

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA APLICANDO  
HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA LÍNEA DE  
REPARACIÓN DE MONOBLOCKS DE UN TALLER RECTIFICADOR**

Tesis para obtener el título de **INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

Ivo Luis Retuerto

**ASESOR:**

Ing. César Augusto Corrales Riveros

Lima, marzo del 2020

# RESUMEN

El trabajo presentado es resultado ante la necesidad de mejorar el proceso de reparación de monoblocks en un taller de reparación de componentes automotores. El objetivo principal de este estudio es adoptar es otorgar una mejora continua en la empresa, la cual brindará a la empresa una sostenibilidad en el mercado automotriz.

Para lograrlo, se analizará la situación actual de la empresa de estudio y se propondrá la implementación de las herramientas de manufactura esbelta que permitan eliminar los desperdicios y construir una cultura de aprendizaje al mejorar sus procesos, de tal manera que se logre responder de manera eficaz a las necesidades del cliente y se alcance su satisfacción.

Por ende, se presentará el trabajo con una breve descripción de la empresa en estudio, los productos que ofrecen, los procesos necesarios para la elaboración de los productos representativos por cada familia y los principales indicadores del área de producción.

Posteriormente, para el diagnóstico se seleccionará una familia de productos, se procederá a realizar el diagnóstico las principales mudas, la cuales serán plasmadas, a través de la elaboración de un mapa de flujo de valor, los cuales se priorizarán, a través de un Análisis Modal de Fallos y Efectos y serán resueltos según las herramientas de manufactura esbelta planteadas, estas herramientas planteadas son las 5S's, el Mantenimiento Autónomo, SMED y un Control Visual.

Después de desarrollar la propuesta de implementación de las herramientas mencionadas, se evaluará el impacto económico de los costos y beneficios que se brindará a la empresa en estudio, se calcularán los indicadores de VAN y TIR, los cuales oscilarán entre el 45 y 75%, de acuerdo a los tres escenarios presentados. Finalmente, se presentará las conclusiones y recomendaciones de la propuesta para su sostenimiento y control.

## **TEMA DE TESIS**

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial

ALUMNO : **LUIS RETUERTO IVO**

CÓDIGO : 2013.4692

PROPUESTO POR : Ing. César Augusto Corrales Riveros

ASESOR(A) : Ing. César Augusto Corrales Riveros

TEMA : ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA EN LA LÍNEA DE REPARACIÓN DE MONOBLOCKS DE UN TALLER RECTIFICADOR

N. ° TEMA :

FECHA : San Miguel, 27 de marzo del 2020

### **JUSTIFICACIÓN:**

En la actualidad, el Producto Bruto Interno (PBI) del Perú ha presentado, tomando como referencia el primer trimestre del 2019, un crecimiento de 2.3% con respecto al mismo periodo del año 2018. El alza del Producto Bruto Interno (PBI) se debe al buen rendimiento de las actividades económicas; siendo el comercio, la cuarta actividad con mayor desempeño, presentando un crecimiento de 2.4% por detrás de las actividades como la agricultura y ganadería; electricidad, gas y agua y la construcción<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> INEI, 2019 "Producto Bruto Interno Trimestral". Comportamiento de la Economía Peruana en el Primer Trimestre de 2019 Consulta: 06 de Julio de 2019 <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/pbi-trimestral/2019/1/pdf>

Dentro del sector comercio encontramos como principales impulsores de su crecimiento a las actividades de comercio al por mayor y menor con un crecimiento de 2.6% y a los servicios de mantenimiento y reparación de vehículos automotores (0.5%), siendo el principal impulsor de este crecimiento, el aumento de la demanda de los servicios de reparación automotriz (2.2%)<sup>2</sup>.

A pesar de que el 2018 ha sido un año duro para el crecimiento del parque automotor peruano debido al alza del Impuesto Selectivo al Consumo (ISC) que trajo consigo una disminución del 29% la venta de vehículos<sup>3</sup>; este estancamiento no ha significado una baja en los servicios de mantenimiento y reparación; ya que, en promedio, cada vez que un vehículo recorre 5,000 kilómetros es necesario que se realice un mantenimiento correctivo o preventivo y a causa de la no renovación del parque automotor, estos tipos de servicios se encuentran con una demanda constantes y con un potencial crecimiento en los siguientes años.

El 80% del total de los talleres mecánicos del Perú son formales, siendo el porcentaje restante considerado como informales debido a la falta de modernización en sus procesos y equipamientos que tienen una antigüedad de 20 años. El considerarse un taller informal trae consigo no proporcionar un buen servicio, utilizar herramientas inadecuadas, operaciones deficientes y baja productividad, esto impide ser competitivos en el mercado, ocasionando la pérdida de clientes que optan por irse a un taller más especializado<sup>4</sup>.

Se competitivo para una empresa según el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es vital, ya que significa apostar por la calidad de los productos finales, utilización de técnicas adecuadas para realizar operaciones eficientes y el aprovechamiento y reducción de las mermas y desperdicios. De acuerdo con el último Ranking de Competitividad Global elaborado por el Institute for Management Development (IMD) y CENTRUM PUCP, Perú cayó

---

<sup>2</sup> INEI, 2019 "Producto Bruto Interno Trimestral". Comportamiento de la Economía Peruana en el Primer Trimestre de 2019 Consulta: 06 de julio de 2019 <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/pbi-trimestral/2019/1/pdf>

<sup>3</sup> EL COMERCIO 2019. ETNA: El 2019 será un año difícil para el sector automotor. Consulta: 10 de julio. <https://elcomercio.pe/economia/negocios/2019-sera-ano-dificil-sector-automotor-etna-noticia-607863>

<sup>4</sup> EL ECONOMISTA. Negocios: Talleres mecánicos no logran cubrir el parque automotor de Lima. Consulta: 20 de julio <https://www.eleconomistaamerica.pe/mercados-eAm-peru/noticias/9121351/05/18/Negocios-Talleres-mecanicos-no-logran-cubrir-el-parque-automotor-de-Lima.html>

del puesto 54 al 55; sin embargo, el único avance que presentó resultados positivos fue el pilar de desempeño económico<sup>5</sup>.

Por tal motivo, se propone el análisis, diagnóstico y propuesta de mejora en un taller de reparación de componentes de vehículos automotores, utilizando herramientas de manufactura esbelta. La mejora de los procesos involucrados generará ventajas competitivas como la reducción de tiempos y costos y la prevención de errores en el proceso por medio de herramientas de control y diagnóstico.

## **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar el análisis, diagnóstico y propuesta de mejora aplicando herramientas de manufactura esbelta en la línea de reparación de monoblocks de un taller rectificador.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaboración del marco teórico.
- Describir de la situación actual de la empresa a estudiar.
- Identificar errores en el proceso de reparación de monoblocks en la empresa
- Realizar el diagnóstico de la situación de la empresa.
- Desarrollar las propuestas de mejora en el proceso en base al diagnóstico de la empresa.
- Evaluación económica de la propuesta de mejora.

## **PUNTOS A TRATAR:**

### **a) Marco Teórico**

Descripción teórica de las herramientas diagnóstico que serán aplicadas para el análisis de los procesos de La Empresa, además de las herramientas que se utilizará para la implementación de la mejora.

---

<sup>5</sup> RADIO PROGRAMAS DEL PERÚ. Perú Cayó una posición en el Ranking de Competitividad 2019. Consulta: 21 de julio. <https://rpp.pe/economia/economia/peru-cayo-una-posicion-en-el-ranking-de-competitividad-mundial-2019-noticia-1199647>

**b) Descripción y situación actual de la empresa**

Presentación de la situación actual de La Empresa que puede incluir: reseña histórica, descripción de los procesos actuales de la empresa, línea de productos, estructura de la organización y funciones.

**c) Diagnóstico del proceso**

Identificación de causas y efectos de los problemas principales en el proceso con la ayuda de las herramientas mencionadas, para poder elegir el método adecuado para la propuesta de mejora.

**d) Propuesta de Mejora**

Desarrollo de la propuesta de mejora a través del uso de las herramientas de la manufactura esbelta para cada uno de los problemas identificados en el análisis.

**e) Evaluación económica de la propuesta de mejora**

Elaboración de la evaluación económica de las propuestas de mejora, evaluar los costos y beneficios que traerán consigo las mejoras, para finalmente decidir si la propuesta es viable

**f) Conclusiones y recomendaciones**

---

ASESOR

# DEDICATORIA

*A mis padres Laura e Ibo que siempre estuvieron acompañándome a lo largo de la carrera universitaria, dándome aliento y apoyo incondicional. Todo esto es por ustedes.*



## AGRADECIMIENTOS

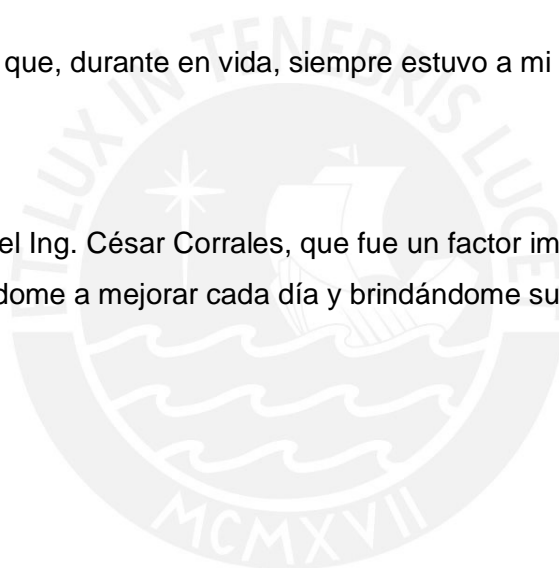
Agradecer a mis padres Ibo y Laura que siempre me ha apoyado a lo largo de mi carrera universitaria, dándome fuerzas para seguir adelante.

Agradecer a Gianella Sascó Blanco por darme todo su apoyo en los momentos difíciles, amor y aliento para seguir superándome y ser mejor persona.

Agradecer a mis hermanos Katherine y Enrique por todo apoyo a lo largo de mi carrera.

Agradecer a mi Tía Ana que, durante en vida, siempre estuvo a mi lado y queriendo lo mejor para mí.

Agradecer a mi asesor, el Ing. César Corrales, que fue un factor importante en la realización de este trabajo, alentándome a mejorar cada día y brindándome sus conocimientos.





## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xiv</b>
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO .....	3
1.1 Historia de la Manufactura Esbelta .....	3
1.2 Descripción de la Manufactura Esbelta .....	3
1.3 Principios de la Manufactura Esbelta .....	4
a) Definir el valor desde el punto de vista del cliente .....	4
b) Identificar el flujo de valor .....	4
c) Crear flujo en las etapas de valor .....	4
d) Utilizar sistemas Pull .....	5
e) Mejora continua .....	5
1.4 Definición de la Muda .....	5
a) Muda de sobreproducción .....	5
b) Muda de espera .....	6
c) Muda de transporte .....	6
d) Muda de procesos innecesarios .....	6
e) Muda de inventarios .....	6
f) Muda de productos defectuosos .....	7
g) Muda de movimientos innecesarios de las personas .....	7
1.5 Herramientas de la Manufactura Esbelta .....	7
1.5.1 Las 5S's .....	7
1.5.2 Cambio Rápido de Herramienta (SMED) .....	9
1.5.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM) .....	10

1.5.4 Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE).....	11
1.5.5 Trabajo Estandarizado .....	12
1.5.6 Mapa de Flujo de Valor .....	13
1.5.7 Control Visual .....	15
1.5.8 Jidoka .....	16
1.5.9 Kanban .....	17
<b>CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....</b>	<b>20</b>
2.1 Descripción de la empresa .....	20
2.2 Misión y Visión de la empresa .....	20
2.3 Organización de la empresa.....	21
2.4 Productos .....	22
2.5 Maquinaria.....	24
2.6 Descripción del Proceso Productivo.....	28
<b>CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....</b>	<b>34</b>
3.1 Selección de familia de productos a estudiar .....	34
3.2 Desarrollo del mapa de flujo de valor actual .....	37
3.3 Identificación de desperdicios.....	39
3.4 Identificación de métricas lean .....	41
3.5 Priorización de mudas .....	46
<b>CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE MEJORA .....</b>	<b>52</b>
4.1 Implementación de Mantenimiento Autónomo y las 5S.....	52
4.1.1 Implementación de Seiri.....	55
4.1.2 Implementación de Seiton.....	57
4.1.3 Implementación de Seiso.....	58
4.1.4 Implementación de Mantenimiento Autónomo .....	60
4.1.5 Implementación de Seiketsu .....	62

4.1.6 Implementación de Shitsuke .....	64
4.2 Implementación del SMED .....	65
4.3 Implementación de Control Visual .....	73
CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	76
5.1 Costo de implementación de mejoras .....	76
5.1.1 Costo de implementación de las 5S .....	76
5.1.2 Costo de implementación del Mantenimiento Autónomo .....	77
5.1.3 Costo de implementación del SMED .....	78
5.1.4 Costo de implementación del Control Visual .....	78
5.2 Ahorro generado por la implementación de mejoras .....	79
5.2.1 Ahorro generado por la implementación de las 5s .....	80
5.2.2 Ahorro generado por la implementación del Mantenimiento Autónomo .....	81
5.2.3 Ahorro generado por la implementación del SMED .....	81
5.2.4 Ahorro generado por la implementación del Control Visual .....	82
5.3 Flujo de Caja del Proyecto .....	82
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	84
6.1 Conclusiones .....	84
6.2 Recomendaciones .....	85
BIBLIOGRAFÍA .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación AMFE .....	12
Figura 2: Implementación de la Estandarización .....	13
Figura 3: Diagrama de Flujo de Valor (Ejemplo).....	14
Figura 4: Simbología VSM.....	15
Figura 5: Tipo de Kanban .....	19
Figura 6: Organigrama de la empresa .....	21
Figura 7: Cigüeñal Reparado .....	22
Figura 8: Bielas .....	23
Figura 9: Monoblock Reparado .....	23
Figura 10: Culata .....	24
Figura 11: Rectificadora de cilindros .....	24
Figura 12: Rectificadora de cigüeñales .....	25
Figura 13: Bruñidora de cilindros.....	25
Figura 14: Prueba hidrostática .....	26
Figura 15: Rectificadora de bielas .....	26
Figura 16: Fresadora .....	27
Figura 17: Cepilladora .....	27
Figura 18: Prensa Hidráulica .....	28
Figura 19: Inspección .....	29
Figura 20: Lavado .....	29
Figura 21: Limpiado .....	30
Figura 22: Pintado.....	30
Figura 23: Encamisetado.....	31

Figura 24: Prensado .....	31
Figura 25: Bruñido .....	32
Figura 26: Embalado .....	32
Figura 27: Diagrama de operaciones - reparación monoblock.....	33
Figura 28: Matriz producto y proceso.....	35
Figura 29: Macro familias agrupadas .....	36
Figura 30: Diagrama de Pareto - familias.....	36
Figura 31: VSM - Situación actual.....	38
Figura 32: Cálculo del OEE .....	44
Figura 33: Diagrama de Pareto IPR .....	50
Figura 34: VSM futuro.....	51
Figura 35: Área de encamisado 1 .....	52
Figura 36: Área de encamisado 2 .....	53
Figura 37: Área de encamisado 3 .....	53
Figura 38: Área de lavado ácido 1 .....	54
Figura 39: Área de limpiado 1 .....	54
Figura 40: Diagrama de flujo de una clasificación .....	56
Figura 41: Tarjeta de Clasificación .....	56
Figura 42: Clasificación con tarjetas .....	57
Figura 43: Plano Seiton .....	59
Figura 44: Cartilla de Limpieza.....	60
Figura 45: Tarjeta Mantenimiento Autónomo.....	62
Figura 46: Estándar de Apariencia.....	63
Figura 47: Cuadro de Desempeño .....	65
Figura 48: Cinturón de Herramientas .....	68

Figura 49: Diagrama de Recorrido (Situación Actual) .....	71
Figura 50: Diagrama de Recorrido propuesto.....	72
Figura 51: Horómetro digital .....	73
Figura 52: Sensor Inductivo.....	74
Figura 53: Alarma (circulina) .....	74
Figura 54: Distribución de alarmas.....	75



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Métodos de control visual.....	17
Tabla 2: Etapas de la autonomación.....	18
Tabla 3: Resumen Productos.....	34
Tabla 4: Resumen Procesos.....	35
Tabla 5: Datos recopilados por familia.....	36
Tabla 6: Mermas por proceso.....	40
Tabla 7: MTTR de la empresa.....	42
Tabla 8: MTBF de la empresa.....	43
Tabla 9: Datos técnicos.....	44
Tabla 10: Resultados.....	45
Tabla 11: Métricas a futuro.....	45
Tabla 12: Matriz AMFE parte 1.....	47
Tabla 13: Matriz AMFE parte 2.....	48
Tabla 14: Mudos seleccionadas.....	49
Tabla 15: Herramienta a aplicar.....	50
Tabla 16: Clasificación de elementos.....	55
Tabla 17: Clasificación elementos.....	58
Tabla 18: Fallas Mensuales.....	61
Tabla 19: Lista de herramientas verdes.....	64
Tabla 20: Lista de actividades.....	66
Tabla 21: Lista de actividades (situación actual).....	69
Tabla 22: Lista de actividades propuesta.....	70
Tabla 23: Resumen de tiempos.....	70
Tabla 24: Variación Tiempo de traslados.....	75

Tabla 25: Resumen Costos .....	76
Tabla 26: Costo 5s Teórico.....	76
Tabla 27: Costo 5s Práctico .....	77
Tabla 28: Costo Materiales 5s.....	77
Tabla 29: Resumen Costos TPM .....	77
Tabla 30: Costo Capacitación TPM.....	77
Tabla 31: Costo Materiales TPM.....	78
Tabla 32: Resumen Costos SMED .....	78
Tabla 33: Costo Capacitación SMED.....	78
Tabla 34: Costo Materiales SMED .....	78
Tabla 35: Resumen Costos Control Visual .....	79
Tabla 36: Costo Capacitación Control Visual.....	79
Tabla 37: Costo Materiales Control Visual.....	79
Tabla 38: Escenarios Propuestos.....	80
Tabla 39: Ahorro Implementación 5s .....	81
Tabla 40: Ahorro Implementación TPM.....	81
Tabla 41: Ahorro Implementación SMED.....	82
Tabla 42: Ahorro Implementación Control Visual .....	82
Tabla 43: Flujo de Caja Escenario Optimista.....	82
Tabla 44: Flujo de Caja Escenario Normal .....	83
Tabla 45: Flujo de Caja Escenario Pesimista .....	83
Tabla 46: Indicadores Económicos .....	83



# INTRODUCCIÓN

Actualmente, el Producto Bruto Interno (PBI) del Perú ha presentado un crecimiento de 2.3%, de acuerdo al INEI en el primer trimestre del 2019, con respecto al mismo periodo del año anterior. Este buen rendimiento es debido al crecimiento de las actividades económicas, dentro de las cuales, el comercio es una de las principales impulsoras, esta actividad presentó un crecimiento de 2.8% en este primer trimestre y se proyecta a seguir en crecimiento en los próximos periodos.

Dentro de los servicios que impulsaron el crecimiento el sector de comercio, se encuentran los servicios de mantenimiento y reparación de vehículos y automotores, dichos servicios tuvieron un crecimiento de 0.7% en el segundo trimestre del 2019, con respecto al año anterior; y esta tendencia se proyecta a seguir siendo positiva.

La situación actual de los talleres de reparación de vehículos automotrices nos muestra que la oferta de este servicio no logra satisfacer a la demanda incremental; la principal razón por la que ocurre esto es debido a que los talleres de reparación se encuentran en conjunto en ciertos puntos de la ciudad. Además, las principales razones por las que una persona descarta un taller mecánico son los procesos deficientes, demora en las reparaciones, equipos desactualizados y baja calidad en el servicio. Y, a consecuencia de esto, los costos operativos se ven incrementados.

De acuerdo a lo expuesto en los párrafos previos, el presente trabajo de tesis presenta la propuesta de implementación de herramientas de Manufactura Esbelta en la línea de reparación estrella de una empresa rectificadora de motores, esto con el fin de eliminar desperdicios y reducir los costos operativos.

En el primer capítulo, se explican los fundamentos teóricos en los que se basa el estudio, se utilizarán artículos y estudios que tratan sobre la filosofía de la Manufactura Esbelta y el impacto que esta genera, además, se desarrollarán conceptos clave para complementar este trabajo de investigación.

En el segundo capítulo, se realizará la descripción de la empresa, el rubro al cual está dedicado, los servicios que brinda, el equipo de trabajo explicado a través de un organigrama, los equipos utilizados y el proceso productivo principal; esto con el fin de dar conocimiento pleno a la empresa a la cual se aplicará el estudio.

En el tercer capítulo, se procederá a realizar el diagnóstico de la empresa, aquí se identificará la familia estrella de reparaciones, las mudas encontradas a lo largo del proceso respectivo, se calcularán las métricas Lean respectivas y se realizará la propuesta de herramientas para la mejora.

En el cuarto capítulo, se realizará la implementación de las mejoras propuestas en el diagnóstico, se detallarán los procedimientos realizados que conllevan utilizar las herramientas de la Manufactura Esbelta y se explicará el impacto positivo que estas generan. Luego, en el quinto capítulo, se realizará el análisis económico de cada herramienta utilizada en la mejora, esto con el fin de analizar la viabilidad económica de las mejoras y poder apreciar si resulta beneficioso para la empresa.

Finalmente, se detallarán las conclusiones respectivas del estudio realizado, además, se darán las recomendaciones que se deben tener en cuenta para que la implementación de dichas herramientas sea lo más eficiente posible.



# CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

## 1.1 Historia de la Manufactura Esbelta

De acuerdo con Padilla (2010), transcurrida la Primera Guerra Mundial, Henry Ford y Alfred Sloan reemplazaron la manufactura artesanal, la cual fue utilizada durante siglos y que predominaba en la industria europea, por la manufactura en masa. Este cambio conllevó a que Estados Unidos sea el dominador del mercado mundial.

Luego, finalizada la Segunda Guerra Mundial, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, miembros y dueños de la fábrica de automóviles Toyota, comenzaron a aplicar la filosofía “Lean Manufacturing”.

