

**Importancia de la Integración de las Metodologías TPM y Lean Six Sigma en la Mejora  
Continua de los Procesos de las PYMES Procesadoras de Café**

Johnny A. Sánchez y Carlos M. Zapata

Universidad Nacional Abierta y A Distancia

Monografía

Ing. Martha Catalina Ospina Hernández

Septiembre 13, 2021

## Resumen

Actualmente existen industrias que implementan metodologías de mejoramiento continuo en la que se destacan TPM, Lean Manufacturing y Six Sigma, permitiendo identificar defectos calidad, tiempos muertos de producción, averías recurrentes, criticidad de equipos y accidentes de trabajo, logrando así tener un mayor control de operaciones y mejoramiento de condiciones ambientales y procesos productivos. En análisis a lo mencionado no se ha encontrado la integración de las metodologías TPM y Lean Six Sigma importantes en el mejoramiento continuo de los procesos. En efecto se presenta una propuesta de monografía que tiene como objetivo documentar la importancia y las ventajas que traería para las pequeñas y medianas empresas de manufactura del café colombianas la integración de Lean Six Sigma y TPM en su proceso de mejoramiento continuo. En consecuencia, se planea conceptualizar individualmente cada metodología para determinar su origen y objetivos, así mismo establecer la importancia de estas dos metodologías para la industria alimentaria que permita dar solución a la problemática planteada.

***Palabras clave:*** TPM, Lean Manufacturing, Six Sigma, Despilfarro

## **Abstract**

Currently there are industries that implement continuous improvement methodologies in which TPM, Lean Manufacturing and Six Sigma stand out, allowing to identify quality defects, production downtime, recurring breakdowns, criticality of equipment and work accidents, thus achieving greater control of operations and improvement of environmental conditions and production processes. In the aforementioned analysis, the integration of TPM and Lean Six Sigma methodologies has not been found important in the continuous improvement of processes. In effect, a monograph proposal is presented whose objective is to document the importance and advantages that the integration of Lean Six Sigma and TPM in their continuous improvement process would bring for small and medium-sized Colombian coffee manufacturing companies. Consequently, it is planned to individually conceptualize each methodology to determine its origin and objectives, as well as to establish the importance of these two methodologies for the food industry that allows solving the problem raised.

***Keywords:*** TPM, Lean Manufacturing, Six Sigma, Waste

## Tabla de Contenido

Capítulo 1. Planteamiento del Problema.....	9
Justificación .....	9
Objetivos .....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos.....	11
Capítulo 2. Marco Teórico y Conceptual.....	12
Marco Conceptual.....	12
Marco Legal y Ambiental .....	15
Marco Legal .....	15
Marco Ambiental .....	17
Marco Teórico.....	19
Lean Manufacturing.....	19
Importancia .....	20
Funcionamiento de la metodología.....	21
Herramientas Lean .....	22
Six Sigma.....	23
Historia.....	23
Importancia .....	25
Integración de Lean y Six Sigma .....	28
Diferencias de Lean y Six Sigma.....	29
TPM .....	30

Historia.....	30
Importancia .....	32
Pilares y estructura.....	32
Pequeñas y Medianas Empresas .....	36
Pymes en Colombia .....	37
Necesidad de implementación de herramientas de mejoramiento continuo en las pymes colombianas.....	39
Casos de éxito de implementación de Lean Six Sigma en Colombia.....	44
Caso 1 éxito en la implementación de Lean Six Sigma en Colombia .....	44
Caso de éxito en Colombia de la implementación de TPM.....	45
Capítulo 3. Resultados .....	47
Fase 1 .....	49
Fase 2 .....	51
Fase 3 .....	52
Discusión y análisis.....	54
Modelo propuesto .....	59
Referencias.....	61

**Listado de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Objetivos específicos de cada fase del DMAIC	27
Tabla 2 Cuadro comparativo de Lean Manufacturing y Six Sigma	29
Tabla 3 Tabla de resultados de búsqueda de bases de datos para cumplimiento de primer objetivo	49
Tabla 4 Tabla de resultados de búsqueda de bases de datos para cumplimiento de primer objetivo	51
Tabla 5 Tabla de resultados de búsqueda de bases de datos para cumplimiento de primer objetivo	53

## Listado de Figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Línea de Tiempo de Eventos Históricos Claves para el Desarrollo del Lean Manufacturing	20
Figura 2. Pilares del Lean Manufacturing	22
Figura 3. Herramientas del Lean Manufacturing	23
Figura 4. Línea de Tiempo de Eventos Históricos Claves para el Desarrollo del Six Sigma	24
Figura 5. Línea de tiempo de la historia y evolución del TPM	31
Figura 6. Pilares del Mantenimiento Productivo Total	33
Figura 7. Gráfico de distribución de Pymes por Sectores Económicos	38
Figura 8 Gráfico de destinos de inversión de capital por parte de las pymes en el primer trimestre de 2020	39
Figura 9. Exportaciones según grupos de productos OMC Diciembre (2020/2019)	41

Figura 10. Ejemplo de proceso de transformación del café verde en café soluble	42
Figura 11. Comportamiento indicador horas empleadas en fallas de máquina	45
Figura 12 Diagrama de flujo de proceso de búsqueda de fuentes bibliográficas	48
Figura 13. Diagrama de flujo de para implementación de TPM+Lean Six Sigma	59

## **Capítulo 1. Planteamiento del Problema**

El sector de las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) dedicadas a la manufactura y procesamiento del café en Colombia han tratado de introducir a sus procesos, enfoques estratégicos encaminados a la mejora continua. De las metodologías más aplicadas a las industrias de procesos son: TPM (Mantenimiento Productivo Total) y Lean Six Sigma, que es la unión entre Lean Manufacturing “Manufactura esbelta”, Six Sigma “De la letra sigma que denota variación”. A pesar de que cada una de ellas implementadas de forma individual han traído muy buenos resultados, aún no hay un reconocimiento contundente de la viabilidad y los beneficios que traería la sinergia de las dos metodologías.

Es así como surge el interrogante: ¿Cuál es la importancia de establecer sinergia entre las metodologías Lean Six Sigma y TPM en el sector de las PYMES dedicadas al procesamiento del café en Colombia?

Para ello se realizará una monografía en donde se consultarán fuentes bibliográficas y se consolidará la conceptualización teórica e histórica de cada metodología como los avances en el trabajo conjunto entre éstas.

### **Justificación**

TPM es una metodología de mejoramiento continuo encaminada a aumentar la eficiencia de los equipos y maquinaria industrial, con el fin de disminuir tiempos por avería, tiempos de cambio de formato, accidentes de trabajo y defectos de calidad con origen en el equipo.

Por otro lado, Rey (2001) lo define como un grupo de preceptos técnicos, métodos y acciones encaminadas a garantizar que los equipos, instalaciones y organizaciones que hacen parte del proceso productivo, ejecuten una actividad ajustada al tiempo planeado, con base en la aplicación constante de la mejora continua (p.59)

Lean Six Sigma es la integración de Lean Manufacturing o también denominada manufactura esbelta que abarca las metodologías de la filosofía Toyota encaminada principalmente a la disminución o eliminación del desperdicio y procesos que no generan valor al proceso y Six Sigma que es una metodología nacida en la empresa Motorola orientada a la disminución de la variación.

La integración de cada una de estas metodologías permite mejorar los diferentes sectores productivos y procesos difíciles de controlar en las PYMES, en consecuencia, con la aplicación de cada metodología se adquiere el mejoramiento continuo con productos de alta calidad y cero defectos que satisfagan las necesidades y requerimientos de los clientes. Para ello se ahondará en la documentación disponible para verificar si se ha realizado combinación entre ambas metodologías y los resultados obtenidos.

Esta iniciativa aportará al sector productivo en Colombia dedicado al estudio de la manufactura del café, un recurso sumamente representativo e importante para la economía del país, sobre el cual se establecerá un claro análisis de la incidencia del mejoramiento continuo en sus procesos, a través de la implementación primaria de Mantenimiento Productivo Total en paralelo con la aplicación de herramientas propias de Lean Six Sigma, convirtiéndose así en una

estrategia sumamente robusta que permitirá una consolidación del sector en el mercado nacional e internacional.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Analizar la relevancia de la integración de las metodologías Lean Six Sigma y TPM como una forma de mejorar la productividad en las empresas procesadoras de café.

### ***Objetivos Específicos***

-Realizar un diagnóstico sobre el estado actual de las Pymes cafeteras en Colombia y su importancia para la economía del país.

-Realizar un análisis individual de cada metodología para determinar su origen, objetivos, requisitos y pasos para su implementación.

-Proponer un modelo de implementación conjunta de las metodologías Lean Six Sigma y TPM para las pequeñas y medianas empresas del sector manufacturero del café en Colombia.

-Identificar las oportunidades que para las empresas de la industria del café en Colombia, representa la implementación conjunta de modelos de mejoramiento continuo como TPM, Lean Manufacturing y Six Sigma

## Capítulo 2. Marco Teórico y Conceptual

A continuación, se presenta el desarrollo del marco teórico y conceptual de la monografía en la cual se abordan aspectos como el marco conceptual donde se definen los términos utilizados en el contexto de las metodologías Lean Six Sigma y TPM. Por otro lado se desarrolla el marco legal y ambiental en donde se consolidan las normas nacionales e internacionales relacionadas con el tema central de la monografía, además de brindar el contexto de aplicación de cada una de ellas, como por ejemplo se dará a conocer un caso de aplicación de la norma ambiental en una de las empresas pertenecientes al sector cafetero colombiano.

### Marco Conceptual

A continuación, se presenta los conceptos necesarios para comprender el marco teórico.

**Control Total de la Calidad:** según Rajadell y Sánchez (2010) el control de calidad es una actividad que involucra al 100% de los empleados de la organización y cada uno es responsable del valor que se entrega al cliente.

**5S:** De acuerdo con Piñero, Vivas y Flores (2018) 5S hace referencia a cinco conceptos japoneses que en su orden serían: Selección, Orden, Limpieza, Estandarizar y disciplina que

deben ser aplicados por todos y cada uno de los miembros de la organización, encaminados así hacia una cultura de calidad.

Despilfarro: De acuerdo con la literatura Rajadell y Sánchez (2010) establecen el concepto como la actividad del proceso que no genera valor y es poco o nada primordial para su procesamiento (p.19)

Just in Time: De acuerdo con Hernández (2017) la metodología Just in Time (JIT) se especifica como un: pensamiento estratégico que se basa en la satisfacción de la demanda. Su objetivo primordial es el cumplimiento de los pedidos a tiempo y con calidad.

Kaizen. Se puede definir como “mejoramiento en marcha que involucra a todos” (Imai,2001, p.29), haciendo referencia a un cambio organizacional encaminado al establecimiento de un sistema de mejoramiento de todos los procesos involucrando a todos los actores que hacen parte del proceso de forma directa o indirecta.

