



Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Trabajo de Investigación:

“Propuesta de aplicación Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa metalmeccánica durante el 2019”

Ccala Armas, Julinho Lucio

Velazco Trivelli, Maricielo

para optar el Grado Académico de Bachiller en  
Ingeniería Industrial

Lima – Perú

2019

## Resumen

Las industrias metalmeccánicas representan una de las principales fuentes de ingresos económicos del país, sin embargo, la mayoría de ellas no aplican herramientas de ingeniería que les permita ser más competitivas en el mercado. Por ello, al encontrarse en una constante lucha por liderar su sector se han visto en la necesidad de implementar metodologías que agreguen valor a la empresa y eliminen los desperdicios identificados.

En la presente investigación del área de servicio técnico dedicado a la reparación de equipos de limpieza industrial, se identificó que en los últimos meses la empresa se encontraba por debajo del promedio de aspiradoras reparadas modelo 7B12 (12 galones) ya que hasta el último mes que se hizo seguimiento (setiembre-2019) se lograron reparar 28 aspiradoras, cuando el promedio es de 31, afectando considerablemente la productividad del área. Con la aplicación de encuestas y herramientas de calidad se determinaron las causas de la baja productividad: procesos no estandarizados y la necesidad de limpieza y orden en el área. A partir de ello se propuso la aplicación de la metodología Lean Manufacturing con el objetivo de mejorar la productividad en un 20% según lo propuesto por la gerencia para aproximarse al promedio anual del número de aspiradoras reparadas.

Mediante las herramientas de Estandarización y 5'S del Lean Manufacturing se logró mejorar la productividad en un 12% consiguiendo con ello reparar 3 aspiradoras más al mes.

La metodología implementada estuvo basada en el antecedente internacional de Miño el cual permitió diseñar la sección metodológica del presente trabajo de investigación desarrollando un balance a la línea de reparación de aspiradoras para que sus estaciones de trabajo no superen el takt time, logrando así que no se formen cuellos de botella durante el proceso y se consiga reparar el número de aspiradoras proyectado.

**Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación lo dedicamos a Dios, por siempre darnos fuerza para lograr nuestros objetivos. A nuestros padres, por su apoyo incondicional en todos estos años para volvernos profesionales. Finalmente, a todos mis amigos que con muchos ánimos influyeron positivamente en el arduo camino de la vida.

### **Agradecimiento**

A Dios en primer lugar por darnos una maravillosa familia, puesto que sin ellos esto no hubiese sido posible. A nuestros padres, por su esfuerzo y motivación para poder seguir en la lucha de conseguir nuestros sueños. A nuestros docentes: Yeimy Salvatierra y Eduardo Quiroz, por la asesoría brindada para el presente trabajo de investigación. Y por último a la empresa que nos abrió sus puertas y nos brindó la información necesaria para lograr la ejecución del trabajo.

## Índice

Resumen.....	2
Índice.....	7
Introducción .....	10
Antecedentes nacionales e internacionales .....	12
Nacionales. ....	12
Internacionales. ....	15
Marco teórico .....	20
Lean Manufacturing .....	20
Productividad. ....	32
Diseño de propuesta de mejora.....	35
Diagnosticar .....	37
Hacer .....	45
Verificar .....	58
Actuar .....	62
Resultados encontrados.....	64
Análisis y discusión .....	65
Análisis.....	65
Discusión.....	66
Conclusiones y recomendaciones .....	68
Conclusiones .....	68
Recomendaciones.....	69
Referencias bibliográficas.....	70
Anexos .....	73
Anexo N°1: Glosario .....	73
Anexo N°2: Ficha de tarea de investigación .....	74
Anexo N°3: Reporte de Turnitin .....	78
Anexo N°4: Comparación de Lean Manufacturing con otras metodologías .....	86
Anexo N°5: Valoración de criterios .....	87
Anexo N°6: Construcción de Matriz AHP.....	88
Anexo N°7: DAP actual de reparación de Asp. Mod. 7B12.....	90
Anexo N°8: Lista de cotejo para la observación.....	94

Anexo N°9: Encuesta .....	95
Anexo N°10: DAP actual de reparación de Asp. Mod. 7B12 .....	98
Anexo N°11: Check List - Aplicación de 5´S .....	100

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Estructura de las 5´S .....	23
Ilustración 2: Tarjeta roja para aplicar Seiri .....	25
Ilustración 3: Circulo de frecuencia de uso.....	26
Ilustración 4: Evolución del número de aspiradoras reparadas durante el periodo 2019 .....	37
Ilustración 5: VSM actual .....	39
Ilustración 6: Diagrama causa efecto .....	43
Ilustración 7: Diagrama de Pareto.....	44
Ilustración 8: Tarjeta roja de eliminación .....	46
Ilustración 9: Seiri - Eliminar .....	47
Ilustración 10: Seiton - Ordenar.....	48
Ilustración 11: Seiso - Limpieza .....	50
Ilustración 12: Shitsuke – Disciplina .....	52
Ilustración 13: Comparación Takt Time vs. Estaciones .....	55
Ilustración 14: Balance de línea.....	57
Ilustración 15: VSM propuesto.....	58

## Lista de Tablas

Tabla 1 Elección de la metodología.....	32
Tabla 2: Definiciones de eficiencia.....	33
Tabla 3: Definiciones de eficacia.....	34
Tabla 4: Matriz de selección de unidad de estudio.....	38
Tabla 5: Cuadro resumen DAP – ASP. MOD 7B12.....	40
Tabla 6: Resumen de tipo de actividades.....	40
Tabla 7: Consolidado de puntajes obtenidos por pregunta .....	43

Tabla 8: Puntaje acumulado de encuestas.....	44
Tabla 9: Cronograma de limpieza.....	50
Tabla 10: Criterios a ser restados por turno de trabajo .....	53
Tabla 11: Estaciones de trabajo .....	54
Tabla 12: Diagrama de precedencia.....	55
Tabla 13: Cuadro resumen DAP – ASP. MOD 7B12.....	59
Tabla 14: Resumen de tipo de actividades.....	59
Tabla 15: Instructivo propuesto - Aspiradoras 7B12.....	61
Tabla 16: Resultados de la investigación.....	64

## Introducción

La industria metalmecánica provee bienes de capital (maquinarias y equipos) como también suministros para otras industrias (minería, construcción y otros sectores). Según el último informe de la consultora tecnológica Capgemini realizado a mediados de este año, indicaron que la productividad de las empresas internacionales del sector metalmecánico podría mejorar en un 5%, siendo éste siete veces mayor que el anual registrado desde 1990. Este incremento se lograría por la inmersión en tecnologías para implantar la cuarta revolución industrial que combinará la inteligencia artificial, gestión de datos, automatización inteligente y el internet.

En lo que respecta a empresas nacionales, según el último informe realizado por la Sociedad Nacional de Industrias a inicios del presente año indicó que este sector creció 10,2% entre enero y octubre del 2018 respecto al similar periodo del 2017, impulsada por la demanda interna (pública y privada).

La industria metalmecánica representa una de las principales fuentes de ingresos económicos del país a pesar de las brechas que nos siguen posicionando como una región subdesarrollada dedicada en gran medida a exportar sus materias primas. En la actualidad, es prioridad saber convivir con la globalización en donde la competencia es aún mayor y los clientes son cada vez más exigentes cuando se trata de adquirir un producto o servicio; es por ello que ha ganado importancia dentro de las empresas la aplicación de las herramientas Lean con el propósito de dar una solución a los problemas que afectan su productividad.

Al ser bastante alentador el futuro de la industria metalmecánica, se propone en esta investigación el estudio del área de servicio técnico de una empresa dedica a este rubro la cual ha presentado en el último mes (septiembre – 2019) una productividad expresada en magnitud de

1,39 la cual es una de las más bajas en lo que va del año ya que el nivel estándar es mantener esta magnitud en 2; lo cual se ve reflejado en el número promedio de máquinas reparadas a lo largo del año.

A partir de dicho problema se propone como objetivo de investigación mejorar la productividad en un 20% para acercarnos al promedio de aspiradoras reparadas en lo que va del año según lo solicitado por la gerencia de la empresa.

Para conseguir el objetivo de investigación se diseñó la propuesta de mejora en base a la herramienta Kaizen la cual consta de cuatro fases (Diagnosticar, Hacer, Verificar y Actuar) ya que nos permitirá mejorar de manera continua los procesos del área de servicio técnico en el marco de la metodología Lean Manufacturing.

## **Antecedentes nacionales e internacionales**

### **Nacionales.**

Caso 1: Optimización de tiempos de reparación aplicando la metodología Lean Service en un taller de reparaciones de equipo pesado. (Yantas, 2018)

#### Resumen:

La empresa que estudiaron los autores dedicada a la reparación de equipos de maquinaria pesada presentaba una eficiencia en sus tiempos de reparado de un 85%, lo cual generaba clientes insatisfechos ya que los tiempos de entrega eran más prolongados que los de la competencia. A partir de un diagnóstico se identificó que el problema principal radicaba en la deficiencia de productividad la cual se reflejaba en la reparación de componentes a causa de la necesidad de repuestos y herramientas, tiempos de armado y desarmado, y demoras en desplazamientos del personal.

#### Metodología propuesta:

Se propuso la aplicación del Lean Service para conseguir un óptimo taller de reparaciones, lo cual se logró a partir del VMS, 5<sup>ˆ</sup>S, estudio de tiempos, diagrama de relación de actividades y el Kaizen.

#### Resultado:

Utilizando las herramientas descritas se pudo mejorar los tiempos de reparación de los partes del tren de fuerza en un 12% e incrementar su productividad en el taller de reparaciones; mejorando considerablemente ya que antes de la aplicación de las herramientas la empresa tenía una pérdida anual de S/128,510.00 por la deficiencia en la productividad de reparación de componentes de tren de fuerza.

Caso 2: Mejora en la productividad durante la fabricación de una cabina cerrada implementando Lean Manufacturing en una empresa privada metalmecánica. (Salazar, 2017)

Resumen:

Se estudió a una empresa metalmecánica la cual tenía problemas con respecto a las actividades catalogadas como desperdicio, actividades que se tenían proyectadas realizar antes de la fabricación, y también problemas con la distribución actual que genera tiempos y distancias innecesarias. Además, el desorden generaba accidentes, mientras que la falta de limpieza generaba infecciones u otros. Todo lo mencionado anteriormente hacía que la empresa obtuviera una productividad mínima y se plantea como solución la implementación de Lean Manufacturing.

Metodología propuesta:

Para el análisis de la empresa se realizó un FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), con dichos resultados se aplicó el diagrama de Ishikawa para reconocer el problema principal, en este caso la baja productividad. Continuando se elaboró el diagrama de Pareto para determinar los principales problemas que afectan a la productividad. El análisis más profundo se realizó con un Diagrama de Actividades de Proceso (DAP) para hallar el tiempo de fabricación y distancia recorrida.

Luego, se implementó las herramientas de Lean Manufacturing como las 5'S para el orden y limpieza en la planta, y también para lograr una estandarización de sus procesos. También, se tomó un examen al personal referente a los riesgos de sus áreas, obteniendo malos resultados, en solución a este problema se programó y ejecutó capacitaciones. Por último, se diseñó una nueva distribución de planta la cual fue analizada nuevamente por medio de un DAP.

**Resultado:**

Obtuvieron como resultado que la aplicación de la metodología Lean Manufacturing-5'S impacta en la productividad durante la fabricación de cabina cerrada mejorando en un 25% (inicialmente de 0,20 cabina/ hora) y con un impacto de 5%.

Caso 3: Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánica Wuensay Aceros S.A.C., Puente Piedra, 2017. (Bances, 2017)

**Resumen:**

Esta empresa con giro en la elaboración de productos de acero inoxidable, se reportaron constantes reclamos por parte de sus clientes debido al pésimo servicio de entrega de sus productos. Para el caso se realizó una matriz de análisis de elaboración de productos, como resultado de la matriz se escogió los tambores algodonereros de medidas 7x7cm por ser de mayor volumen de producción y siendo uno de los productos más importantes, esto permitió evidenciar los desperdicios y a su vez tener amplia información de datos para el análisis.

**Metodología propuesta:**

Previamente a proponer esta mejora se realizó un análisis al proceso de fabricación de tambores algodonereros con la herramienta VSM (Value Stream Mapping), luego con una matriz de identificación de despilfarros y problemas diarios existentes. En consecuencia, se propuso diseño de layout, diseño de máquinas, capacitación al personal de la implementación de la herramienta, implementación del Kaizen, programa de orden y limpieza y por último secuencia de estándar de operaciones.

**Resultado:**

La aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing mejoró la productividad consiguiendo un 24% de mejora a comparación de su inicio. Además, mejoró el ambiente laboral

para todos los operarios e incrementaron las utilidades. También, la eficiencia, eficacia y lead time mejoraron en un 6.9%, 15% y 9.18% respectivamente.

### **Internacionales.**

Caso 1: Manufacturing process improvement using Lean tools. (Murugesan, M., Rajenthirakumar, D., & Chandrasekar, M., 2016)

#### **Resumen:**

Se estudió una empresa dedicada a la venta de repuestos para artefactos eléctricos en donde existían cuellos de botella y pérdidas de recursos (tiempo, dinero y mano de obra) durante los procesos manufactureros. Para el caso, se vió por conveniente el estudio de un pistón de freno el cual representaba una de las piezas de mayor demanda. Por ello, se requirió reducir el tiempo de fabricación de dicha pieza para lograr atender a todos los clientes.

#### **Metodología propuesta:**

Como primer paso se diseñó el VSM (Value Stream Mapping) para poder conocer la situación actual de la empresa e identificar los problemas críticos de cada área y las actividades sin valor durante el proceso. Posterior a ello, se realizó un VSM actualizado con las mejoras implementadas, donde se analizaron los resultados de los tiempos de cada actividad, tiempo de ciclo, reducción de inventarios y otros para determinar las mejoras cuantitativas obtenidas.

#### **Resultado:**

A partir del VSM se logró conocer los tiempos de ciclo de cada estación lo que permitió reducir los movimientos de los operarios, tiempos establecidos, inventarios y tiempo de reposición pasando de un área de 90 pies de uso y 35 pies de espacio sin uso, a menos de 15 pies de espacio sin uso.

Caso 2: Tiempos estándar para balanceo de línea en el área de soldadura del automóvil modelo cuatro. (Miño, G., Moyano, J., & Santillán, C., 2019)

Resumen:

Se realizó el estudio en la zona de soldadura de la organización CIAUTO, donde se tomó como objeto de análisis el automóvil modelo cuatro (M4). Actualmente la empresa sigue el sistema JIT (Justo a tiempo) el cual consiste en mantener un inventario que tienda a cero y que las entregas de los productos sean en el momento oportuno. A partir de ello la empresa desea realizar un análisis técnico sobre el registro de actividades que efectúa el operario para proponer mejoras sobre ellas.

Metodología propuesta:

Lo primero que se realizó fue un estudio del tiempo para lo cual se diseñó un DAP (diagrama de análisis de procesos) sobre el ensamblado del automóvil M4 considerando un mismo operario durante 4 días. Posterior a ello, se calculó el Takt Time (ritmo de producción) a partir de la demanda en un periodo de tiempo. Al comparar el tiempo de ciclo con el Takt Time se observó que había tareas que tomaban tiempos prolongados y otros más cortos. Para mejorar ello se hizo un diagrama de precedencia y un balance de línea que permita equilibrar dichos tiempos.

Resultado:

A partir de la comparación del Takt Time con el tiempo de ciclo de cada una de las estaciones se logró identificar que 2 de las 7 estaciones superaban el Takt Time; pero luego de aplicado el balance de línea se consiguió que las 7 estaciones se encuentren por debajo del Takt Time y así poder cumplir con la demanda de 10 unid/día.

Caso 3: Implementation of Lean Manufacturing and Lean Audit system in an auto parts manufacturing industry – an industrial case study. (Ponnambalam, S., & Nachiappan, S., 2018)

Resumen:

Tomando como caso de estudio a la empresa SACE, dedicada a fabricar y suministrar componentes críticos para autos; la alta gerencia identificó el incremento de los rechazos en la tienda principal de las piezas con alta rotación, por ello, vieron por conveniente seguir los principios Lean en el taller de fundición (área de estudio) para dar solución a este problema.

Metodología:

Siguiendo la herramienta Kaizen (mejora continua) se ejecutó como primer paso el diagrama de causa-efecto para analizar el problema del rechazo de autopartes. Posterior a ello, se diseñó el VSM y finalmente, se calculó el Takt Time para conocer el ritmo de producción a seguir para no dejar de satisfacer la demanda.

