

Pontificia Universidad Católica del Perú

Facultad de Ciencias e Ingeniería



**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EMPRESAS METAL
MECÁNICA DE ALUMINIO**

**Trabajo de investigación para la obtención del grado de BACHILLER EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTOR:

JESÚS MARTÍN CHARAJA AZNARÁN

ASESOR:

ING. JOSÉ RAU ALVAREZ

Lima, Octubre de 2020

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito establecer el impacto que tiene la implementación de herramientas de *Lean Manufacturing* en distintas empresas del sector metal mecánico de aluminio. Para ello, se quiere evaluar si estas herramientas consiguen una mejora en la productividad y la calidad de los productos que ofrece la empresa.

El trabajo presentará diferentes empresas pequeñas y medianas que se dedican a esta actividad económica. De cada una se presentará la metodología utilizada en cada uno de los casos de estudio revisados. Asimismo, se explica las características iniciales de la empresa antes y durante la implementación. Por último, se expone en que situación puede aplicarse la metodología y propuesta de mejora utilizada.

Para los casos de estudio revisados como propuestas de mejora se emplean herramientas de *Lean Manufacturing*, en su mayoría las 5S's y TPM, las cuales son básicas para comenzar una renovación hacia la filosofía *Lean*. Asimismo, en otros casos se han utilizado *Kaizen*, SMED, y *Poka Yoke*.

Por otro lado, en cuanto a la metodología utilizada en los casos de estudio revisados, generalmente empieza con la recopilación de información ya sea por observación o entrevista con directivos de la empresa. Luego se realiza el procesamiento de los datos utilizando diagramas de causa-efecto, diagrama de Pareto y herramienta de los cinco porqués, con lo cual se puede identificar las causas del problema. También para algunos casos se realizó el DOP y DAP del proceso, así como, el cálculo de algunos indicadores para determinar la situación actual de la empresa. Después, se plantea la mejor propuesta de mejora para atacar las causas críticas del problema. Por último, se presentan los resultados y en algunos casos la evaluación económica de la implementación de las mejoras.

Por la investigación se comparan las diferentes empresas revisadas en los trabajos, y se determina que todas han tenido un incremento en la productividad. Sin embargo, solo la mitad ha tenido mejoras en la calidad al reducir la cantidad de productos defectuosos.

Por lo tanto se concluye que para los seis casos revisados las herramientas de *Lean Manufacturing* son una importante herramienta para empresas pequeñas o medianas del sector metal mecánico de aluminio, permitiéndoles ser más competitivas en el mercado local contra empresas grandes de países potencia que exportan sus productos a Latinoamérica. La mejora en la productividad y la reducción de productos defectuosos les permite reducir costos y mejorar la capacidad de producción de sus plantas sin necesidad de invertir en más recursos. Para conseguir que la implementación de estas herramientas sea un éxito se debe buscar siempre el compromiso de la gerencia y el personal de la empresa.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURA	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	3
2.1 Kaizen.....	3
2.2 Herramientas de Lean Manufacturing.....	3
2.2.1 Jidoka	4
2.2.2 Kanban.....	4
2.2.3 Heijunka.....	5
2.2.4 Single-Minute Exchange of Die.....	6
2.2.5 Mantenimiento productivo total.....	6
2.2.6 Poka Yoke	8
2.2.7 Las 5S's	8
2.2 Visual Stream Mapping (VSM).....	12
CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
3.1 Caso 1.....	14
3.2 Caso 2.....	16
3.3 Caso 3.....	18
3.4 Caso 4.....	18
3.5 Caso 5.....	21
3.6 Caso 6.....	23
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	26
4.1 Metodología.....	26
4.2 Factores.....	26

4.3 Tabla comparativa.....	27
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
5.1 Conclusiones.....	29
5.2 Recomendaciones.....	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Caso de la empresa metal mecánica de ollas de aluminio.....	15
Tabla 2: Caso de la empresa A/C Products Perú S.A.C. 2018.....	17
Tabla 3: Caso de la empresa dedicada a la fabricación de perfiles de aluminio maderado.....	19
Tabla 4: Caso de la empresa Envases Lima S.A.C.....	20
Tabla 5: Caso de la empresa Industrias FAY EIRL.....	22
Tabla 6: Caso de la empresa extrusora de aluminio.....	25
Tabla 7: Comparación de resultados de los casos de estudio.....	28



ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Reglas que presenta la herramienta Kanban.....	5
Figura 2: Indicador OEE.....	7
Figura 3: Modelo de tarjeta roja.....	10



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se ejecuta para estudiar el impacto que tiene en la producción la aplicación de las herramientas de *Lean Manufacturing* en una empresa metal mecánica de aluminio. Con esto se busca demostrar que estas herramientas incrementan la productividad y mejoran la calidad de los productos de una empresa que pertenece a este sector. A continuación se detalla el contenido de este trabajo de investigación.

En el capítulo 1, se describirán los aspectos generales de la investigación. Para lo cual se determinará el objetivo y los objetivos específicos de la misma. Asimismo, se expondrá la hipótesis que se sustentará en el presente trabajo.

En el capítulo 2, se mostrará el marco teórico, en el cual se desarrollará los conceptos y herramientas del *Lean Manufacturing* en los cuales está enfocada la investigación.

En el capítulo 3, se presentarán diversos casos en los que la filosofía *Lean* ha tenido un impacto positivo y exitoso en distintas industrias que pertenecen al sector metal mecánico de aluminio. Con esto se busca sustentar la hipótesis.

En el capítulo 4, se mostrarán los resultados finales que se han podido obtener a partir de la investigación.

Finalmente, se mostrará en el último capítulo las conclusiones.

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se describirán aspectos generales para comprender lo que se busca lograr con el presente trabajo.

1.1 Objetivo general.

Estudiar el impacto que tiene la aplicación de *Lean Manufacturing* en una empresa metal mecánica de aluminio.

1.2 Objetivos específicos.

- Identificar las principales dificultades que se manifiestan en la implantación de *Lean Manufacturing*.
- Identificar la importancia de la filosofía *Lean* en los procesos de producción actuales.
- Describir los resultados de la aplicación de las herramientas *Lean* en empresas metal mecánicas de productos de aluminio.
- Determinar la manera más óptima de implantar la metodología *Lean* en empresas metal mecánicas de productos de aluminio.

1.3 Hipótesis.

Mediante el desarrollo del presente trabajo se quiere confirmar lo siguiente:

- La implementación de *Lean Manufacturing* en una empresa metal mecánica de aluminio incrementa la productividad.
- La aplicación de *Lean Manufacturing* establece una mejora en la calidad de los procesos y productos de la empresa.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se desarrollará toda la teoría necesaria para realizar el trabajo de investigación. En primer lugar se describirán la metodología *Kaizen* o mejora continua. Luego se presentan algunas herramientas de *Lean Manufacturing*, para comprender en qué consiste cada una y el impacto que tienen en los procesos de producción. Luego, se explica sobre la metodología del VSM que es usada para proponer e implantar mejoras usando las herramientas de *Lean*.

2.1 Kaizen

El *Kaizen* significa una transformación en la conducta de las personas en busca de la mejora continua, con una cultura flexible y de cambio constante para encontrar la mejor forma de realizar los procesos. Consiste en pequeñas acciones y mejoras que pueden realizar desde los directivos hasta los mismos empleados, lo cual impulsa la calidad del producto, eliminar despilfarros o tareas que no contribuyen en un valor añadido para el producto, aminorar gastos y ofrecer tiempos de respuesta y entrega al cliente más breves. Con este enfoque se busca la resolución rápida y eficaz de los problemas que puedan presentarse en los procesos de producción. Cuando los cambios realizados por el espíritu *Kaizen* dejan de tener un impacto importante se puede optar por la innovación tecnológica con una gran inversión, asociado a modernizar equipos y automatizar operaciones. Como en toda la filosofía *Lean*, el *Kaizen* también requiere de la motivación y cambio de pensamiento de la gerencia y empleados de la empresa para comprometerlos con el desarrollo de mejoras. (Hernández & Idoipe, 2013)

2.2 Herramientas de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta se define como una filosofía que surge a partir del modelo de producción Toyota desarrollado por el fundador de Toyota, Sakichi Toyoda, su hijo Kiichiro, su sobrino Eiji y el ingeniero Taiichi Ohno. En ese entonces buscaban mejorar la productividad de su empresa sin recurrir a economías de escala que limitaran la variedad de modelos.