Lean Manufacturing: de acuerdo con Rajadell y Sánchez (2010) El Lean Manufacturing o producción esbelta se refiere a una mejora sustancial del sistema productivo por medio de la reducción de tareas poco generadoras de valor.

Six Sigma: de acuerdo a Gutiérrez, de la Vara (2009) se usa para la reducción de la variación, para así hallar y eliminar las fuentes de las fallas, defectos y demoras en los sistemas productivos

SMED: la herramienta SMED fue concebida en la industria japonesa definida por su creador Shingo (1990) como: Cambio de herramientas medido en minutos de solo un dígito conocido de manera tradicional como el SMED, cuyo acrónimo significa “*Single Minute Exchange of Die*”. Tiene por objetivo llevar las operaciones de preparación y cambios de formato a menos de diez minutos. Cabe resaltar que no toda preparación y cambio no puede completarse en menos de diez minutos, pero, sin embargo, se puede realizar grandes reducciones de tiempo ejecutando el SMED (p.21).

TPM: de acuerdo con Castillo, Fernández, Ángeles (2018) El Mantenimiento Productivo Total es una metodología que compone un conjunto de acciones que tiene por meta aumentar la eficiencia de la organización.

Kanban: con base en Castellano (2019) Kanban se enfoca en mantener activo el abastecimiento de la línea productiva, a través de señales visuales que funcionan como herramientas de control.

Heijunka: de acuerdo con Rajadell y Sánchez (2010), Heijunka es una técnica Lean que busca una producción nivelada y balanceada, que sea ajusta a lo que el cliente solicita, disminuyendo stock de materia prima y de producto acabado y aumentando la flexibilidad de la planta.

Jidoka. “Significa autonomización de los defectos o automatización con enfoque humano” (Socconini, 2009,p.4).

## **Marco Legal y Ambiental**

Se desarrolla el marco legal y ambiental con el fin de da a conocer la normatividad aplicable al objeto de la monografía, leyes y normas de mayor importancia en el contexto de las Pymes del sector cafetero colombiano, normatividad legal de calidad, ambiental, seguridad y salud en el trabajo; temas de gran relevancia para el objetivo de las metodologías de mejoramiento continuo abordadas en el marco teórico.

### ***Marco Legal***

Ley 905 de 2004 Ley colombiana que permite el apoyo competitivo en la creación, formación y sostenimiento y oportunidades laborales de las pymes con productos de alta calidad. La norma es aplicable al objetivo de la monografía pues lo que se busca con la aplicación de las

metodologías de mejoramiento continuo es básicamente calidad y competitividad para sostenimiento de las Pymes en el país. ISO 9001 (Norma Internacional para la estandarización de un Sistema de Gestión de Calidad), Esta norma establece cada uno de los requisitos de gestión de calidad, la utilización correcta de los recursos dentro de la organización que se deben cumplir para garantizar un producto de alta calidad para el mejoramiento continuo y la satisfacción al cliente por el incremento de sus servicios y la gestión de los procesos. Lean Six Sigma y TPM dirigen sus esfuerzos a la satisfacción de los clientes, con la entrega de productos de alta calidad, cumpliendo con todos y cada uno de los estándares.

Decreto 60 de 2002: aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico - HACCP en las fábricas de alimentos y la reglamentación del sistema de certificación. Es indudable el papel de las metodologías de mejoramiento continuo en búsqueda de eliminación de fuentes de riesgo para la inocuidad, con base en la gestión y corrección inmediata de anomalías y despliegue de ciclos de mejora en la prevención de eventos no deseados.

ISO 45001 (Norma Internacional para la estandarización de un Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo). El objetivo de esta norma es velar por el bienestar y la seguridad de los trabajadores para que en sus labores diarias se sientan seguros y se puedan minimizar los riesgos a los que se encuentra expuestos en sus puestos de trabajo, manteniendo un lugar seguro y saludable dentro de la organización. Esta norma surgió en marzo de 2018 reemplazando la ISO 18001 ya que cuenta con un nuevo esquema y fácil manejo a la hora de su implementación. Según Lean Six Sigma y TPM, una producción limpia o esbelta deber ser libre no solo de

defectos de calidad o desperdicios, sino también de accidentes, puesto que la integridad de los empleados es fundamental para mantener una cultura organizacional exitosa.

### ***Marco Ambiental***

ISO 14001 (Norma Internacional para la estandarización de un Sistema de Gestión Ambiental). La anterior norma internacional aplica para el mejoramiento continuo encaminado a la disminución del impacto ambiental de empresas manufactureras).

Se evidenció en una de las empresas manufactureras pertenecientes al sector cafetero las siguientes iniciativas para disminuir el impacto al medio ambiente:

Para la disminución de impactos ambientales se resalta el proceso del tratamiento de aguas residuales en los procesos productivos del café, donde se retiran mecánicamente los sólidos gruesos como (trapos, plásticos, papel etc.), la arena y las grasas presentan un tratamiento preliminar o pretratamiento, pasando a un tanque de homogenización donde el agua residual ingresa al tratamiento biológico, que constituye la principal herramienta para la depuración.

Otro de los residuos generados en las empresas manufactureras del café es la “la borra” que resulta del proceso de extracción y es utilizada en quema de un combustible, para calentar agua hasta producir vapor en las calderas. Este proceso consiste en retirar su humedad para poder

considerarla como un combustible útil, esto se logra a través de prensas y un secador rotatorio que utiliza los gases de combustión calientes para secar la borra.

Para el caso de esta monografía se aplicaría en la utilización de las metodologías de mejoramiento, para fomentar ideas para el uso de energías limpias y renovables y disminución del impacto ambiental para garantizar una producción sostenible.

## **Marco Teórico**

A continuación, se describe de manera detallada los orígenes históricos del Lean Six Sigma y el TPM, descripción de las metodologías, funcionamiento, importancia y casos de éxito, con base en la consolidación de documentación bibliográfica, evidenciando el avance en la integración de estas metodologías.

Cabe aclarar que el Lean Six Sigma se trabajará como una sola metodología que es el resultado de la integración entre Lean Manufacturing y Six Sigma, pero inicialmente se analizará cada una de ellas de manera individual hasta llegar a explorar el punto de sinergia entre ambas.

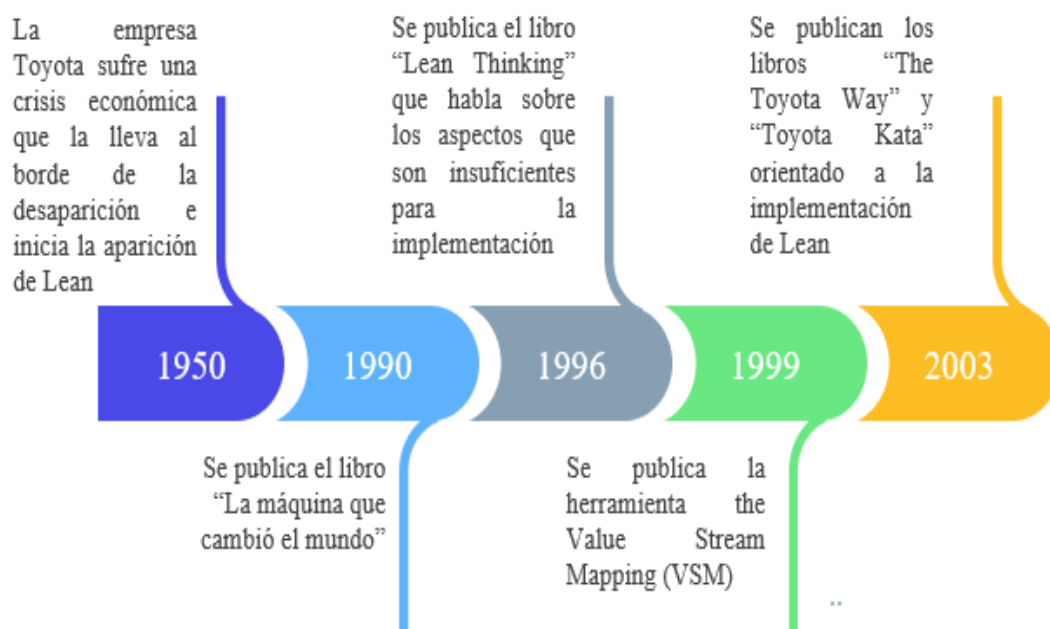
### **Lean Manufacturing**

Hablar de Lean Manufacturing es igual a estudiar el Sistema de Producción Toyota o TPS, según Liker (2003) afirma que Lean tiene su origen en Toyota. Iniciado en la última hace unos años, tiene una influencia en todo tipo de industria, permitiendo una transformación radical de su sistema productivo.

En la figura 1 se encuentran los hechos históricos importantes en el desarrollo de Lean. La información presentada es adaptada de Buzón (2019, p.14) en donde se presenta una línea de tiempo desde el año 1950 hasta el año 2003 los hechos históricos más importantes que dieron origen al desarrollo del Lean Manufacturing.

## Figura 1

### *Línea de Tiempo de Eventos Históricos Claves para el Desarrollo del Lean Manufacturing*



*Nota.* Información adaptada de Buzón (2019, p.14) en donde se presenta una línea de tiempo desde el año 1950 hasta el año 2003 los hechos históricos más importantes que dieron origen al desarrollo del Lean Manufacturing.

### **Importancia**

Según Socconini (2019) el poder de Lean Manufacturing está en la capacidad de encontrar todas las oportunidades de mejora que no han sido descubiertas, debido a que los desperdicios siempre están presentes en los procesos y deben eliminarse. Lean Manufacturing al haber surgido en la empresa Toyota y siendo ésta una organización perteneciente a la industria

de ensamble automotriz ha generado inquietud sobre su flexibilidad para ser aplicado a otro tipo de organizaciones. Según Gisbert y Rojas actualmente una gran variedad de organizaciones de ensamble y de proceso, han aplicado el sistema Lean, debido a su versatilidad, logrando así obtener resultados exitosos (p.6).

### ***Funcionamiento de la metodología***

Analizando el funcionamiento de la metodología se debe hacer énfasis inicial en los pilares del Lean Manufacturing. Según Rajadell y Sánchez (2010) La manufactura esbelta está asentada sobre los pilares de Kaizen, Control Total de la Calidad y el Just in Time.

En la figura 1 se encuentran los hechos históricos importantes en el desarrollo de Lean. La información presentada es adaptada de Buzón (2019, p.14) en donde se presenta una línea de tiempo desde el año 1950 hasta el año 2003 los hechos históricos más importantes que dieron origen al desarrollo del Lean Manufacturing.

En la figura 2 se presentan los tres pilares sobre los cuales se sostiene el Lean Manufacturing. La información presentada es adaptada de Rajadell y Sánchez (2010) en donde se presenta la estructura de las bases de la metodología.

## Figura 2

### *Pilares del Lean Manufacturing*



*Nota.* Información adaptada de Rajadell y Sánchez (2010) en donde se presentan los tres pilares sobre los cuales se sostiene el Lean Manufacturing.