Resultado:

Kaizen permitió que a partir de mejoras simples y sin altos costos se reduzca de 5.2 horas a 4.2 horas el tiempo de actividades que no agregan valor y también que el tiempo de ciclo se reduzca de 71 a 32 horas. Por ello, mediante el trabajo en equipo y el apoyo de gerencia se logró identificar y eliminar desperdicios; manteniendo en el tiempo dichas mejoras siguiendo la ideología del Kaizen.

Caso 4: Lean Manufacturing Implementation 5´S. (Manzano, M., & Gisbert, V., 2016)

Resumen:

La herramienta 5´S fue aplicada a una PYME (pequeña y mediana empresa) en donde se requería la mejora del espacio de trabajo, incrementar la eficiencia y eficacia de los procesos

realizados, y que dicha implementación sirva como punto de partida para replicarlo en las demás áreas ya que se tenía como objetivo cumplir con un decreto que señala los requisitos mínimos exigibles con respecto a limpieza y orden. Para ello se escogió un área piloto donde aplicar la herramienta, y que permita en un corto periodo la obtención de resultados visibles.

#### Metodología propuesta:

Se partió con la eliminación de los objetos innecesarios y que no aporten valor. Para ello propusieron el uso de tarjetas que les permita identificar el grado de uso de cada objeto. Con ello se tomaron las decisiones de reubicar o eliminar los elementos. Conociendo lo que se usa con mayor frecuencia diseñaron un diagrama que les permitió agrupar los objetos que tengan características en común para que sean almacenados en un lugar específico. Con respecto a la limpieza establecieron horarios específicos para limpiar el área de trabajo, acompañado de un mantenimiento de los equipos utilizados. Y finalmente se aseguró la disciplina de los involucrados para el cumplimiento de la implementación mediante una programación de las actividades diarias de los operarios bajo su control continuo.

#### Resultado:

Con su aplicación se consiguió agilizar la detección de desperfectos en el puesto de trabajo, ya que antes de aplicado las 5'S se descubría la fuente del defecto al día siguiente de haber ocurrido, en cambio ahora es inmediata la reacción, el reporte y la acción correctiva. Además, se logró implementar una programación de tareas entre operarios para mantener el área de trabajo limpia y ordenada, lo cual no existía y les está permitiendo desarrollar su trabajo con mayor flexibilidad.

Caso 5: Implementation of 5'S Methodology in The Small Scale Industry: A Case Study.  
(Ponnambalam, S., & Nachiappan, S., 2018)

Resumen:

El artículo tenía por objetivo la aplicación de las 5'S en una industria de pequeña escala dedicada a la venta de autopartes ubicada en la India, en donde las microempresas solo perduran en el tiempo a partir de su habilidad para innovar, mejorar la eficiencia de sus operaciones e incrementando su productividad.

Metodología:

Para el primer paso que consistió en la eliminación de lo que no sirve se apoyaron de la estrategia de uso de “tarjetas rojas” para identificar lo que es utilizable y lo que no. El siguiente paso abarcó la identificación de la frecuencia de los materiales utilizables para darles una ubicación específica. Como tercer paso delegaron funciones para mantener el área limpia ya que con ello asegurarían un espacio más agradable y seguro para trabajar. En cuarto lugar, para mantener la estandarización de las mejoras se elaboraron check list diarios que permitieron asegurar el cumplimiento de lo anteriormente visto. Y finalmente la disciplina, que es la clave para lograr que perdure en el tiempo es necesario la participación de todos los involucrados y que cada uno ponga de su parte para que se siga manteniendo las mejoras realizadas.

Resultado:

Con la aplicación de las 5'S se consiguió incrementar el área de almacenado de materiales en un 30% ya que se eliminó un peso aproximado de 300 kg de materiales que representaban desechos para el área; y también se logró reducir en un 10% el tiempo improductivo teniendo al alcance los materiales que realmente se usan con frecuencia.

## **Marco teórico**

### **Lean Manufacturing**

#### **Inicios.**

Para definir la metodología Lean Manufacturing es conveniente retroceder a los inicios del Lean para conocer su evolución hasta llegar a lo que hoy es usado en empresas de todos los tamaños a nivel mundial.

Es el en siglo XX, etapa en donde se inicia la producción en masa con la fabricación de automóviles, donde Henry Ford y Fred Winslow trabajaron para lograr una producción estandarizada a partir de un trabajo bajo control del tiempo, máquinas, tareas, recorridos y procesos (Hernández & Vizán , 2013, p. 12).

Y es luego de la Segunda Guerra Mundial que surge en Japón un nuevo modelo de producción del sector automovilístico y que superaría a la producción en masa llamada Sistema de Producción de Toyota a cargo de la familia Toyoda (Madariaga, 2013, p. 18).

Fue entonces que Toyoda y Ohno visitaron la fábrica de Ford la cual consistía en la producción de vehículos en grandes volúmenes, pero ofreciendo modelos limitados. A partir de ello decidieron adaptarlo para Toyota, pero ofreciendo diferentes modelos, lo cual solo se conseguiría eliminando todo desperdicio y aprovechando al máximo la capacidad de las personas. (Hernández & Vizán , 2013, p. 13).

#### **Definición.**

El Lean Manufacturing consiste en la disminución al máximo de operaciones innecesarias lo que conlleva a incrementar la competitividad de los procesos. Como afirma Cuatrecasas, es más eficiente trabajar bajo un flujo continuo, sin interrupciones, con operaciones conectadas y con el producto avanzando en pequeñas unidades (2010, p. 93).

Se entiende por Lean Manufacturing o también llamada producción ajustada según Rajadell y Sánchez (2010) como la optimización de un sistema productivo mediante la mitigación de desperdicios, debido a que estos no aportan valor al producto y que por ende el cliente no estaría dispuesto a pagar.

### **Principios.**

Según Cuatrecasas (2010, p. 95-96) define los principios del Lean Manufacturing:

- Valor: Ofrecer un producto o servicio que únicamente genere valor para el cliente.
- Cadena de valor: Definir los procesos que aportan valor.
- Flujo de actividades: El producto fluya eficientemente en todos los procesos que agregan valor.
- Gestión pull: El ritmo de producción lo define el cliente, se comienza a producir solo con el pedido del cliente.
- Mejora continua: Buscar en todo momento la mejora de los cuatro pasos anteriores.

Por otro lado, la metodología Lean Manufacturing se caracteriza por brindar al proceso dos atributos muy importantes que son: Valor agregado y eliminación de Despilfarro. A continuación, la descripción de cada uno de estos atributos.

### ***Valor agregado.***

Según Rajadell y Sánchez (2010, p. 13) el valor agregado es la actividad que se le atribuye al elemento durante su proceso en favor del cliente.

Según Villaseñor y Galindo (2007, p. 20) definen valor agregado como lo que el cliente espera recibir del proceso.

Según Cuatrecasas (2010, p. 110), se pueden distinguir tres tipos de actividades dentro del proceso:

- Actividades que agregan valor: Transforman los recursos para obtener un producto o servicio que agregue valor al cliente.
- Actividades sin valor agregado: Son necesarias durante el proceso, pero no agregan valor al bien del cliente.
- Desperdicios: No incrementan valor al producto o servicio y tampoco son necesarias durante el proceso, por lo que es conveniente reducirlo o eliminarlo.

Para medir el indicador de las actividades con valor agregado se debe considerar los siguientes datos: (Julca, 2017, p. 34).

$$\text{Valor agregado} = \frac{\Sigma \text{tiempos de actividades que agregan valor}}{\text{Total de tiempo de actividades}} * 100\%$$

### ***Despilfarro.***

Según Rajadell y Sánchez (2010) el despilfarro son aquellos procesos que consumen recursos entre ellos el tiempo y espacio, y que no cubren las necesidades del cliente (no aportan valor al cliente).

En el sistema Toyota se identificaron siete tipos de despilfarros identificados dentro del sistema de producción. Según Villaseñor y Galindo (2007, p. 21) definieron las siguientes categorías:

- Sobreproducción: Producir más de lo solicitado por el cliente generando un costo de almacenamiento.
- Sobre-procesamiento: Hacer más trabajo de lo necesario por no tener los objetivos claros conlleva a incrementar los costos de producción.
- Inventario: Significa tener un exceso de los materiales, productos terminados que causan costos de almacenado, transporte y demoras en las entregas.

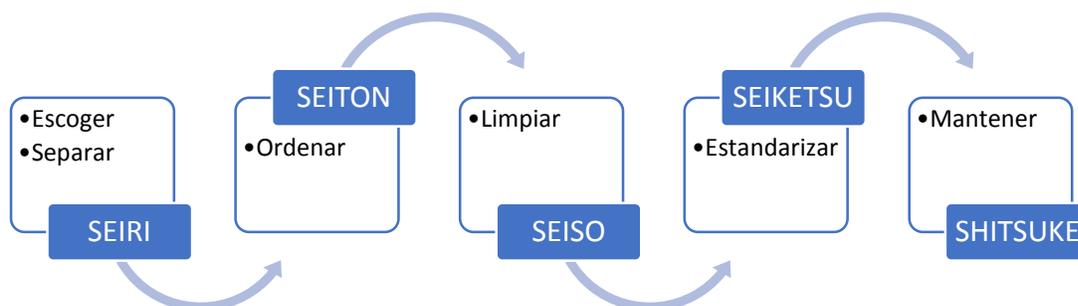
- Transporte innecesario: Son todos los traslados entre una y otra área que no agregan valor al producto.
- Movimiento innecesario: Todos los movimientos tales como coger, sentarse, agacharse, girar, o estirarse.
- Espera: Tiempo muerto del personal al esperar el fin de una tarea para que puedan continuar con sus actividades.
- Productos defectuosos: Hace referencia a todos los productos o servicios que presentan alguna falla y que deben ser reprocesados para corregirla.

### Dimensiones.

#### 5'S.

Es una de las herramientas que presenta la metodología de Lean Manufacturing, trata de implementar y mantener en el tiempo una serie de rutinas de orden y limpieza en la zona de trabajo. Para las siguientes implementaciones de las herramientas de Lean, como base se debe tener implementado las 5'S. La aplicación de la técnica trae consigo mejoras en el ambiente de trabajo como también en la eficiencia y eficacia en las operaciones, por ello, es importante la aplicación de ésta, para que este efecto de mejora se de en el resto de las áreas (Manzano & Gisbert, 2016, p. 18). A continuación, se presenta la estructura de las 5'S:

*Ilustración 1: Estructura de las 5'S*



Fuente: Adaptación propia. Chiarini (2006)

*Definición.*

El nombre de “5´S” es origen de cinco palabras en japonés comenzando con la letra “S” y estos son: Seiri (clasificar), Seiton (ordenar), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarizar), Shitsuke (disciplina). Dos Santos, De Sousa, Souto y Ferreira (2015) explican cada “S”:

*Seiri.*

Identificar los elementos con mayor uso y menor uso por parte del usuario, en base a su uso determinar la ubicación de estos elementos. Además, se puede desechar aquellos elementos que son inservibles.

*Seiton.*

Definir el tipo de almacenamiento de los elementos en función a su cantidad, peso, tamaño y distancia del punto de uso.

*Seiso.*

Cumplir con las funciones de limpieza para mejorar el ambiente de trabajo y adicionalmente contribuir en la eliminación de los riesgos de accidente.

*Seiketsu.*

Mantener y garantizar un ambiente de trabajo favorable para el mejor desempeño de los trabajadores. En consecuencia, el flujo de información será más clara y entendible.

*Shitsuke.*

Preservar en el tiempo las 4S anteriores para que la conducta de los trabajadores esté alineada a la herramienta 5´S.

### *Implementación.*

La implementación de las 5'S que se presenta a continuación fue planteada por Manzano y Gisbert (2016, p. 22-25):

### *Seiri.*

Utilización de tarjetas rojas unidas a los objetos en análisis para visualizar la frecuencia de uso.

Permite conocer el grado de uso y en base a este indicador tomar decisión acerca del elemento si es necesario su cercanía, reubicarlo o desecharlo.

*Ilustración 2: Tarjeta roja para aplicar Seiri*

TARJETA ROJA 5'S		
N° Tarjeta:		
Nombre del objeto:		
CATEGORÍA		
	Máquina	Elementos químicos
	Herramienta	Materia prima
	Elementos eléctricos	Producto acabado
	Elementos mecánicos	Otros
Otros, especificación:		
INCIDENCIA		
	Innecesario	Roto
	Defectuoso	Otros
Otros, especificación:		
ACCIÓN CORRECTIVA		
	Eliminar	Retornar
	Reubicar	Reciclar
	Reparar	Otros
Fecha de inicio:		Fecha de colocación etiqueta:

Fuente: Manzano y Gisbert (2016, p. 22)

*Seiton.*

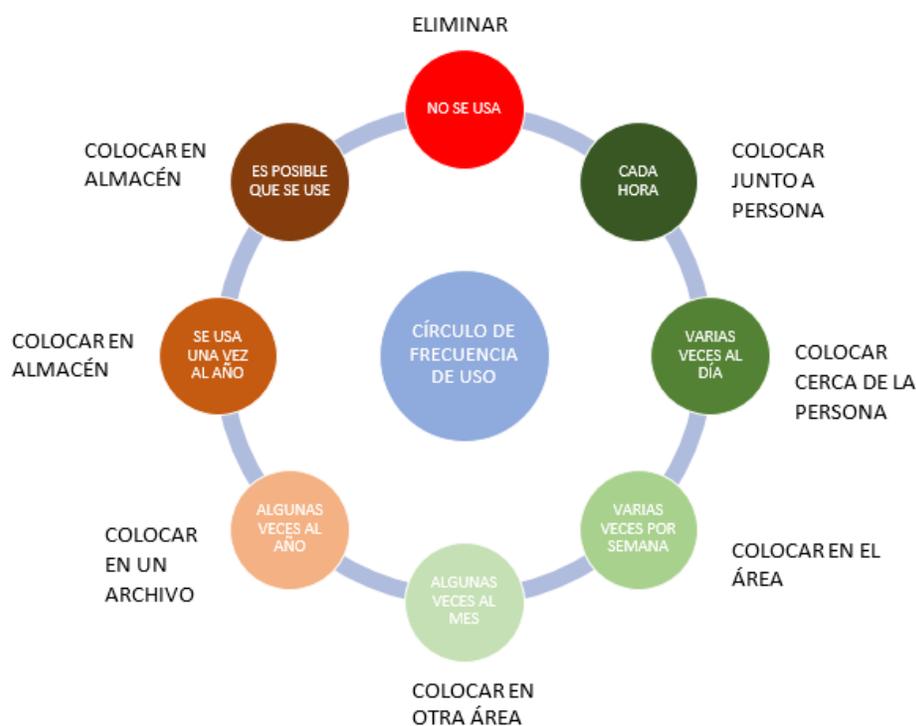
Aplicación de los siguientes puntos:

- Delimitar zona de trabajo, productos en proceso, productos terminados u otros.
- Evitar herramientas duplicadas.
- Finalmente conseguir el ambiente de trabajo adecuado.

Es necesario identificar el flujo de elementos en la zona de trabajo y acomodarlos en las ubicaciones convenientes según su frecuencia de uso. De tal manera que se facilite la rapidez en el trabajo, garantizando la calidad y minimizando en todo lo posible los accidentes.

A continuación, se presenta el círculo de frecuencia que permite conocer el grado de utilización de los elementos

*Ilustración 3: Círculo de frecuencia de uso*



Fuente: Adaptación propia. Manzano y Gisbert (2016, p. 23)

### *Seiso.*

Se debe implementar horarios fijos de limpieza e inspección. La integración del SEISO en el trabajo de los operarios traerá como resultados el incremento de vida útil de los equipos. El nivel de impacto del SEISO se debe medir con indicadores. Un método para la mejora del SEISO es que los empleados de diferentes áreas evalúen la limpieza de otras áreas y viceversa, de esta manera la cooperación aumenta entre las áreas, aumenta la sociabilización en el ambiente de trabajo, como también el orden y la limpieza.

### *Seiketsu.*

La empresa debe desarrollar los estándares necesarios, desde formularios para los trabajadores consultando el orden y limpieza, hasta la delimitación de los espacios de trabajo. La gestión visual es una técnica muy importante, por lo que un operario sabrá en qué lugar va cada objeto o como también de qué forma se realiza una operación.

### *Shitsuke.*

Se implementan mecanismos de control para la mejor aplicación de las 5 'S a la empresa. Mediante estas las herramientas se controlan el cumplimiento de cada "S". Además, se puede realizar un horario en un panel que sea visible para todos con las rutinas básicas del día a día.