Luego de la crisis que enfrentó la empresa Toyota a finales de 1949, que causó el despido de una importante cantidad de trabajadores, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno decidieron visitar las plantas de automóviles de Estados Unidos con el fin de encontrar un modelo de producción que se adapte a la realidad de Japón. Sin embargo, el sistema americano no era posible a largo plazo, pues lo que la gente quería eran automóviles de diferentes diseños a un bajo costo. Se llegó a la conclusión que se debía eliminar los desperdicios y reducir stocks para reducir costos innecesarios en la producción y que no agregan valor al producto terminado. A partir de ello, establecieron como principio, solo producir lo que el cliente requiere en el momento que lo solicita, creando el modelo de fabricación *Just in Time* o justo a tiempo. (Hernández & Idoipe, 2013)

2.2.1 Jidoka

La palabra *Jidoka* significa automatización con un toque humano. En este caso se refiere a implementar un sistema de autocontrol, cuyo objetivo es prevenir la producción de piezas defectuosas para conseguir una producción de cero defectos. Este sistema funciona llevándose una inspección constante durante el proceso, en el cual al detectarse alguna anomalía el operario pueda ser capaz de detener el proceso o la máquina lo detenga automáticamente. Este sistema no reemplaza a los puestos de inspección colocados a lo largo de línea de producción, pues su función va enfocada más a prevenir los defectos causados por el proceso que hallar piezas defectuosas. Asimismo, permite que las causas de los defectos sean encontradas rápidamente, ya que se conoce el lugar dónde se están produciendo los errores, y estas puedan ser solucionadas sin afectar en gran medida la producción. Con esta herramienta hay un mayor control del proceso lo que permite que se lleve a cabo correctamente y no sea una de las principales causas de la fabricación de productos defectuosos (Hernández & Idoipe, 2013).

Según Madariaga (2019), el *Jidoka* intenta reemplazar el trabajo manual por el trabajo de máquinas que sean más independientes o autónomas. La máquina consigue autonomía para detectar anomalías y parar inmediatamente, con lo cual consigue evitar que se fabriquen productos defectuosos o se dañe la propia máquina. Por otro lado, el trabajador puede estar separado de la máquina permitiéndole realizar otras actividades, pues vigilar el correcto funcionamiento de la máquina representa una tarea que no contribuye en un valor agregado para el producto.

2.2.2 Kanban

Kanban significa “tarjeta”, y es un sistema que permite controlar la producción para mantener el proceso abastecido, para lo cual envía señales de reabastecimiento, pudiendo ser tarjetas o señales visuales o electrónicas. (Castellano, 2019).

Con la herramienta *Kanban* se puede conseguir una calidad superior y producir el número exacto para el instante en que se requiere. Asimismo, se basa en el sistema de fabricación *Pull* con un flujo uniforme y constante. Este sistema de tarjetas o señales funciona como un mecanismo de comunicación de las órdenes de producción de las piezas que se necesitan en diferentes partes del proceso. Para ello, cuando se necesita una pieza en alguna estación de trabajo, esta se coge de la operación anterior. Inmediatamente, se empieza a producir esa pieza que se retiró para reponerla para cuando se necesite de nuevo. Las tarjetas usadas en este sistema deben llevar información importante como código de pieza, lugar de procedencia de la pieza, lugar en que se fabricará, la cantidad que se debe producir, etc. Con esto se consigue reabastecer solo el material que se ha usado o vendido, con lo cual se reduce los excesos de inventario. (Hernández & Idoipe, 2013)

Según Castellano (2019), esta herramienta tiene los siguientes propósitos:

- Evitar la sobreproducción de piezas o productos en proceso, produciendo solo lo que se necesita.
- Tener un control de la producción.
- Controlar el flujo de los materiales.
- Evitar la sobreproducción.
- Reducir los inventarios, sobre todo el producto en proceso.
- Promover la conservación de los procedimientos normalizados.
- Mejorar la comunicación entre las distintas partes del proceso y centros de trabajo.

En la figura 1 se muestra las reglas que deben seguirse para implementar correctamente un sistema *Kanban*.

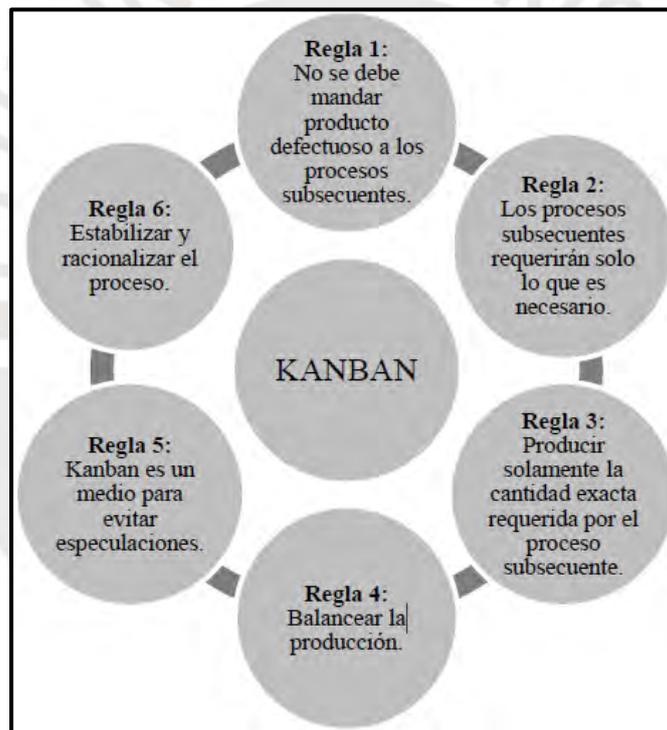


Figura 1: Reglas que presenta la herramienta Kanban

Fuente: Arango Serna, M. D., Campuzano Zapata, L. F., & Zapata Cortes, J. A. (2015)

2.2.3 Heijunka

La herramienta *Heijunka* es importante para conseguir una producción de justo a tiempo, ya que su principal propósito es nivelar la producción con la demanda, tanto en volumen y variedad, pero en este caso se realiza una planificación en un periodo de tiempo pequeño, por lo general de un día o turno de trabajo, lo cual hace más difícil predecir la demanda. Por ello, para implementar esta

metodología se requiere tener dominio sobre el requerimiento de los consumidores y el impacto que este pueda tener en los procesos. (Hernández & Idoipe, 2013)

2.2.4 Single-Minute Exchange of Die

El propósito fundamental que tiene esta herramienta es la utilización de técnicas que permitan reducir el tiempo de preparación de maquinaria, con lo cual se consigue no sólo reducir tiempo del proceso productivo si no que agrega flexibilidad a la producción. Debido a que el tiempo de preparación se vuelve insignificante no es necesario producir grandes cantidades por lote como una manera de ahorrar costos, si no que se puede producir solo lo que se requiere en ese momento. Con esto se mejora la capacidad de una máquina para producir diferentes piezas sin necesidad de adquirir nuevas. (Hernández & Idoipe, 2013)

De acuerdo a Madariaga (2019), a continuación se listan los pasos para aplicar esta herramienta.

1. Descomponer el cambio de herramienta en operaciones.
2. Reconocer y clasificar las operaciones externas e internas.

Las operaciones externas se refieren a aquellas que pueden realizarse mientras la máquina se encuentra funcionando. Mientras que las operaciones internas solo se pueden realizar cuando la máquina está detenida.

3. Convertir operaciones internas en externas.

Para realizar esta transformación se requiere realizar modificaciones en el utillaje y herramientas o adquirir nuevos medios físicos.

4. Reducir las operaciones internas.
5. Reducir las operaciones externas.

Se consigue mediante la simplificando la búsqueda de las herramientas o equipos necesarios para realizar el cambio, minimizando los desplazamientos del operario y eliminando tiempos de espera.

6. Estandarizar el cambio.

En esta etapa se requiere documentar el nuevo método de cambio de herramienta que se ha establecido. Asimismo, se debe comprometer a los operarios a seguir el nuevo método.