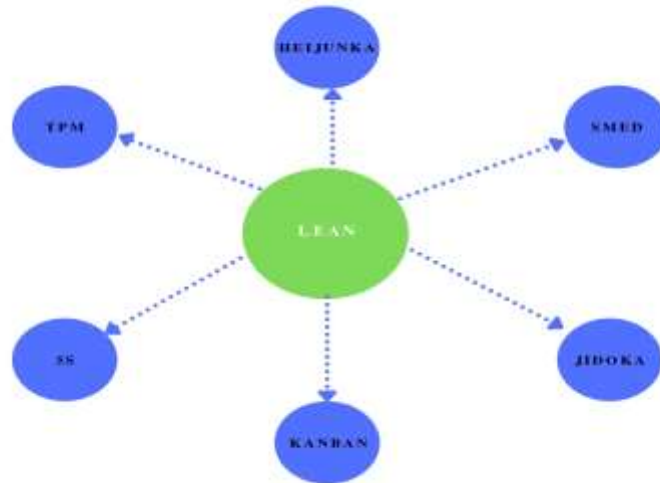
### ***Herramientas Lean***

Rajadell y Sánchez (2010) “El objetivo principal del Lean Manufacturing es la eliminación o reducción de actividades que no generan valor por medio de sus herramientas metodológicas (5S, SMED, Kanban, Heijunka, Jidoka, TPM, etc.)” (p.1).

En la figura 3 se presenta la lista de las principales y herramientas que hacen parte del Lean Manufacturing. La información presentada es adaptada de Rajadell y Sánchez (2010).

### Figura 3

#### *Herramientas del Lean Manufacturing*



*Nota.* Información adaptada de Rajadell y Sánchez (2010) en donde se presenta la lista de las principales herramientas del Lean Manufacturing.

### Six Sigma

A continuación, se presenta la recolección bibliográfica de los referentes históricos del Six Sigma, su importancia y explicación de cada fase del ciclo DMAIC.

#### *Historia*

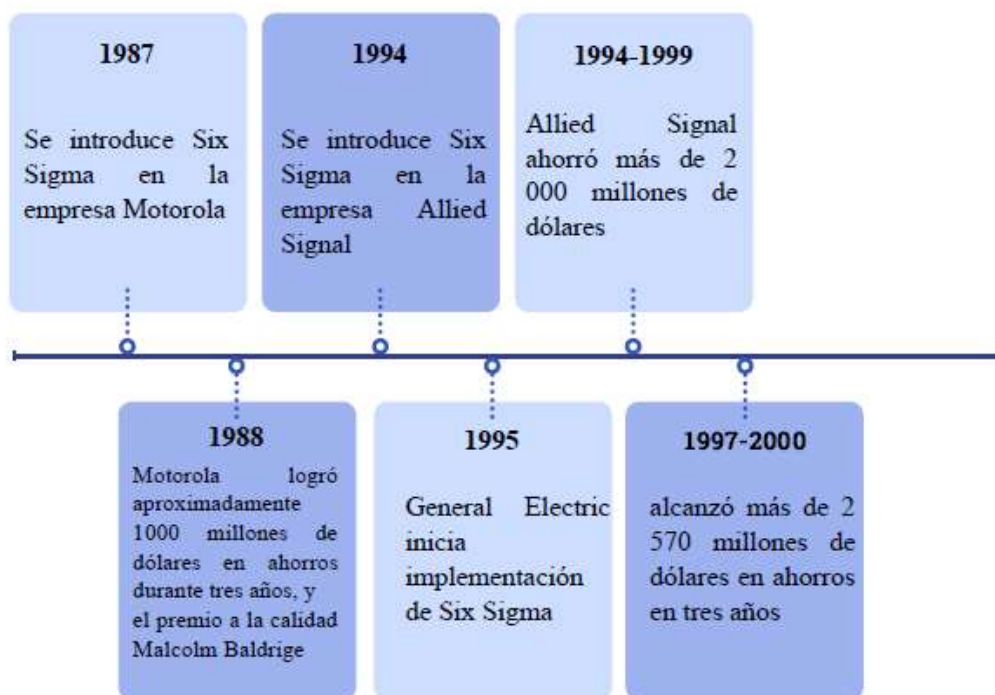
De acuerdo con Gutiérrez y De la Vara (2009) el Six Sigma tiene su origen en la empresa Motorola, introducido por Bob Galvin en el año 1987. A parte de Motorola a otras dos empresas se les atribuye el desarrollo del Six Sigma, Allied Signal que inició la implementación

en 1994 y General Electric que inició en 1995.

En la figura 4 se describen los hechos históricos más importantes del desarrollo del Six Sigma. La información es adaptada de Gutiérrez y de la Vara (2009).

#### Figura 4

##### *Línea de Tiempo de Eventos Históricos Claves para el Desarrollo del Six Sigma*



*Nota.* Información adaptada de Gutiérrez y De la Vara (2009) donde se describen los hechos históricos más importantes en el desarrollo del Six Sigma.

### ***Importancia***

De acuerdo con Gómez y Barrera (2012) el Six Sigma se enfoca principalmente en el cliente, con base en información real y toma de datos, con el fin de disminuir la variabilidad del proceso y sus defectos para mejorar el desempeño y ser eficientes.

La variación es entonces el principal enfoque del Six Sigma que, bajo un análisis estadístico profundo, pretende disminuirla a base de mejoras enfocadas y eficientes.

De acuerdo con Navarro, Soler y Pérez (2017) la metodología adoptada por Six Sigma es el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar).

**Definir.** Según Ocampo y Pavón (2012) Es el primer paso de la metodología, acá se hallan oportunidades de mejora dentro de la organización y trabajando junto a la alta dirección se eligen los proyectos que se consideran más importantes. Por otro lado, Barrantes (2019) postula que esta fase es donde se describe el inconveniente al que se quiere dar solución, poner en contexto y saber de dónde se parte. El primer paso es fundamental para el éxito del proyecto.

**Medir.** De acuerdo con Gutiérrez y De la Vara (2009) definen que en esta fase se comprende el proceso a un mayor nivel de detalle, se realiza validación al sistema de medición y se determina la línea base (p.452). En esta fase se realiza una recolección de datos dentro del

proceso, se valida el sistema de medición y se halla la incertidumbre, además de generar el estado de referencia del proyecto.

**Analizar.** Según Gutiérrez (2018) lograr determinar la causa raíz requiere inicialmente la identificación de las causas potenciales; luego las causas que se hallan con la aplicación de métodos estadísticos y análisis humano y finalmente se priorizan las causas que generar un alto impacto sobre la oportunidad de mejora (p.6).

En esta fase se hace uso de herramientas estadísticas aplicadas a la interpretación y análisis profundo de los datos.

**Mejorar.** Luego de haber ejecutado la fase de análisis se procede a diseñar y ejecutar las mejoras respectivas, así como se expresa a continuación:

Según Soler et al (2018) luego de haber realizado un análisis de los datos se empiezan a decidir los planes de acción para eliminar la causa raíz de las anomalías logrando así el cumplimiento de los objetivos propuestos.

**Controlar.** Según Socconini y Escobedo (2021) durante esta fase se realiza el diseño de un conjunto sistemático que logre mantener las mejoras aplicadas y se da cierre al proyecto. Las actividades de esta etapa giran en torno al procesamiento, la recolección de evidencias documentales y el control a través del monitoreo (p.464), lo cual se encamina a mantener lo

conseguido hasta el momento. En esta etapa se convierte en una estrategia de mejoramiento continuo.

En la tabla 1 se muestran los objetivos específicos de cada fase del DMAIC. Información adaptada de Ocampo y Pavón (2012).

**Tabla 1**

*Objetivos específicos de cada fase del DMAIC*

<b>Fase</b>	<b>Objetivos específicos</b>
Definición, Medición y Análisis	Hallar las variables críticas que están generando incremento a la cadena de valor de la entidad
Mejoramiento	Implementación de soluciones a través de las propuestas multidisciplinarias realizadas por los miembros de equipos.
Controlar	Monitoreo de variables que son independientes, logrando así mantener en el tiempo las mejoras aplicadas

*Nota.* Elaboración propia esta tabla muestra los objetivos específicos de cada fase del DMAIC.

## **Integración de Lean y Six Sigma**

La integración de Lean Manufacturing y Six Sigma nació a raíz de una necesidad tal como lo describe Gutiérrez y De la Vara (2009) “la estrategia Seis Sigma se apoya de manera especial en las ideas y metodologías ligadas a lo que se conoce como proceso esbelto (lean process, en inglés)” (p.437). También Romero (2012) describe a Lean como una herramienta que es de gran ayuda para la reducción de coste ligado a los desperdicios del sistema productivo pero que no contribuye a reducir la variación. Mientras que Six Sigma es útil para reducción de la variación, pero no el tiempo de ciclo o desperdicios. Es por esto que la combinación de Lean y Six Sigma es usada para eliminar costos, controlar el proceso y reducir la variación.

Por otro lado, Guardiola (2019) postula que Lean y Six Sigma de manera individual son herramientas de gran envergadura que contribuyen enormemente a la consecución de objetivos, y que al realizar una mezcla entre ellas habrá mejores resultados por la forma en que ambas se complementan.

González (2018) afirma que el “Lean Six Sigma es una metodología que integra dos corrientes, Lean y Six Sigma, las cuales maximizan la mejora en la satisfacción de los clientes, la calidad, velocidad en los procesos, la productividad y minimiza los costos”.

Lean Six Sigma se desarrolla en el ciclo DMAIC para encontrar soluciones a inconvenientes en el proceso productivo, integrándose con Lean para la disminución de actividades que generan despilfarro. (Abril, 2020).

### *Diferencias de Lean y Six Sigma*

En la tabla 2 se compara el Lean Manufacturing y el Six Sigma brindando un contexto claro de las diferencias y similitudes entre ambas metodologías. Información tomada de Socconini y Escobedo (2021).

**Tabla 2**

*Cuadro comparativo de Lean Manufacturing y Six Sigma*

<b>Lean</b>	<b>Six Sigma</b>
Elimina ineficiencias de los procesos y reestructurarlos hacia la eficiencia	Busca la mejora de los procesos incluyendo calidad, eficiencia y servicio
Enfocada a la satisfacción del cliente	De igual manera se enfoca en la satisfacción de los clientes
Las mejoras nacen de ideas de los empleados	Las mejoras surgen de análisis profundo de datos

*Nota.* Información tomada de Socconini y Escobedo (2021)

## **TPM**

En las investigaciones realizadas se evidencia que TPM hace parte de Lean Manufacturing, por consiguiente, se ahondará en más detalle sobre la metodología ya que actualmente se implementa como un sistema de gestión empresarial de manera individual.

### ***Historia***

A continuación, se presenta el origen histórico y la evolución del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Mantenimiento productivo Total es un concepto introducido en el año 1989 por el Japan Institute of Productive Maintenance (JIPM) mostrado como un sistema de mejoramiento que incluye a todas las personas que se involucran en el proceso productivo. (Condenzo, 2019, p.29)

En la figura 5 se describen los hechos históricos más importantes de la historia del TPM. información adaptada de Fernández (2018).