### ***Estandarización.***

Según Harrinton (1994), expresa que la estandarización de procesos consiste en la uniformización de la secuencia de pasos para elaborar un determinado producto o brindar un servicio, para que todos los colaboradores realicen sus actividades en función al mismo procedimiento. Así mismo, se puede definir a la estandarización como todo aquello que está registrado y norma el "quehacer" y el comportamiento de la gente (Sosa, 2004).

En función a lo mencionado anteriormente, la estandarización es fundamental para conseguir la certificación de procesos, de esta forma las empresas tienen respaldo en lo concerniente a la calidad de sus procesos y por ende de sus productos finales para satisfacer a los clientes (Vásquez y Labarca, 2012).

Según Villaseñor y Galindo (2007, pp.130), la estandarización es un medible de Lean Manufacturing que establece procedimientos de trabajos precisos para los operadores. Está basado en tres puntos:

- Takt Time representa ritmo de la producción a fabricar para cumplir las expectativas del cliente.
- La secuencia precisa de trabajo que debe cumplir el trabajador por debajo del Takt Time.
- El inventario estándar que hace referencia a las unidades con las que debe contar cada máquina para mantener el proceso fluido.

Los beneficios del trabajo estandarizado son:

1. Llevar una documentación de todos los procesos actuales.
2. Minimización de la variabilidad.
3. Facilitar las operaciones.
4. Reducir las lesiones y actividades de mucho esfuerzo.
5. Base de referencia para actividades de mejora.

Lograr la estandarización del trabajo en una organización, implica invertir recursos materiales y humanos, sin embargo, es un gasto que beneficia en el aumento de la productividad y seguridad, disminuye los riesgos de fallas de calidad y desperdicios de materiales como también el tiempo. La estandarización debe reconocerse no como una herramienta inflexible de imponer cómo hacer el trabajo, sino como una herramienta de respaldo para guiar el trabajo

actual y para plasmar los avances que vayan surgiendo, tras la revisión y actualización de la manera de realizar mejor el trabajo día con día (Mira, 2016).

### **Herramientas del Lean Manufacturing**

Las herramientas que se presentan a continuación son las que se implementarán para la mejora de la productividad.

#### ***Value Stream Mapping.***

##### *Definición.*

Originalmente llamado “mapa de flujo del material e información” son diagramas que representan el proceso a seguir para la elaboración de un producto (Womack & Jones, 1996).

Fue inicialmente desarrollada por la División de Administración de Operaciones de Toyota Motor Corporation como la herramienta para identificar flujos por donde circule el producto y la información sin interrupciones, mejorando la productividad y competitividad de la empresa. Como Emiliani (2003) indicó: “Eliminar desperdicios permite enfocarnos en puntos que agregan valor a la empresa y por los que el cliente está dispuesto a pagar”.

Por ello, con su aplicación se logrará un alto impacto en la reducción de tiempos, errores y costos innecesarios que podrán ser aprovechados para prestar mayor atención a factores que necesitan un mayor control y que van a sumar a la mejora de procesos de la empresa.

Value Stream Mapping es una de las herramientas base antes de la aplicación de una herramienta Lean Manufacturing. El VSM es una representación visual del flujo completo del proceso considerando desde el proveedor hasta al cliente, e identificando las actividades que agregan y no agregan valor (Rother & Shook, 1999, p. 13).

En consecuencia, la aplicación de esta herramienta es una manera sencilla de identificar todas las tareas que suman a la empresa y a la vez permite tomar decisiones sobre las tareas que representan un desperdicio.

#### *Características.*

Según Rother en su libro *Learning to see* (1999, p. 14) explica las características del VSM:

- Permite visualizar el proceso en su conjunto, no como actividades aisladas.
- Identifica no sólo los desperdicios dentro del proceso, sino también las fuentes que lo generaron.
- Muestra la conexión entre el flujo de información y el del material.
- No es una herramienta cuantitativa. El VSM es buena para describir lo que actualmente se está haciendo y que va a afectar esos números en un futuro.

#### *Implementación.*

Para el diseño del VSM es recomendable seleccionar a un grupo conocedor del proceso y que brinden detalles necesarios para realizar un buen diseño.

Los pasos para la elaboración del VSM según Nallusamy (2015, p. 234):

- Identificación del producto a estudiar.
- Diseñar el VSM actual.
- Revisar la información.
- Diseñar el VSM futuro.
- Ejecutar cambios.

#### *Kaizen.*

#### *Definición.*

El éxito en la manufactura japonesa se debe al Kaizen y cada integrante de la organización que siempre está enfocado en el proceso de mejora. Los autores Brunet y New (2003) definen a

Kaizen como mejora y lo ejemplifican como la fuerza de cada trabajador para contribuir en el desarrollo de la empresa.

La filosofía de Kaizen se basa en la reducción de desperdicios y actividades que no agregan valor, resuelven problemas, aprenden con errores y corrección, enseñan, conocen, comparten cada conocimiento, contribuyendo así no solo al crecimiento personal e individual, sino también profesional y organizacional, mejora continua (Alliprandini & Mesquita , 2013).

El Kaizen sin duda alguna, es una base fundamental para cualquier técnica de mejora que se desee aplicar en una empresa.

#### *Características.*

Las características que tienen el Kaizen son las siguientes:

- Motiva a la participación de los trabajadores en la solución de los problemas.
- Incrementa la colaboración en el trabajo
- Pensamiento enfocado al proceso,
- La resolución de problemas enfoca las causas-raíz
- Mejora la calidad y productividad de los procesos.

#### **Comparación con otras metodologías.**

Considerando el procedimiento utilizado en la tesis de Bances (2017), se determinó que la metodología Lean Manufacturing es la más conveniente frente a otras que son mencionadas en Anexo N°4 donde se explica la misión de cada una de ellas. Luego se pasó a darle una valoración a cada uno de los criterios a evaluar los cuales figuran en Anexo N°5 para que finalmente se construya la matriz multicriterio en donde Lean Manufacturing obtuvo el puntaje más alto y cuyas tablas predecesoras se encuentran en el Anexo N°6.

Tabla 1 Elección de la metodología

Criterios	Satisfacción al cliente	Tiempo de implementación	Costo implementación	Indicadores	Total
Lean Manufacturing	0.52	0.34	0.36	0.43	33%
Six Sigma	0.26	0.34	0.33	0.39	24%
7 pasos	0.16	0.21	0.20	0.06	13%
Teoría de restricciones (TOC)	0.07	0.08	0.07	0.18	7%
	0.31	0.16	0.19	0.10	

Fuente: Elaboración propia

## **Productividad.**

### **Definición.**

Existen diversas definiciones para la palabra productividad, pero siempre los conceptos de esta palabra están muy relacionados a pesar del ámbito o área en que las usan. Investigadores de libros y artículos entre los que destacan el autor Cruelles (2013) define productividad como un ratio que permite medir el nivel de aprovechamiento de los recursos que influyen en la realización de un producto. Así mismo, Miranda y Toriac (2010) lo definen como un importante indicador para medir la situación económica de un país, empresa entre otras organizaciones.

Por otro lado, Morales & Masis (2014) explican productividad en base al desarrollo humano que siempre está en búsqueda de la mejora continua, recurriendo a más esfuerzos para adaptarse al cambio y aplicando diferentes métodos para conseguirlo.

### **Beneficios.**

Los principales beneficios de la productividad definidos por Jiménez, Delgado, y Gaona (2001, p. 81) son:

- Evaluar el desempeño de la producción con respecto a los recursos que son utilizados por la empresa.
- Definir las estrategias, objetivos y metas de manera clara para mejorar la productividad dentro del corto, mediano y largo plazo.
- Seleccionar las tecnologías, materiales y métodos más competitivos a partir de las necesidades prioritarias de la empresa.

### **Dimensiones.**

#### ***Eficiencia.***

A continuación, se presentará un cuadro con definiciones de eficiencia planteadas por diversos autores y entidades.

*Tabla 2: Definiciones de eficiencia*

Definición	Autor
Cumplir con los objetivos, dándole un uso adecuado, racional y óptimo a los recursos.	Aedo (2005); Gutiérrez (2005)
Relación de los resultados alcanzados y los recursos utilizados.	ISO 9000: 2008
Consecución de metas tomando en cuenta el buen funcionamiento de la organización.	Quijano (2006); Álvarez (2001)
Nivel al que son alcanzados los objetivos, teniendo en cuenta la calidad y la oportunidad, sin considerar los costos en que se incurra.	Aedo (2005); Gutiérrez (2005)

Fuente: Rojas, Jaimes , y Valencia (2018, p. 14)

Según Cruelles (2013, p.10) afirmó que la eficiencia busca la relación entre insumos y producción, además de minimizar el costo de recursos. En ese sentido la eficiencia es lograr la producción meta optimizando los recursos.

A continuación, se presentará un cuadro con definiciones de eficacia planteadas por diversos autores y entidades.

***Eficacia.***

A continuación, se presentará un cuadro con definiciones de eficacia planteadas por diversos autores y entidades.

*Tabla 3: Definiciones de eficacia*

Definición	Autor
Hace referencia a la consecución de metas, logro de objetivos.	Quijano (2006)
Capacidad del área administrativa para alcanzar los resultados propuestos.	Díez De Castro et al. (2002)
Extensión en la que se realizan las actividades planificadas alcanzando los resultados planificados.	ISO 9000: 2008
Resultados alcanzados que cumplen con los requisitos de la calidad.	Gutiérrez (2005)

Fuente: Rojas, Jaimes , y Valencia (2018, p. 14-15)

Cruelles (2013, p.11) manifestó que la eficacia es el grado en el que se llegan a lograr los objetivos, ello se demuestra con el logro de metas; es decir hacer las cosas de manera correcta.

Para poder hallar el valor de la productividad en una empresa se es necesario conocer la eficiencia y eficacia. A continuación, presentamos la fórmula de la productividad según Gutiérrez (2014):

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

$$\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo total}} = \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiemgpo total}} \times \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo útil}}$$

### **Diseño de propuesta de mejora**

Según el plan de trabajo desarrollado por la tesis con título “Optimización de tiempos de reparación aplicando la metodología Lean Service en un taller reparaciones de equipo pesado” (Yantas, 2018) se propone los siguientes pasos para la implementación de la mejora de la productividad:

El diseño de la propuesta de mejora está en base a la metodología Kaizen que consta de las siguientes fases:

#### **1. DIAGNOSTICAR**

##### **1.1.UNIDAD DE ESTUDIO**

###### **1.1.1. VSM ACTUAL**

###### **1.1.2. DAP ACTUAL**

##### **1.2.DETERMINACIÓN DE CAUSAS CRÍTICAS**

###### **1.2.1. LLUVIA DE IDEAS**

###### **1.2.2. OBSERVACIÓN**

###### **1.2.3. ENCUESTA**

###### **1.2.4. DIAGRAMA DE ISHIKAWA**

###### **1.2.5. DIAGRAMA DE PARETO**

#### **2. HACER**

##### **2.1. IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5´S**

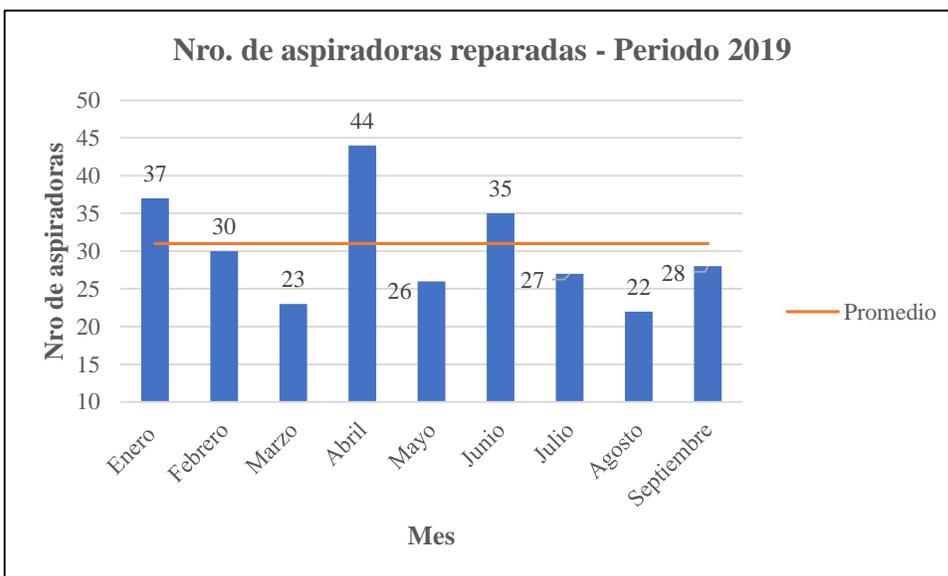
###### **2.1.1. SEIRI - ELIMINAR**

- 2.1.2. SEITON - ORDENAR
- 2.1.3. SEISO - LIMPIEZA
- 2.1.4. SEIKETSU – ESTANDARIZAR
- 2.1.5. SHITSUKE - DISCIPLINA
- 2.2. ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS
  - 2.2.1. TAKT TIME
  - 2.2.2. TIEMPO DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO
  - 2.2.3. COMPARACIÓN DE ESTACIONES DE TRABAJO VS. TAKT TIME
  - 2.2.4. DIAGRAMA DE PRECEDENCIA
  - 2.2.5. BALANCE DE LÍNEA
- 3. VERIFICAR
  - 3.1. VSM PROPUESTO
  - 3.2. DAP PROPUESTO
  - 3.3.5'S
    - 3.3.1. CHECK LIST
  - 3.4.ESTANDARIZACIÓN
    - 3.4.1. INDICADORES
    - 3.4.2. INSTRUCTIVO PROPUESTO
- 4. ACTUAR
  - 4.1. 5'S
  - 4.2.ESTANDARIZACIÓN

## Diagnosticar

El bajo nivel de productividad por el que está pasando la empresa se demuestra a partir del número de aspiradoras reparadas al mes. A continuación, se muestra su comportamiento:

*Ilustración 4: Evolución del número de aspiradoras reparadas durante el periodo 2019*



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, los tres últimos meses no superaron el promedio de aspiradoras reparadas al mes que es de 31 unidades, afectando la productividad del área de servicio técnico. A pesar de que el comportamiento a lo largo del año está siendo muy aleatorio se vio por conveniente determinar las causas que están provocando la baja productividad del área.

### Unidad de Estudio.

Lo primero que se definió fue la unidad de estudio. Ya que la empresa metalmecánica repara una diversa variedad de equipos de limpieza industrial se decidió escoger un único modelo de estudio evaluando los factores que se muestran a continuación y que se les asignó un peso de prioridad:

- Demanda del equipo (30%)
- Complejidad de reparación (25%)
- Precio por reparación (45%)

Tabla 4: Matriz de selección de unidad de estudio

Equipo	Demanda		Complejidad de reparación		Precio		Total
	Puntaje	Total	Puntaje	Total	Puntaje	Total	
Aspiradora	5	1.5	5	1.25	3	1.35	4.1
Lustradora	3	0.9	2	0.5	5	2.25	3.65

Fuente: Elaboración propia

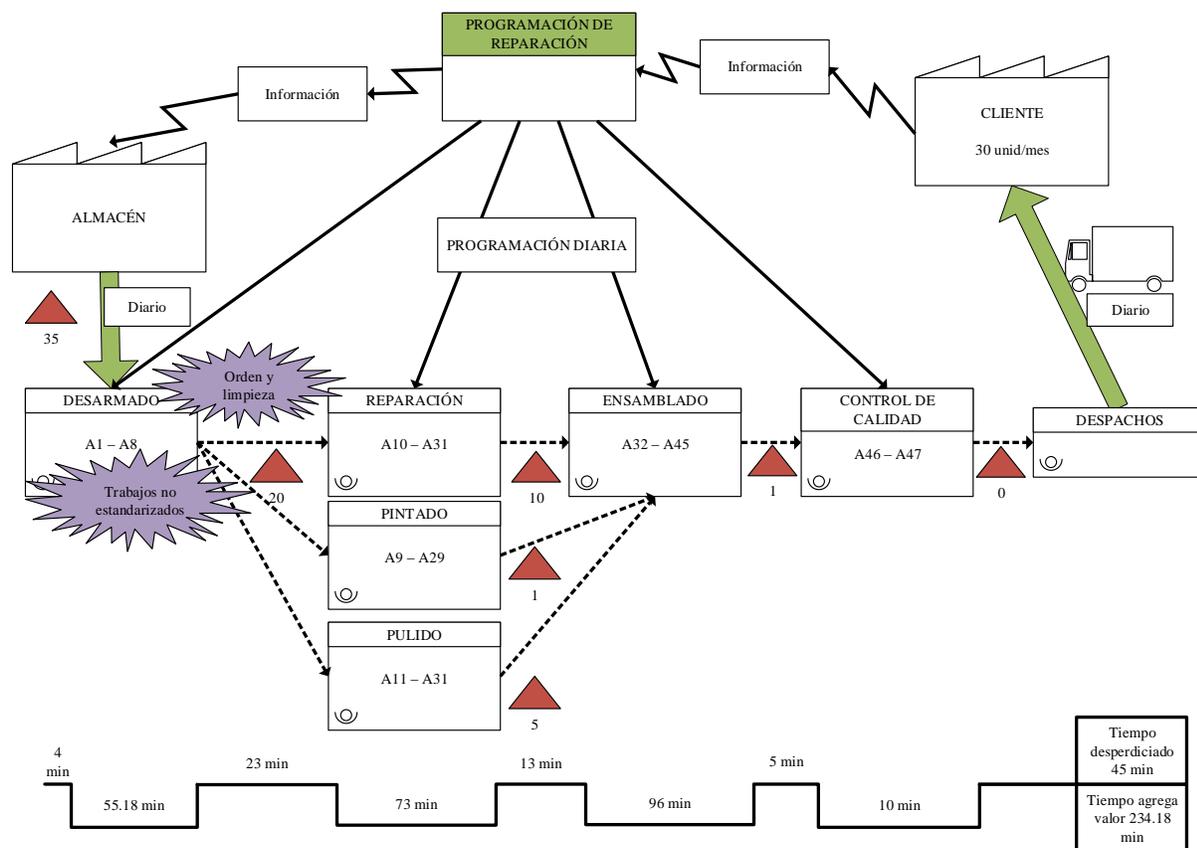
Al realizar la evaluación se concluyó que es conveniente estudiar la aspiradora ya que obtuvo el puntaje más alto. Se debe recalcar que existen diferentes modelos de aspiradoras las cuales se diferencian una de otra por el tamaño del tanque es por ello que se escogerá el tamaño intermedio y representará la unidad de estudio: Aspiradora Mod. 7B12 (capacidad de 12 gl.)