2.2.5 Mantenimiento productivo total

Según Madariaga (2019) el mantenimiento productivo total o TPM tiene como principal objetivo maximizar la eficiencia global de las máquinas utilizadas en la producción. Esto se mide con el indicador OEE. En la figura 2 se presenta la fórmula utilizada para calcular este indicador.

$$OEE(\%) = \frac{T \text{ Efectivo (variable)}}{T \text{ Planificado (fijo)}}$$

Figura 2: Indicador OEE
Fuente: Madariaga (2019)

Según Hernández & Idoipe (2013):

El TPM representa un grupo de métodos que buscan eliminar las fallas de maquinaria, comprometiendo y motivando a todo el personal a participar. Para ello se proponen cuatro objetivos:

- Maximizar la eficacia de la máquina.
- Realizar un plan de mantenimiento productivo, el cual debe ser durante toda la vida útil del equipo y consiste en brindar un mantenimiento preventivo y mejorar el equipo mediante reparaciones o modificaciones.
- Fomentar la colaboración de todos los departamentos encargados de la planificación, utilización y cuidado de los equipos de producción.
- Buscar la participación general de todos los empleados de la empresa, incluso de la gerencia, para llevar a cabo un plan de mantenimiento autónomo y actividades para grupos pequeños.

Con esto se busca eliminar las siguientes pérdidas para la empresa:

- Tiempo muerto: Debido a paradas por la falla de un equipo o por preparación de la máquina.
- Pérdida de rapidez: La velocidad con la que trabaja el equipo se ve reducida o hay tiempos de paradas cortas.
- Defectos: Menor rendimiento de la máquina o errores en los procesos.

El proceso para implementar el TPM sería el siguiente:

- Fase preliminar: Recopilar información sobre el mantenimiento actual, con lo cual se busca identificar equipos, fallas y las actuales medidas preventivas.
- Fase 1: Se busca mantener el equipo en las condiciones en las cuales fue recibida por el proveedor, limpia y sin manchas.
- Fase 2: Eliminar las fuentes que generan suciedad en el equipo pues lo desgastan y pueden ser motivo para un funcionamiento incorrecto.

- Fase 3: El personal que utiliza el equipo debe aprender a inspeccionarlo y realizarle el mantenimiento correspondiente de forma autónoma.
- Fase 4: En esta etapa el operario realiza un mantenimiento de manera autónoma y propone mejoras por iniciativa propia.

El TPM busca que se involucre todo el equipo de trabajo en el mantenimiento básico de los equipos con los que trabaja con el objetivo de que estos puedan conservarse en buen estado y funcionen de manera correcta. Asimismo, se compromete a los trabajadores para ayudar a detectar anomalías en la máquina para evitar que se produzca una falla en esta, la cual pueda parar la producción. (Hernández & Idoipe, 2013)

2.2.6 Poka Yoke

El *Poka Yoke* o “sistema a prueba de errores” se refiere a mecanismos que se caracterizan por su simplicidad, los cuales tiene como objetivo evitar que ocurran defectos aunque exista un error humano. Deben de ser económicos e ingeniosos. Tienen como principales funciones detectar el error y avisar, detener el error y posteriormente controlarlo. (Hernández & Idoipe, 2013)

Según Madariaga (2019):

Los *Poka Yoke* son dispositivos sencillos, que buscan evitar los problemas de calidad causados por el error humano para que estos no generen defectos ni se transmitan a los procesos que le continúan.

Según el tipo y lugar en que realizar la inspección se tienen tres tipos:

- Identifica un error en ese proceso, con lo cual detiene el proceso antes que inicie y así evita los productos defectuosos.
- No impide que se fabrique el producto defectuoso, solo detecta el error y evita que este producto vaya a la siguiente operación.
- Detecta el error en el siguiente proceso antes de que inicie y así evita que se siga trabajando sobre un producto o pieza defectuosa.

2.2.7 Las 5S's

La herramienta de las 5S se concentra especialmente en el orden y la limpieza del área de trabajo. Por su simplicidad y debido a que permite conseguir resultados positivos se recomienda que sea la primera herramienta a aplicar si se quiere implementar el *Lean Manufacturing* en alguna empresa. Las 5S's atribuyen su denominación a cinco palabras en japonés, las cuales son *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* y *Shitsuke* y que tienen por significado eliminar o desechar lo que no es necesario, ordenar, limpiar, estandarizar y crear disciplina, respectivamente. (Hernández & Idoipe, 2013)

Como señala Madariaga (2019) la metodología de las 5S's se enfoca en mejorar la situación en que se encuentra la estación de trabajo del operario. Esto significa conseguir los siguientes progresos:

- Incrementar la seguridad del trabajador y la calidad del producto.
- Disminuir los defectos.
- Aminorar los tiempos de cambio pues se consigue suprimir la búsqueda y reducir desplazamientos innecesarios mientras se maneja las herramientas y utillajes.
- Disminuir el tiempo de ciclo de trabajo de las operaciones porque el personal puede encontrar y organizar de manera más cómoda todo lo necesario para realizar su labor.

Por otra parte, de acuerdo a Rey (2005) las 5S's se pueden definir como un estado ideal en el que se tiene las siguientes condiciones dentro de la empresa:

- Todos los objetos y demás utensilios que no son necesarios en el puesto de trabajo han sido desechados.
- Todos los materiales en el área laboral están ordenados y debidamente identificados.
- Se ha conseguido mitigar el origen de la suciedad.
- Se mantiene un control y supervisión visual que permite identificar los defectos y variaciones.
- Se conserva lo descrito anteriormente y se busca oportunidades de mejora que permitan seguir optimizando la producción.

Las 5S's es una metodología sencilla de comprender, y su implementación no requiere grandes inversiones de capital ni conocimiento. Sin embargo, esta herramienta es potente en cualquier tipo de empresa. (Hernández & Idoipe, 2013). Por otro lado, el proceso de implementar las 5S's es largo, por lo cual es importante mantener constancia y tolerancia para alcanzar los resultados. (Rey, 2005)

A continuación se desarrollará cada una de las 5S's.

Seiri

Significa organizar y seleccionar. En esta parte se quiere organizar los materiales que se encuentran actualmente en el puesto de trabajo, separando lo que es útil de lo que no lo es. (Rey, 2005)

Esta primera S implica clasificar y eliminar del área de trabajo cualquier objeto o elemento que es innecesario o inútil para realizar la labor que se desempeña en ese lugar. De esta manera, se puede separar lo que se necesita de lo que no, con lo cual se reducen los despilfarros como transportes y movimientos innecesario, pérdida de tiempo buscando algún objeto, entre otros, que son producto de la cantidad de elementos prescindibles. Para realizar esta acción se puede hacer uso de las tarjetas rojas, la cual es una técnica que facilita reconocer estos materiales innecesarios para definir si son considerados como un desecho. (Hernández & Idoipe, 2013)

En la figura 3 se presenta un modelo de tarjeta roja que sirve para identificar objetos prescindibles en el puesto de trabajo.

TARJETA ROJA			
NOMBRE DEL ARTÍCULO			
CATEGORÍA	1. Maquinaria	6. Producto terminado	
	2. Accesorios y herramientas	7. Equipo de oficina	
	3. Equipo de medición	8. Limpieza	
	4. Materia Prima		
	5. Inventario en proceso		
FECHA	Localización	Cantidad	Valor
RAZÓN	1. No se necesita	5. Contaminante	
	2. Defectuoso	6. Otros	
	3. Material de desperdicio		
	4. Uso desconocido		
ELABORADA POR		Departamento	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar	5. Otros	
	2. Vender		
	3. Mover a otro almacén		
	4. Devolución proveedor		
FECHA DESCHECHO			

Figura 3: Modelo de tarjeta roja
Fuente: Hernández & Idoipe (2013)

Seiton

En esta segunda S que significa ordenar se trabajará con los elementos que fueron clasificados como necesarios. Se procederá a organizarlos de tal manera que tengan un lugar definido, lo cual favorecerá localizarlos más rápido y regresarlos al lugar que tienen asignado luego de ser utilizados. En este caso se sigue el principio de “cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa”. Es importante para su correcta implantación decidir la ubicación de cada objeto de acuerdo a la frecuencia de uso y siguiendo los criterios de seguridad y calidad debidos. Con este orden lo que se busca es mejorar la calidad y eficiencia, otorgándole al operario un ambiente laboral que facilite ejecutar su trabajo de una forma más óptima. (Hernández & Idoipe, 2013)

De acuerdo a Madariaga (2019), los pasos a seguir son los siguientes:

- Definir un lugar adecuado para cada elemento identificado como necesario. Se colocarán estos siguiendo el principio de ergonomía, y a mayor frecuencia de utilización se colocará más cerca del lugar en que es requerido.
- Designar una simbología para poder reconocer la ubicación de cada uno de los objetos.
- Los símbolos pueden ubicarse en paredes, en el suelo o como miniaturas en las estanterías o paneles de herramientas.

