

**GUÍA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN DEL LEAN SIX SIGMA EN
PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN MULTINACIONALES
COLOMBIANAS**

CRISTHIAN DANIEL GÓMEZ BOLÍVAR

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE LA CALIDAD
BOGOTÁ D.C.
2019**

**GUÍA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN DEL LEAN SIX SIGMA EN
PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN MULTINACIONALES
COLOMBIANAS**

CRISTHIAN DANIEL GÓMEZ BOLÍVAR

**Monografía para optar al título de Especialista en
Gerencia de la Calidad**

Orientador(a):

**GIOVANNA DEL PILAR GARZÓN
MBA Gestión Integrada en la Calidad, Seguridad y Medio Ambiente**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE LA CALIDAD
BOGOTÁ D.C.
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización.

Firma del Calificador.

Bogotá D.C., Julio 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada Garcia Peña

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada Garcia Peña

Vicerrectoría Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suárez

Director Especialización en Gerencia de la Calidad

Dr. Emerson Mahecha Roa

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	11
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	16
OBJETIVO GENERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1. MARCO REFERENCIAL	17
1.1. PROCESO	17
1.1.1 Características De Un Proceso	18
1.1.2 Enfoque A Procesos	19
1.1.3 Control Estadístico De Procesos	20
1.1.4 Variabilidad Del Proceso	21
1.1.5 Productividad	22
1.2. LEAN SIX SIGMA	23
1.2.1 Antecedentes Del Lean Six Sigma	24
1.2.2 Principios Del Lean Six Sigma	25
1.2.3 Estructura Del Lean Six Sigma	26
1.3. HERRAMIENTAS DEL CICLO DMAMC	28
1.3.1 Fase Definir	29
1.3.2 Fase Medir	29
1.3.3 Fase Analizar	29
1.3.4 Fase Mejorar	30
1.3.5 Fase Controlar	30
2. MARCO LEGAL	31
3. DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO	33
3.1. APORTE EN LO SOCIAL	33
3.2. APORTE EN LO AMBIENTAL	33
3.3. APORTE EN LO ECONÓMICO	34
3.4. TIPOS DE MATERIALES POLIMÉRICOS	35
3.4.1 Polímeros Termoplásticos (Tp)	35
3.4.2 Polímeros Termoestables O Termofijos (Ts)	35
3.4.3 Polímeros Elastómeros.	35
3.4. PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN	35
4. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN DEL LEAN SIX SIGMA EN PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN MULTINACIONALES COLOMBIANAS	37

4.1. FASE 1: IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS DE DESEMPEÑO EN LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS	37
4.1.1 Metodología	37
4.1.2 Análisis Y Discusión De Resultados	38
4.2. FASE 2: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EN BASES DE DATOS	40
4.2.1 Metodología	40
4.2.2 Análisis Y Discusión De Resultados.	41
4.3. FASE 3: BENEFICIOS ALCANZADOS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA	45
4.3.1 Metodología	45
4.3.2 Análisis Y Discusión De Resultados	45
4.4. FASE 4: PROPUESTA DE LA GUÍA METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE LEAN SIX SIGMA EN PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS PARA MULTINACIONALES COLOMBIANAS	46
4.4.1 Metodología	46
4.4.2 Análisis Y Discusión De Resultados	47
5. CONCLUSIONES	60
6. RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS	62
ANEXOS	66

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Relación Matemática para la Cantidad de Rechazos en Producción por Material No Conforme	38
Ecuación 2. Relación Matemática para la Productividad en la Fabricación de Laminas Extruidas	39
Ecuación 3. Relación Matemática para la Eficiencia de la Producción en los Procesos	39
Ecuación 4. Relación Matemática para la Eficiencia en el Tiempo de Entrega de Productos Fabricados	39
Ecuación 5. Relación Matemática el Índice de Capacidad Potencial del Proceso.	54

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Representación esquemática de los elementos de un proceso	20
Figura 2. Representación de los Modelos de Productividad en la Organizaciones.	22
Figura 3. Modelo de Project Charter correspondiente a la Fase DEFINIR	48
Figura 4. Modelo de Mapa de Proceso correspondiente a la Fase DEFINIR	49
Figura 5. Modelo de Diagrama SIPOC correspondiente a la Fase DEFINIR	50
Figura 6. Modelo del Estudio del Sistema de Medición correspondiente a la Fase MEDIR.	51
Figura 7. Modelo del Estudio del Sistema de Medición correspondiente a la Fase MEDIR	52
Figura 8. Modelo del Diagrama de Pareto correspondiente a la Fase MEDIR.	53
Figura 9. Demostración Gráfica del Nivel Six Sigma correspondiente a la Fase MEDIR	54
Figura 10. Modelo de Diagrama de Causa y Efecto a la Fase ANALIZAR	55
Figura 11. Modelo de Análisis de Varianza entre muestras en la Fase ANALIZAR	56
Figura 12. Modelo de Diseño de Experimentos de dos factores en la Fase ANALIZAR	57
Figura 13. Modelo de Diagramas de Control en la Fase CONTROLAR	58

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Nivel de defectos por millón de unidades producidas de acuerdo con el Nivel Sigma de Calidad en las organizaciones.	24
Tabla 2. Pasos de la Metodología DMAIC enfocado a Lean Six Sigma	28
Tabla 3. Indicadores de Competitividad en la Industria Plástica entre 2013 y 2017 en Colombia.	34
Tabla 4. Procesos de Transformación de los productos Plásticos.	36
Tabla 5. Categorías de análisis para el desarrollo del tema de estudio.	41

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Matriz PEEA (GRAN ESTRATEGIA) del Sector Plástico en el Entorno Interno y Externo.	67
Anexo B. Gráfico de Matriz PEEA (GRAN ESTRATEGIA) del Sector Plástico en el Entorno interno y externo.	68
Anexo C. Lista De Chequeo Con Las Variables Críticas Para Los Indicadores Claves De Desempeño.	69
Anexo D. