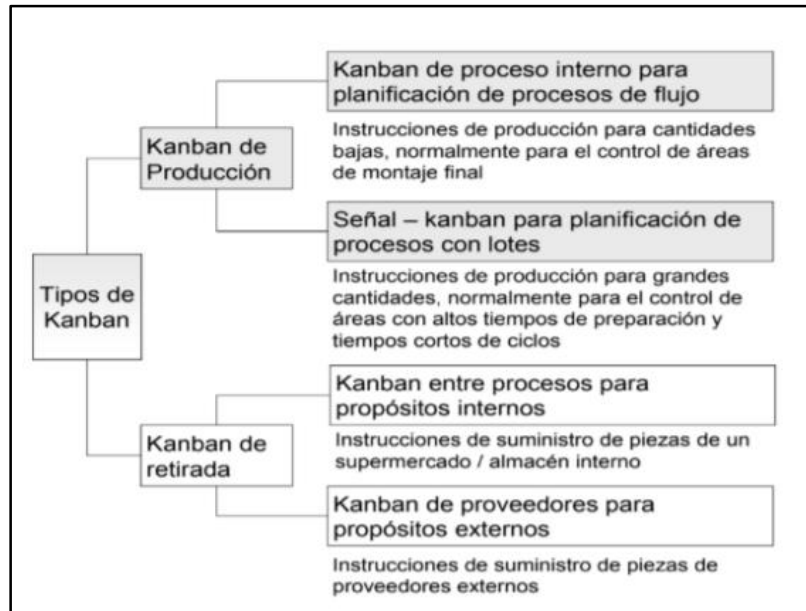


Figura 6: Tipos de Kanban  
Fuente: BSH Production System

Para Arango M. et al. (2015), definen al kanban como: “Una herramienta de señalización, que fue desarrollado por Toyota para poder adaptar su sistema de producción a su demanda, minimizando el trabajo en progreso o el stock entre los procesos. Para lograr esto, el kanban se asegura que el proceso proveedor produzca sólo si el proceso cliente lo necesita” (P.14).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que se aplicó la metodología kanban siguiendo un sistema de control y programación asegurando minimizar los tiempos de espera en los procesos de producción.

#### Lección de un punto

En el año 2009, López define las lecciones de un punto de la siguiente forma:

Son una herramienta fundamental en la aplicación del Mantenimiento Productivo Total y estas se pueden aplicar durante todos los pasos descritos anteriormente; este instrumento se aplica mediante un documento gráfico para

asegurar el conocimiento en el proceso de implementación tanto industrial como de formación del puesto de trabajo por parte de los trabajadores. (p. 100)

Tuarez (2011) define las lecciones de un punto como: “Documentos explicativos creados por mantenimiento a petición de producción por medio de gráficos para una mejor comprensión, que se ubican en el puesto junto al resto de la documentación.” (p. 79).

Castañeda (2017) realiza la siguiente definición de lección de un punto: “Es una metodología basada en recursos visuales, para transferir y documentar conocimientos técnicos, procedimientos de operación, mantenimiento, seguridad y mejoras de máquinas y/o procesos, una herramienta de comunicación, utilizada para la transferencia de conocimientos y habilidades simples o breves.” (p. 21)

Arenas & Vélez (2014) afirman que: “La lección de un punto o one point lesson es una herramienta de aprendizaje para compartir y desarrollar el conocimiento, permitiendo una mejora continua. Se aplican cuando se desea comunicar, estandarizar y mantener buenas prácticas, resolver problemas, documentar mejoras, desarrollar habilidades de los operarios, entre otros. (p.20)

Según Arenas & Velez (2014) sostiene que:

Entre sus ventajas se encuentra la reducción de tiempo y costo para la formación, la sistematización y archivo del conocimiento de la organización, posibilitar la recuperación y consulta de la información, facilitar la adquisición de hábitos y rutinas, compartir el conocimiento entre las áreas, estandarización de las buenas prácticas y permite que los operarios ganen confianza para proponer mejoras en sus puestos de trabajo. (p.20)

Según Arenas & Velez (2014) sostiene que:

Los hay de tres tipos: de conocimiento básico, casos de problemas y casos de mejora. El primero asegura que todos los operarios tengan el conocimiento para realizar sus tareas de manera eficiente y segura; permite que se impliquen en la mejora continua. El segundo son ejemplos de problemas reales que han sucedido lo que ayuda a identificarlos, sus causas y a evitar su reaparición. Los

ejemplos de mejora son describe actividades que realiza un grupo para implantar una mejora, ayudando a repetir las situaciones de éxito, y compartir y adaptar mejoras a otras áreas. (p.20)  
En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que las LUP son herramientas ayudaron a transmitir una lección en un punto específico y permitieron a los operarios a desarrollar habilidades mediante la transferencia de conocimientos.

#### 2.3.4 Despilfarro

Rajadell & Sánchez (2010) postulan lo siguiente sobre el despilfarro:

Es todo aquello que no añade valor al producto, o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. El valor se añade cuando las materias primas se transforman del estado en que se han recibido en otro estado de un grado superior de acabado que algún cliente está dispuesto a comprar. (pp. 19-20)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que solo se debe añadir valor cuando las materias primas se transforman del estado recibido a un grado superior.

Tipos de despilfarro

Despilfarro por sobreproducción:

Rajadell & Sánchez (2010) sostienen lo siguiente:

Es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria, (...). Además, producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita, representa un consumo inútil de material, se incrementan los transportes internos y se llenan de stock los almacenes. (p. 22)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que no debe producirse en exceso porque representa un consumo inútil del material.

Despilfarro por tiempo de espera:

Rajadell & Sánchez (2010) sostienen lo siguiente:

Es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o proceso ineficiente, (...). Un cliente nunca estará dispuesto a pagar el tiempo perdido durante la fabricación de su producto, así que es preciso estudiar cómo utilizar estos tiempos o bien como eliminarlos. (p. 23)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que no debe haber tiempo perdido en la fabricación de productos.

Despilfarro por transporte y movimientos innecesarios:

Rajadell & Sánchez (2010) sostienen lo siguiente: “el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario, quizás por culpa de un layout mal diseñado” (p. 25).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, las máquinas y los materiales deben seguir la secuencia de una estación a otra sin esperar colas de inventario.

Despilfarro por sobreproceso:

Rajadell & Sánchez (2010) sostienen lo siguiente sobre el producto de “poner más valor añadido en el producto que el esperado o el valorado por el cliente” (pp. 25-26).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, no se debe poner más valor añadido en un producto que el esperado, porque es considerado un despilfarro.

Despilfarro por exceso de inventario:

Rajadell & Sánchez (2010) sostienen que es el resultado de “tener mayor cantidad de existencias de las necesarias (...) las necesidades más inmediatas. El hecho de que se acumule material antes y después del proceso indica que hay stock innecesario y que el flujo de producción no es continuo. (p. 27)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es la de no tener existencias innecesarias, ya que son consideradas como despilfarro.

Despilfarro por defectos:

Para Rajadell & Sánchez (2010) sostienen lo siguiente “es uno de los más aceptados en la industria, aunque significa una gran pérdida de productividad,



porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez” (p. 28).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, los despilfarros por defectos deben ser considerados como una pérdida en productividad, ya que debe incluirse un trabajo extra no realizado.

### 2.3.5 Value Stream Mapping (VSM)

Según Melendez D. (2017) afirma que: “Es la representación gráfica tanto de elementos de producción e información de un proceso. Esta herramienta permite entender completamente el flujo y, principalmente, detectar las actividades que no agregan valor al proceso” (p.11).

En consonancia el aporte hacia el proyecto, es que el VSM fue una herramienta que permitió comprender el flujo del proceso productivo.

Cruz J. & Cueva F. (2020) afirman que el Mapa del flujo de valor o Value Stream Mapping (VSM) es de utilidad para: “Identificar el flujo de valor del sistema productivo. Mediante esta herramienta se deben indicar recursos (...). Esto permite definir los procesos que más impacto tienen sobre el valor del producto o servicio, así como evaluar los desperdicios generados” (p.5).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que es el VSM fue de gran utilidad porque permitió detectar actividad que no agregan valor.

Rajadell & Sánchez (2010) plantean la siguiente definición: “Es una visión del negocio donde se muestra tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Se trata de plasmar en un papel de una manera sencilla y visual (...) valor” (pp. 34-35).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que el VSM ayudó a plasmar el proceso productivo de una manera sencilla y visual.

A continuación, Esquema de Value Stream Mapping. Ver Figura 7.

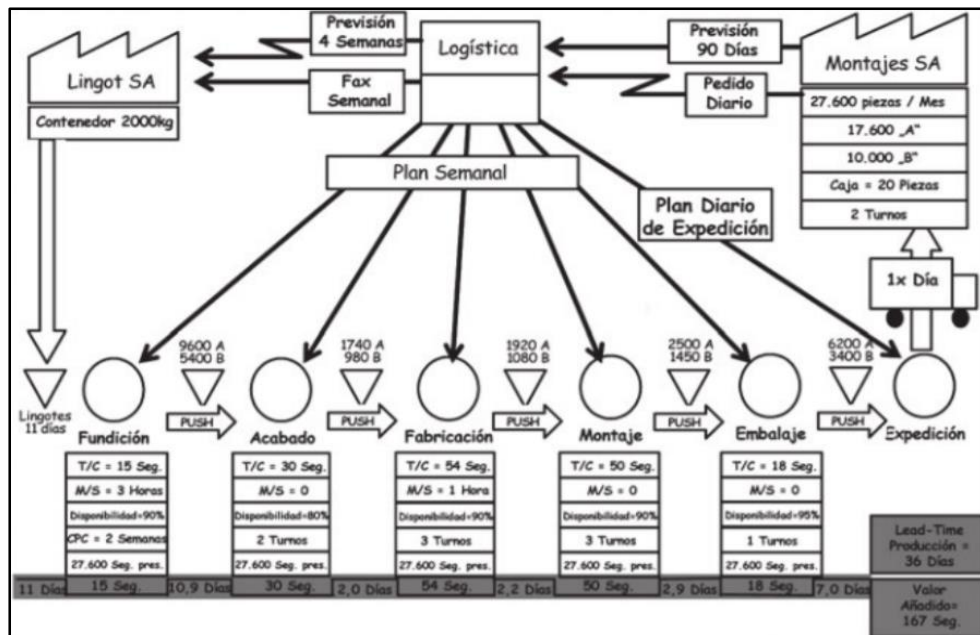


Figura 7: Value Stream Mapping  
Fuente: Rajadell & Sánchez (2010, p. 33)

Según Rother & Shook (1999) afirma que se puede trazar “la cadena de valor y comenzar a reconocer las zonas en las que hay sobreproducción (...) el mapa para elaborar y poner en prácticas rápidamente “un mapa del estado futuro” en el que se eliminen las fuentes” (p. 34).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que mediante la cadena de valor se reconoció las zonas donde se eliminaron los desperdicios.

Según Rother & Shook (1999) afirman que la finalidad de la Cadena de valor es: “Poner de relieve las fuentes de desperdicio y eliminarlas poniendo en marcha en un plazo breve una cadena de valor basada en el mapa del estado futuro (...), solamente lo que sus clientes necesitan, cuando lo necesitan” (p. 57).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que mediante la elaboración de una cadena actual e identificando los desperdicios se elaboró una cadena de valor futura.

### 2.3.6 Metodología kaizen

Según Rajadell y otros (2010) definen que Kaizen o mejora continua es: “Una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas que consiste en la acumulación gradual y continua (...) un problema productivo se

detiene para analizar las causas, tomar medidas correctivas que ayuden aumentar la eficiencia del sistema productivo” (pp.12-13).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que mediante el análisis de causas que afectan el proceso productivo se tomaron medidas correctivas enfocadas a una mejora continua.

Imai (2021) afirma que kaizen se define como: “Mejoramiento progresivo que involucra a trabajadores, gerentes que conforman una empresa u organización. La filosofía kaizen mantiene que nuestra forma de vida sea nuestra vida de trabajo, vida social o vida familiar que merece ser mejorada de manera constante” (p.39).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que se involucró a todos los que conforman la organización en el mejoramiento progresivo.

#### 2.3.7 Estudio del trabajo

Alzate (2006) indica: “El estudio del trabajo es un medio de aumentar la productividad y da resultados porque es sistemático, tanto para investigar los problemas como para darles solución; sistemático porque se recogen todos los datos que se relacionan con la operación” (pp. 45-46).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, el estudio del trabajo ayudó a aumentar la productividad.

Para Kanawaty (1996) indica que el estudio de trabajo es un: “Análisis sistemático de todas las tareas que se realizan en una determinada actividad, a tal punto de simplificar el trabajo excesivo o innecesario (...) que se estén realizando mediante la utilización eficaz de todos los recursos disponibles”. (p.9).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, el estudio del trabajo ayudó a determinar todas las actividades para minimizar el trabajo excesivo o innecesario.

A continuación, se muestra el esquema del estudio del Trabajo en la Figura 8.

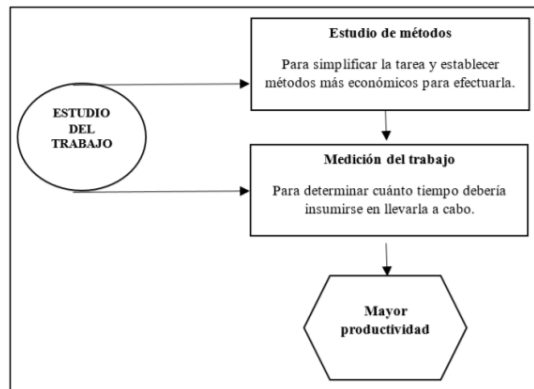


Figura 8: Estudio del Trabajo  
Fuente: Kanawaty (1996 p. 20)

### 2.3.8 Hoja de capacidad de operación

Según Socconini (2019), afirma que:

En la hoja de capacidad de operación se describe la capacidad de operación en cada etapa del proceso, teniendo en cuenta el tiempo estándar manual y/o automático de cada fase del proceso. También se describe el tiempo que tarda el cambio en cada secuencia de operación. El resultado final es la capacidad de producción de cada operación, y este dato se da en unidades de tiempo por pieza. (p. 257)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, la hoja de capacidad ayudó a describir el tiempo el cambio de operación.

### 2.3.9 Hoja de combinación de trabajo estandarizado

Según Socconini (2019), afirma que: “El cuadro combinado permite ver gráficamente la secuencia de producción y diseñar la secuencia para optimizar la capacidad. También es útil para equilibrar la carga de trabajo de cada operación de acuerdo con el tiempo takt” (p. 257).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que mediante la elaboración del cuadro combinado visualizar gráficamente la secuencia de producción.

### 2.3.10 Hojas de trabajo estandarizado

Según Socconini (2019), afirma que en la hoja de trabajo estándar se presenta: “El diseño del proceso (layout) con el operador y el flujo del material, para establecer los movimientos más eficientes de acuerdo (...) operaciones estáticas y dinámicas; se pueden observar las distancias; y, en general, se analizan las operaciones en grupo” (p. 259).

Según Alomía (2011), menciona que es una: “representación visual de la secuencia de actividades que realiza un operador, los tiempos que se requieren y recorridos que realiza el operador, así como los puntos de atención con respecto a la calidad, inspección y seguridad” (pp. 39-41).

Según Alomía (2011) define lo siguiente: “Las hojas estandarizadas de trabajo sirven para que el trabajador esté enterado de la secuencia del proceso de trabajo y lo que se debe de realizar dentro de la operación de la máquina.” (pp. 39-41)

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que mediante la elaboración de la hoja de trabajo estándar ayudó a establecer los movimientos más eficientes y los trabajadores visualizaron la secuencia de trabajo.

A continuación, en la Figura 9 se muestra la Hoja Estandarizada de Trabajo.

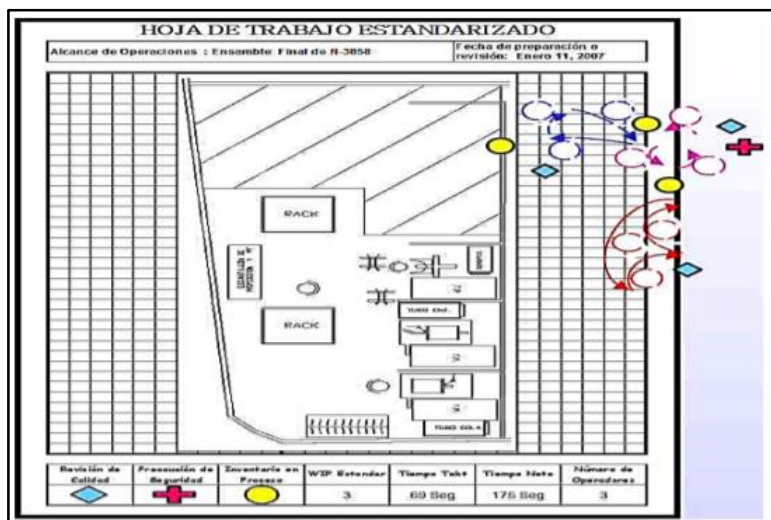


Figura 9: Hoja Estandarizada de Trabajo  
Fuente: Alomía (2011 p. 4)

### 2.3.11 Productividad

Según Krajewski (2008) define como los resultados que: “Los resultados que se obtienen en un proceso o sistema, es decir el valor de los productos (bienes o servicios) que se los recursos (costo de mano de obra, costo de equipos, etc.) que se han usado como insumos” (p. 23).

Según Prokopenko (1989) afirma que años atrás: “La OIT viene promoviendo un criterio liberal acerca de la productividad basada en la utilización eficaz y

eficiente de todos los recursos, es decir; el capital, la tierra, los materiales, la energía, la información, el tiempo, además del trabajo” (p. 4).

Según García (2011) afirma que:

La productividad es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron. El índice de productividad expresa el buen aprovechamiento de todos y cada uno de los factores de la producción, los críticos e importantes, en un periodo definido. (p.17)

Según OIT (2016) afirma que los factores internos de la productividad son: “aquellos sobre los que tiene control el propietario de la empresa (...) factores externos de la productividad son aquellos que están fuera del control de la empresa. Incluyen el acceso a la infraestructura, el clima, la situación del mercado, los impuestos, etc. No se puede hacer nada sobre estos factores, siempre y cuando el negocio siga funcionando en su configuración actual. Si éstos tienen un grave efecto negativo, el propietario de la empresa puede considerar reubicarse o cambiar la naturaleza del negocio” (p.10).

Según Gutierrez (2010) afirma que: “La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos” (p.21).

#### Importancia de la Productividad

Según Niebel (2009) afirma que: “Las herramientas más utilizadas para un aumento óptimo de la productividad son la medición y el estudio del trabajo, estas pueden verse utilizadas en todos los aspectos de una industria, ventas, administración, finanzas, producción, costos y mantenimiento” (p. 2).

En consonancia el aporte hacia el proyecto es, que mediante la medición de la productividad ayudó a mejorar todo lo relacionado con la producción estableciendo estándares y reduciendo tiempos.

## 2.4 Definición de términos básicos

Abastecimiento: “Cubrir las necesidades de materiales de la empresa, teniendo en cuenta sus prioridades competitivas en lo que refiere a calidad, coste y tiempo” (Gilbert L. & Pinedo M., 2015, p.13)

Calidad: “La calidad tiene que ver con cuán adecuado es un producto o servicio para satisfacer las necesidades de los clientes” (Lizarzaburu E., 2016, pp.33-54).

Cliente: “Es la persona, empresa u organización que adquiere o compra de forma voluntaria productos o servicios (...) empresa u organización; por lo cual, es el motivo principal por el que se crean, producen, fabrican y comercializan productos y servicios” (American Marketing Association, 2003).

Cliente interno: “El cliente interno son todos aquellos elegidos y contratados para desarrollar una labor específica en un puesto de trabajo asignado, donde tendrán que rendir resultados y así mismo tener unos deberes y derechos como miembros activos en una organización” (Bernal A., 2014, p. 3).

Demora: “Se grafica una demora cuando el proceso no se inicia inmediatamente después de una operación, es decir una interrupción entre la acción inmediata y la acción siguiente” (Janania, 2008, p. 11).

Indicador: “Un indicador puede definirse como una medida utilizada para cuantificar la eficiencia y/o eficacia de una actividad o proceso” (Álvaro, p. 63).

Lead Time: “Es el tiempo que el producto invierte dentro de la fábrica desde la llegada de la materia prima hasta la expedición del producto terminado” (Madariaga F., 2019, p. 12).

Just in Time: “Just in Time significa hacer lo que es realmente necesario, precisamente en el momento en que se necesita, y en la cantidad requerida” (Klaus L. & Siegfried K., 2015, p.12).

Mejora de Procesos: “La mejora de los procesos es el estudio de todos los elementos de este; es decir, la secuencia de actividades, sus entradas y salidas, con el objetivo de entender el proceso (...) producto y de la satisfacción del cliente” (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008).

**Metalmecánica:** “Es el conjunto de maquinarias, herramientas, procesos, conocimientos y oficios que transforman materia prima metálica en productos terminados y semiterminados que se insertan en las cadenas productivas de otros sectores industriales” (Sermasol, 2020).

**Optimización:** Ordoñez (citado en Gonzales, 2017) lo define como: “La búsqueda de la mejor solución o propuesta que se les presenta a los problemas, con la finalidad de que la misma sea satisfactoria en todos los ámbitos cubriendo cada una de las expectativas”.

**Proceso:** “Todo conjunto de actividades que desempeña una organización que toma insumos y los transforma en productos, los cuales, en un plano ideal, representan mayor valor para ella que los insumos originales” (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009, p. 178).

**Producción:** “Proceso por medio del cual se crean los bienes y los servicios económicos” (Jiménez, 2013, p. 455).

**Productividad:** “La productividad es una medida de qué tan eficientemente utilizamos nuestro trabajo y nuestro capital para producir valor económico” (Galindo M. & Ríos V., 2015, p. 12).

**Rentabilidad:** “El cálculo de un margen que evalúa la productividad de las ventas para generar beneficios, así como también de una rotación, la cual mide la eficacia con que se gestiona la inversión neta de la empresa” (Aguirre et al., 1997).

**Reproceso:** “Son unidades inaceptables que se vuelven a procesar para que puedan ser consideradas como productos terminados y aceptables” (González, 2014).

**Satisfacción del Cliente:** “El nivel del estado de ánimo de una persona que resulta de comparar el rendimiento percibido de un producto o servicio con sus expectativas” (Philip Kotler, 2003).

**Tiempos:** Magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro, y cuya unidad en el sistema internacional es el segundo. Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.3 en línea]. [2020].



Tiempo de espera: “Tiempo perdido por los trabajadores a causa de la falta de materias primas, rotura de equipos u otras causas fuera de su control” (Rosenberg, 1995).

## 2.5 Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis (figuras, mapas conceptuales)

En la siguiente Figura 10, se muestra el mapa conceptual en el cual se identifican las variables independientes, dependientes, sus respectivos indicadores y las hipótesis.