Seiso

Según Hernández & Idoipe (2013), la tercera S significa limpiar e inspeccionar el entorno de trabajo para reconocer alguna deficiencia o desperfecto y mitigarlo. Asimismo consiste en lo siguiente:

- Convertir la limpieza en un elemento importante del trabajo diario.
- Se asume la tarea como una labor de inspección indispensable.
- Poner énfasis en suprimir los focos de suciedad.
- Seguir el principio de dejar las cosas como el primer día, es decir preservar los elementos en condiciones óptimas.

Esta S coopera en la disminución de desperfectos, los cuales representan un desperdicio de tiempo porque al definir un procedimiento de limpieza permite eliminar la suciedad que es uno de los principales motivos del deterioro de los componentes. (Madariaga, 2019)

Seiketsu

De acuerdo a Hernández & Idoipe (2013), la cuarta S significa estandarizar, y favorece la consolidación de lo alcanzado en la aplicación de las tres anteriores S. El establecer un estándar permitirá tener registrado y seguir una forma adecuada de realizar una operación o procedimiento. La implantación de esta fase permitirá tener las siguientes ventajas:

- Conservar el nivel alcanzado con las tres primeras S.
- Establecer y efectuar estándares de limpieza y constatar que estos se ejecutan apropiadamente.
- Comunicar al personal lo valioso que es aplicar los estándares establecidos.
- Crear los hábitos del orden y la limpieza en la organización.
- Prevenir fallos en la limpieza, que podrían tener como consecuencia algún accidente.

Esta S es un control visual en el área de trabajo para el cumplimiento de los estándares definidos. Asimismo, permite identificar situaciones anómalas. (Madariaga, 2019)

Shitsuke

Esta última S representa la disciplina y consiste en preservar lo alcanzado en las cuatro fases anteriores. Para ello se deben realizar auditorías y medidas correctivas con lo cual se puede confirmar que se está alcanzando y manteniendo el nivel y objetivos establecidos. (Madariaga, 2019)

Asimismo, el objetivo es crear un hábito en la empresa mediante el cual se genere una cultura de autodisciplina y compromiso por hacer perdurable y constante el proyecto de implementar las 5S's. Puede ser simple en cierta parte al tener que aplicar las normas establecidas y conservar el estado alcanzado, y complejo debido a que depende del grado de compromiso y asimilación de esta cultura por parte del personal de la empresa. (Hernández & Idoipe, 2013)

Es importante en esta fase realizar una auto-inspección de forma constante, para tener un control y mejorar los estándares alcanzados. Asimismo, busca entrenar a todos los implicados para mantener las acciones aprendidas en las S anteriores. (Rey, 2005)

2.2 Visual Stream Mapping (VSM)

Según Madariaga (2019), en su libro explica sobre el VSM y su metodología de aplicación:

El VSM es una herramienta muy importante que va a permitir a una empresa implementar la filosofía del *Lean Manufacturing* de una forma gradual y eficiente, con posibilidades de mejora continua mediante la aplicación de ciclos de mejora PDCA.

El VSM es una metodología que representa de forma gráfica, con el empleo de una simbología determinada, el movimiento de materiales y el flujo de información durante toda la cadena de valor de un grupo específico de productos con características en común. Esta cadena incluye todos los procesos que son necesarios para transformar la materia prima en el producto final. El objetivo inicial de esta herramienta será exponer la situación actual del proceso para encontrar posibles tareas que no añaden valor al producto y que no son realmente indispensables. Sin embargo, no es una herramienta tan completa, ya que no detalla la ubicación física de los procesos y máquinas. Asimismo, se centra en reducir el *Lead Time* o inventario, pues al no ser muy detallado no se puede encontrar fácilmente los desperdicios que generan un sobre costo dentro de los procesos individuales. Por lo tanto, será necesario complementar esta herramienta con otras, para conseguir un panorama de mejora más completo.

A continuación se presentan las etapas necesarias para aplicar la metodología del VSM.

1. Elegir una familia de productos.

En este paso, al escoger la familia, la cadena de valor no siguiera un comportamiento lineal, se tendría que empezar por el flujo de valor del componente más importante.

2. Realizar el mapa del estado actual.

En el VSM de la situación presente se tendrá como datos importantes el tiempo total de ciclo de los operarios y el *Lead Time* de los inventarios.

3. Plantear ideas de mejora.

Como tarea principal, en el VSM se busca reducir el *Lead Time* de los inventarios y los desperdicios sujetos a estos, así como también los despilfarros que pudiese haber ocultos en las operaciones. Por ello, haciendo uso de las herramientas de *Lean Manufacturing* se propondrán mejoras para cumplir el objetivo descrito. Estas mejoras buscarán la creación de un flujo continuo usando células en U, aplicación de 5S's y reducir los diferentes tiempos implicados en el proceso (uptime, tiempos de cambio de herramienta, tiempo perdido en productos defectuosos, tiempo de ciclo). Asimismo, se conectarán los procesos mediante el sistema *Pull* y se buscará nivelar la producción.

4. Elaborar el esquema del estado futuro.

Se buscará actualizar el VSM actual luego de aplicar las ideas de mejora.

5. Identificar los bucles *Pull* en el esquema del estado futuro.

En esta parte, se debe añadir al esquema de situación futura los bucles *Pull*.

6. Confeccionar un plan de mejora de la corriente de valor.

Se elabora un plan de mejora para aplicar las propuestas de mejora de la forma más conveniente, y de esa manera dirigirse del VSM del estado actual al VSM del estado futuro. A medida que se avance en la implantación pueden encontrarse nuevas oportunidades para mejorar el proceso. Por ello, cada propuesta será trabajada mediante un ciclo PDCA, para poder actualizar el plan y conseguir una mejora continua.

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo, se analizará la aplicación de las herramientas descritas en el capítulo anterior en diferentes empresas metal mecánicas de aluminio. Primero, se expone los problemas que se encuentran en cada una de las organizaciones revisadas. Luego se describe la metodología aplicada para el diagnóstico de la situación actual y las herramientas usadas para la propuesta de mejora. Por último, se evalúan los resultados conseguidos de la aplicación de estas mejoras y se realiza una comparación de los diversos casos estudiados para determinar su impacto.

A continuación, se expone 6 casos de estudio. En estos casos se realiza la aplicación de algunas herramientas de *Lean Manufacturing* para brindar propuestas de mejora. En los casos presentados se desarrollan herramientas como 5S's, mapa del flujo de valor (VSM), mantenimiento productivo total (TPM), entre otras.

3.1 Caso 1

En esta situación se hizo una indagación sobre la implantación de las herramientas de *Lean Manufacturing*, 5S's y TPM, en una empresa metal mecánica ubicada en el distrito de Puente Piedra en Lima (Perú) que fabrica ollas de aluminio. La empresa en estudio presenta problemas en la eficiencia de sus máquinas y altos índices de merma. (Mariñas & Vejarano, 2019)

En la tabla 1 se presenta este primer caso de investigación.

Características generales:

La empresa en que se basa el caso de estudio, no cuenta con procedimientos definidos. Asimismo, las áreas de trabajo se encuentran en desorden y no existe un plan de limpieza, lo cual afecta en la eficiencia de los operarios. Por último, no existe un plan de mantenimiento las máquinas, con lo cual ocurren paradas de máquina que afectan la capacidad productiva de la empresa.