Figura 5

*Línea de tiempo de la historia y evolución del TPM*



*Nota.* Información adaptada de Fernández (2018). donde se describen los hechos históricos más importantes de la historia de TPM.

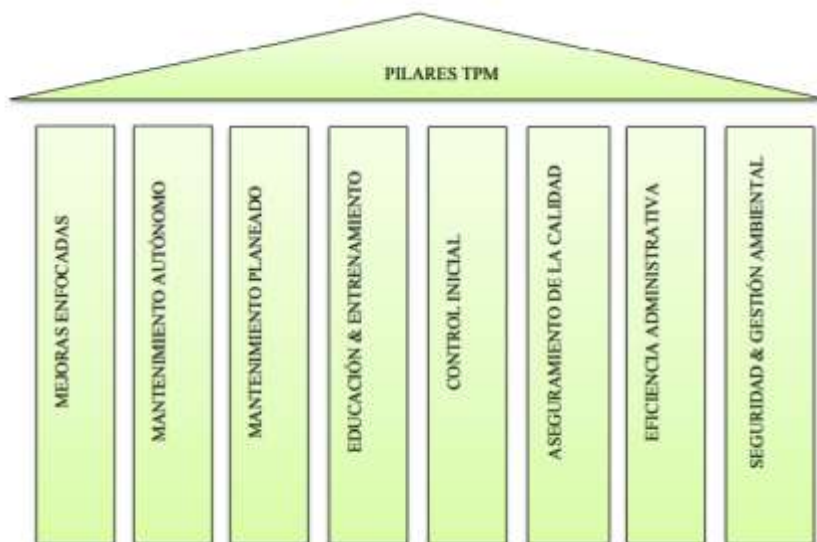
### ***Importancia***

De acuerdo con Carrillo et. Al (2018) esta metodología está enfocada a la creación de un sistema productivo que incremente la eficiencia de las máquinas y equipos que operan el proceso manufacturero, logrando así garantizar su buen funcionamiento, disminuyendo desperdicios de tiempo por fallas, que aumentarían los tiempos de entrega a los clientes.

Es una metodología que está encaminada al objetivo principal del Lean Manufacturing: la satisfacción de los clientes; en este caso garantizando disponibilidad en los equipos para garantizar el cumplimiento a los requerimientos de los clientes.

### ***Pilares y estructura***

En la figura 6 se presenta la estructura de los ocho pilares que componen la metodología del TPM. Información reproducida de S. Acosta y L. González,2019 (p.43).

**Figura 6***Pilares del Mantenimiento Productivo Total*

*Nota.* Adaptado de “Propuesta de mantenimiento productivo total (TPM), en el proceso de sacrificio de equinos en la empresa finca los cristales Ltda. ubicada en Mosquera”, (p.43), por S. Acosta y L. González, 2019.

**Mejoras enfocadas.** De acuerdo con Suzuki (1992) “La mejora orientada incluye todas las actividades que maximizan la eficacia global de equipos, procesos y plantas a través de una intransigente eliminación de pérdidas y la mejora de rendimientos” (p.45). Es decir, que el objetivo primordial del pilar radica en las acciones y actividades de mejora que se toman para reducir o eliminar pérdidas de producción y la mejora del rendimiento en la planta.

**Mantenimiento Autónomo.** En este pilar prima el papel del operador en tareas específicas que buscan aumentar la disponibilidad de los equipos, tal como lo describe Dubó (2021) su objetivo primordial es involucrar al operador en tareas de mantenimiento de sus equipos e instalaciones.

**Mantenimiento Planeado.** De acuerdo con la literatura Manjón (2018) define que el mantenimiento planeado es vital para el funcionamiento adecuado del TPM debido a que su objetivo es alcanzar las cero averías. Implementar este pilar trae consigo invertir una buena cantidad de tiempo debido a que las áreas de mantenimiento en su mayoría no tienen certeza ni datos de registro de averías para establecer frecuencias y métodos de trabajo.

### **Educación y entrenamiento.**

De acuerdo con la literatura Vergara (2019)

Educación y entrenamiento se encamina en la capacitación de todas las personas que hacen parte del proceso productivo de la organización. Los operarios, son considerablemente especiales en el TPM, debido a que son las personas que mayor contacto tienen con los equipos.

En este pilar se crea un entorno de aprendizaje para el desarrollo del conocimiento y las habilidades de los operarios.

**Gestión temprana o control inicial.**

De acuerdo con la literatura Inga (2017) se establece que el pilar tiene como meta disminuir el tiempo de desarrollo desde la fase inicial hasta la producción a grandes proporciones logrando un arranque rápido, sin complicaciones.

Se trata de un pilar encaminado a disminuir tiempos de arranque de los equipos basada en la optimización del ciclo de vida del producto.

**Mantenimiento de la calidad.**

De acuerdo con la literatura Suzuki (1992) este pilar tiene por objetivo ejecutar de manera sistemática y fase por fase acciones encaminadas a garantizar en las máquinas las condiciones ideales para disminuir a cero los defectos y reprocesos.

**Eficiencia Administrativa.** Básicamente el pilar fomenta la inclusión de los departamentos administrativos y de apoyo en la metodología aplicando herramientas con las 5S y la optimización del flujo de la información. Por otro lado:

Según la literatura Jélvez (2020) “Se podrá convencer al resto de las oficinas para que se mantengan en la línea de la filosofía y por ende desde las mismas oficinas al tener una buena

presentación, podrá exigir al taller las correspondientes medidas para lograría una cierta armonía de trabajo”

**Seguridad y Gestión Ambiental.** De acuerdo con la literatura Suzuki (1992) “Asegurar la fiabilidad del equipo, evitar los errores humanos, y eliminar los accidentes y polución son algunos de los pilares básicos del TPM”

De esta manera ya se dio una conceptualización histórica y de funcionalidad de las metodologías Lean Six Sigma y TPM. A continuación, se dará una descripción del estado actual de las PYMES en Colombia y el papel de la industria cafetera en el desarrollo del país.

### **Pequeñas y Medianas Empresas**

Las PYMES se reconocen como un foco de empleo e ingresos y de gran importancia para el desarrollo económico (como se cita en Garrido, 2017).

Por otro lado, es claro que el papel de las PYMES en el país es sumamente determinante para el desarrollo del país, así como lo postula Nates y Ríos (2016) en donde actualmente en el mundo empresarial las PYMES, son claves para el éxito financiero, por su capacidad para generar empleo y competitividad a nivel nacional

Igualmente se ha identificado que en la actualidad las Pequeñas y Medianas Empresas deben crear estrategias que sean aliadas para mantenerse en el mercado el cual es sumamente competitivo y complejo de mantenerse. (Como se cita en Valencia y Erazo, 2016). Es allí donde

las metodologías de mejoramiento continuo adquieren gran importancia pues son herramientas de gestión bastante útiles para mejorar los procesos organizacionales en un contexto externo e interno de la empresa y encaminarse hacia el mejoramiento continuo y permanente.

### *Pymes en Colombia*

#### **Impacto.**

En Colombia la Pymes contribuyen en un alto porcentaje a la producción nacional y la generación de empleos. Así como se menciona en (DIAN, 2019, como se citó en MinTrabajo, 2019) "según cifras del DANE, éstas representan más de 90% del sector productivo nacional y generan el 35% del PIB y el 80% del empleo de toda Colombia". También lo afirma Lemus (2017)" Las Pymes son empresas que tienen gran peso en la economía colombiana, contribuyen con la generación de empleo e inciden en el incremento del PIB" (p.3)

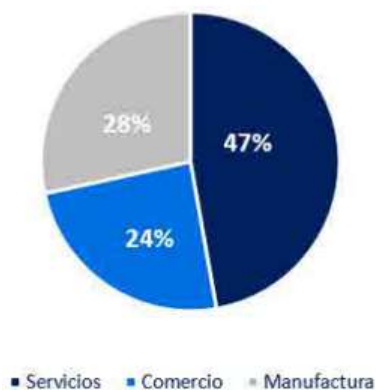
#### **Análisis de Contexto de la distribución de las Pymes por sectores económicos**

En la Figura 7 se presenta el gráfico de distribución de las Pymes por Sectores económicos.

Información reproducida por Acopi en el primer trimestre de 2020.

**Figura 7**

*Gráfico de distribución de Pymes por Sectores Económicos*



*Nota.* Reproducido de “Encuesta de desempeño empresarial 1er trimestre de 2020”, (p.6), por Acopi,2020

De acuerdo a la información anterior se puede deducir que el 28% de las PYMES pertenecen al sector manufactura y el 47% al sector servicios, grupo objetivo de las estrategias Lean Six Sigma y TPM.

Por otro lado, se identificó que el destino principal de inversión de las PYMES fue en nueva maquinaria y equipos, representado el 65% de sus inversiones, tal como se muestra en la figura 8 (información reproducida de Encuesta de desempeño empresarial 1er trimestre de 2020 Acopi, 2020). Lo cual abre las puertas a TPM y Lean Six Sigma, para el mantenimiento adecuado de éstos para aumentar su ciclo de vida y la optimización de los mismos para la mejora de los procesos.

### Figura 8

*Gráfico de destinos de inversión de capital por parte de las pymes en el primer trimestre de 2020*



*Nota.* Reproducido de “Encuesta de desempeño empresarial 1er trimestre de 2020”, (p.8), por Acopi,2020

### *Necesidad de implementación de herramientas de mejoramiento continuo en las pymes colombianas*

“En el caso de las pymes, se requiere que formulen estrategias enfocadas hacia sus objetivos planteados, capaces de guiar los destinos, procesos y actividades de la misma, de tal forma que generen un valor agregado a todas las partes interesadas, traduciendo esta estrategia en una ventaja competitiva; es decir, que le permitan sobresalir ante la competencia, bien sea, por

medio de un mejor número de clientes o con mayores niveles de utilidad o rentabilidad, como resultado de la ventaja generada” (Pérez y Estrada, 2016,p.97)

Implementar sistemas mejoramiento continuo se convierte en un desafío para las pequeñas y medianas empresas en Colombia, pues estas herramientas ayudarán de gran manera para el crecimiento y el sostenimiento de estas empresas, tal como lo expresa (Colombia productiva, 2019) “Los sistemas de gestión de la calidad y sus respectivos procesos requieren estar en continuo mejoramiento para así garantizar que la calidad de la empresa está en constante evolución y siempre al alza. Sin embargo, 4 de cada 10 empresas analizadas (41,5%) no implementan ninguna herramienta de mejoramiento continuo”

En la figura 9, se evidencia el grado de importancia del sector cafetero en las exportaciones del país. Información reproducida de “Boletín Técnico Exportaciones (EXPO)”, (p.5), por DANE,2021