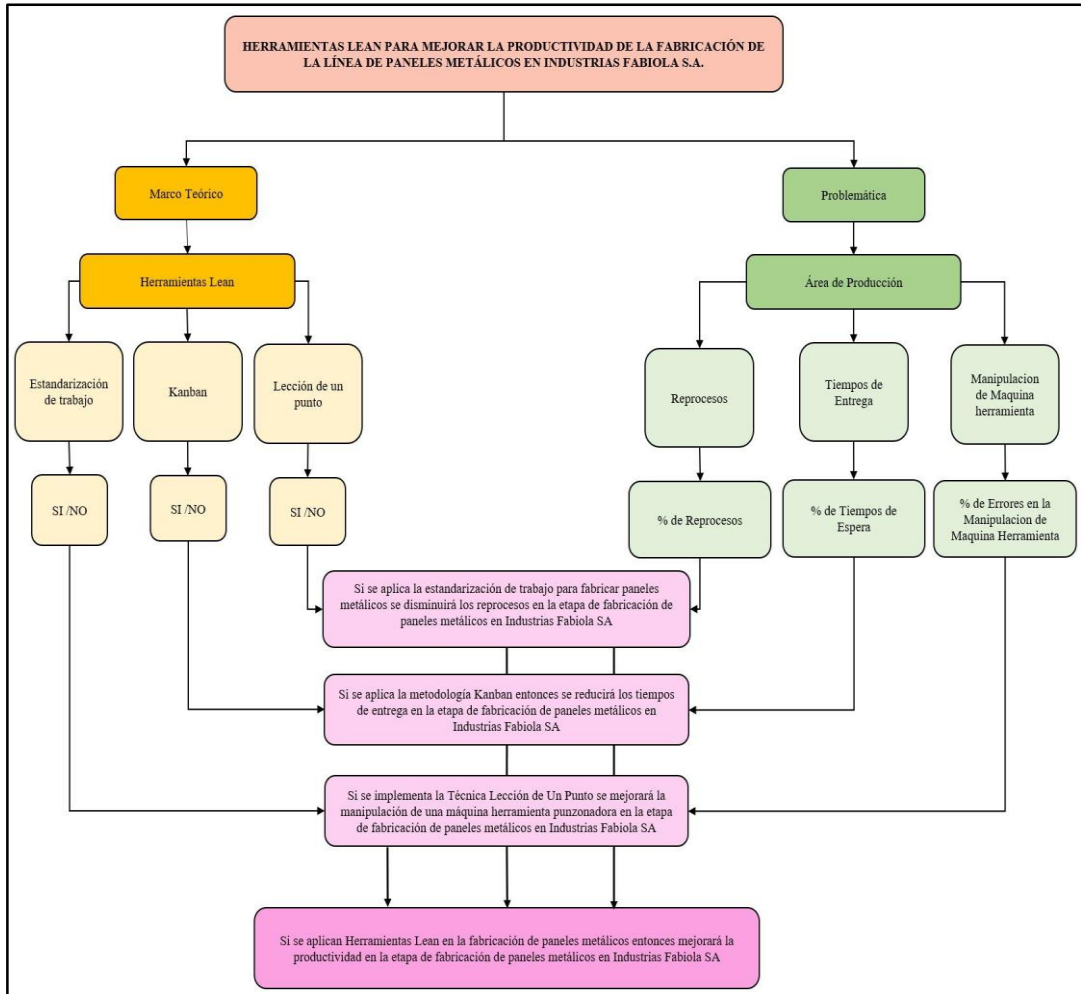


Figura 10. Mapa Conceptual de los Fundamentos Teóricos que sustentan la hipótesis.  
Fuente: Área de producción de INFASA

## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis principal

Si se aplican Herramientas Lean en la fabricación de paneles metálicos entonces mejorará la productividad en la etapa de fabricación de paneles metálicos en INFASA.

#### 3.1.2 Hipótesis secundarias

- a) Si se aplica la estandarización de trabajo para fabricar paneles metálicos se disminuirán los reprocesos.
- b) Si se aplica la metodología Kanban entonces se reducirán los tiempos de entrega en la etapa de fabricación de paneles metálicos.
- c) Si se implementa la Técnica Lección de Un Punto se mejorará la manipulación de una máquina herramienta punzonadora.

### 3.2 Variables

#### Variable Independiente

- Herramientas Lean
- Dimensiones
- Estandarización de Trabajo
  - Kanban
  - Lección de un punto

#### Variable Dependiente

- Productividad
- Dimensiones
- Reprocesos
  - Tiempo de entrega
  - Manipulación de máquina herramienta punzonadora

#### Indicador de Variable Dependiente por semana

- % de Reprocesos
- % de Tiempo de Espera
- % de errores en la manipulación de máquina herramienta punzonadora

#### Matriz de operacionalización de variables

El contenido de la matriz de operacionalización de variables se muestra en el anexo 2 de la presente tesis.

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 4.1 Enfoque, tipo y nivel

#### Enfoque de la investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, ya que, utilizó la recolección de datos y su respectivo análisis con la finalidad de medir el incremento de la productividad del proceso de fabricación de la línea de paneles metálicos.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el enfoque cuantitativo es: “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, debido a que se buscó a través de la teoría existente la forma de cómo aplicar las herramientas Lean para lograr mejorar el indicador de productividad del proceso de fabricación de la línea de paneles metálicos.

Según Ñaupás et al., 2013, “Se llaman aplicadas porque con base en la investigación básica, pura o fundamental, en las ciencias fácticas o formales (...) se formulan problemas e hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida productiva de la sociedad” (p.61).

#### Nivel de la investigación

El método (nivel) de investigación del presente estudio es explicativo dado que se buscó identificar en qué medida la aplicación de herramientas Lean mejorará la productividad en la empresa Industrias Fabiola S.A.

Según Hernández, Fernández & Baptista (2014) afirman que los estudios explicativos “más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales” (p. 95).

## 4.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación de la presente tesis fue experimental mediante su variante cuasi experimental, ya que, se manipuló la teoría de la variable independiente y se observó su efecto en la variable dependiente, a razón de que existe una relación causal entre dichas variables. Además, hubo una prueba de control y el análisis con los datos siguientes fue con el objetivo de observar los cambios realizados.

Según Hernández, Fernández & Baptista (2014) afirman de los diseños cuasiexperimentales que “los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes del experimento: son grupos intactos” (p. 151).

## 4.3 Población y muestra

Para Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014), definen a la población como “conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p. 174).

Arias F. (2012), sostiene sobre la población “el número de unidades que la integran, resulta accesible en su totalidad, no será necesario extraer una muestra. En consecuencia, se podrá investigar u obtener datos de toda la población objetivo, sin que se trate estrictamente de un censo” (p. 83).

En conclusión, es la totalidad del fenómeno de estudio, donde poseen características comunes la cual se estudió y da origen a los datos de la investigación.

La presente investigación contó con una población de 756 paneles metálicos entre los meses de mayo de 2020 y abril de 2021.

Para Baptista, P., Fernández, C. y Hernández, R. (2014), definen a la muestra como “un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población.” (p. 175). En conclusión, es en esencia, un subgrupo de la población.

La presente investigación contó con un tamaño de muestra de 520 paneles metálicos en los meses de mayo y junio del 2021.

Dimensión de Variable Dependiente - Reproceso: % de Reprocesos

Población

La población es la cantidad total de reprocesos que realizan los operarios entre los meses de mayo de 2020 y abril de 2021.

Muestra

Reprocesos en el proceso de habilitado entre mayo y junio del 2021.

Dimensión de Variable Dependiente - Tiempo de Entrega: % de Tiempo de Espera

Población

La población de los tiempos de espera que tuvieron los operarios en el proceso de ensamble entre los meses de mayo de 2020 y abril de 2021.

Muestra

Tiempos de espera en el proceso de ensamble entre mayo y junio del 2021.

Dimensión de Variable Dependiente - manipulación de máquina herramienta punzonador: % de errores en la manipulación de máquina herramienta punzonadora

Población

La población de la cantidad de errores que tuvieron los operarios en la manipulación de la máquina herramienta en el proceso de habilitado entre los meses de mayo de 2020 y abril de 2021.

## Muestra

Cantidad de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora entre mayo y junio del 2021.

En la Tabla 1, se resumen las dimensiones de la variable dependiente con su indicador representado en porcentajes correspondiente, población Pre y muestra Pre para el presente trabajo de investigación.

Tabla 1:

*Población y Muestra de Pre-Test y Post-Test*

	<b>Dimensiones VD</b>	<b>Indicador</b>	<b>Población Pre</b>	<b>Muestra Pre</b>	<b>Población Post</b>	<b>Muestra Post</b>
<b>1</b>	Reprocesos	% de Reprocesos por semana	Reprocesos en el habilitado de MP Mayo 2020 - Abril 2021	8 Reprocesos en el habilitado de MP Mayo a Junio 2021	8 Reprocesos en el habilitado de MP Julio a Agosto 2021	8 Reprocesos en el habilitado de MP Julio a Agosto 2021
<b>2</b>	Tiempo de entrega	% de Tiempo de Espera por semana	Tiempo de espera en el proceso de ensamble Mayo 2020 - Abril 2021	8 Tiempos de espera en el proceso de ensamble Mayo a Junio 2021	8 Tiempo de espera en el proceso de ensamble Julio a Agosto 2021	8 Tiempo de espera en el proceso de ensamble Julio a Agosto 2021
<b>3</b>	Manipulación de máquina herramienta punzonadora	% de errores en la manipulación de máquina herramienta punzonadora por semana	Errores en la manipulación de la máquina herramienta Mayo 2020 - Abril 2021	8 errores en la manipulación de la máquina herramienta Mayo a Junio 2021	8 errores en la manipulación de la máquina herramienta Julio a Agosto 2021	8 errores en la manipulación de la máquina herramienta Julio a Agosto 2021

*Fuente: Área de producción de INFASA*

## 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 4.4.1 Técnicas e instrumentos

Sampieri, Fernández y Baptista (2010) indica que “Que de acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis [...], la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre los atributos o variables de las unidades de análisis” (p. 198).

Valderrama. S, (2013) sostiene que “Los instrumentos son los medios materiales que emplea el investigador para recoger y almacenar información. Pueden ser formularios, pruebas de conocimientos o escalas de actitudes, como Likert, semántico y de Guttman; también pueden ser listas de chequeo, inventarios, cuadernos de campo, fichas de datos para seguridad (FDS), etc. Por lo tanto, se deben seleccionar coherentemente los instrumentos que se utilizaran en la variable independiente y en la dependiente” (p. 195)

Dimensión de Variable Dependiente - Reproceso: % de Reprocesos

#### a) Técnicas e instrumentos

- Técnicas  
Análisis Documental
- Instrumentos  
Registro de contenido

Dimensión de Variable Dependiente - Tiempo de Entrega: % de Tiempo de Espera

#### a) Técnicas e instrumentos

- Técnicas  
Análisis Documental
- Instrumentos  
Registro de contenido

Dimensión de Variable Dependiente - manipulación de máquina herramienta punzonadora: % de errores en la manipulación de máquina herramienta punzonadora



a) Técnicas e instrumentos

- Técnicas  
Análisis Documental
- Instrumentos  
Registro de contenido

En la Tabla 2 se muestran las técnicas que se emplearon en el presente estudio junto a los instrumentos que se utilizó para cada una de ellas.

Tabla 2:  
*Técnicas e instrumentos*

<b>Dimensiones de la variable dependiente</b>	<b>Indicadores por semana</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos</b>
Reprocesos	% de Reprocesos	Análisis documental	Registro de contenido de reprocesos en el habilitado
Tiempo de entrega	% de Tiempo de espera	Análisis documental	Registro de contenido de Tiempos de espera
Manipulación de máquina herramienta punzonadora	% de errores en la manipulación de máquina herramienta punzonadora	Análisis documental	Registro de contenido de errores en la manipulación de punzonadora

*Fuente: Área de producción de INFASA*

#### 4.4.2 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

El instrumento que se utilizó en el presente estudio cuenta con la validez y confiabilidad de la propia empresa, por cuanto la información y datos analizados son reales y fueron ejecutados en sus periodos correspondientes.

#### 4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos

El procedimiento para recolección de datos fue el mismo para las tres dimensiones de la variable dependiente de la presente tesis y se realizó en el área de la línea de fabricación de paneles metálicos en las actividades de habilitado y ensamble.

Además, el instrumento utilizado es el registro de contenido, en el cual se efectuó las anotaciones respecto a la cantidad de reprocesos, tiempos de espera

y registro de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora.

La información de los registros fue proporcionada por el supervisor de producción, asimismo, fueron completados por los operarios en las actividades de habilitado y ensamble en un formato diario para su posterior entrega al final de la jornada laboral. Estos formatos fueron completados con cantidades de reprocesos, tiempos de espera y errores en la manipulación según corresponda en las actividades de habilitado y ensamble que se originaron.

#### 4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Con las variables y sus indicadores ya establecidos anteriormente, permitió medir, analizar y verificar los datos, a fin de obtener la información suficiente y necesaria para el análisis de resultados de la investigación. Para ello se desarrolló la matriz de análisis de datos que se muestra a continuación (Ver Tabla 3).

Tabla 3:  
*Matriz de Análisis de datos*

<b>Dimensiones de Variable Dependiente</b>	<b>Indicadores por semana</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Estadísticos descriptivos</b>	<b>Análisis inferencial</b>
Reprocesos	% de Reprocesos	Escala de Razón	Media, Mediana, Varianza	Prueba paramétrica T student para muestras independientes
Tiempo de entrega	% de Tiempo de Espera	Escala de Razón	Media, Mediana, Varianza	Prueba paramétrica T student para muestras independientes
Manipulación de máquina herramienta punzonadora	% de errores en la manipulación de máquina herramienta punzonadora	Escala de Razón	Media, Mediana, Varianza	Prueba paramétrica T student para muestras independientes

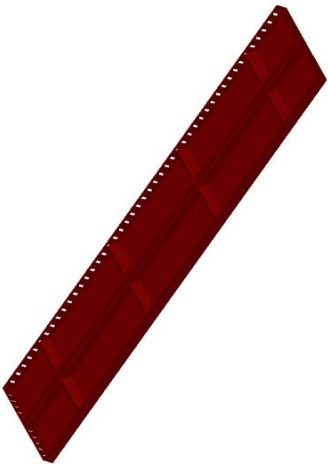

Fuente: Área de producción de INFASA

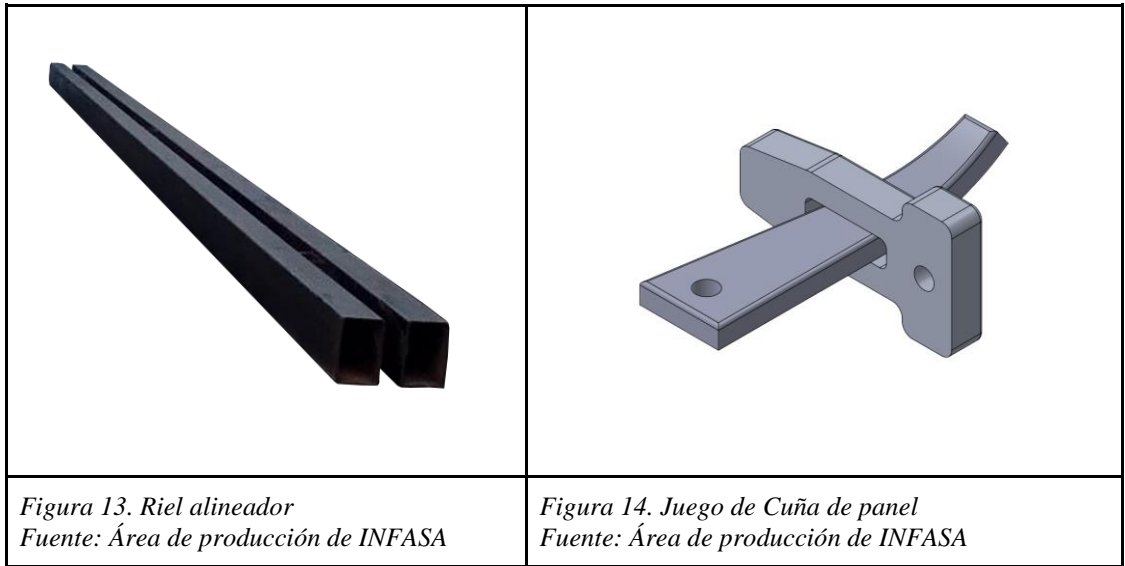
# CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

## 5.1 Presentación de Resultados

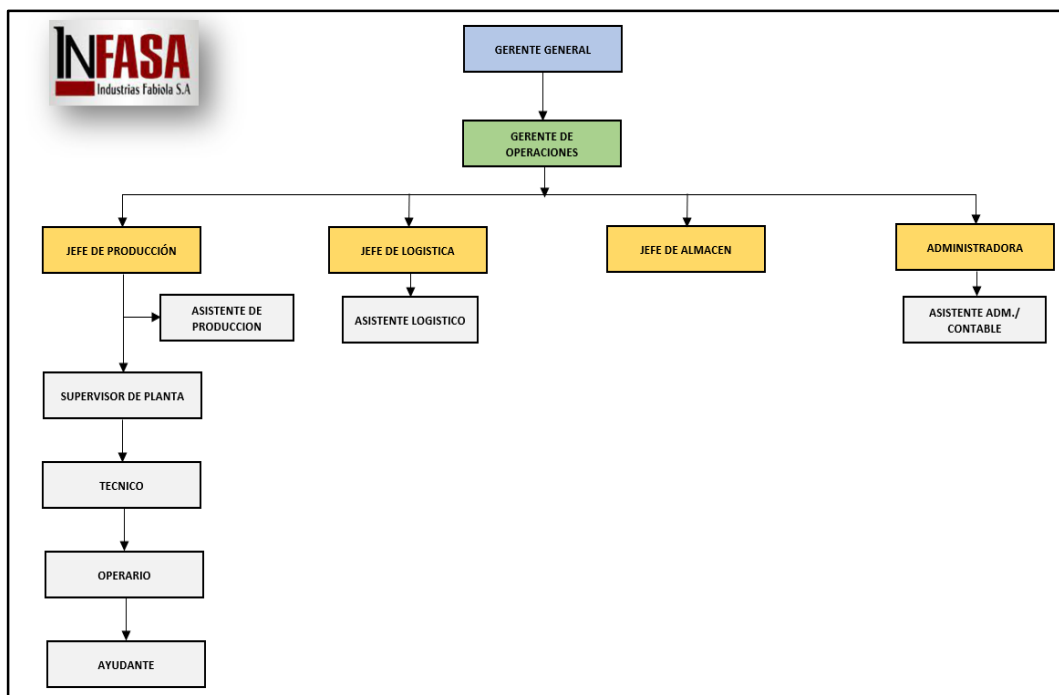
### Generalidades

Industrias Fabiola S.A. dedicada al rubro de metalmecánica dedicada a la fabricación de equipos para la construcción civil como paneles metálicos, paneles mixtos, esquinero exterior, esquinero interior, puntales metálicos, puntales de aplome, cabezales de viga, trípode para puntales, grampas zincadas, juego de cuñas, rieles alineadores, ménsulas de trepado y todo tipo de accesorios que estos requieren. Infasa fue creada a fin de satisfacer las necesidades de Sermaqui EIRL, quien se dedica a la venta y alquiler de equipos de construcción importados; por lo cual, Infasa desde el 2018 comenzó a fabricar sus primeros paneles metálicos y posteriormente comienza a desarrollar otros equipos como puntales, cabezales de vigas H20, accesorios, entre otros, según requerimientos de los clientes, creando así su sistema de encofrado Infasa. También ofrece asesoría integral de proyectos, convirtiéndose en los mejores aliados de los clientes, al conocer los requerimientos de sus proyectos. A continuación, en las figuras 011, 12, 13 y 14 se muestran algunos de los productos fabricados por Infasa.

	
<p><i>Figura 11. Panel Metálico</i> <i>Fuente: Área de producción de INFASA</i></p>	<p><i>Figura 12. Puntales metálicos</i> <i>Fuente: Área de producción de INFASA</i></p>



El equipo de Producción en Infasa está conformado por 01 Jefe de Producción, 01 Asistente de Producción, 01 Supervisor de Planta, 03 Técnicos Soldadores, 06 Operarios y 04 ayudantes. La planta de Producción Infasa está ubicada en el distrito de Villa el Salvador y sus oficinas principales en el distrito de Santiago de Surco en la provincia de Lima del departamento de Lima. La estructura orgánica se muestra en la figura 15.



*Figura 15. Organigrama de la empresa metalmecánica INDUSTRIAS FABIOLA S.A*  
Fuente: Área de producción de INFASA.

Con los años de experiencia en el rubro, se brinda apoyo de fabricación a los clientes entre ellos SERMAQUI PERÚ, DOKA PERU, NOPIN ENCOFRA, IRON TRUST, IMAB SOLUTIONS y CORTA PERÚ.

En Producción Infasa se detectaron deficiencias que afectan notablemente al área de producción, en cuanto a tiempos de fabricación. Es muy importante reducir o en el mejor caso eliminar los reprocesos ya que los tiempos de entregas parciales o totales son cortos y al realizar los reprocesos alarga el proceso de fabricación de los paneles metálicos. Últimamente se tuvo ciertos inconvenientes con algunos clientes en cuanto a tiempos de entrega y calidad parcial de los paneles. Los clientes manifiestan que los tiempos de sus proyectos son demasiados cortos y necesitan los paneles a la brevedad posible; por otro lado, cuando el cliente arma su sistema de encofrado Infasa, estos no cumplen con la calidad y funcionalidad, manifestando los clientes su inconformidad. En ocasiones se ha corregido el problema in situ siendo los principales problemas la simetría de las perforaciones que son el sistema de unión de los paneles metálicos.

Problemáticas como la antes mencionada deben ser detectadas a tiempo a fin de ser corregidas en la planta y de esa forma despachar los paneles con la mejor calidad que satisfaga las necesidades de los clientes de Infasa.

Los paneles son 100% metálicos y son una alternativa económica para el sector de construcción, al ser metálicos cuentan con una alta resistencia, durabilidad, tienen un acabado uniforme y de alta calidad, y estos sólo requieren un mínimo de mantenimiento. Los paneles están disponibles en diferentes dimensiones, siendo el panel de 2400 x 600 mm el de más demanda en el sector de la construcción. La simplicidad del diseño de los paneles metálicos logra una alta productividad en el sistema de armado, por lo cual es armado manualmente y/o con grúa, dependiendo de la complejidad del encofrado. Los paneles metálicos son empleados en una variedad de tipo de estructuras como vigas de cimentación, zapatas, muros de contención, cisternas, reservorios entre otros.

La cara de contacto del panel es fabricada con plancha de acero estructural A36 de 2.5 mm de espesor, característica que le permite tener una larga vida útil al panel, la parte central que da rigidez al panel está compuesta por ángulos plegados (Perfil L) de acero estructural A36 y estos son complementados con ángulos de 2" x 2" en acero estructural A36 que tienen la función de ser atiesadores horizontales y para

proteger los paneles metálicos de las condiciones a las que son expuestos tanto de trabajo como ambientales se le aplica una capa de pintura antioxidante a excepción de la cara de contacto.

A continuación, Plano del Panel metálico de 600 x 2400 mm donde se muestran los materiales. Ver Figura 16.