En esta empresa se trabaja con aluminio reciclado, el cual se funde para luego formar láminas de aluminio con las cuales se trabajara en procesos de corte, laminado, discado, recocido, torneado, lijado, pulido, acabado y taladrado, con el objetivo de fabricar las ollas. (Mariñas & Vejarano, 2019)

Aplicaciones:

De acuerdo al presente caso de estudio, se tiene que la herramienta TPM resulta útil para empresas pequeñas que no dispone de un programa de mantenimiento preventivo, lo cual permitirá reducir las pérdidas en producción por las paradas provocadas al malograrse una máquina o porque estas se vuelven más ineficientes al no tener un mantenimiento adecuado. De esta forma las empresas pequeñas a pesar de no contar con capital suficiente para invertir en máquinas de mayor tecnología pueden ser más competitivas. Las 5's también es una herramienta muy eficaz en empresas en las

cuáles no hay orden ni limpieza en las estaciones de trabajo debido a que no hay procedimientos claros, no ha habido una buena distribución de planta o se ha tenido un crecimiento no planificado, con lo cual no puede existir un orden definido. Esta herramienta puede dar solución a este problema para evitar que los operarios se vuelvan menos productivos o existan altos porcentajes de merma.

Tabla 1: Caso de la empresa metal mecánica de ollas de aluminio.

Título	Aplicación del sistema Lean Manufacturing en el incremento de la productividad en una empresa metal mecánica de producción de ollas de aluminio
Institución	Universidad Tecnológica del Perú
Presentada por	Mariñas Cáceres, Diego; Vejarano Valqui, Edwin (2019)
Objetivo del Estudio	
<i>“Aplicar el Lean Manufacturing en el área de producción en la empresa ya que nos permitirá incrementar la productividad, definiendo los procesos y procedimientos en cada área correspondiente.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se recolectó la información necesaria para el estudio, en este caso sobre el proceso, describiendo las operaciones y máquinas involucradas. - Se elaboró un VSM, mediante el estudio del proceso y la toma de tiempos, para el conocimiento de la condición presente en la empresa. - Identificación de los principales problemas del proceso mediante los diagramas causa-efecto y Pareto, usando información recabada de entrevistas y observaciones. - Desarrollo de un plan de mejora para implementar las propuestas de mejora usando las técnicas 5S's y mantenimiento productivo total (TPM) - Por último se presentan los resultados de la aplicación de las mejoras, las conclusiones y las recomendaciones del estudio. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - Luego de implementar las mejoras, aumentó la eficiencia de las máquinas entre un 93% a 98%. - Se redujo la cantidad de piezas defectuosas de todas las operaciones de 217 a 42 al día. - La aplicación de las herramientas 5S's y TPM permitió incrementar la productividad en un 16.23%. 	

Fuente: (Mariñas & Vejarano, 2019)

3.2 Caso 2

En esta ocasión se realizó un trabajo de tesis sobre la aplicación de *Lean Manufacturing* en la empresa A/C Product Perú S.A.C., cuya planta se encuentra en el distrito de Ate en la ciudad de Lima (Perú). Esta empresa metal mecánica fabrica dos familias de productos, los cuales son difusores y rejillas hechas a partir de perfiles de aluminio. En el caso de estudio se presentan problemas de tiempos improductivos muy altos (tiempos definidos como demoras), generados por un deficiente ordenamiento y asignación de algunas estaciones y áreas laborales. Asimismo, se tiene el problema de productos defectuosos. Para estos problemas se plantean como herramientas la aplicación de las 5S's y el *Kaizen*. (Gonzales, 2019)

En la tabla 2 se resume este segundo caso de estudio.

Características generales:

En este caso la empresa es pequeña y está en el rubro metal mecánico. El material utilizado para la elaboración del producto es el aluminio (perfiles).

La empresa presenta problemas de productividad por la existencia de demoras en los procesos, los cuales se deben a una falta de organización e higiene en los puestos de trabajo. También existen problemas de calidad que se evidencian en productos defectuosos. (Gonzales, 2019)

Aplicaciones:

De acuerdo a lo visto en este caso, la aplicación de las 5'S tiene un impacto positivo en empresas pequeñas como esta, en la que el personal al ser un número reducido es más sencillo supervisar y cambiar la mentalidad de los mismos para que establezcan una nueva forma de trabajar basada en esta herramienta. Se puede aplicar las 5'S en empresas que tienen problemas de productividad principalmente por temas de desorden y limpieza en las estaciones de trabajo, las cuales generan demoras para iniciar las operaciones que agregan valor.

Se tiene además que la herramienta *Kaizen* de mejora continua basada en el círculo de Deming es aplicable a este tipo de empresas, en las que se va implementando y agregando mejoras en la medida que sean necesarias para resolver el problema. En empresas que no presentan un procedimiento claro en sus procesos ni indicadores de medición puede ser útil ya que mientras se va mejorando se pueden ir mapeando los resultados para evaluar si son positivos o negativos.

Tabla 2: Caso de la empresa A/C Products Perú S.A.C. 2018.

Título	Propuesta de mejora de las líneas de producción de rejillas y difusores mediante la aplicación de la manufactura esbelta en la empresa A/C Products Perú S.A.C. 2018
Institución	Universidad Andina del Cusco
Presentada por	Gonzales Álvarez, Gonzalo Sebastián (2019)
Objetivo del Estudio	
<p>“Elaborar una propuesta para mejorar las líneas de producción de rejillas y difusores mediante la aplicación de la manufactura esbelta en la empresa A/C Products Perú S.A.C 2018.” Asimismo, como objetivos específicos se enfoca en mejorar los tiempos de producción y la calidad del producto.</p>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se realizó la recopilación de datos, en la cual se empleó la observación con el fin de evaluar desempeños y apreciar de forma integral los procesos. Asimismo, se utilizó la revisión de documentos, para tener información que confirme y permita contrastar los datos que han sido conseguidos en esta investigación. - Descripción de las actividades de producción de cada producto mediante diagramas analíticos de procesos (DAP) para clasificar los diferentes tiempos de producción en tiempos de operación, inspección, demora, transporte y almacén. - Se hizo un esquema de causa-efecto, para encontrar las causas críticas de los problemas de calidad en la empresa. - Se desarrolló un plan de mejora utilizando la técnica de 5S's para reducir los tiempos de producción, enfocándose en eliminar los tiempos correspondientes a demoras. - Se desarrolló un segundo plan de mejora aplicando la herramienta <i>Kaizen</i>, usando el ciclo PDCA o círculo de Deming, con la finalidad de disminuir la cantidad de piezas y productos defectuosos. - Por último se exponen los resultados de la aplicación de las mejoras, las conclusiones y las recomendaciones del estudio. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - Se redujo el tiempo de producción de la línea 1 en una hora con cincuenta y siete minutos, lo cual representa una reducción de 25.5%. - Se redujo el tiempo de producción de la línea 2 en cuarenta minutos y veintiocho segundos, lo cual representa una reducción de 20.9%. - Se redujo la cantidad de piezas defectuosas de todas las operaciones de 11 a 0 al día. - La disminución de los tiempos de fabricación favorece una mejora en la productividad. 	

Fuente: (Gonzales, 2019)

3.3 Caso 3

En este trabajo de tesis planteó la aplicación de herramientas de *Lean Manufacturing* en una empresa destinada a la venta y fabricación de perfiles de aluminio con acabado de madera, cuya planta se ubica en la ciudad de Guayaquil, en Ecuador. Como propuesta de mejora se presenta la aplicación de las herramientas 5'S y TPM. (Larreátegui, 2010)

En la tabla 3 se resume mejor este tercer caso de estudio.

Características generales:

En este caso los problemas que presenta esta organización son intervalos desocupados o inactivos como consecuencia de una escasez de materia prima y por la falta de orden en el almacén de perfiles maderados, hay pausas no planificadas de la fabricación por problemas con la maquinaria, y existen retrasos en la operación de empacado de perfiles. La empresa compra los perfiles de aluminio para que en esta se lleve a cabo el proceso de maderado, luego de lo cual será vendido a otras empresas que fabriquen puertas, ventanas, etc. (Larreátegui, 2010)

Aplicaciones:

De acuerdo a lo visto en este caso puede aplicarse las herramientas 5'S y TPM en empresas que trabajen con perfiles de aluminio y cuenten con procesos de perforado, pintado y recocido. Para los cuales se puede mejorar la utilización del recurso máquina. Asimismo, por el plan de 5'S permite reducir demoras provocadas por falta de organización dentro de la empresa. Estas mejoras de productividad son fundamentales en empresas pequeñas y medianas que tienen oportunidades en un mercado con una demanda creciente y muy competitiva. Por lo tanto, es vital aprovechar al máximo la capacidad disponible en planta para brindar una mejor capacidad de respuesta.