**Figura 9**

*Exportaciones según grupos de productos OMC Diciembre (2020/2019)*

Descripción	Enero 2020p	Enero 2021p	%	Contribución a la variación del grupo (PP.)	Contribución a la variación total (pp)
	Variación				
	Millones de dólares FOB				
<b>Total</b>	<b>3.419,5</b>	<b>2.594,5</b>	<b>-24,1</b>		<b>-24,1</b>
<b>Agropecuarios, alimentos y bebidas</b>	<b>676,0</b>	<b>659,3</b>	<b>-2,6</b>	<b>-2,6</b>	<b>-0,6</b>
Bananas (incluso plátanos) frescas o secas	122,0	66,8	-45,2	-9,2	-1,6
Aceite de palma y sus fracciones	23,2	13,0	-44,2	-1,5	-0,3
Café tostado	5,3	4,8	-8,9	-0,1	0,0
Plantas y partes de plantas utilizado principalmente en perfumería	3,4	3,3	-5,6	0,0	0,0
Tabaco total o parcialmente despalillado o desmervado	0,0	0,1	*	0,0	0,0
Café sin tostar descafeinado o no; cáscara y cascarilla del café	243,3	248,6	2,2	0,8	0,2
Ganado bovino vivo	5,4	13,4	147,3	1,2	0,2
Flores y follaje cortados	97,5	129,7	33,0	4,8	0,9
Demás subgrupos	175,8	179,5	2,1	0,6	0,1
<b>Combustibles y prod. de industrias extractivas</b>	<b>2.081,9</b>	<b>1.203,3</b>	<b>-42,2</b>	<b>-42,2</b>	<b>-26,7</b>
Hulla, coque y briquetas	826,5	251,1	-69,6	-27,6	-16,8
Petróleo, productos derivados del petróleo y productos conexos	1.213,8	914,2	-24,7	-14,4	-8,8
Menas y desechos de metales	31,8	30,0	-5,5	-0,1	-0,1
Demás	9,8	7,9	-19,6	-0,1	-0,1
<b>Manufacturas</b>	<b>561,3</b>	<b>547,3</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,1</b>
Maquinaria y equipo de transporte	93,4	79,0	-15,4	-2,6	-0,4
Artículos manufacturados, clasificados principalmente según el material	160,1	147,5	-7,9	-2,3	-0,4
<i>Ferroníquel</i>	38,8	33,5	-13,7	-1,0	-0,2
Artículos manufacturados diversos	75,6	75,9	0,4	0,1	0,0
Productos químicos y productos conexos, n.e.p.	222,1	244,8	10,2	4,1	0,7
<b>Otros sectores</b>	<b>110,2</b>	<b>184,8</b>	<b>67,6</b>	<b>67,6</b>	<b>2,2</b>
Oro no monetario (excepto minerales y concentrados de oro)	109,6	183,8	67,8	67,4	2,2
Demás capítulos	0,7	0,9	38,4	0,2	0,0

Fuente: DIAN - DANE (EXPO)

*Nota:* Reproducido de “Boletín Técnico Exportaciones (EXPO)”, (p.5), por DANE,2021

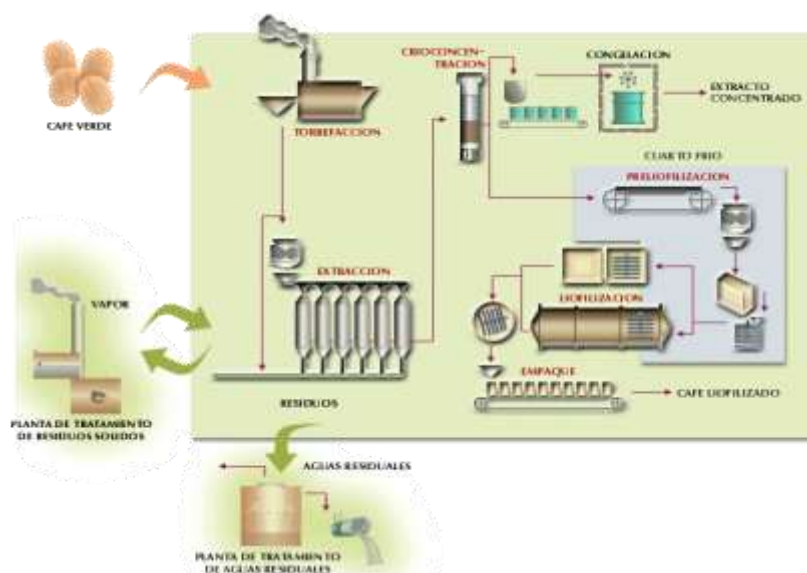
“Las ventas externas de productos Agropecuarios, alimentos y bebidas fueron US\$832,7 millones FOB y presentaron un crecimiento de 32,9%, comparado con diciembre de 2019. Este comportamiento se explicó principalmente por el aumento en las exportaciones de Café sin tostar descafeinado o no; cáscara y cascarilla del café (31,0%) y de Bananas frescas o secas (102,9%) que contribuyeron en conjunto con 22,9 puntos porcentuales a la variación del grupo” (DANE,2020, p.5)

El café se mantiene como el principal producto de exportación del grupo de agropecuarios, alimentos y bebidas, lo cual ratifica la importancia que continúa teniendo el café en la economía del país. De allí radica la importancia de fomentar el crecimiento de las PYMES de este sector.

Seguidamente, se presenta un ejemplo del diagrama del proceso del sistema productivo del café y su transformación que pasa de la materia prima a café soluble granulado, desarrollada en una empresa del sector manufacturero, así como se muestra en la figura 10

### Figura 10

*Ejemplo de proceso de transformación del café verde en café soluble*



*Nota.* Reproducido de “Proceso de liofilización del café”. Página consultada: <http://cafeliofilizadoalimentacionysalud.blogspot.com/2015/05/proceso-de-liofilizacion-del-cafe.html>

El café verde es la materia prima para este proceso que proviene de manera total de las diversas regiones de Colombia. El café inicia con la tostación a temperaturas elevadas, donde se conservan y se resaltan las propiedades organolépticas (sabor y aroma) del grano para luego pasar al proceso de extracción. En esta etapa se someten a altas temperaturas los granos tostados dentro de columnas en las cuales circula agua caliente con el fin de tener como resultado el extracto diluido.

Luego de haber obtenido el extracto diluido pasa a la crioconcentración (que tiene como beneficio mantener las propiedades organolépticas del extracto) y así aumentar los sólidos solubles del café para tener como resultado extracto concentrado. Después pasa a las plantas de liofilización donde es congelado en cuartos fríos a temperaturas de  $-50^{\circ}\text{C}$  para permitir que éste al solidificarse sea granulado a través de la molienda y la tamización. Como último paso el café pasa a las cámaras o túneles de liofilización que hacen que los cristales de hielo pasen de forma inmediata a vapor sin haber cambiado a estado líquido.

Esta empresa en la actualidad se encuentra en la implementación de la metodología TPM, lo que ha permitido la mejora notable de sus procesos, a través de la disminución de averías, defectos, accidentes e impacto ambiental. Cabe aclarar que en esta organización no se ha probado la integración de TPM con la metodología Lean Six Sigma.

## **Casos de éxito de implementación de Lean Six Sigma en Colombia**

Después de realizar una búsqueda profunda de caso de éxito de implementación de Lean Six Sigma en la industria del café en Colombia no se encontraron resultados, por lo que se realizó la búsqueda en otros sectores económicos del país.

### ***Caso 1 éxito en la implementación de Lean Six Sigma en Colombia***

De acuerdo con (Torrente et al,2019, p.64) se implementaron herramientas Lean Six Sigma en la empresa Cilindro UCC de la ciudad de Neiva, posteriormente, se presentan los resultados:

Gracias a la interacción conjunta de Lean Manufacturing y Six Sigma para el proceso productivo de cilindros, a las cuatro fases del proceso manual y automática, se logró obtener el resultado del indicador OEE (Eficiencia Global del Equipo) donde para la primera fase se obtuvo el 4.98%, para la segunda fase fue de 49,9% y en la tercera un 95%, lo cual incidió radicalmente en la mejora del Tiempo de Ritmo o *Takt Time*, logrando un tiempo de 45 segundos para la fabricación de cada cilindro. Por otro lado, gracias a la implementación del software estadístico MINITAB utilizado para calcular el nivel Sigma, se calculó finalmente un rendimiento mayor al 90% permitiendo un control total del proceso sujeto a los estándares definidos.

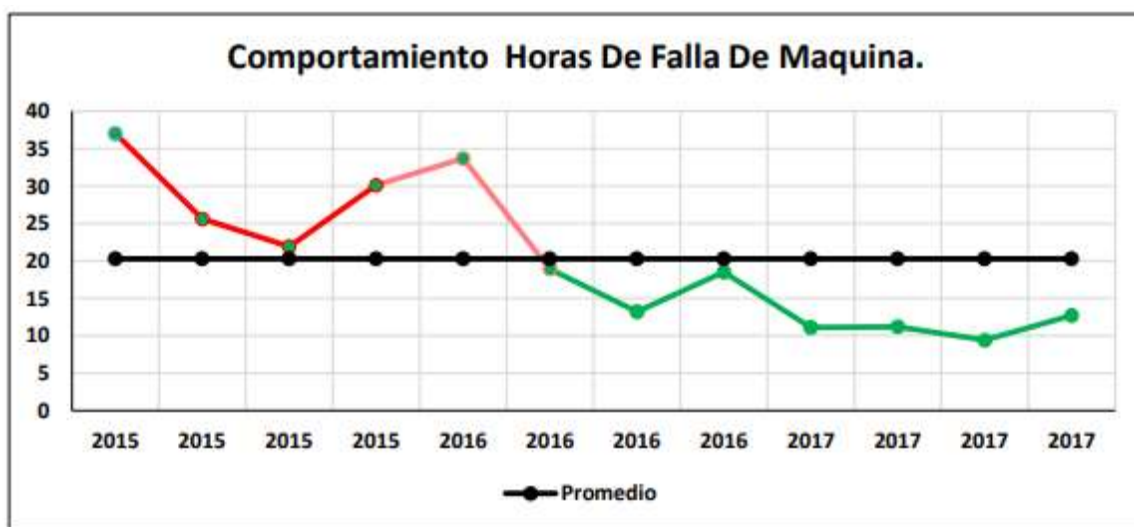
## Caso de éxito en Colombia de la implementación de TPM

En La empresa HENKEL COLOMBIANA S.A.S se inicia la implementación de TPM en el año 2016 obteniendo el siguiente resultado:

En la figura 11 se observa el comportamiento las horas de falla de máquina en función del tiempo. Información reproducida de “Implementación del programa TPM-HPS como herramienta de mejoramiento en las líneas de envase sachet de la empresa henkel colombiana S.A.S”, (p.105), por Rocha,2021

### Figura 11

*Comportamiento indicador horas empleadas en fallas de máquina.*



*Nota.* Reproducido de “Implementación del programa TPM-HPS como herramienta de mejoramiento en las líneas de envase sachet de la empresa henkel colombiana S.A.S”, (p.105), por Rocha,2021

De acuerdo con Rocha (2017) se observa que después de la implementación de TPM en el área de sachets se observa una disminución en las horas reportadas en intervenir las fallas de las máquinas.