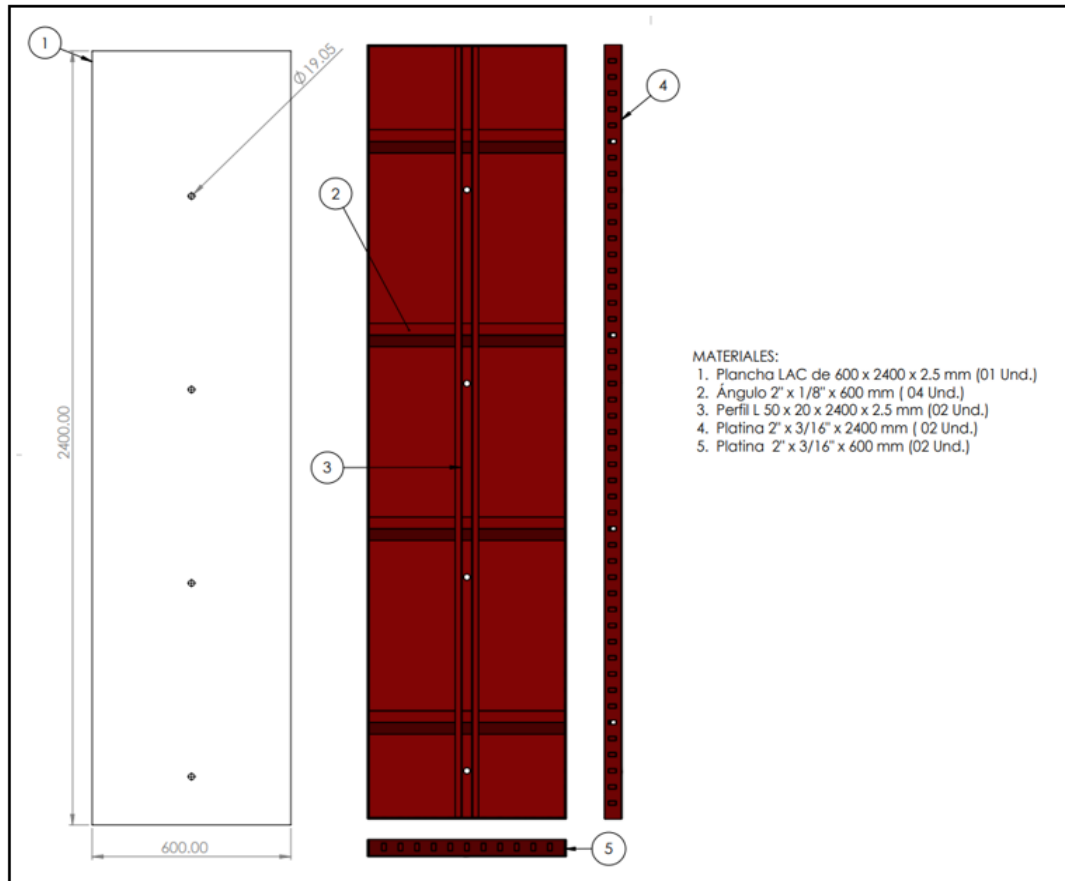


Figura 16. Panel Metálico de 600 x 2400 mm

Fuente: Área de producción de INFASA.

La lista de materiales del producto en el estudio presente, denominado panel metálico, es conformado por 1 unidad de plancha de 600x2400mm, 4 unidades de ángulo 1/8"x2", 2 unidades de perfil L de 20x50x2.5x2400mm, 2 unidades de platina 3/16"x2"x2400mm y 1 unidad de platina 3/16"x2"x600mm. Ver Figura 17.

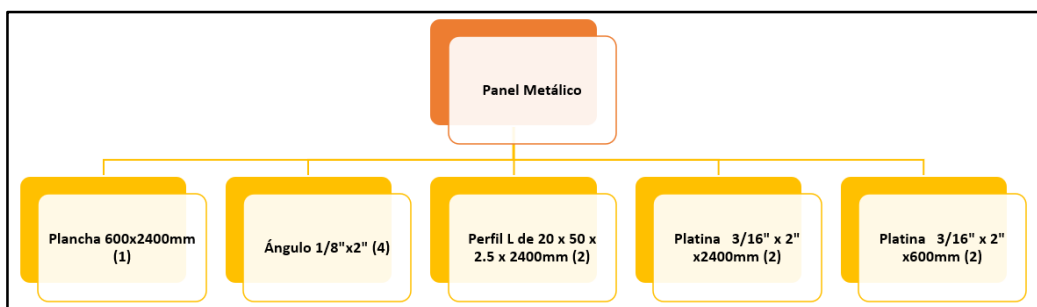


Figura 17. Lista de materiales de la fabricación de paneles metálicos 2400x600mm.

Fuente: Área de producción de INFASA.

Adicionalmente, el diagrama de operaciones del proceso, ver Figura 18, ilustra el proceso de fabricación de un panel metálico terminado para el usuario final.

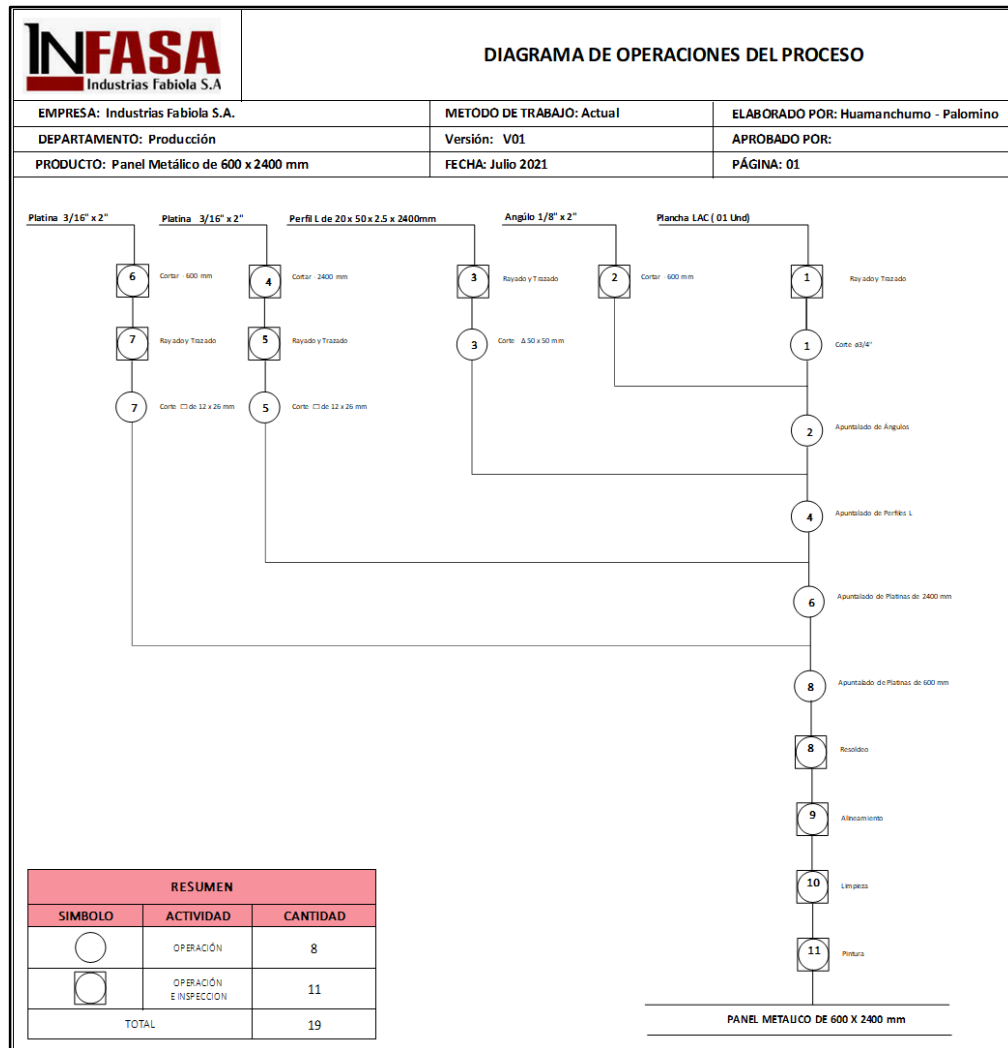


Figura 18. Diagrama de Operaciones del Proceso de fabricación de un panel metálico.  
Fuente: Área de producción de INFASA.

Obteniéndose en resumen 8 operaciones y 11 operaciones combinadas para la fabricación de un panel metálico.

El diagrama Causa-Efecto, ver Figura 19, refleja los problemas existentes, siendo las causas más frecuentes e importantes en las ramas de método, material y mano de obra. Las cuales son que no existe estandarización de trabajo en el habilitado, tiempos de espera en la entrega de materiales en el ensamble y errores en la manipulación de máquina-herramienta en el habilitado de la fabricación.

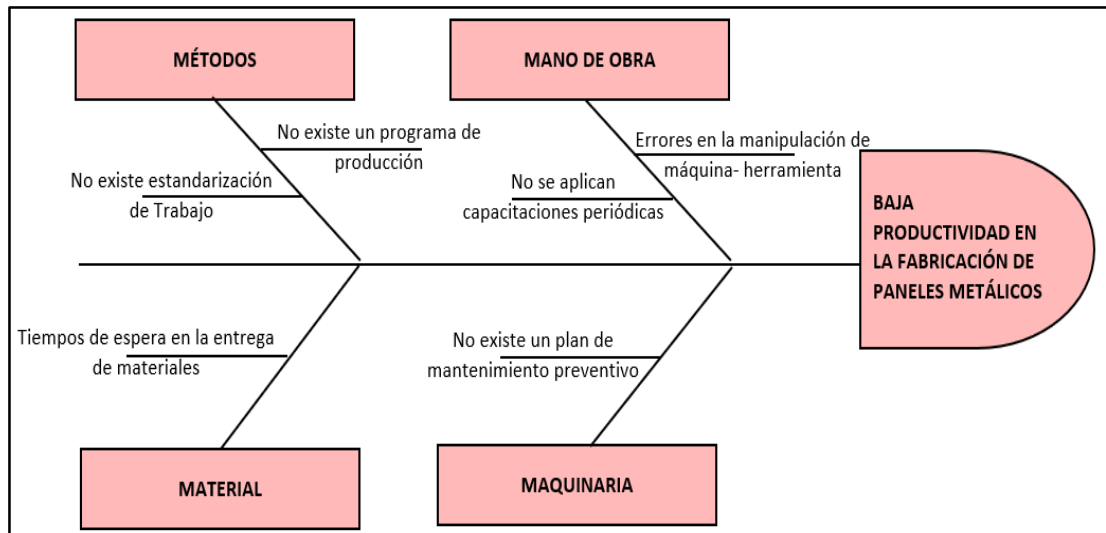


Figura 19. Diagrama Causa-Efecto de baja productividad en la fabricación de paneles metálicos  
Fuente: Área de producción de INFASA.

**Objetivo específico 01:** Aplicar la estandarización de trabajo para disminuir los reprocesos

#### Situación Antes (Pre-Test)

La situación pre, antes de realizar la implementación de la primera variable independiente se identificó que en el área de producción se evidenció un gran número de reprocesos en la etapa de habilitado de la línea de paneles metálicos de 600 x 2400 mm. Se observó que los operarios no cumplen con los parámetros de medidas para el habilitado de las piezas a ensamblar generando deficiencias en el producto final y reprocesos reflejados en el sobre costo en producción que no es estimado económicamente.

Se observó en la etapa de habilitado que un porcentaje de las planchas estaban mal perforadas, sus perforaciones de corte  $\varnothing 3/4"$  no se encontraban centradas, ni al eje de las planchas, esto genera que, en el momento de encofrar, los paneles metálicos no estén alineados cara con cara ya que no cuentan con simetría para poder arristrarlas con los espárragos.

Se observó que un porcentaje de platinas estaban mal perforadas y con contaban con las simetrías correctas de 50 mm de separación que deben de tener, ya que estas perforaciones permiten la unión de panel con panel usando los juegos de cuñas (chaveta + candado), estas uniones son en cualquier altura según los requerimientos.



A continuación, se muestra Sistema de encofrado de columna Infasa con paneles de 600 x 2400 mm. Ver Figura 20.



Figura 20. Sistema de Encofrado de columna Infasa con paneles metálicos de 60 x 240cm.  
Fuente: Área de producción de INFASA.

En el caso de los ángulos y perfiles L, si estos no son habilitados con las medidas de corte requeridas generan problemas al operario en el momento del ensamblado. Se evidencia un trabajo cíclico en la etapa de habilitado por los pedidos a realizar, tareas de alta precisión y de gran cantidad de piezas a realizar para satisfacer la demanda, y la escasez de horas de máquina inactiva en el proceso de fabricación de paneles metálicos.

### Muestra antes

En la siguiente Tabla 4 se muestran el número de reprocesos de los meses Mayo y Junio del 2021 detallados.

Tabla 4:

*Muestra Pre-test de reprocesos del mes de Mayo y Junio del 2021*

Muestra Pre Test (1)	Cantidad de Reprocesos
1	50
1	51
1	59
1	47
1	70
1	70
1	67
1	55

Fuente: Área de producción de INFASA.

A continuación, se muestra Cuadro estadístico de barras de los Reprocesos Pre-Test en la etapa de Habilitado de la Fabricación de Paneles Metálicos. Ver Figura 21.

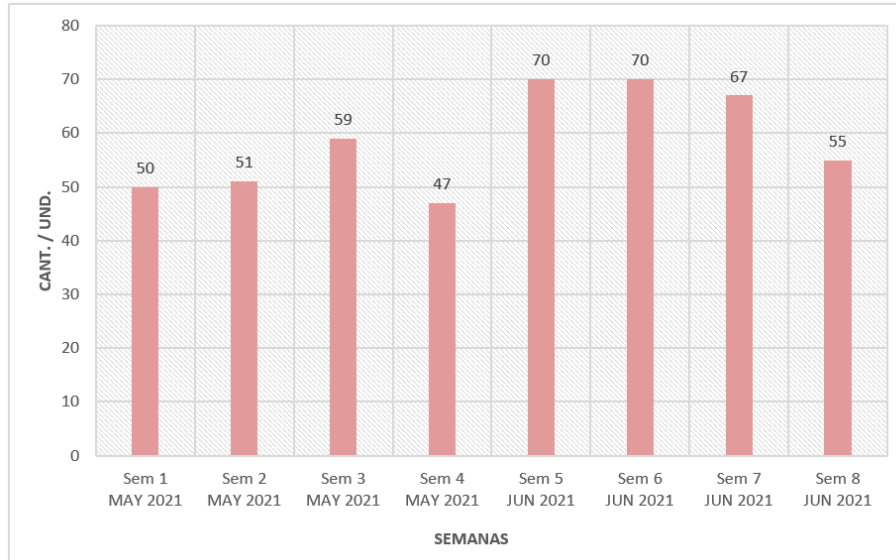


Figura 21. Reprocesos Pre-Test en la etapa de Habilitado de la Fabricación de Paneles Metálicos.  
Fuente: Área de producción de INFASA.

### Aplicación de la Teoría (Trabajo Estandarizado)

Por lo expuesto en el presente trabajo de investigación en la situación pre, las condiciones del trabajo estandarizado están establecidas, como es el trabajo cíclico en las actividades de fabricación de la línea de paneles metálicos, alta calidad de procesos y piezas en la fabricación y el poco tiempo de inactividad del equipo utilizado en la línea de fabricación de paneles metálicos. Para aplicar el Método Kanban Producción se realizó en las siguientes etapas. Ver Figura 22.

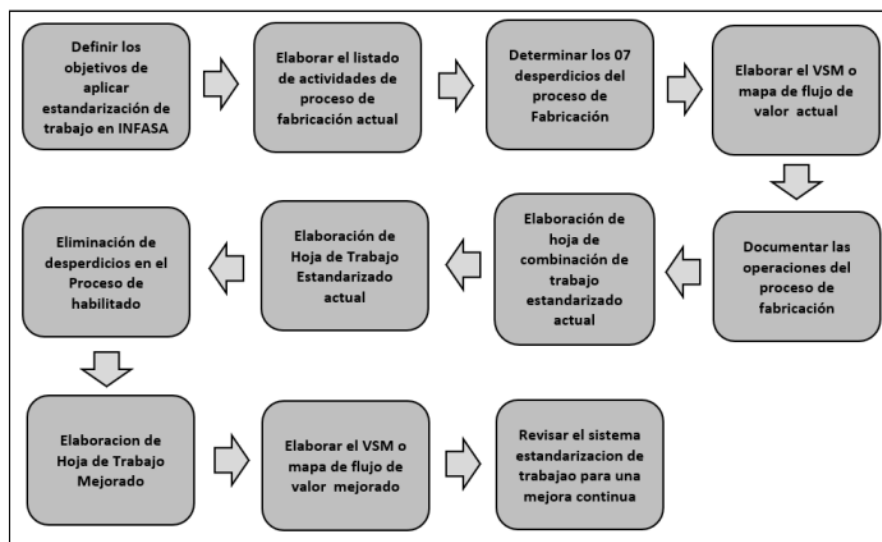


Figura 22. Proceso de Aplicación de estandarización de trabajo.

A continuación, el listado de las actividades del proceso de fabricación con los tiempos respectivos de las actividades y el tipo de desperdicio que representa. Ver

Figura 23. Adicionalmente, se determinaron los siete desperdicios del proceso de fabricación, la cual se refleja en la Tabla 5.

A continuación, el Value Stream Mapping (VSM) o Mapa de Flujo de Valor actual, con los datos obtenidos de la Figura 24, bajo la jornada de 9 horas de trabajo, 1 hora de almuerzo, 48 días de trabajo y una demanda total de 520 paneles metálicos.

SUBPROCESO	ITEM	ACTIVIDADES	TIEMPO (Seg)	CAUSA	TIPO DE DESPERDICIO	
HABILITADO	PLANCHA 600 X 2400 mm	1	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO	10	Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento
		2	TRAZADO DE PLANCHA ( SEGÚN PARAMETROS DADOS)	180		
		3	CENTRADO CON PUNZON DE MANO - A GOLPE ( PUNZON CENTRAL)	100		
		4	ACARREO DE MATERIAL HACIA EL PUNTO A TRABAJAR	10	Material ubicado en zona de tránsito	Movimiento
		5	CONTROL DE CALIDAD	30	Exceso de inspecciones	Sobre proceso
		6	CORTE #3/4 - 04 CORTES	120		
		7	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ENSAMBLE	10	Operario traslada manualmente	Transporte
	PLATINA DE 2400mm	1	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO	10	Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento
		2	CORTE A MEDIDA DE PLATINA	10		
		3	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO	10	Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento
		4	TRAZADO DE PLATINA( SEGÚN PARAMETROS DADOS)	600		
		5	RAYADO DE PLATINA	240		
		6	ACARREO DE MATERIAL HACIA EL PUNTO A TRABAJAR	10	Material ubicado en zona de tránsito	Movimiento
		7	CONTROL DE CALIDAD	60	Exceso de inspecciones	Sobre proceso
		8	CORTE - Corte □ de 12 x 26 mm 49 und.	1800		
		9	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ENSAMBLE	10	Operario traslada manualmente	Transporte
	PLATINA DE 600mm	1	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO	10	Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento
		2	CORTE A MEDIDA DE PLATINA	10		
		3	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO	10	Material ubicado en zona de tránsito	Movimiento
		4	TRAZADO DE PLATINA( SEGÚN PARAMETROS DADOS)	180		
		5	RAYADO DE PLATINA	80		
		6	ACARREO DE MATERIAL HACIA EL PUNTO A TRABAJAR	10	Material ubicado en zona de tránsito	Movimiento
		7	CONTROL DE CALIDAD	60	Exceso de inspecciones	Sobre proceso
		8	CORTE - Corte □ de 12 x 26 mm	450		
		9	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ENSAMBLE	10	Operario traslada manualmente	Transporte
	ANGULO 600 mm	1	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO	10	Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento
		2	CORTE A MEDIDA DE ANGULO	20		
		3	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ENSAMBLE	10	Operario traslada manualmente	Transporte
		1	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO	10	Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento
		2	TRAZADO DE PERFIL ( SEGÚN PARAMETROS DADOS)	350		
3		CONTROL DE CALIDAD	60	Exceso de inspecciones	Sobre proceso	
PERFIL L 20 X 50 mm	4	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO	10	Material ubicado en zona de tránsito	Movimiento	
	5	Corte Δ 50 x 50 mm	240			
	6	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ENSAMBLE	10	Operario traslada manualmente	Transporte	
	1	APUNTALADO DE ANGULOS	720			
	2	APUNTALADO DE PERFILES L 20 x 50 mm	1200			
	3	APUNTALADO DE PLATINAS DE 2400 mm	1500			
ENSAMBLE	4	APUNTALADO DE PLATINAS DE 600 mm	600			
	5	RESOLDEO DEL PANEL	900			
	6	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ACABADO	15	Operario traslada manualmente	Transporte	
	1	ALINEAMIENTO DEL PANEL	900			
	2	INSPECCION Y CONTROL DE CALIDAD	90	Exceso de inspecciones	Sobre proceso	
	3	ESPERA DEL OPERARIO DE ALINEAMIENTO	60	Operario espera termino de trabajo de inspección	Espera	
ACABADO	4	LIMPIEZA	600	Operario se demora en la limpieza del área de trabajo	Movimiento	
	5	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA PINTURA	15	Operario traslada manualmente	Transporte	
	1	APLICAR UNA CAPA DE DESMOLDANTE A LA CARA DE LA PLANCHA	60			
	2	PINTURA AL PANEL DE 600 X 2400 mm	360			
	3	INSPECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD FINAL DEL PANEL METALICO	120	Exceso de inspecciones	Sobre proceso	
PINTURA	4	ACARREO ALMACEN / APLAMIENTO PARA SECADO	15	Operario traslada manualmente	Transporte	
	<b>Tiempo de Ciclo Total</b>			<b>11905</b>		

Figura 23. Lista de desperdicios del proceso de fabricación de paneles metálicos de INFASA.

Fuente: Área de producción de INFASA.

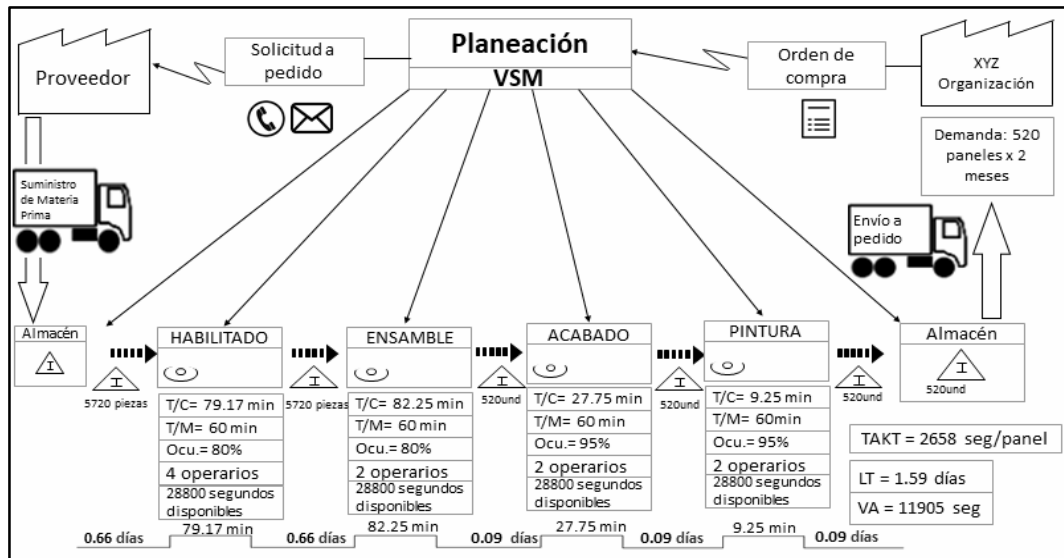


Figura 24. VSM actual de la empresa INFASA  
Fuente: Área de producción de INFASA.

Tabla 5:  
Los 7 desperdicios de la empresa.