En 1950, Eiji Toyoda realizó una visita a la planta de Rouge de Ford en Detroit donde pudo notar la diferencia en la capacidad productiva entre Ford y Toyota; Toyota en sus 13 años de participación en el mercado logró la fabricación de 2,685 automóviles, en cambio, Ford producía diariamente 7,000.

Eiji, luego de estudiar minuciosamente cada parte de la planta Rouge, considerada como una de las más eficientes en el mundo, encontró algunas oportunidades de mejora para aplicar en el sistema de producción Toyota.

Toyoda y Ohno notaron que aplicar lo visto en la planta Rouge a su fábrica resultaría difícil y concluyeron que la producción en masa no iba a funcionar en Japón. En base a esta conclusión es que nace el “Sistema de Producción Toyota”, actualmente conocida bajo el nombre de Lean Manufacturing.

## 1.2 Descripción de la Manufactura Esbelta

Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta, término introducido por Womak y Jones (1996), es definida por varios autores como un pensamiento o sistema dedicado a la reducción o eliminación de desperdicios el cual tuvo como origen el Sistema de Producción de Toyota (TPS). De acuerdo con Gonzáles (2007), la Manufactura Esbelta es un conjunto de herramientas que tiene dos enfoques, el primero tiene como objetivos principales a la localización y eliminación de desperdicios (muda), a la mejora continua de la calidad y a la

minimización de tiempos y costos de la producción. Por otro lado, el segundo enfoque tiene como objeto de estudio al flujo de producción (mura) dentro del sistema y no hacia los desperdicios, este enfoque tiene como herramientas a la producción nivelada, Kanban y Heijunka.

### 1.3 Principios de la Manufactura Esbelta

De acuerdo con Womack y Jones (1996), la Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing se rige bajo cinco principios, los cuales serán explicados a continuación.

#### a) Definir el valor desde el punto de vista del cliente

Este principio se basa en que el pensamiento esbelto se rige, principalmente, bajo el concepto de valor. Este concepto es definido por el cliente a través de sus necesidades, además, la empresa también debe definir claramente lo que valorará y, bajo estas condiciones, debe dirigir sus esfuerzos a cumplir este principio.

#### b) Identificar el flujo de valor

En este principio, se debe identificar correctamente dentro del proceso productivo, las actividades que le dan valor al producto final, es decir, los atributos del producto que son percibidos por el cliente y que valora; las actividades incidentales que; si bien son actividades que no le dan valor al producto o servicio final, son esenciales para el desarrollo de este y finalmente las actividades que no agregan valor o improductivas. Luego, se debe buscar potenciar las actividades que agregan valor mediante las herramientas de la manufactura esbelta y reducir o eliminar las actividades que no generan valor.

#### c) Crear flujo en las etapas de valor

Este principio se basa en lograr una alta eficiencia en el desempeño de las actividades que crean valor al producto o servicio final; eliminar interrupciones y desperdicios de estas actividades.

#### d) Utilizar sistemas Pull

Se refiere a adoptar un sistema Pull o de arrastre en la producción, esto quiere decir que la producción debe regirse bajo el comportamiento de la demanda de los clientes; además, ante una especificación de estos, la producción debe responder de inmediato. Con este sistema se logrará reducir los inventarios de productos en proceso y terminados.

#### e) Mejora continua

Este principio está basado en lograr un sistema productivo perfecto, que no tenga desperdicios ni errores y esto se logrará bajo la correcta aplicación de los cuatro principios anteriores y formando un hábito de mejora continua en la empresa.

### 1.4 Definición de la Muda

De acuerdo con Gutiérrez (2010), la Muda o desperdicio es definida como cualquier actividad o cosa que ocasiona costos pero que no participan en la generación de valor del producto final. Socconini (2019) agrega, que para realizar una correcta comprensión de lo que es un desperdicio, se debe tener en claro la definición de lo que es una actividad que genera valor, que es toda actividad que origina un cambio que el cliente desea y puede ser percibido en el producto final.

Socconini (2019) menciona la existencia de siete tipos de desperdicios que afectan a la productividad, los cuales deben ser correctamente comprendidos, identificados y finalmente deben ser erradicados o eliminados.

#### a) Muda de sobreproducción

La muda de sobreproducción hace referencia a producir más de lo necesario, producir en un tiempo menor a lo requerido o procesar productos que aún no son necesarios. Este despilfarro es ocasionado principalmente por tener una producción “just in case”, la comunicación entre las áreas o con el cliente es inexistente o a un deficiente programa de producción por parte de la empresa. Como solución a este despilfarro, se propone utilizar la filosofía “just in time” y la implantación de la herramienta SMED.

#### b) Muda de espera

La muda de espera trata sobre las pérdidas de tiempo por parte de un operario para la utilización de una máquina, para realizar un ajuste de la máquina o la espera de la máquina y el operario para el ingreso de material necesario para iniciar el proceso respectivo. Esto ocasiona el despilfarro más importante en un proceso productivo, el tiempo, el cual no es utilizado para la generación de valor.

#### c) Muda de transporte

La muda de transporte se basa en los movimientos de los materiales realizados a lo largo de proceso productivo que no aportan valor al sistema de producción, no se considera en este punto a los transportes que tratan de la entrega del producto al usuario final. Si bien, los transportes no son actividades que generen valor al cliente, implican costos adicionales y una posible manipulación que ponga en riesgo el producto en proceso o terminado. Como solución a este despilfarro, se propone la creación de celdas de trabajo.

#### d) Muda de procesos innecesarios

La muda de procesos innecesarios es el despilfarro de tiempo en trabajos que no generan valor al producto o servicio final. Dentro de estos trabajos se originan a causa de las necesidades del taller, como el exceso de inspecciones realizadas a los productos finales o a los materiales con el fin de "asegurar la calidad", el cambio de una herramienta deficiente que afecta al desempeño de un proceso. Como posible solución a este despilfarro, se propone la eliminación total de estos trabajos o la combinación de este trabajo con otro que sí genere valor.

#### e) Muda de inventarios

La muda de inventarios o sobre inventario es el exceso de materiales, productos en proceso o productos terminales que exceden a la demanda del cliente. Este despilfarro es ocasionado principalmente por la elaboración de un erróneo pronóstico de la demanda, desequilibrio en la producción o la existencia de cuellos de botella sin control. Ante esta muda, se propone como propuesta de mejora la implantación de la filosofía "just in time" o la organización de los procesos en forma Kanban.

#### f) Muda de productos defectuosos

La muda de productos defectuosos se refiere a la deficiente utilización de recursos de la empresa para la elaboración de un producto o servicio defectuoso, esta deficiente utilización de recursos abarca la inversión en materiales, tiempos de máquina y el tiempo del operario en producir un bien que no agregó valor al cliente. Esto trae, como consecuencia, el incremento en costos debido al reproceso y a materiales desperdiciados. Ante esta muda, se propone como propuesta de mejora la implantación de un control estadístico de procesos o un desarrollo de proveedores.

#### g) Muda de movimientos innecesarios de las personas

Esta muda hace referencia al traslado innecesario del personal por toda la empresa sin que este agregue valor al producto final. Estos traslados son ocasionados por la baja productividad de los operarios o por un deficiente diseño del proceso. Un ejemplo muy común es cuando un operario se traslada por las distintas áreas del taller para la búsqueda de herramientas, información o materiales para iniciar con el proceso que le corresponde. Este despilfarro ocasiona grandes pérdidas de tiempo que afectan a la productividad de la empresa. Como propuesta de mejora, se propone la creación de celdas de trabajo y administración visual.

### 1.5 Herramientas de la Manufactura Esbelta

Las principales herramientas que lograrán la implementación del pensamiento Lean en una empresa, a través de la eliminación de desperdicios, eliminación de tiempos de espera innecesarios y minimización de errores en el sistema productivo se presentarán a continuación.

#### 1.5.1 Las 5S's

De acuerdo con Gutiérrez (2010), las 5 S es una metodología de trabajo desarrollada en Japón aplicada para talleres y oficinas, se basa en la organización del puesto de trabajo con el fin de mantenerlos funcionales, estructurados, pulcros, seguros y agradables. Otro de los objetivos de la aplicación de esta herramienta es erradicar o minimizar las mudas o despilfarros que se existen en el puesto de trabajo, ya que esto ocasiona que las herramientas

necesarias para que un operario inicie sus actividades se encuentren no habidas debido a que se encuentran mezcladas con el desorden o la basura. Esta herramienta consta de 5 principios japoneses que son Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke; los cuales, según Gutiérrez (2016), serán explicados a continuación.

a) Seiri (Seleccionar)

Este principio se basa en identificar y seleccionar lo que realmente serán necesario para poder realizar las actividades. Se busca que el área de trabajo de se encuentre libre de materiales y documentos innecesarios, herramientas en mal estado y otras piezas que afecten a la continuidad del flujo de trabajo. Aplicar este principio es complicado; debido a que, hay operarios que aún tienen el pensamiento de tener piezas “por si acaso”, esto con el fin de poder afrontar cualquier situación espontánea durante la jornada de trabajo, pero esto es solo una tendencia propia de los seres humanos que solo conlleva a acumular cosas innecesarias.

b) Seiton (Ordenar)

Este principio trata de que debe haber un lugar para cada objeto y que este objeto se encuentre siempre en el lugar que fue asignado, esto tiene como objetivo reducir o eliminar los movimientos o traslados innecesarios realizados por los trabajadores en la búsqueda de una herramienta o material. Toda pieza que fue seleccionada en el principio de Seiri debe tener un espacio asignado y debe ser devuelta con se terminó de utilizarla, se sugiere agrupar los objetos de acuerdo a la frecuencia de uso y de acuerdo a la forma de manipulación de cada objeto.

c) Seiso (Limpiar)

Esta tercera S consiste en mantener el área de trabajo y los equipos utilizados limpios e inspeccionados con el objetivo de reducir o erradicar la suciedad para que el operario se desempeñe en un ambiente de trabajo más seguro. Este principio no solo se basa en limpiar el área de trabajo, sino que, también se deben identificar las causas del por qué los procesos no se realizan de acuerdo a lo establecido; se pueden utilizar herramientas como el diagrama Ishikawa o el diagrama de Pareto para poder identificar los problemas asociados.

d) Seiketsu (Estandarizar)



Este principio se basa en conservar o mantener la limpieza y organización alcanzada en el área de trabajo por las tres S anteriores; es decir, lograr crear un estándar en todos los procesos de la empresa. Una forma de mantener este principio es mediante la utilización de imágenes que muestren como se debería ver el área de trabajo para que los operarios conserven su estación en un estado óptimo. Además, se pueden utilizar programas de sensibilización para poder convencer al equipo de trabajo a adoptar los hábitos de los 3 S como una acción diaria.

#### e) Shitsuke (Disciplina)

Este principio se basa en respetar las medidas y procedimientos que se han establecido en la empresa. Solo si se fomenta la disciplina en el equipo de trabajo, se podrán obtener todos los beneficios que esta herramienta proporciona; para lograrlo, se deben realizar controles periódicamente y sorpresivamente e incentivar el respeto entre cada miembro de la empresa para tener un óptimo ambiente laboral.

#### 1.5.2 Cambio Rápido de Herramienta (SMED)

Según Gonzáles (2007), Single Minute Exchange of Die o Cambio Rápido de Herramienta (SMED) es una herramienta de la manufactura esbelta que está dirigido a incrementar la eficiencia del trabajo de cambios y la reducción del tiempo de preparación de las máquinas, esto con el fin de tener una producción más flexible y reaccionar en el menor tiempo posible ante las necesidades del cliente.

Para una correcta implementación de esta herramienta, se deben tener claro la clasificación de las actividades en internas y externas y la correcta medición del tiempo de cambio en las actividades. Las actividades internas son los cambios que solamente se pueden realizar cuando la máquina se encuentra detenida, un ejemplo sería el cambio de la cuchilla en un torno para poder iniciar con otro proceso; y las actividades externas son los cambios que pueden realizarse sin tener que parar la máquina, un ejemplo podría ser la preparación de las herramientas para la operación siguiente.

De acuerdo con Ramos (2012), los pasos elementales para la implementación de esta herramienta:

- a) Identificar el cambio crítico: En esta etapa, se identifica el proceso crítico o el cuello de botella dentro del estudio.

- b) Observar y documentar la situación actual: Se realiza la descripción del proceso identificado en la etapa anterior y se realiza un desglose de todas las actividades para desempeñar este proceso.
- c) Separar actividades externas e internas: De acuerdo a lo explicado al inicio del inciso, las actividades mencionadas deben ser clasificadas en internas y externas.
- d) Convertir actividades internas a externas: En esta etapa, se debe encontrar un método; por el cual, las actividades internas se conviertan en externas.
- e) Simplificar las actividades internas: Luego de la transformación de las actividades internas, las actividades internas que quedan deben ser reducidas en tiempos, a través de nuevos métodos o cambios en la máquina.
- f) Documentar y estandarizar: Se debe tener documentado todo el avance realizado sobre el proceso crítico, esto con el fin de lograr una mejora continua de este.

### 1.5.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

De acuerdo con Gonzáles (2007), el Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema integral de actividades que busca incrementar la capacidad de las distintas áreas de la empresa a través del mantenimiento. Las partes que componen este sistema tienen como objetivo la perfección del desempeño de las actividades, eliminación de accidentes y defectos, mediante el uso de acciones ordenadas y estableciendo una metodología que permite la eliminación de las pérdidas en el sistema productivo. Suzuki (1996) añade que, el objetivo principal de esta herramienta es lograr incorporar el concepto de mantenimiento autónomo, que busca que todos los operarios puedan realizar por sí solos algunas actividades de mantenimiento para disminuir los tiempos por espera.

Los pasos para una correcta implementación de este sistema son los siguientes:

- 1) Limpieza básica de la máquina y equipo: Que todos los trabajadores se comprometan a realizar la limpieza periódicamente de su área de trabajo para encontrar posibles defectos y debilidades del proceso, se deben establecer reglas para lograr formar un hábito en ellos.
- 2) Prevención de la fuente de contaminación: Lograr la eliminación de los defectos encontrados en el paso 1 y de las fuentes potenciales de contaminación y suciedad. Se

pueden utilizar herramientas como el diagrama de pescado para facilitar la identificación de las causas.

3) Estándares de limpieza y reparación: Crear estándares de mantenimiento regular que ayuden a la prevención de la contaminación y suciedad; además, se debe lograr la reducción de los tiempos de espera y limpieza.

4) Capacitación para reparaciones: Implementar programas que capaciten y entrenen a los operarios a lograr una eficiente detección de componentes defectuosos, para luego utilizar las medidas correctivas correspondientes.

5) Reparación independiente: El operario que fue capacitado en el paso anterior debe estar apto para realizar el mantenimiento respectivo ante una falla presentada; transfiriéndole la responsabilidad total del tiempo que produce este mantenimiento. Se busca que el operario logre aplicar las medidas correctivas antes de que la falla afecte a la calidad del producto.

6) Estándares para asegurar procesos: Realizar la documentación de todos los pasos aplicados hasta el momento y realizar inspecciones para validar que los procesos se están realizando de acuerdo a lo establecido.

7) Mantenimiento Autónomo: Lo que se busca en este paso es que el área de mantenimiento forme una estrategia con las áreas de producción para poder trabajar en equipo. Se debe tener claro quiénes serán los actores en las etapas durante un mantenimiento, en el futuro, se busca que el área de producción logre retroalimentarse del área de mantenimiento para que los operarios puedan realizar por sí solos el trabajo.

#### 1.5.4 Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)

De acuerdo con Paredes (2015), esta herramienta se basa en la identificación y eliminación de fallas dentro del sistema, dentro del sistema productivo o en los diseños que pueden afectar al cliente; además, realiza el análisis de los posibles efectos que pertenecen a cada tipo de falla encontrado. La implementación de esta herramienta es de fácil aplicación, la cual trae consigo modificaciones en el diseño o en el sistema productivo. Esta herramienta se clasifica en tres grupos, las cuales pueden ser apreciadas en la Figura 1.

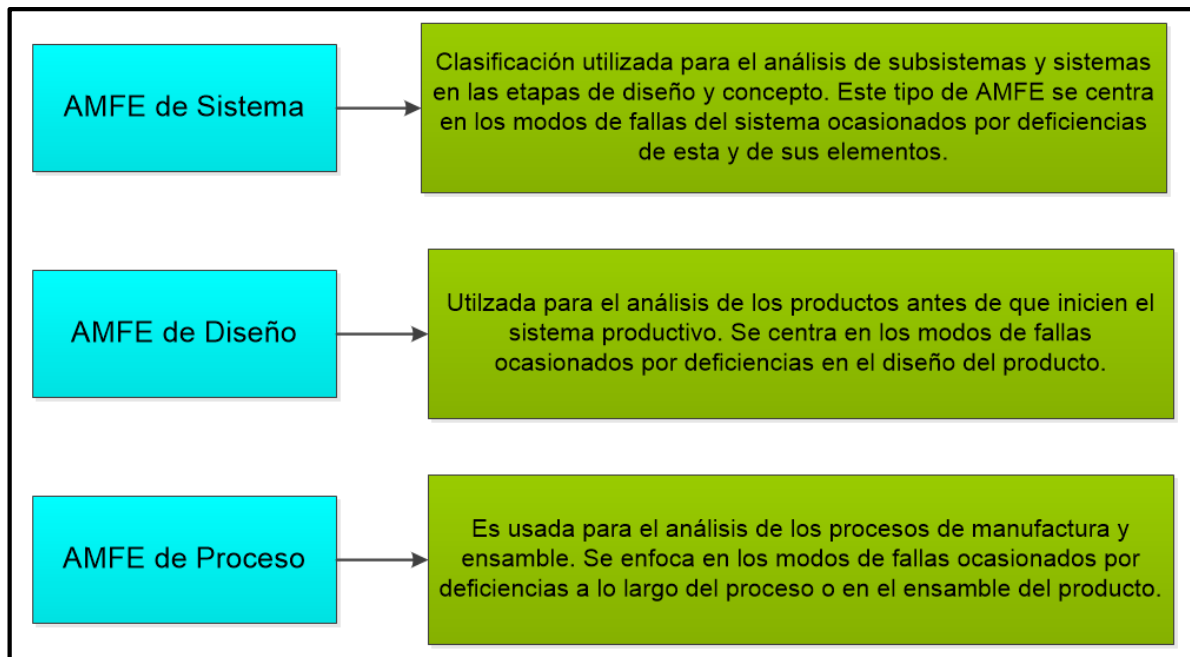


Figura 1: Clasificación AMFE  
Fuente: Paredes (2015)

### 1.5.5 Trabajo Estandarizado

De acuerdo con Villaseñor (2007), el trabajo estandarizado se basa en el conjunto de actividades, previamente establecidos, que proporcionan el método y sistema productivo más eficiente para la empresa. Hernández y Vizán (2013) describen a los estándares como las instrucciones escritas y gráficas que proporcionan las técnicas más eficientes para realizar una actividad o proceso de la manera más eficiente, conociendo el comportamiento de los distintos componentes de un proceso como la maquinaria, el operario, los materiales, entre otros.

La aplicación de esta herramienta en la empresa no solo incrementa la eficiencia en la producción o reduce los tiempos de operación, sino que también se involucra en los aspectos de ergonomía y seguridad en las estaciones de trabajo.

Los pasos para una correcta implementación de esta herramienta se pueden apreciar en la Figura 2.

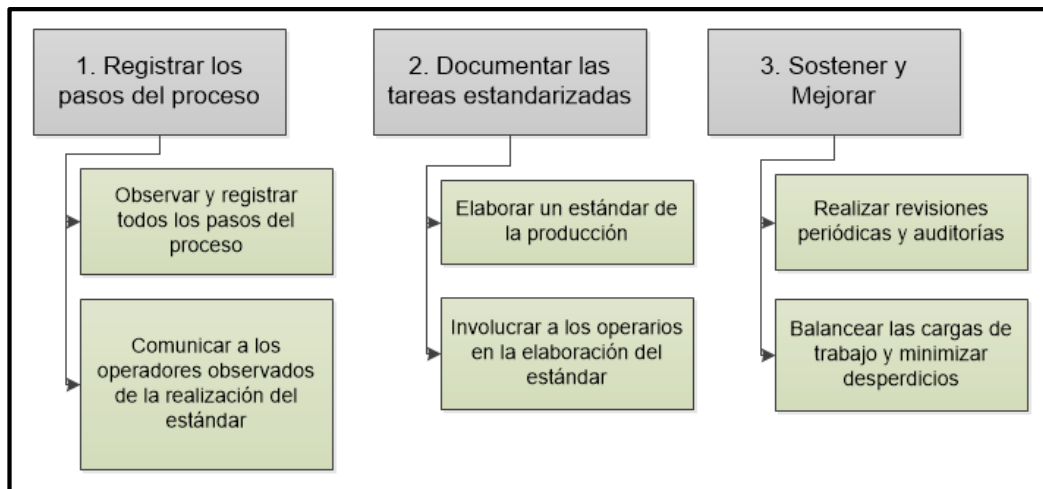


Figura 2: Implementación de la Estandarización  
 Fuente: Mckinsey (2008)  
 Elaboración Propia

### 1.5.6 Mapa de Flujo de Valor

De acuerdo con Gutiérrez (2010), el mapa de flujo de valor es el grupo de operaciones que se efectúan a lo largo del proceso productivo, Marín (2011) lo califica como una herramienta de diagnóstico y control que otorgará una mejora continua en los procesos. Puede abarcar actividades de diseño, toma y emisión de pedidos y programación dedicada a la producción y entrega, entre otros. Esta herramienta es aplicada con el fin de encontrar desperdicios en las actividades principales y tiempos que ocasionan retraso en la producción, aplicando mejoras a todo el sistema productivo y no solo a ciertos elementos.

