

# **Revisión de la implementación lean manufacturing en la industria automotriz en Colombia**

Cristian David Larrea Yela

Asesora

Mercedes Ilse Teran Leon

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Industrial

2024

### **Dedicatoria**

En primer lugar, le agradezco a Dios por brindarme sabiduría, responsabilidad y la oportunidad de llevar a cabo este bonito proyecto. A mi familia mis padres Marina, Nolberto, mis hermanas,

Liliana, Luceli, Salome por su apoyo incondicional.

A esta gran institución como es la universidad muchas gracias por abrirme las puertas, el conocimiento, espacios, para realizar con éxito la ingeniería industrial, a cada uno de sus directores, tutores quienes estuvieron dispuestos a compartir su discernimiento y guiarme en este caminar. De manera muy especial agradezco a la directora Ing. Mercedes Ilse Teran Leon, por su colaboración y dedicación en todo el proceso. A la tutora Paula Camila Vanegas Ipia, por sus sugerencias, consejos y recomendaciones para el desarrollo de la investigación.

## Resumen

Lean Manufacturing es una filosofía de producción que permite reducir los desperdicios y agregar valor a las actividades de producción. Esta filosofía se ha adaptado a muchos sectores como la construcción, el sector textil, la salud, y el sector automotriz, entre otros.

Su implementación permite a las empresas mayor eficiencia y ser competitivas en el mercado. En la revisión de la literatura concerniente a este trabajo de investigación se evidencia que los casos de implementación en la Industria Automotriz en Colombia aún son escasos por lo cual es necesario una mayor producción académica que permita mejorar el entendimiento de la aplicación de esta herramienta para que más empresas se acerquen a la adopción de la filosofía y se beneficien de ella.

En este sentido, surge la motivación de profundizar en la revisión de la información respecto de la implementación de Lean Manufacturing en el sector automotriz en Colombia y por lo tanto el objetivo de esta Monografía es evaluar las herramientas utilizadas en la implementación de Lean Manufacturing en la Industria Automotriz en Colombia con el fin de contribuir a un mejor entendimiento de la aplicación en las empresas y de proporcionar un acercamiento a esta filosofía.

Para lograr este objetivo se realizará una revisión de la bibliografía para identificar las empresas del sector automotriz de Colombia que han implementado Lean Manufacturing en sus procesos de producción, posteriormente se describirán las herramientas usadas en su implementación y finalmente se analizarán dichas herramientas.

***Palabras claves:*** Lean Manufacturing, TPS, JIT, industria Automotriz.

## Abstract

Lean Manufacturing is a production philosophy aimed at reducing waste and adding value to manufacturing activities. This approach has been adapted across various industries, including construction, textiles, healthcare, and automotive, among others. Its implementation enables companies to enhance efficiency and maintain competitiveness in the market.

A review of the literature related to this research reveals that documented cases of Lean Manufacturing implementation in the Colombian automotive industry remain scarce. This underscores the need for further academic research to improve understanding of the methodology's application, facilitating its adoption by more companies and allowing them to benefit from its principles.

In this context, this monograph aims to explore the implementation of Lean Manufacturing in Colombia's automotive sector. The objective is to assess the tools utilized in this process to contribute to a better understanding of their application in companies and provide insights into this production philosophy.

To achieve this, a literature review will be conducted to identify automotive companies in Colombia that have integrated Lean Manufacturing into their production processes. Subsequently, the tools employed in its implementation will be described, followed by an analysis of their effectiveness.

**Keywords:** Lean Manufacturing, TPS, JIT, Automotive Industry.

## Tabla de Contenido

Planteamiento del Problema .....	8
Formulación del Problema.....	9
Objetivos.....	10
Objetivo General .....	10
Objetivo Específicos.....	10
Justificación .....	11
Marco Conceptual y Teórico .....	13
Antecedentes.....	28
Metodología.....	30
Desarrollo Objetivo 1 .....	33
Desarrollo Objetivo 2.....	44
Desarrollo Objetivo 3.....	52
Desarrollo Objetivo 4.....	55
Conclusiones.....	57
Recomendaciones .....	58
Referencias Bibliográficas.....	59

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Línea de tiempo de Lean</i> .....	14
<b>Tabla 2</b> <i>Cronograma de actividades para el desarrollo de la monografía</i> .....	32
<b>Tabla 3</b> <i>Referencias encontradas sobre lean manufacturing</i> .....	34
<b>Tabla 4</b> <i>Herramientas de lean manufacturing seleccionadas como las mejores alternativas en la industria automotriz en Colombia</i> .....	55

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Aporte de empleos en Colombia en el sector automotriz</i> .....	11
<b>Figura 2</b> <i>Metodología de las 5s</i> .....	19
<b>Figura 3</b> <i>Fases de la herramienta SMEED</i> .....	20
<b>Figura 4</b> <i>Pilares TPM</i> .....	21
<b>Figura 5</b> <i>Forma de uso Kanban</i> .....	23
<b>Figura 6</b> <i>Estructura para la introducción del Just In Time</i> .....	24
<b>Figura 7</b> <i>Control y supervisión de producción</i> .....	26
<b>Figura 8</b> <i>Metodología Six Sigma</i> .....	27

## Planteamiento del Problema

Descripción del Problema: La Industria automotriz es un dinamizador importante en la economía colombiana (Liker, 2004), y las empresas siempre están buscando mejorar la calidad de sus productos y así satisfacer las exigencias de los clientes, y a su vez les permite ser más competitivas en el mercado, debido a esto, algunas de ellas han buscado la adopción de nuevos conceptos, herramientas o filosofías que les permitan ser más productivos, como lo es la filosofía de producción de Lean Manufacturing, adoptada por muchas empresas alrededor del mundo para mejorar y ser más eficientes en sus procesos de producción.

Lean Manufacturing es una filosofía de producción, originada a partir del Sistema de producción de Toyota que tiene como objetivo mejorar la calidad de los productos a la vez que aumenta el valor del cliente y disminuye los desperdicios (Liker, 2004).

La filosofía de producción Lean Manufacturing se pone en marcha en las empresas mediante diferentes herramientas, siendo las más conocidas el JIT (Just inTime), Kanban, Mejora Continua, 5'S, VSM, Poka Yoke, Six Sigma, entre otras. Algunos autores alrededor del mundo han reportado la implementación de Lean Manufacturing en la Industria automotriz, evidenciando los beneficios de la herramienta, tales como mejora en la calidad de los productos o servicios, reducción del tiempo de producción, mayor disciplina en el trabajo, empleados que están satisfechos con su trabajo, entre otros (Pradilla et al., 2016).

Sin embargo, a pesar de los beneficios proporcionados el activar Lean Manufacturing en las empresas, en Colombia su puesta en práctica es poco conocida y los casos de implementación en la Industria Automotriz son reducidos, en la revisión de la literatura de esta investigación se evidencio que son pocos los casos de colocar en funcionamiento reportados hasta la fecha actual, por lo cual se evidencia la escasa producción académica que permita el acercamiento de las

empresas Colombianas específicamente del sector automotriz al entendimiento y la adopción de esta filosofía.

Debido a lo anterior y a la importancia del sector automotriz en Colombia, en este trabajo se plantea el análisis de las prácticas de Lean Manufacturing aplicadas en este sector, para avanzar en el debate y proporcionar a la comunidad académica un avance en la investigación que permita a otras empresas beneficiarse de llevar a cabo esta herramienta y un mayor acercamiento a esta filosofía de producción.

### **Formulación del Problema**

¿Cómo se ha implementado y qué beneficios se ha obtenido con el sistema de Lean Manufacturing en algunas empresas de la Industria Automotriz en Colombia?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar las herramientas de Lean Manufacturing, implementadas en las empresas del sector automotriz en Colombia.

### **Objetivo Específicos**

Identificar mediante la revisión del estado del arte, las empresas del sector automotriz que han implementado Lean Manufacturing en sus procesos de producción.

Describir las herramientas de Lean Manufacturing implementadas por el sector automotriz en Colombia.

Analizar las herramientas de Lean Manufacturing aplicadas en el sector automotriz en Colombia.

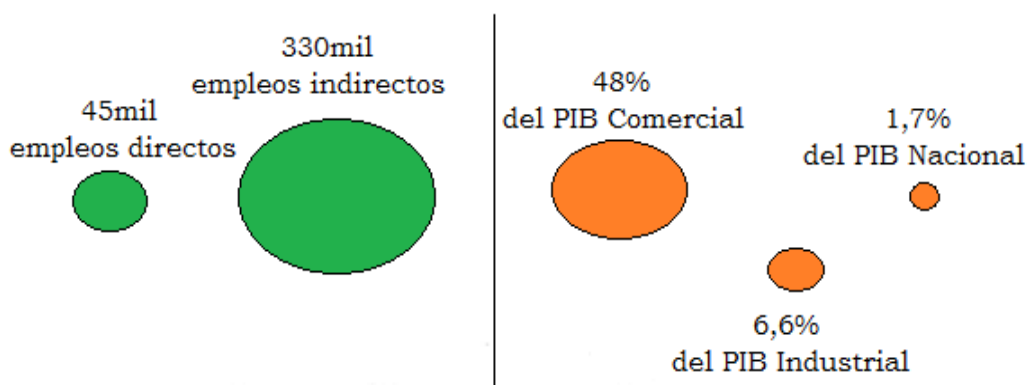
Definir las mejores alternativas de Lean Manufacturing que puedan contribuir a mejorar los procesos de producción en el entorno automotriz en Colombia.

## Justificación

Como se mencionó anteriormente, la Industria automotriz en Colombia es un dinamizador de gran importancia en la economía del país. El aporte al Producto Interno Bruto de Colombia en cuanto a la fabricación de vehículos representa el 1,7% y genera más de 45 mil empleos directos y 330 mil indirectos (Renting Colombia, 2022).

### Figura 1

*Aporte de empleos en Colombia en el sector automotriz*



*Nota.* Aporte del sector automotriz al PIB en Colombia. *Fuente.* ANDI, 2022

En el año 2021, el sector automotriz en Colombia cerró con un acumulado de 250.497 carros nuevos matriculados, esta cifra representa un aumento del 32.8% en comparación con el año 2020. De igual forma, en los últimos 5 años se han vendido 237.400 automóviles al año en el país y entre enero-abril de 2022, las ventas aumentaron un 2.7% respecto al mismo periodo del 2021(Sectorial, 2022).

Por otra parte Lean Manufacturing permite mejorar la calidad de los productos o servicios que ofrecen las empresas que lo implementan, a la vez que elimina los desperdicios de sus procesos y aumenta su efectividad (Koskela, 1992), esto les permite ser más competitivas en el mercado, por lo cual es de suma importancia promover la investigación y que exista una

mayor disponibilidad de información que permita el acercamiento de más empresas en la adopción de este tipo de herramientas y que puedan beneficiarse con su implementación.