T	Transporte (Transport)	La sobreproducción de productos terminados ocasiona transportes innecesarios de estos productos al almacén.
I	Inventario (Inventory)	Inventario acumulado alrededor de las estaciones de trabajos de habilitado y ensamble.
M	Movimiento (Motion)	El traslado del operario para verificar si las piezas habilitadas están completas para su posterior ensamble del producto.
W	Esperas (Waiting)	En las etapas habilitado y ensamble se forma los cuellos de botellas del proceso de fabricación.
O	Sobre-proceso (Over processing)	Excesivas inspecciones en la etapa de habilitado de los paneles metálicos a causa de los errores en las medidas de los punzonados en la fabricación.
O	Sobre-producción (Over production)	Sobre producción en la fabricación de paneles metálicos por deficientes planificaciones previas
D	Defectos (Defects)	Errores en la manipulación de máquina punzonadora en la etapa de habilitado

Fuente: Área de producción de INFASA.

Por lo tanto, el cuello de botella del proceso de fabricación se origina en las actividades de habilitado y ensamble con 4750 y 4935 segundos respectivamente. Se procederá a la mejora de la actividad de habilitado donde se encuentra los mayores desperdicios por eliminar, observar Figura 25. Además, el tiempo TAKT del proceso de fabricación es de 2658 segundos, siendo lo ideal que los tiempos de las actividades habilitado y ensamble sea menor o igual que el tiempo TAKT hallado.

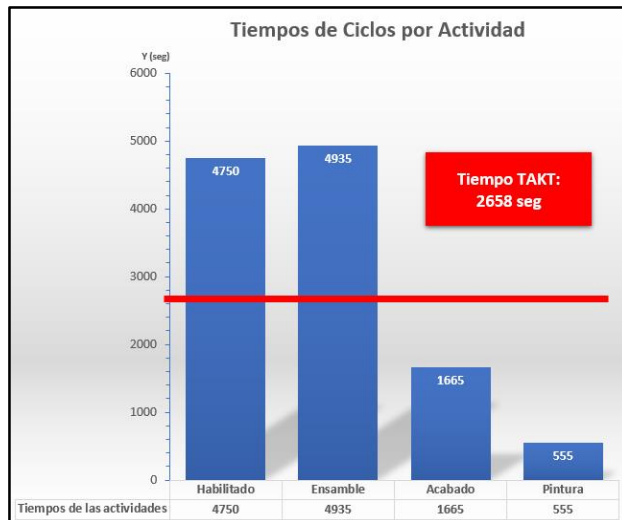


Figura 25. Tiempos de Ciclo de las actividades de fabricación de Paneles Metálicos.  
Fuente: Área de producción de INFASA.

Se documentó las operaciones del proceso de fabricación de paneles metálicos, como los tiempos de operaciones y el tiempo Takt reflejados en las figuras 24 y 25, ello permitió continuar con la estandarización del proceso y su mejora con los 7 desperdicios señalados y el diagnóstico actual de todo el proceso.

Se desarrolló la Hoja de Capacidad de Proceso Actual de la línea de fabricación de paneles metálicos, en la cual se evidencia que las actividades de habilitado y ensamble son las más críticas del proceso, ya que, no cumplen con la demanda diaria de 11 paneles metálicos. Ver Figura 26.

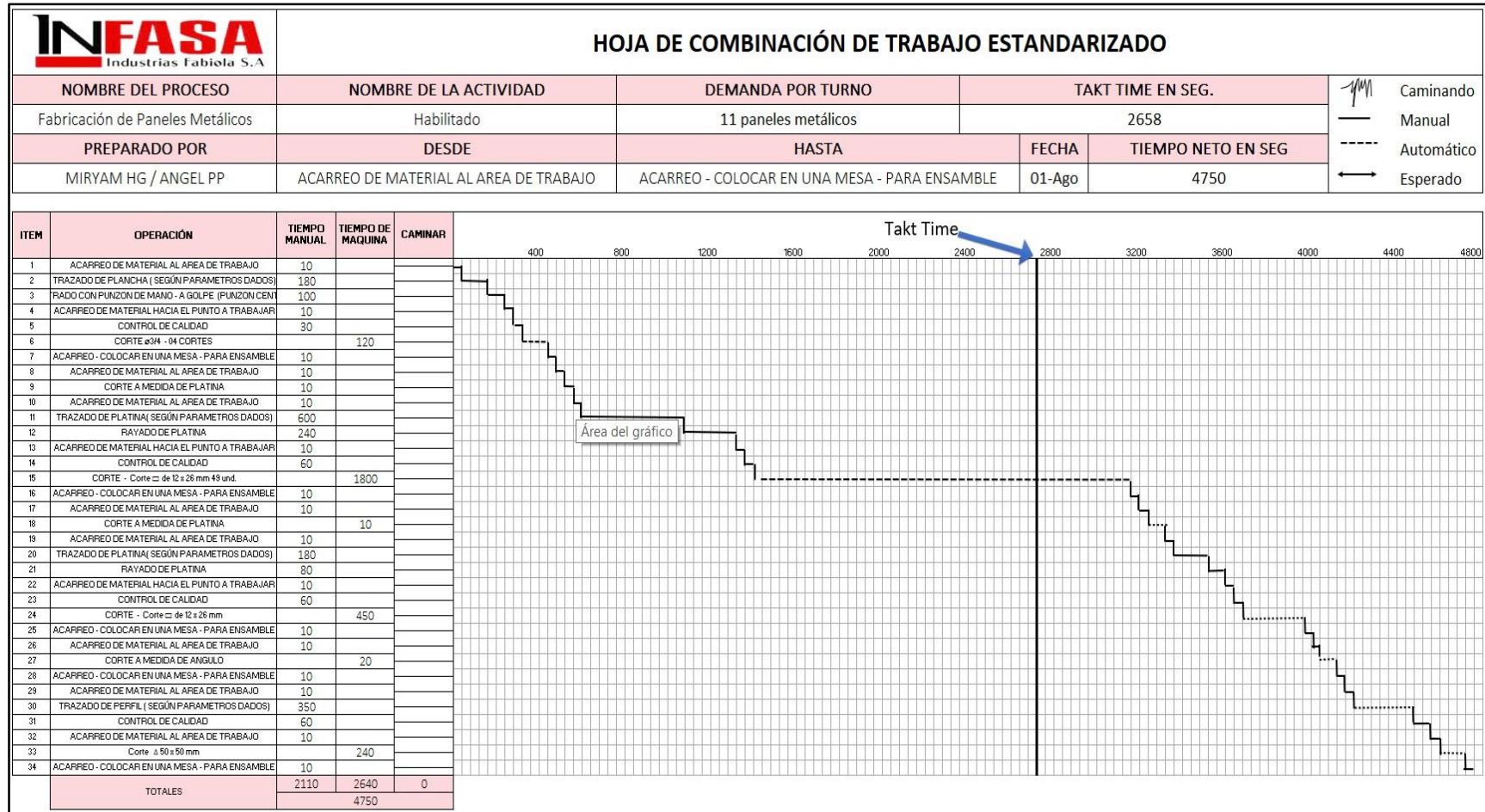


NOMBRE DEL PROCESO			NOMBRE DEL PRODUCTO						DEMANDA DIARIA		PREPARADO POR	
<b>Fabricación</b>			<b>Paneles Metálicos</b>						11 paneles metálicos		MIRYAM HG / ANGEL PP	
									TIEMPO NETO DE OPERACIÓN EN SEGUNDOS (I)		FECHA	
									28800		01-Ago-2021	
SECUENCIA	Nombre de la Actividad	MAQUINA N°	TIEMPO ESTANDAR (segundos)			CAMBIO HERRAMENTA			TOTAL EN SEG.		OBSERVACIONES	
			TIEMPO MANUAL A	TIEMPO DE MÁQUINA B	CT MÁQUINA C= A + B	TIEMPO DE CAMBIO D	PZAS POR CAMBIO E	TIEMPO POR PIEZAS F = D/E	TIEMPO TOTAL POR PIEZA G = C+F	CAPACIDAD DE PROCESO H = I/G		
1	Habilitado	GM-01	2110	2640	4750	3600	5720	0.63	4750.6	6	2100      2640 -----	
2	Ensamble	GP-01	4035	900	4935	3600	5720	0.63	4935.6	6	4035      900 -----	
3	Acabado	MS-01	765	900	1665	3600	520	6.92	1671.9	17	765      900 -----	
4	Pintura	CA-01	195	360	555	3600	520	6.92	561.9	51	195      360 -----	

Figura 26. Hoja de Capacidad de Proceso Actual de la línea de fabricación de paneles metálicos.

Fuente: Área de producción de INFASA.

Se desarrolló la Hoja de Combinación de Trabajo Estandarizado Actual del habilitado de la línea de fabricación, se constata que el tiempo de ciclo de la actividad de habilitado supera al Takt time. Ver Figura 27.



Fuente: Área de producción de INFASA.



Se desarrolló la Hoja de Trabajo Estandarizado del proceso actual de la línea de fabricación, se evidencia la oportunidad de mejora en el flujo entre las actividades de Pintura y Habilitado al momento de reiniciar la fabricación del producto. Ver Figura 28.

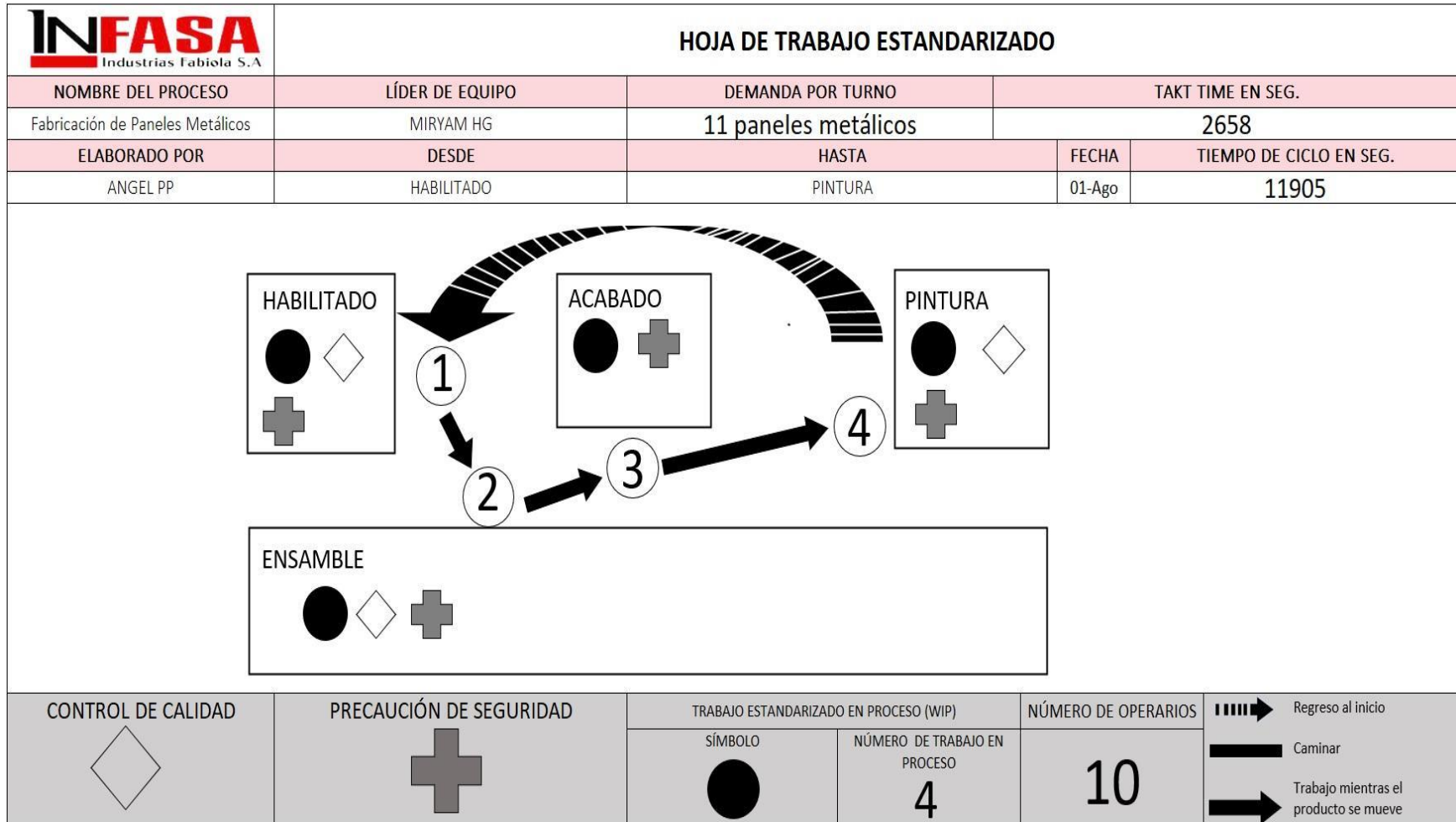


Figura 28. Hoja de Trabajo Estandarizado del proceso actual de la línea de fabricación de paneles metálicos de INFASA.  
Fuente: Área de producción de INFASA.



A continuación, el listado de las actividades del proceso de fabricación con los tiempos respectivos de las actividades y el tipo de desperdicio que representa. Se procedió a eliminar las tareas de acarreo de material repetitivo y los excesivos controles de calidad en la etapa de habilitado. Ver Figura 29.

SUBPROCESO	ITEM	ACTIVIDADES	TIEMPO (Seg)	CAUSA	TIPO DE DESPERDICIO	
HABILITADO	PLANCHA 600 X 2400 mm	1	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO	50	Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento
		2	TRAZADO DE PLANCHA ( SEGÚN PARAMETROS DADOS)			
		3	CENTRADO CON PUNZON DE MANO - A GOLPE (PUNZON CENTRAL)	100		
		4	ACARREO DE MATERIAL HACIA EL PUNTO A TRABAJAR		Material ubicado en zona de tránsito	Movimiento
		5	CONTROL DE CALIDAD		Exceso de inspecciones	Sobre proceso
		6	CORTE $\phi 3/4$ - 04 CORTES	120		
		7	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ENSAMBLE		Operario trasladado manualmente	Transporte
	PLATINA DE 2400mm	1	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO		Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento
		2	CORTE A MEDIDA DE PLATINA	10		
		3	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO		Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento
		4	TRAZADO DE PLATINA( SEGÚN PARAMETROS DADOS)	600		
		5	RAYADO DE PLATINA	240		
		6	ACARREO DE MATERIAL HACIA EL PUNTO A TRABAJAR		Material ubicado en zona de tránsito	Movimiento
		7	CONTROL DE CALIDAD		Exceso de inspecciones	Sobre proceso
		8	CORTE - Corte $\square$ de 12 x 26 mm 49 und.	1800		
		9	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ENSAMBLE		Operario trasladado manualmente	Transporte
	PLATINA DE 600mm	1	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO		Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento
		2	CORTE A MEDIDA DE PLATINA	10		
		3	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO		Material ubicado en zona de tránsito	Movimiento
		4	TRAZADO DE PLATINA( SEGÚN PARAMETROS DADOS)			
		5	RAYADO DE PLATINA	80		
		6	ACARREO DE MATERIAL HACIA EL PUNTO A TRABAJAR		Material ubicado en zona de tránsito	Movimiento
		7	CONTROL DE CALIDAD		Exceso de inspecciones	Sobre proceso
		8	CORTE - Corte $\square$ de 12 x 26 mm	450		
		9	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ENSAMBLE		Operario trasladado manualmente	Transporte
	ANGULO 600 mm	1	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO		Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento
		2	CORTE A MEDIDA DE ANGULO	20		
		3	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ENSAMBLE		Operario trasladado manualmente	Transporte
PERFIL L 20 X 50 mm	1	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO		Para cada recepción se desplaza al lugar	Movimiento	
	2	TRAZADO DE PERFIL ( SEGÚN PARAMETROS DADOS)				
	3	CONTROL DE CALIDAD		Exceso de inspecciones	Sobre proceso	
	4	ACARREO DE MATERIAL AL AREA DE TRABAJO		Material ubicado en zona de tránsito	Movimiento	
	5	Corte $\Delta$ 50 x 50 mm	240			
	6	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ENSAMBLE	50	Operario trasladado manualmente	Transporte	
ENSAMBLE	1	APUNTALADO DE ANGULOS	720			
	2	APUNTALADO DE PERFILES L 20 x 50 mm	1200			
	3	APUNTALADO DE PLATINAS DE 2400 mm	1500			
	4	APUNTALADO DE PLATINAS DE 600 mm	600			
	5	RESOLDEO DEL PANEL	900			
	6	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA ACABADO	15	Operario trasladado manualmente	Transporte	
ACABADO	1	ALINEAMIENTO DEL PANEL	900			
	2	INSPECCION Y CONTROL DE CALIDAD		Exceso de inspecciones	Sobre proceso	
	3	ESPERA DEL OPERARIO DE ALINEAMIENTO		Operario espera término de trabajo de inspección	Espera	
	4	LIMPIEZA		Operario se demora en la limpieza del área de trabajo	Movimiento	
	5	ACARREO - COLOCAR EN UNA MESA - PARA PINTURA	15	Operario trasladado manualmente	Transporte	
PINTURA	1	APLICAR UNA CAPA DE DESMOLDANTE A LA CARA DE LA PLANCHA	60			
	2	PINTURA AL PANEL DE 600 X 2400 mm	360			
	3	INSPECCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD FINAL DEL PANEL METALICO	120	Exceso de inspecciones	Sobre proceso	
	4	ACARREO ALMACEN / APILAMIENTO PARA SECADO	15	Operario trasladado manualmente	Transporte	
<b>Tiempo de Ciclo Total</b>			<b>10175</b>			

Figura 29. Lista de desperdicios del proceso de fabricación de paneles metálicos de INFASA.  
Fuente: Área de producción de INFASA.

El Hoshin Kanri para el proceso de fabricación de la línea de paneles metálicos, se ejecutó de la siguiente manera bajo las siguientes estrategias y directrices:

Sobre los objetivos de Gerencia General, se procederá a eliminar los cuellos de botella en el área de habilitado como prioridad y en las demás etapas de fabricación. Además, sobre las iniciativas corporativas, se dará refuerzo al análisis de causa y efecto en todo el proceso de fabricación.

Sobre los objetivos de Gerencia de Operaciones, disminuir los tiempos en todas las etapas de fabricación, optimizar el uso de los insumos en el habilitado de la fabricación, disminuir la salida de productos defectuosos para la etapa de ensamble del proceso. Además, sobre las iniciativas de gerencia de operaciones, un análisis detallado del habilitado como medida recurrente para el proceso, capacitaciones para los operadores del área de habilitado.

Sobre los objetivos del Jefe de Producción, disminuir el tiempo de ciclo del habilitado como prioridad y en las demás etapas de fabricación, eliminación de desperdicios y el uso correcto de la máquina herramienta asignada a los operarios. Además, sobre las iniciativas del Jefe de Producción, aplicar el estudio de tiempo y método del habilitado en la fabricación, seguido de mantenimiento predictivos, preventivo y correctivo y la designación de un jefe de operarios.

Sobre los objetivos de operarios de producción, trabajar a un ritmo normal, entender y ejecutar correctamente los pasos de todas las etapas de fabricación. Además, sobre las iniciativas de operarios de producción, mejorar la comunicación con el jefe de producción mediante una comunicación efectiva, el aprendizaje constante y el trabajo en equipo.

Sobre los objetivos del Jefe de Logística, abastecer de forma oportuna a todas las etapas de fabricación, preservar correctamente los insumos para todo el proceso. Además, sobre las iniciativas, evaluación constante de proveedores para la mejor adquisición en tiempo, dinero y costo de oportunidad, y cronograma de reuniones con el área de producción para la mejora de abastecimiento del cliente interno.

Sobre los objetivos de la Administradora, envío de información oportuna sobre estado de proyectos y situación económica a gerencia general asegurando el control adecuado de los fondos monetarios. Además, sobre las iniciativas, elaboración de informes detallados del estado de resultados y balance general, y la búsqueda de nuevas fuentes de financiamiento externo.

Además, de una mejora en el layout reflejado en la Hoja de Trabajo Estandarizado, uniendo el fin con el inicio de la fabricación de paneles metálicos, es decir, acercando las áreas de Habilitado y Pintura, en la figura 30.

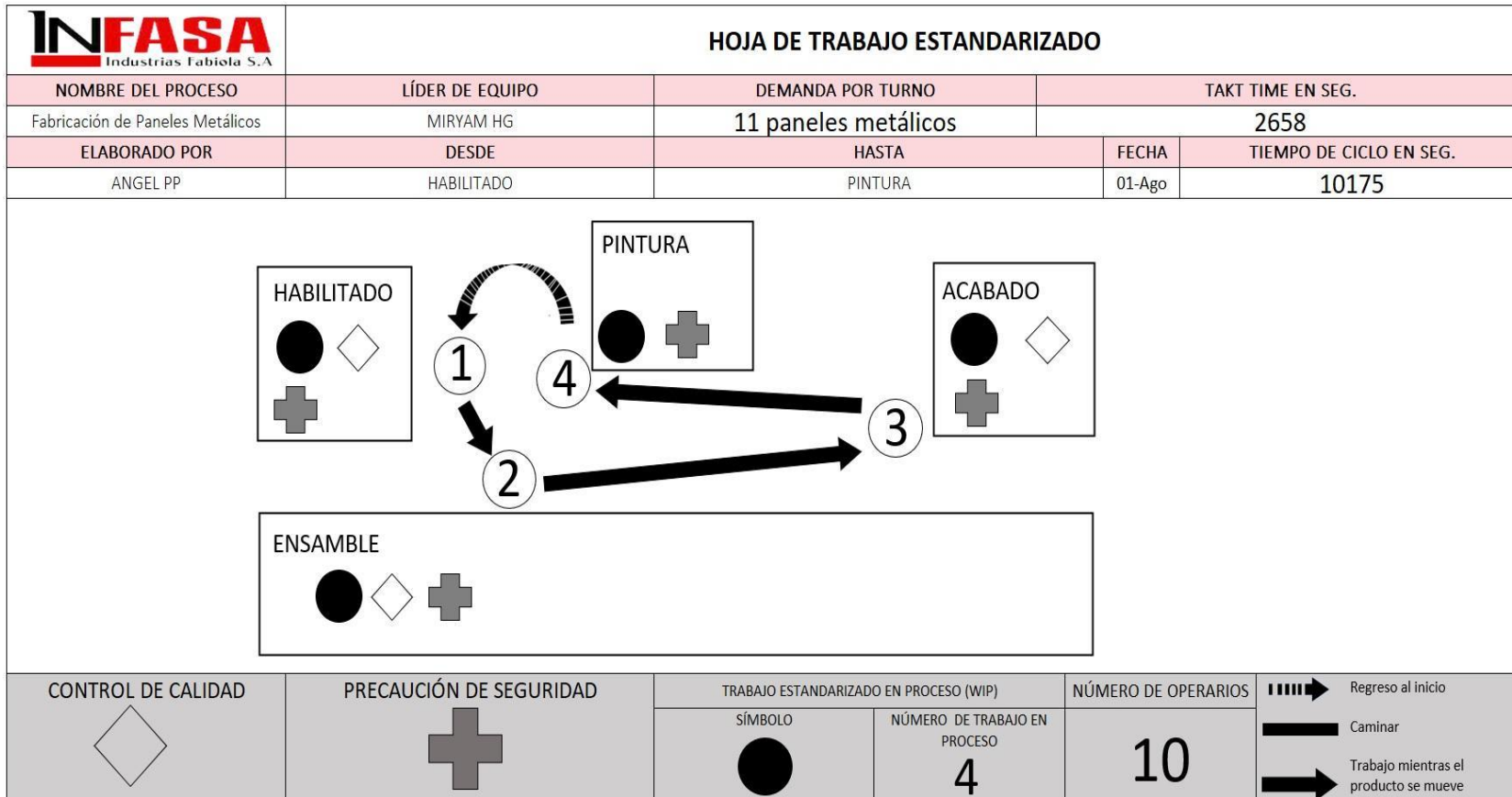


Figura 30. Hoja de Trabajo Estandarizado del proceso mejorado de la línea de fabricación de paneles metálicos de INFASA  
Fuente: Área de producción de INFASA.