En la Figura 3 podemos apreciar un ejemplo de Mapa de Flujo de Valor en una empresa dedicada a la orfebrería y en la Figura 4 podemos apreciar la simbología para poder elaborar este mapa y

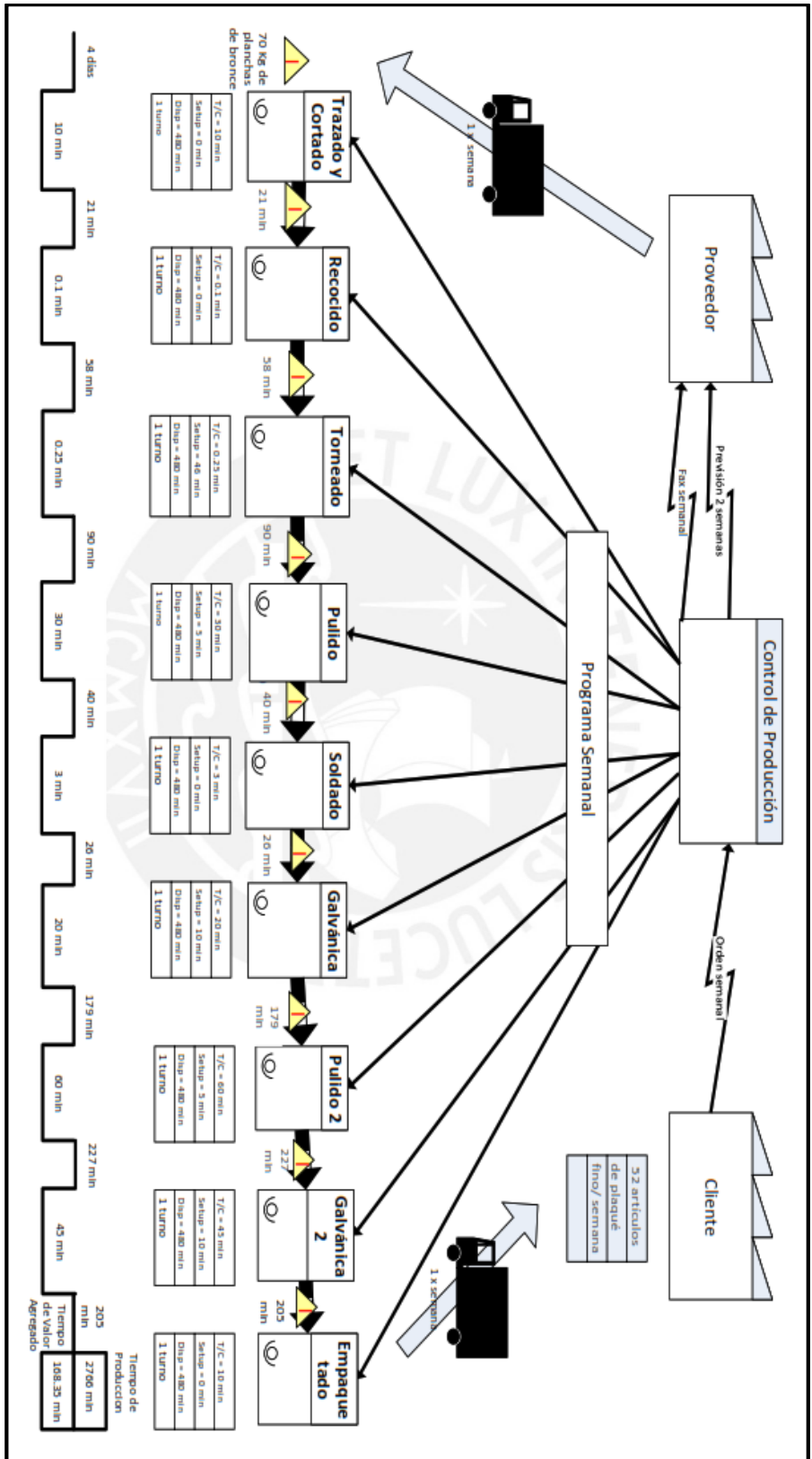


Figura 3: Diagrama de Flujo de Valor (Ejemplo)  
Fuente: Macedo (2016)

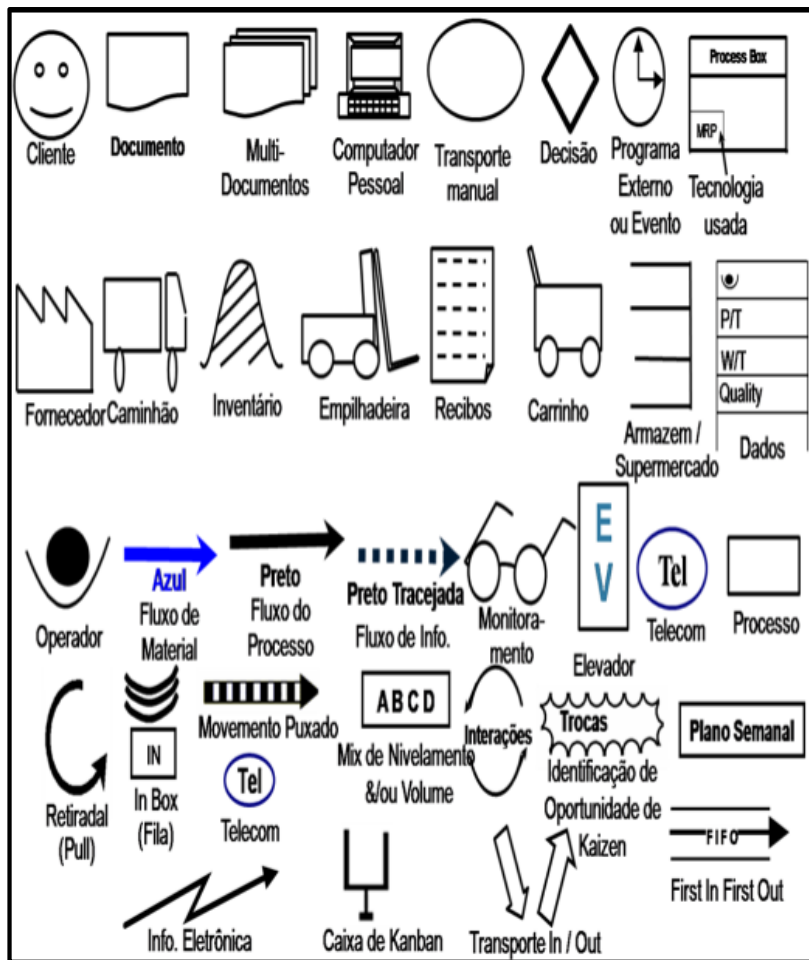


Figura 4: Simbología VSM  
Fuente: Marín (2011)

### 1.5.7 Control Visual

De acuerdo con Hernández y Vizán (2013), el control visual es un conjunto de técnicas basadas en la comunicación que tienen como objetivo expresar, de una manera sencilla, el estado del sistema productivo, dándole más importancia a los desperdicios y fallas. Esta herramienta se centra en los reportes o información que permite demostrar claramente las deficiencias y despilfarros a lo largos de los procesos.

El control visual es considerado una herramienta que busca no solo ser aplicada por una parte de los encargados en la toma de decisiones, sino que también busca la participación de todos los miembros que participan a lo largo del sistema productivo; para así lograr implantar la filosofía Lean de una mejor manera.

De acuerdo con la filosofía Lean, el control visual busca mantener informado a los operarios de los logros y resultados alcanzados son consecuencia del empeño que le ponen al trabajo. Esto sirve como forma de motivación hacia los operarios para seguir mejorando y adoptar más rápido esta filosofía.

Una de las ventajas más relevantes que posee esta herramienta es la facilidad con que los operarios captarán la información y los mensajes, a través de los diálogos. Los diálogos son considerados como una fortaleza en las empresas, ya que logra mejorar el aprendizaje, a partir de experiencias, y facilita a la comunicación entre los miembros de trabajo para que todas las áreas estén en constante intercambio de información.

El control visual posee diferentes técnicas de aplicación, la elección de estas técnicas es de acuerdo a los objetivos o a los problemas que posee la empresa. En la tabla 1, se puede apreciar un resumen de cada técnica de esta herramienta que puede ser utilizada en una empresa de fabricación. Es importante resaltar que no se tienen que aplicar todas las técnicas mencionadas, sino que solo se deben utilizar las que resultarán más eficientes para la empresa.

#### 1.5.8 Jidoka

Según Hernández y Vizán (2013), esta herramienta de término japonés que tiene como significado “automatización con un toque humano” o “autonomación”. El objetivo principal de la aplicación de esta herramienta es que cada proceso del sistema productivo tenga su autocontrol de calidad. De tal forma que; si existen algún desperfecto o falla durante el proceso, este se detendrá automática o manualmente por el trabajador, logrando que estas fallas no tengan mayor alcance para lograr tener productos o servicios con cero defectos.

Con esta herramienta, se logrará que los trabajadores y máquinas formen parte de la inspección de la calidad, eliminando las diferencias entre un operario de una estación de trabajo con un inspector de calidad. Esta herramienta busca eliminar la filosofía de inspección para encontrar defectos e implantar la filosofía en prevenir defectos, se debe buscar que la producción total posea cero defectos para que la empresa no realice una sobreproducción para cubrir las piezas defectuosas.

En la Tabla 1 se puede apreciar los pasos que se deben llevar a cabo para una correcta aplicación de esta herramienta.



Tabla 1: Métodos de control visual

<b>Control visual de espacios y equipos</b>
Identificación de espacios y equipos
Identificación de actividades, recursos y productos
Marcas sobre el suelo
Marcas sobre técnicas y estándares
Áreas de comunicación y descanso
Información e instrucciones
Limpieza
<b>Documentación visual en el puesto de trabajo</b>
Métodos de organización
Recursos y tecnología
Productos y materiales
<b>Control visual de la producción</b>
Programa de producción
Programa de mantenimiento
Identificación de stocks
Identificación de reprocesos
Identificación de trabajos en proceso
Indicadores de productividad
<b>Control visual de la calidad</b>
Señales de monitorización de máquinas
Control estadístico de proceso (SPC)
Registro de problemas
<b>Gestión de indicadores</b>
Objetivos, resultados y diferencias de indicadores de proceso
Gestión de mejora continua
Actividad de mejoras
Sugerencias
Proyecto en marcha

Fuente: Hernández y Vizán (2013: 53)

### 1.5.9 Kanban

De acuerdo con Liker (2011), esta herramienta es utilizada para gestionar de manera visual la demanda y controlar el suministro de materiales en conjunto con el manejo de información entre procesos. Además, esta herramienta nos indica si un usuario, sea externo o interno, ha consumido todo el material o bien. Luego, se emite una orden al proveedor para la reposición del material o producto necesario; la comunicación entre estas dos entidades deber realizarse constantemente y de acuerdo al procedimiento. Se busca que no haya intervención por parte de externos y que se cumpla el círculo de intervención autónomo.

Tabla 2: Etapas de la automatización

Fase	Descripción	Carga Hombre/máq.
1	<b>Automatización del proceso</b> Transferir esfuerzo de operario en esfuerzo de la máquina. Ejemplo: Atornillado automático.	Operaciones simultáneas operario/máq.
2	<b>Automatización de sujetar</b> Sustitución de apriete manual por sistemas accionados mecánicamente. El operario solo carga el útil.	
3	<b>Automatización de alimentación</b> Alimentación automática. El operario solo interviene para parar la alimentación en caso de errores.	
4	<b>Automatización de paradas</b> El sistema de alimentación para correctamente la máquina al final del proceso. El operario puede abandonar el proceso o máquina.	Tareas de operario
5	<b>Automatización de retornos</b> Finalizado y parado el proceso correctamente, el sistema retorna a situación de inicio sin ayuda del operario.	
6	<b>Automatización de retirada de piezas</b> Finalizado el proceso y retorno, la pieza es retirada automáticamente de forma que la siguiente pieza puede ser cargada sin necesidad de manipular la anterior.	
7	<b>Mecanismos antierror (Poka-Yoke)</b> Para prevenir transferencia de piezas defectuosas al proceso siguiente se instalan dispositivos para detectar errores, parar la producción y alertar al operario.	
8	<b>Automatización de carga</b> La pieza es cargada sin necesidad de operario. El proceso debe tener capacidad de detectar problemas y parar la operación.	Tareas máquina
9	<b>Automatización de inicio</b> Completados los pasos anteriores la máquina debe empezar a procesar piezas de forma autónoma. Se deben prever problemas de seguridad y calidad.	
10	<b>Automatización de transferencia</b> Se enlazan operaciones mediante sistemas de transferencia que eviten la intervención del operario.	

Fuente: Hernández y Vizán (2013: 57)

Según Krajewski (2000), la fórmula para calcular la cantidad de tarjetas de esta herramienta es la siguiente:

$$\text{Número de tarjetas Kanban} = \frac{(DD)x(TC)x(FS)}{TL}$$

En donde:

DD: Demanda diaria en unidades

TC: Tiempo de orden para el ciclo

FS: Factor de seguridad

TL: Tamaño de lote

En la Figura 5 se puede apreciar los tipos de Kanban que existen según Monden (1993).

<b>Kanban de producción</b>	Indica y da autorización de producir artículos a los procesos
<b>Kanban de retiro</b>	Autoriza la movilización de productos en proceso al proceso siguiente
<b>Kanban urgente</b>	Se emite en el caso que un componente o material sea escaso
<b>Kanban de emergencia</b>	Cuando ocurren desperfectos en las máquinas a causa de componentes defectuosos o se realizan trabajos en horarios no pertenecientes a una jornada normal (trabajos los fines de semana)
<b>Kanban de transporte</b>	Se utiliza para el traslado de un producto

Figura 5: Tipo de Kanban  
Fuente: Monden (1993: 54)

## CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

### 2.1 Descripción de la empresa

El presente caso de estudio pertenece a una empresa que se encuentra en el sector automotriz desde hace 25 años y en el sector minero y pesquero desde hace 5 años. Dicha empresa es un taller que se dedica a la rectificación de componentes de motores de vehículos como cigüeñales, bielas, monoblocks y culatas, utilizando procesos como torneado, encamisado, bruñido, lavados químicos, entre otros. El taller aplica tecnología media, materia prima de primera calidad y mano de obra especializada con años de experiencia en el rubro.

Las entidades participantes en la empresa son las siguientes:

Proveedores: Entidad que provee de la materia prima necesaria a la empresa para poder iniciar sus operaciones.

Distribuidores: Entidad encargada del transporte y entrega del producto final a los clientes.

Clientes: Entidad que adquiere el producto final y que busca que sus necesidades sean satisfechas por la empresa.

Colaboradores: Es el equipo de trabajo que realiza los procesos productivos y que contribuyen al logro de objetivos y cumplimiento de la estrategia de la empresa.

### 2.2 Misión y Visión de la empresa

La misión con la que la empresa se presenta es la siguiente:

Ser una empresa integral en la prestación de servicios de rectificación de motores y/u otros componentes, con la más alta tecnología en el sector; líder y con un alto nivel de excelencia en la prestación de los servicios, soporte técnico y capacitación, para garantizar la satisfacción de nuestros clientes en todos los sectores como minero, pesquero y automotriz.

La visión de la empresa, aplicada en un horizonte de 5 años, es la siguiente:

Consolidarnos como la empresa líder en prestación de servicios de rectificación y ajuste de motores y componentes, con un enfoque orientado a desarrollar nuevas ofertas de servicios, personal capacitado, alta tecnología y calidad, convirtiéndonos en la empresa de mayor reconocimiento en el mercado.

## 2.3 Organización de la empresa

De acuerdo con Mintzberg (2012), la estructura que presenta la empresa es una estructura simple; debido a que cuenta con dos administradores (Gerente General), el cual dirige y es encargado de tomar las decisiones de la empresa; el Supervisor es el encargado de supervisar a un grupo de operarios que realizan los procesos básicos y el control de los procesos de reparación, el organigrama donde se puede apreciar de mejor manera los puestos de trabajo se puede apreciar en la Figura 6, cabe resaltar que los operarios (incluso el Gerente) no se dedican a una sola función, por ejemplo, cada operario encargado de la reparación de un componente es encargado del lavado ácido y de la limpieza de este.

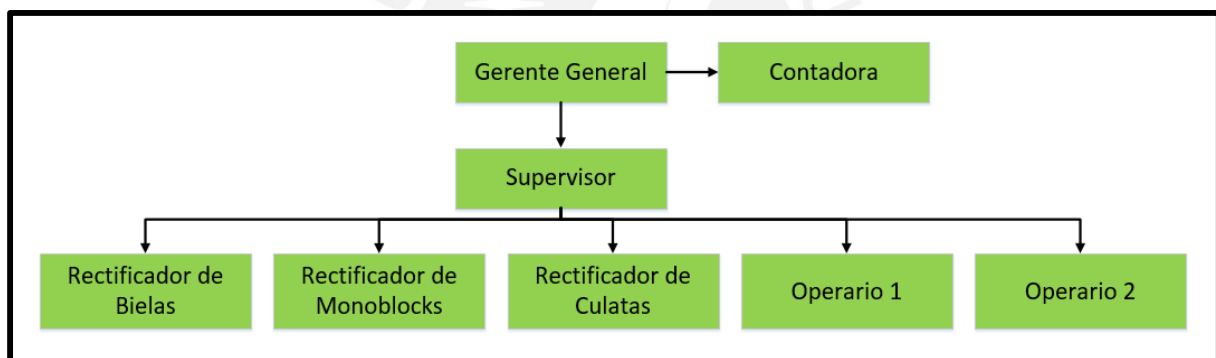


Figura 6: Organigrama de la empresa

A continuación, se describirán las funciones de los miembros del organigrama.

**Gerente General:** Al ser una empresa pequeña, el gerente general desempeña funciones como la compra de materia prima, dirección de la producción, toma de decisiones, contratación de personal y es el encargado de la rectificación de cigüeñales; además, debido a su gran experiencia, apoya en todas las reparaciones del taller.

**Rectificador de culatas:** Operario encargado de la rectificación de culatas, del rectificado de asientos postizos, rectificado de las superficies planas de fierro fundido y de la realización de las pruebas hidrostáticas correspondientes.

Rectificador de monoblocks: Operario encargado del rectificado de los monoblocks, realiza las operaciones de inspección, medición del diámetro de cilindros, encamisado y bruñido al componente.

Rectificador de Bielas: Operario encargado del rectificado de bielas y barrenado de bancadas

Operario 1: Este operario es encargado de realizar el lavado químico y el pintado de todos los componentes a reparar, además apoya en las distintas áreas de reparación.

Operario 2: Este operario es encargado de realizar la limpieza y embalado correspondiente a cada componente en proceso, además apoya en las distintas áreas de reparación.

Contadora: Es la encargada de elaborar los estados financieros de La Empresa, realiza reportes que muestran la situación financiera y cumplir con las obligaciones fiscales, cabe resaltar que este puesto es tercerizado y que mantiene reuniones semanales con el Gerente General.

## 2.4 Productos

La empresa ofrece los servicios de rectificación de los componentes de motores, los cuales se explicarán a continuación.

Rectificación de Cigüeñales: Para los cigüeñales, la empresa realiza los servicios de rectificado de puños de bancada, rectificado de puños de biela, rellenado de base de retén y el alineamiento del cigüeñal. En la Figura 7 se puede apreciar el componente luego de haber sido reparado.



Figura 7: Cigüeñal Reparado

Rectificación de Bielas: Para las bielas, la empresa realiza los servicios de barrenado de caja de bielas, embocinado de pin de bielas y alineamiento de bielas. En la Figura 8 se puede apreciar el componente luego de haber sido reparado.



Figura 8: Bielas

Rectificación de Monoblocks: Para los monoblocks, la empresa realiza los servicios de encamisetado de cilindros, rectificado de cilindros a súper (0.50), el barrenado de bancadas y el bruñido de cilindros. En la Figura 9 se puede apreciar el componente luego de haber sido reparado.

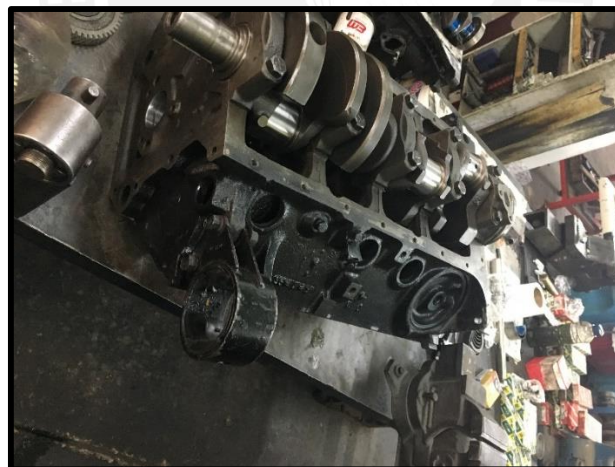


Figura 9: Monoblock Reparado

Rectificación de Culatas: Para las culatas, la empresa realiza los servicios de rectificado de asientos de válvulas, insertado de asientos postizos, cepillado de la base de culata, soldadura de pases de agua y la prueba hidrostática. En la Figura 10 se puede apreciar el componente luego de haber sido reparado.



Figura 10: Culata

## 2.5 Maquinaria

Las máquinas que utiliza la empresa a lo largo del proceso productivo son las siguientes:

Rectificadora de cilindros: Utilizado para la rectificación de camisas en los monoblocks. La máquina mencionada se puede apreciar en la Figura 11.



Figura 11: Rectificadora de cilindros



Rectificador de cigüeñales: Máquina utilizada para el rectificado de puños de biela y bancada. La máquina mencionada se puede apreciar en la Figura 12.

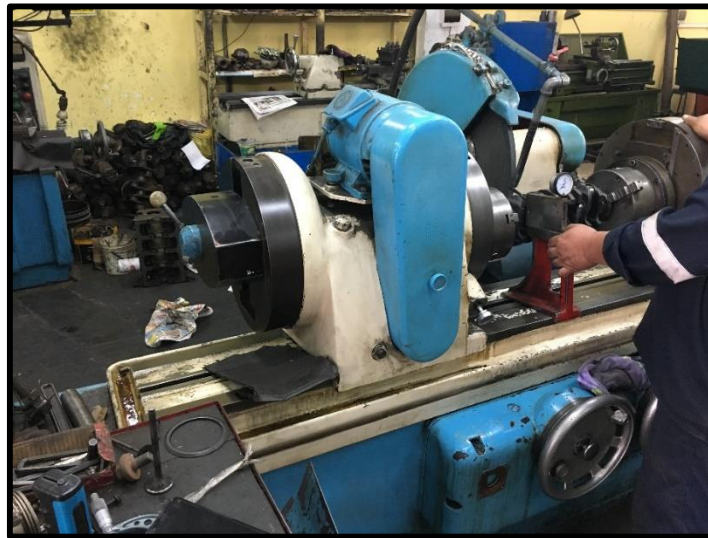


Figura 12: Rectificadora de cigüeñales

Bruñidora de cilindros: Máquina utilizada para realizar el acabado fino a las camisas. La máquina mencionada se puede apreciar en la Figura 13.