#### ***Value Stream Mapping Actual.***

El VSM brindó un panorama general de la situación actual de la empresa considerando a todos los involucrados, desde el cliente que es el encargado de solicitar el servicio de reparación; hasta la última fase de la cadena que es la entrega del equipo reparado.

Por otro lado, se indicó en el mapa de cadena de valor los tiempos que agregan y no agregan valor a lo largo del proceso y por último se identificaron las causas que van a ser estudiadas: trabajos no estandarizados y el orden y limpieza del área.

Ilustración 5: VSM actual



Fuente: Elaboración propia

### **Diagrama de Análisis de Procesos Actual.**

Para poder solucionar los problemas identificados en el Diagrama de Pareto es necesario conocer el proceso de reparación de la Aspiradora Mod. 7B12 mediante el diseño de un diagrama de operaciones el cual permitió definir cada una de las tareas, tomar su tiempo y clasificarlas por tipo de actividad: agrega valor (AV), no agrega valor (NAV) o si es un desperdicio (D). El diagrama de operaciones se encuentra en el Anexo N°7.

El cuadro resumen del DAP se presenta a continuación:

Tabla 5: Cuadro resumen DAP – ASP. MOD 7B12

Símbolo	Tipo	Cantidad	Tiempo (min)
○	Operación	35	300.44
□	Verificación	2	12
➡	Transporte	5	25
D	Demora	5	20
▽	Almacén	0	0
Total		47	357.44

Fuente: Elaboración propia

Con el cuadro resumen se determinó el tiempo requerido para la reparación del equipo y que representa el tiempo de ciclo de la aspiradora estudiada que es de 357.44 minutos.

Tabla 6: Resumen de tipo de actividades

Tipo de actividad	Cantidad
Agrega valor	20
No agrega valor	17
Desperdicio	10
Total	47

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, con el cuadro resumen de tipo de actividad se determinó el número de tareas de agregan y no agregan valor, al igual que las tareas desperdicio las cuales serán analizadas para poder reducir las o eliminarlas.

Con estos datos se procedió a calcular la productividad actual utilizando la siguiente información proporcionada por la empresa: costo de mano de obra (S/. 10.00), número de operarios (3) y precio de venta promedio de cada aspiradora (S/. 250.00):

$$Productividad = \frac{Equipos\ reparados}{Recursos\ utilizados}$$

$$Productividad = \frac{1\ unid * S/.250}{3\ operarios * \frac{357.44\ min}{60\ min} * 10\ S/./h.}$$

$$Productividad = 1.39$$

Los recursos considerados para el cálculo de la productividad fueron: mano de obra y tiempo de reparación de una aspiradora (tiempo de ciclo de DAP) lo cual fue expresado en moneda, al igual que las unidades producidas en ese periodo de tiempo.

### **Determinación de Causas Críticas.**

#### ***Lluvia de ideas.***

El primer paso realizado para la identificación del problema a estudiar consistió en la lluvia de ideas o también conocido como “Brainstorming”.

A partir de las opiniones brindadas por los operarios, se procedió a sintetizarlas para expresar brevemente los problemas que ciñen a diario al área y que se presentan a continuación:

- No se cuenta con un plan de capacitación periódico.
- Los equipos están muy obsoletos.
- Pocas unidades de maquinaria.
- No hay un orden y limpieza en el área.
- No cuentan con un procedimiento de trabajo estándar.
- Tener los repuestos a tiempo.
- Los repuestos no cumplen con las especificaciones solicitadas.
- No hay un control sobre los tiempos que les toma las reparaciones.
- Mucha aleatoriedad entre una y otra reparación.

### ***Observación.***

Como segunda técnica de levantamiento de información se aplicó la observación durante 01 hora en un turno rutinario de trabajo mientras reparaban diferentes tipos de equipos de limpieza; lo cual permitió extraer información que brinde mayor soporte a los problemas identificados.

Junto con una grabadora se captaron detalles que pasan desapercibidos por la vista del ser humano pero que son importantes de considerar para lograr un eficiente funcionamiento de los procesos.

Se elaboró una lista de cotejo la cual consiste en un listado de frases que expresan conductas positivas o negativas de los operarios y que a partir de lo observado se evalúa si es que se cumple o no con la frase indicada (Lafourcade, 1973).

La lista de cotejo se encuentra en el Anexo N°8. Los resultados sustentan la mala gestión del orden y limpieza de la zona de trabajo y que conlleva a no tener un proceso continuo de reparación por los desperdicios como tiempos muertos, reprocesos, y entorno de trabajo inadecuado.

### ***Encuesta.***

La tercera herramienta utilizada consistió en un cuestionario que fue aplicado a las personas que laboran directamente para el área de servicio técnico: operarios (3), encargado de ventas (1), jefe de control de calidad (1) y jefe de área (1). El objeto de su aplicación fue conocer su opinión sobre los 6 problemas más frecuentes dentro del área para diseñar una pronta solución.

Se desarrollaron 5 preguntas las cuales consistían en brindar un puntaje a cada problema identificado con 1 (valoración más baja) y 10 (valoración más alta). En el Anexo N°9 se adjunta el cuestionario diseñado para levantar la información.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos por cada pregunta:

Tabla 7: Consolidado de puntajes obtenidos por pregunta

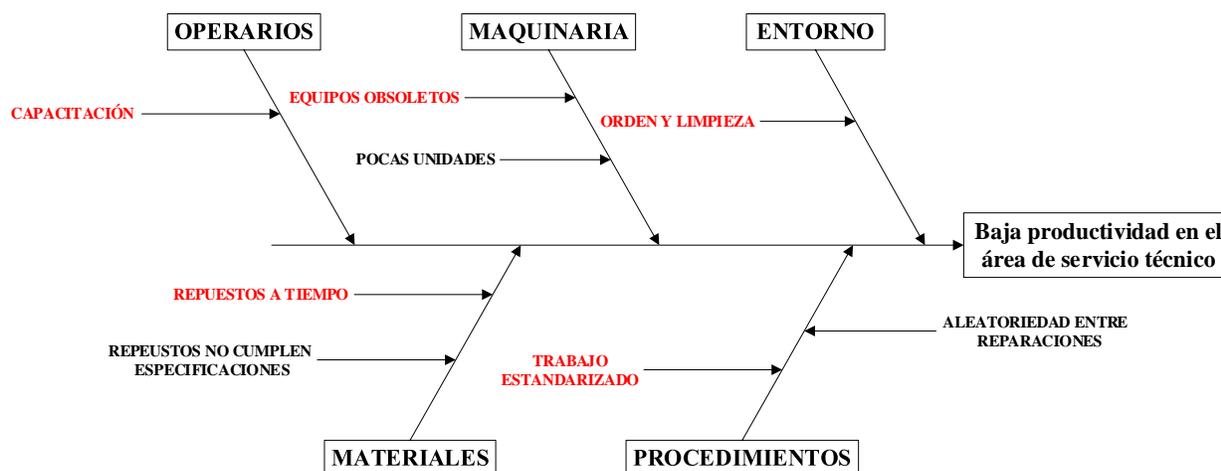
Problemas	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	Puntaje
Procedimientos de trabajo estándar	116	116	115	114	116	577
Orden y limpieza	56	46	51	52	57	262
Equipos obsoletos	28	31	39	33	30	161
Plan de capacitación	18	25	21	15	14	93
Contar con los repuestos a tiempo	16	20	24	15	10	85

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama de Ishikawa.

A partir de una lluvia de ideas realizada con operarios y personal administrativo que tiene contacto directo con el área de reparación se logró identificar las diferentes causas que conllevan a la baja productividad del área. Dichas causas fueron agrupadas en categorías para poder diseñar el diagrama de Ishikawa que se presenta a continuación:

Ilustración 6: Diagrama causa efecto



Fuente: Elaboración propia

### Diagrama de Pareto.

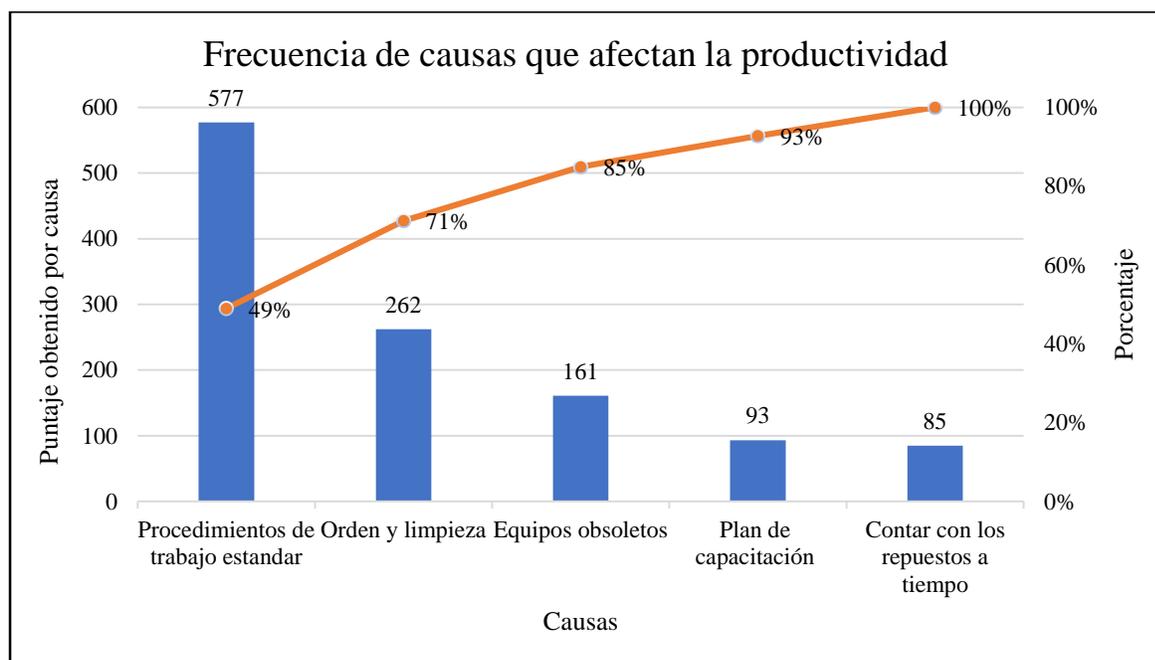
El Diagrama de Pareto diseñado a partir del puntaje obtenido del cuestionario, permitió segmentar los problemas a estudiar logrando identificar las pocas causas que generan gran parte del problema principal como se muestra a continuación:

Tabla 8: Puntaje acumulado de encuestas

Causas	Puntaje	Acumulado	% Acumulado
Procedimientos de trabajo estándar	577	577	49%
Orden y limpieza	262	839	71%
Equipos obsoletos	161	1000	85%
Plan de capacitación	93	1093	93%
Contar con los repuestos a tiempo	85	1178	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

Al diseñar el Diagrama de Pareto se identificó que el 80% de los problemas están generados por 2 causas: Procedimientos de trabajo estándar y orden y limpieza. Estas causas identificadas son las que van a ser solucionadas en la presente investigación para mejorar la productividad del área de servicio técnico.

## **Hacer**

### **Implementación de las 5'S.**

#### ***Seiri – Eliminar.***

Para la eliminación de los materiales obsoletos o que ya no son utilizados se procedió a revisar las cajas, los pasadizos y las mesas de trabajo para identificar junto con el operario los ítems que deberían ser eliminados.

Para la eliminación de los materiales se utilizaron las tarjetas rojas las cuales nos permitieron tomar decisiones tales como: eliminar, reubicar, reparar, retornar o reciclar el material. Entre los materiales que fueron descartados se encontraron retazos de madera, esponjas, piezas oxidadas de las lustradoras y aspiradoras, materiales eléctricos, jebes y pernería deteriorada. Al recopilar todo lo que sería rechazado se llegó a un peso total de 15 kg.

A continuación, se muestra la tarjeta roja diseñada para la eliminación de los materiales obsoletos.

Ilustración 8: Tarjeta roja de eliminación

TARJETA ROJA 5'S		
N° Tarjeta:		
Nombre del objeto:		
CATEGORÍA		
	Máquina	Elementos químicos
	Herramienta	Materia prima
	Elementos eléctricos	Producto acabado
	Elementos mecánicos	Otros
Otros, especificación:		
INCIDENCIA		
	Innecesario	Roto
	Defectuoso	Otros
Otros, especificación:		
ACCIÓN CORRECTIVA		
	Eliminar	Retornar
	Reubicar	Reciclar
	Reparar	Otros
Fecha de inicio:		Fecha de colocación etiqueta:

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se adjuntan imágenes de los materiales que fueron eliminados en esta primera aplicación de las 5'S y la medición con una balanza de todo lo descartado

*Ilustración 9: Seiri - Eliminar*



Fuente: Elaboración propia

### ***Seiton – Ordenar.***

Ahora que se cuenta con los materiales que sí son utilizados en el proceso de reparación, se procedió a ordenarlos según sus características formando los siguientes grupos: motores, jebes esponjosos y protectores, piezas de metal, planchas de espuma, pernería, mangueras y cable vulcanizado, ruedas y accesorios pequeños.

Los materiales agrupados fueron guardados en cajas de cartón las cuales fueron identificadas por el nombre del grupo de materiales, y posterior a ello se almacenaron en un anaquel. En los niveles superiores del anaquel se guardaron los materiales menos pesados y de menor rotación, mientras que en los niveles inferiores se guardaron los más pesados y de mayor rotación.

En las mesas de trabajo se procedió a agrupar las herramientas, envases que tenían similares características de uso y forma; y con respecto a la pernería la cual era guardada en deterioradas bolsas de plástico y agrupada según su tipo, se optó por guardarla en casilleros de madera separando la pernería en grupos de arandelas, remaches, pernos, stove bolts y tuercas.

Y en el área donde se encuentran los equipos en espera de diagnóstico, se procedió a separarlos por tipo: lustradoras y aspiradoras; y también se agruparon las máquinas que ya habían sido reparadas. A continuación, se adjuntan imágenes del antes y después de haber ordenado los materiales y equipos.