Ahondando en la literatura consultada, no se encontró ningún caso de éxito de implementación simultanea de Lean Six Sigma y TPM, lo que demuestra que no hay evidencia de la sinergia de las dos metodologías y por ende no hay resultados que demuestren sus beneficios o dificultades en la implementación.

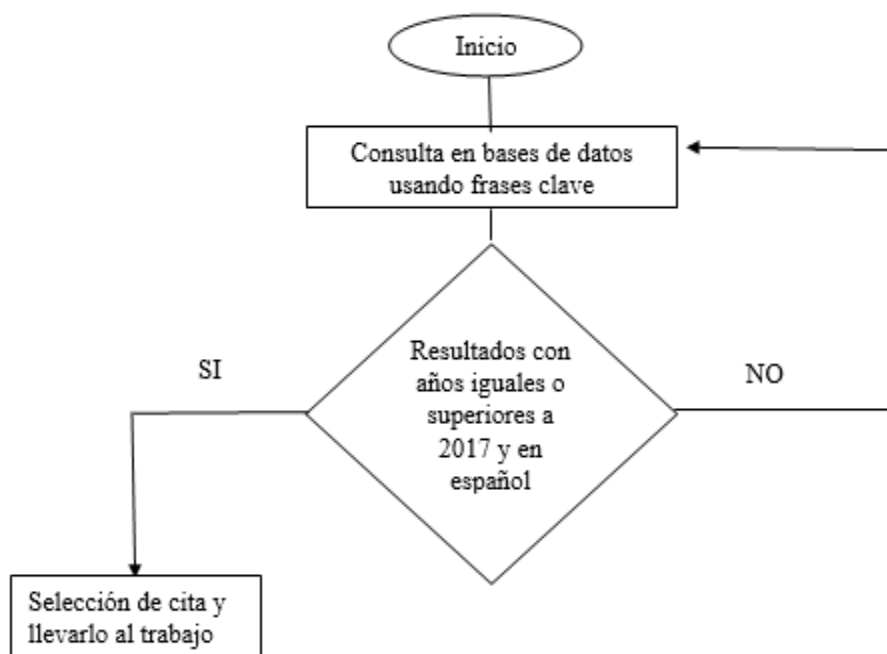
### **Capítulo 3. Resultados**

Para la revisión profunda de los orígenes históricos, funcionamientos, estructuras, integraciones y casos de éxito de las metodologías, se tomaron como referencia artículos científicos, libros y revista de los últimos 5 años comprendidos entre 2017 y 2021. Las bases de datos que se usaron fueron: SciELO, Science Direct, Scopus, IEEE, Dialnet, Springer Link, y Science Research, Web of Knowledge, Google Scholar, estas son bases de datos especializadas en Ingeniería por lo que permite una aproximación más exacta a lo que se pretende con el desarrollo de esta investigación encaminada a la búsqueda de la comprensión de las metodologías más utilizadas en la industria manufacturera y de servicios y la posible integración entre Lean Six Sigma y TPM.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo del desarrollo del proceso de consulta bibliográfica en la figura 12.

**Figura 12**

*Diagrama de flujo de proceso de búsqueda de fuentes bibliográficas*



*Nota.* Elaboración propia. Se detalla el proceso que se siguió en la búsqueda de las referencias bibliográficas.

Para dar cumplimiento al desarrollo de la siguiente monografía, el trabajo de los autores se dividió en 3 fases. La primera fase consistió en la consulta en cada una de las bases de datos para cumplir con el objetivo de ahondar individualmente cada metodología para determinar su origen y objetivos por ello se consolidaron los resultados de búsqueda en la tabla 3. En la segunda fase se realizó la búsqueda de la literatura para dar cumplimiento al objetivo determinar

la necesidad de la implementación conjunta de modelos de mejoramiento continuo en la Industria de la manufactura del café en Colombia. En la tercera fase se ejecutó la búsqueda de documentación bibliográfica para dar cumplimiento al objetivo de documentar importancia de las Pymes cafeteras en Colombia.

### ***Fase 1***

Se consultó en cada una de las bases de datos sobre origen, importancia y objetivos de las metodologías de mejoramiento continuo, usando palabras clave como: “TPM”, “Historia del TPM”, “Objetivo de implementar TPM”, “Lean Manufacturing”, “Objetivos del Lean Manufacturing”, “Origen del Six Sigma”, “Importancia de implementar Six Sigma”, “Ciclo DMAIC”, “Pilares de TPM”

### **Tabla 3**

*Tabla de resultados de búsqueda de bases de datos para cumplimiento de primer objetivo*

<b>Base de datos</b>	<b>Palabras clave</b>	<b>Resultados</b>
<b>SCIELO</b>	TPM	15
	Historia del TPM	0
	Objetivo de implementar TPM	0
	Lean Manufacturing	40
	Objetivos de Lean Manufacturing	2
	Six Sigma	39
	Origen del Six Sigma	0
	Importancia de implementar Six Sigma	0
	Ciclo DMAIC	1
	Pilares del TPM	0

<b>SCIENCE DIRECT</b>	TPM	930
	Historia del TPM	12
	Objetivo de implementar TPM	3
	Lean Manufacturing	5336
	Objetivos de Lean Manufacturing	3
	Six Sigma	38202
	Origen del Six Sigma	23
	Importancia de implementar Six Sigma	3
	Ciclo DMAIC	2
Pilares del TPM	1	
<b>SCOPUS</b>	TPM	412
	Historia del TPM	20
	Objetivo de implementar TPM	21
	Lean Manufacturing	15578
	Objetivos de Lean Manufacturing	481
	Six Sigma	12487
	Origen del Six Sigma	1113
	Importancia de implementar Six Sigma	506
	Ciclo DMAIC	224
Pilares del TPM	49	
<b>IEEE</b>	TPM	17
	Historia del TPM	1
	Objetivo de implementar TPM	3
	Lean Manufacturing	240
	Objetivos de Lean Manufacturing	39
	Six Sigma	198
	Origen del Six Sigma	6
	Importancia de implementar Six Sigma	8
	Ciclo DMAIC	4
Pilares del TPM	1	
<b>GOOGLE SCHOLAR</b>	TPM	6070
	Historia del TPM	2200
	Objetivo de implementar TPM	4490
	Lean Manufacturing	7480
	Objetivos de Lean Manufacturing	7780
	Six Sigma	7360
	Origen del Six Sigma	3680
	Importancia de implementar Six Sigma	4400
	Ciclo DMAIC	1300
Pilares del TPM	2020	

## Fase 2

Para dar cumplimiento al segundo objetivo de esta monografía el cual establece la determinación de la necesidad de la implementación conjunta de modelos de mejoramiento continuo en la Industria de la manufactura del café en Colombia, se realizó la búsqueda de las palabras clave: “Integración Lean y Six Sigma”, “Importancia del Lean Six Sigma”, “Casos de éxito”, “Integración de Lean Six Sigma y TPM”, “Integración de Lean Six Sigma y TPM en las PYMES cafeteras colombianas”. Los resultados obtenidos se consolidaron en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Tabla de resultados de búsqueda de bases de datos para cumplimiento del segundo objetivo*

<b>Base de datos</b>	<b>Palabras clave</b>	<b>Resultados</b>
<b>SCIELO</b>	Integración Lean y Six Sigma	4
	Importancia del Lean Six Sigma	2
	Casos de éxito del Lean Six Sigma	0
	Casos de éxito del TPM	0
	Integración de Lean Six Sigma y TPM en las PYMES cafeteras colombianas	0
<b>SCIENCE DIRECT</b>	Integración Lean y Six Sigma	1659
	Importancia del Lean Six Sigma	1934
	Casos de éxito del Lean Six Sigma	139
	Casos de éxito del TPM	63
	Integración de Lean Six Sigma y TPM en las PYMES cafeteras colombianas	0
<b>SCOPUS</b>	Integración Lean y Six Sigma	91
	Importancia del Lean Six Sigma	125
	Casos de éxito del Lean Six Sigma	12
	Casos de éxito del TPM	4
	Integración de Lean Six Sigma y TPM en las PYMES cafeteras colombianas	0

<b>IEEE</b>	Integración Lean y Six Sigma	15
	Importancia del Lean Six Sigma	5
	Casos de éxito del Lean Six Sigma	1
	Casos de éxito del TPM	1
	Integración de Lean Six Sigma y TPM en las PYMES cafeteras colombianas	0
<b>GOOGLE SCHOLAR</b>	Integración Lean y Six Sigma	2630
	Importancia del Lean Six Sigma	2890
	Casos de éxito del Lean Six Sigma	2860
	Casos de éxito del TPM	3510
	Integración de Lean Six Sigma y TPM en las PYMES cafeteras colombianas	0

De acuerdo con la tabla anterior, es claro que no hay una evidencia suficiente y real de la integración del Lean Six Sigma y el TPM en las PYMES del sector cafetero colombiano, a pesar de los resultados tan prometedores que tendría esta sinergia.

### Fase 3

Para dar cumplimiento al tercer objetivo de la monografía de documentar importancia de las Pymes cafeteras en Colombia. Se realizó la búsqueda de palabras claves: “PYMES”, “Importancia de las PYMES”, “PYMES en Colombia”, “Importancia sector cafetero en Colombia”. Los resultados se consolidaron en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Tabla de resultados de búsqueda de bases de datos para cumplimiento del tercer objetivo*

<b>Base de datos</b>	<b>Palabras clave</b>	<b>Resultados</b>
<b>SCIELO</b>	PYMES	443
	Importancia de las PYMES	56
	PYMES en Colombia	127
	Importancia del sector cafetero en Colombia	2
<b>SCIENCE DIRECT</b>	PYMES	13630
	Importancia de las PYMES	7841
	PYMES en Colombia	867
	Importancia del sector cafetero en Colombia	1383
<b>SCOPUS</b>	PYMES	13612
	Importancia de las PYMES	1152
	PYMES en Colombia	102
	Importancia del sector cafetero en Colombia	5
<b>IEEE</b>	PYMES	898
	Importancia de las PYMES	39
	PYMES en Colombia	20
	Importancia del sector cafetero en Colombia	0
<b>GOOGLE SCHOLAR</b>	PYMES	24400
	Importancia de las PYMES	18000
	PYMES en Colombia	16500
	Importancia del sector cafetero en Colombia	13400

De acuerdo a la tabla 5 e información analizada se puede concluir que el sector de las PYMES es sumamente importante para la economía del país, sumado a la especialidad de manufactura cafetera, donde el café es el producto más importante en las exportaciones del país.

## **Discusión y análisis**

Luego de haber realizado la consulta bibliográfica con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados se puede deducir que las metodologías de mejoramiento continuo son sin lugar a dudas enfoques estratégicos de suma importancia para la optimización de la producción, de las ventas, servicios y en general de toda la cadena de suministro.