Figura 13: Bruñidora de cilindros

Máquina de prueba hidrostática: Máquina utilizada para detectar rajaduras en las culatas. La máquina mencionada se puede apreciar en la Figura 14.



Figura 14: Prueba hidrostática

Rectificadora de bielas: Máquina utilizada para rectificado de caja de bielas y alineamiento de bielas. La máquina mencionada se puede apreciar en la Figura 15.



Figura 15: Rectificadora de bielas

Fresadora: Máquina utilizada para realizar trabajo de fresa a bases chaveteras de cigüeñal. La máquina mencionada se puede apreciar en la Figura 16.



Figura 16: Fresadora

Cepilladora de culatas: Máquina utilizada para el proceso de cepillado de culatas de fierro. La máquina mencionada se puede apreciar en la Figura 17.



Figura 17: Cepilladora

Prensa Hidráulica: Máquina utilizada para la colocación de camisas en los monoblocks. La máquina mencionada se puede apreciar en la Figura 18.



Figura 18: Prensa Hidráulica

## 2.6 Descripción del Proceso Productivo

La descripción de las operaciones para llevar a cabo “la reparación de un monoblock” es la siguiente:

Inspección: El operario encargado recibe el monoblock y realiza una inspección visual al componente donde busca encontrar rajaduras u otro desperfecto para hacer notar al cliente el estado real en el que llega el componente. El área del proceso se puede apreciar en la Figura 19.

Medición: En esta actividad se realiza la medición a los diámetros del cilindro del monoblock y se realiza una pequeña inspección para determinar el grado de desgaste de los cilindros y en base a esto, se determina si se procede con la reparación o no. Esta actividad se realiza en la misma área que la inspección.



Figura 19: Inspección

Lavado Ácido: El monoblock luego de ser medido es trasladado con una carreta al área de lavado ácido, en donde el operario coloca un sujetador al componente y se procede a sumergirlo en el pozo de lavado ácido. El área del proceso se puede apreciar en la Figura 20.

Limpiado: Luego que el monoblock es retirado del pozo de lavado ácido, es trasladado al área de limpieza. Aquí se utiliza la pistola de agua a presión para la limpieza de los residuos que quedaron del lavado ácido. El área del proceso se puede apreciar en la Figura 21.



Figura 20: Lavado

Secado: En esta actividad, luego de haberse realizado la limpieza, se traslada el monoblock al área de secado donde se deja que el monoblock seque al aire libre.



Figura 21: Limpiado

Pintado: En este proceso, se realiza el pintado de monoblock de acuerdo a las especificaciones del cliente, se utiliza una compresora y un soplete para realizar dicha actividad. El proceso se puede visualizar en la Figura 22.

Secado: En esta actividad, se traslada el componente al área de secado donde es depositado en una parihuela y se deja secar al aire libre.



Figura 22: Pintado

Encamisetado: El monoblock es trasladado al área donde se encuentra la máquina rectificadora de cilindros, aquí se utilizan las camisetas para realizar el encamisetado y el rectificado de las bases de los cilindros. El proceso se puede apreciar en la Figura 23.

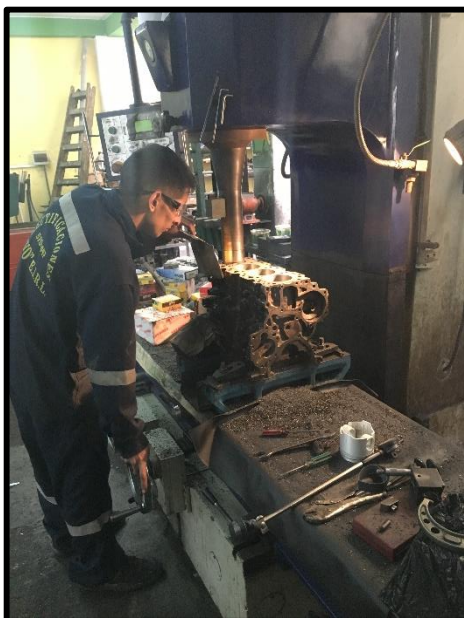


Figura 23: Encamisetado

Prensado: En esta actividad el monoblock es colocado en la prensa donde, bajo presión, se colocan las camisas al monoblock. El proceso se puede apreciar en la Figura 24.



Figura 24: Prensado

Bruñido: En esta operación, el monoblock es trasladado al área donde se encuentra máquina pulidora de cilindros, la cual le da un acabado al componente para terminar la reparación. El proceso se puede apreciar en la Figura 25.



Figura 25: Bruñido

Embalado: Luego de realizar el bruñido al componente, un operario es encargado de embalar el componente reparado con un plástico para luego realizar el despacho del componente. El proceso se puede visualizar en la Figura 26.

Despachado: Finalmente, el componente reparado y embalado es despachado al cliente en el vehículo de la empresa.



Figura 26: Embalado

Los procesos que se llevan a cabo en la reparación de un monoblock, que es una de las reparaciones que se realizan con mayor frecuencia según el gerente general y los ingresos que produce este servicio son de los más altos (280 soles). Podemos apreciar gráficamente los procesos mediante el diagrama de operaciones mostrado en la Figura 27



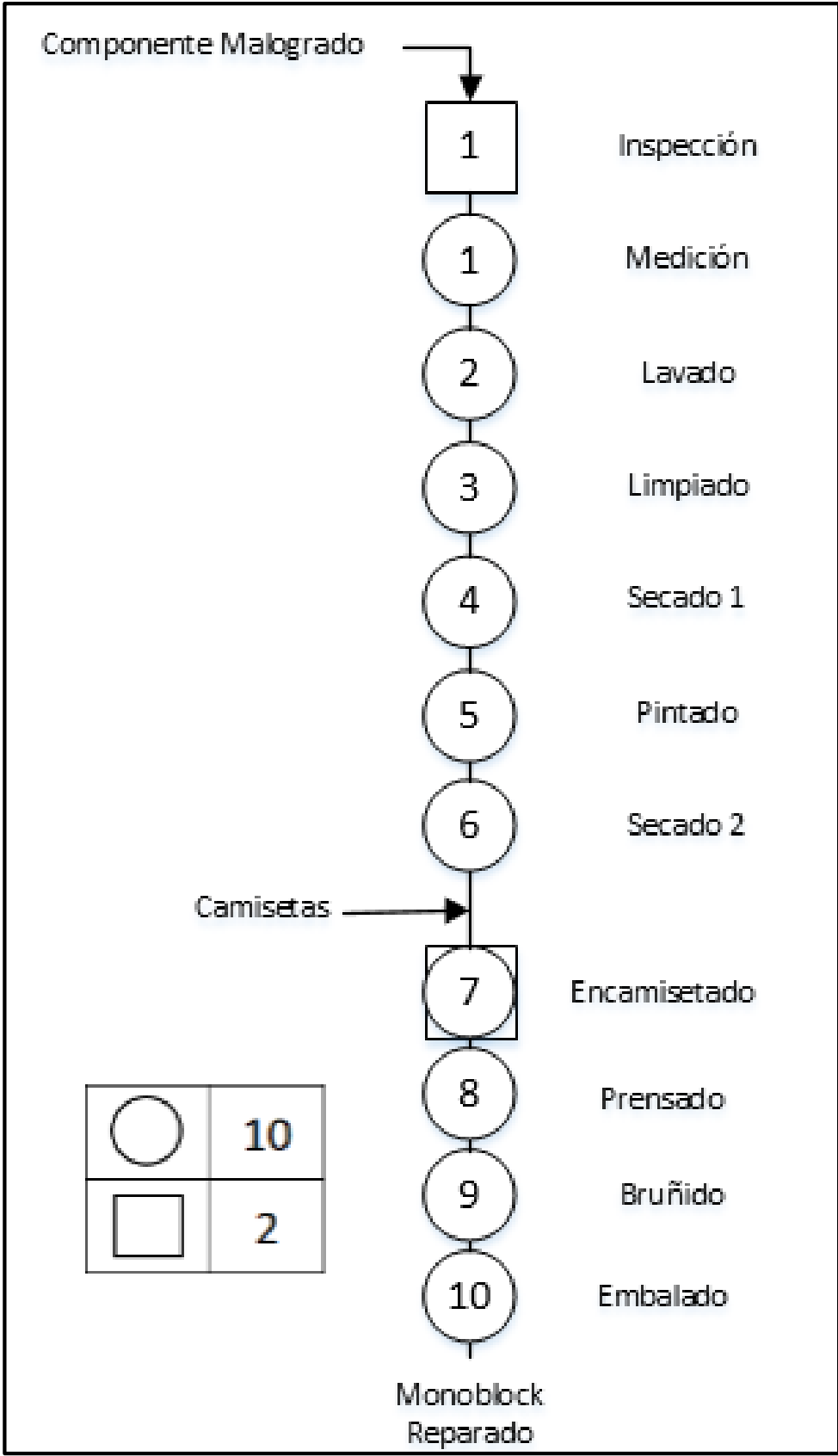


Figura 27: Diagrama de operaciones - reparación monoblock

## CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

### 3.1 Selección de familia de productos a estudiar

Para la determinación de las familias de reparaciones a estudiar, se utilizó la herramienta Matriz Proceso y Producto. En esta herramienta podemos apreciar todos los servicios que brindan la empresa y los pasos para llevar a cabo estos servicios y si uno o más servicios presentan más del 80% de pasos en común, se determinará como una familia.

Para el nombramiento de cada servicio se utilizó letras para un mayor entendimiento de la tabla y los pasos de producción, a través de números. Por ejemplo, al servicio de reparación de monoblocks gasolineros, se le dio la letra A y del mismo modo para todos los servicios, en la tabla 3 y 4 se puede apreciar qué productos corresponde a cada letra y a qué proceso de refiere cada número. Finalmente, la matriz de producto y proceso se puede apreciar en la figura 28.

Tabla 3: Resumen Productos

<b>Monoblocks</b>	A	Gasolineros
	B	Petroleros
	C	GLP
<b>Cigüeñales</b>	D	Gasolineros
	E	Petroleros
	F	GLP
<b>Bielas</b>	G	Gasolineros
	H	Petroleros
	I	GLP
<b>Culatas</b>	J	Gasolineros
	K	Petroleros
	L	GLP

Tabla 4: Resumen Procesos

1	Inspección
2	Medición
3	Lavado
4	Limpiado
5	Secado 1
6	Prueba Hidrostática
7	Pintado
8	Secado 2
9	Prueba Magnaflux
10	Rectificado Puños
11	Cambiado Bocina
12	Rectificado Caja
13	Alineado
14	Revisado Sup. Plana
15	Cambiado guías
16	Insertado asientos
17	Rectificado asientos
18	Encamisetado
19	Prensado
20	Bruñido
21	Embalado
22	Despachado

		PROCESOS																						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
PRODUCTOS	A	x	x	x	x	x		x	x										x	x	x	x	x	
	B	x	x	x	x	x		x	x										x	x	x	x	x	
	C	x	x	x	x	x		x	x										x	x	x	x	x	
	D	x	x	x	x	x				x	x												x	x
	E	x	x	x	x	x				x	x												x	x
	F	x	x	x	x	x				x	x												x	x
	G	x	x	x	x	x						x	x	x									x	x
	H	x	x	x	x	x						x	x	x									x	x
	I	x	x	x	x	x						x	x	x									x	x
	J	x	x	x	x	x	x									x	x	x	x				x	x
	K	x	x	x	x	x	x									x	x	x	x				x	x
	L	x	x	x	x	x	x									x	x	x	x				x	x

Figura 28: Matriz producto y proceso

Finalmente, bajo el criterio de la herramienta utilizada, se determinó que existen cuatro tipos de familia en la empresa. Estas familias serán denominadas como familia W, familia X, familia Y y familia Z y los productos que pertenecen a cada familia se puede apreciar en la Figura 29.

		PROCESOS																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
PRODUCTOS	A	x	x	x	x	x		x	x									x	x	x	x	x	FAMILIA W			
	B	x	x	x	x	x		x	x									x	x	x	x	x				
	C	x	x	x	x	x		x	x									x	x	x	x	x				
	D	x	x	x	x	x				x	x											x	x	FAMILIA X		
	E	x	x	x	x	x				x	x											x	x			
	F	x	x	x	x	x				x	x												x	x		
	G	x	x	x	x	x					x	x	x										x	x	FAMILIA Y	
	H	x	x	x	x	x					x	x	x										x	x		
	I	x	x	x	x	x					x	x	x										x	x		
	J	x	x	x	x	x	x									x	x	x	x					x	x	FAMILIA Z
	K	x	x	x	x	x	x									x	x	x	x					x	x	
	L	x	x	x	x	x	x									x	x	x	x						x	

Figura 29: Macro familias agrupadas

Para la determinación de las familias de reparaciones estrella a estudiar, se elaboró el Diagrama de Pareto, la cual se puede apreciar en la Figura 30, en base a la demanda mensual de cada familia y el costo unitario por reparación; obteniendo mediante el producto de ambos, la contribución monetaria de cada familia.

Tabla 5: Datos recopilados por familia

Nº	Familias	Demanda	Costo	Costo Total	%	% Acumulado	
1	Familia W	25	280	7000	40%	40%	A
2	Familia X	26	250	6500	37%	78%	B
3	Familia Y	24	120	2880	17%	94%	B
4	Familia Z	48	20	960	6%	100%	C
				17340			

Finalmente, bajo el criterio ABC, se definió a la familia W como la familia estrella de la empresa, debido a que representa el mayor porcentaje de la producción mensual de la empresa. Los datos recopilados por ambas familias se pueden apreciar en la Tabla 5.

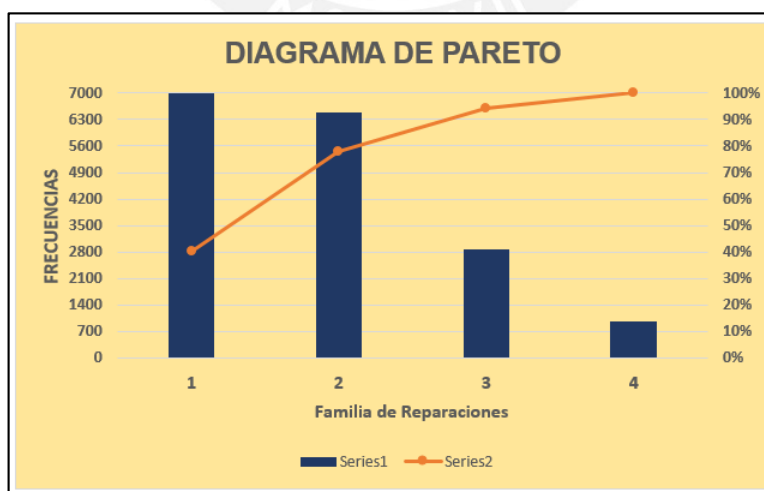


Figura 30: Diagrama de Pareto - familias

## 3.2 Desarrollo del mapa de flujo de valor actual

Habiendo determinado a la familia w (reparaciones de monoblocks petroleros, gasolineros y a gas) como la familia de reparaciones estrella en el punto 3.1, se correspondió a desarrollar el VSM de la familia elegida, tal y como se puede apreciar en la Figura 31. El desarrollo de este mapa tiene como objetivos principales la identificación de desperdicios a lo largo del proceso productivo y la obtención de una mejor representación de las actividades relacionadas al proceso y lograr la identificación de desperdicios en dichas actividades.

Los datos presentados en el Mapa de Flujo de Valor fueron brindados por el supervisor de la producción del taller, y a partir de estos datos, se calculó el tiempo de valor agregado (TVA) para cada operación y el tiempo que no agrega valor (TVNA) a los procesos. Los datos de eficiencia, cantidad de órdenes emitidas y el tiempo en solicitar y recibir la materia prima para iniciar el proceso respectivo también fueron brindados por el supervisor en el taller.

Luego de reunir todos los datos, el tiempo de valor agregado (TVA) fue de 475 minutos y el tiempo que no agrega valor (TVNA) fue de 4.85 días.

Para el cálculo del Takt Time, el cual nos muestra el comportamiento de producción en relación con el consumo del cliente, se calculará a partir de la siguiente fórmula.

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Cantidad\ Total\ Requerida}$$

El taller cuenta, diariamente, con un tiempo disponible de 28,800 segundos. Del tiempo diario disponible, el 54% del total es utilizado para la reparación de la línea de monoblocks, este alto porcentaje es debido a que la línea de monoblocks es la que presenta mayor demanda y la reparación que demanda más tiempo y lo que busca el taller es cumplir con la demanda de este servicio; el porcentaje restante es utilizado en la reparación de las otras líneas de componentes (cigüeñales, bielas y culatas) dando como resultado un tiempo de producción disponible de 15,552 y con la cantidad solicitada de producción que es 25 reparaciones, se obtiene un Takt Time de 622.08 segundos.

Luego de comparar el Takt Time con el ritmo de producción actual del taller (724.5 segundos), se concluyó que el taller opera a una velocidad de producción menor al ritmo de la demanda del cliente. Esto ocasiona insatisfacción en cliente o entrega de productos fuera de las fechas establecidas.



### 3.3 Identificación de desperdicios

Luego haber elaborado el VSM, se identificó los desperdicios o mudas asociadas a los procesos que pertenecen a la familia de reparaciones elegida.

#### Muda de inventarios

Esta muda es ocasionada por la acumulación de materiales o de los componentes en ciertas etapas del proceso. Por ejemplo, para el proceso de encamisetado, el taller cuenta con inventario en exceso de camisetos y de componentes en espera al proceso siguiente, esto se debe a que no se estudió correctamente la demanda, ya que el taller tiene stock “por sea caso”; lo cual es un pensamiento que al final lo que hace es acumular materiales, que es considerado dinero retenido para la empresa. Del mismo modo, el exceso de componentes en proceso es ocasionado porque los operarios encargados de los procesos siguientes no están enterados y hay falta de comunicación entre las áreas.

Otro caso es en el área de lavado ácido, debido a la dimensión del pozo utilizado y a la falta de sujetadores es que se pueden poner pocas cantidades de componentes y es por eso que hay una cantidad alta de componentes en espera; esto también ocurre para el proceso de lavado.

En el proceso de bruñido y embalado, considerado como procesos finales, también se pudo identificar una gran cantidad en el inventario de productos terminados, esto es ocasionado debido a que el área de trabajo y el almacén se encuentran sucias, desordenadas y ocupadas por reparaciones que ya fueron terminadas o también, como fue explicado en la primera muda, por la falta de comunicación entre estas áreas y no se enteran que el componente ya fue reparado. Debido a esto, no se puede aprovechar todo el espacio de trabajo. Cabe resaltar que, este el desorden también se encuentra en las distintas estaciones de trabajo por las que pasa el componente.

#### Muda de esperas

A lo largo del proceso se encontraron diversas mudas de este tipo, mayormente ocasionadas por el no cumplimiento de la demanda de cada estación de trabajo, ya que cada proceso necesita que el anterior se haya concluido para poder iniciar el trabajo. Otro de los factores que ocasionan estos desperdicios son las fallas de las máquinas, la ausencia o pérdida de

las herramientas necesarias para iniciar el trabajo correspondiente y la suciedad en la zona de trabajo.

Finalmente, otros de los factores considerados es la demora ocasionada cuando un operario se ausenta en el centro de trabajo, ya que la empresa no tiene medidas de contingencia en caso ocurra estos imprevistos y, por esta razón es que se acumulan los trabajos del día y la empresa se ve obligada a trabajar horas extras o dejar de hacer otros trabajos para cumplir con la demanda.

En el proceso de prensado podemos apreciar esto; ya que, existen grandes demoras en la colocación de las camisetas y esto es mayormente ocasionado por la gran cantidad de suciedad encontrada en el área de trabajo respectiva.

Otra muda de espera identificada fue en el proceso encamisetado, inspección y medición, donde para poder iniciar el proceso de rectificado de camisetas y cilindros o la medición del diámetro de cilindros tomaba mucho tiempo debido a que el operario se tomaba mucho tiempo en encontrar las herramientas necesarias para iniciar sus actividades, además, los componentes tardan en llegar a las áreas respectivas y esto ocasiona, también, grandes demoras.

#### Muda de productos defectuosos

Durante los procesos se pudo identificar que existen un porcentaje considerable de productos defectuosos, en la Tabla 6 se puede apreciar el porcentaje de mermas para cada proceso, esta información fue brindada por el supervisor del taller. Esta muda origina que se tengan que realizar reprocesos, los cuales consumirán una gran cantidad del tiempo disponible, además se consumirá materia prima y se incrementarán los costos totales.

Tabla 6: Mermas por proceso

Proceso	Cantidad	Cantidad Defectuosos	% de Mermas
Limpiado	25	2	6%
Pintado	25	3	10%
Bruñido	25	2	7%
Prensado	25	2	8%

Tal es el caso del proceso de limpiado, pintado, prensado y bruñido; ya que, los componentes que pasan por este proceso tiene que volver a ser limpiados, en promedio, unas dos veces



más y esto es ocasionado por la falta de experiencia del operario encargado y porque el proceso de lavado no se encuentra estandarizado ni monitoreado, además, se pudo identificar que el área de trabajo también se encontraba sucia y desordenada, lo cual ocasionaba que el proceso no se pueda realizar eficientemente.

#### Muda de sobre procesamiento

A lo largo del proceso productivo de reparación del componente, se logró identificar que el proceso de embalado del componente reparado no agrega valor al servicio final; a pesar de que es una característica que puede ser percibida positivamente por el cliente, esta característica, en realidad, resulta un obstáculo que dificulta en un posterior retiro del plástico embalado del componente.