*Ilustración 10: Seiton - Ordenar*

Antes



Después



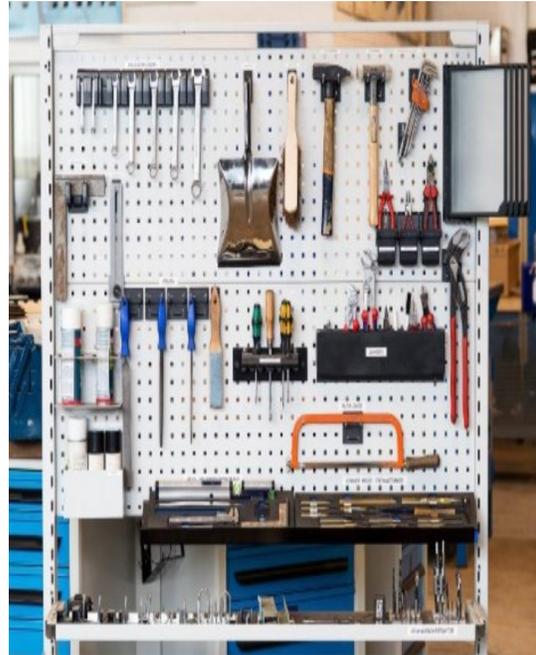
Fuente: Elaboración propia

Antes



Fuente: Elaboración propia

Después



Fuente: Las 5S japonesas de la excelencia empresarial. Recuperado de [http://www.trabajo.com.mx/las\\_5s\\_japonesas\\_de\\_la\\_excelencia\\_empresarial.htm](http://www.trabajo.com.mx/las_5s_japonesas_de_la_excelencia_empresarial.htm)

### ***Seiso – Limpieza.***

Se procedió a realizar la limpieza de los anaques empezando por el retiro de todas las cajas que se encontraban en el anaquel y sus alrededores. Luego se retiraron las tablas de madera que servían como base en los distintos niveles del anaquel para limpiarlas y poder también retirar el polvo de su estructura; por último, se limpió el área que ocupaba el anaquel. A continuación, se muestran las imágenes del antes y después de la limpieza del área.

Ilustración 11: Seiso - Limpieza

Antes



Después



Fuente: Elaboración propia

En coordinación con los operarios de servicio técnico se acordó en realizar un cronograma en el cual todos deberían estar involucrados para mantener el orden y limpieza del área de trabajo. A continuación, se presenta el cronograma elaborado:

Tabla 9: Cronograma de limpieza

Responsable	Actividad	Cronograma			
		Limpieza inicial (mañana)	Limpieza final (tarde)	Frecuencia	Zona
OPERARIO (todos)	Limpieza y barrido	08:00 - 8:15	6:00 - 6:15	Diario	Mesa y área de trabajo
OPERARIO (todos)	Aplicar tarjetas rojas a lo que no se usa y desechaarlo.	6:00 p.m. - 6:30 p.m.		Semanal	Mesa y área de trabajo

Fuente: Elaboración propia

### ***Seiketsu – Estandarizar.***

Para lograr que el orden y limpieza del área de servicio técnico se convierta en un hábito para los operarios se establecieron estándares con el propósito de seguir manteniendo en las mismas condiciones dicha área. Para ello se consideraron los siguientes lineamientos a ser cumplidos y respetados por los involucrados:

- Almacenar en las ubicaciones correspondientes cada material según su tipo.
- Eliminar los materiales obsoletos en los contenedores respectivos.
- Tener en la mesa de trabajo solo los materiales necesarios para la reparación del equipo.
- Limpiar la mesa de trabajo luego de cada reparación.
- Limpiar las herramientas y equipos de trabajo al finalizar el día.
- Limpiar el área de trabajo al culminar el día.
- Los objetos personales deben ser guardados en el estante correspondiente.
- Evitar ingerir alimentos en el área de trabajo.
- Mantener separadas las máquinas reparadas y las que no están según su tipo (aspiradoras o lustradoras)

Si todos los involucrados cumplen con dichos lineamientos generales se conseguirá reducir errores durante el proceso de reparación, se garantizará el bienestar de los operarios y del área de trabajo, y se tendrá un mejor conocimiento de las instalaciones y equipos utilizados. En conjunto, resultará una mayor productividad por parte del área.

### ***Shitsuke – Disciplina.***

En esta última S se implementó un check list con el propósito de verificar que se esté cumpliendo con los lineamientos establecidos. En el Anexo N° 11 se adjunta el check list

elaborado en donde se especifica con mayor detalle cada lineamiento a ser evaluado para garantizar el orden y limpieza del área de servicio técnico.

Se vio por conveniente publicar en el mural del área dichos lineamientos para que sean recordados por los operarios al igual que la elección del operario del mes; y también se colocaron las imágenes de cómo debe visualizarse al final del día el área de trabajo. A continuación, se adjuntan las imágenes de cómo debería quedar el área al final del día.

*Ilustración 12: Shitsuke – Disciplina*

Antes



Fuente: Elaboración propia

Después



Fuente: DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS.  
Recuperado de  
<https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/como-armar-mesa-trabajo-herramientas>

## **Estandarización de Procesos.**

### ***Takt Time.***

Para el cálculo de Takt Time fue necesario determinar el tiempo disponible por turno y la demanda en ese periodo.

Para definir el tiempo por turno se consideró el horario de trabajo que consiste entre las 7:00 am a 5:00 pm obteniendo un total de 10 horas. A ello se deben restar los siguientes factores:

Tabla 10: Criterios a ser restados por turno de trabajo

Criterios	Tiempo (horas)
Almuerzo	1
Charla diaria	0.5
Preparación de zona de trabajo	0.5
Otros (uso de SSHH, paradas inesperadas)	0.5
Total	2.5

Fuente: Elaboración propia

Con ello, se define que el tiempo disponible por turno es de 7.5 horas.

Por otro lado, para definir la demanda en ese periodo de tiempo se partió del número de máquinas objetivo a reparar por mes. Según la información brindada por la empresa, el promedio de aspiradoras reparadas por mes es de 31 unidades, teniendo como pico más alto alcanzado en el mes de Abril donde se logró reparar 44 aspiradoras. A partir del nivel más alto de reparaciones alcanzadas es que se calcula la demanda diaria, considerando además que en un mes hay 22 días laborables:

$$Demanda\ diaria = \frac{44\ equipos/mes}{22\ dias}$$

$$Demanda\ x\ mes = 2\ equipos/dia$$

Teniendo esos dos datos se procedió al cálculo del Takt Time para conocer el ritmo de producción necesario y alcanzar a reparar el número de máquinas objetivo:

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible\ x\ turno}{Demanda\ en\ ese\ periodo}$$

$$Takt\ time = \frac{7.5\ hrs/día}{2\ equipos/día}$$

$$Takt\ time = 3.75\ hrs/equipo$$

El ritmo de producción obtenido en minutos es de 225 min/equipo.

### *Tiempo de las estaciones de trabajo.*

Se determinó el tiempo de las cuatro estaciones de trabajo a partir del VSM y del DAP como se muestra a continuación:

*Tabla 11: Estaciones de trabajo*

Estaciones	Abreviación	Proceso	Actividades	Tiempo (minutos)
E1	A	Desarmado	A1 - A8	59.18
	B	Pintado	A9 - A29	157.09
E2	C	Reparación	A10 - A31	169.09
	D	Pulido	A11 - A31	165.09
E3	E	Ensamblado	A32 - A45	109.17
E4	F	Control de calidad	A46 - A47	15.00
Total				674.62

Fuente: Elaboración propia

Considerando los datos anteriores se procedió a calcular el número de estaciones ideal que se debería tener en la línea de reparación:

$$\text{Nro de estaciones de trabajo} = \frac{\Sigma \text{ de tiempos de las actividades}}{\text{Takt time}}$$

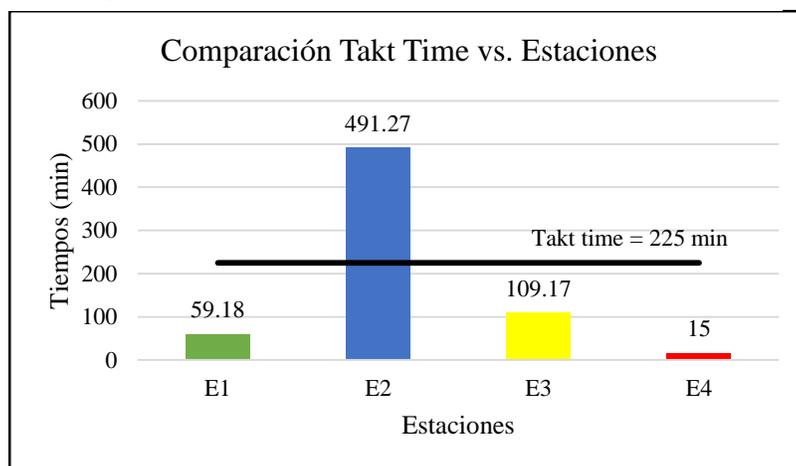
$$\text{Nro de estaciones de trabajo} = \frac{674.62 \text{ min}}{225 \text{ min}}$$

$$\text{Nro de estaciones de trabajo} = 3 \text{ estaciones}$$

### ***Comparación de Takt Time vs. Estaciones de Trabajo***

En el siguiente gráfico se demuestra que la estación B es la única que supera el Takt Time calculado. Por ello es necesario el balance de la línea de reparación para que todas las estaciones se encuentren niveladas por debajo del ritmo de producción.

*Ilustración 13: Comparación Takt Time vs. Estaciones*



Fuente: Elaboración propia

### ***Diagrama de Precedencia.***

El diagrama de precedencia nos permite presentar el orden de las actividades, además del tiempo que requiere cada una como se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla 12: Diagrama de precedencia*

Proceso	Descripción de actividad	Predecesora	Tiempo (min)
A1	Desenganchar cabezal de tanque		0.09
A2	Retirar cable vulcanizado		10
A3	Desarmar cabezal	A1	20
A4	Despegar jebes protectores usados	A3	10
A5	Desentornillar ruedas y garruchas		20
A6	Desentornillar base de tanque	A1	10
A7	Desentornillar tubo de entrada de aire de tanque	A6	3
A8	Despegar jebe redondo	A7	2
A9	Desentornillar ganchos	A8	3

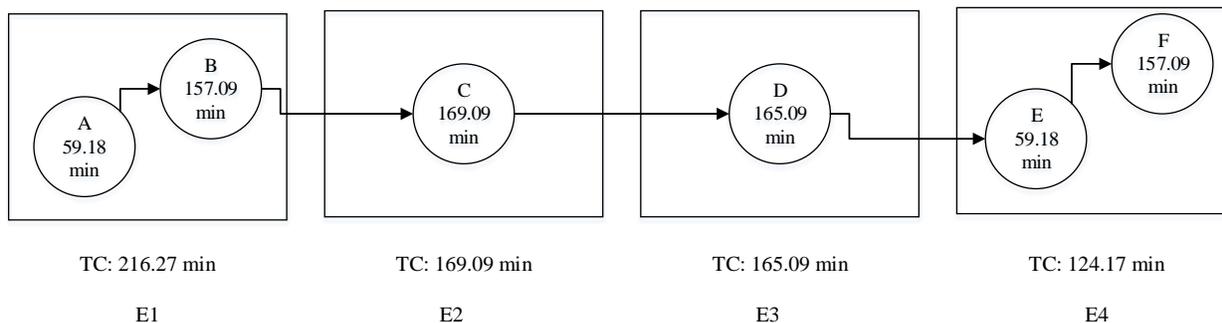
A10	Despegar jebe protector para gancho	A9	2
A11	Retirar piezas internas y motor		5
A12	Quitar pegamento de piezas	A11	10
A13	Retirar parrilla con filtro de tela de tanque	A11	0.09
A14	Enviar a pulido piezas y tanque a pintado	A7, A11	5
A15	Desarmar motor	A11	20
A16	Limpiar turbina	A14	15
A17	Limpiar delgas	A14	5
A18	Retirar carbones usados	A14	10
A19	Colocar carbones nuevos	A17	2
A20	Retirar rodamientos	A18	15
A21	Colocar rodamientos nuevos	A19	5
A22	Control de calidad rodamientos	A20	2
A23	Armar motor	A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21	20
A24	Recoger piezas pulidas y tanque pintado		5
A25	Pegar jebes esponjosos en interior de cabezal	A4	15
A26	Pegar jebes protectores a motor	A22	2
A27	Armar cabezal con motor y tapas	A23, A24	20
A28	Cambiar remaches de parrilla	A13	15
A29	Pintar parrilla	A26	5
A30	Limpiar eje de ruedas	A5	20
A31	Colocar ruedas y garruchas nuevas a base	A6	10
A32	Pegar jebe circular y jebes de gancho nuevos	A10	5
A33	Colocar ganchos y tubo entrada de aire nuevo	A30	5
A34	Colocar filtro de tela nuevo en parrilla	A31	1
A35	Enganchar cabezal en tanque	A25	0.17
A36	Limpiar cable vulcanizado	A2	10
A37	Conectar a tanque	A34	5
A38	Control de calidad de aspiradora	A25, A32, A33, A35	10
Total			322.35

Fuente: Elaboración propia

### ***Balance de Línea.***

Las estaciones fueron balanceadas para sus tiempos sean inferiores a los del Takt Time obteniendo un total de cuatro estaciones como se muestra en el siguiente gráfico:

*Ilustración 14: Balance de línea*



Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos se calculó la productividad utilizando la información brindada por la empresa en moneda nacional sobre el costo de mano de obra (S/. 10.00), el número de operarios (3) y el precio de venta promedio de cada aspiradora (S/. 250.00):

$$Productividad = \frac{\text{Equipos reparados}}{\text{Recursos utilizados}}$$

$$Productividad = \frac{1 \text{ unid} * S/. 250}{3 \text{ operarios} * \frac{322.35 \text{ min}}{60 \text{ min}} * 10 S/./h.}$$

$$Productividad = 1.55$$

Además, se calculó el número de equipos a ser reparados a partir del nuevo tiempo de ciclo (322.35 minutos):

$$322.35 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} * \frac{1 \text{ dia}}{7.5 \text{ h}} = 0.72 \text{ dias}$$

Entonces se afirma que si un equipo es reparado en 0.72 días, en 22 días (un mes) se lograrán reparar 31 equipos.

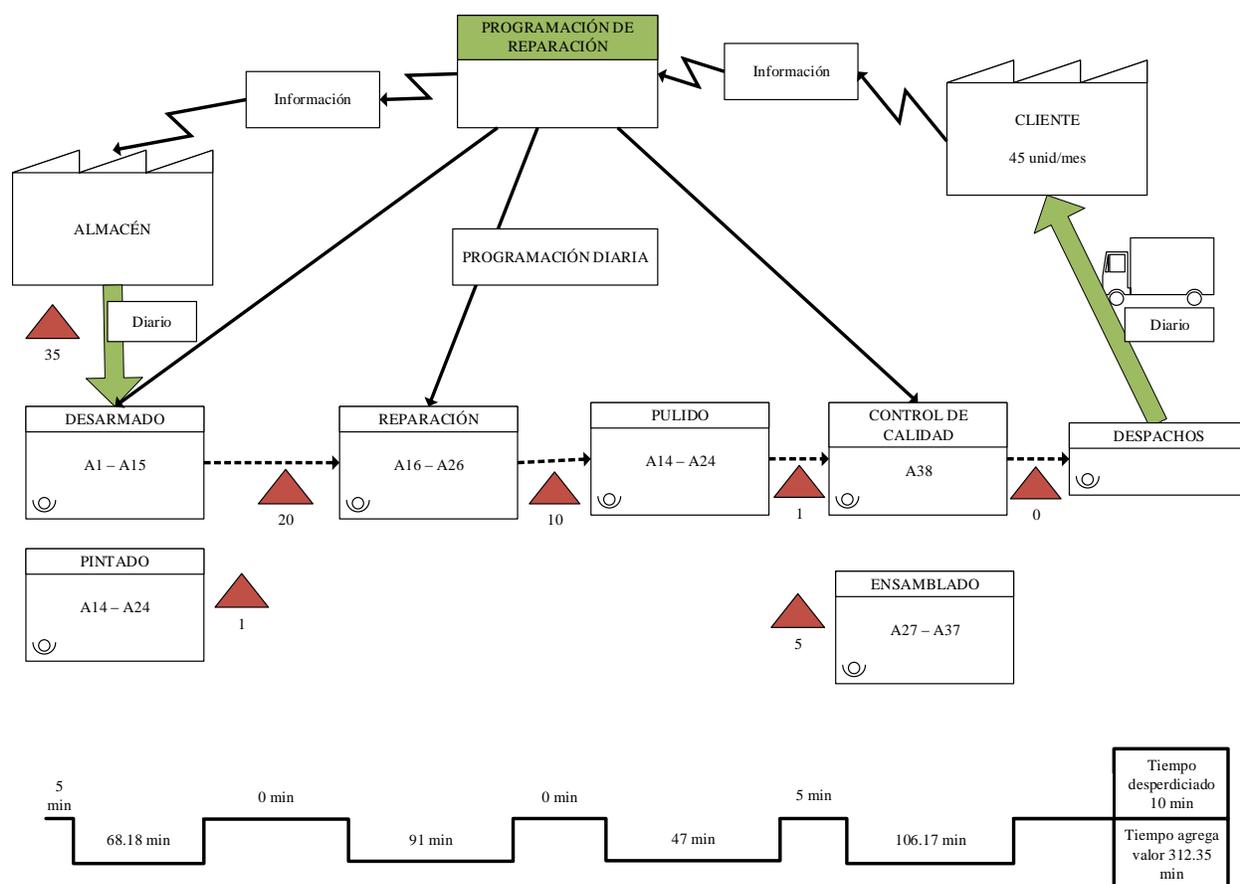
## Verificar

### Value Stream Mapping Propuesto.

En el Value Stream Mapping propuesto se agruparon las cuatro estaciones para mantener nivelada la línea de reparación. Además, se indica en la línea de tiempo los tiempos de desperdicio y actividades de valores obtenidas en minutos.