A continuación, el Value Stream Mapping (VSM) o Mapa de Flujo de Valor mejorado, con los datos obtenidos de la Figura 31, bajo la jornada de 9 horas de trabajo, 1 hora de almuerzo, 48 días de trabajo y una demanda total de 600 paneles metálicos.

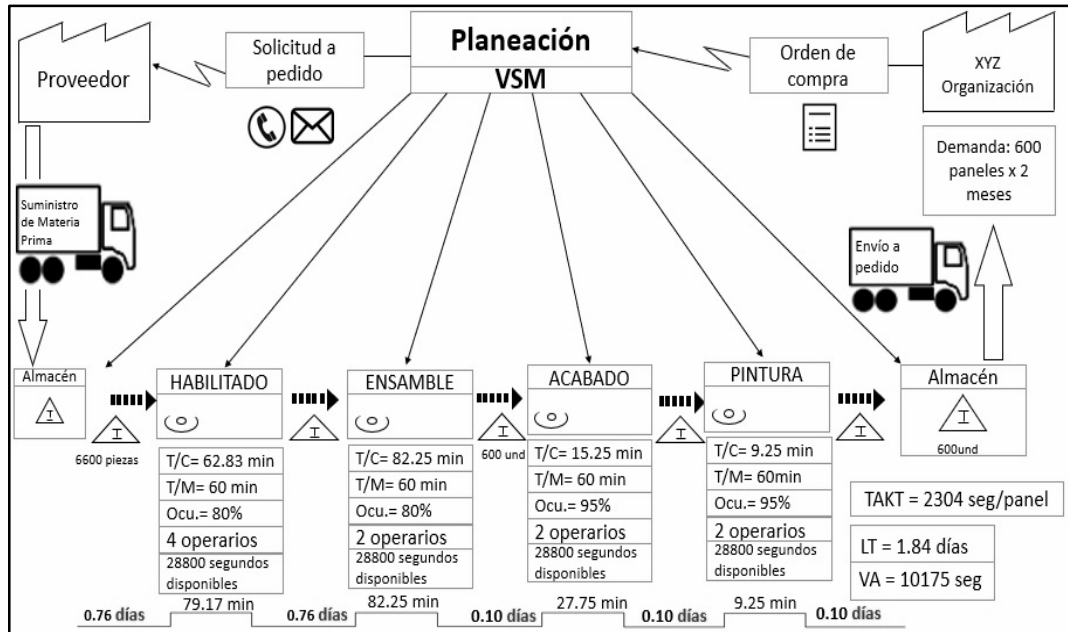


Figura 31. VSM mejorado de la empresa INFASA.

Fuente: Área de producción de INFASA.

### Situación Después (Post-Test)

En INFASA, se implementó la estandarización de trabajo en el habilitado del proceso de fabricación de paneles metálicos; con una demanda superior en el muestreo previo, es decir, de 520 a 600 paneles metálicos, un 15% más de carga de trabajo.

Se redujo el tiempo de TAKT de 2658 a 2304 segundos por panel reflejados porcentualmente en un 13%. Además, disminuyó el tiempo de valor agregado al producto gracias a eliminar los desperdicios, es decir, de 11905 a 10175 segundos que es 15% mejor que antes. Todas las mejoras se vieron reflejadas en el área de habilitado reduciendo los reprocesos en el área, mejorando el ambiente laboral y utilizando en menor cantidad los insumos para el habilitado de la fabricación de paneles metálicos.

### Muestra después

La muestra Post-Test es reflejada en la Tabla 6, la cual comprende una muestra de 8 semanas de medición en los meses de Julio y Agosto del 2021.

Tabla 6:

Muestra Post-Test de reprocesos del mes de Julio y Agosto del 2021

Post Test (2)	Cantidad de Reprocesos
2	12
2	12
2	14
2	16
2	12
2	11
2	10
2	10

Fuente: Área de producción de INFASA.

A continuación, se muestra Cuadro estadístico de barras de los Reprocesos Post-Test en la etapa de Habilitado de la Fabricación de Paneles Metálicos. Ver Figura 32.

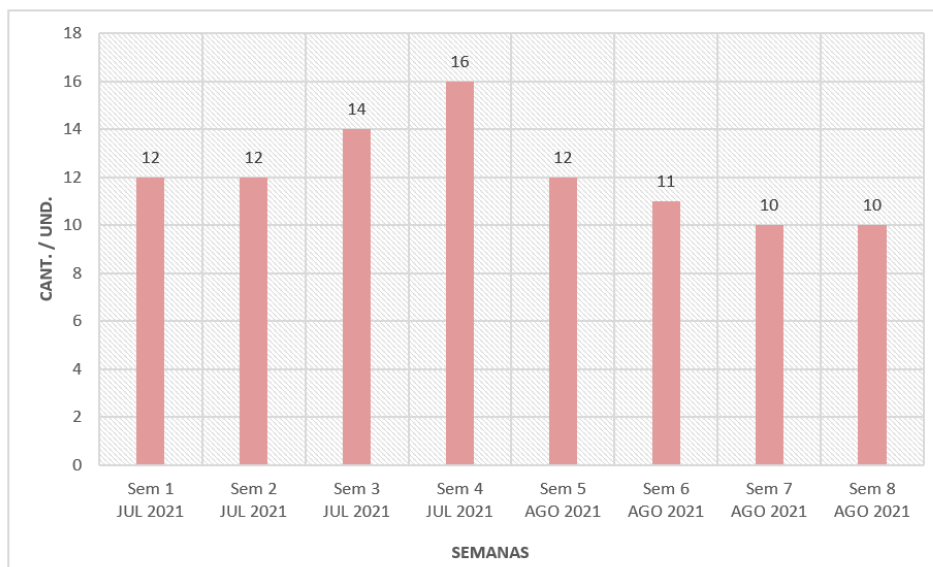


Figura 32. Reprocesos Post-Test en la etapa de Habilitado de la Fabricación de Paneles Metálicos. Fuente: Área de producción de INFASA.

**Objetivo específico 02:** Aplicar la metodología Kanban para reducir el tiempo de entrega de materiales.

### Situación Antes (Pre-Test)

La situación pre, antes de realizar la implementación de la segunda variable independiente se observó que en el área producción se detectó tiempos de espera notables en la etapa de ensamble, porque el operario no diferencia las piezas que están correctamente habilitadas, de las piezas que están por reprocesar y el punto crítico que tampoco identificó cuáles y cuántas con las piezas necesarias para realizar el proceso de ensamble de un panel metálico, generando los tiempos de espera y

solicitando al área de habilitado la o las piezas que faltan para terminar dicho proceso. Es muy importante que el operario sepa cuáles y cuántas son las piezas requeridas por panel y cuáles son los parámetros de cada una de estas.

### Muestra Antes

La muestra Pre-Test es reflejada en la Tabla 7, la cual comprende una muestra de 8 semanas de medición en los meses de Mayo y Junio del 2021.

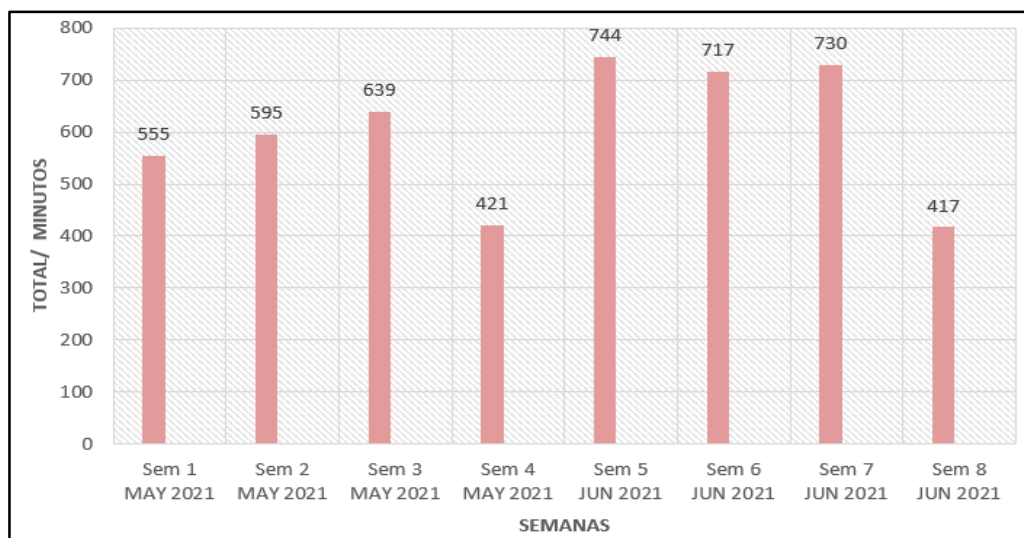
Tabla 7:

*Muestra Pre-Test de Tiempo de Espera de Mayo y Junio del 2021.*

Muestra Pre Test (1)	Tiempos de Espera
1	555
1	595
1	639
1	421
1	744
1	717
1	730
1	417

*Fuente: Área de producción de INFASA.*

A continuación se muestra Cuadro estadístico de barras de los Tiempos de espera (min) Pre-Test en la etapa de Ensamble de la Fabricación de Paneles Metálicos. Ver Figura 33.



*Figura 33. Tiempos de espera(min) Pre-Test en el Ensamble de la Fabricación de Paneles Metálicos.*

*Fuente: Área de producción de INFASA.*

### Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

Por lo expuesto en el presente trabajo de investigación en la situación pre, las condiciones para aplicar Kanban, incrementar la eficiencia del flujo de producción en la fabricación de paneles metálicos y obtener una visión general de todas las piezas

por parte de los operarios a fin de realizar el ensamblado del panel sin generar un tiempo de espera a fin que las entregas de lotes sean en el tiempo oportuno.

Con el propósito de conseguir mejoras en el proceso de Producción de paneles metálicos se pretende implementar el sistema de producción Kanban con el objetivo de minimizar los tiempos de espera de los operarios.

Para aplicar el Método Kanban Producción se realizó en las siguientes etapas. Ver Figura 34.

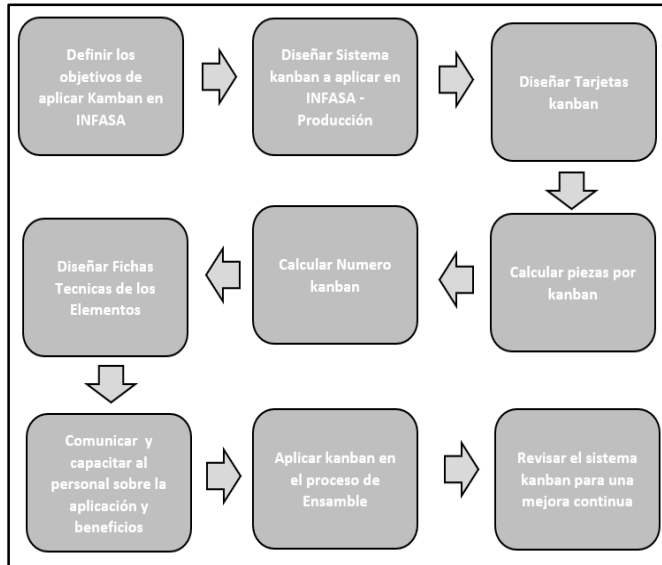


Figura 34. Proceso de Aplicación Kanban

Para la aplicación de kanban en INFASA se tuvo en cuenta seis reglas las cuales se presentan en la Figura 35.



Figura 35. Reglas en la que se basa la Herramienta Kanban

Fuente: Área de producción de INFASA.

### Diseño de la Tarjeta

Se utilizaron 02 tipos de Tarjetas Kanban, Kanban de Retiro y Kanban de Producción. Ver Figura 36 y 37.

La Tarjeta de Producción: Las Tarjetas kanban Producción se colocaron en cada estación de trabajo y posteriormente se asignó en el tablero kanban. En el tablero Kanban se pudo visualizar el estado de flujo de trabajo de la fabricación de paneles metálicos. Las tarjetas tienen la siguiente información.

- Tipo de Kanban
- Elemento
- Descripción
- Unidades a Producir
- Nro. de Tarjeta
- Imagen

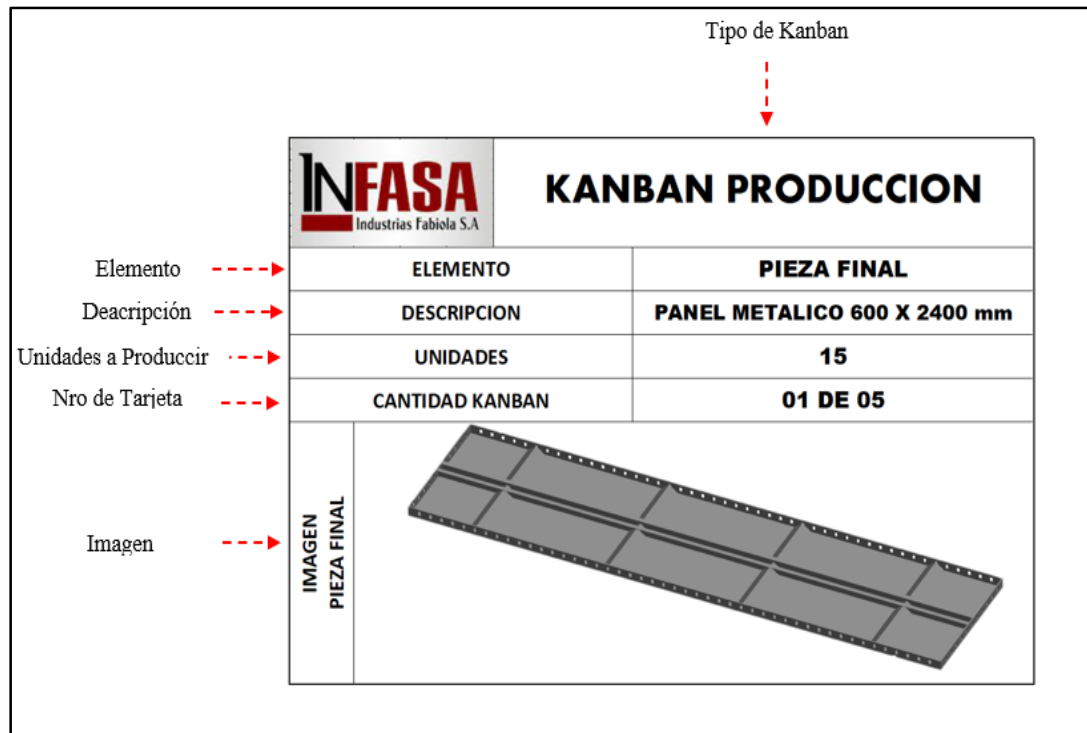


Figura 36. Propuesta de Tarjeta Kanban Producción.

Fuente: Área de producción de INFASA.

En la Tarjeta de Retiro o Retirada: Las tarjetas Kanban de Retirada fueron adheridas en cada estación de trabajo (cliente), tomando en cuenta la siguiente información significativa respecto al trabajo por realizar. Las tarjetas tienen la siguiente información.

- Código de la Pieza
- Descripción de la pieza



- Material
- Cortes (Especificaciones)
- Elemento
- Unidades
- Cantidad Kanban
- Imagen

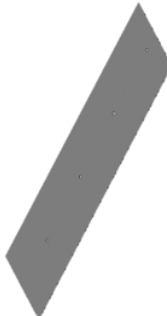
		Tipo de Kanban		Imagen
		<b>KANBAN RETIRA</b>		
Código de Pieza	---	CODIGO DE PIEZA	<b>PLLAC-PM600.2400</b>	
Descripcion	---	DESCRIPCION	<b>PLANCHA 2.5 X 600 X 2400 mm</b>	
Tipo de Material	---	MATERIAL	<b>ACERO ASTM A36</b>	
Cortes (Especificaciones)	---	CORTES	<b>DIAMETRO Ø 3/4" ( 04 CORTES )</b>	
Elemento	---	ELEMENTO	<b>PIEZA A</b>	
Unidades	---	UNIDADES	<b>15</b>	
Nro de Tarjeta	---	CANTIDAD KANBAN	<b>01 DE 01</b>	

Figura 37. Propuesta de Tarjeta Kanban Retira de Pieza A.

Fuente: Área de producción de INFASA.

La gestión de este tablero:

Para almacenar las Tarjetas Kanban en cada proceso de la línea de producción de paneles metálicos se utilizó recipientes donde se coloca las tarjetas kanban, a la vez se elaboró un tablero dividido en tres sectores; pendiente, en proceso y terminados, con el objetivo de visualizar de manera macro el estado de los pedidos solicitados por los clientes internos.

#### Cantidad de Unidades de Pieza por Kanban Producción

Para hallar la cantidad de paneles que tendrá cada Kanban se procedió a realizar la siguiente fórmula matemática

$$D \times TE \times U \times \%VD$$

Datos:

$$D = ((300 \text{ paneles mensuales aproximadamente} * 12) / 52) = 69.23 \text{ semanales} / 6 \text{ días} \\ = 11.5 =$$

12 paneles / día

TE= 1

U=1

$$\% VD = 21.72\% = 22\%$$

$$\text{Piezas por Kanban} = 12 \times 1 \times 1 \times 1.22 = 14.64 = 15 \text{ paneles metálicos}$$

Número de Kanban

Para Calcular el Número de Tarjetas Kanban necesarias se utilizó la siguiente fórmula

$$((TE/TT) / UK) + FS$$

$$\text{Tiempo de Entrega} = (480 \text{ min} \times 6 \text{ día}) = 2880 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo Takt} = 43 \text{ min/panel}$$

$$UK = 15 \text{ paneles metálicos}$$

$$\text{Margen de Seguridad} = 0 \text{ und.}$$

$$\text{Número de Kanban} = ((2880/43)/15) + 0 = 4.5 = 5 \text{ Kanban}$$

Fichas Técnicas

Para asegurar la calidad de las piezas entregadas al proceso de ensamble (Clientes internos), se desarrollaron los siguientes documentos donde están las características específicas y detalles de las diferentes piezas que contiene un panel metálico para el proceso de ensamble. A continuación, las Fichas técnicas de las piezas para ensamblar un panel metálico. Ver Figura 38, 39, 40, 41 y 42.

	FICHA TECNICA	Versión	V01
		Fecha	Mayo 2021
		Elaborado por	Miryam HG - Angel PP

Elemento	Pieza A	Descripción	PLANCHA 600 X 2400 mm
Código de la la Pieza	PLLAC-PM600.2400	Espesor	2.5 mm
Material	A36	Cantidad de Piezas / und Panel	1
Cantidad de Corte	4	Medida de Corte	3/4"

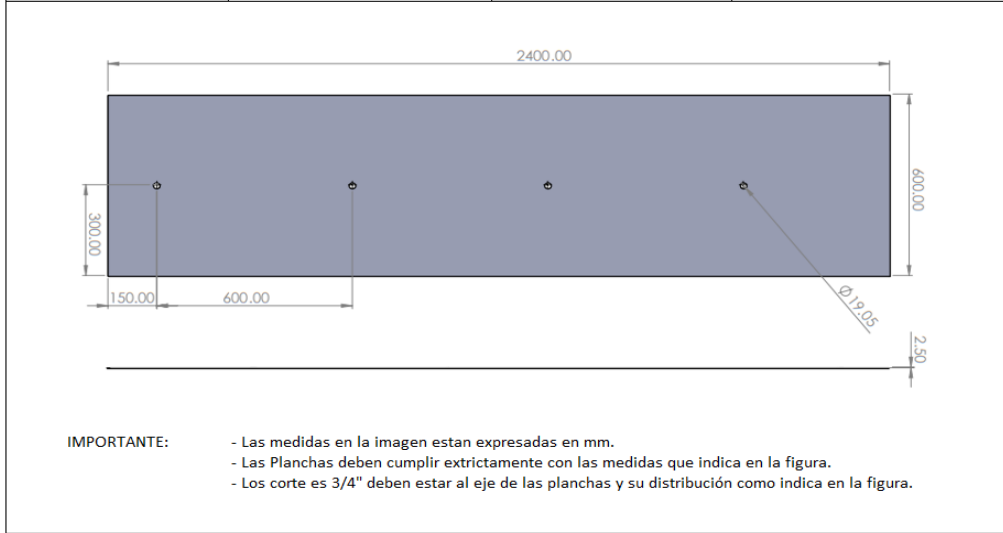



Figura 38. Ficha Técnica de Pieza A

Fuente: Área de producción de INFASA

	FICHA TECNICA	Versión	V01
		Fecha	Mayo 2021
		Elaborado por	Miryam HG - Angel PP

Elemento	Pieza B	Descripción	ANGULO 2" X 2" X 590 mm
Código de la la Pieza	ANLAC-PM600.2400	Espesor	1/8"
Material	A36	Cantidad de Piezas / und Panel	4
Cantidad de Corte	NO APLICA	Medida de Corte	NO APLICA

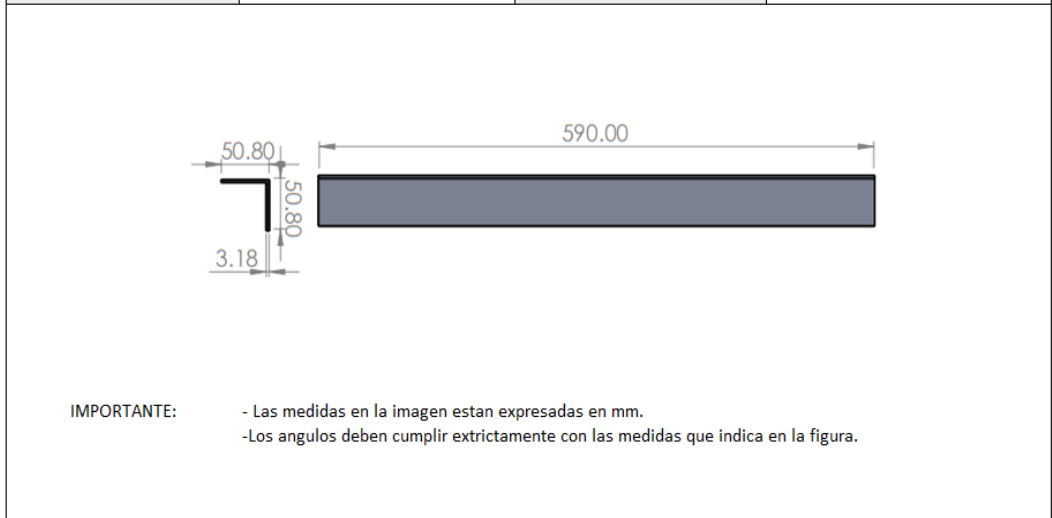

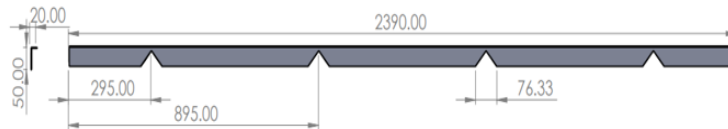


Figura 39. Ficha Técnica de Pieza B.