El embalado no protege al 100% al componente de posibles rajaduras, golpes o mal maniobramiento, sino que pueden quedar restos al quitar el plástico y esto sí podría afectar a un posterior funcionamiento del componente.

Al considerarse este proceso como un proceso que no agrega valor al producto, realizar este proceso consume tiempo en el que el operario puede realizar otras operaciones que agreguen valor o también se pueden disminuir los costos destinados a la compra del material para llevar a cabo este proceso.

### 3.4 Identificación de métricas lean

Luego de haber identificado y descrito los desperdicios o mudas al largo del proceso productivo, se procedió a calcular las métricas lean que nos describirán a mayor detalle la situación actual del taller y como queremos que sean estos indicadores en el futuro.

A continuación, se presentará y detallará los indicadores calculados de la situación actual de la empresa.

#### Tiempo promedio para reparar (Mean Time to Repair - MTTR)

Este indicador nos muestra el tiempo que el taller se toma en reparar una máquina por falla y se calcula en base a dos elementos, el tiempo total de reparación y el número de fallas por máquina en un periodo de tiempo. Para este caso, se utilizó un periodo de un mes y los datos

proporcionados para este cálculo fueron brindados por los operarios pertenecientes al proceso productivo.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

Como se puede apreciar en la Tabla 7, el MTTR promedio mensual del taller fue 27.71 minutos.

Tabla 7: MTTR de la empresa

Nº	Máquina	Tiempo de restauración (minutos/mes)	# de fallas	MTTR (horas)
1	Pistola de Agua	240	5	48.00
2	Rect. Cilindros	175	8	21.88
3	Rect. Cilindros	170	8	21.25
4	Bruñidora	138	7	19.71
				<b>27.71</b>

Tiempo promedio entre fallas (Mean time between failures – MTBF)

Este indicador es utilizado para determinar fiabilidad de las máquinas que participan a lo largo del proceso productivo, para calcular este indicador se requerirá el tiempo libre entre fallas y el número de fallas correspondientes en un mismo periodo de tiempo para todas las máquinas.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo entre fallas}}{\text{Número de fallas}}$$

Este indicador se calculó para las máquinas que participan a lo largo del proceso, las cuales son la rectificadora de cilindros, la pistola de agua a presión y la bruñidora de cilindros.

Como se puede apreciar en la Tabla 8, los indicadores se calcularon en base a datos proporcionados por los operarios del taller y como resultado se obtuvo un MTBF promedio de 28.46 horas por minutos.

Tabla 8: MTBF de la empresa

Nº	Máquina	Tiempo de operación (horas/mes)	# de fallas	MTBF (horas)
1	Pistola de Agua	192	5	38.40
2	Rect. Cilindros	192	8	24.00
3	Rect. Cilindros	192	8	24.00
4	Bruñidora	192	7	27.43
				<b>28.46</b>

### OEE

Es la Efectividad Global del Equipo que brinda el monto de servicio productivo que otorga el equipo de trabajo, nos muestra una percepción sobre los desperdicios que son originados al largo del sistema productivo y se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$OEE = Disponibilidad \times Tasa \ de \ Rendimiento \times Tasa \ de \ Calidad$$

En la Figura 32 podemos apreciar los datos correspondientes para el cálculo de la Efectividad Global del Equipo y como se conforman.

#### Disponibilidad (B/A)

Nos muestra el tiempo que ha estado trabajando la máquina respecto al tiempo que en realidad se hubiese deseado que esté trabajando.

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo \ bruto \ de \ producción \ (B)}{Paradas \ no \ planificadas \ (A)}$$

#### Tasa de Rendimiento (D/C)

Nos muestra el tiempo en que la máquina funciona y cuánto fabrica en relación a lo que debió haber trabajado en lo que se considera un ciclo ideal.

$$Tasa \ de \ rendimiento = \frac{Tiempo \ neto \ de \ producción \ (D)}{Tiempo \ bruto \ de \ producción \ (C)}$$

Tasa de Calidad (E/F)

Nos muestra la cantidad de artículos que no tuvieron defectos con respecto a la cantidad neta de la producción.

$$Tasa\ de\ rendimiento = \frac{Tiempo\ de\ valor\ a\u00f1adido\ (E)}{Tiempo\ neto\ de\ producci\u00f3n\ (F)}$$

En la Tabla 9, podemos apreciar los datos brindados por la empresa para el c\u00e1lculo de los indicadores correspondientes.

Tabla 9: Datos t\u00e9cnicos

Dato	Cantidad	Unidades
Producci\u00f3n diaria	2400	horas
Tiempo de operaci\u00f3n	2342	horas
Tiempo no programado	58	horas
Tiempo planificado	2294	horas
Paradas planificadas	48	horas
Tiempo bruto de producci\u00f3n	1719	horas
Paradas no planificadas	575	horas
Tiempo Neto de Producci\u00f3n	1419	horas
P\u00e9rdidas de eficiencia	300	horas
Tiempo de valor a\u00f1adido	1154	horas
P\u00e9rdidas de calidad	265	horas

Tiempo Calendario		
Tiempo Total de Operaci\u00f3n		Tiempo no programado
Tiempo planificado de producci\u00f3n		P. Planificados
Tiempo bruto de producci\u00f3n	P. no planificadas	
Tiempo neto	P. Eficiencia	
Tiempo V.A.	P. Calidad	

Figura 32: C\u00e1lculo del OEE  
Fuente: Macedo (2016)

Finalmente, en la Tabla 10 se puede apreciar el resultado de los indicadores mencionados y OEE de la empresa.

Tabla 10: Resultados

Disponibilidad	74.9%
Tasa de rendimiento	82.5%
Tasa de calidad	81.3%
<b>OEE</b>	<b>50.3%</b>

De acuerdo con los resultados obtenidos en la Tabla 11, se busca incrementar y mejorar estos indicadores mediante la aplicación de herramientas de la Manufactura Esbelta. A través de estas herramientas se logrará la reducción o eliminación de desperdicios encontrados en las áreas de trabajo involucradas, se reducirán los tiempos que no agregan valor al proceso productivo, eliminar las paradas realizadas para realizar el mantenimiento de una máquina debido a una falla y tener una metodología donde el cambio de herramienta para iniciar un proceso sea más eficiente.

La implementación de estas herramientas tiene como principal objetivo mejorar los indicadores de MTBF, MTTR y OEE. Se ha propuesto la reducción en un 25% del tiempo promedio para reparar, el aumento en un 30% del tiempo promedio entre fallas y lograr un OEE de 75%, ya que este porcentaje es el adecuado para ser considerada como una empresa en condiciones óptimas para generar competitividad.

En el siguiente punto, se explicará las herramientas que serán aplicadas y a qué tipo de desperdicio están destinadas a reducir o suprimir.

Tabla 11: Métricas a futuro

Métrica	Actual	Futuro	
<b>MTBF</b>	28.46	36.99	horas
<b>MTTR</b>	27.71	20.78	min
<b>OEE</b>	50.31%	75%	

### 3.5 Priorización de mudas

Luego de elaborar el VSM e identificar los desperdicios o mudas en los procesos de reparación de la familia escogida del taller y calcular las métricas que nos muestran el desempeño actual del taller, se realizará la priorización de las mudas de mayor impacto a lo largo del sistema productivo; con el fin de lograr la eliminación de estos desperdicios y mejorando el desempeño del taller.

Para la priorización de mudas se elaboró una matriz AMFE (Análisis Modal de Falla y Efectos) la cual se puede apreciar en las Tablas 12 y 13, en la cual se describe brevemente la muda encontrada, el proceso al que pertenece, las medidas de control que existen actualmente frente a este desperdicio y luego se procede a calificar de acuerdo a tres aspectos: Frecuencia, gravedad y detectabilidad. Después, se calculó el indicador IPR, el cual es el resultado del producto de estos tres aspectos.

Se elaboró un Diagrama de Pareto de todos los tipos de mudas mencionados en base a los datos recopilados en la Tabla 14 y, como se puede apreciar en la Figura 33, se concluye que la muda de mayor impacto fue la muda de espera.

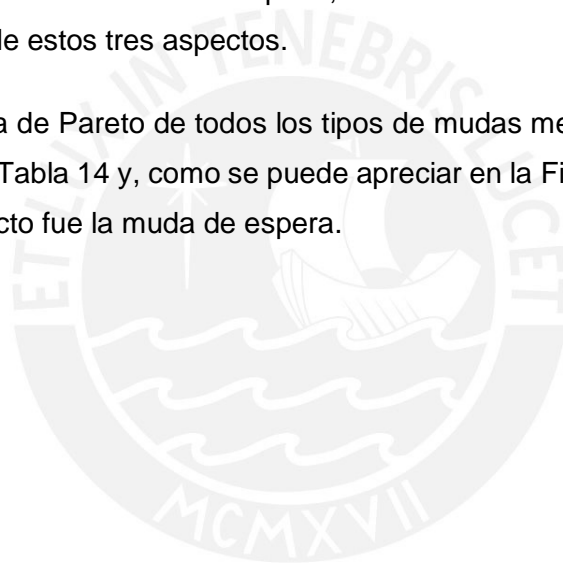


Tabla 12: Matriz AMFE parte 1

Proceso	Categoría de Muda	Descripción del defecto	Causa de la Muda	Medida de Control	Frecuencia	Gravedad	Detectabilidad	IPR
Medición	Muda de espera	Se demora mucho tiempo en realizar la actividad	El proceso se demora debido que no se encuentran las herramientas necesarias para iniciar los trabajos.	No existe medida de control	5	3	3	45
	Muda de Inventario	Se manejan inventarios grandes	Se tiene una gran cantidad de inventarios de productos en espera a realizar el lavado, esto debido a la poca capacidad del pozo ácido	No existe medida de control	4	3	4	48
Lavado	Muda de espera	Se demora mucho tiempo en realizar la actividad	Se demora mucho tiempo en colocar los sujetadores al componente para poder sumergirlo, debido a que las herramientas se pierden en el taller	No existe medida de control	5	3	3	45
	Muda de espera	Se toma mucho tiempo en realizar la actividad	El área de trabajo se encuentra sucia ocupada por otros componentes y herramientas	No existe medida de control	5	3	3	45
Limpiado	Muda de productos defectuosos	Falta de estandarización del proceso	La operación se realiza de acuerdo al criterio del operario, sin seguir un procedimiento establecido	No existe medida de control	2	2	2	8
	Muda de productos defectuosos	Falta de estandarización del proceso	La operación se realiza de acuerdo al criterio del operario, sin seguir un procedimiento establecido	No existe medida de control	2	2	3	12

Tabla 13: Matriz AMFE parte 2

Proceso	Categoría de Muda	Descripción del defecto	Causa de la Muda	Medida de Control	Frecuencia	Gravedad	Detectabilidad	IPR
Encamisado	Muda de Inventario	Se manejan grandes inventarios	Se realizan compras de gran cantidad	No existe medida de control	3	4	2	24
	Muda de espera	Se generan grandes colas de productos debido a la demora en realizar el proceso	Esta operación toma mucho tiempo debido a que no se tienen la herramientas a la mano o se encuentran en otras estaciones y también el área de trabajo se encuentra sucia	No existe medida de control	5	3	2	30
Prensado	Muda de espera	Se demora mucho tiempo en la colocación de camisetas	Las herramientas necesarias no se encuentran a la mano y el área de trabajo se encuentra sucia	No existe medida de control	5	3	2	30
	Muda de productos defectuosos	Falta de estandarización del proceso	La operación se realiza de acuerdo al criterio del operario, sin seguir un procedimiento establecido	No existe medida de control	2	2	3	12
Bruñido	Muda de Inventario	Se manejan grandes inventarios	Los productos, luego de realizar el bruñido, se acumulan en grandes cantidades en la estación de trabajo	No existe medida de control	1	2	5	10
	Muda de productos defectuosos	Falta de estandarización del proceso	La operación se realiza de acuerdo al criterio del operario, sin seguir un procedimiento establecido	No existe medida de control	2	2	2	8
Embalado	Muda de Inventario	Se manejan grandes inventarios	Los productos, luego de realizar el embalado, se acumulan en grandes cantidades en la estación de trabajo	No existe medida de control	3	3	4	36
	Muda de sobreprocesamiento	Se realizan actividades que no generan valor	El embalado es un proceso que no agrega valor al producto final al no ser apreciado por el cliente	No existe medida de control	4	2	2	16



Tabla 14: Mudras seleccionadas

Nº	Tipo de Muda	IPR	%	%acum
1	Suciedad en las áreas de trabajo	105	28%	28%
2	Grandes inventarios de productos en espera	94	25%	54%
3	Pérdida y Búsqueda de herramientas	90	24%	78%
4	Falta de estandarización de proceso	40	11%	89%
5	Grandes inventarios de materia prima	24	7%	96%
6	Actividades que no generan valor	16	4%	100%
		<b>369</b>		

Como se puede apreciar en la tabla, donde se recopilan las causas encontradas en la elaboración de la matriz AMFE, la suciedad en las áreas de trabajo es la causa que presenta mayor impacto, por ello, se propone implementar la herramienta de las 5S en las áreas involucradas (encamisetado, lavado, medición e inspección); sin embargo, lo que se busca es que todos los procesos involucrados también adopten la cultura de las 5S en el futuro.

Además, como herramienta complementaria a las 5S, se propone también la implementación del Mantenimiento Autónomo (TPM), que tiene con fin, que los operarios tengan unas buenas condiciones los equipos utilizados a través de una cultura de mantenimiento; de esta forma, se logrará tener un área de trabajo y equipos en buenas condiciones

Otra de las causas de mayor impacto en la matriz, fue la demora en la búsqueda de herramientas, siendo esta una actividad innecesaria y que se ve en mayor reincidencia dentro del proceso de encamisetado, por ello, se propone la implementación del Cambio Rápido de Herramienta como solución.

Finalmente, otra de las causas que generan mayor impacto dentro del taller, es la gran cantidad de inventarios de componentes en proceso en las áreas de encamisetado, lavado, pintado y embalado. Como medida a tomar ante este problema, se propone la implementación de un Control Visual, el cual se basará en la aplicación de alarmas, las cuales notificarán a los operarios cuando un componente esté listo para pasar al siguiente proceso. Esta mejora se explicará detalladamente en siguiente capítulo.

Cabe resaltar que, algunas herramientas con las 5s y el Mantenimiento Autónomo, tiene que ser implementadas en conjunto para poder lograr un mayor desempeño de estas y que el trabajo final sea más eficiente.

Como resumen, en la Tabla 15, podemos apreciar las herramientas a aplicar y a qué tipo de muda es a la que buscará su eliminación y/o reducción.

Finalmente, lo que se busca luego de implementar las herramientas propuestas es que se reduzcan los tiempos que no agregan valor en los distintos procesos del VSM. El VSM que se busca a futuro con las herramientas lean se puede apreciar en la Figura 34.

Tabla 15: Herramienta a aplicar

Muda	Herramienta Propuesta
Muda de productos defectuosos	Mantenimiento Autónomo
Muda de espera	SMED
Muda de inventario	5S / Control Visual
Muda de sobreprocesamiento	5S / Control Visual

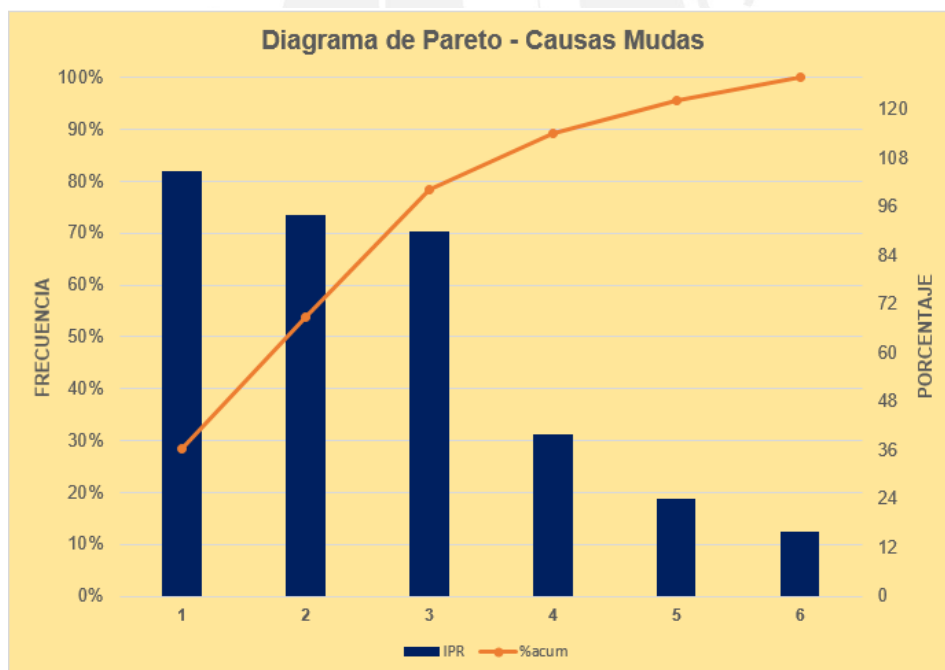


Figura 33: Diagrama de Pareto IPR

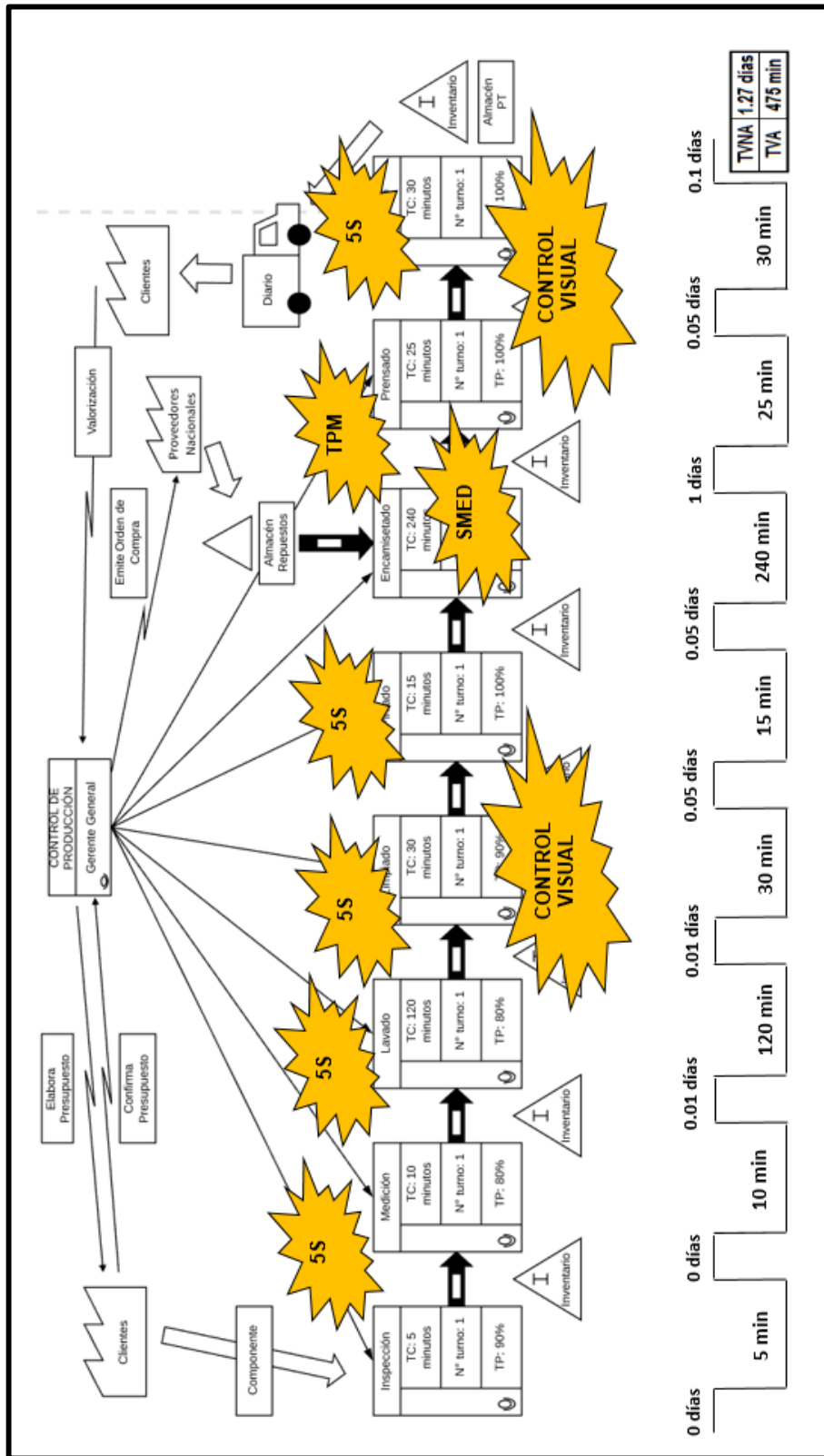


Figura 34: VSM futuro

## CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE MEJORA

### 4.1 Implementación de Mantenimiento Autónomo y las 5S

De acuerdo con las mudas identificadas y descritas en el capítulo anterior, se aplicará la herramienta de las 5s y el Mantenimiento Autónomo para lograr reducir los tiempos en búsqueda de herramientas debido al desorden y suciedad en las áreas de trabajo y la pérdida del tiempo por paros en los equipos utilizados. Como se puede apreciar en las Figuras 35, 36 y 37, correspondientes al área de encamisado, podemos apreciar que las herramientas se encuentran desordenadas y sin un lugar establecido, además de las herramientas que no pertenecen al área de trabajo, equipos necesarios para el desempeño de actividades que ocupan el área de trabajo, productos terminados que ocupan espacio innecesario, materia prima ubicada en distintas partes del área de trabajo y suciedad en la misma.