El presente trabajo permitirá evaluar las herramientas implementadas en Lean Manufacturing por algunas empresas del sector automotriz en Colombia para permitir un mayor acercamiento a esta filosofía y brindar un mayor entendimiento en cuanto a los beneficios de la aplicación de esta herramienta en las empresas.

## Marco Conceptual y Teórico

A continuación, se describen las definiciones y teorías que sustentan esta investigación y sobre las cuales se desarrolla la Monografía.

### Sistema de producción de Toyota:

Los comienzos de Lean Manufacturing se dieron en la industria del automóvil, en concreto en Toyota Motor Company entre los años 1950 y 1963 y aunque surge en un entorno industrial a través del tiempo se ha venido adaptando en varios sectores como la Construcción, servicios, entre otros. A este sistema se le conoció con el nombre de Sistema de Producción de Toyota, y surgió como respuesta a la necesidad de elaborar un nuevo sistema de producción diferente al Taylorismo o producción en masa, debido a las circunstancias que se estaban viviendo en ese momento de la historia en Japón, teniendo en cuenta su pérdida en la segunda guerra mundial y una gran escasez de recursos, por lo que la producción en masa no funcionaba en ese país y se necesitaba un sistema de producción adecuado a las circunstancias concretas del país. La demanda del mercado era gran variedad de automóviles, y Toyota no podía producir inmensas cantidades como las que fabricaba Ford. (Quijada, 2019, p 13). A continuación, se presentan algunos hitos importantes en la historia en cuanto a la implementación de los sistemas LEAN.

En la siguiente tabla se presenta la línea de tiempo y los hitos más importantes en la historia en cuanto a la implementación de lean manufacturing, desde su origen con el sistema de producción de Toyota hasta lo que hoy se conoce como la filosofía Lean.

**Tabla 1***Línea de tiempo de Lean*

Fecha	Hechos
1950	Toyota sufre una crisis financiera que la lleva al borde de la desaparición. Desarrolla la filosofía Lean (Sin publicar y sólo lo conocen quienes trabajan en la marca), la cual tiene por nombre Sistema de Producción de Toyota.
1990	Publicación libro: "La máquina que cambió el mundo" sobre la investigación de 5 años del MIT dirigidos por Jim Womack. Habla sobre la nueva forma de producción llamada Lean, traducida del inglés como magro, esbelto, libre de grasa, quedándose en su forma original. Provoca que el mundo industrial se copie del nuevo sistema, pero necesitan las herramientas desconocidas aún.
1996	Publicación libro de Jim Womack y Daniel Jones llamado "Lean Thinking": sobre aspectos que son insuficiente para implantar la metodología. Tocaba seguir esperando.
1999	Publica la herramienta: Valué Stream Mapping (VSM) en un Workbook llamado "Leaningtosee", de Mke Rother y John Shook.
2003	Publicaciones "The Toyota Way" de Jeffrey Liker "Toyota Kata" de Mike Rother En medio de estos son recomendables por el valor aportado, los Workbooks editados por el Lean Enterprise Institute (LEI).

*Fuente* Adaptado de (Quijote, 2019)

El Sistema de Producción de Toyota busca producir lo necesario, eliminando los desperdicios y buscando siempre mejorar la calidad de sus productos. Los desperdicios son todas aquellas actividades que no agregan valor a los procesos de la empresa. A continuación, se describen los 7 desperdicios clasificados por Taiichi Ohno (Quijada, 2019):

**Sobreproducción.** Se dice de aquello que se produce antes o más sin necesidad.

**Esperas.** Son aquellas secuencias de trabajo o un proceso ineficiente donde el desperdicio por tiempo es el resultado.

**Transporte.** Aquellos desplazamientos entre maquinas o transportar piezas de un proceso a otro, es decir manipular material innecesario.

**Sobre procesamiento.** Piezas a las cuales se las vuelve a rectificar.

**Exceso de Inventario.** Mantener artículos o materiales que causen gastos de almacenamiento entre otros.

**Movimientos Innecearios.** Aquellos movimientos excesivos por parte de empleados para poder llevar a cabo la tarea.

**Defectos.** Son piezas mal fabricadas que no se corrigieron en tiempo real.

**Capacidad no aprovechada.** Habilidades y propuestas de personal colaborativo que no se tiene en cuenta.

Los principios sobre los que se sustenta el TPS con 14 y se encuentran divididos en 4 grupos, como se describe a continuación (Liker, 2004):

**Grupo 1.** Filosofía a largo plazo

Basar las decisiones en una filosofía a largo plazo.

**Grupo 2.** Los procesos correctos producirán los resultados correctos

Crear flujo continuo en los procesos eliminando cualquier desperdicio que lo detenga.

Evitar la sobreproducción utilizando los procesos pull y push.

Nivelar la carga de trabajo.

Promover una cultura donde parar para solucionar un problema es sinónimo de mejora, es un tiempo de avance a errores futuros ya que con esto evitamos que la producción siga en la línea incorrecta y por ende solucionar la falla de raíz y así lograr procesos adecuados mediante la calidad a la primera en los productos y servicios.

Estandarizar todos los procesos de la compañía para lograr estabilidad y control de capacidad.

Usar el control visual para detectar y solucionar los problemas.

Utilizar tecnología fiable, probada y validada, al servicio de las personas y los procesos.

**Grupo 3.** Las personas y las empresas proveedoras deben desarrollarse, haciéndolas partícipes y responsables de la mejora.

Desarrollar líderes internamente, que comprendan y vivan la filosofía y la enseñen a los demás.

Promover la filosofía en el personal.

Demostrar el respeto a los proveedores.

**Grupo 4.** Resolver problemas genera aprendizaje.

Para entender los problemas hay que ir al lugar de los hechos (gemba) y verlo por sí mismo.

Tomar las decisiones basándose en un buen análisis, por consenso donde se incluya a la mayoría de los afectados.

Aprender mediante la reflexión y la mejora continua (kaizen).

**Lean Manufacturing.** El término Lean fue introducido por primera vez en el libro “*La máquina que cambió el mundo*” y traduce en español esbelto o sin grasa (Womack et., 1990). De manera que Lean Manufacturing, hace referencia a la aplicación de diferentes técnicas y herramientas de manera sistemática y habitual para el mejoramiento de procesos productivos en los que se busca siempre eliminar los desperdicios y agregar valor a los procesos de producción (Arrieta, 2007, p.139).

El sistema Lean Manufacturing busca la reducción de desperdicios que se originan al obtener un producto y los cuales no agregan ningún valor, estos desperdicios son actividades o procesos que se obtienen mediante indicadores que permitirán ser evaluados para una posterior mejora. Y se clasifican como se describe a continuación.

Tiempo de entrega, la rotación del inventario

La calidad de los productos

Los volúmenes de inventario

La capacidad de los equipos

Los costos directos e indirectos de producción

La participación del personal en los procesos de mejoramiento

El tiempo de desarrollo del producto y los tiempos de espera, entre otros.

Los anteriores indicadores se pueden medir y aplicar en cualquier sistema productivo (Bheda et al., 2013). Obteniendo como resultado una constante mejora en los productos, procesos y actividades terminadas dentro de la compañía.

Este sistema de producción se utiliza ampliamente en países desarrollados como es el caso de EE. UU en donde las empresas la aplican con el fin de transformarse en organizaciones altamente competitivas y permanecer en los primeros puestos en calidad, ventas y producción (Reeb & Leavengood, 2010).

Principios de Lean Manufacturing: De acuerdo con el libro Lean Thinking escrito por James Womack y Daniel Jones en 1990, se definen los siguientes principios de esta filosofía de producción:

Definir el valor del cliente: Se destaca al cliente y sus necesidades como principal fuente de información para solventar sus requerimientos ante una solicitud.

Identificar el flujo de valor: Analizar y ejecutar actividades necesarias en la obtención de algún producto o servicio eliminando otras que generen reprocesos o retrasos.

Optimizar el flujo de valor: Al eliminar actividades o procesos que no generan valor alguno, se debe fortalecer y mejorar las actividades que contribuyen en estos procesos de producción.

Implementar un sistema de producción Pull: Consiste en la eliminación de inventarios y sobreproducción, solo se efectuará lo estrictamente necesario de la demanda real del cliente.

Buscar la Excelencia: Perfeccionar lo que se realizó de acuerdo con las especificaciones del cliente, eliminando desperdicios innecesarios.

**Herramientas de Lean Manufacturing.** Entre las principales herramientas utilizadas para la implementación de Lean Manufacturing, se encuentran:

**5s.** Esta metodología se desarrolla en 5 pasos y sirve para generar una cultura organizacional de disciplina en cuanto a orden y limpieza de cualquier área dentro de la empresa. Esta herramienta se llama así debido a sus siglas en japonés: Seiri, Seiton, Seiso, Seketsu, Shitsuke las cuales traducen eliminar, ordenar, limpiar, estandarizar, disciplina respectivamente (Rojas, 2017).

**Eliminar.** Se refiere a eliminar del sitio de producción los elementos que no son necesarios para llevar a cabo las operaciones de manera que se pueda optimizar el espacio.

**Ordenar.** Hace referencia al orden del lugar de trabajo, para que cada elemento tenga un lugar, esto se puede lograr dándole a cada elemento una localización o etiqueta, de manera que sea fácil encontrarlo.

**Limpiar.** Mantener limpio el espacio de trabajo.

**Estandarizar.** Se trata de crear una metodología para mantener las 3 primeras S, y sea más sencillo de visualizar.

Disciplina: Crear el hábito para que los procedimientos creados se mantengan en el tiempo.

## Figura 2

*Metodología de las 5s*



*Nota.* La figura muestra la Metodología de las 5s. *Fuente.* Pons & Rubio, 2021.

**Smeed.** Es una metodología o conjunto de técnicas que tiene como objetivo la reducción de los tiempos de preparación de máquinas, lo cual produce mejoras en los tiempos de entrega (Rojas, 2017). Para aplicar esta herramienta, se deben desarrollar cuatro fases, relacionadas a continuación las cuales se detallan en la figura 3.