Por otro lado, podemos ver que ya no existen los dos problemas identificados en el VSM actual que fueron los trabajos no estandarizados y el orden y limpieza.

Ilustración 15: VSM propuesto



Fuente: Elaboración propia

### Diagrama de Análisis de Procesos Propuesto.

En el DAP propuesto el cual se adjunta en el Anexo N°10 se obtuvieron los siguientes datos resumen:

Tabla 13: Cuadro resumen DAP – ASP. MOD 7B12

Símbolo	Tipo	Cantidad	Tiempo (min)
○	Operación	34	290.35
□	Verificación	2	22
⇒	Transporte	2	10
D	Demora	0	0
▽	Almacén	0	0
Total		38	322.35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Resumen de tipo de actividades

Tipo de actividad	Cantidad
Agrega valor	23
No agrega valor	15
Desperdicio	0
Total	38

Fuente: Elaboración propia

### 5'S.

#### Check list

En la quinta S donde se trata la disciplina, se diseñó el check list adjunto en el Anexo N°11, esto permitió verificar el desempeño de cada una de las S y poder tomar decisiones a partir de los resultados obtenidos.

## Estandarización

### Indicadores

A partir de las herramientas aplicadas se lograron obtener mejoras tanto en la cantidad de actividades ejecutadas como en la duración de cada una de ellas.

Para las actividades que agregan valor se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\text{Actividades que agregan valor} = \frac{\text{Nro. de AAV propuesto} - \text{Nro de AAV actual}}{\text{Nro de AAV propuesto}}$$

$$\text{Actividades que agregan valor} = \frac{23 - 20}{23}$$

$$\text{Actividades que agregan valor} = 0.13 = 13 \%$$

Para las actividades que no agregan valor se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\text{Actividades que no agregan valor} = \frac{\text{Nro. de ANAV actual} - \text{Nro de ANAV propuesto}}{\text{Nro de ANAV actual}}$$

$$\text{Actividades que no agregan valor} = \frac{17 - 15}{17}$$

$$\text{Actividades que no agregan valor} = 0.118 = 11.8 \%$$

Para las actividades clasificadas como desperdicio en el DAP propuesto se lograron reducir completamente los desperdicios identificados en el DAP actual.

Por otro lado, con respecto al tiempo de ciclo actual y propuesto se logró la siguiente mejora:

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo de ciclo actual} - \text{Tiempo de ciclo propuesto}}{\text{Tiempo de ciclo actual}}$$

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{357.44 - 322.35}{357.44}$$

$$\text{Tiempo de ciclo} = 0.098 = 9.8 \%$$

Y considerando el tiempo la productividad inicial y final se obtuvo un incremento de 12%.

$$\text{Productividad incrementada} = \frac{\text{Productividad final} - \text{Productividad inicial}}{\text{Productividad inicial}}$$

$$\text{Productividad incrementada} = \frac{1.55 - 1.39}{1.39}$$

$$\text{Productividad incrementada} = 0.12 = 12\%$$

### ***Instructivo propuesto***

A partir del análisis de cada una de las actividades realizadas durante el proceso de reparación de las aspiradoras se identificó que cada operario realizaba el trabajo a su criterio y siguiendo su propia metodología; es por ello que se propone el siguiente instructivo para establecer una secuencia de cada una de las actividades a seguir, obtenidas a partir del operario con más experiencia y que practica los mejores procedimientos para la reparación:

*Tabla 15: Instructivo propuesto - Aspiradoras 7B12*

Instructivo propuesto - Aspiradoras 7B12	
Área:	Servicio técnico
Elaborado por:	Julinho Ccala
Fecha:	04/10/2019
Secuencia	Actividades
A1	Desenganchar cabezal de tanque
A2	Retirar cable vulcanizado
A3	Desarmar cabezal
A4	Despegar jebes protectores usados
A5	Desentornillar ruedas y garruchas
A6	Desentornillar base de tanque
A7	Desentornillar tubo de entrada de aire de tanque
A8	Despegar jebe redondo
A9	Desentornillar ganchos
A10	Despegar jebe protector para gancho
A11	Retirar piezas internas y motor
A12	Quitar pegamento de piezas
A13	Retirar parrilla con filtro de tela de tanque

A14	Desarmar motor
A15	Limpiar turbina
A16	Limpiar delgas
A17	Retirar carbones usados
A18	Colocar carbones nuevos
A19	Retirar rodamientos
A20	Colocar rodamientos nuevos
A21	Control de calidad rodamientos
A22	Armar motor
A23	Pegar jebes esponjosos en interior de cabezal
A24	Pegar jebes protectores a motor
A25	Armar cabezal con motor y tapas
A26	Cambiar remaches de parrilla
A27	Pintar parrilla
A28	Limpiar eje de ruedas
A29	Colocar ruedas y garruchas nuevas a base
A30	Pegar jebe circular y jebes de gancho nuevos
A31	Colocar ganchos y tubo entrada de aire nuevo
A32	Colocar filtro de tela nuevo en parrilla
A33	Enganchar cabezal en tanque
A34	Limpiar cable vulcanizado
A35	Conectar a tanque
A36	Control de calidad de aspiradora

Fuente: Elaboración propia

## **Actuar**

### **5´S**

Las 5´S es una filosofía más que una técnica y mantenerlo requiere de mucho compromiso y motivación por parte del nivel más alto como el más bajo de la organización; sin embargo, el cambio siempre suele ser muy duro más aún cuando se lleva un trabajo rutinario en el cual se desconoce algún tipo de técnica de ingeniería. Por ello, es muy importante la motivación de cada participante de la empresa, para que la filosofía de las 5´S perdure por siempre que es lo ideal en una empresa que busca ser más competitiva y eficiente.

Para lograr una adecuada motivación al trabajador se recomienda dar charlas de 5 minutos antes del inicio de trabajo, mencionando los beneficios que trae esta herramienta para su desarrollo profesional. También, al finalizar cada jornada laboral se recomienda preguntar a los operarios que incomodidad tienen en lo que respecta a su trabajo y lograr resolver en conjunto el problema. Además, se recomienda dar un incentivo semanal o mensual si los operarios cumplen con los objetivos establecidos y con la práctica de las 5'S, por ejemplo, que sean recompensados con un refrigerio gratis (almuerzo).

### **Estandarización**

Para hacer frente a las deficiencias e inconvenientes que se presenten en el proceso de estandarizar los procesos tales como:

- Operarios no siguen el instructivo propuesto
- Los tiempos de reparación se ven incrementados
- No se consigue reparar el número de equipos demandado

Se propone utilizar una pizarra interactiva en la que les indique el número de ordenes diarias que deben ser atendidas para que los operarios den prioridad a las maquinas que deben ser reparadas, y también esto permitirá tomar decisiones rápidas sobre el plan de trabajo diario y lograr la entrega de los equipos en el tiempo acordado.

Y con respecto al cumplimiento del instructivo propuesto, es conveniente que se encuentre publicado en un lugar visible por todos los operarios e indicando todos los beneficios que conlleva su aplicación mediante datos cuantitativos de preferencia.

### Resultados encontrados

Presentamos la tabla resumen de todos los resultados calculados a lo largo de la investigación:

*Tabla 16: Resultados de la investigación*

Criterio	Antes	Después	Mejora
Nro. de actividades que agregaron valor	20	23	13%
Nro. de actividades que no agregaron valor	17	15	11.8%
Nro. de actividades desperdicio	10	0	100%
Tiempo de ciclo	357.44	322.35	9.8%
Nro. de máquinas reparadas	28	31	10.7%
Nro. de estaciones de trabajo	4	4	0%
Productividad	1.39	1.55	12%

Fuente: Elaboración propia

En lo concerniente al resultado de Nro. de actividades que no agregaron valor y el Nro. de actividades desperdicio, hay que recordar que la primera es cuando estas actividades no benefician directamente al cliente, sin embargo, son necesarias durante el proceso; mientras que las actividades desperdicio, son aquellas que no aportan valor para el cliente y la empresa. Las diez actividades desperdicio que fueron eliminadas fueron: traslados (llevar y traer materiales), búsqueda de herramientas y tiempos muertos por falta de materiales, como se muestra en el DAP.

## **Análisis y discusión**

### **Análisis**

Con la mejora de la productividad en un 12% se logró igualar el número promedio de aspiradoras en lo que va del año, siendo 31 máquinas al mes. Sin embargo, dicha mejora no llegó a ser la esperada debido a que el objetivo del trabajo era alcanzar un 20% de mejora de productividad. A partir de ello, podemos deducir que aún es posible mejorar la productividad en el área de servicio técnico evaluando factores que no fueron considerados en este trabajo.

Puesto que no se logró alcanzar el objetivo planteado, hubo ciertos factores que impidieron un buen desarrollo de la investigación, los cuales consistieron en la toma de tiempos que no fue continua, el rol importante que tienen las áreas conectadas a servicio técnico como el almacén que con frecuencia estaba desabastecido de los productos críticos para la reparación fluida. También, se presentaban constantes paradas durante las reparaciones debido a que los operarios eran asignados a realizar diagnósticos fuera de planta, y que conllevaba a un retraso y acumulación de trabajo.

## Discusión

A diferencia de la investigación de Yantas (2018) titulada “Optimización de tiempos de reparación aplicando la metodología Lean Service en un taller de reparaciones de equipo pesado” la cual trató sobre la mejora de la productividad en función al tiempo de reparación de los componentes del tren de fuerza. Si bien ellos también alcanzaron un porcentaje de mejora de la productividad similar al presente trabajo, es decir un 12%; ellos lograron una mayor repercusión en la reducción de sus costos después de haber implementado Lean Service, reduciendo sus pérdidas que sumaban S/128,510.00 anuales.

Las similitudes identificadas de dicha tesis con respecto a esta investigación fue que se siguieron las mismas metodologías para el desarrollo del diagnóstico y el estudio de tiempo.

Salazar (2017), en su investigación titulada “Mejora en la productividad durante la fabricación de cabina cerrada implementando Lean Manufacturing en una empresa privada metalmecánica”, utilizaron la herramienta FODA como diagnóstico la cual no fue aplicada en este trabajo. Además, el DAP aplicado estuvo conformado por las distancias de recorrido que fueron utilizadas para la distribución de planta; las cuales no fueron consideradas en nuestro trabajo.

En similitud con esta investigación, se realizó en el diagnóstico el diagrama de Ishikawa, Pareto y DAP. Además, se implementaron herramientas de Lean Manufacturing 5'S que les permitió mejorar la productividad con un impacto de 5% el cual no es muy significativo.

Bances (2017), en su trabajo titulado “Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánico Wuensay Aceros S.A.C., Puente Piedra, 2017” aplicaron una matriz de despilfarros, diseñaron un layout y una matriz de análisis de elaboración de productos los cuales no fueron considerados en el presente trabajo.

Mientras que las similitudes fueron la aplicación del VSM y Kaizen utilizado en el diagnóstico y metodología respectivamente. También, se aplicó en ambos trabajos de investigación una secuencia estándar de operaciones.

Murugesan, Rajenthirakumar y Chandrasekar (2016), en su investigación titulada “Manufacturing process improvement using Lean Tools” aplicando las herramientas Lean lograron una reducción de inventarios y tiempo de reposición la cual no se estudió en este trabajo. Mientras que las similitudes fueron la aplicación del VSM en el diagnóstico que les permitió la optimización del uso del espacio.

Miño, Moyano y Santillán (2019), en su trabajo titulado “Tiempos estándar para balanceo de línea en el área de soldadura del automóvil modelo cuatro” sirvió de guía para llevar a cabo la sección metodológica de esta investigación con la aplicación de Takt Time, identificación del número de estaciones de trabajo, diagrama de precedencia y balance de línea lo cual permitió la estandarización de los procesos.

Finalmente, Ponnambalam y Nachiappan (2018), en su trabajo titulado “Implementation of Lean Manufacturing and Lean Audit system in an auto parts manufacturing industry – an industrial case study” se asimila con el presente trabajo en la aplicación de VSM y uso de la metodología Kaizen con los cuales se redujeron el tiempo de ciclo y el tiempo de las actividades que no agregaron valor consiguiendo una optimización considerable.

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

En conclusión, la implementación de las herramientas 5´S y Estandarización de la metodología Lean Manufacturing incrementaron la productividad en un 12% en el área de servicio técnico para la línea de la aspiradora modelo 7B12, lo que significa pasar de reparar 28 a 31 máquinas por mes, sin embargo, no se logró alcanzar el 20% de mejora el cual era el objetivo de investigación por los motivos mencionados en el análisis de resultados.

Con respecto al diagnóstico empleado en el presente trabajo de investigación se concluye que las herramientas aplicadas (Lluvia de ideas, Ishikawa, Diagrama de Pareto y VSM) para conocer las causas críticas que conllevaron a la baja productividad de la empresa.

La aplicación de la metodología Lean Manufacturing permitió identificar los desperdicios dentro del proceso para que sean reducidos o eliminados; e incrementar el valor agregado de las actividades para que tanto el cliente como la empresa se vean beneficiados.

Con las herramientas implementadas se logró incrementar las actividades que agregaron valor de 20 a 23 mediante la herramienta de Estandarización; además se diseñó un instructivo para tener una secuencia de actividades estructurada que permita seguir un mismo orden de los procesos por parte de los operarios. Por otro lado, la aplicación de las 5´S redujo los tiempos de búsqueda de las herramientas y materiales necesarios lo cual se vio reflejado en las actividades catalogadas como desperdicios pasando de 10 a 0.

La combinación de estas herramientas permitió alcanzar la optimización del tiempo de ciclo que se vio reducido en 35.09 minutos alcanzando a reparar 3 máquinas más por mes.

## **Recomendaciones**

Para la identificación de los problemas que se deseen mejorar, es conveniente la utilización de una cámara para que permita evaluar cada detalle de los procesos del área en estudio.

Se logró una mejora en la optimización de tiempo y espacio que les tomaba a los operarios en buscar sus materiales y herramientas, sin embargo, la mejora pudo haber sido más satisfactoria si se hubiera contado con todos los recursos necesarios. Por lo tanto, se recomienda adquirir racks, organizadores y herramientas de señalización, entre otros, para lograr obtener un mayor impacto con la aplicación de la herramienta de Lean Manufacturing – 5'S.

La toma de tiempos de reparación no fue continua debido a que algunas operaciones dependían de otras áreas (almacén, pintado y pulido) que estaban fuera del área de servicio técnico, esto dificultó la toma de tiempos ya que no se tenía acceso a dichas áreas. Es por ello que se vio por conveniente preguntar a los operarios el tiempo de los procesos que no se lograron medir. Por tal motivo, el tiempo de ciclo no fue muy certero debido a imprevistos que se menciona líneas arriba. Se recomienda que la toma de tiempos sea continua y que estas sean calculadas por el propio investigador y no consultada a operarios debido a que estos tiempos pueden ser manipulados.