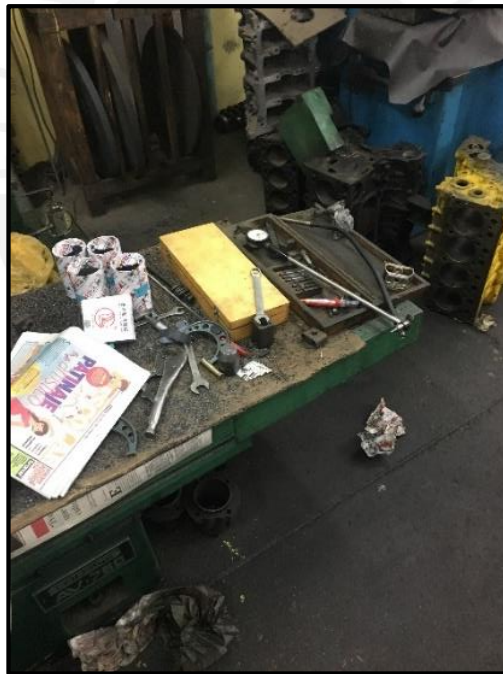


Figura 35: Área de encamisado 1

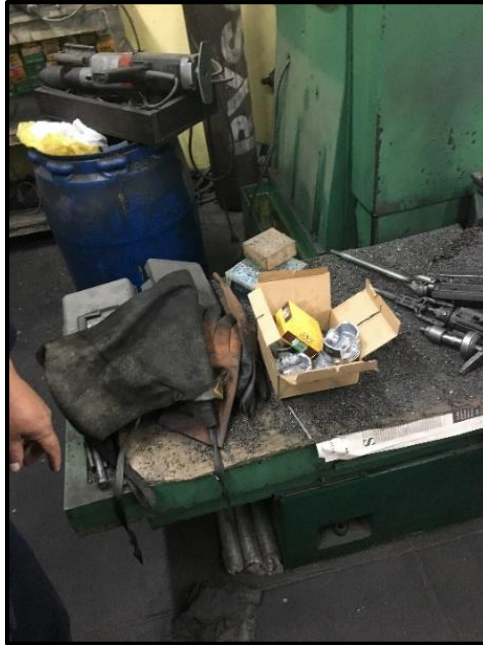


Figura 36: Área de encamisado 2



Figura 37: Área de encamisado 3

Del mismo modo, en las Figuras 38 y 39, correspondientes a las áreas de lavado y limpiado de los componentes, encontramos los mismos problemas de desorden, suciedad y falta de un lugar establecido para cada herramienta, equipo o material en proceso. Cabe resaltar que las repisas que se utiliza en las áreas mencionadas no son utilizadas correctamente debido a que encontramos herramientas que no pertenecen a la operación que se realiza en dichas áreas y a que se encuentran sucias.



Figura 38: Área de lavado ácido 1



Figura 39: Área de limpiado 1

Estos problemas se presentan constantemente a lo largo de los distintos procesos de la reparación de los monoblocks. Por esta razón es que se debe capacitar práctica y teóricamente a los operarios en la implementación de las 5S, para así formar una cultura de orden y limpieza en las distintas áreas de trabajo.

#### 4.1.1 Implementación de Seiri

La implementación de esta S tiene como principal objetivo de identificar las herramientas indispensables para iniciar una actividad, clasificando las herramientas como necesarias e innecesarios. Solo los operarios que realicen sus actividades en determinada zona de trabajo serán los encargados de realizar la clasificación. La Tabla 16 sirve como herramienta, que es mostrada a los operarios, para facilitar o simplificar el proceso de clasificación.

Tabla 16: Clasificación de elementos

<b>Utilidad de los elementos</b>	<b>Necesarios</b>	<b>No necesarios</b>
<b>Frecuencia</b>	Constante	No presenta uso
	Eventual	
	Raro	
<b>Acción</b>	Conservar	Transferir, vender, donar, desechar o reciclar

Se establecerá una serie de procedimientos para realizar la clasificación de los elementos, esto con el fin de que, si un operario no sabe qué acción realizar durante este proceso, pueda revisar el flujo para poder realizar correctamente los pasos para llevar a cabo una clasificación eficiente; en la Figura 39, se puede apreciar el flujo grama del proceso de clasificación mencionado.

En la Figura 41 se puede visualizar la tarjeta de clasificación que será utilizada para clasificar a los elementos que fueron encontrados en las áreas de trabajo. El uso de estas tarjetas es para tomar acciones correctivas inmediatas ante un elemento que no pertenezca a la zona de trabajo o ante un elemento que posiblemente afecte al desempeño de las actividades debido a que dificulta la obtención de otros elementos. Finalmente, esta clasificación será necesaria para la implementación de la segunda S.

En la Figura 42, se puede apreciar la futura utilización de las tarjetas de clasificación en el área de trabajo.

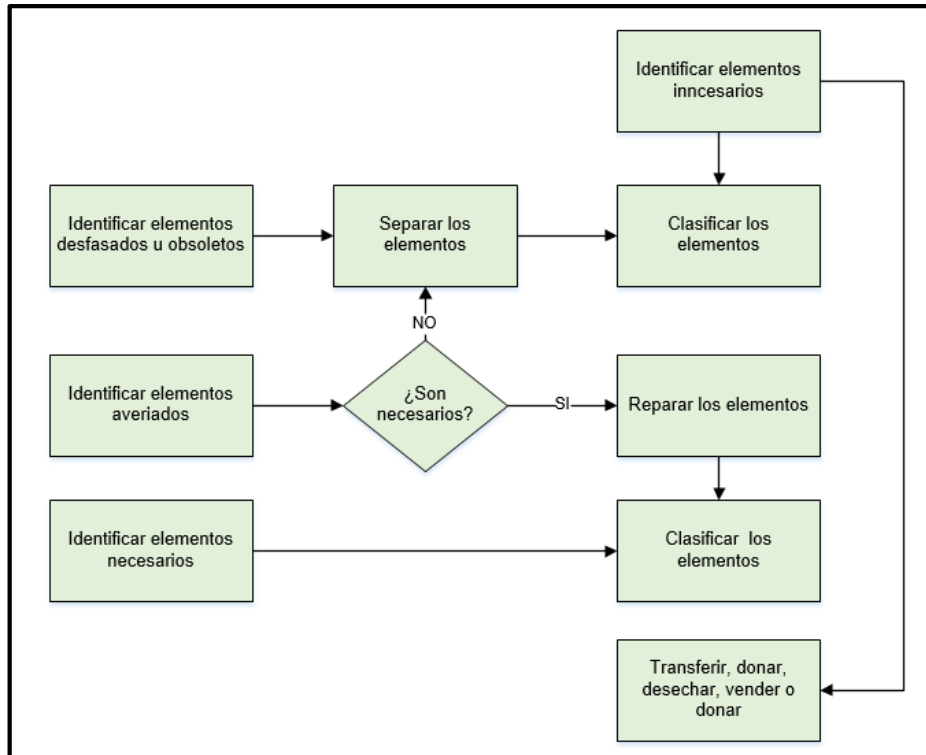


Figura 40: Diagrama de flujo de una clasificación

**TARJETA DE CLASIFICACIÓN**

Área de trabajo:

Categoría:

- Inventario en proceso
- Herramienta sin uso
- Producto terminado
- Materia prima

Objeto:

Clasificación:

- Necesario
- Necesario (no constante)
- No pertenece al área
- Innecesario

Aprobado por:

Comentarios:

Figura 41: Tarjeta de Clasificación



#### 4.1.2 Implementación de Seiton

La implementación de la segunda S tiene como objetivo ordenar los elementos, identificados en la primera S, según el grado de necesidad a la hora del desempeño de una actividad. En este caso, los elementos encontrados y clasificados en el punto anterior serán guardados y ubicados según su clasificación. Con la regla de cuatro colores, que se aplicará a los objetos encontrados; la clasificación por colores será realizada netamente por los operarios encargados de las áreas pertenecientes al estudio.

En la Tabla 17, se puede apreciar las herramientas identificadas en las áreas de encamisetado, inspección, medición y prensado; cada herramienta ya se encuentra clasificada por los operarios con la regla de colores que fue propuesta. Luego, con los elementos que pertenezcan al color verde o amarillo, se cuestionará la frecuencia de uso de estos, si se usan diariamente o raras veces. Finalmente, de acuerdo a los colores y frecuencia de uso de cada herramienta, en la última columna se coloca la acción a tomar con la herramienta, en el caso del color rojo, las herramientas serán vendidas o recicladas y, en el color naranja, serán trasladadas al área que corresponde.

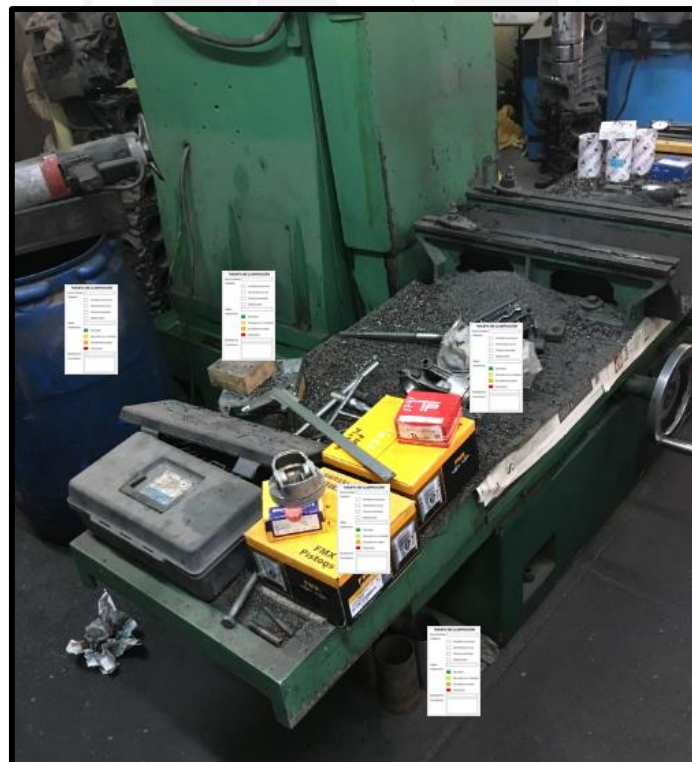


Figura 42: Clasificación con tarjetas

Las herramientas identificadas con el color verde serán colocadas en una mesa de trabajo, de esta forma el operario tendrá a la mano las herramientas que utiliza con mayor frecuencia; y las herramientas de color amarillo serán colocadas en cajas de herramientas o estantes, de acuerdo a la zona de trabajo respectiva. En la Figura 42, se puede apreciar la distribución de los estantes, mesas y cajas de herramientas a utilizar.

Tabla 17: Clasificación elementos

	Elemento	¿ Si es necesario, con cuánta frecuencia ?		Color	Acción a tomar	Lugar
		Diario	Raras veces			
Inspección y Medición	Vernier	X		Verde	Conservar	Mesa
	Micrómetro exterior e interior	X		Verde	Conservar	Mesa
	Alesómetro	X		Verde	Conservar	Mesa
	Llave inglesa			Rojo	Retirar	-
	Boletas			Trasladar	Trasladar	Zona Respec.
	Llaves			Rojo	Retirar	-
	Tornillos			Rojo	Retirar	-
	Pernos			Amarillo	Trasladar	Zona Respec.
	Guantes		X	Amarillo	Conservar	Caja Herra.
	Mordazas			Amarillo	Trasladar	Zona Respec.
Wincha		X	Amarillo	Conservar	Caja Herra.	
Encamisetado	Vernier	X		Verde	Conservar	Mesa
	Micrómetro exterior e interior	X		Verde	Conservar	Mesa
	Acerrín			Rojo	Retirar	-
	Cuchilla carburada	X		Verde	Conservar	Mesa
	Camisetas	X		Verde	Conservar	Mesa
	Camisetas usadas			Rojo	Retirar	-
	Periódicos usados			Rojo	Retirar	-
	Alesómetro	X		Verde	Conservar	Mesa
	Llave de boca		X	Amarillo	Conservar	Caja Herra.
	Llave de corona		X	Amarillo	Conservar	Caja Herra.
	Anillos		X	Amarillo	Trasladar	Zona Respec.
	Cizalla			Rojo	Retirar	-
Dados		X	Amarillo	Conservar	Caja Herra.	
Pulidora			Amarillo	Trasladar	Zona Respec.	
Lavado	Pistola de agua	X		Verde	Conservar	Mesa
	Baldes			Rojo	Retirar	-
	Pallet	X		Verde	Conservar	Mesa
	Cinceles	X		Verde	Conservar	Mesa
	Aceite			Rojo	Retirar	-
	Componentes en proceso			Amarillo	Trasladar	Zona Respec.
	Cuchillas	X		Verde	Conservar	Mesa

#### 4.1.3 Implementación de Seiso

Lo que se busca con la implementación de esta tercera S es eliminar la suciedad encontrada, eliminar los focos de desorden y cambiar los malos hábitos de los operadores en las áreas de trabajo mencionadas en el diagnóstico; la implementación del Seiso conlleva a que el área de trabajo se encuentre en condiciones óptimas y, además, un área de trabajo limpia permitirá

tener equipos (maquinaria y herramientas) correctamente inspeccionados y poder actuar inmediatamente ante un desperfecto en ellos.

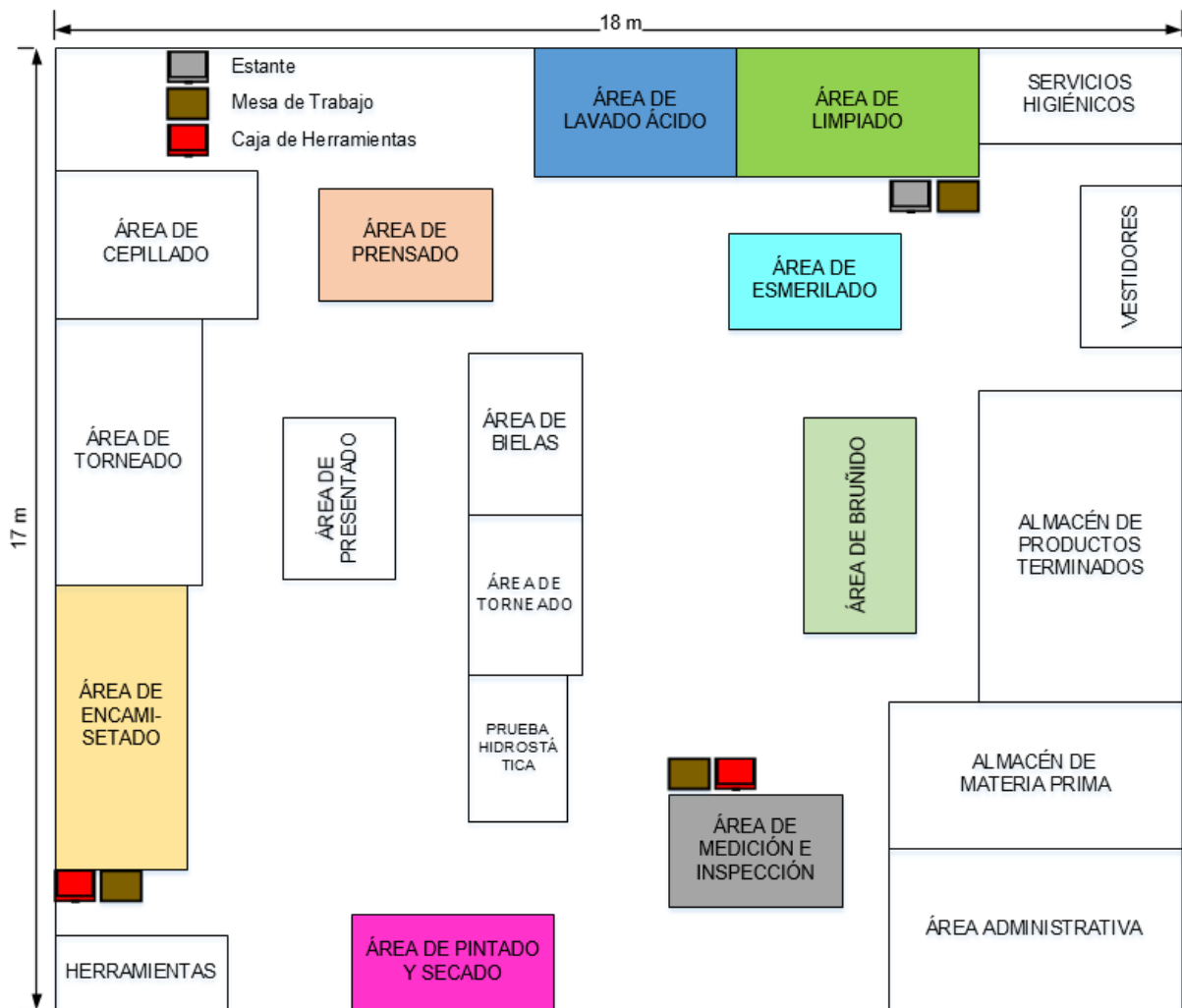


Figura 43: Plano Seiton

Para lograr una cultura de limpieza dentro de la empresa, se propone utilizar 15 minutos al finalizar la jornada de trabajo para que los operarios encargados del área de trabajo de los procesos que pertenecen a la familia de reparaciones escogida puedan realizar la limpieza respectiva del área y de los equipos utilizados en la jornada. El líder de la implementación de esta herramienta se encargará de otorgar a los operarios los implementos de limpieza necesarios para poder realizar la limpieza respectiva.

Además, se propone la implementación de una cartilla donde se pueden apreciar las áreas de la zona de trabajo para que pueda estar en condiciones óptimas, se detallarán los implementos necesarios para realizar la limpieza y cada área mencionada tendrá un cuadro

donde se podrá marcar si se ha realizado correctamente. De este modo, los operarios sabrán las áreas involucradas en la limpieza y los instrumentos necesarios para realizar una limpieza correcta. La cartilla a implementar se puede apreciar en la Figura 44.

<b>CARTILLA DE LIMPIEZA</b>		
ÁREA:	<b>ENCAMISADO</b>	
PERSONAL:	<input style="width: 100%;" type="text"/>	
ZONA DE LIMPIEZA	IMPLEMENTOS	¿LIMPIO?
<b>1. MESA DE TRABAJO</b>	Escobilla, recogedor y trapo	
1.1 Organización de las herramientas		
1.2 Limpieza de las herramientas		
1.3 Limpieza de la caja de herramientas		
<b>2. ENCAMISADORA ZONA DERECHA</b>		
<b>3. ENCAMISADORA ZONA IZQUIERDA</b>		
<b>4. BARRA CENTRADORA</b>	Trapo	
4.1 Limpieza del cilindro centrador		
4.2 Limpieza de las aberturas del cilindro		
<b>5. LADO POSTERIOR MÁQUINA</b>	Recogedor y escoba	
5.1 Limpieza de la base posterior de la encamisadora		
5.2 Limpieza del piso posterior de la encamisadora		
<b>6. ALREDEDORES DE LA MÁQUINA</b>		
6.1 Limpieza de basura		
<b>7. PARALELAS</b>	Escobilla, recogedor y trapo	
7.1 Limpieza de los rieles		
7.2 Limpieza del depósito de las paralelas		
IMPLEMENTOS DE LIMPIEZA	¿LISTO?	
1. TRAPO		
2. ESCOBA		
3. RECOGEDOR		
4. ESCOBILLA		

Figura 44: Cartilla de Limpieza

#### 4.1.4 Implementación de Mantenimiento Autónomo

Para lograr la correcta implementación del mantenimiento autónomo, es vital haber logrado la correcta implementación de las dos primeras S. Esta propuesta de mejora se realizará de forma paralela con la tercera S (Seiso).

Con la tercera S se logrará la eliminación de las fuentes potenciales de suciedad y contaminación en el área respectiva. Además, mientras se realizan los trabajos de limpieza, se buscará que el operario realice la inspección de la máquina, para que así logre identificar si existen anomalías o anomalías dentro del proceso estudiado y poder tomar las acciones correspondientes.

Las máquinas que poseen la mayor tasa de paradas debido a fallas son las máquinas correspondientes al área de encamisado y bruñido, estas paradas son causadas

mayormente debido a que se realiza un deficiente mantenimiento preventivo, una limpieza incorrecta, a que los operarios no maniobran correctamente la máquina y a las paradas realizadas para que el operario esté seguro de que está realizando correctamente la actividad siguiente. Por esta razón, se aplicará primero el Mantenimiento Autónomo a estas áreas para lograr un mayor impacto en el sistema productivo. En la tabla 18, se puede apreciar el número de fallas por máquinas y la cantidad de fallas que presenta en un mes, dando como resultado un tiempo total perdido en fallas de 82.1 horas mensuales, es importante resaltar que estos datos fueron brindados por la empresa.

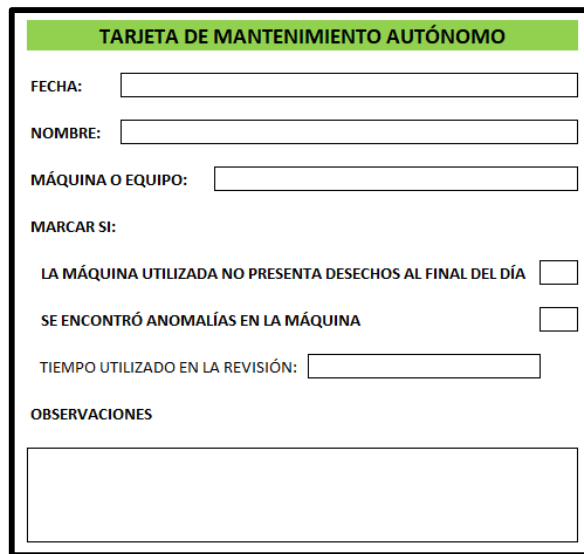
Tabla 18: Fallas Mensuales

N°	Máquina	Tiempo de restauración (min)	# de fallas por mes	Actual	Propuesto
				Total (hr)	Total (hr)
1	Pistola de Agua	240	5	20.00	11
2	Rect. Cilindros	175	8	23.33	12.83
3	Rect. Cilindros	170	8	22.67	12.47
4	Bruñidora	138	7	16.10	8.86
				<b>82.10</b>	<b>45.16</b>

Posteriormente; con el fin de prevenir estas anomalías, se realizará la capacitación correspondiente a todo el equipo de trabajo sobre cómo realizar un correcto mantenimiento preventivo y mejorar el desempeño de los procesos para evitar paradas innecesarias que son causadas por querer asegurarse de realizar eficientemente un proceso. Se nombrará a una persona encargada de realizar las inspecciones a cada área de trabajo para poder certificar que los operarios están realizando el correcto mantenimiento de sus máquinas y la están operando eficientemente. También se utilizará el indicador Efectividad Global de Equipo (OEE en inglés), que es de mucha ayuda para lograr cuantificar la pérdida de equipos causadas por las distintas anomalías, se utiliza también para realizar seguimiento al área de trabajo; se busca mejorar este indicador con la posterior implementación de esta herramienta.