Separar las operaciones internas de las externas:

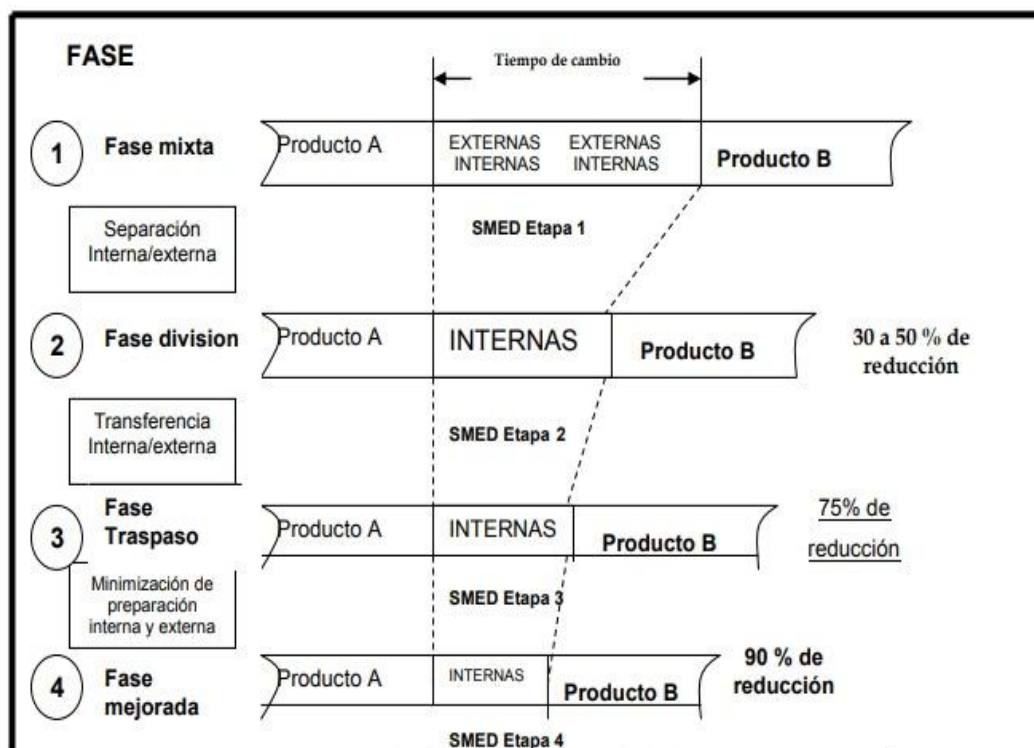
Convertir operaciones internas en externas

Organizar las operaciones externas

Reducir el tiempo de las operaciones internas

Figura 3

Fases de la herramienta SMEED



Nota. La figura muestra Fases de la herramienta SMEED. Fuente. Alcalá, 2008

**Mantenimiento Productivo Total (TPM).** Es un conjunto de múltiples acciones de mantenimiento que permiten eliminar las pérdidas por tiempos de paradas no programadas de las máquinas (Rojas, 2017) de manera que se logre una estabilidad en el proceso productivo, lo cual es un requisito básico antes de implementar otras herramientas más avanzadas de Lean. El objetivo que se busca lograr con la estabilidad es que el flujo de trabajo sea continuo, siendo este uno de los principales inconvenientes en la producción cuando las máquinas están paradas o hay pérdidas de velocidad.

El TPM tiene ocho pilares destinados principalmente a mejorar de manera proactiva la confiabilidad de las máquinas. Las personas están en el centro de este sistema y deben recibir

capacitación continua para identificar y eliminar el desperdicio (Arias et al., 2016). Estos pilares se describen a continuación:

- Mejoras enfocadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planeado
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimientos de la calidad
- TPM administrativo
- Formación del personal
- Seguridad y medio ambiente

#### Figura 4

*Pilares TPM*



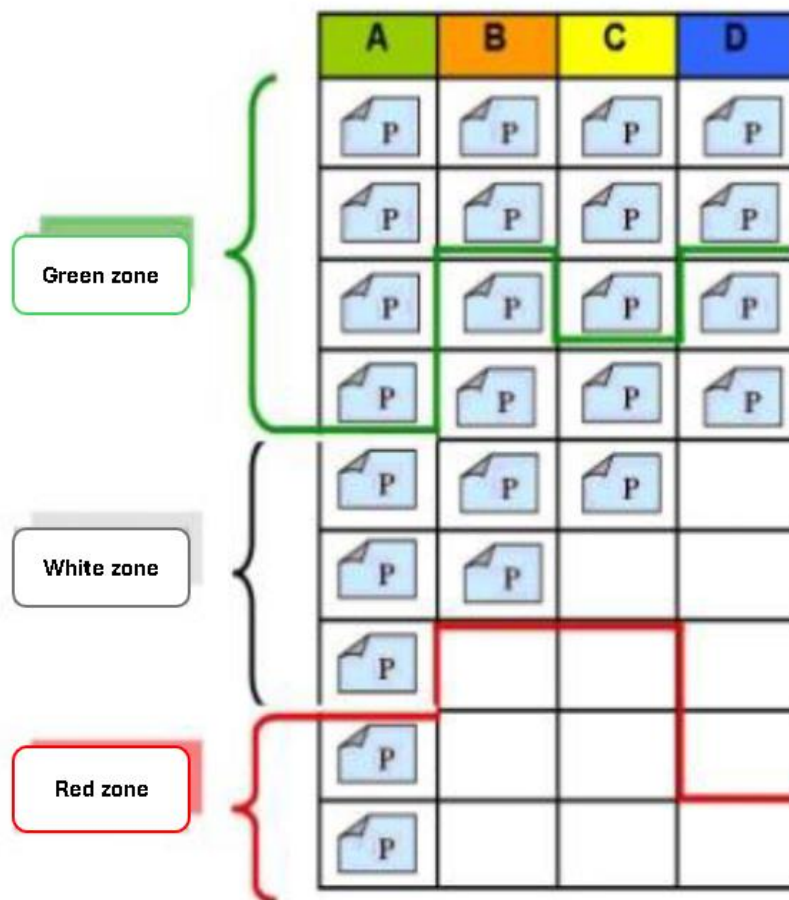
*Nota.* La figura muestra los Pilares TPM. *Fuente.* BSG Instituto Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016

**Kanban.** Su nombre se debe a la palabra japonesa que significa tarjetas visuales. Es una técnica creada en el Sistema de Producción de Toyota y es utilizada para controlar el avance del trabajo, dentro de la producción. (Rojas, 2017). Se define como un sistema de producción altamente efectivo y eficiente, con esta metodología se busca gestionar los proyectos de manera que los gerentes puedan tener total transparencia en la gestión de tareas. Este método permite visualizar el proceso de realización de una tarea. El Kanban es un sistema de trabajo *just in time*, que hace referencia a un sistema que evita sobrantes innecesarios de stock (Bermejo Marcos, 2011).

De manera que el sistema Kanban permite asegurar una producción continua y sin sobrecargas en el equipo de producción. En este sistema de producción se busca limitar el trabajo en curso, dado que está demostrado que cuanto más trabajo en curso se gestione a la vez, más probabilidades existen de que la calidad disminuya, esto se debe a la baja capacidad de concentración que los encargados puedan dedicarles a las tareas.

**Figura 5**

*Forma de uso Kanban*



*Nota.* La figura muestra la forma de uso Kanban. *Fuente.* Murino et al., 2010.

**Just in time.** El Just in Time que traduce en español *Justo a Tiempo*, hace referencia a un Sistema que abarca principios, herramientas y técnicas para producir y entregar justo los productos que se necesitan, en la cantidad que se necesita y en el momento en que se necesita, de manera que se evite la sobreproducción y haya un mejor control en el inventario. El origen de este sistema se dio en el Sistema de Producción de Toyota, donde se buscaba producir mayor variedad de vehículos con la mejor calidad y sin aumentar los costos de producción.

Según Sánchez (2004) el JIT se define como una filosofía industrial que busca reducir los desperdicios y agregar valor a los procesos de producción. El JIT es una herramienta que va de la mano con otras herramientas y principios como los son: el Kanban, kaizen entre otros como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 6**

*Estructura para la introducción del Just In Time*



*Nota.* La figura muestra la estructura para la introducción del Just In Time. *Fuente.* Hinojosa & López, 2015

**Vsm.** El Value Stream Mapping es una herramienta de diagrama que se originó en el Sistema de Producción de Toyota, se usa con el fin de visualizar la información, materiales y tiempo en la cadena de suministro con el fin de coordinar y optimizar los procesos de manera

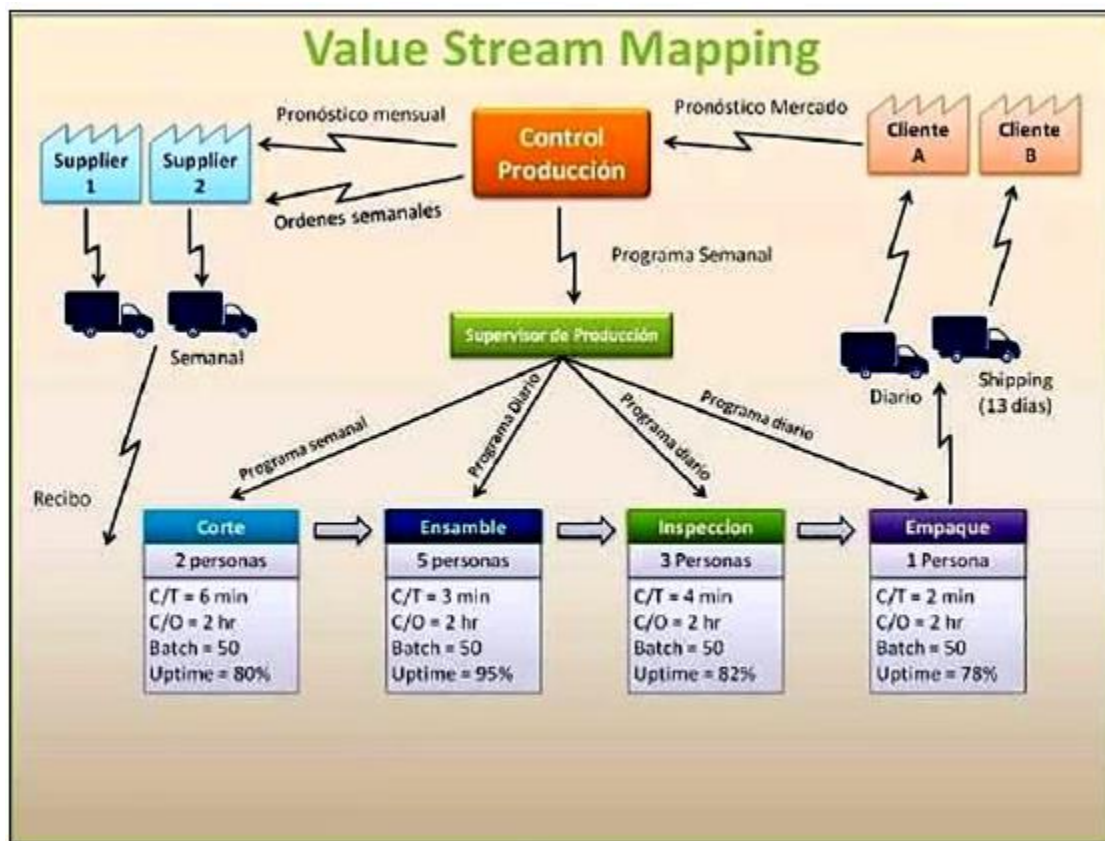
que sean más eficientes. Con esta herramienta se identifican los cuellos de botella o procesos que requieren de una gran cantidad de tiempo en llevarse a cabo para optimizar la cadena de suministro ya sea rediseñándola o eliminando estos procesos. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, el Value Stream Mapping permite diagramar tres grandes elementos, los cuales son: Flujo de información, Flujo o movimiento de materiales a través de la cadena de suministro, y Tiempo de espera o tiempo que toma cada proceso en llevarse a cabo.