### Referencias bibliográficas

- Agrahari, R., Dangle, P., & Chandratre, K. (2015). Implementation Of 5S Methodology In The Small Scale Industry: A Case Study. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 4(3), 180-188.
- Alliprandini , D., & Mesquita , M. (2013). Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção. *Revista Gestão da Produção*, 10(1), 17-32.
- Bances, R. (2017). *Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánica Wuensay Aceros S.A.C., Puente Piedra, 2017*. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Brunet, P., & New, S. (2003). Kaizen in Japan: an empirical study. *International Journal of Operations and Production Management*, 23(12), 1426-1446.
- Chiarini, A. (2006). *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Italia: Springer-Verlag.
- Cruelles, J. (2013). *Productividad e incentivos: como hacer que los tiempos de fabricación de cumplan*. México: Alfaomega Grupo editor.
- Cuatrecasas, L. (2010). *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*. España: PROFIT editorial.
- Dos Santos, R., De Sousa, K., Souto, T., & Ferreira, F. (2015). Proposta de Aplicação da Metodologia 5S: Um estudo de caso em uma empresa de Manutenção de Motocicletas no Cariri Paraibano. Fortaleza.
- Emiliani, M. (2003). Linking leaders' beliefs to their behaviors and competencies. *Management Decision*, 41(9), 893-910.
- Gorriti, N. (Ed.). (06 de Junio de 2019). *Interempresas.net*. Recuperado el 26 de Octubre de 2019, de <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/246578-Taiwan-tiende-la-mano-a-la-fabricacion-inteligente-en-todo-el-mundo.html>
- Gutierrez, H. (2014). *Calidad y productividad*. México: Mc.Graw-Hill / Interamericana Editores.
- Harrinton, J. (1994). *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. (M.-H. /. Interamericana, Ed.) Colombia.
- Hernández , J., & Vizán , A. (2013). *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implantación*. España: Fundiciones EIO.
- Jiménez, Á., Delgado, E., & Gaona, G. (2001). Modelo de productividad de David Sumanth aplicado a una empresa del sector de maquinaria no eléctrica. *Ingeniería*, 6(2), 81-87.
- Julca, Y. (2017). *Aplicación del Lean Service para mejorar la productividad del servicio de mantenimiento de la empresa Servitel Díaz S.A.C., Lima 2017*. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima.

- Lafourcade, P. (1973). *La clasificación del profesor de enseñanza media*. Investigación, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe.
- Madariaga, F. (2013). *Lean Manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos*. Madrid, España: Bubok.
- Manzano, M., & Gisbert, V. (2016). Lean Manufacturing: Implantación 5S. *3C Tecnología*, 5(4), 16-26.
- Miño, G., Moyano, J., & Santillán, C. (2019). Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro. *Revista Ingeniería industrial*, 40(2), 110-123.
- Mira, C. (2016). *La estandarización de procesos como herramienta de mejora a la calidad de procesos administrativos*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma.
- Miranda, J., & Toirac, L. (2010). Indicadores de productividad para la industria Dominicana. *Ciencia y Sociedad*, 35(2), 235-290.
- Morales, C., & Masis, A. (2014). La medición de la productividad del valor agregado: una aplicación empírica en una cooperativa agroalimentaria de Costa Rica. *Tec Empresarial*, 8(2), 41-49.
- Murugesan, M., Rajenthirakumar, D., & Chandrasekar, M. (2016). Manufacturing process improvement using lean tools. *International Journal of Engineering*, 14(2), 151-155.
- Nallusamy, S. (2015). Lean Manufacturing Implementation in a gear shaft. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 21, 231-237.
- Noticias, A. P. (06 de Enero de 2019). *América Económica*. (A. P. Noticias, Editor) Recuperado el 26 de Octubre de 2019, de <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/industria-metalmeccanica-peruana-crecio-102-entre-enero-y-octubre-2018>
- Ponnambalam, S., & Nachiappan, S. (2018). Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing industry - an industrial case study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 31(6), 579-594.
- Rajadell, M., & Sánchez, J. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Rojas, M., Jaimes, L., & Valencia, M. (2018). Efectividad, Eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. *Espacios*, 39(6), 11-26.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see* (Vol. 1.2). (L. E. Institute, Ed.) Brookline.
- Salazar, M. (2017). *Mejora en la productividad durante la fabricación de cabina cerrada implementando Lean Manufacturing en una empresa privada metalmeccánica*. Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima.
- Sosa, D. (2004). *Conceptos y herramientas para la mejora continua*. México : Limusa.

- Vásquez, C., & Labarca, N. (2012). Calidad y estandarización como estrategias competitivas en el sector agroalimentario. *Revista Venezolana de Gerencia*, 17(60), 703-704.
- Villaseñor Contreras, A., & Galindo Cota, E. (2007). *Conceptos y reglas de Lean Manufacturing*. México: Limusa .
- Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). *Manual del Lean manufacturing. Guía básica*. México: Editorial Limusa.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth for your corporation*. New York: Simon y Schuster.
- Yantas, C. (2018). *Optimización de tiempos de reparación aplicando la metodología Lean Service en un taller de reparaciones de equipo pesado*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.

## Anexos

### Anexo N°1: Glosario

- Uniformar: Hacer que cosas diferentes o separadas formen una organización, produzcan un determinado efecto, tengan una misma finalidad.
- Takt time: Palabra que deriva de la alemana Taktzeit que significa “ritmo”, “compás”; por tanto, Takt Time se podría definir como la cadencia por la cual un producto debería ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente.
- Ratio: Se utiliza como sinónimo de razón, en el sentido del cociente de los números o de cantidades comparables. Los ratios financieros o contables son los coeficientes que aportan unidades financieras de medida y comparación.
- Adquisición: Su etimología proviene del verbo «adquirir» y del sufijo «ción» que indica efecto o acción de. Es el acto de obtener algún producto o servicio mediante una transacción. El verbo adquirir es equivalente a otros, como lograr, obtener o conseguir.
- Tiempo muerto: es el tiempo durante el cual el operario no realiza ninguna tarea porque no tiene los elementos para realizar su función.
- Indicador: punto de referencia que brinda información cualitativa y cuantitativa en función a uno o varios datos.
- Diagrama de Análisis de Procesos: es la representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones que ocurren durante un procedimiento.
- Dimensión: forma parte de una variable compleja, que es resultado de su análisis o descomposición para un estudio detallado.

## Anexo N°2: Ficha de tarea de investigación

### FICHA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD:** Ingeniería

**CARRERA:** Ingeniería Industrial

**1. Título del Trabajo de Investigación propuesto**

“Propuesta de aplicación Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa metalmeccánica durante el 2019”

**2. Indica la o las competencias del modelo del egresado que serán desarrolladas fundamentalmente con este Trabajo de Investigación:**

Planifica, organiza y dirige eficientemente las operaciones de la organización para desarrollar ventajas competitivas sostenibles que aseguren el logro de los objetivos.

Analiza y mejora sistemas y procesos productivos que contribuyan con las estrategias de la organización.

**3. Número de alumnos a participar en este trabajo. (máximo 2) Número de alumnos: 2**

**4. Indica si el trabajo tiene perspectivas de continuidad, después de obtenerse el Grado Académico de Bachiller, para seguirlo desarrollando para la titulación por la modalidad de Tesis o no.**

No

**5. Enuncia 4 o 5 palabras claves que le permitan realizar la búsqueda de información para el Trabajo en Revistas Indizadas en WOS, SCOPUS, EBSCO, SciELO, etc., desde el comienzo del curso y obtener así información de otras fuentes especializadas.**

<b>Palabras Clave</b>	<b>REPOSITORIO 1</b>	<b>REPOSITORIO 2</b>	<b>REPOSITORIO 3</b>
Manufactura esbelta	RENATI	SCOPUS	EBSCO
Productividad	RENATI	SCOPUS	EBSCO
Valor agregado	RENATI	SCOPUS	EBSCO
Despilfarro	RENATI	SCOPUS	EBSCO
Industria metalmecánica	RENATI	SciELO	EBSCO

**6. Como futuro asesor de investigación para titulación colocar:**

**(Indique sus datos personales)**

- a. **Nombre:** Fredy Abelardo Gonzáles Calle
- b. **Código docente:** C02113
- c. **Correo institucional:** c02113@utp.edu.pe
- d. **Teléfono:**

**7. Especifica si el Trabajo de Investigación:**

(Marca con un círculo la que corresponde, puede ser más de una)

- a. **Contribuye a un trabajo de investigación de una Maestría o un doctorado de algún profesor de la UTP.**
- b. Está dirigido a resolver algún problema o necesidad propia de la organización.**
- c. **Forma parte de un contrato de servicio a terceros.**
- d. **Corresponde a otro tipo de necesidad o causa (explicar el detalle):**  
Necesidad de mejora en la productividad de un taller metalmecánico.

**8. Explica de forma clara y comprensible los objetivos o propósitos del trabajo de investigación**

- Evaluar y analizar los procesos de reparación de un taller metalmecánico.
- Planificar y organizar el proceso de reparación enfocado en mejorar la productividad de un taller metalmecánico.

**9. Brinde una primera estructuración de las acciones específicas que debe realizar el alumno para que le permita iniciar organizadamente su trabajo**

Se proponen los siguientes pasos para el presente estudio, atendiendo las necesidades de avances y necesidades específicas de la investigación:

- Mapear el proceso de reparación del taller metalmecánico.
- Evaluar el funcionamiento del proceso.
- Elaborar el plan de mejora de productividad en las reparaciones del taller metalmecánico en base a una metodología adecuada para alcanzar el objetivo de la organización.

**10. Incorpora todas las observaciones y recomendaciones que consideres de utilidad para el alumno y a los profesores del curso con el fin de que desarrollen con éxito todas las actividades**

- Tener conocimiento del proceso de reparación realizado por el taller metalmecánico.
- Acercarse al taller metalmecánico, para tener una visión más exacta de la situación en la que se encuentra el desarrollo de esta.
- Obtener datos confiables de reparación del taller metalmecánico.

**11. Fecha y docente que propone la tarea de investigación**

Fecha de elaboración de ficha (día/mes/año): 18/03/2019

Docente que propone la tarea de investigación: c13078 Mará Giannone

**12. Esta Ficha de Tarea de Investigación ha sido aprobada como Tarea de Investigación para el Grado de Bachiller en esta carrera por:**

*(Sólo para ser llenada por la Facultad)*

Nombre: Jenny Jaico Carranza

Código: c14239

Cargo: Coordinadora académica

Fecha de aprobación de ficha (día/mes/año): 22/03/2019

**13. Línea de investigación:**

Organización y mejora de procesos industriales: Resolver problemas reales que se presentan en los procesos de las empresas con objeto de tener mejoras sustanciales.

### Anexo N°3: Reporte de Turnitin

## Propuesta de aplicación Lean Manufacturing para mejorar la productividad en una empresa metalmecánica durante el 2019

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnológica del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Católica San Pablo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.usil.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

9	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
11	Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
13	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
14	<a href="http://www.americaeconomia.com">www.americaeconomia.com</a> Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
16	<a href="http://rii.cujae.edu.cu">rii.cujae.edu.cu</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://www.tandfonline.com">www.tandfonline.com</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://revistas.udistrital.edu.co">revistas.udistrital.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional de Colombia	

	Trabajo del estudiante	<1%
20	<b>Submitted to Trinity College Dublin</b> Trabajo del estudiante	<1%
21	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<1%
22	<b>www.unihorizonte.edu.co</b> Fuente de Internet	<1%
23	<b>bibdigital.epn.edu.ec</b> Fuente de Internet	<1%
24	<b>www.openscienceonline.com</b> Fuente de Internet	<1%
25	<b>Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS</b> Trabajo del estudiante	<1%
26	<b>Submitted to 84752</b> Trabajo del estudiante	<1%
27	<b>Submitted to Uniagustiniana</b> Trabajo del estudiante	<1%
28	<b>www.buenastareas.com</b> Fuente de Internet	<1%
29	<b>www.ijmp.jor.br</b> Fuente de Internet	<1%
30	<b>agenda.unibocconi.it</b> Fuente de Internet	<1%

---

31	<a href="http://www.bdigital.unal.edu.co">www.bdigital.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
32	<a href="http://guate360.com">guate360.com</a> Fuente de Internet	<1%
33	Submitted to Universidad de Ciencias y Humanidades Trabajo del estudiante	<1%
34	<a href="http://appswl.elsevier.es">appswl.elsevier.es</a> Fuente de Internet	<1%
35	Submitted to Embry Riddle Aeronautical University Trabajo del estudiante	<1%
36	<a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a> Fuente de Internet	<1%
37	<a href="http://di.uca.edu.sv">di.uca.edu.sv</a> Fuente de Internet	<1%
38	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1%
39	Submitted to Donau Universität Krems Trabajo del estudiante	<1%
40	<a href="http://data.miraquetemiro.org">data.miraquetemiro.org</a> Fuente de Internet	<1%
41	<a href="http://www.gestiopolis.com">www.gestiopolis.com</a> Fuente de Internet	<1%

---

42	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
43	Submitted to Esumer Institucion Universitaria Trabajo del estudiante	<1 %
44	<a href="http://www.seso.org.ec">www.seso.org.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
45	Submitted to Swinburne University of Technology Trabajo del estudiante	<1 %
46	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	<1 %
47	<a href="http://revistas.uamerica.edu.co">revistas.uamerica.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
48	<a href="http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co">bibliotecadigital.usbcali.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
49	Submitted to Universidad San Francisco de Quito Trabajo del estudiante	<1 %
50	Submitted to Rose State College Trabajo del estudiante	<1 %
51	Submitted to Fundacion Universidad de America Trabajo del estudiante	<1 %
52	Submitted to National University College - Online	<1 %

## Trabajo del estudiante

53	<a href="http://peruconsulting.com">peruconsulting.com</a> Fuente de Internet	<1%
54	<a href="http://redessocialesumsa401.blogspot.com">redessocialesumsa401.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1%
55	Submitted to Coventry University Trabajo del estudiante	<1%
56	S. Nallusamy, M.A. Adil Ahamed. "Implementation of Lean Tools in an Automotive Industry for Productivity Enhancement - A Case Study", International Journal of Engineering Research in Africa, 2017 Publicación	<1%
57	<a href="http://ri.ues.edu.sv">ri.ues.edu.sv</a> Fuente de Internet	<1%
58	<a href="http://ieomsociety.org">ieomsociety.org</a> Fuente de Internet	<1%
59	<a href="http://www.cnzfe.gov.do">www.cnzfe.gov.do</a> Fuente de Internet	<1%
60	<a href="http://www.visit-palma.com">www.visit-palma.com</a> Fuente de Internet	<1%
61	<a href="http://www.globalizate.org">www.globalizate.org</a> Fuente de Internet	<1%
62	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

---

63	<a href="http://consorcioacademico.com">consorcioacademico.com</a> Fuente de Internet	<1 %
64	<a href="http://infopaginas.do">infopaginas.do</a> Fuente de Internet	<1 %
65	<a href="http://www.alpi.org.ar">www.alpi.org.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
66	<a href="http://www.utec.edu.sv">www.utec.edu.sv</a> Fuente de Internet	<1 %
67	<a href="http://www.compaq.es">www.compaq.es</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://amslaurea.unibo.it">amslaurea.unibo.it</a> Fuente de Internet	<1 %
69	Submitted to Universidad Senor de Sipan Trabajo del estudiante	<1 %
70	Submitted to Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco Trabajo del estudiante	<1 %
71	<a href="http://www.regionjunin.gob.pe">www.regionjunin.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
72	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid Trabajo del estudiante	<1 %
73	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %

---

74	<a href="http://www.ifs.csic.es">www.ifs.csic.es</a> Fuente de Internet	<1%
75	<a href="http://www.magenta.cl">www.magenta.cl</a> Fuente de Internet	<1%
76	Submitted to Systems Link Trabajo del estudiante	<1%
77	<a href="http://www.juntadeandalucia.es">www.juntadeandalucia.es</a> Fuente de Internet	<1%
78	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
79	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
80	Submitted to Universidad Catolica de Trujillo Trabajo del estudiante	<1%
81	<a href="http://www.beeacademictutoring.com">www.beeacademictutoring.com</a> Fuente de Internet	<1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

**Anexo N°4: Comparación de Lean Manufacturing con otras metodologías**

LEAN MANUFACTURING	SIX-SIGMA	7 PASOS	TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC)
<p>Filosofía de trabajo, basada en las personas, que busca mejora de sistemas enfocado en la mitigación de despilfarro.</p> <p>El propósito es generar una nueva CULTURA de la mejora en base a la colaboración de todos los involucrados; y busca continuamente métodos para realizar las operaciones de manera más eficiente.</p>	<p>Saber los procesos a tal magnitud de que se pueda modificar para lograr minimizar los desperdicios y sus consecuencias.</p> <p>Los costos de realización del producto se reducirán y esto asegurará que el precio de los productos o servicios sean competitivos en el mercado.</p> <p>Trabaja enfocado al problema y analiza todo lo concerniente a este y de esta manera permite dar orientación de los objetivos.</p>	<p>Trabajo en equipo para informar acerca de los problemas de productividad y calidad con el propósito de encontrar soluciones adecuadas.</p> <p>A estas soluciones se da seguimiento para ajustarlas y mejorarlas.</p> <p>Focalizado en el estudio, comprensión y soluciones de problemas.</p>	<p>Filosofía administrativa integral que se enfoca en conseguir más que la meta de un sistema.</p> <p>El TOC enfoca las soluciones a los problemas críticos de la organización para que logren la meta basados en un proceso de mejora continua.</p> <p>La principal virtud del TOC es la identificación de los procesos clave del sistema y la restricción del sistema.</p>