El Mantenimiento Autónomo busca que todo los operarios sean capaces de realizar un eficiente mantenimiento a los equipos a los cual está encargado, buscar crear estándares de inspección para poder realizarlas en el menor tiempo posible y , además, busca que otros operarios, ajenos al área, puedan realizar un correcto mantenimiento de todas las máquinas; por eso, se propone elaborar una tarjeta de mantenimiento donde se describirán los procesos correspondientes para realizar un correcto mantenimiento; teniendo como objetivo, de

acuerdo con EUSKALIT (1998), lograr una reducción 45% de los paros ocasionados por el deficiente mantenimientos de los equipos . La tarjeta a utilizar para el área de bruñido se puede apreciar en la Figura 45.



Formulario de Tarjeta de Mantenimiento Autónomo. El formulario tiene un encabezado verde con el título "TARJETA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO". A continuación, hay campos de texto para "FECHA:", "NOMBRE:" y "MÁQUINA O EQUIPO:". Luego, una sección "MARCAR SI:" con dos opciones: "LA MÁQUINA UTILIZADA NO PRESENTA DESECHOS AL FINAL DEL DÍA" y "SE ENCONTRÓ ANOMALÍAS EN LA MÁQUINA", cada una con un cuadro de verificación. Después, un campo "TIEMPO UTILIZADO EN LA REVISIÓN:". Finalmente, una sección "OBSERVACIONES" con un cuadro de texto grande.

Figura 45: Tarjeta Mantenimiento Autónomo

#### 4.1.5 Implementación de Seiketsu

Para lograr estandarizar o formar un hábito la implementación de las 3S explicadas en los puntos anteriores, se propone la implementación de 2 mejoras:

La primera propuesta es el uso de estándares de apariencia en las que se puede apreciar la situación anterior del área de trabajo (sucia y desordenada) y el escenario de cómo se debería ver el área de trabajo (limpia y ordenada), de este modo, los operarios verán como el área debería estar al finalizar la jornada laboral y así formar un estándar en el taller y no tener que recurrir realizar seguimientos constantes al operario. Esta cartilla se puede apreciar en la Figura 46.

La última propuesta se basa en la colocación de una lista de elementos necesarios y medianamente necesarios en las cajas de herramientas donde se colocaron en la primera S. Esta lista, la cual se puede apreciar en la Tabla 19, servirá para que los operarios sepan cuáles son las herramientas vitales para el área de trabajo y en donde se tienen que colocar. Esta última mejora busca que no se tengan que realizar supervisiones constantemente de la clasificación y ubicación de cada elemento.

## ANTES

LADO IZQUIERDO ENCAMISETADORA



LADO DERECHO ENCAMISETADORA



ZONA 3 ENCAMISETADORA



ZONA FRONTAL



## DESPUÉS

LADO IZQUIERDO ENCAMISETADORA



LADO DERECHO ENCAMISETADORA



ZONA 3 ENCAMISETADORA



ZONA FRONTAL



Figura 46: Estándar de Apariencia

Tabla 19: Lista de herramientas verdes

ELEMENTOS
Vernier
Micrómetro exterior
Cuchilla carburada
Camisetas
Anillos
Alesómetro
Micrómetro exterior
Llave de boca
Llave de corona
Dados

#### 4.1.6 Implementación de Shitsuke

Luego de implementar las mejoras en las distintas áreas de trabajo de la empresa, se busca que las zonas de trabajo se mantengan limpias y ordenadas de manera constante. Lograr una cultura de disciplina en el equipo de trabajo es la parte más difícil de las 5S, debido a que siempre hay miembros en el equipo que se resisten al cambio o que sienten que los cambios aplicados no lograrán prosperar y será más de lo mismo. Por ello, cada semana, se realizará una reunión con los trabajadores donde se mostrarán fotos del antes y después de la zona de trabajo, esto con el fin de que se concienticen de que las mejoras aplicadas si lograrán un cambio positivo en la productividad y un seguro y óptimo ambiente laboral.

Otra forma de lograr crear una disciplina de trabajo es motivando a los trabajadores a realizar de manera óptima la limpieza y ordenamiento de su área de trabajo; por ello, se colocará un panel donde se podrá apreciar el desempeño laboral de cada trabajador, de esta forma, se crea una competencia sana entre los trabajadores, además, cada operario podrá ver su desempeño y los puntos a mejorar. El panel a ser implementado se puede apreciar en la figura 47.

Con estas mejoras se logrará tener un equipo de trabajo motivado y disciplinado en la implementación de esta herramienta. Además, de acuerdo con EUSKALIT (1998), se espera lograr una reducción del 65% de los tiempos dedicados a la limpieza del área de trabajo. El ahorro que se genera, a partir de la implementación, se aprecia en la tabla 39.



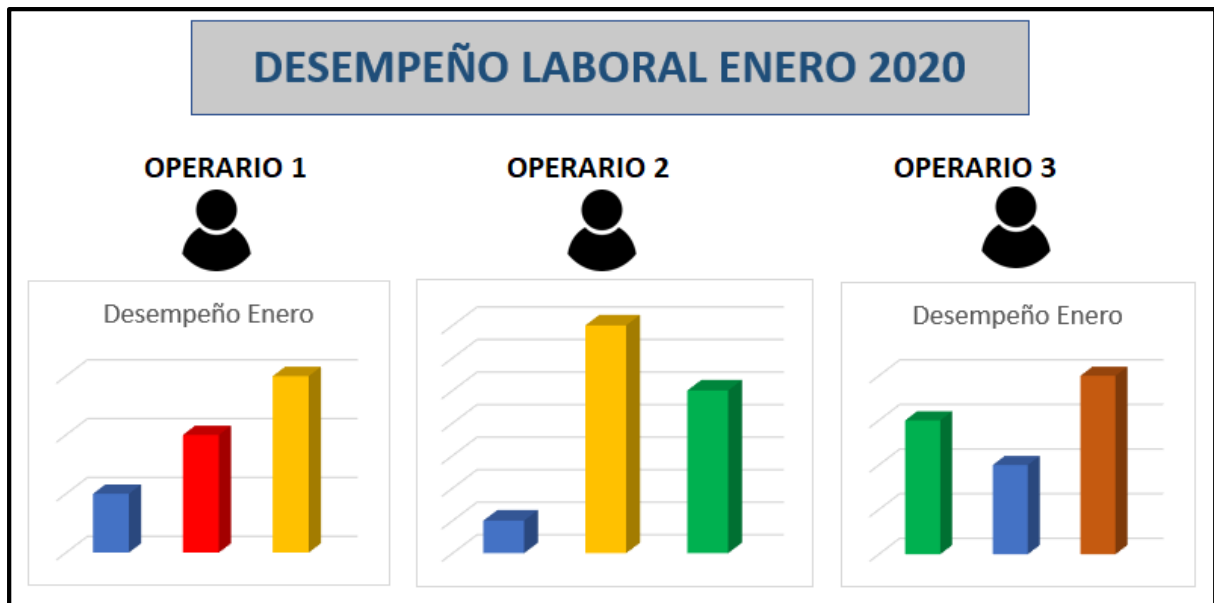


Figura 47: Cuadro de Desempeño

## 4.2 Implementación del SMED

La implementación de esta herramienta en la empresa tiene como principal objetivo la reducción del tiempo de preparación de la máquina de un proceso respectivo. Para esta mejora, se eligió el proceso de encamisado; debido a que es uno de los procesos que posee mayor cantidad de actividades para la preparación de la máquina para realizar distintos procesos en la reparación. Los pasos para implementar esta herramienta son los siguientes.

### Reconocer el cambio crítico

Para este caso, se estudiarán las actividades previas al inicio de la operación de encamisado.

### Observar y realizar la documentación de la situación actual

La situación actual de este proceso de preparación de la máquina es deficiente y no se encuentra estandarizado, debido a que el operario no tiene las herramientas necesarias a la mano y pierde tiempo en su búsqueda. Además, el operario encargado realiza este procedimiento de acuerdo a su criterio y no posee un método de trabajo. En la Tabla 20, podemos apreciar la lista de actividades previas al encamisado.

Tabla 20: Lista de actividades

Nº	Actividades
1	Búsqueda de la carreta
2	Traslado del block a la máquina
3	Búsqueda de lija
4	Lijado de la base del monoblock
5	Limpieza del monoblock
6	Colocar monoblock en las paralelas
7	Búsqueda de herramientas
8	Asegurar el monoblock con los pernos
9	Búsqueda de herramientas
10	Se aflojan los prisioneros delantero y posterior
11	Retiro de la cuchilla carburada
12	Limpieza de la cuchilla
13	Traslado de la cuchilla al esmeril
14	Afilamiento de cuchilla
15	Limpieza de la cuchilla
16	Traslado al área de encamisado
17	Búsqueda de herramientas
18	Traslado de la camiseta al área
19	Tomar la medida del diámetro con el micrómetro
20	Ajustar la cuchilla con el diámetro de la camiseta
21	Colocar cuchilla en la barra
22	Se ajustan los prisioneros
23	Búsqueda de herramientas
24	Se coloca el centrador en la barra
25	Se ajusta el centrador
26	Se centra la barra en el cilindro
27	Se retira el centrador
28	Se limpia el centrador

Clasificar las actividades externas e internas

Para realizar este paso, se elaboró una lista de actividades antes, durante y después del proceso de cambio de herramienta, de esta forma, el proceso de clasificación de actividades externas e internas es más fácil. Luego, se procedió a realizar la toma de tiempos de cada actividad.

### Transformar las actividades internas en externas

En esta etapa, luego de haber clasificado las actividades, se debe tratar de convertir el número máximo de actividades internas en externas. Por ejemplo, actividades internas como: el traslado de camisetas, de otros repuestos o de herramientas en la operación de encamisado; pueden ser realizadas por otros operarios. Del mismo modo, también se puede cambiar el orden de ejecución de las actividades para así eliminar tiempos muertos.

### Simplificar o reducir las actividades internas

En esta etapa, luego de haber simplificado las actividades y haber reducido los tiempos muertos, se debe proceder a la reducción de la duración de las actividades externas. Por ejemplo: reducir los tiempos de traslado de los repuestos y herramientas, colocando los elementos cerca del área de trabajo.

### Documentación y estandarización

Finalmente, todos los avances se deben encontrar documentados y actualizados para continuar con las mejoras y una futura estandarización del proceso.

A continuación, en la Tabla 21, se puede apreciar la situación actual de las actividades internas y externas pertenecientes a la operación de encamisado.

Luego de haber clasificado las actividades en internas y externas y haber tomado los tiempos que corresponden a cada una de ellas, se realizó la eliminación de las actividades de traslado de herramientas y del monoblock, la cual se puede apreciar en la Tabla 22. En el caso de actividades como la búsqueda de herramientas, se eliminarán con la implementación de las 5S, la cual brindará las herramientas necesarias para el desempeño de las actividades en el lugar correcto, a través del orden. Además, se le otorgará al operario encargado, un cinturón de herramientas, en el cual podrá tener siempre a la mano herramientas como llaves, dados, instrumentos de medición y de limpieza; esto ayudará que se reduzcan los tiempos de búsqueda de herramientas para la preparación de la máquina, ya que el operario tendrá todas las herramientas a la mano siempre. En la Figura 48, se puede apreciar el modelo de cinturón de herramientas propuesto a utilizar.



Figura 48: Cinturón de Herramientas  
Fuente: Maestro

En el caso de las actividades de traslados o desplazamientos de elementos, estas serán desempeñadas por otro operario, el cual servirá como apoyo para brindar el componente o herramienta al área correspondiente para que el operario del encamisado deje de realizar actividades que no agregan valor. También se aplicó la supresión de las actividades relacionadas al afilamiento de la cuchilla, esto tiene como fin que el operario del área no se mueva de su zona de trabajo y no tenga tiempos improductivos; del mismo modo, las actividades serán eliminadas al ser realizadas por un operario externo, ya que el afilamiento no es una operación que requiera de mucha destreza y puede ser desempeñada por un operario no especializado.

Tabla 21: Lista de actividades (situación actual)

Nº	Actividades	Interna	Externa	Duración (seg)
1	Búsqueda de la carreta	X		60
2	Traslado del block a la máquina	X		60
3	Búsqueda de lija	X		30
4	Lijado de la base del monoblock	X		300
5	Limpieza del monoblock	X		50
6	Colocar monoblock en las paralelas	X		20
7	Búsqueda de herramientas	X		30
8	Asegurar el monoblock con los pernos	X		250
9	Búsqueda de herramientas	X		15
10	Se aflojan los prisioneros delantero y posterior	X		15
11	Retiro de la cuchilla carburada	X		10
12	Limpieza de la cuchilla	X		5
13	Traslado de la cuchilla al esmeril	X		10
14	Afilamiento de cuchilla	X		200
15	Limpieza de la cuchilla	X		5
16	Traslado al área de encamisado	X		10
17	Búsqueda de herramientas	X		20
18	Traslado de la camiseta al área	X		50
19	Tomar la medida del diámetro con el micrómetro	X		40
20	Ajustar la cuchilla con el diámetro de la camiseta	X		25
21	Colocar cuchilla en la barra	X		10
22	Se ajustan los prisioneros	X		15
23	Búsqueda de herramientas	X		5
24	Se coloca el centrador en la barra	X		5
25	Se ajusta el centrador	X		5
26	Se centra la barra en el cilindro	X		30
27	Se retira el centrador	X		10
28	Se limpia el centrador	X		5
				<b>1290</b>

En la Tabla 23, se puede apreciar el resumen del tiempo total de set up de la situación actual y la situación propuesta para la máquina encamisadora donde podemos ver que, con los cambios y mejoras efectuadas, se logra una reducción notable de este tiempo, reduciendo en un 41% el tiempo actual de set up.

Tabla 22: Lista de actividades propuesta

Nº	Actividades	Interna	Externa	Eliminada	Duración (seg)
1	Búsqueda de la carreta			X	
2	Traslado del block a la máquina			X	
3	Búsqueda de lija			X	
4	Lijado de la base del monoblock	X			300
5	Limpieza del monoblock			X	
6	Colocar monoblock en las paralelas	X			20
7	Búsqueda de herramientas			X	
8	Asegurar el monoblock con los pernos	X			250
9	Búsqueda de herramientas			X	
10	Se aflojan los prisioneros delantero y posterior	X			15
11	Retiro de la cuchilla carburada	X			10
12	Limpieza de la cuchilla	X			5
13	Traslado de la cuchilla al esmeril			X	
14	Afilamiento de cuchilla			X	
15	Limpieza de la cuchilla			X	
16	Traslado al área de encamisetado			X	
17	Búsqueda de herramientas			X	
18	Traslado de la camiseta al área			X	
19	Tomar la medida del diámetro con el micrómetro	X			40
20	Ajustar la cuchilla con el diámetro de la camiseta	X			40
21	Colocar cuchilla en la barra	X			10
22	Se ajustan los prisioneros	X			15
23	Búsqueda de herramientas			X	
24	Se coloca el centrador en la barra	X			5
25	Se ajusta el centrador	X			5
26	Se centra la barra en el cilindro	X			30
27	Se retira el centrador	X			10
28	Se limpia el centrador		X		
					<b>755</b>

Tabla 23: Resumen de tiempos

SITUACIÓN	TIEMPO TOTAL	VARIACIÓN
ACTUAL	1290	<b>41%</b>
PROPUESTA	755	

Además, en la Figura 49 se elaboró el Diagrama de Recorrido de la situación actual de las actividades de la máquina encamisetadora. Aquí podemos apreciar que los traslados innecesarios que realiza el operario encargado como para ir al área de esmerilado para el afilado de la cuchilla, al almacén de materia prima o al almacén de herramientas cada vez que necesite una.









Figura 51: Horómetro digital

### 4.3 Implementación de Control Visual

Para lograr la reducción o eliminación de las mudas de espera ocasionada por la demora del traspaso de un componente al área de trabajo que le corresponde, de traslado innecesario por parte de los operarios y de la muda de inventarios ocasionada por la acumulación de componentes en proceso en las áreas en estudio, se propone la implementación de un Control Visual, a través del uso de alarmas.

Esta alarma funcionará a través de la emisión de una señal eléctrica, la cual será emitida por un sensor de proximidad inductivo al momento de detectar la presencia del componente respectivo. Luego, un operario asignado, se acercará al área de trabajo respectiva y trasladará el componente al área que le corresponde. Esto tiene como principal objetivo tener los componentes en el menor tiempo posible para iniciar el proceso que le corresponde, de este modo, los tiempos improductivos ocasionados por la espera se reducirán y tampoco se acumularán los componentes.

Se realizará la toma del tiempo en el que el sensor inductivo detecte al componente en proceso, del mismo modo, se tomará el tiempo cuando el sensor deje de detectar al componente. De acuerdo a pruebas pilotos realizadas por Córdova (2012), el tiempo de respuesta se reducirá en un 40%; sin embargo, al tener los tiempos exactos de respuesta de los operarios ante un componente en proceso, favorecerá a que este proceso siga en una mejora continua y se logre reducir más los tiempos de respuesta.

Se colocará un sensor en las áreas de limpiando, lavado ácido, encamisado, medición e inspección, cada sensor estará conectado a su respectiva alarma. En las Figuras 52 y 53, se puede apreciar estos dos elementos a implementar.



Figura 52: Sensor Inductivo



Figura 53: Alarma (circulina)

Se realizará una capacitación a todo el equipo de trabajo donde se explicará el funcionamiento de esta propuesta y las acciones respectivas ante la activación de la alarma. En la Figura 54, se puede apreciar el plano de la empresa con las áreas donde se colocarán estos elementos.

La reducción de los tiempos de traslados, correspondientes a las áreas involucradas, se puede apreciar en la tabla 24, se aplicó una reducción del 40% del tiempo de traslado de acuerdo a Córdova (2012). Los tiempos presentados fueron brindados por supervisor del taller.

Tabla 24: Variación Tiempo de traslados

Proceso	Actual	Propuesto
	Tiempo de Traslados (hr)	Tiempo de Traslados (hr)
Encamisetado	12.8	7.68
Pintado	14.6	8.76
Lavado	13.2	7.92
Medición e Inspección	12.4	7.44
Limpiado	15.5	9.3
	<b>68.5</b>	<b>41.1</b>

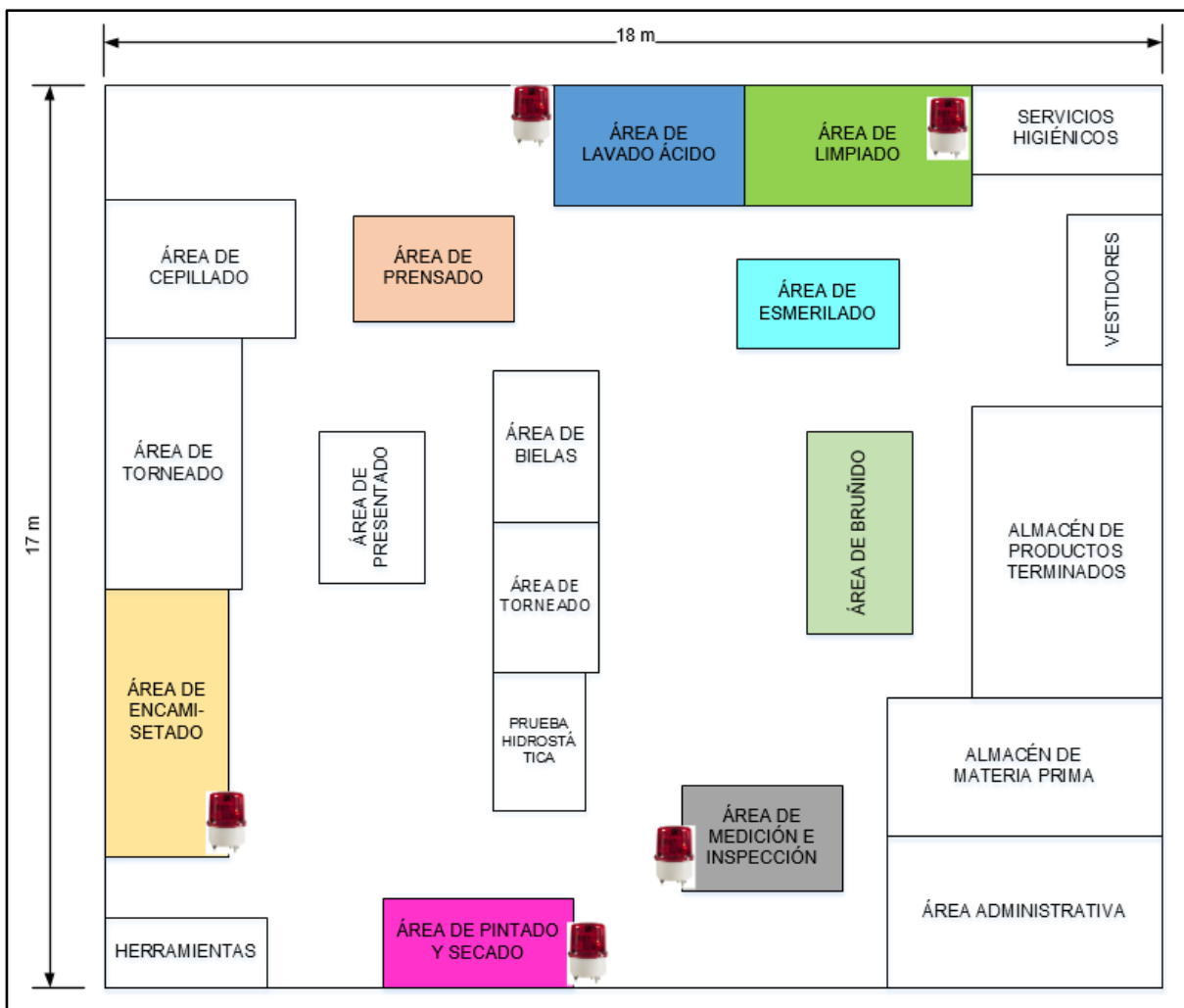


Figura 54: Distribución de alarmas

## CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA

Luego de haber realizado la correcta implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta, se realizará el análisis económico para determinar la viabilidad del proyecto. Para este análisis, se detallará los costos incurridos en la implementación de cada herramienta y los ahorros generados. Es importante resaltar que, unas de las partes más esenciales en el desarrollo de las propuestas son las capacitaciones realizadas a todo el personal, ya que estas deben realizarse de manera eficiente para que la propuesta se desarrolle exitosamente. Finalmente, se utilizarán indicadores económicos para evaluar la rentabilidad de la propuesta.