También se puede diferir como un mapeo del funcionamiento de una empresa. Esto abarca desde que el material ingresa a la planta hasta que es comercializado al consumidor final. El término mapeo de un VSM refiere a un seguimiento de información continua o periódica de cada uno de los procesos. Lo que plantea un VSM es crear de manera simple un esquema gráfico en donde se visualicen todas las actividades referentes para la obtención de un producto. (Correa, Francisco Gonzales, 2007)

A continuación, se muestra un ejemplo por medio de un mapeo sobre el control y supervisión de producción.

Figura 7

Control y supervisión de producción



Nota. VSM Ejemplo de un control y supervisión de producción. Fuente. Manufactura Inteligente, 2008

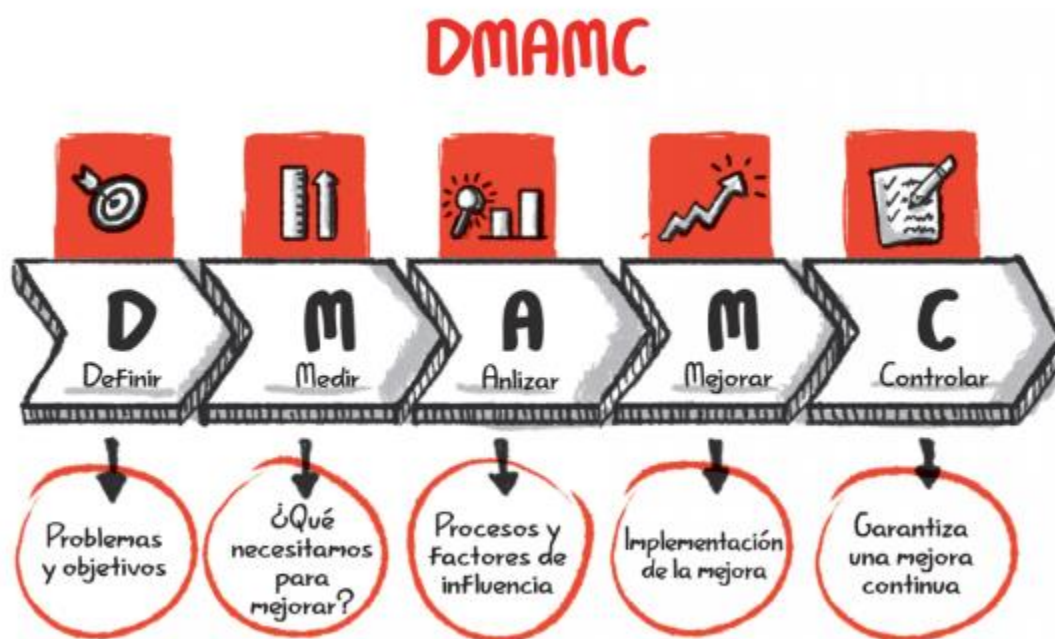
**Six sigma.** Se refiere a una filosofía empresarial que busca la satisfacción del cliente, reducir los desperdicios y aumentar la calidad de los productos mediante la reducción de la variación en los procesos, esto se logra haciendo uso de herramientas estadísticas y administrativas. Este sistema se desarrolló a finales de la década de los 80 con la necesidad de mejorar frente a sus competidores japoneses, los cuales habían alcanzado un nivel de calidad cuatro sigma (99 partes por millón de buenos productos).

El sistema SIGMA se basa en la metodología DMAMC (DMAIC, en inglés), el cual permite llevar a cabo mejoras mediante los procesos: Definición, medición, análisis, mejora, Control.

De manera que, si por alguna razón se combina Lean Six Sigma, con otros elementos se convierte en una filosofía con un conjunto de herramientas de gran efectividad que permite integrar la experiencia durante todo el proceso de mejora continua. Mediante este sistema se busca diseñar y administrar cualquier empresa, con independencia de su tamaño o especialidad.

### Figura 8

*Metodología Six Sigma*



*Nota.* La figura muestra la metodología Six Sigma. *Fuente.* Socconini & Reato, 2019

## Antecedentes

Arrieta et al., 2011 en su artículo “Aplicación Lean Manufacturing en la Industria Colombiana. Revisión de Literatura en tesis y proyectos de grado”, realizan una revisión bibliográfica en todas las tesis y proyectos de grado de las principales universidades del país, con el fin de identificar el conocimiento que tienen las empresas colombianas a cuando a Lean Manufacturing, y qué herramientas han implementado.

Hernández & Vizán, 2012, en su libro, “Lean Manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación, explican los conceptos y técnicas asociadas con Lean Manufacturing, estudian el grado de aplicación Lean en España, exponiendo también algunas empresas españolas que han implementado esta filosofía de producción y han obtenido resultados positivos, siendo así casos exitosos en su implementación.

Rodriguez et al., 2014, en su estudio presentan los resultados del diagnóstico inicial sobre el estado de implementación de Lean Manufacturing en un grupo de empresas participantes del proyecto denominado Programa de Gestión del Sector de Motocicletas Colombiano, para posteriormente diseñar un plan de trabajo con las herramientas Lean más pertinentes en las condiciones encontradas en las diferentes empresas, de manera que se lograrán los objetivos planteados en el proyecto.

Muñoz, 2018, en su estudio, realiza una reflexión acerca de la implementación de Lean Manufacturing como una filosofía para la mejora continua en Pymes Colombianas, con el fin de aportar a la difusión de esta filosofía para que más empresas puedan beneficiarse con su implementación y ser competitivas en el mercado.

En su estudio, Ospino, 2020, presenta las características, herramientas e implementación de la filosofía Lean Manufacturing abarcando diferentes casos en la Industria Automotriz con el

fin de brindar un mejor entendimiento referente a la aplicación de las herramientas y sentar las bases teóricas de cada una de estas. Este estudio se llevó a cabo mediante análisis cuantitativo y cualitativo, mediante los cuales se realiza el análisis de casos de éxito de empresas del sector automotriz de México y Colombia principalmente.

En 2021, Cañon, en su tesis de Maestría realiza una propuesta de implementación de herramientas Lean Manufacturing como una estrategia para la mejora continua hacia el incremento de la productividad con su proceso de fabricación de bandas de materiales de fricción para sistemas de frenos en la empresa Incolbest S.A.

Días Jaimes, 2022, en su estudio, presenta el desarrollo del estado del arte sobre la implementación de herramientas de Lean Manufacturing en Pymes del sector Industrial en Colombia, en el que busca mediante la recopilación de la información bibliográfica, identificar los beneficios de la implementación de esta herramienta y brindar a otras Pymes un acercamiento a esta filosofía, de manera que se mejore el entendimiento en cuanto a los desafíos y ventajas de la implementación de Lean en sus procesos de producción.

## **Metodología**

El tipo de investigación utilizado en el desarrollo de esta Monografía es el cualitativo, el cual busca recopilar y analizar datos no numéricos mediante diferentes métodos y así generar percepciones y contextualizaciones de los objetos de estudio (Cueto, 2020). La población seleccionada para este estudio es el sector automotriz en Colombia, específicamente las empresas Incolmos-Yamaha, Renault-Sofasa y General Motors Colmotores.

Para el desarrollo de la investigación se realizaron las actividades descritas a continuación, las cuales dan cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados anteriormente.

Actividad 1. Búsqueda de bibliografía en las diferentes bases de datos.

Para evaluar las herramientas de lean manufacturing aplicadas en el sector automotriz en Colombia, se realizará una búsqueda minuciosa en las diferentes bases de datos como lo son Google Scholar, Data Science, Scielo, y en repositorios de las principales Universidades de Colombia, mediante las cuales se busca recopilar toda la información como artículos, tesis y material que serán de gran ayuda para el desarrollo de este trabajo.

Actividad 2. Organización y Clasificación de la información.

Después de la investigación obtenida se realizará una clasificación de manera clara y ordenada de la información útil para esta investigación, para lo cual es necesario ahondar en el cuerpo del artículo o material, con el fin de identificar la pertinencia de su información para esta investigación.

Actividad 3. Identificación de la información sobre las empresas de la Industria Automotriz reportadas en la literatura como casos de éxito en la implementación de Lean Manufacturing

Después de organizar y clasificar la información útil para esta investigación, se identifica a partir de ésta, las empresas sobre las cuales se profundizará en la revisión de la implementación de Lean Manufacturing.

Actividad 4. Extraer a partir del material bibliográfico, las herramientas de Lean Manufacturing implementadas en la Industria Automotriz en Colombia.

Se analiza cada una de las herramientas asociadas a la implementación de Lean Manufacturing en las empresas de la industria automotriz en Colombia.

Actividad 5. Descripción de las herramientas seleccionadas.

Después de analizar y revisar la información obtenida en las actividades anteriores, se describe cada una de las herramientas de Lean Manufacturing implementadas en las empresas seleccionadas del sector automotriz en Colombia, las cuales se describen a mayor detalle en el desarrollo del Objetivo No2.

Actividad 6. Análisis de las herramientas seleccionadas.

Finalmente se realiza una comparación de las herramientas implementadas en cada empresa y los beneficios obtenidos con su aplicación, el desarrollo de esta actividad se presenta en el Objetivo No3.

A continuación, se presenta el cronograma de las actividades realizadas para cumplir con el desarrollo de esta investigación.

**Tabla 2***Cronograma de actividades para el desarrollo de la monografía*

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes6
Presentación de propuesta	x					
Búsqueda de bibliografía en las diferentes bases de datos		x				
Organización y clasificación de la información			x			
Seleccionar la información relevante para la investigación				x		
Extraer y seleccionar las herramientas de Lean Manufacturing en la Industria Automotriz en Colombia del material bibliográfico					x	
Descripción de las herramientas seleccionadas					x	
Análisis de las herramientas seleccionadas						
Revisión por parte de asesor						x
Documento corregido y finalizado						x

*Fuente.* Elaboración propia.

## **Desarrollo Objetivo 1**

A partir de la información recopilada como resultado de la búsqueda en las bases de datos, se encontraron casos de éxito en la implementación de Lean Manufacturing en la Industria Automotriz en Colombia, con base en estos casos de éxito, se realiza la selección de la información sobre las empresas de este sector que han implementado esta filosofía en sus procesos de producción.