Fuente: Elaboración propia

**Anexo N°5: Valoración de criterios**

Valor	Definición	Descripción
1	igualmente preferible	dos metodologías contribuyen por igual al objetivo
2	valor intermedio	
3	moderadamente preferible	experiencia y juicio ligeramente en favor de una metodología
4	valor intermedio	
5	fuertemente preferible	experiencia y juicio fuertemente en favor de una metodología
6	valor intermedio	
7	muy fuertemente preferible	una metodología se favorece fuertemente en favor de una metodología y es de alto grado posible de información
8	valor intermedio	
9	extremadamente preferible	la evidencia en favor de una metodología sobre la otra es de más alto grado posible de afirmación

Fuente: Elaboración propia

### Anexo N°6: Construcción de Matriz AHP

Criterios	Satisfacción del cliente	Tiempo de implementación	Costo de implementación	Capacitación	Recursos humanos	Materiales	Tecnología	Indicadores	Matriz normalizada								Vector promedio
Satisfacción del cliente	1.00	6.00	2.00	3.00	8.00	7.00	4.00	9.00	0.38	0.62	0.23	0.14	0.41	0.18	0.20	0.33	31%
Tiempo de implementación	0.17	1.00	5.00	3.00	2.00	1.00	4.00	3.00	0.06	0.10	0.56	0.14	0.10	0.03	0.20	0.11	16%
Costo de implementación	0.50	0.20	1.00	5.00	5.00	7.00	5.00	7.00	0.19	0.02	0.11	0.23	0.25	0.18	0.24	0.25	19%
Capacitación	0.33	0.33	0.20	1.00	3.00	4.00	0.33	0.17	0.13	0.03	0.02	0.05	0.15	0.10	0.02	0.01	6%
Recursos humanos	0.13	0.50	0.20	0.33	1.00	5.00	3.00	7.00	0.05	0.05	0.02	0.02	0.05	0.13	0.15	0.25	9%
Materiales	0.14	1.00	0.14	0.25	0.20	1.00	0.17	0.11	0.05	0.10	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01	0.00	3%
Tecnología	0.25	0.25	0.20	3.00	0.33	6.00	1.00	0.33	0.10	0.03	0.02	0.14	0.02	0.15	0.05	0.01	6%
Indicadores	0.11	0.33	0.14	6.00	0.14	9.00	3.00	1.00	0.04	0.03	0.02	0.28	0.01	0.23	0.15	0.04	10%
	2.63	9.62	8.89	21.58	19.68	40.00	20.50	27.61									
	Criterio N°1	Lean	Six	7	Teoría de				MATRIZ NORMALIZADA								Vector
	Satisfacción al cliente	Manufacturing	Sigma	pasos	restricciones												promedio
					(TOC)												
	Lean Manufacturing	1.00	4.00	4.00	5.00	0.59	0.72	0.39	0.36								52%
	Six Sigma	0.25	1.00	5.00	3.00	0.15	0.18	0.49	0.21								26%

7 pasos	0.25	0.20	1.00	5.00	0.15	0.04	0.10	0.36	16%
Teoría de restricciones (TOC)	0.20	0.33	0.20	1.00	0.12	0.06	0.02	0.07	7%
	1.70	5.53	10.20	14.00					

Criterio N°2	Lean	Six	7	Teoría de	MATRIZ NORMALIZADA				Vector
Tiempo de implementación	Manufacturing	Sigma	pasos	restricciones (TOC)					promedio
Lean Manufacturing	1.00	2.00	2.00	3.00	0.59	0.36	0.20	0.21	34%
Six Sigma	0.50	1.00	6.00	4.00	0.29	0.18	0.59	0.29	34%
7 pasos	0.50	0.17	1.00	6.00	0.29	0.03	0.10	0.43	21%
Teoría de restricciones (TOC)	0.33	0.25	0.17	1.00	0.20	0.05	0.02	0.07	8%
	2.33	3.42	9.17	14.00					

Criterio N°3	Lean	Six	7	Teoría de	Matriz normalizada				Vector
Costo de implementación	Manufacturing	Sigma	pasos	restricciones (TOC)					promedio
Lean Manufacturing	1.00	2.00	2.00	4.00	0.59	0.36	0.20	0.29	36%
Six Sigma	0.50	1.00	5.00	5.00	0.29	0.18	0.49	0.36	33%
7 pasos	0.50	0.20	1.00	5.00	0.29	0.04	0.10	0.36	20%

Teoría de restricciones (TOC)	0.25	0.20	0.20	1.00	0.15	0.04	0.02	0.07	7%
Total	2.25	3.40	8.20	15.00					

Criterio N°4 Indicadores	Lean Manufacturing	Six Sigma	7 pasos	Teoría de restricciones (TOC)	MATRIZ NORMALIZADA				Vector promedio
Lean Manufacturing	1.00	1.00	6.00	5.00	0.59	0.18	0.59	0.36	43%
Six Sigma	1.00	1.00	5.00	4.00	0.59	0.18	0.49	0.29	39%
7 pasos	0.17	0.20	1.00	0.20	0.10	0.04	0.10	0.01	6%
Teoría de restricciones (TOC)	0.20	0.25	5.00	1.00	0.12	0.05	0.49	0.07	18%
Total	2.37	2.45	17.00	10.20					

Fuente: Elaboración propia

### Anexo N°7: DAP actual de reparación de Asp. Mod. 7B12

Diagrama de Análisis de Procesos			
Proceso:	Reparación de Aspiradora Mod. 7B12	Fecha:	28/08/2019
Método:	Actual	Realizado por:	Julinho Ccala / Maricielo Velazco
Operario:	Luis Carrasco		

Proceso	Descripción de actividad	Símbolo					Tiempo (min)	Tipo de actividad		
								AV	NAV	D
A1	Desenganchar cabezal de tanque	X					0.09		X	
A2	Buscar herramienta				X		4			X
A3	Retirar cable vulcanizado	X					10		X	
A4	Desarmar cabezal	X					20		X	
A5	Despegar jebes protectores usados	X					10		X	
A6	Retirar piezas internas y motor	X					5		X	
A7	Quitar pegamento de piezas	X					10		X	
A8	Retirar parrilla con filtro de tela de tanque	X					0.09		X	
A9	Enviar a pulido			X			5			X
A10	Buscar herramienta				X		4			X
A11	Desentornillar ruedas y garruchas	X					20		X	
A12	Desentornillar base de tanque	X					10		X	
A13	Desentornillar tubo de entrada de aire de tanque	X					3		X	
A14	Despegar jebe redondo	X					2	X		
A15	Desentornillar ganchos	X					3	X		
A16	Despegar jebe protector para gancho	X					2	X		
A17	Enviar tanque a pintado			X			5			X

A18	Retirar motor	X					0.09		X	
A19	Buscar herramienta				X		4			X
A20	Desarmar motor	X					20		X	
A21	Limpiar turbina	X					15	X		
A22	Limpiar delgas	X					5	X		
A23	Retirar carbones usados	X					10		X	
A24	Colocar carbones nuevos	X					2	X		
A25	Retirar rodamientos	X					15		X	
A26	Colocar rodamientos nuevos	X					5	X		
A27	Armar motor	X					20	X		
A28	Control de calidad rodamientos		X				2	X		
A29	Recoger piezas pulidas			X			5			X
A30	Pegar jebes esponjosos en interior de cabezal	X					15	X		
A31	Pegar jebes protectores a motor	X					2	X		
A32	Buscar herramienta				X		4			X
A33	Armar cabezal con motor y tapas	X					20	X		
A34	Cambiar remaches de parrilla	X					15		X	
A35	Pintar parrilla	X					5	X		
A36	Recoger tanque de pintado			X			5			X
A37	Limpiar eje de ruedas	X					20		X	
A38	Buscar herramienta				X		4			X

A39	Colocar ruedas y garruchas nuevas a base	X					10	X		
A40	Pegar jebe circular y jebes de gancho nuevos	X					5	X		
A41	Colocar ganchos y tubo entrada de aire nuevo	X					5	X		
A42	Colocar filtro de tela nuevo en parrilla	X					1	X		
A43	Enganchar cabezal en tanque	X					0.17		X	
A44	Limpiar cable vulcanizado	X					10	X		
A45	Conectar a tanque	X					5	X		
A46	Llevar equipo a control de calidad			X			5			X
A47	Control de calidad de aspiradora		X				10	X		
	TOTAL	35	2	5	5	0	357.44	20	17	10

Fuente: Elaboración propia

**Anexo N°8: Lista de cotejo para la observación**

<b>LISTA DE COTEJO</b>		
Elaborado por: Maricielo Velazco		
Observado por: Julinho Ccala		
Fecha: 03/09/19 - Hora: 9:30 a.m.		
<b>Operaciones</b>	<b>Correcto</b>	<b>Incorrecto</b>
Los operarios reparan de manera continua las máquinas		X
Cada operario tiene su área de trabajo ordenada		X
Los repuestos están agrupados según características en común		X
Las herramientas y máquinas se encuentran ubicadas en un mismo lugar		X
Las mesas de trabajo están limpias de materiales obsoletos		X
El área cuenta con armarios o estantes para almacenar materiales		X
No existen distracciones que perjudiquen la productividad de los operarios	X	
El área de trabajo no presenta peligros de alto riesgo para los trabajadores	X	
Los materiales desechados tienen una única ubicación		X
El producto terminado es almacenado en un espacio limpio y seguro		X

Fuente: Elaboración propia

**Anexo N°9: Encuesta****Cuestionario**

Se desarrollaron las siguientes preguntas para conocer su opinión sobre los procesos de reparación con fines de estudio y propuesta de mejora.

---

1. ¿Cuál es el cuello de botella que usted consideraría como el más crítico en el proceso de reparación? Donde 1 es el menos crítico y 10 el más crítico.

Procedimientos de trabajo estándar  
 Control de los tiempos de reparación  
 Orden y limpieza  
 Equipos obsoletos  
 Plan de capacitación  
 Contar con los repuestos a tiempo

2. ¿Qué problema presente en el área de servicio técnico cree que generaría mayor impacto a la productividad de la empresa? Donde 1 es el de menor impacto y 10 el de mayor impacto.

Procedimientos de trabajo estándar  
 Control de los tiempos de reparación  
 Orden y limpieza  
 Equipos obsoletos  
 Plan de capacitación  
 Contar con los repuestos a tiempo

3. ¿Cuál problema considera usted que es el más factible de solucionar a corto plazo? Donde 1 es el menos factible y 10 el más factible.

\_\_\_\_\_ Procedimientos de trabajo estándar  
\_\_\_\_\_ Control de los tiempos de reparación  
\_\_\_\_\_ Orden y limpieza  
\_\_\_\_\_ Equipos obsoletos  
\_\_\_\_\_ Plan de capacitación  
\_\_\_\_\_ Contar con los repuestos a tiempo

4. ¿Cuál de estos problemas cree usted que generaría un incremento de actividades con valor si se llegara a solucionar? Donde 1 es el de menor incremento y 10 el de mayor incremento.

\_\_\_\_\_ Procedimientos de trabajo estándar  
\_\_\_\_\_ Control de los tiempos de reparación  
\_\_\_\_\_ Orden y limpieza  
\_\_\_\_\_ Equipos obsoletos  
\_\_\_\_\_ Plan de capacitación  
\_\_\_\_\_ Contar con los repuestos a tiempo

5. ¿Cuál de estos problemas cree que al solucionarlo ayudaría a eliminar las actividades que representan un desperdicio para el área? Donde 1 es el que menos ayudaría y 10 el que más ayudaría.

- \_\_\_\_\_ Procedimientos de trabajo estándar
- \_\_\_\_\_ Control de los tiempos de reparación
- \_\_\_\_\_ Orden y limpieza
- \_\_\_\_\_ Equipos obsoletos
- \_\_\_\_\_ Plan de capacitación
- \_\_\_\_\_ Contar con los repuestos a tiempo

Fuente: Elaboración propia

### Anexo N°10: DAP actual de reparación de Asp. Mod. 7B12

Diagrama de Análisis de Procesos										
Proceso:	Reparación de Aspiradora Mod. 7B12					Fecha:	03/10/2019			
Método:	Actual					Realizado por:	Julinho Ccala / Maricielo Velazco			
Operario:	Luis Carrasco									
Proceso	Descripción de actividad	Símbolo					Tiempo (min)	Tipo de actividad		
								AV	NAV	D
A1	Desenganchar cabezal de tanque	X					0.09		X	
A2	Retirar cable vulcanizado	X					10		X	
A3	Desarmar cabezal	X					20		X	
A4	Despegar jebes protectores usados	X					10		X	
A5	Desentornillar ruedas y garruchas	X					20		X	
A6	Desentornillar base de tanque	X					10		X	
A7	Desentornillar tubo de entrada de aire de tanque	X					3		X	
A8	Despegar jebe redondo	X					2	X		
A9	Desentornillar ganchos	X					3	X		
A10	Despegar jebe protector para gancho	X					2	X		
A11	Retirar piezas internas y motor	X					5		X	
A12	Quitar pegamento de piezas	X					10		X	
A13	Retirar parrilla con filtro de tela de tanque	X					0.09		X	
A14	Enviar a pulido piezas y tanque a pintado			X			5		X	
A15	Desarmar motor	X					20		X	
A16	Limpiar turbina	X					15	X		
A17	Limpiar delgas	X					5	X		

A18	Retirar carbones usados	X					10		X	
A19	Colocar carbones nuevos	X					2	X		
A20	Retirar rodamientos	X					15		X	
A21	Colocar rodamientos nuevos	X					5	X		
A22	Control de calidad rodamientos		X				2	X		
A23	Armar motor	X					20	X		
A24	Recoger piezas pulidas y tanque pintado			X			5		X	
A25	Pegar jebes esponjosos en interior de cabezal	X					15	X		
A26	Pegar jebes protectores a motor	X					2	X		
A27	Armar cabezal con motor y tapas	X					20	X		
A28	Cambiar remaches de parrilla	X					15	X		
A29	Pintar parrilla	X					5	X		
A30	Limpiar eje de ruedas		X				20	X		
A31	Colocar ruedas y garruchas nuevas a base	X					10	X		
A32	Pegar jebe circular y jebes de gancho nuevos	X					5	X		
A33	Colocar ganchos y tubo entrada de aire nuevo	X					5	X		
A34	Colocar filtro de tela nuevo en parrilla	X					1	X		
A35	Enganchar cabezal en tanque	X					0.17	X		
A36	Limpiar cable vulcanizado	X					10	X		
A37	Conectar a tanque	X					5	X		
A38	Control de calidad de aspiradora	X					10	X		
	TOTAL	34	2	2	0	0	322.35	23	15	0

Fuente: Elaboración propia

**Anexo N°11: Check List - Aplicación de 5'S**

Check List - Aplicación de 5'S						
Área:	Servicio técnico					Fecha:
Elaborado por:	Maricielo Velazco					04/10/2019
5'S	N°	Criterio	Calificación			
Eliminar	1	No se visualizan materiales obsoletos en las mesas de trabajo				
	2	Todos los materiales que se encuentran en la mesa de trabajo están siendo utilizados con frecuencia				
	3	Todas las herramientas y maquinaria que se encuentran en la mesa de trabajo están siendo utilizadas con frecuencia				
Organizar	4	Las cajas donde se almacenan los materiales están correctamente rotuladas				
	5	Los materiales que no están siendo utilizados se encuentran almacenados en su ubicación correspondiente				
	6	Las herramientas y maquinaria se encuentran en su ubicación correspondiente				
	7	Los equipos reparados y por reparar se encuentran organizados y separados por lustradoras y aspiradoras				
	8	Los objetos personales se encuentran guardados en el estante correspondiente				
	9	La basura se encuentra en los contenedores correspondientes				
Limpiar	10	Se está cumpliendo con el programa de limpieza acordado por los operarios				
	11	El área de trabajo se encuentra sin basura ni polvo				
	12	Las herramientas y maquinaria no presentan polvo, grasa, ni ningún otro tipo de suciedad				

Fuente: Elaboración propia

	13	Las mesas de trabajo no presentan polvo, grasa ni ningún otro tipo de suciedad							
Estandarizar	14	Los lineamientos se encuentran publicados en el mural del área							
	15	Se reconocen premios o reconocimientos a los mejores operarios							
	16	El área de trabajo se visualiza según lo esperado al final de la jornada de trabajo							
Disciplina	17	Se está aplicando el check list semanal de verificación del orden y limpieza del área							
	18	Los operarios muestran compromiso frente a los lineamientos							
	19	Se realizan capacitaciones para mantener entrenados a los operarios y a los que se están integrando							