### 5.1 Costo de implementación de mejoras

#### 5.1.1 Costo de implementación de las 5S

En la Tabla 25, se puede apreciar el resumen de los costos pertenecientes a la implementación de las 5s en la empresa. Cabe resaltar que se están considerando los costos de capacitación teórica y práctica y el costo de los materiales como tarjetas de clasificación, cartillas de limpieza, materiales de limpieza y documentación.

Tabla 25: Resumen Costos

<b>Costos 5S</b>	<b>S/.</b>
Capacitación: Implementación 5S - Teórico	S/ 2,560.00
Capacitación: Implementación 5S - Práctico	S/ 1,280.00
Materiales de Implementación de las 5S	S/ 770.00
<b>Costo Total</b>	<b>S/ 4,610.00</b>

En resumen, el costo total de la implementación de esta herramienta resultó S/. 4,890; En las Tablas 26, 27 y 28, se puede apreciar a detalle los costos de implementación de esta herramienta.

Tabla 26: Costo 5s Teórico

<b>Capacitación: Implementación 5S - Teórico</b>	<b># de personas</b>	<b>Horas Capacitación</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>S/.</b>
Especialista en Manufactura Esbelta	1	8	250	S/2,000.00
Gerente General	1	8	40	S/ 320.00
Supervisor	1	8	25	S/ 200.00
Operarios	8	8	5	S/ 40.00
<b>Costo Total</b>				<b>S/2,560.00</b>

Tabla 27: Costo 5s Práctico

<b>Capacitación: Implementación 5S - Práctico</b>	<b># de personas</b>	<b>Horas Capacitación</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>S/.</b>
Especialista en Manufactura Esbelta	1	4	250	S/ 1,000.00
Gerente General	1	4	40	S/ 160.00
Supervisor	1	4	25	S/ 100.00
Operarios	8	4	5	S/ 20.00
<b>Costo Total</b>				<b>S/ 1,280.00</b>

Tabla 28: Costo Materiales 5s

<b>Materiales de Implementación de las 5S</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (S/.)</b>	<b>S/.</b>
Caja de Herramientas	2	100	S/ 200.00
Estantes	1	80	S/ 80.00
Mesa de Trabajo	3	80	S/ 240.00
Controles visuales	60	2	S/ 120.00
Panel de registro de avance y reconocimientos	1	120	S/ 120.00
Documentación (Estándares de apariencia, registros, etc.)	100	0.1	S/ 10.00
<b>Costo Total</b>			<b>S/ 770.00</b>

### 5.1.2 Costo de implementación del Mantenimiento Autónomo

Para la implementación del Mantenimiento Autónomo, en la Tabla 29, se puede apreciar el resumen de los costos pertenecientes a esta herramienta.

Tabla 29: Resumen Costos TPM

<b>Costos TPM (Resumen)</b>	<b>S/.</b>
Capacitación: Herramientas de Manufactura Esbelta	S/ 1,920.00
Materiales de Implementación del TPM	S/ 250.00
<b>Costo Total</b>	<b>S/ 2,170.00</b>

En resumen, el costo total de la implementación de esta herramienta resultó S/. 2,370; En las Tablas 30 y 31, se puede apreciar a detalle los costos de implementación de esta herramienta.

Tabla 30: Costo Capacitación TPM

<b>Capacitación: Herramientas de Manufactura Esbelta</b>	<b># de personas</b>	<b>Horas Capacitación</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>S/.</b>
Especialista en Manufactura Esbelta	1	6	250	1500
Gerente General	1	6	40	240
Supervisor	1	6	25	150
Operarios	8	6	5	30
<b>Costo Total</b>				<b>S/ 1,920.00</b>

Tabla 31: Costo Materiales TPM

<b>Materiales de Implementación del TPM</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (S/.)</b>	<b>S/.</b>
Controles visuales	60	2	120
Panel de registro de avance	1	120	120
Documentación	100	0.1	10
<b>Costo Total</b>			<b>S/ 250.00</b>

### 5.1.3 Costo de implementación del SMED

Para la implementación del SMED, en la Tabla 32, se puede apreciar el resumen de los costos pertenecientes a esta herramienta.

Tabla 32: Resumen Costos SMED

<b>Costos SMED (Resumen)</b>	<b>S/.</b>
Capacitación: Herramientas de Manufactura Esbelta	S/ 985.00
Materiales de Implementación del SMED	S/ 1,120.00
<b>Costo Total</b>	<b>S/ 2,105.00</b>

En resumen, el costo total de la implementación de esta herramienta resultó S/. 2,035; En las Tablas 33 y 34, se puede apreciar a detalle los costos de implementación de esta herramienta

Tabla 33: Costo Capacitación SMED

<b>Capacitación: Herramientas de Manufactura Esbelta</b>	<b># de personas</b>	<b>Horas Capacitación</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>S/.</b>
Especialista en Manufactura Esbelta	1	3	250	S/750.00
Gerente General	1	3	40	S/120.00
Supervisor	1	3	25	S/ 75.00
Operarios	8	3	5	S/ 40.00
<b>Costo Total</b>				<b>S/985.00</b>

Tabla 34: Costo Materiales SMED

<b>Materiales de Implementación del SMED</b>	<b>S/.</b>
Estudio del Set-up	S/ 250.00
Distinción de las actividades internas y Externas	S/ 100.00
Cinturón de Herramientas	S/ 70.00
Horómetro	S/ 150.00
Instalación del Horómetro	S/ 550.00
<b>Costo Total</b>	<b>S/1,120.00</b>

### 5.1.4 Costo de implementación del Control Visual

Para la implementación del Control Visual, en la Tabla 35, se puede apreciar el resumen de los costos pertenecientes a esta herramienta.

Tabla 35: Resumen Costos Control Visual

<b>Costos Control Visual</b>	<b>S/.</b>
Capacitación: Herramientas de Manufactura Esbelta	S/ 1,280.00
Materiales de Implementación del Control Visual	S/ 1,100.00
<b>Costo Total</b>	<b>S/ 2,380.00</b>

En resumen, el costo total de la implementación de esta herramienta resultó S/. 2,380; En las Tablas 36 y 37, se puede apreciar a detalle los costos de implementación de esta herramienta

Tabla 36: Costo Capacitación Control Visual

<b>Capacitación: Implementación del Control Visual</b>	<b># de personas</b>	<b>Horas Capacitación</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>S/.</b>
Especialista en Manufactura Esbelta	1	4	250	1000
Gerente General	1	4	40	160
Supervisor	1	4	25	100
Operarios	8	4	5	20
<b>Costo Total</b>				<b>S/1,280.00</b>

Tabla 37: Costo Materiales Control Visual

<b>Materiales de Implementación del Control Visual</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>S/.</b>
Faroles	5	60	300
Sensores de proximidad inductivos	5	40	200
Instalación Eléctrica	-	-	550
Documentación	-	-	50
<b>Costo Total</b>			<b>S/ 1,100.00</b>

## 5.2 Ahorro generado por la implementación de mejoras

Para explicar el ahorro generado por las mejoras implementadas en la empresa, se utilizarán tres escenarios: Escenario optimista, normal y pesimista.

Cada uno de los escenarios a considerar en el estudio se explicará a continuación:

**Escenario Normal:** En este escenario, se considera una aplicación correcta las 5s, Cambio rápido de herramienta (SMED), Mantenimiento Autónomo y el Control Visual. Los trabajadores lograrán implementar estas herramientas, pero no presentarán un compromiso total en su implementación.

**Escenario Optimista:** En este escenario, se considera la aplicación e implementación total de las herramientas presentadas en el estudio, se lograrán cumplir los objetivos trazados por la

empresa, además, el equipo de trabajo adoptará eficientemente la filosofía Lean y siempre estará al tanto de realizar mejoras en las áreas de trabajo respectivas.

Escenario Pesimista: En este escenario, se considera la implementación de las herramientas presentadas; sin embargo, habrá problemas como la falta de organización y compromiso, no se logrará implementar la cultura de la Manufactura Esbelta en todos los trabajadores y los seguimientos realizados serán deficientes.

En la Tabla 38, se presentará los porcentajes, de acuerdo a los tres escenarios presentados, de los indicadores a tomar en cuenta para determinar el ahorro de la implementación de las herramientas mencionadas. De acuerdo con Macedo (2016), se consideró una variación de 5% en la reducción de los tiempos presentados en los tres escenarios.

Tabla 38: Escenarios Propuestos

<b>Escenario</b>	<b>Reducción de Tiempos de Limpieza</b>	<b>Reducción de Tiempos de Traslados</b>	<b>Reducción de Paros Menores</b>	<b>Reducción de Tiempo de Cambio</b>
<b>Optimista</b>	65%	40%	45%	41%
<b>Normal</b>	60%	35%	40%	36%
<b>Pesimista</b>	55%	30%	35%	31%

### 5.2.1 Ahorro generado por la implementación de las 5s

Para el cálculo del ahorro anual generado por la implementación de las 5s, se analizó la variación del tiempo actual empleado en limpiar las áreas de trabajo, las máquinas y herramientas y, de acuerdo con EUSKALIT (1998), se logrará una reducción del 65% en un escenario óptimo y con una variación de 5% para cada escenario; cabe resaltar que, el tiempo ahorrado, luego de la implementación, será utilizado para realizar mayores reparaciones y atender mejor la demanda del servicio. El ahorro de esta herramienta se debe a que se realizó la limpieza de las áreas de trabajo, se ordenaron estas y se colocaron estándares de cómo se debería ver el área de trabajo al finalizar la jornada laboral, el ahorro se puede apreciar en la tabla 39.



Tabla 39: Ahorro Implementación 5s

Escenario	Actual (mes)	Propuesto (mes)	Diferencia	Costo Operario (S/. / hr)	Ahorro Total (S/.)
	Tiempo de Limpieza (hr)	Tiempo de Limpieza (hr)			
Optimista	16	5.60	10.40	5	S/ 624.00
Normal	16	6.40	9.60	5	S/ 576.00
Pesimista	16	7.20	8.80	5	S/ 528.00

### 5.2.2 Ahorro generado por la implementación del Mantenimiento Autónomo

Para el cálculo del ahorro anual generado por la implementación del Mantenimiento Autónomo, se utilizó la disminución del tiempo destinado a paros menores que, de acuerdo con EUSKALIT (1998), fue de 45% en un escenario óptimo; estos paros eran ocasionados por un deficiente mantenimiento preventivo y limpieza de las máquinas. Cabe resaltar que, el tiempo ahorrado, luego de la implementación, será utilizado para realizar mayores reparaciones y atender mejor la demanda del servicio. El ahorro que conlleva la implementación de esta herramienta se puede apreciar a detalle en la Tabla 40.

Tabla 40: Ahorro Implementación TPM

Escenario	Actual (mes)	Propuesto (mes)	Diferencia	Costo Operario (S/. / hr)	Ahorro Total (S/.)
	Tiempo de Paros Menores (hr)	Tiempo de Paros Menores (hr)			
Optimista	82.1	45.16	36.95	5	S/ 2,216.70
Normal	82.1	49.26	32.84	5	S/ 1,970.40
Pesimista	82.1	53.37	28.74	5	S/ 1,724.10

### 5.2.3 Ahorro generado por la implementación del SMED

Para el cálculo del ahorro anual generado por la implementación del SMED, se utilizó la disminución del tiempo de cambio empleado en la máquina encamisadora; la variación de este tiempo permitirá realizar mayores reparaciones, esto elevará la producción y genera mayores ingresos a la empresa, es importante resaltar que, se necesita aplicar la herramienta de teoría de restricciones para determinar en qué reparación se debe utilizar el tiempo ahorrado. El ahorro de esta herramienta se puede apreciar a detalle en la Tabla 41.

Tabla 41: Ahorro Implementación SMED

Escenario	Actual (sem)	Propuesto (sem)	Ahorro Anual (hr)	Tiempo de Reparación (hr)	Precio Reparación	# de Reparaciones (día)	Actual
	Tiempo Set up (seg)	Tiempo Set up (seg)					Ahorro Total (S/.)
Optimista	1290	755	7.13	2	280	5	S/ 4,993.33
Normal	1290	825.6	6.19	2	280	5	S/ 4,334.40
Pesimista	1290	884	5.41	2	280	5	S/ 3,789.33

## 5.2.4 Ahorro generado por la implementación del Control Visual

Para el cálculo del ahorro anual generado por la implementación del Control Visual, se utilizó la disminución del tiempo empleado en traslados dentro del taller, esta disminución fue mencionada en el Capítulo 4, dentro de este tiempo se considera las esperas ocasionadas por la falta de aviso cuando un componente en proceso ya terminó el proceso respectivo, y, con la ayuda de esta herramienta, se logrará reducir este tiempo. Del mismo modo, el tiempo ahorrado en esta mejora será utilizado para realizar mayores reparaciones y atender mejor la demanda, sin embargo, se debe aplicar la teoría de restricciones para utilizar de manera eficiente el tiempo disponible. El ahorro de la implementación de esta herramienta se puede apreciar a detalle en la Tabla 42.

Tabla 42: Ahorro Implementación Control Visual

Escenario	Actual (mes)	Propuesto (mes)	Diferencia	Costo Operario (S/ / hr)	Ahorro Total (S/.)
	Tiempo de Traslados (hr)	Tiempo de Traslados (hr)			Ahorro Total (S/.)
Optimista	68.5	41.1	27.40	5	S/ 1,644.00
Normal	68.5	44.53	23.98	5	S/ 1,438.50
Pesimista	68.5	47.95	20.55	5	S/ 1,233.00

## 5.3 Flujo de Caja del Proyecto

En las Tablas 43, 44 y 45, se mostrará el flujo de caja proyectado, de acuerdo a los tres escenarios presentados en el punto anterior.

Tabla 43: Flujo de Caja Escenario Optimista

Escenario Optimista	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ingresos	S/ -	S/ 9,478.03	S/ 9,478.03	S/ 9,478.03	S/ 9,478.03
Egresos	S/10,245.00	S/ 1,020.00	S/ 1,020.00	S/ 1,020.00	S/ 1,020.00
Utilidad	-S/10,245.00	S/ 8,458.03	S/ 8,458.03	S/ 8,458.03	S/ 8,458.03

Tabla 44: Flujo de Caja Escenario Normal

<b>Escenario Normal</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>
Ingresos	S/ -	S/ 8,319.30	S/ 8,319.30	S/ 8,319.30	S/ 8,319.30
Egresos	S/10,245.00	S/ 1,020.00	S/ 1,020.00	S/ 1,020.00	S/ 1,020.00
<b>Utilidad</b>	-S/10,245.00	S/ 7,299.30	S/ 7,299.30	S/ 7,299.30	S/ 7,299.30

Tabla 45: Flujo de Caja Escenario Pesimista

<b>Escenario Pesimista</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>
Ingresos	S/ -	S/ 7,274.43	S/ 7,274.43	S/ 7,274.43	S/ 7,274.43
Egresos	S/10,245.00	S/ 1,020.00	S/ 1,020.00	S/ 1,020.00	S/ 1,020.00
<b>Utilidad</b>	-S/10,245.00	S/ 6,254.43	S/ 6,254.43	S/ 6,254.43	S/ 6,254.43

Como se puede apreciar, el horizonte de los flujos de caja es de 4 años. En el año 0, se considera los gastos necesarios para poder iniciar la implementación de las herramientas mencionadas; en cambio, en los siguientes años, solo se consideran los gastos en materiales para las 5s y TPM; ya que, los documentos, fichas y tarjetas utilizadas serán renovados cada año y se considera como un gasto perpetuo.

Posteriormente, se realizó el cálculo el TIR y el VAN para los tres escenarios, dichos resultados se pueden apreciar en la Tabla 46.

Tabla 46: Indicadores Económicos

	<b>VAN</b>	<b>TMAR</b>	<b>TIR</b>
<b>Optimista</b>	S/11,650.60	20%	73.43%
<b>Normal</b>	S/ 8,650.95	20%	60.51%
<b>Pesimista</b>	S/ 5,946.07	20%	48.49%

De acuerdo a los resultados obtenidos, el VAN calculado en cada escenario es positivo, y el TIR calculado oscila entre 45% y 75% lo cual resulta favorable; ya que, se considera un costo de oportunidad de 20%. Por esta razón, el plan de implementación resulta viable y se recomienda proceder a realizar la inversión para poder iniciar las mejoras.

# CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 6.1 Conclusiones

- Se concluye que, la propuesta de mejora presentada para la familia de reparaciones estrella de la empresa tiene un alto potencial de replicarse en otras familias de reparaciones de la empresa y también en cualquier empresa dedicada a la reparación de componentes de vehículos.
- Se recomienda seguir estrictamente la metodología de cada herramienta, se debe respetar cada etapa del proceso de la implementación, de este modo, la implementación será más eficiente.
- El sector de mantenimiento y reparación de vehículos y automotores, tiene un alto potencial de poder seguir en alza económica si reduce sus costos operativos y se adapta a la variedad de servicios demandados por los clientes, a través de la manufactura esbelta.
- Los beneficios de la aplicación de la propuesta de mejora son difíciles de cuantificar, sin embargo, estos se pueden apreciar de mejor manera en el largo plazo.
- La aplicación del Cambio Rápido de herramienta SMED reducirá el tiempo empleado en actividades ajenas al proceso principal en un 41% (encamisetado) y dichas actividades pueden ser realizados por cualquier operario, ya que se encuentran correctamente capacitados.
- La implementación del Control Visual es un primer paso en la automatización de los procesos de control e inspección, esto traerá consigo un nuevo cambio en la cultura de la empresa y, en el largo plazo, se podrán realizar mejoras automatizadas.
- El estudio económico presentado nos muestra que la propuesta es viable, ya que genera resultados positivos en los indicadores de VAN y TIR en todos los escenarios presentados en el análisis, todos los escenarios superan el costo de oportunidad presentado que es de 20%, ya que los indicadores oscilan entre 45 y 75 % en los distintos escenarios presentados.

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda capacitar correctamente al equipo de trabajo para que entiendan que el objetivo de adoptar una filosofía Lean es para lograr un área de trabajo en buenas condiciones y segura, además, dará como resultado, servicios de alta calidad e incremento en las utilidades de la empresa; ya que, el recurso humano es uno de los más determinantes en la aplicación de las herramientas de la Manufactura Esbelta y, por ende, se deben mantener motivados en todo momento.
- Se recomienda realizar un seguimiento constante y exhaustivo en las primeras etapas de la implementación de las mejoras, debido a que, los operarios tienen a perder la costumbre de utilizar las mejoras presentadas y no logran adoptar la cultura Lean.
- Se recomienda presentar claramente los objetivos y metas trazadas por la implementación de las mejoras al Gerente General, ya que, de este modo, se logrará una comunicación eficiente y un apoyo total por parte de la Gerencia.
- Se recomienda realizar reconocimientos a los operarios que se desempeñen sobresalientemente en el proceso de implementación, estos reconocimientos pueden ser a través de periódicos murales o también se pueden dar incentivos al buen trabajo.
- Se recomienda realizar la implementación de las 5s como primera etapa, ya que, esta mejora es vital para poder iniciar el cambio en la mentalidad de los operarios y ayudarán a que las siguientes herramientas sean implementadas de manera más eficientemente.

# BIBLIOGRAFÍA

CÓRDOVA, Frank 2012

Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmeccánica usando manufactura esbelta. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

EUSKALIT

1998 Propuesta de mejoramiento en la productividad del proceso de extrusión de tubería PVC en la empresa Construplast. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Pontificia Universidad Javeriana.

GONZÁLES, Francisco

2007 Manufactura Esbelta, Principales Herramientas. Revista Raites, 1(2), 85-112

GUTIÉRREZ, Humberto

2010 Calidad total y productividad. Tercera edición México: McGraw-Hill

HERNÁNDEZ, Juan y VIZÁN, Antonio

2013 Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Fundación EOI

KRAJEWSKI, Lee & RITZMAN, Larry

2000 Administración de operaciones: Estrategia y análisis. Pearson Education

LIKER, Jeffrey

2011 Toyota: ¿Cómo el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito? Bogotá: Grupo Editorial Norma.

MACEDO, Ana

2016 Análisis y propuesta de mejora de proceso en una orfebrería (platería), mediante el uso de herramientas de Manufactura Esbelta. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería

MARÍN, Juan

2019 Mapa de la Cadena de Valor. Value Stream Map (VSM). Definición y plantillas. Consultada: 23 de julio del 2019. <http://riunet.upv.es/handle/10251/13427>

MCKINSEY & COMPANY

2008 Mantenimiento Productivo Total [diapositivas] Implementando el TPM [diapositivas] Introducción a Lean y al concepto de desperdicio [diapositivas] Trabajo Estandarizado [diapositivas] Gestión Visual [diapositivas] o verall Equipment Effectiveness [diapositivas]

MINTZBERG, Henry

2012 La estructuración de las organizaciones. Esplugues de Llobregat. Barcelona: Ariel.

PADILLA, Lillian

2010 Lean Manufacturing – Manufactura Esbelta/Ágil. Revista Electrónica Ingeniería Primero ISSN, 2010, volumen 2076: 3166

SOCCONINI, Luis  
2019 Lean Manufacturing. Paso a Paso. Marge Books

VILLASEÑOR, Alberto  
2007 Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica. México: Editorial Limusa

WOMACK, James y Jones, Daniel  
1996 Lean Thinking. Nueva York: Free Press