3.4 Caso 4

Para este caso se realizó un trabajo de tesis sobre la aplicación de herramientas de *Lean Manufacturing* en la empresa Envases Lima S.A.C., la cual fabrica y comercializa tubos colapsibles de aluminio. Esta empresa cuenta con 126 trabajadores y cuenta con cinco líneas de producción, localizada en el distrito de Ate en la ciudad de Lima (Perú). (Chavez, 2019)

En la tabla 4 se resume este caso de estudio.

Tabla 3: Caso de la empresa destinada a la producción de perfiles de aluminio maderado

Título	Evaluación y planteamiento de mejoras en el proceso de maderado de aluminio utilizando técnicas de producción esbelta
Institución	Escuela Superior Politécnica del Litoral
Presentada por	Larreátegui Loor, Víctor José (2010)
Objetivo del Estudio	
<i>“Plantear mejoras en lo referente a las actividades desarrolladas dentro de la planta enfocadas a mejorar la productividad y disminuir costos innecesarios en el proceso de maderado del aluminio”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se recolectó los datos necesarios para describir el proceso productivo actual que se llevaba en la planta y establecer las dificultades más destacables que afectan a la empresa. - Se identificó las causas de los problemas mediante la elaboración de diagramas de Ishikawa. Asimismo, se definió cuáles eran las causas más críticas mediante un diagrama de Pareto, teniendo como factor la frecuencia de que ocurra. - Mediante un trabajo en equipo con los dueños de la empresa y una matriz de decisiones se determinó cuáles son las medidas de solución pertinentes. - Se aplicó la técnica de las 5S's para elaborar un programa de mejora con el objetivo de incrementar la productividad en el área de producción, estableciendo estaciones de faena que presenten una mejor estructura, orden, higiene y seguridad. De esta manera se busca optimizar el uso de los recursos y un entorno laboral mejor organizado. - Se aplicó la técnica de mantenimiento productivo total (TPM) para aumentar la eficiencia productiva de las máquinas, principalmente por problemas de disponibilidad debido a paras no programadas. - Por último se exponen los resultados de la aplicación de las mejoras, las conclusiones y las recomendaciones del estudio. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - Al aplicar las 5S's se tuvo las posteriores mejoras: <ul style="list-style-type: none"> • Se redujo el tiempo de búsqueda de perfiles de 3.17 min a 0.94 min (un 70% menor) • Se redujo el tiempo de despacho de perfiles para despachos pequeños de 25.6 min a 12.3 min (un 52% menor) y para despachos grandes de 50.43 a 24.37 min (un 52% menor) • Se redujo los errores de identificación y empaquetado de perfiles en un 99%. - Con la aplicación del TPM, la eficiencia global del equipo (OEE) aumento de 54.6 % a 70.8%. - La eliminación de las paras no programadas ha brindado un tiempo adicional para el aumento de la producción de la planta. 	

Fuente: (Larreátegui, 2010)

Tabla 4: Caso de la empresa Envases Lima S.A.C.

Título	Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la línea de tubos colapsibles para incrementar la productividad de la empresa ELIMSA
Institución	Universidad César Vallejo
Presentada por	Chavez Navarro, Kevyn Aderli (2018)
Objetivo del Estudio	
<p><i>“Determinar como la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la línea de tubos colapsibles incrementa la productividad en la empresa ELIMSA.”</i></p>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se identificó mediante investigación, las dificultades más distinguidas que perjudican la producción de la empresa. De esta manera, se encontró que el tiempo que las máquinas permanecen paradas puede ser una importante oportunidad de mejora. - Mediante la elaboración de un diagrama de causa-efecto se identificó las principales causas del exceso de tiempo de cambio de producto en las máquinas de la línea de producción. - Se realizó un DOP del proceso de fabricación actual. Asimismo, mediante observación se recolecta los datos para que luego mediante un análisis estadístico se pueda determinar la eficacia, eficiencia y productividad actual de la empresa a fin de comparar con los resultados luego de la implementación de las mejoras. - Se elaboró un VSM, mediante el estudio del proceso y la toma de tiempos, para poder determinar qué operaciones son los principales cuellos de botella. - Se realizó la implementación de la herramienta SMED en las operaciones cuello de botella, con el objetivo de convertir las actividades internas en externas durante el cambio de producto. - Como soporte a la herramienta SMED se aplicó la herramienta de las 5's y <i>Poka Yoke</i> con el fin de tener un lugar de trabajo más ordenado para realizar el cambio y evitar errores durante la realización de cambio en la máquina respectivamente. - Por último se exponen los resultados de la aplicación de las mejoras, las conclusiones y las recomendaciones del estudio. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - Luego de implementar las mejoras, aumentó la productividad en la producción de los tubos colapsibles de aluminio de un 0.55 a 0.62. - La eficacia de la producción aumentó de 62.1% a 67.5% (6.4%) - La eficiencia en el uso de los recursos aumentó en 5.2%. Se logró reducir de 10 a 9 trabajadores en la línea de producción dónde se hizo el estudio. 	

Fuente: (Chavez, 2018)

Características generales:

En el caso de estudio se presentan problemas en la disminución de la producción anual, lo cual perjudica a la empresa ya que sus principales clientes de las industrias farmacéuticas y cosméticas son muy exigentes y representan un mercado muy competitivo, por lo cual es importante ofrecerles un producto de calidad y al menor precio. Además es necesario para la empresa aumentar la productividad ya que se espera un crecimiento del requerimiento de los clientes durante los posteriores años, lo cual sobrepasaría la capacidad actual. Durante la investigación se consigue identificar que hay una importante oportunidad de mejora en los tiempos de preparación de maquinaria debido a que representa la principal causa de que haya tiempos de parada en la producción. Como propuesta de mejora se establece la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing* como SMED, para disminuir los tiempos de cambio de producto en los equipos y maquinarias que intervienen en las operaciones cuello de botella de una de las líneas de producción. Asimismo, para complementar la anterior herramienta se propone 5's y *Poka Yoke* con lo cual se busca un ambiente de trabajo más ordenado y evitar los errores durante el procedimiento de cambio. (Chavez, 2019)

Aplicaciones:

En este caso se puede apreciar que la herramienta SMED puede ser útil en empresas medianas que necesitan flexibilizar su producción sin sacrificar su productividad y capacidad de producción, con el objetivo de competir con otras empresas más grandes que pueden tener mejor tecnología y recursos.

Asimismo, se puede resaltar que las herramientas de *Lean Manufacturing* no tienen por qué actuar de forma aislada atacando distintos problemas que presente la empresa, si no que se pueden integrar para conseguir una solución más completa. El ejemplo de la aplicación de *Poka Yoke* para este caso, puede ser útil en empresas que presentan una alta rotación de personal. De esta forma, se puede evitar el error de operarios nuevos o inexpertos durante el procedimiento de cambio. En caso contrario, la herramienta no tendría un impacto tan significativo en empresas con personal altamente calificado.

3.5 Caso 5

En este trabajo de tesis se presenta la aplicación de la herramienta TPM en la empresa FAMY EIRL, la cual trabaja en la manufactura y venta de ollas de aluminio. Se encuentra localizada en el distrito de los Olivos en la ciudad de Lima en Perú. (Vargas, 2017)

A continuación se realiza una breve descripción de este caso de estudio en la tabla 5.