Fuente: Área de producción de INFASA

	FICHA TECNICA	Versión	V01
		Fecha	Mayo 2021
		Elaborado por	Miryam HG - Angel PP


Elemento	Pieza C	Descripción	PERFIL L 20 x 50 x 2390 mm
Código de la Pieza	PFLAC-PM600.2400	Espesor	2.5 mm
Material	A36	Cantidad de Piezas / und Panel	2
Cantidad de Corte	4	Medida de Corte	Δ 50 x 50 mm



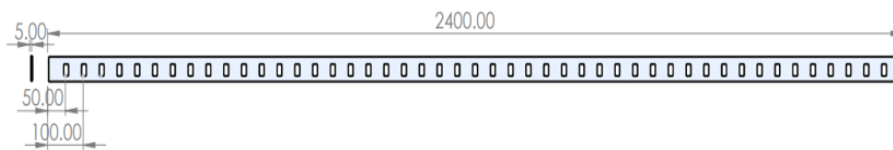
IMPORTANTE:

- Las medidas en la imagen estan expresadas en mm.
- Los Perfiles L deben cumplir extrictamente con las medidas que indica en la figura.

Figura 40. Ficha Técnica de Pieza C.  
Fuente: Área de producción de INFASA

	FICHA TECNICA	Versión	V01
		Fecha	Mayo 2021
		Elaborado por	Miryam HG - Angel PP

Elemento	Pieza D	Descripción	PLATINA DE 2" X 2400mm
Código de la Pieza	PT02LAC-PM600.2400	Espesor	5min
Material	A36	Cantidad de Piezas / und Panel	2
Cantidad de Corte	47	Medida de Corte	Corte □ de 12 x 26 mm



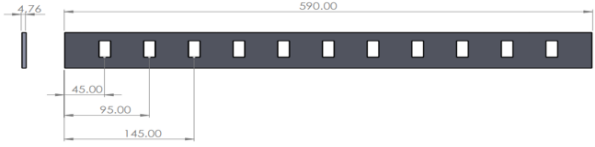
IMPORTANTE:

- Las medidas en la imagen estan expresadas en mm.
- Los Platinas deben cumplir extrictamente con las medidas que indica en la figura.

Figura 41. Ficha Técnica de Pieza D.  
Fuente: Área de producción de INFASA

	FICHA TECNICA	Versión	V01
		Fecha	Mayo 2021
		Elaborado por	Miryam HG - Angel PP

Elemento	Pieza E	Descripción	PLATINA DE 2" X 590mm
Código de la Pieza	PT01LAC-PM600.2400	Espesor	5mm
Material	A36	Cantidad de Piezas / und Panel	2
Cantidad de Corte	11	Medida de Corte	Corte □ de 12 x 26 mm

**IMPORTANTE:**

- Las medidas en la imagen estan expresadas en mm.
- Los Platinas deben cumplir estrictamente con las medidas que indica en la figura.

Figura 42. Ficha Técnica de Pieza E.  
Fuente: Área de producción de INFASA

Las fichas técnicas se entregaron a los operarios de habilitado y ensamble, logrando estandarizar la calidad de las piezas para ensamblar un panel metálico. La mejoría se manifestó de forma visual, minimizaron los retrabajos, las devoluciones de piezas (cliente interno), devoluciones de paneles metálicos (cliente externo).

### Situación Después (Post-Test)

En la actualidad la planta de producción de Industrias Fabiola S.A. cuenta con un sistema Kanban, donde se obtuvo una mejor comunicación en los procesos, mejor control de los inventarios y mejor flujo del material, minimizando los tiempos de espera en el área de ensamble. Las tarjetas Kanban utilizadas garantizó una mejor comunicación entre un Cliente (proceso posterior) a un Productor (proceso anterior) y permitió controlar el ciclo de producción de paneles metálicos. Se levantó la información después de Aplicación de Kanban con la finalidad de evidenciar la mejora en tiempos de espera en la línea de producción de paneles metálicos.

Mediante la utilización de tarjetas kanban en la fabricación de paneles metálicos ayudó a los operarios a minimizar los tiempos de espera y los movimientos innecesarios debido a que se estandarizó la calidad de las piezas a ensamblar.

La creación de las Fichas técnicas ayudó tanto a los operarios de habilitado como a los operarios de ensamble. Se obtuvo calidad óptima en las perforaciones de las planchas, corte de ángulos, corte de perfiles L y corte y perforaciones de platinas.

Los operarios de ensamble al tener disponibilidad de las Fichas técnicas de las piezas habilitan cumpliendo los parámetros estandarizados y los operarios de ensamble al recepcionar las piezas con una calidad óptima, les permite realizar el proceso de ensamble en tiempos reducidos.

### Muestra después

La muestra Post-Test es reflejada en la Tabla 8, la cual comprende una muestra de 8 semanas de medición en los meses de Julio y Agosto del 2021.

Tabla 8:

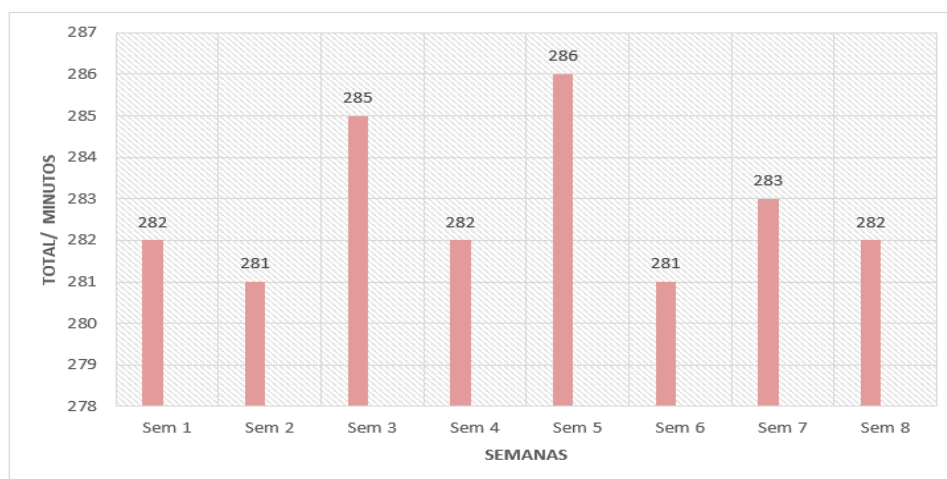
*Muestra Post-Test de Tiempo de Espera del mes de Julio y Agosto del 2021.*

Post Test (2)	Tiempos de Espera
2	282
2	281
2	285
2	282
2	286
2	281
2	283
2	282

*Fuente: Área de Producción de INFASA*

A continuación, se muestra Cuadro estadístico de barras de los Tiempos de espera (min) Post-Test en la etapa de Ensamble de la Fabricación de Paneles Metálicos.

Ver Figura 43.



*Figura 43. Tiempos de espera (min) Post-Test en la etapa de Ensamble de la Fabricación de Paneles Metálicos.*

*Fuente: Área de Producción de INFASA*

**Objetivo específico 03:** Aplicar la Técnica Elección de Un Punto para prevenir errores en la manipulación de una máquina herramienta punzonadora.

### **Situación Antes (Pre-Test)**

La situación pre, antes de realizar la implementación de la tercera variable independiente se observó que en el área de producción se generó un número notable de errores por manipulación de la máquina herramienta punzonadora por factores tanto operacionales como mecánicos.

Las fallas operacionales observadas se debieron a la incorrecta posición de la platina en el momento de punzonar ante la máquina, esto trajo como consecuencia el desalineamiento del perforado parcial y en casos el desalineamiento del perforado en su totalidad. También se observó que la interrupción del corte o punzando se debió al mal accionamiento del pedal de la máquina herramienta punzonadora por parte del operario y esto produjo el corte del ciclo del punzonado, provocando que el punzón quede en media caída de la platina.

Las fallas mecánicas se deben a que no se realiza un mantenimiento preventivo a las máquinas herramientas, no se realiza limpieza, inspección previa antes de iniciar el trabajo del punzonado, calibración del control de caída y retorno del punzón trayendo como consecuencia la rotura total o parcial del punzón. Se observó que, si la rotura fue parcial, se procedió a recuperar el punzón, mandando a rectificar y en el caso que la rotura fue total, el punzón quedó inutilizable, generando sobrecostos en la producción. Las fallas mecánicas también generaron la expansión de la platina (aumento de medidas entre las perforaciones) y la deformación del material teniendo en un arqueado notable de la platina que esto generó que los operarios tengan una dificultad en el proceso de armado.

### **Muestra antes**

La muestra Pre-Test es reflejada en la Tabla 9, la cual comprende una muestra de 8 semanas de medición en los meses de Mayo y Junio del 2021.

Tabla 9:

Muestra Pre Test (1)	Cantidad de Errores
1	51
1	63
1	64
1	56
1	54
1	67
1	58
1	61

Muestra Pre-Test de Errores por Manipulación del mes de Mayo y Junio del 2021

Fuente: Área de Producción de INFASA

A continuación, se muestra Cuadro estadístico de barras Error en la Manipulación (Und.) Pre-Test de Máquina Herramienta Punzonadora en la etapa de habilitado de la Fabricación de Paneles Metálicos. Ver Figura 44.

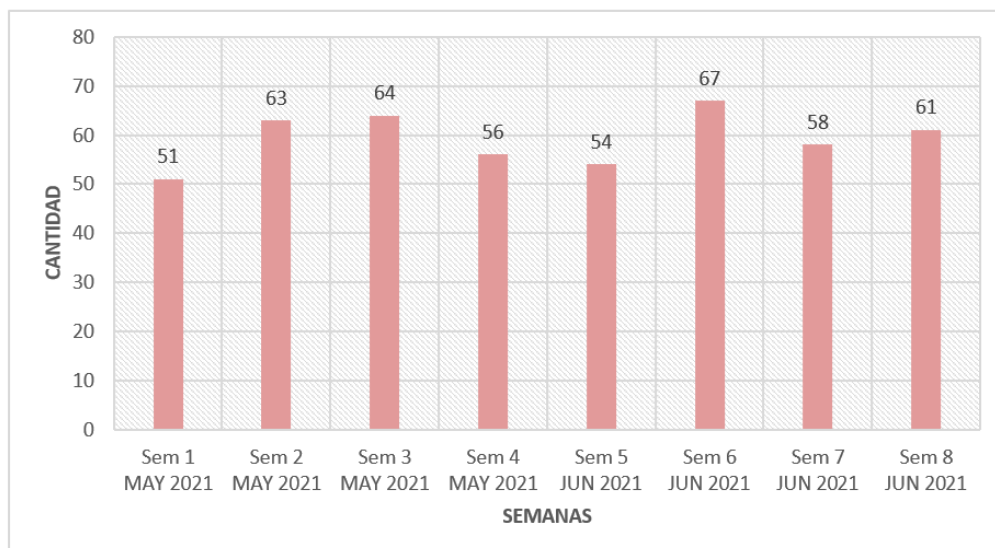


Figura 44. Error en la Manipulación (Und.) Pre-Test de Máquina Herramienta Punzonadora en la etapa de habilitado de la Fabricación de Paneles Metálicos.

Fuente: Área de Producción de INFASA

### Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

Por lo expuesto en el presente trabajo de investigación en la situación pre, al aplicarse Lección de Un Punto permitió transmitir conocimiento a los operadores de la máquina herramienta en cuanto a los parámetros para poder operar correctamente tales como que sepa que hacer, porque hay que hacerlo de esa manera, y porque realizarlo de esa forma. La aplicación de esta facultó incrementar el compromiso de los implicados en una mejora continua.



Para aplicar Lección de un punto se realizó en las siguientes. Ver Figura 45.

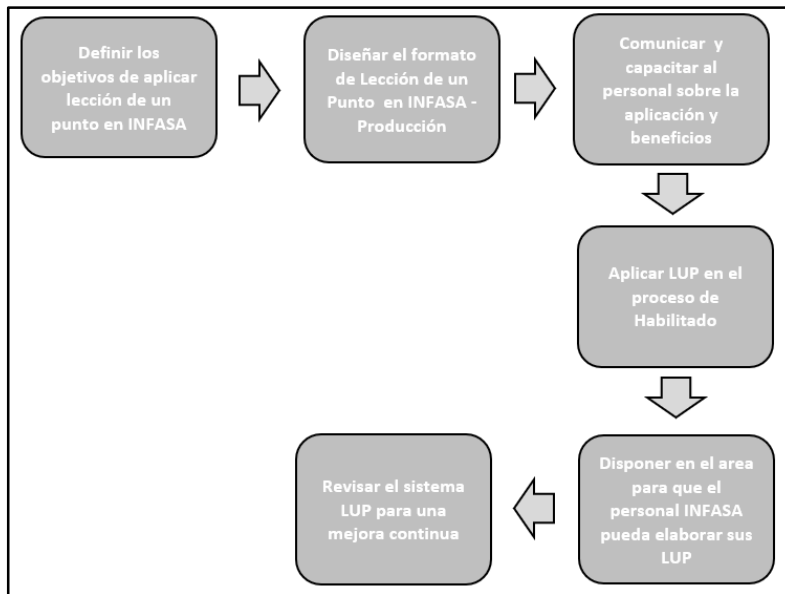


Figura 45. Proceso de Aplicación de LUP

El Formato debe contener:

- Un tema
- Una razón de Selección
- Una Orientación: Conocimiento básico, mejora o problema
- Fotografías o dibujos
- Registro de Información (Firmas, constancia de formación al grupo de trabajo)
- Validación por los responsables del proceso

A continuación, el formato de LUP. Ver Figura 46.

Después de haber identificado las fallas operaciones como las fallas mecánicas que ocasionan los errores de manipulación de la máquina herramienta geka-punzonadora se procedió a realizar la técnica Lección de un punto (LUP) de mejora (Ver. Figura 47) con el objetivo que el operario coloque el material en la forma y posición correcta y se pueda obtener un mejor habilitado del producto en cuanto al punzonado y este no sea rechazado al momento de pasar el control de calidad.

De igual manera se implementó las siguientes LUP de mejora (Ver Figura 48) que permitió al operario accionar de forma correcta el interruptor de pedal de la máquina herramienta punzonadora , evitando los ciclos de corte y evitando volver a ejecutar la acción del punzonado en el mismo lugar, la LUP de mejora (Ver Figura 49), que permitió al operario la calibración de la caída y retorno del punzón de la máquina antes de iniciar a punzonar, evitando la rotura el punzón total o parcial y evitando la

deformación del material (expansión del material) y la LUP de mejora (Ver Figura 50), donde el operario realizó la calibración del punzón hembra con la orientación del punzón macho evitando que el material no se arquee notable del material para que pueda ser ensamblado sin dificultad.


		LECCION DE UN PUNTO		VERSION	01											
				ELABORADO POR:	HUMANCHEMO - PALOMINO											
				FECHA:	28/06/2021											
Tema	TITULO			Q.LUP												
Razon de Selección	RAZON DE SELECCION			FECHA DE IMPLEMENTACION												
		CLASIFICACION	Conocimiento Básico <input type="checkbox"/> Mejora <input type="checkbox"/> Problema <input type="checkbox"/>													
Punto a Enseñar																
Registro de información	FECHA	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A
	INSTRUCTOR															
	ALUMNO															

Figura 46. Diseño de Formato Propuesto de Lección de un Punto  
Fuente: Área de Producción de INFASA

 <b>Industrias Fabiola S.A</b>	<b>LECCION DE UN PUNTO</b>	VERSION	01
		ELABORADO POR:	HUAMANACHUMO - PALOMIRIO
		FECHA:	28/06/2021

TEMA	Alineamiento de platina sobre tope de maquina punzonadora.	N° LUP	001
		FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	Jul-2021
RAZÓN DE SELECCIÓN	Evitar que la platina este mal posicionada en el momento de ejecutar el punzonado para evitar los desfases.	CLASIFICACION	Conocimiento Básico <input type="checkbox"/> Mejora <input checked="" type="checkbox"/> Problema <input type="checkbox"/>



El operador antes de iniciar el punzonado, debe verificar que el tope de platina este fijado y alineado en la máquina herramienta.



El operador debe agarrar la platina con ambas manos, empujando suavemente al tope y mantenerla en esa posición durante todo proceso del punzonado de la platina.

FECHA	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A
		05	07	21	12	07	21											
INSTRUCTOR	MIRYAM H.G.			MIRYAM H.G.														
ALUMNO	YEFERSON SALAZAR																	

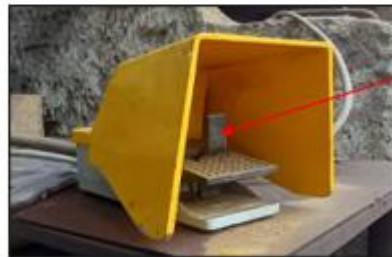
Figura 47. LUP Alineamiento de platina sobre tope de maquina punzonadora  
Fuente: Área de Producción de INFASA

	<b>LECCION DE UN PUNTO</b>	VERSION	01
		ELABORADO POR:	HUANANCHUMO - PALOMINO
		FECHA:	28/05/2021

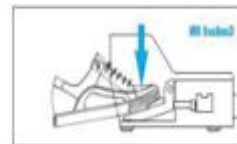
TEMA	Accionamiento correcto del interruptor de pedal de maquina punzonadora.	N° LUP	002
		FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	Jul-2021
RAZÓN DE SELECCIÓN	Evitar la interrupción de corte de ciclo del punzonado.	CLASIFICACIÓN:	Conocimiento Básico <input type="checkbox"/> Mejora <input checked="" type="checkbox"/> Problema <input type="checkbox"/>



El operador debe introducir completamente el pie en el interruptor de pedal y área debe estar completamente libre para evitar malos accionamientos del pedal.



El operador debe presionar una sola vez el pedal para poder accionar la leva de seguridad e iniciar la acción de arranque (punzonado).



FECHA	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A
	05	07	21	12	07	21												
INSTRUCTOR	MIRYAM H.G.			MIRYAM H.G.														
	YEFERSON SALAZAR																	
ALUMNO																		

Figura 48. LUP Accionamiento Correcto del interruptor del pedal de maquina punzonadora. Fuente: Área de Producción de INFASA.

 <b>Industrias Fabiola S.A</b>	<b>LECCION DE UN PUNTO</b>	VERSION	01
		ELABORADO POR:	HUAMANCHUMO - PALOMINO
		FECHA:	28/06/2021

TEMA	Calibración del Control de Caída y retorno del punzon de maquina punzonadora.	N° LUP	003
		FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	Jul -2021
RAZÓN DE SELECCIÓN	Evitar el agrietamiento y/o rotura total o parcial del punzon. Evitar la expansión del material.	CLASIFICACIÓN	Conocimiento Básico <input type="checkbox"/>
			Mejora <input checked="" type="checkbox"/>
			Problema <input type="checkbox"/>



1. Con una llave hexagonal Nro. 8 se desajusta poco a poco las tuercas hexagonales del Stich de control de caída y retorno.




2. Se calibra la caída de punzón, debe tener 1mm como máximo pasando el punzón hembra.

FECHA	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A
		05	07	21	12	07	21											
INSTRUCTOR	MIRYAM H.G.			MIRYAM H.G.														
ALUMNO	YEFERSON SALAZAR																	


Figura 49. LUP Control de Caída y retorno del punzón de máquina Punzonadora.  
Fuente: Área de Producción de INFASA.

	<b>LECCION DE UN PUNTO</b>	VERSION	01
		ELABORADO POR:	HUAMANCHUMO - PALOMINO
		FECHA:	28/06/2021


TEMA	Calibración de orientación del Punzón ( Alineamiento del Punzon Macho – Punzon Hembra)	N° LUP	004
		FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	Jul -2021
RAZÓN DE SELECCIÓN	Evitar deformación del material. Rotura o quiebre del punzon.	CLASIFICACION	Conocimiento Básico <input type="checkbox"/>
			Mejora <input checked="" type="checkbox"/>
			Problema <input type="checkbox"/>



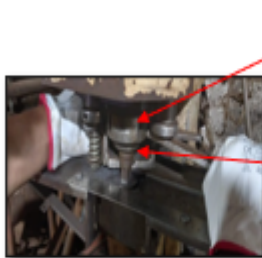
1. Desajustar el nivelador del separador de ambos lados con una llave Stillson.



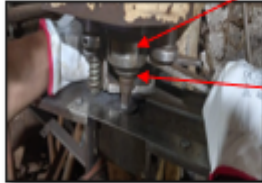
2. Desajustar los pernos 1/4" de seguridad de los resortes del separador con una llave mixta #19.



3. Retirar el Separador de la máquina herramienta.



4. Desajustar la Tuerca ajustable del porta punzón macho con una llave Stillson



5. Con la llave Ajustable Tipo C se calibra el punzón manualmente, teniendo en cuenta que el punzón macho debe tener la misma orientación que el punzón hembra.

FECHA	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A	D	M	A
	05	07	21	12	07	21												
INSTRUCTOR	MIRYAM H.G.			MIRYAM H.G.														
ALUMNO	YEFERSON SALAZAR																	

Figura 50. LUP Calibración de orientación del Punzón.  
Fuente: Área de Producción de INFASA.

### **Situación Después (Post-Test)**

En la actualidad la planta de producción de INFASA cuenta con la herramienta de comunicación de Lección de un Punto para transferir los conocimientos y habilidades a los operarios, que han sido ilustrados de la forma correcta y de manera simple, logrando que una LUP sea aplicada correctamente y recordada con facilidad por los operarios.

Al contar con esta herramienta de LUP, permitió a los operarios de la máquina herramienta punzonadora de INFASA operen y manipulen la máquina de forma correcta disminuyendo notablemente los errores en manipulación, en las fallas tanto operacionales como mecánicas el cual ha permitió obtener las platinas cortadas con las medidas y simetrías correctas permitiendo a los operarios ensamblar el panel de una manera óptima.

### **Muestra después**

La muestra Post-Test es reflejada en la Tabla 10, la cual comprende una muestra de 8 semanas de medición en los meses de Julio y Agosto del 2021.

Tabla 10:

*Muestra Post-Test de Errores por Manipulación del mes de Julio y Agosto del 2021.*

<b>Post Test (2)</b>	<b>Cantidad de Errores</b>
2	12
2	14
2	13
2	12
2	13
2	13
2	12
2	10

*Fuente: Área de Producción de INFASA.*

A continuación, se muestra Cuadro estadístico de barras de Errores en la Manipulación (Und.) Post-Test de Máquina Herramienta Punzonadora en la etapa de habilitado de la Fabricación de Paneles Metálicos. Ver Figura 51.