De manera que para consolidar el estado del arte acerca de las publicaciones de Lean Manufacturing en el sector automotriz en Colombia, se llevó a cabo una búsqueda de información en diferentes bases de datos como Google Scholar, Dialnet, Scielo, Science Direct. Posteriormente para seleccionar la información relevante para esta investigación, se tuvo en cuenta las publicaciones de estudios que se relacionarán con la implementación en Colombia, debido a que mucha de la información encontrada se refería a otros países, por otra parte se tuvo en cuenta como filtros de búsqueda las publicaciones sobre el sector automotriz, esto debido a que, gran parte de la información encontrada hacía referencia a otros sectores como el textil, Metalmecánico, entre otros. De manera que para la búsqueda de información se tuvo en cuenta como criterios de búsqueda palabras clave como:

Lean Manufacturing en Colombia

Lean Manufacturing en la Industria Automotriz en Colombia

Aplicación de Lean Manufacturing en Colombia

Aplicación de Lean Manufacturing en Colmotores

Implementación Lean Manufacturing en el sector automotriz

Herramientas de lean Manufacturing

A continuación, se muestra un cuadro resumen sobre los documentos encontrados:

**Tabla 3***Referencias encontradas sobre lean manufacturing*

Término de búsqueda	Google			
	Scielo	Dialnet	ScienceDirect	Scholar
Lean Manufacturing en Colombia	5	15	15	10
Lean Manufacturing en la Industria				
Automotriz en Colombia	4	0	1	6
Aplicación de Lean Manufacturing	17	5	4	7
Implementación Lean				
Manufacturing en el sector				
automotriz	0	0	2	5
Herramientas de Lean				
Manufacturing	0	3	1	8
Total	26	23	23	36
Seleccionados	1	0	0	6

*Fuente.* Elaboración propia.

Muchas de las publicaciones realizadas en estas bases de datos se repetían, de manera que se seleccionaron finalmente 7 trabajos que cumplen con los criterios y filtros mencionados anteriormente, sin embargo, se hace énfasis en que estos documentos no son el total de documentos utilizados para el desarrollo de la investigación, ya que para el desarrollo del Marco referencial se consultaron otras fuentes de información.

Así mismo, como resultado de esta búsqueda, se seleccionaron tres empresas reportadas en la literatura como casos de éxito en la implementación de Lean Manufacturing en la Industria Automotriz en Colombia, estas empresas son: Incolmos Yamaha, Renault-Sofasa y General Motors-Colmotores. Además, se observa por el número de publicaciones sobre este tema que la

implementación de Lean Manufacturing en Colombia es aún incipiente, así mismo los estudios demuestran que su implementación destaca en los sectores Automotriz y el Metalmecánico, y como se había mencionado anteriormente debido a que su aplicación aún es reciente solo se ha realizado mediante la aplicación de algunas herramientas, siendo la cultura Lean poco desarrollada al interior de sus empresas.

A continuación, se describen las empresas del sector automotriz seleccionadas en el alcance de este estudio y de igual manera se presentan algunas empresas internacionales donde se aplicaron herramientas de Lean Manufacturing.

#### Implementación de Lean Manufacturing en Empresas Internacionales

Patiño, 2017 presenta en su estudio un caso de aplicación de Lean Manufacturing en una línea de producción de una empresa mexicana del sector automotriz. En su trabajo expone el desarrollo y estudio de una empresa en la cual se producen asientos interiores y sistemas eléctricos-electrónicos para venderlos a las principales empresas armadoras de automóviles a nivel mundial. La aplicación de Lean en esta empresa se realizó mediante las herramientas, 5s y Kaizen.

La implementación de estas herramientas se realizó con el objetivo de optimizar los procesos y reducir los desperdicios, de manera que con la aplicación de las 5S se espera obtener como resultado un lugar ordenado y limpio; posteriormente a su aplicación se procedió a evaluar los 7 desperdicios con el objetivo de identificar las áreas que están consumiendo más recursos de los planificados ya sea en forma de tiempo, energía, mano de obra, material o piezas defectuosas.

Para recolectar la información en esta compañía crearon un check-list, en el cual se identifico que tenían objetos de mas en el área que no eran propias del proceso u operación como latas, refresco, mochilas, trapos, documentos fechados con meses anteriores, herramientas del

personal de mantenimiento sobre las máquinas, entre otras cosas los cuales fueron retirados del área o asignándoles un lugar según fuese el caso que estuviera debidamente identificado aquí se aplicaría una estandarización.

También se encuentra que en esta empresa realizaron un proceso de evaluación de 7 desperdicios como lo son: movimiento, sobreproducción, sobre inventario, transporte, espera, proceso y corrección. En la compañía para encontrar los 7 desperdicios realizaron los siguientes pasos.

Equipo Kaizen

Formatos de 7 desperdicios

Caminata de desperdicio

Hallazgos

Propuesta de mejora

Tiempos de acuerdo

Seguimiento

Nuevamente auditoria revisar mejoras implementadas

La compañía para efectuar sus objetivos utilizo una línea base para saber su situación inicial y que sirva de comparación para medir mejoras una vez implementadas. Causa raíz de mezcla para conocer la causa raíz del problema se aplicó una técnica llamada 5 Why consiste en preguntar ¿Por qué? Análisis de Datos este es el resultado de la revisión de los 7 desperdicios donde una de sus mejoras fue implementar "flujo mano a mano" y por consiguiente un cambio en Lay Out para distribuir de manera correcta la maquinaria, así como el flujo de líneas. La propuesta como consenso del equipo KAIZEN mejora el Lay Out y su flujo. Planeación de los requerimientos consultar con los experimentos en mantenimiento para realizar un cambio con sus

respectivos costos analizar la sensibilidad del proyecto. Cálculos de tiempos, tomar tiempos iniciales, finales sin mejoras y luego tiempos con mejoras. Costo – beneficio beneficios que conlleva el cambio.

Finalmente se obtuvo un mejor lay-out con una reducción de espacio del 31%, distancia entre operaciones mejora del 57% y 30% para con las líneas del A y B respectivamente. Número de piezas por hora aumento 6% al aumentar el flujo continuo adicionalmente las 5's llegaron al 78% y así ahorrando en dinero, gran beneficio por parte de Lean Manufacturing.

Por otra parte, (Campo verde & Idrovo en su estudio “propuesta de producción del tablero de fibra de carbono utilizando herramientas Lean Manufacturing para el vehículo monoplaza formula SAE” exponen el caso de implementación de la filosofía en una empresa de Ecuador, en la cual se aplicó mediante las herramientas que se describen a continuación.

Como paso previo a la aplicación, se analizó el laboratorio en donde se realizó el primer prototipo del tablero en fibra de carbón y se ejecutó una hoja de ruta de la secuencia de trabajo del grupo F-SAE 2017.

Se aplicó la herramienta de diagnóstico Lean conocida como VSM (Value Stream Mapping) en donde se analizan los movimientos de la línea de producción actuales. Este análisis permite la aplicación de otras herramientas para otorgar un valor agregado al producto.

Otra herramienta utilizada fue el Kanban que consiste en tarjetas usadas durante todo el proceso de producción. Se aplicó herramientas visuales de fábrica que mejoran la accesibilidad a la información e indican como es el seguimiento en la línea de producción. Todo lo mencionado da como resultado la aplicación de 5s en el laboratorio generando como resultado un ambiente más seguro y estandarizado para realizar el proceso de producción del tablero en fibra de carbono. Una vez fabricado el tablero fibra de carbono con las herramientas o procesos de

manufactura esbelta mencionada se realiza un análisis de la optimización de tiempos y recursos al realizar este proceso.

Como caso de estudio tenemos La fórmula Student SAE es un programa SAE International Formula SAE donde se compite diseños de ingeniería para estudiantes de pregrado y posgrado. La competencia ofrece a los participantes una opción de mejoramiento de habilidades de diseño de ingeniería y gestión de proyectos mediante la aplicación de teorías aprendidas en el aula. Su objetivo es fabricar un vehículo monoplace de carrera para un piloto no profesional. Se usan los mejores paquetes CAD, CAM, CAE, al igual que un riguroso análisis de costos de fiabilidad y factibilidad (Intenational, 2018).

El primer paso para determinar que herramientas utilizar para la construcción del tablero de fibra de carbono es elaborar una hoja de ruta enfocada a cada zona de trabajo en torno a la geometría del laboratorio, luego aspectos generales para la ejecución e implantación del plan de manufactura esbelta, después etapas para la ejecución e implantación del plan, se continua con análisis de laboratorio de materiales mediante un (VSM), se continua con esquema de distribución de espacios de trabajo ( Layout), seguido a esto sigue la fábrica visual, posteriormente las 5s, la cual es una de las condiciones y reglas sujetas a Lean Manufacturing; clasificar cada cosa, la de mantener un orden específico para cada material, eliminar todo lo que no tenga que ver con un proceso y por último mantener una disciplina, a continuación se crean y se colocan las tarjetas tipo Kanban, con su principal significado (Kan=Visual) y (ban=Tarjeta) el método consiste en analizar una cadena de montaje revisando el tiempo en cada uno de los procesos, además controlar la cantidad de producción sin que exista desperdicio alguno, complementando la función de estas tarjetas no permiten que avance al siguiente nivel sin en algún momento existe problemas en alguna estación de trabajo, el Kanban analiza de manera

simultánea un control de calidad, las tarjetas Kanban pretenden mejorar la comunicación entre operarios, existen los diferentes tipos de Kanban los cuales sirven para mejorar producción, transporte, después la producción nivelada asociado al Kanban indicar con tarjetas de distintos colores y códigos que expresen el estado en el que se encuentra el producto. Después se procede al proceso de fabricación del tablero aplicando las herramientas de Lean Manufacturing anteriormente nombradas dando como resultado unos tiempos, costos calidad como se también se analizó los tiempos costos y gastos sin llevar a cabo las herramientas de lean manufacturing.

En este punto se destaca la importancia y efectividad de las herramientas de Lean Manufacturing puestas en práctica en la realización de este producto que a largo plazo brinda grandes beneficios para la compañía u organización.

A continuación, se describen las empresas seleccionadas para dar alcance a los objetivos planteados en esta investigación y las cuales se seleccionaron teniendo en cuenta que pertenecieran al sector automotriz del país.

#### Empresa Incolomotos - Yamaha

Incolomotos – Yamaha, es una empresa que se encuentra ubicada en Colombia en Girardota cerca de Medellín; cuenta con cuatro edificios principales, el edificio administrativo, el Centro de Capacitación y Entrenamiento, el de Componentes y la Planta Ensambladora. Su área es de aproximadamente 55.000 m<sup>2</sup> entre oficinas y bodegas productivas y es una de las empresas ensambladoras más importantes de Colombia, junto con Auteco, Suzuki, AKT y Bajaj

Fue en el año 1975 cuando se ofrecieron en el mercado sus primeras motocicletas y actualmente su planta ensambladora está diseñada para producir 250.000 motos al año. Estas empresas ensambladoras han logrado posicionarse en el mercado colombiano y convertirse en grandes dinamizadores de la economía mediante la búsqueda constante de la innovación lo cual

les ha permitido ser más competitivos en el mercado, para lo cual, han llevado a cabo procesos de mejora continua mediante estrategias como conferencias o reuniones en las que comparten sus experiencias y conocimiento en temas relacionados con la gestión, innovación y tecnología.