Tabla 5: Caso de la empresa Industrias FAY EIRL

Título	Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad en el área de repujado de la empresa Industrias FAMY EIRL, Los Olivos, 2017
Institución	Universidad César Vallejo
Presentada por	Vargas Yupanqui, Esnider (2017)
Objetivo del Estudio	
<i>“Determinar de qué manera el Mantenimiento Productivo Total mejora la productividad en el área de repujado de la empresa industrias FAMY EIRL.”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se recolectó la información mediante reuniones con la directiva y los empleados. De este modo, se identificó las principales causas del problema. - Identificación de los motivos principales empleando la metodología de los cinco porqués y el diagrama de causa-efecto. - Mediante ponderación de las causas se elabora un diagrama de Pareto para identificar cuáles son las más críticas. - Mediante la elaboración de un diagrama de causa-efecto se identificó las principales causas del exceso de tiempo de cambio de producto en las máquinas de la línea de producción. - Mediante observación y análisis estadístico se determina la productividad, eficacia y eficiencia de la empresa en la situación actual para comparar estos indicadores con los resultados luego de la implementación de las mejoras. - Implementación de la herramienta TPM para disminuir los intervalos de parada en la producción debido a la falla de la maquinaria, con lo cual ocurre un incremento de la capacidad de producción y se reducen costos que no agregan valor al producto. - Por último se exponen los resultados de la aplicación de las mejoras, las conclusiones y las recomendaciones del estudio. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - Luego de implementar la herramienta TPM, la productividad de la empresa, mejoró de 0.73 a 0.86. - La eficacia de la producción aumentó de 85% a 93%. - La eficiencia en el uso de los recursos aumentó de 85% a 93% 	

Fuente: (Vargas, 2017)

Características generales:

En el caso de estudio se trata de una pequeña empresa metal mecánica en la que se evidencia que no existe un plan de producción ni de mantenimiento preventivo, el cual es en su totalidad correctivo. Esto representa un alto costo para la empresa que al presentarse cualquier problema en la máquina solo se busca repararla o reemplazarla, lo cual genera pérdidas no solo por el costo de los repuestos sino por el tiempo que permanece parada la producción. Para dar solución a este problema se propone implementar la herramienta del mantenimiento productivo total (TPM). (Vargas, 2017)

Aplicaciones:

De acuerdo a lo visto en este caso el TPM es una herramienta potente y eficaz para comenzar un programa de mantenimiento preventivo y autónomo en empresas que sufren constantes paradas por averías en los equipos y maquinaria.

3.6 Caso 6

En este trabajo de tesis se presenta la aplicación de la herramienta 5S's en el departamento de matricería en una empresa de extrusión de aluminio, la cual se encuentra ubicada en Ecuador. (Hidalgo, 2005)

En la tabla 6 se resume el mencionado caso de estudio.

Características generales:

La empresa se encuentra ubicada en el extranjero, en el país de Ecuador, y que está destinada a la producción de perfiles de aluminio. La empresa no cuenta con un organigrama definido y algunos procesos tampoco están mapeados. Por otro lado, durante el estudio se encontraba en proceso de implementación del sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001:2000.

En esta compañía se encuentran las áreas de extrusión, anodización, pintado electrostático líquido, pintado electrostático en polvo, fundición y matricería.

En el caso de estudio se presenta que el área de matricería es una de las áreas críticas debido a que de esta área depende la buena calidad de su producto y es un punto clave para una mejor organización de la producción. Esta área se encontró en condiciones muy bajas de cumplimiento con lo requerido por la herramienta 5S's. Por lo tanto, se procedió a realizar la implementación de esta herramienta con el fin de dar solución al problema de orden y la falta de una cultura y disciplina por parte de la gerencia y trabajadores de la organización. Al final del estudio se recalca que aún hace falta un mayor compromiso y motivación por parte de la directiva y los empleados en promover la implementación de las 5S's. (Hidalgo, 2005)

Aplicaciones:

En este caso se aplicó las 5S's como alternativa de solución. Como se puede apreciar, la herramienta es muy básica y puede ser aplicada en entornos incluso dónde hay una evidente desorganización y falta de disciplina y motivación por mejorar la situación de la empresa. Pero para que esta tenga realmente un impacto positivo se necesita involucrar a todo el personal, principalmente motivándolo que es como se buscó en este caso, dónde ha habido poca intención de parte de los trabajadores en aplicar la metodología de 5S's.



Tabla 6: Caso de la empresa extrusora de aluminio.

Título	Implementación de una metodología con la técnica 5S para mejorar el área de matricería de una empresa extrusora de aluminio.
Institución	Escuela Superior Politécnica del Litoral
Presentada por	Hidalgo Castro, Daniel Steve (2005)
Objetivo del Estudio	
<i>“Implementar una metodología con el sistema 5S dentro de un área estratégica de la empresa en estudio”</i>	
Metodología de Implementación	
<p>Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se recolectó la información mediante entrevista con los empleados de la empresa. De esta manera, se identifica la organización de la empresa y los principales procesos. - Se determinó que el área de matricería es una de las más importantes debido a que es la determina la calidad del producto. Asimismo, es una de las más críticas dado los problemas de desorden y falta de procedimientos establecidos. - Se realizó el mapeo de procesos en el área de matricería para determinar dónde se encuentran los desperdicios de tiempo que pueden ser resueltos con la herramienta 5S's. Asimismo, se determinó el grado de presencia de la técnica 5S's en el área. - Se estableció y midió los indicadores para comparar los resultados antes y posterior a la mejora. - Ejecución de la herramienta 5S's en el departamento de matricería. - Se realizó la evaluación de los indicadores luego de implementar la mejora para analizar el efecto de la herramienta en la mejora de la producción de la empresa. - Se presenta una evaluación económica de la implementación de las 5S's. - Por último se exponen los resultados de la ejecución de las mejoras, las conclusiones y las recomendaciones del estudio. 	
Resultados	
<ul style="list-style-type: none"> - Luego de implementar las herramientas, la cantidad de matrices pulidas del área de matricería aumentó en 20%. Esto evidencia un incremento en la productividad en esta área. - Se redujo el tiempo de algunas operaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de búsqueda de matrices en 12.6% • Tiempo de limpieza en tanque de soda en 25% - Se redujo el porcentaje de desperdicio en 5.8% de aluminio, en el cual uno de los factores que influyó en esta reducción fue las 5S's que permitió mejorar el estado de las matrices, lo cual mejoró el proceso de extrusión. 	

Fuente: (Hidalgo, 2005)

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

En el presente capítulo, se elaborará una lista de factores para comparar los casos de estudio descritos en el capítulo 3, con el objetivo de ver las similitudes presentes en la metodología de investigación y los resultados obtenidos con el fin de plantear conclusiones y evaluar la veracidad de las hipótesis planteadas al inicio de este trabajo.

4.1 Metodología

Primero se definirán factores que permitan dar respuesta a las hipótesis que permitirán cumplir con el objetivo de estudio.

Luego se listarán otros factores que definirán características de la metodología utilizada en cada caso, esto con el fin de determinar qué tan importante puede ser en la determinación de emplear una herramienta de *Lean Manufacturing* u otra.

Posteriormente, se agregarán factores que identifiquen las características más resaltantes en las empresas de estudio con el fin de compararlas y poder concluir en que otras empresas con la misma situación las herramientas de *Lean Manufacturing* aplicadas pueden generar importantes mejoras y resultados.

Después de listar todos los factores, se procede, mediante una tabla, a definir en cuáles de los casos está presente cada factor. Esto permitirá comparar las características y resultados de cada uno de los trabajos revisados con lo cual será posible plantear conclusiones.

4.2 Factores

Es necesario para establecer las conclusiones del presente trabajo de investigación evaluar diferentes criterios o factores en los diferentes casos de estudio revisados en el capítulo anterior. Los factores a evaluar y su justificación se presentan a continuación:

- Mejora la productividad: Es importante en este estudio evaluar si en los casos revisados ha habido efectivamente una mejora en cuanto a la productividad de la empresa.
- Mejora la calidad: Para responder a la segunda hipótesis se necesita evaluar si ha habido mejora en cuanto a la calidad del producto o ha habido una reducción de la cantidad de productos defectuosos.
- Aplicación de herramientas de *Lean Manufacturing*: Para lograr el objetivo de la investigación es necesario corroborar que las propuestas de mejora aplicadas se han empleado herramientas y conceptos de la Manufactura Esbelta.
- Mejoró la utilización de los recursos: Permite evaluar si ha habido una mejora en la eficiencia de los operarios y las máquinas.

- Se utilizó herramientas de análisis y diagnóstico: Como parte de la metodología utilizada se evalúa si se hizo utilizaron herramientas como el esquema de Ishikawa, diagrama de Pareto, técnica de los cinco porqués, entre otras para determinar las principales causas del problema que afecta a la empresa en estudio.
- Se utilizó la herramienta VSM: Como una de las herramientas de *Lean Manufacturing* es importante determinar si está presente en el análisis del estado presente en la organización y para evidenciar las mejoras con el VSM futuro.
- Aplicación de otras herramientas: Se utilizó otras herramientas diferentes a las de *Lean Manufacturing* como propuesta de mejora.
- Se utiliza más de una herramienta de *Lean Manufacturing*: Se puede evidenciar que las herramientas de Manufactura Esbelta pueden trabajar juntas con el objetivo de conseguir mejoras en la empresa.
- Existe un beneficio económico: Para evaluar si la mejora trae un beneficio económico a la empresa mayor a los costos de implementación.
- No hay procedimientos definidos: Es importante para evaluar el contexto de la empresa. Asimismo, se refiere a que no hay una forma establecida de cómo se hacen las cosas y que no existe un plan de mantenimiento.
- Existe desorden y falta de limpieza: Para evaluar bajo qué condiciones se encuentra la empresa.
- Compromiso por parte del personal de la empresa: La influencia del factor humano es importante para determinar si una herramienta de *Lean Manufacturing* es exitosa o no.