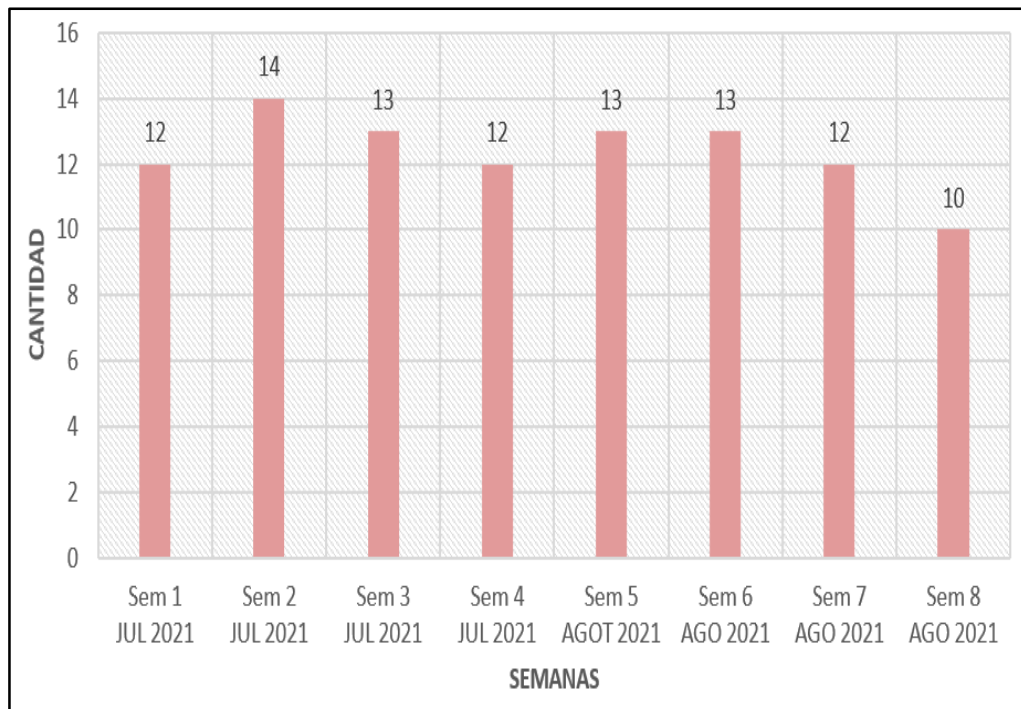


Figura 51. Errores en la Manipulación (Und.) Post-Test de Máquina Herramienta Punzonadora en la etapa de habilitado de la Fabricación de Paneles Metálicos.

Fuente: Área de Producción de INFASA.

## Resumen de Resultados

En la Tabla 11, se muestran las variaciones y sus respectivos porcentajes de variación del indicador de las dimensiones de la variable dependiente, las cuales se detalla a continuación:

Respecto a la primera hipótesis se evidencia la reducción de 59 a 12 reprocesos, es decir, una variación de 47 reprocesos lo que es igual el 79% de la cantidad de reprocesos al implementar la Estandarización del Trabajo.

Respecto a la segunda hipótesis se evidencia la disminución de 602.25 a 282.75 segundos, es decir, una variación de 319.50 segundos lo que es igual el 53% de los tiempos de entrega al implementar Kanban.

Respecto a la tercera hipótesis se evidencia la disminución de 59 a 12 errores, es decir, una variación de 47 errores en la manipulación de una máquina herramientas punzonadora lo que es igual el 79% de los errores al implementar Lección de Un Punto



Tabla 11:  
*Resumen de Resultado.*  
*Fuente: Área de Producción de INFASA.*

Hipótesis	Dimensiones de Variable Independiente	Dimensiones de Variable Dependiente	Indicador VD	Pre-test	Pos-test	Variación	%
Si se aplica la estandarización de trabajo para fabricar paneles metálicos se disminuirá los reprocesos	Estandarización de Trabajo	Reprocesos	% de Reprocesos	58.63	12.13	-46.50	-79%
Si se aplica la metodología Kanban entonces se reducirá los tiempos de entrega	Kanban	Tiempo de Entrega	% de Tiempo de Espera	602.25	282.75	-319.50	-53%
Si se implementa la Técnica Lección de Un Punto se mejorará la manipulación de una máquina herramienta punzonadora	Lección de un punto	Manipulación de máquina herramienta punzonadora	% de errores en la manipulación de máquina herramienta punzonadora	0.59	0.12	-0.47	-79%

## 5.2 Análisis de resultados

### Generalidades

En esta sección se presentan los planteamientos 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, de manera 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. En todos los resultados de las pruebas se ha utilizado el software estadístico IBM SPSS Statistics Versión 26.

**Primera hipótesis Específica:** Si se aplica la estandarización de trabajo para fabricar paneles metálicos se disminuirá los reprocesos

### Muestra Pre-Test y Post-Test

Consta de un total de 08 datos, que son la cantidad de Reprocesos en la fabricación de paneles metálicos, en la muestra antes (Pre-Test) que se tomaron del mes de Mayo y Junio y se detallaron como semanas 1, semana 2, semana 3, semana 4, semana 5, semana 6, semana 7 y semana 8 según como corresponde y en la muestra después (Post-Test), que se tomaron del mes de Julio y Agosto y se emparejaron con las semanas de la muestra Pre-Test de la semana 1 a la semana 8 según corresponda a fin de aplicar la variable independiente en la investigación para esta primera hipótesis específica, como se muestra en la Tabla 12 a continuación.

Tabla 12:

*Muestra Pre-Test y Post-Test de Cantidad de Reprocesos en la etapa de fabricación de paneles metálicos.*

Cantidad de Reprocesos en la Fabricación de Paneles Metalicos		
SEMANA	Muestra Pre Test Mayo 2021 - Junio 2021	Muestra Post Test Julio 2021 - Agosto 2021
SEMANA 01	50	12
SEMANA 02	51	12
SEMANA 03	59	14
SEMANA 04	47	16
SEMANA 05	70	12
SEMANA 06	70	11
SEMANA 07	67	10
SEMANA 08	55	10

Fuente: Área de Producción de INFASA.

### Prueba Pre-Test y Post-Test

En el cuadro de resumen de procesamientos de casos, obtenido mediante el Software IBM SPSS Versión 26, se verifica que, del total de 08 muestras procesadas, el 100% han sido validadas, es decir, no hubo ningún dato perdido. Ver en Tabla 13.

Tabla 13:

*Resumen de procesamiento de datos – cantidad de reprocesos en la etapa de fabricación de paneles metálicos, muestras Pre-Test y Post-Test.*

Resumen de procesamiento de casos							
	Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)	Válido		Casos Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Cantidad de Reprocesos	Muestra Pre	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
	Muestra Post	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

Fuente: IBM SPSS Versión 26

### Estadísticos Descriptivos

Con los estadísticos descriptivos se pudo contar con un resumen conciso de los datos para poder analizarlos por tendencia central o por dispersión. Ver tabla 14.

Tabla 14:

*Estadísticas de grupo – Muestras pre y Post-Test*

Descriptivos				
Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)			Estadístico	Error estándar
Cantidad de Reprocesos	Muestra Pre	Media	58,63	3,300
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	50,82
			Límite superior	66,43
		Mediana	57,00	
		Varianza	87,125	
	Muestra Post	Media	12,13	,718
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	10,43
			Límite superior	13,82
		Mediana	12,00	
		Varianza	4,125	

Fuente: IBM SPSS Versión 26

De la Tabla 14, se observa que se ha obtenido las medidas de tendencia central, las medidas de dispersión para las muestras Pre-Test y Post-Test.

Muestra Pre-Test:

- Media: 58.63, Mediana: 57.00, Varianza: 87.125

Muestra Post-Test:

- Media: 12.13, Mediana: 12.00, Varianza: 4.125

### Prueba de Normalidad

Por la cantidad de datos que se obtuvo (08 datos) en Pre-Test y Post-Test respectivamente, las muestras son sometidas a la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk a través del programa software IBM SPSS Versión 26, a fin de verificar si la distribución es normal, es decir, si es paramétrica. Ver Tabla 15.

Tabla 15:

*Prueba de Normalidad para la cantidad de reprocesos en la etapa de fabricación de paneles metálicos de las muestras Pre-Test y Post-Test*

Pruebas de normalidad				
Cantidad de Reprocesos	Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)	Estadístico	Shapiro-Wilk	
			gl	Sig.
Cantidad de Reprocesos	Muestra Pre	,888	8	,224
	Muestra Post	,890	8	,236

Fuente: IBM SPSS Versión 26

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se determina que:

- Para las muestras Pre-Test y Post-Test de la cantidad de reprocesos en la fabricación de paneles metálicos en el presente estudio, los valores de la Sig. son: 0.224 y 0.236

respectivamente. Estos valores son mayores que el valor de la significancia 0.05, se concluye que los datos de la muestra Pre-Test y Post-Test SÍ provienen de una distribución normal.

### Prueba de Hipótesis

**H0:** Si se aplica la estandarización de trabajo para fabricar paneles metálicos NO se disminuirá los reprocesos

**H1:** Si se aplica la estandarización de trabajo para fabricar paneles metálicos SI se disminuirán los reprocesos.

### Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica de muestras independientes, debido a que no son el mismo grupo de análisis para la muestra Pre-Test y Post-Test, es decir, las materias primas e insumos del proceso de fabricación fueron utilizadas por distintos trabajadores por el ingreso de nuevo personal a planta en reemplazo por la salida de vacaciones de algunos de los operarios; y que además, ambas muestras provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la Prueba de T de Student de muestra independientes, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medias.

### Prueba de Levene

Antes de analizar la prueba de hipótesis T de Student de muestras independientes, primero analizaremos la prueba de Levene como herramienta de estadística inferencial para evaluar si existe igualdad en las varianzas de nuestra variable calculada para la muestra Pre-Test y Post-Test. En la Tabla 16 se observa en la prueba de Levene que la Sig es 0.001, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, no se asumen Varianzas Iguales.

Tabla 16: Prueba de Levene para la Cantidad de Reprocesos

Prueba de Levene de igualdad de varianzas		F	Sig.
Cantidad de Reprocesos	Se asumen varianzas iguales	18,405	,001
	No se asumen varianzas iguales		

Fuente: IBM SPSS Versión 26

## T de Student de Muestras independientes

En la Tabla 17 se observa, estadísticas de grupo, donde la media de las Muestra Pre y Post son 58.63 y 12.13 respectivamente. Además, con una desviación en Pre y Post de 9.334 y 2.031 respectivamente.

Tabla 17:

*Estadísticas de Grupo de la Cantidad de Reprocesos*

Estadísticas de grupo				
	Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)	N	Media	Desv. Desviación
Cantidad de Reprocesos	Muestra Pre	8	58,63	9,334
	Muestra Post	8	12,13	2,031

Fuente: IBM SPSS Versión 26

De igual manera en la Tabla 18, se observa en la prueba de T de Student de muestras independientes, que la Sig. es 0.000, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, se pudo concluir que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1)

Tabla 18:

*Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de la Cantidad de Reprocesos*

Prueba de muestras independientes								
		prueba t para la igualdad de medias						
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
							Inferior	Superior
Cantidad de Reprocesos	Se asumen varianzas iguales	13,768	14	,000	46,500	3,377	39,256	53,744
	No se asumen varianzas iguales	13,768	7,661	,000	46,500	3,377	38,652	54,348

Fuente: IBM SPSS Versión 26

De acuerdo con el resultado de la Tabla 18, el número de reprocesos antes de la implementación de la estandarización de trabajo muestra una diferencia estadística significativa, al número de reprocesos después de la implementación de la estandarización de trabajo.

Con lo cual, para este contraste de muestras acepta la hipótesis alterna o lo que es lo mismo, la hipótesis del investigador:

**H1:** Si se aplica la estandarización de trabajo para fabricar paneles metálicos SI se disminuirán los reprocesos.

Por todo lo antes expuesto, se evidencia claramente que la implementación de la estandarización de trabajo tiene un efecto positivo y significativo en la disminución de la cantidad de reprocesos obtenidos posteriormente.

**Segunda hipótesis Específica:** Si se aplica la metodología Kanban entonces se reducirán los tiempos de entrega

### **Muestra Pre-Test y Post-Test**

Consta de un total de 08 datos, que son los tiempos de espera en la fabricación de paneles metálicos, en la muestra antes (Pre-Test) que se tomaron del mes de Mayo y Junio y se detallaron como semanas 1, semana 2, semana 3, semana 4, semana 5, semana 6, semana 7 y semana 8 según como corresponde y en la muestra después (Post-Test), que se tomaron del mes de Julio y Agosto y se emparejaron con las semanas de la muestra Pre-Test de la semana 1 a la semana 8 según corresponda para aplicar la variable independiente en la investigación para esta segunda hipótesis específica, como se muestra en la Tabla 19 a continuación.

Tabla 19:

*Muestra Pre-Test y Post-Test de tiempos de espera en la etapa de fabricación de paneles metálicos.*

Cantidad de Tiempo de espera en la Fabricación de Paneles Metalicos		
SEMANA	Muestra Pre Test Mayo 2021 - Junio 2021	Muestra Post Test Julio 2021 - Agosto 2021
SEMANA 01	555	282
SEMANA 02	595	281
SEMANA 03	639	285
SEMANA 04	421	282
SEMANA 05	744	286
SEMANA 06	717	281
SEMANA 07	730	283
SEMANA 08	417	282

*Fuente: Área de Producción de INFASA.*

### **Prueba Pre-Test y Post-Test**

En el cuadro de resumen de procesamientos de casos, obtenido mediante el Software IBM SPSS Versión 26, se verifica que, del total de 08 muestras procesadas, el 100% han sido validadas, es decir, no hubo ningún dato perdido. Ver en Tabla 20

Tabla 20:

*Resumen de procesamiento de datos – tiempos de espera en la etapa de fabricación de paneles*

Resumen de procesamiento de casos							
	Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)	Válido		Casos Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tiempos de Espera	Muestra Pre	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
	Muestra Post	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

*metálicos, muestras Pre-Test y Post-Test.*

Fuente: IBM SPSS Versión 26

### Estadísticos Descriptivos

Con los estadísticos descriptivos se produjo un resumen conciso de los datos a fin de analizarlos por tendencia central o dispersión. Ver tabla 21.

Tabla 21:

*Estadísticas de grupo – Muestras pre y Post-Test*

Descriptivos					
Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)			Estadístico	Error estándar	
Tiempos de Espera	Muestra Pre	Media		602,25	46,365
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	492,61	
			Límite superior	711,89	
		Mediana		617,00	
	Varianza		17197,929		
	Muestra Post	Media		282,75	,648
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	281,22	
			Límite superior	284,28	
Mediana			282,00		
Varianza		3,357			

Fuente: IBM SPSS Versión 26

De la Tabla 21, se obtuvo las medidas de tendencia central, las medidas de dispersión para las muestras Pre-Test y Post-Test.

Muestra Pre-Test:

- Media: 602.25
- Mediana: 617.00
- Varianza: 17197.929

Muestra Post-Test:

- Media: 282.75
- Mediana: 282.00
- Varianza: 3.357

## Prueba de Normalidad

Por la cantidad de datos que se obtuvo (08 datos) en Pre-Test y Post-Test respectivamente, las muestras son sometidas a la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk a través del programa software IBM SPSS Versión 26, a fin de verificar si la distribución es normal, es decir, si es paramétrica. Ver Tabla 22.

Tabla 22:

*Prueba de Normalidad para los tiempos de espera en la etapa en la fabricación de paneles metálicos de las muestras Pre-Test y Post-Test*

<b>Pruebas de normalidad</b>				
	Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Tiempos de Espera	Muestra Pre	,885	8	,211
	Muestra Post	,849	8	,092

Fuente: IBM SPSS Versión 26

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se determina que:

- Para las muestras Pre-Test y Post-Test de los tiempos de espera en la fabricación de paneles metálicos en el presente estudio, los valores de la Sig. son: 0.211 y 0.092 respectivamente. Estos valores son mayores que el valor de la significancia 0.05, de modo que, se concluye que los datos de la muestra Pre-Test y Post-Test SÍ provienen de una distribución normal.

## Prueba de Hipótesis

**H0:** Si se aplica la metodología Kanban entonces NO se reducirán los tiempos de entrega

**H1:** Si se aplica la metodología Kanban entonces SI se reducirán los tiempos de entrega

## Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras independientes, debido a que no son el mismo grupo de análisis para la muestra Pre-Test y Post-Test, es decir, antes de la muestra Post-Test se realizó en INFASA la única capacitación interna al año de Soldadura por el ingreso de personal nuevo y salida temporal por motivo de vacaciones; y que además, ambas muestras provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la Prueba de T de Student de muestra independientes, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medias.



### Prueba de Levene

Antes de analizar la prueba de hipótesis T de Student de muestras independientes, primero analizaremos la prueba de Levene como herramienta de estadística inferencial para evaluar si existe igualdad en las varianzas de nuestra variable calculada para la muestra Pre-Test y Post-Test. En la Tabla 23 se observa en la prueba de Levene que la Sig es 0.001, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, no se asumen Varianzas Iguales.

Tabla 23:  
*Prueba de Levene para los Tiempos de Espera*

Prueba de Levene de igualdad de varianzas		F	Sig.
Tiempos de Espera	Se asumen varianzas iguales	18,995	,001
	No se asumen varianzas iguales		

Fuente: IBM SPSS Versión 26

### T de Student de Muestras independientes

En la Tabla 24 se observa, estadísticas de grupo, donde la media de las Muestra Pre y Post son 602.25 y 282.75 respectivamente. Además, con una desviación en Pre y Post de 131.141 y 1.832 respectivamente.

Tabla 24:  
*Estadísticas de Grupo de los Tiempos de Espera*

Estadísticas de grupo				
	Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)	N	Media	Desv. Desviación
Tiempos de Espera	Muestra Pre	8	602,25	131,141
	Muestra Post	8	282,75	1,832

Fuente: IBM SPSS Versión 26

De igual manera en la Tabla 25, se observa en la prueba de T de Student de muestras independientes, que la Sig. es 0.000, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, se llegó a la conclusión que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1)

Tabla 25:

*Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de los Tiempos de Espera*

		Prueba de muestras independientes						
		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Tiempos de Espera	Se asumen varianzas iguales	6,890	14	,000	319,500	46,370	220,047	418,953
	No se asumen varianzas iguales	6,890	7,003	,000	319,500	46,370	209,861	429,139

Fuente: IBM SPSS Versión 26

De acuerdo con el resultado de la Tabla 25, los tiempos de esperas antes de la implementación de la metodología Kanban, muestra una diferencia estadística significativa, a los tiempos de espera después de la implementación de la metodología Kanban.

Con lo cual, para este contraste de muestras acepta la hipótesis alterna o lo que es lo mismo, la hipótesis del investigador:

**H1:** Si se aplica la metodología Kanban entonces SI se reducirán los tiempos de entrega

Por todo lo antes expuesto, se evidencia claramente que la implementación de la metodología Kanban tiene un efecto positivo y significativo en la reducción de los tiempos de espera obtenidos posteriormente.

**Tercera hipótesis Específica:** Si se implementa la Técnica Lección de Un Punto se mejorará la manipulación de una máquina herramienta punzonadora

### **Muestra Pre-Test y Post-Test**

Consta de un total de 08 datos, que son la cantidad de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora en la fabricación de paneles metálicos, en la muestra antes (Pre-Test) que se tomaron del mes de Mayo y Junio y se detallaron como semanas 1, semana 2, semana 3, semana 4, semana 5, semana 6, semana 7 y semana 8 según como corresponde y en la muestra después (Post-Test), que se tomaron del mes de Julio y Agosto y se emparejaron con las semanas de la muestra Pre-Test de la semana 1 a la semana 8 según corresponda para aplicar la variable independiente en la investigación para esta tercera hipótesis específica, ver Tabla 26.

Tabla 26:  
*Muestra Pre-Test y Post-Test de la cantidad de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora en la etapa de fabricación de paneles metálicos.*

<i>Cantidad de Errores en la Manipulación de maquina herramienta de la Fabricación de Paneles Metalicos</i>		
<b>SEMANA</b>	<b>Muestra Pre Test Mayo 2021 - Junio 2021</b>	<b>Muestra Post Test Julio 2021 - Agosto 2021</b>
<b>SEMANA 01</b>	<b>51</b>	<b>12</b>
SEMANA 02	63	14
SEMANA 03	64	13
SEMANA 04	56	12
SEMANA 05	54	13
SEMANA 06	67	13
SEMANA 07	58	12
SEMANA 08	61	10

Fuente: Área de Producción de INFASA.

### **Prueba Pre-Test y Post-Test**

En el cuadro de resumen de procesamientos de casos, obtenido mediante el Software IBM SPSS Versión 26, se verifica que, del total de 08 muestras procesadas, el 100% han sido validadas, es decir, no hubo ningún dato perdido. Ver en Tabla 27.

Tabla 27:

*Resumen de procesamiento de datos – cantidad de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora en la etapa de fabricación de paneles metálicos, muestras Pre-Test y Post-Test.*

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>							
	Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)	Válido		Casos Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Cantidad de Errores	Muestra Pre	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%
	Muestra Post	8	100,0%	0	0,0%	8	100,0%

Fuente: IBM SPSS Versión 26

### **Estadísticos Descriptivos**

Con los estadísticos descriptivos se pudo contar con un resumen conciso de los datos para poder analizarlos por tendencia central o por dispersión. Ver tabla 28

Tabla 28:

*Estadísticas de grupo – Muestras pre y Post-Test*

Descriptivos					
Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)			Estadístico	Error estándar	
Cantidad de Errores	Muestra Pre	Media		59,25	1,925
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	54,70	
			Límite superior	63,80	
		Mediana		59,50	
		Varianza		29,643	
	Muestra Post	Media		12,38	,420
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	11,38	
			Límite superior	13,37	
		Mediana		12,50	
		Varianza		1,411	

Fuente: IBM SPSS Versión 26

De la Tabla 28, se obtuvo las medidas de tendencia central, las medidas de dispersión, para las muestras Pre-Test y Post-Test.

Muestra Pre-Test:

- Media: 59.25, Mediana: 59.50, Varianza: 29.643

Muestra Post-Test:

- Media: 12.38, Mediana: 12.50, Varianza: 1.411

### Prueba de Normalidad

Por la cantidad de datos obtenidos (08 datos) en Pre-Test y Post-Test respectivamente, las muestras son sometidas a la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk a través del programa software IBM SPSS Versión 26, a fin de verificar si la distribución es normal, es decir, si es paramétrica. Ver Tabla 29.

Tabla 29:

*Prueba de Normalidad para la cantidad de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora en la etapa en la fabricación de paneles metálicos de las muestras Pre-Test y Post-Test.*

Fuente: IBM SPSS Versión 26

Pruebas de normalidad				
Cantidad de Errores	Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Cantidad de Errores	Muestra Pre	,977	8	,947
	Muestra Post	,892	8	,245

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se determina que:

- Para las muestras Pre-Test y Post-Test de la cantidad de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora en la fabricación de paneles metálicos en

el presente estudio, los valores de la Sig. son: 0.947 y 0.245 respectivamente. Estos valores son mayores que el valor de la significancia 0.05, se concluye que los datos de la muestra Pre-Test y Post-Test SÍ provienen de una distribución normal.

### Prueba de Hipótesis

**H0:** Si se implementa la Técnica Lección de Un Punto NO se mejorará la manipulación de una máquina herramienta punzonadora.

**H1:** Si se implementa la Técnica Lección de Un Punto SI se mejorará la manipulación de una máquina herramienta punzonadora.

### Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras independientes, debido a que no son el mismo grupo de análisis para la muestra Pre-Test y Post-Test, es decir, las materias primas e insumos del proceso de fabricación fueron utilizadas por distintos trabajadores por el ingreso de nuevo personal a planta en reemplazo por la salida de vacaciones de algunos de los operarios; y que además, ambas muestras provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la Prueba de T de Student de muestra independientes, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medias.

### Prueba de Levene

Antes de analizar la prueba de hipótesis T de Student de muestras independientes, primero analizaremos la prueba de Levene como herramienta de estadística inferencial para evaluar si existe igualdad en las varianzas de nuestra variable calculada para la muestra Pre-Test y Post-Test. En la Tabla 30 se observa en la prueba de Levene que la Sig es 0.002, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, no se asumen Varianzas Iguales.