Es así como se han realizado proyectos asociativos entre proveedores y ensambladores los cuales han sido impulsados con el apoyo del gobierno, y buscando formar sinergias entre los sectores empresa-estado-universidad con el objetivo de que este sector aumente su productividad y competitividad para poder enfrentar los desafíos constantes que se presentan en la economía, como por ejemplo el relacionado con los Tratados de Libre Comercio o el aumento de la presencia de motocicletas de origen asiático. Uno de estos proyectos ha sido el denominado “Programa de Gestión del sector de Motocicletas”-PGM en el cual se ha buscado la formación de estas empresas en cuanto a la implementación de herramientas Lean. En el país se han realizado diferentes versiones de este proyecto, por una parte, el PGM 1 desarrollado en el 2010 y el PMG 2 en 2011, en la primera versión, el proyecto se centró en la transferencia de conocimientos a través de un proceso de formación a las empresas participantes de este proyecto, entre ellas Incolmotos – Yamaha, en lo referente a equipos autónomos, balanceo de línea, desarrollo de nuevos productos, entre otros. Por otra parte, el proyecto PMG2 se centró en la aplicación de los conocimientos adquiridos en el PMG1, profundizando principalmente en la herramienta Equipos autónomos y aplicándolas directamente en la planta de producción con el fin de mejorar la productividad.

Posteriormente, se llevó a cabo el PMG versión 3, que comprende un periodo de ejecución desde el año 2013 hasta el 2017, y en el que se plantearon como objetivos principales, el apoyo a las organizaciones, principalmente a los proveedores, en el mejoramiento de la competitividad mediante la transferencia de tecnología y de conocimiento en procesos

productivos metalmecánicos y de plástico para la fabricación de luminarias para motocicletas por primera vez en Colombia, así mismo de la aplicación en planta de producción de las herramientas Lean como lo son gestión del cambio, manufactura celular, solución de problemas, entre otras. Con la aplicación de estas herramientas se buscaba principalmente la reducción de costos de producción, la disminución de productos defectuosos, el incremento de la productividad y el mejoramiento de las relaciones cliente-proveedor.

Durante el primer año de implementación, se obtuvo resultados importantes en cuanto a mejoras en la calidad, productividad y niveles de calificación de los proveedores. Por otra parte, se evidencia que los líderes de las compañías participantes de estos proyectos estuvieron muy receptivos a la colaboración entre empresas, de manera que compartieron la información y las lecciones aprendidas en cuanto a la implementación de Lean Manufacturing, los desafíos y fracasos, con el fin de buscar en conjunto, soluciones que aporten a su crecimiento.

#### Empresa Renault Sofasa

La compañía Sofasa (Sociedad de fabricación de vehículos automotores), fue constituida el 2 de julio de 1969, con el objetivo de producir vehículos Renault en Colombia. Inicialmente esta empresa fue constituida por un capital mixto, distribuido en partes iguales por Renault de Francia y el Instituto de Fomento Industrial -IFI. Así mismo, fue constituida en las mismas fechas que la Sociedad Colombiana de Fabricación de Motores (Socofam), la cual producía motores para los vehículos Renault y Renault de Colombia, que se dedicaba a la comercialización de estos; estas empresas se fusionaron posteriormente en una única empresa (Restrepo, 2019).

La planta ensambladora se encuentra ubicada en Envigado, Antioquía y su inauguración fue el 14 de Julio de 1970. Sofasa ensamblo en su primer año 882 unidades del Renault 4, cifra

que subió a 8386 en 1972, actualmente produce aproximadamente 70000 vehículos anuales. Sofasa exporta sus vehículos a diversos países de América Latina y el Caribe.

En 1989 el Grupo Renault compro la totalidad de las acciones, pasando de ser una empresa mixta a una empresa privada. Posteriormente, en 1994, el Grupo Bavaria compro el 51% de sus acciones y para los inicios de la década de los 2000, el grupo Bavaria vendió sus acciones al Grupo Renault, que en 2005 paso a ser el accionista mayoritario de Sofasa, de manera que en Sofasa se estableció como subsidiaria directa del conglomerado francés.

General Motors – Colmotores:

La empresa General Motors-Colmotores fundada en el año 1956 en Bogotá, Colombia con el nombre de Fábrica Colombiana de Automotores S.A, es uno de los mayores fabricantes y ensambladores del país. Se fundó con un capital de 5 millones de pesos los cuales fueron aportados por varias regiones del país y se convirtió en la primera empresa ensambladora de autos del país (Diaz, 2019).

El primer automóvil producido en el país fue el Coronet 440, el cual salió al mercado en el año 1965, en éste mismo año, la compañía Chrysler International había adquirido el 60% de las acciones de Colmotores, las cuales en el año 1979 pasaron a manos de General Motors Corporation. En el año 1991 la compañía cambio su nombre a General Motors Colmotores S.A.

Actualmente es la empresa ensambladora más importante del país en cuanto a producción automotriz e importación de esta, fabrica aproximadamente 400.000 autos al año esto gracias a que cuenta con diversificación en sus procesos productivos y líneas mixtas de ensamble automotriz lo cual le permite ensamblar buses, camiones y automóviles en una sola fábrica.

Según (Restrepo, 2017) en julio de 2013 se inició en las instalaciones de Bogotá la fabricación de piezas estampadas para el armado de vehículos en su nueva planta Zoficol, dando

origen a los primeros automóviles fabricados realmente en Colombia con los Chevrolet Sail y Cobalt, que para su ensamble utilizaron piezas estampadas, así mismo se resalta que esta planta es la única para fabricación de piezas para vehículos en el país.

## **Desarrollo Objetivo 2**

Descripción de las herramientas Lean implementadas por las empresas del sector automotriz colombianas.

En esta sección se describen las herramientas encontradas en la literatura para las empresas del sector automotriz mencionadas anteriormente. En la bibliografía encontrada se explica que la mayoría de estas empresas implementa la filosofía Lean inicialmente en los procesos productivos, esto debido a que los procesos que se llevan a cabo presentan menores dificultades en su estandarización. Posteriormente, estas compañías trasladaron la filosofía Lean a los niveles administrativos. A continuación, se describen las herramientas Lean implementadas para cada una de las empresas seleccionadas.

### **Incolmotos Yamaha**

Para el caso de Incolmotos-Yamaha, en la implementación de la filosofía Lean, según (Arrieta et al., 2011) todos los miembros que participan en el proceso reciben capacitaciones en las herramientas sin importar su nivel de formación. Se determinó que para que la implementación de LM tuviera éxito en las empresas, existen unas características previas que favorecen su desarrollo, siendo estas, Las condiciones previas, la estructura cultural y motivacional.

En los estudios realizados dentro de la empresa Yamaha Incolmotos se evidencia que sus oficinas son amplias y sus bodegas productivas, donde se genera gran cantidad de inventarios y desperdicios, dejando como consecuencia la ineficiencia en sus procesos. Por lo cual, según (Fajardo, 2023) en su estudio propone que la herramienta o sistema que ayudaría a mejorar esta problemática en la empresa es la implementación de la mejora y producción sincrónica para

permitir una estabilidad y balanceo con el fin de producir eficientemente reduciendo costos y generando valor en la compañía.

Incolmotos – Yamaha ha implementado el mejoramiento continuo ya que su procedencia es de Japón donde se encuentra su casa matriz Yamaha Motor Company donde comenzó a través de la metodología TPS de la empresa Toyota. Logrando de esta manera disminuir costos y aumentar su productividad.

Así, Incolmotos-Yamaha dentro de su programa Kaizen define que las mejoras se logran a través de la sinergia de varias herramientas de mejoramiento continuo (Fajardo, 2015). En este sentido, la literatura hace énfasis en la implementación de las herramientas de mejoramiento continuo, Mapa de Valor (*Value Stream Mapping-VSM*) y la Teoría de Restricciones (TOC) en esta empresa. A continuación, se describen estas herramientas.

**Value Stream Mapping.** Uno de sus fuertes en la implementación de Lean es el Value Stream Mapping (VSM), mediante esta herramienta se analiza de manera detallada la entrada y salida de material como de información (Duranik, Ruzbarsky & Stopper, 2012), es de gran utilidad al momento de revisar las actividades que generan valor y las que no en el camino a obtener un resultado, permite comprender los procesos identificando los desperdicios de manera que se establezcan estrategias de mejora y así mejorar los resultados del proceso. Teniendo en cuenta que el (VSM) tiene como objetivo principal dentro de la filosofía de Lean Manufacturing, la eliminación de desperdicios, también se puede decir que es de gran ayuda para los encargados de los procesos ya que les permite gestionar, preparar y mejorar las estrategias de mejoramiento continuo.

**Teoría de Restricciones (TOC).** Actualmente la importancia de implementar el TOC es que permite identificar y eliminar los cuellos de botella en los procesos de manufactura

(Izmailov, 2014). El TOC se convierte en una herramienta para medir y controlar el flujo de materiales.

Como en el caso de Incolmotos – Yamaha su principal restricción es la que está relacionada con el suministro externo (Coman & Ronen, 1995) y el aplicar esta teoría como lo anteriormente expuesto ha llevado que su organización haya tomado el programa Kaizen el cual tiene la unión de estas herramientas las cuales sostienen el mejoramiento continuo.

**Just in time.** Es una herramienta que traduce en español, Justo a tiempo, es un sistema que abarca principios, herramientas y técnicas para producir y entregar justo los productos que se necesitan, en la cantidad que se necesita y cuando se necesitan, evitando así la sobreproducción y controlando el inventario (Liker, 2004). Se implementó en Yamaha con el fin de asignar la tarea de recomponer los inventarios en procesos para que los crecimientos no dependieran de construir más zonas de trabajo, sino de utilizar de la manera más adecuada los ya existentes, lo anterior llevo a buscar e implementar unas herramientas que ayudaran al control de los inventarios en proceso para volver el sistema mucho más esbelto o Lean y con muchas más entregas en un tiempo adecuado.

**Kaizen o Mejoramiento Continuo.** El mejoramiento continuo es un principio básico de la gestión de calidad, donde la mejora continua debe ser el objetivo y lo que busca la organización de manera permanente, esto con el fin de incrementar la competitividad en el mercado. El grupo Yamaha ha implementado el mejoramiento continuo a sus procesos garantizando de esta manera el cumplimiento de los estándares de calidad, productividad y eficacia. En el año de 1996 Incolmotos-Yamaha implemento sistemas de mejoramiento continuo como el Mantenimiento Productivo Total (TPM) (Gerenciamiento total productivo).