Si se analiza cada metodología se encuentra que el Lean Manufacturing con origen japonés, contribuye de gran manera en la mejora de los procesos a partir de la eliminación del despilfarro y las actividades que no generan valor y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. Para ello consta de varias herramientas dentro de las cuales se encuentran: Kanban, SMED, Jidoka, TPM, entre otras; las cuales son aplicadas de manera secuencial y basada en la necesidad de cada proceso. Como se observa anteriormente TPM ha hecho parte del Lean, pero actualmente el Mantenimiento Productivo Total funciona de manera individual como un sistema de gestión estratégica desarrollada y publicada por el JIPM (Instituto Japonés para el Mantenimiento de Plantas), el cual desarrolló el concepto de manera aplicada a la industria de ensamble y de proceso. TPM es la metodología más popular en Colombia y se implementa de manera individual, basada en ocho pilares fundamentales: seguridad y medio ambiente, mantenimiento autónomo, gestión de la calidad, control inicial, TPM en oficinas, mantenimiento planeado, educación y entrenamiento y mejoras enfocadas; todos funcionando como un sistema engranado donde se incluye a todo el personal que interactúa de manera directa o indirecta con el proceso de fabricación o de prestación de un servicio.

Por otro lado, se tiene el Six Sigma, metodología encaminada a la reducción de la variabilidad y a aumentar la capacidad del proceso enfocado a la satisfacción del cliente a través de la entrega de productos y servicios con cero defectos. Actualmente se tiene la sinergia del Lean Manufacturing con el Six Sigma denominándose como Lean Six Sigma, un enfoque bastante robusto en el cual existe un gran complemento entre ambas, haciendo que se actúe con un nivel de análisis extraordinario a través de la aplicación de herramientas de acuerdo a la necesidad y a las condiciones presentadas, como también la facilidad para determinar las ideas de mejora que se ajustan a lo requerido. Por otro lado, se brinda la manera de controlar cada mejora para hacer que el proceso sea continuo y cíclico.

Con lo anterior surge el interrogante: ¿Qué pasaría si se integrará el Lean Six Sigma con el TPM y se aplicara de manera simultánea? Realmente no hay suficiente evidencia, de acuerdo al análisis bibliográfico aplicado donde se respalde el éxito o el fracaso de esta iniciativa y los resultados obtenidos, pero sin lugar a duda, la proyección de éxito de esta sinergia, sería extraordinaria y porque no, serviría de gran ayuda para las Pequeñas y Medianas Empresas del país.

Colombia posee una economía bastante golpeada por la pandemia del SARS-Cov2 y diversos problemas sociales que han venido azotando fuertemente a las PYMES, que representan una gran porción del sector manufacturero del país y su contribución para el desarrollo económico y de generación de empleo nacional es enorme; por lo cual es evidente la necesidad de aplicación de metodologías de mejoramiento continuo para la reducción de despilfarros, variabilidad, averías, accidentes e impactos ambientales. Si se analiza a mayor profundidad se

encuentra que el producto insignia del país económicamente hablando y que representa el mayor ingreso por temas de exportación, es el café.

Las PYMES en Colombia que se dedican a la agregación de valor al café deben ser analizadas profundamente. Cabe recordar que este tipo de industria no solo involucra la transformación de la materia prima como tal, sino que representa una generación de valor para el gremio cafetero. Al gremio pertenecen personas de todos los estratos sociales y por ende una disminución de las ventas del producto al exterior o dificultades de respuesta para los clientes, podrá representar una grave crisis para los pequeños caficultores, recolectores y demás personas que se benefician de manera directa o indirecta.

Si se aplica Lean Six Sigma de manera individual los resultados obviamente serán bastante sobresalientes. Si se implementa TPM como un sistema de gestión y un cambio de cultura organizacional, las mejoras no se harán esperar. Pero ¿Por qué no pensar en integrarlas?, quizás ¿Pueda ser un fracaso o una locura pensar en tratar de combinarlas?, pero ¿Hay una evidencia suficiente para decir que no va a funcionar? Para responder estos interrogantes, fue que se realizó la consulta bibliográfica y fue el fin último de esta monografía.

No hay evidencia de implementación conjunta de las dos metodologías, por lo cual se abre la puerta para la industria colombiana, las pequeñas y medianas empresas que quieren mantenerse, mejorar, incrementar sus ventas, disminuir sus desperdicios, aumentar la capacidad de su proceso, generar mayor empleo, tener un personal calificado y capacitado para enfrentar retos. Se deja la inquietud sobre qué pasaría si se tomará esta iniciativa.

“Si quieres resultados distintos no debes hacer siempre lo mismo” es una frase de Albert Einstein aplicable para un entorno individual y colectivo. Se preguntarán, a que viene esta frase para este contexto, la respuesta es el cambio. El kaizen, filosofía japonesa que significa “cambio bueno” tiene un trasfondo y es el pilar fundamental de todas las metodologías que se han analizado. Cuando no existe transformación, no hay avance. Eso quiere decir que las pequeñas y medianas empresas del sector cafetero del país no deben quedarse estáticos a espera que mejoren las condiciones externas, pues esto es dinámico. Por el contrario, se invita a este sector a analizar sus procesos y ser conscientes que siempre hay muchas cosas por mejorar, que lo bueno puede ser excelente y lo excelente extraordinario.

Sin lugar a duda una de las maneras para que Colombia salga del subdesarrollo es la transformación industrial. Para que exista una transformación debe existir predisposición, cambio cultural, aprendizaje y fascinación por la mejora continua y permanente, tema en el cual las metodologías estudiadas ofrecen grandes proyecciones.

Más allá de esto, porque esperar que otros países sean los que prueben la integración del Lean Six Sigma y el TPM y porque no que sea la pequeña y mediana empresa colombiana perteneciente al sector cafetero, sea la precursora y la que primero se beneficiará de esta sinergia. Debe pensarse en lo que esto traería. Si esto se logrará la admiración internacional, se convertiría en interés por conocer la industria del país y generaría inversión en la economía nacional, lo cual en función del tiempo traería desarrollo y el producto insignia colombiano, el café, se

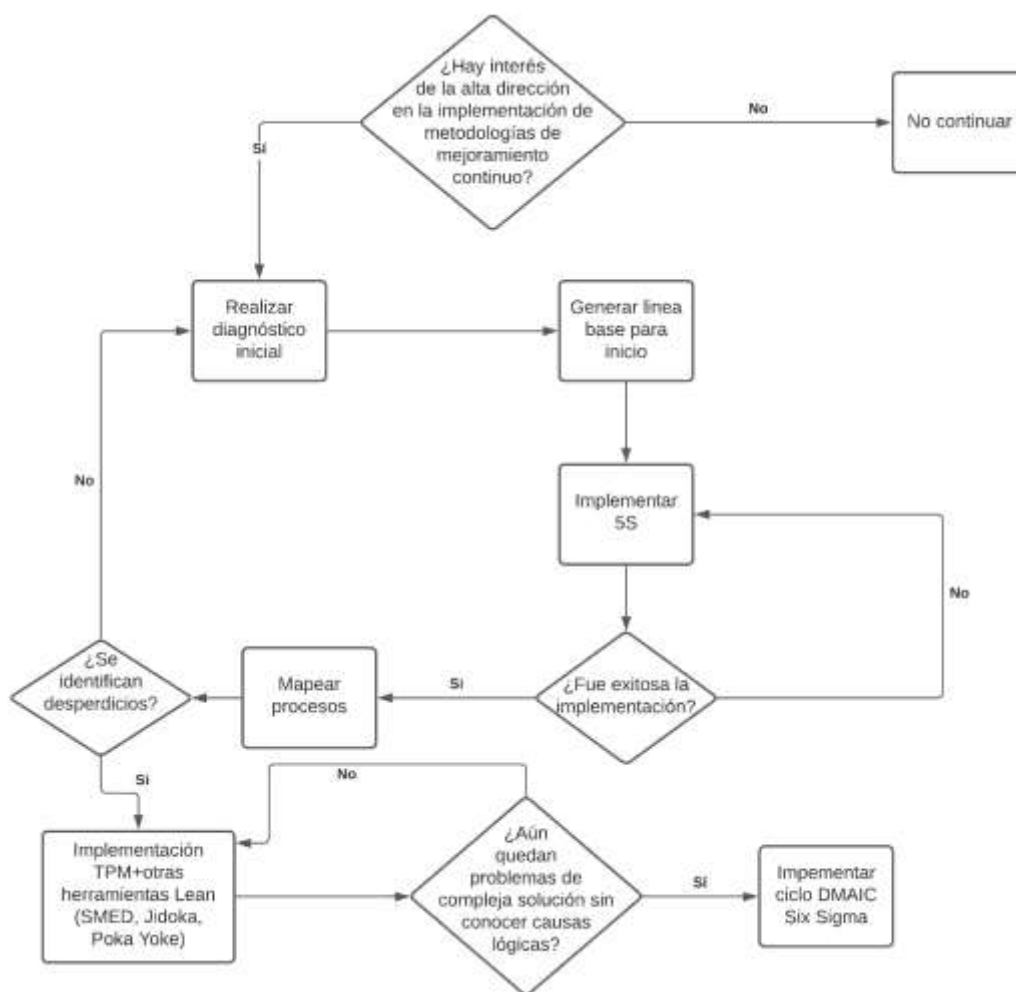
repotenciaría aún más logrando escalar, convirtiendo a Colombia en un país innovador, capaz y dominante.

Como empleados de una empresa manufacturera del café se ha tenido posibilidad de conocer y aplicar la metodología TPM y avanzar en sus diferentes pasos de implementación. Los resultados de esta metodología han sido enormes gracias a las mejoras que se han realizado en los diferentes procesos, aumento de la eficiencia de los equipos; garantizando la confiabilidad y disponibilidad. Sin lugar a duda integrar TPM con Lean Six Sigma sería una estrategia ambiciosa y prometedora por la gran compatibilidad entre ambas, por ejemplo, para la disminución de desperdicio, aumento de la capacidad del proceso, disminución de defectos y reprocesos y por ende contribución a la satisfacción del cliente.

*Modelo propuesto*

**Figura 13**

*Diagrama de flujo de para implementación de TPM+Lean Six Sigma*



*Nota.* Elaboración propia. Se detalla el diagrama de flujo sugerido para la aplicación de las metodologías Lean Six Sigma y TPM.

Antes de iniciar con el proceso de implementación debe validarse el apoyo de la alta dirección de la organización. Si en el apoyo de este actor no se puede iniciar el proceso, puesto que no se van a contar con los recursos suficientes, disposición y autorizaciones suficientes para tener resultados exitosos. Luego se realiza un diagnóstico inicial de la situación actual en la que se encuentra la organización generando una línea base que servirá para comparar y medir con la situación futura luego de haber implementado los planes de mejora.