Tabla 30:

*Prueba de Levene de la Cantidad de Errores*

Prueba de Levene de igualdad de varianzas		F	Sig.
Cantidad de Errores	Se asumen varianzas iguales	14,942	,002
	No se asumen varianzas iguales		

Fuente: IBM SPSS Versión 26

## T de Student de Muestras independientes

En la Tabla 31, se observa estadísticas de grupo, donde la media de las Muestra Pre y Post son 59.25 y 12.38 respectivamente. Además, con una desviación en Pre y Post de 5.445 y 1.888 respectivamente.

Tabla 31:  
*Estadísticas de Grupo de la Cantidad de Errores*

Estadísticas de grupo					
Muestra Pre Test (1) - Post Test (2)		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Cantidad de Errores	Muestra Pre	8	59,25	5,445	1,925
	Muestra Post	8	12,38	1,188	,420

Fuente: IBM SPSS Versión 26

De igual manera en la Tabla 32, se observa en la prueba de T de Student de muestras independientes, que la Sig. es 0.000, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, se llegó a la conclusión que se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1)

Tabla 32:  
*Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes de la Cantidad de Errores*

Prueba de muestras independientes								
		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
Cantidad de Errores	Se asumen varianzas iguales	23,792	14	,000	46,875	1,970	42,649	51,101
	No se asumen varianzas iguales	23,792	7,665	,000	46,875	1,970	42,297	51,453

Fuente: IBM SPSS Versión 26

De acuerdo al resultado de la Tabla 32, la cantidad de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora antes de la implementación de Lección de Un Punto, muestra una diferencia estadística significativa, a la cantidad de errores en la manipulación de la máquina herramienta punzonadora después de la implementación de Lección de Un Punto.

Con lo cual, para este contraste de muestras acepta la hipótesis alterna o lo que es lo mismo, la hipótesis del investigador:

**H1:** Si se implementa la Técnica Lección de Un Punto SI se mejorará la manipulación de una máquina herramienta punzonadora

Por todo lo antes expuesto, se evidencia claramente que la implementación de la técnica Lección de Un Punto tiene un efecto positivo y significativo en la mejora de la manipulación de una máquina herramienta punzonadora obtenida posteriormente.

## Resumen de Resultados

A continuación, el resumen de los resultados obtenidos en esta investigación.

En la primera hipótesis se evidencia la disminución del 79% de la cantidad de reprocesos al implementar la Estandarización del Trabajo.

En la segunda hipótesis se evidencia la disminución del 53% de los tiempos de entrega al implementar Kanban.

En la tercera hipótesis se evidencia la disminución del 79% de los errores en la manipulación máquina herramienta punzonadora al implementar Lección de Un Punto.

Tabla 33:

*Resumen de resultados*

Hipótesis Específica	Dimensiones Variable Independiente	Dimensiones Variable Dependiente	Indicadores por semana	Pre-Test	Post-Test	Diferencia
1	Estandarización de Trabajo	Reprocesos	% de Reproceso	58.63	12.13	Disminuyó 46.50 79%
2	Kanban	Tiempo de Entrega	% de Tiempo de Espera	602.25	282.75	Disminuyó 319.50 53%
3	Lección de Un Punto	Manipulación de una máquina herramienta punzonadora	% de errores en la manipulación de una máquina herramienta punzonadora	59.25	12.38	Disminuyó 46.87 79%

*Fuente: Área de Producción de INFASA.*

## CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de las Herramientas Lean se demostró que los reprocesos, los tiempos de espera y los errores en la manipulación de una máquina herramienta punzonadora, se podían reducir, cumpliendo con el objetivo general de mejorar la productividad en la fabricación, reflejada en la reducción de los tiempos de entrega de pedidos de los paneles metálicos y la satisfacción de los clientes.
2. Mediante la implementación de Estandarización de Trabajo en la actividad de habilitado, se demostró que la cantidad de reprocesos disminuyó de 59 a 12 reprocesos a la semana, logrando una diferencia porcentual del 79%, con datos Pre-Test comprendidos de 8 semanas en los meses Mayo - Junio del 2021 y los datos Post-Test de 8 semanas en los meses Julio - Agosto de 2021.
3. Mediante la implementación de Kanban en la actividad de ensamble, se demostró que la cantidad de tiempos de espera disminuyó de 602.25 segundos hasta 282.75 segundos a la semana, obteniendo una diferencia porcentual del 53%, con datos Pre-Test comprendidos de 8 semanas en los meses Mayo - Junio del 2021 y los datos Post-Test de 8 semanas en los meses Julio - Agosto de 2021.
4. Mediante la implementación de Lección de Un Punto en la actividad de habilitado, se demostró que la cantidad de errores en la manipulación de una máquina herramienta punzonadora disminuyó de 59 errores hasta 12 errores a la semana, lográndose una diferencia porcentual del 79%, con datos Pre-Test comprendidos de 8 semanas en los meses Mayo - Junio del 2021 y los datos Post-Test de 8 semanas en los meses Julio - Agosto de 2021.



## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar estudios de tiempos por cronómetro a la actividad de habilitado del proceso de fabricación de INFASA, con el fin de mejorar dicha actividad por medio de la Hoja de medición de tiempos, e identificar con más precisión los tiempos estándar en que inicia un elemento de trabajo y el momento que termina.
2. Continuar con el seguimiento y apoyo al personal involucrado para asegurar que la gestión del sistema Kanban se realice de la forma correcta, garantizando el abastecimiento correcto, adecuado y sin tiempos de espera para la fabricación de paneles metálicos.
3. Transmitir una Lección de Un Punto al personal involucrado con una enseñanza de máximo un minuto con un conocimiento específico, ser claro y fácil de aplicar.
4. Continuar con el desarrollo de investigaciones dirigidas a mejorar el nivel de productividad en el área de producción como la planificación de requerimientos de material a fin de incrementar el nivel de competitividad en el rubro reduciendo los desperdicios de la planificación de materia prima de la empresa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ale M. & Juan de Dios, G. (2020). *Propuesta de aplicación de las herramientas del Lean Manufacturing para reducir los tiempos muertos en una empresa reencauchadora de neumáticos en Lima 2020*. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Recuperado de [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3748/IND-T030\\_73031715\\_T%20%20%20ALE%20LOYOLA%20MARTIN%20AARON.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3748/IND-T030_73031715_T%20%20%20ALE%20LOYOLA%20MARTIN%20AARON.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Alzate (2006). *Ingeniería de la Producción. Compilación*. Medellín, Colombia. Corporación Universitaria Remington. Recuperado de <https://1library.co/article/actuar-phva-marco-metodo%C3%B3gicomejoramiento-productividad-mediante-aplicaci%C3%B3n.z1dlx2dz>
- Alomía C. (2011). *Elaboración de hojas de trabajo estandarizadas (SOS) y hojas de elementos de trabajo (JES), aplicado en el área de preparación de materiales (steelastic y pestañas) en la Empresa CONTINENTAL TIRE S.A.* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1618>
- Aguirre Y. (2014). *Análisis de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios en las Pymes*. (Tesis de Maestría en Ingeniería Industrial). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/54090>
- Aquilano, N., Chase, R., & Jacobs, F. (2009). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros* (duodécima ed.). Ciudad de México, México. Recuperado de [https://www.u-cursos.cl/usuario/b8c892c6139f1d5b9af125a5c6dff4a6/mi\\_blog/r/Administracion\\_de\\_Operaciones\\_-\\_Completo.pdf](https://www.u-cursos.cl/usuario/b8c892c6139f1d5b9af125a5c6dff4a6/mi_blog/r/Administracion_de_Operaciones_-_Completo.pdf)
- Aranibar M. (2016). *Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera*. (Tesis de Pregrado). Universidad Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Recuperado de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5303>
- Arango M. et al. (2015). *Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. Revistas de Ingeniería*. Universidad de Medellín. Colombia. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v14n27/v14n27a14.pdf>
- Arce I. (2014) . *Propuesta para la implementación de la estrategia de manufactura kanban en el área de Calandria en Zeta de la empresa Continental TIRE ANDINA S.A.* (Tesis de Pregrado). Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8900>
- Arenas & Vélez (2014). *Diseño de un sistema de control de calidad para el proceso productivo de la empresa RYCAR S.A.* (Tesis de Pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana. Colombia. Recuperado de [https://redcol.minciencias.gov.co/vufind/Record/REPOUPB\\_95f684cb512fc8af144d7a03c5fac5a4](https://redcol.minciencias.gov.co/vufind/Record/REPOUPB_95f684cb512fc8af144d7a03c5fac5a4)

- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*. Editorial Episteme. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/301894369\\_EL\\_PROYECTO\\_DE\\_INVESTIGACION\\_6a\\_EDICION](https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION)
- 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. Recuperado de [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9778/Arroyo\\_pn.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9778/Arroyo_pn.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bances, R. (2017). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánico WENSAY ACEROS S.A.* (Tesis de Pregrado). Universidad César Vallejo. Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1387>
- Beltrán C., & Soto A., (2017). *Aplicación de herramientas Lean manufacturing en los procesos de recepción y despacho de la empresa HLF ROMERO S.A.S.* Universidad de La Salle. Colombia. Recuperado de [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_industrial/24](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/24)
- Bernal, A., (2014). *Competencia emprendedora e identidad personal. Una investigación exploratoria con estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria*. Revista de Educación de Madrid. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/241145230\\_Competencia\\_emprendedora\\_e\\_identidad\\_personal\\_Una\\_investigacion\\_exploratoria\\_con\\_estudiantes\\_de\\_Educacion\\_Secundaria\\_Obligatoria](https://www.researchgate.net/publication/241145230_Competencia_emprendedora_e_identidad_personal_Una_investigacion_exploratoria_con_estudiantes_de_Educacion_Secundaria_Obligatoria)
- Castellano, L. (2019). *Kanban metodología para aumentar la eficiencia de los procesos*. Editorial 3C Tecnología. Recuperado de [https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/03/ART.-2-TECNO-Ed.-29\\_Vol.-8\\_n%C2%BA-1-1.pdf](https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/03/ART.-2-TECNO-Ed.-29_Vol.-8_n%C2%BA-1-1.pdf)
- Castañeda, L (2017). *Implementación de herramientas de Manufactura Esbelta para reducir desperdicios y lograr mejora continua en los procesos productivos de las plantas de Fleexo Spring en la ciudad de Bogotá, Colombia*. (Tesis de Pregrado). Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperado de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14844/2/2017\\_Herramientas\\_Reducir\\_Plantas.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14844/2/2017_Herramientas_Reducir_Plantas.pdf)
- Chávez, C., Méndez, J., (2014). *Aplicación de la manufactura lean a un proceso de troquelado*. (Tesis de pregrado). México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <https://docplayer.es/52934857-Universidad-nacional-autonoma-de-mexico-facultad-de-ingenieria-aplicacion-de-la-manufactura-lean-a-un-proceso-de-troquelado.html>
- Cruz J., & Cueva F., (2020). *Propuesta de implementación de las herramientas Lean Manufacturing en el concesionario San Antonio*. (Tesis de Pregrado).

Universidad de Piura. Recuperado de  
<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4831>

- Galindo, M., & Ríos, V., (2015). *Productividad en serie de estudios económicos. México: ¿Cómo vamos?*. Recuperado de  
[https://scholar.harvard.edu/files/vrios/files/201508\\_mexicoproductivity.pdf](https://scholar.harvard.edu/files/vrios/files/201508_mexicoproductivity.pdf)
- García, A., (2011). *Productividad y reducción de costos: Para la pequeña y mediana industria (2a edición)*. México: Editorial Trillas. Recuperado de  
<https://www.incubarhuila.co/books/productividad-y-reduccion-de-costos-para-la-pequena-y-mediana-industria/>
- Gilbert, L., & Pinedo, M., (2015). *Mejoras en la gestión de abastecimiento para optimizar el tiempo de entrega de filtros y alistamientos al servicio técnico de la empresa CGM RENTAL*. (tesis de pregrado). Lima, Perú. Universidad Ricardo Palma. Recuperado de  
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2073>
- Gutierrez H. (2010). *Calidad y Productividad 3ª ed. México DF: McGraw Hill*. Recuperado de  
<https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/56cf64337c2fcc05d6a9120694e36d82.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M., (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, s.a. Recuperado de  
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). (M. G. S.A., Ed.). México: Mcgraw Hill. Recuperado de  
<https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Hernández, J., & Vizán, A., (2013). *Lean manufacturing*. Madrid. España: Creative Commons.
- Imai, M. (2001). *La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa*. D.F-México: Compañía Editorial Continental. Recuperado de:  
[https://www.academia.edu/8496167/Kaizen\\_La\\_clave\\_de\\_la\\_ventaja\\_competitiva\\_Japonesa](https://www.academia.edu/8496167/Kaizen_La_clave_de_la_ventaja_competitiva_Japonesa)
- Kanawaty G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. [En Línea]. Ginebra-Bélgica: Sn. Recuperado de  
[https://www.academia.edu/37437864/Introducci%C3%B3n\\_al\\_estudio\\_del\\_trabajo\\_4ta\\_Edici%C3%B3n\\_George\\_Kanawaty\\_FREELIBROS\\_ORG](https://www.academia.edu/37437864/Introducci%C3%B3n_al_estudio_del_trabajo_4ta_Edici%C3%B3n_George_Kanawaty_FREELIBROS_ORG)
- Klaus, L., & Siegfried, k., (2015). *Kanban change leadership: creating a culture of continuous improvement*. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Incorporated.

- Lizarzaburu, E. (2016). *La gestión de la calidad en Perú: un estudio de la norma ISO 9001, sus beneficios y los principales cambios en la versión 2015*. Universidad & Empresa, 18(30), 33-54. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/295844110\\_La\\_gestion\\_de\\_la\\_calidad\\_en\\_Peru\\_un\\_estudio\\_de\\_la\\_norma\\_ISO\\_9001\\_sus\\_beneficios\\_y\\_los\\_principales\\_cambios\\_en\\_la\\_version\\_2015](https://www.researchgate.net/publication/295844110_La_gestion_de_la_calidad_en_Peru_un_estudio_de_la_norma_ISO_9001_sus_beneficios_y_los_principales_cambios_en_la_version_2015)
- Madariaga, F. (2013). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. España: Editorial Bubok Publishing S.L. Recuperada de [https://www.academia.edu/35951795/Lean\\_Manufacturing\\_Francisco\\_Madariaga\\_Resumen](https://www.academia.edu/35951795/Lean_Manufacturing_Francisco_Madariaga_Resumen)
- Madrigal, F. (2017). *Lean Manufacturing*. España: Editorial Bubo Publishing. Espuma.
- Melendez D. (2017). *Aplicación de Lean Manufacturing en el proceso de conversión de hojas de planta lijadas en la empresa QROMA S.A.* (Tesis de Pregrado). Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/5316>
- Niebel B. (2009). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. [En línea]. D.F-México: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de [https://www.academia.edu/36652836/Ingenier%C3%ADa\\_Industrial\\_M%C3%A9todos\\_Est%C3%A1ndares\\_y\\_Dise%C3%B1o\\_del\\_Trabajo\\_Benjamin\\_W\\_Niebel\\_12\\_Edici%C3%B3n](https://www.academia.edu/36652836/Ingenier%C3%ADa_Industrial_M%C3%A9todos_Est%C3%A1ndares_y_Dise%C3%B1o_del_Trabajo_Benjamin_W_Niebel_12_Edici%C3%B3n)
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Ediciones de la U. Recuperado de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/03/Metodologia-de-la-investigacion-Naupas-Humberto.pdf>
- Janania, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos. Ingeniería de métodos*. [En Línea]. Ciudad de México-México: LIMUSA, S. A. Recuperado de [https://www.academia.edu/37501252/Manual\\_de\\_Tiempos\\_y\\_Movimientos\\_Ingenier%C3%ADa\\_de\\_M%C3%A9todos\\_Camilo\\_Janania\\_Abraham](https://www.academia.edu/37501252/Manual_de_Tiempos_y_Movimientos_Ingenier%C3%ADa_de_M%C3%A9todos_Camilo_Janania_Abraham)
- Juan Hernandez, Antonio Vizán (2013). *Lean Manufacturing*. Madrid: Fundación EOI. Recuperado de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>
- Lareau y Kaufan (2003). *Roger. Office Kaizen: Cómo reducir los costes de la gestión en la empresa*. Madrid: Fc Editorial. 256 pp. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=209140>
- Organización Internacional del Trabajo. (OIT, 2016). *Mejore su negocio: El recurso humano y la productividad (1a edición)*. Suiza: Publicaciones de la OIT.

- Pérez Castañeda, M. (2016). *Análisis de propuestas metodológicas de implementación de Lean manufacturing en pequeñas y medianas empresas*. Recuperado de [http://reaxion.utleon.edu.mx/Art\\_Impr\\_Analisis\\_de\\_propuestas\\_metodologicas\\_de\\_implementaci%C3%B3n\\_de\\_Lean\\_manufacturing\\_en\\_pequeñas\\_y\\_mediana\\_s\\_empresas.html](http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Impr_Analisis_de_propuestas_metodologicas_de_implementaci%C3%B3n_de_Lean_manufacturing_en_pequeñas_y_mediana_s_empresas.html)
- Prokopenko, J. (1989). *La gestión de la productividad*. [En línea]. Ginebra-Bélgica: Mcgrawhill. Recuperado de <https://s1c8267a7ec09212e.jimcontent.com>
- Rajadell, M. & Sánchez, J. (2010). *Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de <https://es.slideshare.net/martinarroyomontoya/lean-manufacturing-la-evidencia-de-una-necesidad-72833737>
- Rivera (2010). *Introducción a la Manufactura y Naturaleza y Propiedad de los materiales*. p.115. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/25868155/TEMA-1-2-INTRODUCCION-A-LA-MANUFACTURA-Y-NATURALEZA-Y-PROPIEDADES-DE-LOS-MATERIALES>
- Rother, M. & Shook, J. (1999). *Observar para crear valor: cartografía de la cadena de valor para agregar valor y eliminar "muda"*. Brookline, Mass: Lean Enterprise Institute. Recuperado de <https://www.worldcat.org/title/observar-para-crear-valor-cartografia-de-la-cadena-de-valor-para-agregar-valor-y-eliminar-muda/oclc/52245618>
- Sancho A. (2014). *Entender la Lean Manufacturing. Origen, desarrollo y aplicación en empresas occidentales*. Madrid, 254 pp.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso*. Barcelona, España: Editorial Marge Books.
- Umba, N; Duarte, J. (2017). *Propuesta para implementar herramientas lean manufacturing para la reducción del tiempo de ciclo en la fábrica de almojábanas el goloso*. (Tesis de pregrado). Bogotá, Colombia. Universidad de la Salle.
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2011). *Manual de Lean Manufacturing: Guía básica (2a edición)*. México: Editorial Limusa. Recuperado de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1031&context=ing\\_industrial](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1031&context=ing_industrial)
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster: Primera edición. Recuperado de [https://www.academia.edu/8819595/Lean\\_Thinking\\_Banish\\_Waste\\_and\\_Create\\_Wealth\\_in\\_your\\_Corporation](https://www.academia.edu/8819595/Lean_Thinking_Banish_Waste_and_Create_Wealth_in_your_Corporation)

## ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

Tabla 34: Matriz de Consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis Principal	Variable Independiente	Indicador VI	Variable Dependiente	Indicador VD
¿Con la aplicación de Herramientas Lean mejorará la productividad de la etapa de fabricación de paneles metálicos en Industrias Fabiola SA?	Aplicar Herramientas Lean para mejorar la productividad en la etapa de fabricación de paneles metálicos en Industrias Fabiola SA	Si se aplican Herramientas Lean en la fabricación de paneles metálicos entonces mejorará la productividad en la etapa de fabricación de paneles metálicos en Industrias Fabiola SA	Herramientas Lean		Productividad	
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis Secundarias	Dimensiones		Dimensiones	
¿Con la aplicación de la estandarización de trabajo disminuirán los reprocesos?	Aplicar la estandarización de trabajo para disminuir los reprocesos	Si se aplica la estandarización de trabajo para fabricar paneles metálicos se disminuirá los reprocesos	Estandarización de Trabajo	si / no	Reprocesos	% de Reprocesos
¿Con la aplicación de la metodología Kanban reducirá el tiempo de entrega de materiales ?	Aplicar la metodología Kanban para reducir el tiempo de entrega de materiales	Si se aplica la metodología Kanban entonces se reducirán los tiempos de entrega	Kanban	si / no	Tiempo de entrega	% de Tiempo de Espera
¿Con la aplicación de la Técnica Elección de Un Punto prevendrá los errores en la manipulación de una máquina herramienta punzonadora?	Aplicar la Técnica Elección de Un Punto para prevenir errores en la manipulación de una máquina herramienta punzonadora	Si se implementa la Técnica Lección de Un Punto se mejorará la manipulación de una máquina herramienta punzonadora	Lección de Un Punto	si / no	Manipulación de máquina herramienta punzonadora	% de errores en la manipulación de máquina herramienta punzonadora

Anexo 02: Matriz de Operacionalización

Tabla 35: Matriz de Operacionalización

Variables Independientes	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Estandarización de trabajo	SI/NO	“Es la manera más eficiente, fácil, simple y segura, conocida hasta hoy, de realizar una tarea. Un estándar es un conjunto de reglas y ejemplos que proporciona unas expectativas claras sobre cómo debe hacerse una tarea o trabajo” (Pons, 2014, p.66).	Mejorar la calidad de trabajo y que se ejecute de la mejor manera posible.
Kanban	SI/NO	“Kanban (palabra japonesa que significa etiqueta o tarjeta) es un mecanismo para gestionar y asegurar la producción justo a tiempo, que autoriza y da instrucciones para la producción o para la retirada de artículos o partes (...) sistema pull” (Pons, 2014, p.66).	Reducir los tiempos de fabricación de los paneles metálicos.
Lección de un punto	SI/NO	“Es la clasificación del conocimiento básico, definiendo el problema y explicando la mejora, complementa la actividad de los grupos de mejoramiento (...) cualquier área de la planta, ya que evidencia el antes y el después de una acción de mejora” (Rojas, 2011, p.25).	Enseñar a los operarios el uso correcto de la máquina herramienta punzonadora.
Variables Dependientes	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Reprocesos	% de Reprocesos	“Es la acción tomada sobre un producto no conforme para que cumpla con los requisitos” (Alvarado & Guanquiza, 2015, p.29).	Disminuir las piezas no conforme en la etapa de habilitado.
Tiempo de espera	% de tiempo de espera	“Es el tiempo del operario ocioso debido a la falta de disponibilidad del equipo, provocando que el operario se encuentre inactivo mientras que otros trabajen saturados bajo la presión de continuar el proceso productivo” (Sascó, 2019, p.6).	Disminuir los tiempos de espera en la etapa de ensamble.
Manipulación de máquina herramienta punzonadora	% de errores en la manipulación de máquina herramienta punzonadora	“Es una operación mecánica con la cual, mediante herramientas especiales aptas para corte, se consigue separar una parte metálica de otra obteniendo inmediatamente una figura determinada” (Herrera & Uvidia, 2013, p.33).	Disminuir los errores en manipulación de la máquina herramienta punzonadora..



Anexo 03: Declaración de autenticidad



 Calle 05 Mz D1 Lt D4, Coop. Las Vertientes – Villa El Salvador  
 Comercial@infasaperu.com

Lima, 10 de mayo del 2021

Por la presente, autorizamos a la Srta. Miryam Matilde Huamanchumo Gaspar a fin de que pueda utilizar los datos, figuras o fotografías de la empresa para la elaboración de su tesis.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,

  
Sr. Fernando Caballero Quispe  
SUPERVISOR DE PLANTA  
AV EL SOL GALLE 5 MZ. 01 - LT. 4