## Empresa Renault Sofasa

El sistema de producción Renault SOFASA en conjunto con el sistema de producción Nissan formaron lo que se llama el cohete SPR (Sistema de Producción Renault) que adopta dinámicas, herramientas, métodos y experiencias, las cuales considera necesarias para alinear su sistema industrial con los objetivos corporativos. (Aguirre, 2011). Este sistema de producción SPR, se basa en dos pilares fundamentales que son el pilotaje mediante la calidad y Lean Production.

Este sistema de producción persigue cuatro objetivos los cuales están orientados a la satisfacción máxima de los clientes, siendo estos:

Asegurar la calidad demandada por los clientes.

Reducir el costo global.

Fabricar los productos solicitados en el momento solicitado.

Responsabilizar y respetar a las personas.

Sin dejar de lado la importancia del Mantenimiento Productivo Total (TPM) implementado en Renault se puede diferir que este buscaba identificar y eliminar la familia de pérdidas denominadas averías a raíz y como todo, sigue avanzando en el SPR se creó lo llamado Gestión del desempeño de los medios o Administración del desempeño de los medios, Cabe aclarar que cuando se refiere a los medios es por ejemplo todos los equipos, dispositivos, herramientas e instalaciones de un sistema productivo (MPM) , el cual cambia el enfoque y da un nuevo lineamiento, el puesto o equipo crítico a trabajar es aquel que sea el "cuello de botella" ya que se pueden tener averías sobre recursos que tienen instauradas marchas de sustitución o marchas degradadas, entonces no afectaran el volumen de producción; obviamente es necesario cuantificarlas para luego analizarlas, pero el recurso (dinero, mano de obra, tiempo) debe

invertirse, en primera instancia, en las zonas que más penalizan el volumen de fabricación, una hora perdida en un recurso cuello de botella es una hora perdida en todo el sistema (Aguirre, 2011).

Como se ha expresado anteriormente el TPM ha sido una herramienta del sistema de producción Renault, al pasar del tiempo y las diferentes mejoras se cambió a un nuevo esquema denominado MPM, el cual pudo adoptar los principios y útiles TPM de los que el sistema De Producción Renault se encontraba incompleto, de esta manera logrando reubicar otros de sus principios dentro de otras herramientas del SPR sincronizando así el TPM dentro del SPR (Aguirre, 2011).

El cambio de TPM hacia el MPM en Renault – Sofasa, significa la importancia que tuvo el TPM ya que con este sistema se tuvo la experiencia y haber construido lo que se hizo en su momento para poder dar el segundo paso, es decir pasar a MPM. Al implementar el TPM se ganó mucho tiempo y camino, sobre todo en lo que se refiere al cambio cultural, ya con MPM se complementa la rigurosidad científica y económica sobre las decisiones técnicas realizadas al efectuar los planes de mantenimiento profesional y autónomo que conforma el plan de Mantenimiento Programado (PMP) y logra darle coherencia al sistema completo, integrándolo en el sistema de Producción Renault. El trabajo en conjunto de la fabricación y el mantenimiento es el pilar fundamental del éxito de TPM, así como el de MPM (Aguirre, 2011).

El proceso de cambio corresponde a lo que Weick y Quinn (1999) plantean como cambio continuo, a medida que transcurre el tiempo está expuesto a cambios para su mejora.

Constantemente el progreso dentro de las fábricas de montaje de Renault avanza en el tiempo, se enriquece progresivamente con nuevos elementos para su mejora, su eficacia y mantener su dinamismo.

Por otra parte, una de las herramientas implementadas más conocidas en Sofasa es el Kaizen, los inicios de la ejecución de esta herramienta se dieron cuando en la empresa, en el año 1992, Toyota entró como socio y Sofasa empezó a ensamblar para estos. De manera que Ingenieros y técnicos japoneses fueron incluidos en la empresa, quienes plantearon la idea de realizar reuniones al final de cada jornada, teniendo como participantes a los responsables de cada área de servicio del taller, como el encargado de mantenimiento, información, aprovisionamiento, calidad; con el fin de escuchar las dificultades que tuvieran en su día laboral. Posteriormente estas reuniones se oficializaron y el área de la reunión recibió el nombre de salones kaizen.

Sin embargo, no fue hasta el año 1995 cuando se empezó a aplicar el concepto Kaizen tal como se lo conoce en la teoría, cuando ingenieros viajaron a la planta en Venezuela, y se identificó que este proceso ya existía pero que a diferencia de Colombia, el concepto de Kaizen no era solo un grupo de personas que se conforman con nombrar los problemas, sino como equipos pequeños de trabajo, que investigan las causas y proponen soluciones (Lopez & Bermudez, 2004), de manera que esta experiencia fue de gran importancia para traer el concepto a Colombia.

Así, es en este momento en el que Sofasa, conforma grupos de dos personas en el proceso productivo, soldadura, ensamble y pintura. En el proceso de servicio se conformaron dos personas de calidad, dos de aprovisionamiento y dos de mantenimiento.

De esta manera, se educó a cada grupo en cuanto a las bases de la filosofía Kaizen, para la cual es importante la implementación de las 5S, metodología de análisis y solución de problemas con el método Deming, y herramientas básicas de control estadístico como un gráfico

de Pareto, espina de pescado, entre otras. Así, las reuniones se empezaron a llevar a cabo implementado estas herramientas en los salones kaizen.

Sofasa ha aplicado Kaizen en todas las áreas de la compañía mediante los cuatro pilares en los que se sustenta la filosofía, los cuales son, buscar un mejoramiento continuo, lograrlo trabajando en equipo, hacerlo siguiendo una metodología y tomando decisiones soportadas en datos. Así, en el 2002, la prioridad fue que las otras áreas participaran creando sus propios grupos, siendo estas áreas la administrativa, los equipos de salud ocupacional, nómina, contabilidad, comercio exterior, y el área comercial.

#### General Motors – Colmotores

En General Motors–Colmotores se puede apreciar como la implementación de Lean Manufacturing es primordial para el desarrollo de sus actividades en este caso la mejora es realizada en sus procesos financieros, donde realizaron la intervención en tres procesos verificados, provisiones, cierre de cuentas por pagar y el cierre contable mensual. La herramienta utilizada es “mejora continua o Kaizen”.

Para revisar cada proceso requiere de largo tiempo donde se analiza al detalle el estado actual, movimientos y actividades que se llevan a cabo observando si son o no generadoras de valor, para mejorar inicialmente en el papel cada una de ellas y luego implementarlas en el desarrollo del trabajo día a día (Diaz, 2019).

Al realizar el estudio de los tres procesos mencionados en la empresa se obtiene como resultado en el primer aspecto cierre de provisiones mensuales, cada área responsable enviaba toda la información previa al registro contable, actualizando las tasas de las diferentes monedas utilizadas. Estos reportes eran revisados en hojas electrónicas por GM Colmotores, dando su visto bueno para el registro contable. Después se verificaba que los registros fueran iguales al

archivo recibido de la India. Para este caso se optimiza la labor registrando inmediatamente y efectuando una sola revisión que implicó un ahorro de cerca de seis horas, pues ahora se desarrolla en 30 minutos. Con este archivo parametrizado se logra que se pueda cargar directamente en la contabilidad sin procesos de verificación previa, garantizando exactitud por la no manipulación de los registros y valores (Díaz, 2019).

Al continuar con otra de las mejoras para el proceso específico de cierre contable mensual y disminuir el tiempo de este proceso de 17 a 7 días candelario, donde esta requiere revisión e implementación de muchos cambios que se relacionan con aspectos tecnológicos, recursos humanos, tiempos y movimientos, estos cambios muchas veces no son tan fáciles de realizar ya que las personas que desarrollan estas actividades las mantienen desde hace mucho tiempo o fueron capacitados sin tener en cuenta que si se pueden mejorar se realice algún cambio (Urrego, s.f.) (Díaz, 2019).

De manera que en General Motors- Colmotores el sistema Lean Manufacturing es de gran utilidad para mejorar los procesos administrativos.

### Desarrollo Objetivo 3

Comparación de la implementación de las Herramientas Lean entre las empresas colombianas:

Para llevar a cabo la comparación de las herramientas Lean Manufacturing en el sector automotriz de Colombia de las empresas seleccionadas anteriormente, se utilizó el método comparativo, el cual tiene como objetivo fundamental la búsqueda de similitudes y disimilitudes (Sartori, 1984), se compara entonces lo que pertenece al mismo género o especie. Una de las ventajas que ofrece este método es la posibilidad de explicar e interpretar, sistematizar la información distinguiendo las diferencias con fenómenos o casos similares (Diaz et al, 2014).

Mediante esta comparación se identificó que las herramientas de Lean Manufacturing más utilizadas por las empresas son 5's, TPM, Mejoramiento Continuo o kaizen, siendo estas el 100% de las empresas seleccionadas para esta investigación, se describen las herramientas de Lean Manufacturing más utilizadas según el estudio realizado por las empresas anteriormente mencionadas.

Como primer caso en la empresa Incolmotos el mejoramiento continuo, que inicio con la metodología TPS de la empresa Toyota, disminuyendo costos y aumentando productividad. La siguiente herramienta es el Kaizen con la coordinación de varias herramientas de mejoramiento continuo se logran las mejoras en la compañía. Por otra parte, el Value Stream Mapping (VSM) y la Teoría de Restricciones (TOC). Para la empresa de Renault-Sofasa se identificó principalmente la implementación de herramientas como el TPM (Mantenimiento Productivo Total) a partir de la cual se originó la Gestión del desempeño de los medios (MPM), estableciendo así el cambio continuo y a medida que transcurre el tiempo está expuesto para su mejora. Así mismo, en la empresa General Motors – Colmotores como bien se ha expresado en

parte de este escrito las herramientas de Lean Manufacturing son aplicables en diferentes áreas de la compañía como por ejemplo en esta empresa se realizaron mejoras en sus procesos financieros, es decir utilizó la herramienta de mejora continua o Kaizen en los procesos de provisiones, cierre de cuentas por pagar el cierre contable mensual.

También cabe resaltar en el campo internacional su aplicación como por ejemplo en México, una empresa dedicada a la industria automotriz en la cual se producen asientos interiores y sistemas eléctricos-electrónicos para venderlos a las principales empresas armadoras de automóviles a nivel mundial se aplicó las 5s y el kaizen como herramientas fundamentales, permitiendo una mejora en los tiempos, espacio y producto, destacando la viabilidad de estas herramientas en la compañía.

Por otra parte, en Ecuador se identificó una compañía que creó un vehículo de monoplace SAE para el cual en la producción del tablero de fibra de carbono se utilizaron algunas herramientas de Lean Manufacturing como el VSM (Value Stream Mapping), Kanban, y 5s, entonces se puede apreciar de manera detallada como con estas herramientas mejoran los tiempos, costos e incluso realizaron un análisis con un equipo de trabajo sin herramientas Lean y otro con un equipo al cual se le denominó Kaizen dando como resultado las mejoras y beneficios obtenidos utilizando las herramientas de Lean Manufacturing anteriormente nombradas.