4.3 Tabla comparativa.

En la tabla 7 se muestra la comparación de los resultados para determinar en cuales de los casos de estudio están presentes los factores anteriormente descritos. Se colocará un *check* en caso el factor esté presente, mientras que se dejará en blanco si no está presente.

Para las propuestas de mejora solo se aplicaron herramientas de *Lean Manufacturing* y no otras de ingeniería industrial.

Se confirma la primera hipótesis que en la totalidad de los casos ha habido un aumento de la productividad con la implementación de herramientas de *Lean Manufacturing*. Sin embargo, para la segunda hipótesis solo se puede confirmar que en la mitad de los casos ha habido un incremento en la calidad.

Tabla 7: Comparación de resultados de los casos de estudio

FACTORES / CASOS DE ESTUDIO	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6
Mejora la productividad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mejora la calidad	✓	✓	✓			
Aplicación de herramientas de <i>Lean Manufacturing</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mejoró la utilización de los recursos	✓		✓	✓	✓	
Se utiliza herramientas de análisis y diagnóstico	✓	✓	✓	✓	✓	
Se utilizó la herramienta VSM	✓			✓		
Se utiliza más de una herramienta de <i>Lean Manufacturing</i> .	✓	✓	✓	✓		
Aplicación de otras herramientas						
No hay procedimientos definidos	✓			✓	✓	✓
Existe desorden y falta de limpieza	✓	✓	✓	✓		✓
Existe un beneficio económico				✓	✓	✓
Compromiso y motivación del personal	✓	✓	✓	✓	✓	

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se desarrollan las conclusiones finales y recomendaciones del trabajo de investigación de acuerdo a lo explicado y analizado en los capítulos anteriores.

5.1 Conclusiones.

En casi todos los casos se ha realizado un adecuado análisis y diagnóstico utilizando herramientas como el diagrama de causa-efecto y diagrama de Pareto, lo que ha permitido identificar mejor las causas críticas del problema y encontrar la herramienta de *Lean Manufacturing* más adecuada para dar solución y mejorar la productividad de la empresa.

Las herramientas más usadas en este tipo de empresas son las de 5S's y TPM, esto se debe a que al evaluar la situación actual no se cuentan con procesos totalmente mapeados, existe desorden y desorganización dentro de las áreas de la empresa. Asimismo, no hay un plan de mantenimiento en las máquinas.

En los cuatro primeros casos analizados se evidencia que las herramientas de *Lean Manufacturing* pueden trabajar juntas para cumplir el mismo o diferentes objetivos mejorando la productividad o reduciendo la cantidad de productos defectuosos y tiempos improductivos. En el caso cuatro en específico se tiene una integración de tres herramientas con lo cual se consigue una mejor implementación del SMED, lo cual potencia la propuesta pues permite la reducción de tiempos que no agregan valor y genera un incremento en la productividad.

En la totalidad de los casos revisados la aplicación de una o más herramientas de *Lean Manufacturing* ha tenido un efecto positivo en la disminución de los tiempos de fabricación y demoras que no agregan valor, lo cual ha permitido una mejora en la productividad. Sin embargo, solo en la mitad de los casos se ha podido confirmar un efecto positivo en el incremento de la calidad.

Es evidente la importancia de la responsabilidad y compromiso de la directiva y personal de la empresa para poder implementar las herramientas de *Lean Manufacturing* sobre todo en la metodología de las 5S's, que involucra un cambio no solo en el área de producción sino en toda la cultura de la organización.

La implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing* permiten que empresas medianas o pequeñas, como las revisadas en los casos de estudio, a pesar de la falta de capital puedan ser más competitivas al mejorar su capacidad de producción con lo cual pueden ofrecer mejores tiempos de respuesta y productos de calidad, sin que sea un requisito gastar en más recursos. Por ejemplo, el TPM permite optimizar el uso de los recursos ampliando la capacidad productiva de los mismos.

La mayoría de empresas revisadas en los trabajos no presentan procedimientos definidos en la organización y mantenimiento de sus estaciones de trabajo. Asimismo, tienen problemas de desorden y falta de limpieza. Esto evidencia que estos problemas no son impedimento para aplicar *Lean Manufacturing* si no que representa una importante oportunidad de mejora para esta filosofía.

En la mitad de los casos existe un beneficio económico con la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing*. Con esto se concluye que esta metodología puede ser efectiva en empresas pequeñas que no cuentan con mucho capital ya que el ahorro generado es mayor a la inversión inicial. Por otro lado, en los otros tres casos no se realizó un análisis económico financiero.

5.2 Recomendaciones.

Es importante que al hacer el estudio se pueda considerar más casos de estudio y realizar una segmentación adecuada teniendo como base las características específicas de cada empresa que se ha visto en cada uno de los casos para realizar la comparación y llegar a conclusiones más precisas.

Se puede continuar con la investigación realizando un englobe más general con empresas del sector metal mecánica no solo de aluminio si no de diferentes rubros para evaluar las diferencias o similitudes que presenta cada una en la implementación de las herramientas de *Lean Manufacturing*.

Es posible agregar más casos de estudio a la investigación para poder obtener resultados cuantitativos que permitan plantear conclusiones más elaboradas y precisas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arango Serna, M. D., Campuzano Zapata, L. F., & Zapata Cortes, J. A. (2015). Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*, 14(27), 221-233. Recuperado 10 de mayo de <https://doi.org/10.22395/rium.v14n27a13>

Castellano Lendínez, L. (2019). Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos. *3C Tecnología*, 8(1), 30-41. Recuperado 8 de mayo de <https://search-proquest-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/docview/2209310110?accountid=28391>

Chavez Navarro, K. A. (2018). Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la línea de tubos colapsibles para incrementar la productividad de la empresa ELIMSA. Recuperado 15 de septiembre de 2020, de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33729/Chavez_NK.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gonzales Álvarez, G. S. (2019). Propuesta de mejora de las líneas de producción de rejillas y difusores mediante la aplicación de la manufactura esbelta en la Empresa A/C Products Peru S.A.C. Recuperado 3 de julio de 2020, de http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/3254/1/Gonzalo_Tesis_bachiller_2018.pdf

Hernández Matías, J.C., & Vizán Idoipe, A. (2013). Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación. Fundación EOI. Recuperado 20 de mayo de <http://www.leanproduction.co/biblioteca-lean/descargar-libro-lean-manufacturing-conceptos-tnicas-e-implantacion.html>

Hidalgo Castro, D. S. (2005). Implementación de una metodología con la técnica 5S para mejorar el área de matricería de una empresa extrusora de aluminio. Recuperado 7 de octubre de 2020, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4383/1/6903.pdf>

Larreátegui Loor, V. J. (2010). Evaluación y Planteamiento de Mejoras en el Proceso de maderado de aluminio utilizando técnicas de producción esbelta. Recuperado 15 de julio de 2020, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14427/1/Tesis%20Victor%20Larreategui.pdf>

Madariaga Neto, F. (2019). Lean manufacturing: Exposición adaptada a la fabricación repetitiva de familias de productos mediante procesos discretos.

Mariñas Caceres, D. & Vejarano Valqui, E. M. (2019). Aplicación del sistema Lean Manufacturing en el incremento de la productividad en una empresa metal mecánica de producción de ollas de aluminio. Universidad Tecnológica del Perú. Recuperado 24 de Junio de http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/2583/1/Diego%20Mari%C3%B1as_Edwin%20Vejarano_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf

Vargas Yupanqui, E. (2017). Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la productividad en el área de repujado de la empresa Industrias FAMY EIRL Los Olivos, 2017. Recuperado 15 de septiembre de 2020, de http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10068/Vargas_YE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rey Sacristán, F. (2005). Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo. Madrid: Fundación CONFEMETAL.