Se inicia con la implementación de la metodología considerada como la más importante del Lean Manufacturing: Las 5S. Se considera que si alguna organización no puede implementar 5S, es imposible que tenga la capacidad de implementar cualquier otra metodología de mejoramiento continuo. Si se logra éxito en el proceso, se continua con el mapeo de la cadena de valor para identificar desperdicios y cuellos de botella. Se inicia la aplicación del Mantenimiento Productivo Total ejecutando cada uno de sus pilares y complementándolo con otras herramientas Lean. Cuando no se tenga clara la solución de un problema o está directamente relacionado con la variación de los procesos, de implementarse el ciclo DMAIC del Six Sigma.

## Referencias

Abril Flores, L. (2020). Análisis Lean Six sigma en el proceso de inyección de suelas de calzado en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. [Trabajo de grado, Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ingeniería En Sistemas, Electrónica E Industrial]

Acosta Martínez, S.L.,González Avendaño, L.(2017). Propuesta de mantenimiento productivo total (TPM), en el proceso de sacrificio de equinos en la empresa finca los cristales Ltda ubicada en Mosquera.

<https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/202/AcostaMartinez-SandraLiliana-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Asociación Colombiana De Las Micro, Pequeñas Y Medianas Empresas (2020). *Encuesta de desempeño empresarial primer semestre de 2020*. Departamento de estudios económicos. <https://acopi.org.co/wp-content/uploads/2020/04/ENCUESTA-DE-DESEMPE%C3%91O-EMPRESARIAL-PRIMER-TRIMESTRE-2020.pdf>

Barrantes Callata,N.Y.(2019). *Gestión de calidad con el uso de la metodología DMAIC en las MYPE del sector comercio rubro librerías del Jr. Huancané Juliaca 2019*. [Tesis de grado, Universidad Católica de los Andes Chimbote].

[http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/13932/GESTION\\_CALIDAD\\_M](http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/13932/GESTION_CALIDAD_M)

ETODOLOGIA DMAIC MYPE BARRANTES CALLATA NORMA YESSELA.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Buzón, J.(2019). *Lean Manufacturing*. E.Learning, S.L.

Café liofilizado (26 de mayo de 2015). *Proceso de liofilización del café*.

<http://cafeliofilizadoalimentacionysalud.blogspot.com/2015/05/proceso-de-liofilizacion-del-cafe.html>

Carrillo Landázabal, M.S.,Alvis Ruiz,C.G.,Mendoza Álvarez y Y.Y.,Cohen Padilla,H.E (2018). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. SIGNOS – Investigación en sistemas de gestión, 11(1), 71-86. DOI: <https://doi.org/10.15332/s2145-1389-4934>

Castellano Lendínez, L.(2019). Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos.*3C tecnología. Glosas de innovación aplicadas a las Pyme*. 8(1). Pp.30-41.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6866058>

Castillo Flores, A.L., Fernández García, L.G y Ángeles Reséndiz, L.A (marzo de 2018). Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas industriales del sur de Tamaulipas. <https://docplayer.es/175037343-Title-impacto-del-tpm-en-el-desempeno-operativo-de-las-empresas-industriales-del-sur-de-tamaulipas.html>

Codenco López, G.(2019). *Implementación de la metodología TPM para mejorar la productividad del proceso de mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria esadade construcción con la empresa COSAPI S.A. lima 2019*. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Privada del Norte]

Colombia productiva (11 de octubre de 2019). *Cinco desafíos de calidad de las pymes para avanzar en competitividad y llegar a más mercados*. <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-comunica/noticias/cinco-desafios-de-calidad-de-las-pymes-para-avanza>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2021). Boletín Técnico Exportaciones (EXPO) diciembre 2020. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/exportaciones/bol\\_exp\\_dic20.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/exportaciones/bol_exp_dic20.pdf)

Dubó Osorio, G.G.(2021). *Propuesta para la implementación de mantenimiento productivo total en área de coating observatorio interamericano cerro Tololo*. [Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniero de Ejecución en Mantenimiento Industrial]

Fernández Álvarez, E. *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM*. [Trabajo fin de master. Universidad de Oviedo].

Garrido Martínez, E (2017). *Factores de competitividad de las PYMES Andaluzas*. [Tesis de grado, Universidad de Huelva].

Gísbert Soler, V.,Pérez Molina, A.I.,Pérez Bernabéu, E.,Calabuig Valor,M.,Pons Vidal, B.,Campoy Brotons, F.A., Almería Domínguez, J.,San Antonio Ignoto, M.T.,Kou-Vah Laurent, A.M., Castellano Lendínez, L.,Rojas Lema, S.(2018). *Cuadernos de investigación aplicada*. Segunda edición. Editorial Área de innovación y desarrollo, S.L.

Gómez Montoya,R.A y Barrera(2012). S.Seis sigma: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica.

<http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/515/1/13.%20223-242.pdf>

González Padilla, A, P. *Lean Six Sigma para mejorar la calidad en laboratorios de oil and gas*. [Trabajo de especialización en alta gerencia, Universidad Militar Nueva Granada]

Guardiola Aparisi, M. (2019). Integración Lean Manufacturing y Seis Sigma. Factores críticos. 3C Tecnología. Glosas De Innovación Aplicadas a La Pyme, 53-59. Recuperado a partir de <http://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-tecnologia/article/view/920>

Gutiérrez Giraldo, V.(2018). Diseño e implementación de herramientas lean para controlar la cantidad de salida no conforme en la empresa UT Natural Food Services en la ciudad de Bogotá.

Gutiérrez, H y De la Vara, S. (2009). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. Segunda edición. MCGRAW-HILL/interamericana editores, S.A.

Imai, M.(2001). *Kaizen la clave de la ventaja competitiva Japonesa*. Editorial continental.

Inga Samaniego, J.C.(2017). *Mejora de la eficiencia global de los equipos en líneas de envasado usando metodología TPM en industria de productos lácteos*. [Trabajo de grado, Universidad de Ingeniería y Tecnología].

Jelvez González, I.L.(2020). *Estudio de factibilidad técnica y económica para la implementación del tpm en empresa de transportes de pasajeros*. [Trabajo de grado, Universidad Técnica Federico Santa María].

Lemus Cuchimba, M.F (2017).*Fortalecimiento Empresarial De Las Pymes Del Sector Cafetero, Occidente Del Huila “Nuevos Retos De Competitividad y Globalización*. Revista Nova Vol.3. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/view/1537/1705>

Liker, F. (2003). *Las claves del éxito Toyota*. Gestión 2000.

Luna Sotelo, F., Lozano Herrera, C.A. (2019). Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejoramiento continuo en procesos de una empresa de servicio.

<https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/1209/APLICACION%20DE%20LA%20METODOLOGIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Manjón Castillo, G. (2018). *Mantenimiento planificado y su aplicación en la mejora de resultados de la empresa Ice Cream Factory Comaker*. [Trabajo fin de grado, Universidad Politécnica de Valencia]

MinTrabajo. (2019). “*MiPymes representan más de 90% del sector productivo nacional y generan el 80% del empleo en Colombia*”: ministra Alicia Arango”.

<https://www.mintrabajo.gov.co/prensa/comunicados/2019/septiembre/mipymes-representan-mas-de-90-del-sector-productivo-nacional-y-generan-el-80-del-empleo-en-colombia-ministra-alicia-arango>

Nates Enríquez, D., Ríos Mosquera, F.M. *Importancia De La Innovación En Las Pymes de Colombia* [Trabajo de grado, Fundación Universitaria Católica- Lumen Gentium].

Ocampo, J.R y Pavón, A.E. (23 de julio de 2012). Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. <http://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>

Pérez Loaiza, N.y Estrada Muñoz, J.(2016). Diseño del Sistema Integrado de Gestión apoyado en la filosofía TPM (Mantenimiento Productivo Total) para una pyme. *Revista Ingeniería Industrial UPB*. Vol.4 No.4.

<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6586/Dise%c3%blo%20del%20Sistema%20Integrado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Piñero, E.A., Vivas, F.A. y Flores de Valga, L.K (2018). Programa 5S´s para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo. *Ingeniería industrial actualidad y nuevas tendencias*. Vol.1 No.20.

<https://www.redalyc.org/jatsRepo/2150/215057003009/215057003009.pdf>

Rajadell, M y Sánchez, J.L(2010). *Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad*. Ediciones Díaz de Santos.

Rey, F. (2001). *Mantenimiento Total de la Producción (TPM): Proceso de Implantación y Desarrollo*. Fundación Confemetal.

Rocha Mahecha, J.A (2017). *Implementación Del Programa Tpm – HPS. Como Herramienta De Mejoramiento En Las Líneas De Envase Sachet De La Empresa Henkel Colombiana S.A.S – Planta Bogotá*. [ Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].

Rodríguez Cremades, D. (2017). *El método de producción Just in Time* [Trabajo de grado, Universitas Miguel Hernández].<http://193.147.134.18/bitstream/11000/7227/1/TFG-RODR%C3%8DGUEZ%20CREMADES%2C%20DIEGO.pdf>

Rojas Jauregui, A. y Gisbert Soler, V. (2017). *Lean Manufacturing: Herramienta para mejorar la productividad en las empresas*.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102320/lean%20productividad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Romero Hernández, S. (enero de 2012). *Aplicación de la metodología 6 sigma en ayuntamientos y administraciones públicas*.  
[https://www.researchgate.net/publication/262262405\\_APLICACION\\_DE\\_LA\\_METODOLOGIA\\_6\\_SIGMA\\_EN\\_AYUNTAMIENTOS\\_Y\\_ADMINISTRACIONES\\_PUBLICAS](https://www.researchgate.net/publication/262262405_APLICACION_DE_LA_METODOLOGIA_6_SIGMA_EN_AYUNTAMIENTOS_Y_ADMINISTRACIONES_PUBLICAS)

Shigeo, S. (1990). *Una revolución en la producción, el sistema SMED*. Routledge.

Socconini, L. (2009). *Lean manufacturing paso a paso*. Marge Books.

Socconini, L. y Escobedo, E. (2021). *Lean Six Sigma Black Belt, paso a paso*. Marge Books.

Suzuki, T. (1994). *TPM para la industria de proceso*. TGP-HOSHIN, S.L.

Torrente López, A.E., Ramírez Rodríguez, D.O., Santana Lozano, J.S. y Murcia Hernández, E. *Implementación De Las Herramientas Lean Manufacturing Y Six Sigma En La Empresa Cilindros UCC S.A.* [ Seminario de grado, Universidad Técnica Federico Santa María].

Valencia Maldonado, G., Alfonso Erazo, M. *El reto de la planificación estratégica en las Pymes.* [Investigación documental, Universidad Central del Ecuador]

Vergara Castaño, A. (2019). *Estructuración e implementación de TPM para equipos Videojet.* [Trabajo de grado, Universidad de Antioquia]

Zubia Flores, S.G, Brito Laredo y J., Ferreiro Martínez, V.V.(2018). Mejora continua: implementación de las 5s en una microempresa. *Revista Global de Negocios.* Vol.6 No.5.  
<http://www.theibfr2.com/RePEc/ibf/rgnego/rgn-v6n5-2018/RGN-V6N5-2018-8.pdf>