Al realizar la comparación de las herramientas Lean Manufacturing utilizadas en las empresas nacionales e internacionales nombradas anteriormente, se puede concluir que es importante tener en cuenta que cada empresa es diferente, tanto culturalmente o en sus procesos de producción, por lo cual realizar un diagnóstico inicial para identificar los desperdicios o actividades que no agregan valor y que le impiden ser eficiente, facilita la identificación de las

herramientas Lean que más le conviene implementar, para así obtener un mayor beneficio ya sea en productos de calidad, reducción de tiempos y costos de producción, entre otros.

### Desarrollo Objetivo 4

Después de llevar a cabo los objetivos anteriores, en los cuales se realiza una revisión exhaustiva a la información obtenida y seleccionada sobre las empresas de la industria automotriz en Colombia las cuales implementan Lean en sus procesos de producción; se determinan las mejores alternativas de Lean que pueden contribuir a mejorar los procesos en el entorno automotriz en Colombia. A continuación, en la Tabla 4, se describe cada una de ellas.

**Tabla 4**

*Herramientas de lean manufacturing seleccionadas como las mejores alternativas en la industria automotriz en Colombia*

Just in time	Esta herramienta permite que las empresas reduzcan los desperdicios en sus procesos de producción al producir justo lo que se necesita, en el momento en que se necesita y dando cumplimiento a lo que el cliente busca y le da valor.
5s	Las 5's permite que el espacio del lugar de trabajo permanezca organizado y ordenado, lo cual a su vez mejora la productividad al propiciar un mejor entorno laboral (Pons & Rubio, 2021)
Kaizen o mejoramiento continuo	Mediante el uso de esta herramienta, los procesos pueden ser mejores y más eficientes en el tiempo, dado que los aprendizajes se pueden documentar y sistematizar contribuyendo al mejoramiento continuo de los procesos de producción.
VSM ( <i>Value Stream Mapping</i> )	Esta herramienta permite definir las actividades que no agregan valor en un proceso con el fin de tomar acciones para eliminarlas si es posible o en dado caso, optimizarlas de manera que mejore el flujo de materiales e información en el proceso de producción.

Fuente. Elaboración propia

Estas herramientas se seleccionaron debido a que fueron las de mayor implementación en las empresas y a los resultados positivos obtenidos con su aplicación. De igual manera para

obtener una base de datos más amplia se recomienda en futuras investigaciones, aumentar el número de empresas y ahondar en la metodología implementada para obtener una bibliografía más robusta en cuanto a la Industria Automotriz en el país.

**Nota.** Se hace la aclaración que el alcance del trabajo se centró en realizar una revisión de la literatura sobre las herramientas de Lean Manufacturing implementadas en la Industria Automotriz en Colombia, para lo cual se escogieron como ejemplo, tres empresas, de manera que se pudiera analizar y permitir con esta información un mayor acercamiento a esta filosofía. Por otra parte, es importante mencionar que, aunque General Motors se encuentra cerrando sus puertas en el país, a causa de diferentes razones, una de ellas, mencionada en su comunicado es el cambio en el modelo de negocio y la transformación de las operaciones con lo cual se busca dar respuesta a la fragmentación de los mercados. Además, otras de las razones, comunicadas a medios radiales por el presidente y director de la empresa, Santiago Chamorro, la salida de la empresa del país se debe a la inflación y tasas altas de interés lo cual se ve reflejado en la caída del mercado dado que las personas pierden su capacidad de adquisición (El Colombiano, 2024).

Sin embargo, la empresa seguirá en el mercado a través de su marca Chevrolet, y su red de empresas y negocios como GMICA-Isuzu, GM Financial y Chevyplan, así como sus socios comerciales y su amplia red de Concesionarios.

## Conclusiones

Esta Monografía se centró en evaluar las herramientas de Lean Manufacturing implementadas en las empresas del sector automotriz en Colombia, siendo las empresas escogidas para dar cumplimiento al objetivo, Yamaha-Incolmos, Renault-Sofasa y General Motors-Colmotores. De igual forma, se investigó su implementación en dos empresas internacionales, para darle robustez a la investigación.

A partir de la información obtenida en la bibliografía se logró delimitar y realizar una comparación entre las empresas seleccionadas del sector automotriz nacional e internacional, donde se aplicó Lean Manufacturing tanto en los procesos de producción, administrativos o culturales de cada empresa.

Las principales herramientas de Lean identificadas en las empresas seleccionadas son, el Mejoramiento Continuo, el TPM, las 5S, el TOC, TPM, Value Stream Mapping y Just in time.

La empresa Incolmos-Yamaha, implementa Lean Manufacturing principalmente en el área de almacén donde presenta demasiados inventarios, espacios mal distribuidos, cuellos de botella y desperdicios. Renault-Sofasa lo aplica en la cadena de producción y de manera transversal en todas las áreas de la compañía, por otra parte, General Motors-Colmotores, ha aplicado la filosofía principalmente en sus procesos productivos. Así pues, se concluye cómo y que beneficios se obtuvieron al llevar a cabo estas herramientas.

Los beneficios obtenidos con la implementación de Lean en las empresas se traducen en productos de mayor calidad, reducción de tiempos improductivos, disminución de inventarios y materiales en stock, mejor distribución del área de trabajo, entre otros.

## **Recomendaciones**

Se recomienda que previo a la implementación de las herramientas Lean en una empresa, se realice un diagnóstico inicial, en donde se identifiquen los procesos de producción y el funcionamiento interno y de acuerdo con esto, determinar la herramienta que más le beneficie.

Se recomienda como principal fuente de optimización de procesos y recursos (tiempo, dinero, materiales entre otros), la aplicación de la herramienta Just in Time, la cual es la base de la filosofía y abarca varias de las herramientas Lean, como lo son las 5S, Kanban, entre otras.

Una recomendación para la implementación de Lean en una empresa es identificar el flujo de valor, es decir, las actividades necesarias en la obtención del producto o servicio, eliminando las actividades que generen reprocesos o retrasos y así mejorar los procesos de producción.

Una de las herramientas fundamentales recomendadas es la implementación de las 5s, la cual permite generar una cultura organizacional de disciplina en cuanto a orden y limpieza de cualquier área dentro de la empresa y de esta manera mejorar la productividad.

Las acciones recomendadas para una mayor implementación de las herramientas de Lean Manufacturing consisten en una comprensión más completa de la filosofía Lean y una colaboración más transparente entre los involucrados en el trabajo.

### Referencias Bibliográficas

- Arias, J., Corvacho, I., Gonzalez, G., Gornall, W., & Lima, J. (2016). *Mantenimiento Productivo Total Carrera : Ingeniería en Mantenimiento Industrial*. 30.
- Arrieta, J., Muñoz, J., Salcedo, A., & Sossa, S. (2011). Aplicación Lean Manufacturing En La Industria Colombiana. *Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development, August 3-5, 2011, Medellin, Colombia*, 1–11.
- Arrieta, J. (2007). *Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo*. *Tecnura*, 10(20), 139-148.
- Bermejo Marcos. (2011). El Kanban. *Universitat Oberta de Ctalunya, universida(Kanban)*, 36.  
[http://www.camaraarmenia.org.co/files/Produccion\\_multimedia\\_\(Modulo\\_4\).pdf](http://www.camaraarmenia.org.co/files/Produccion_multimedia_(Modulo_4).pdf)
- Bheda, R, Narag., A. S, & Singla, M. L. (2003). Apparel Manufacturing a Strategy for Manufacturing Improvement. *Journal of Fashion Marketing and Management*, p. 12.
- Cañon, M. V. (2021). *Propuesta para la implementación de herramientas Lean Manufacturing en una empresa fabricante de materiales de fricción para sistemas de frenos Maryluz*. Universidad Nacional de Colombia.
- Días Jaimes, N. F. (2022). Estado Del Arte Sobre La Implementación De Herramientas De La Filosofía Lean Manufacturing En Pymes Del Sector Industrial De Colombia. *Unidades Tecnológicas de Santander*.
- Fajardo Villada, A. (2023). *Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Maestría en Educación*. 1–37.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2012). Lean manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación. In *Plant Engineering* (Vol. 66, Issue 10). <https://doi.org/10.31510/infa.v17i2.1000>
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (Vol. 72). Stanford University.
- Liker, J. (2004) *The Toyota Way: 14 Management Principles from The World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Global Education Holdings, LLC.
- Lopez, R., & Bermudez, E. (2004). *El kaizen en sofasa, más que una herramienta una forma de vida que busca la competitividad en la región*. 1–62.  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/10390/u251075.pdf?sequence=1>

&isAllowed=y

- Muñoz, C. (2018). Aproximación a las herramientas de gestión Lean Manufacturing. Una reflexión sobre su proceso de implementación en las Pymes. *Transcommunication*, 53(1), 1–8.  
<http://www.tfd.org.tw/opencms/english/about/background.html><http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024>
- Ospino, J. (2020). *Importancia de la Filosofía Lean en la Industria Automotriz*. 1–41.
- Pradilla, J., Rincon, O., Palacio, J., Fierro, O., Ruiz, M., & Torres, J. (2016). Diseño de un modelo Lean Manufacturing con aplicación de las herramientas VSM, KAMBAN, SMED y 5S para la empresa autopartes y cauchos Bogotá S.A.S. *Ingeniería Solidaria*, 3323565–1450.
- Quijada, J. (2019). *Lean Manufacturing*. Editorial Elearning, S.L. Recuperado 2 de febrero de 2020,  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vMfIDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=historia+de+lean+manufacturing&ots=QW7xkOtNA4&sig=EPYX7ngEsJ4DEHpSYVPQq5zHmgE#v=onepage&q=historia%20de%20lean%20manufacturing&f=false>
- Reeb, J y Leavengood, S. (2010). *Introducción a la manufactura esbelta*. Oregon State University (OSU). <https://www.virtualpro.co/biblioteca/introduccion-a-la-manufactura-esbelta>
- Renting Colombia (12 de septiembre de 2022). *Actualidad del sector automotriz y perspectivas económicas en Colombia*. Recuperado de <https://www.rentingcolombia.com/panorama-economico-sector-automotriz-sep-2022#:~:text=Grandes%20aportes%20al%20PIB%20de%20Colombia&text=La%20contribuci%C3%B3n%20del%20sector%20automotor,directos%20y%20330%20mil%20indirectos%20>
- Rodriguez, C., Echeverry, C., López, C., & Villalobos, H. (2014). El diagnóstico y los planes de trabajo como un requisito para la implantación exitosa de Lean Manufacturing. *12th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 1–9.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that change the world*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press.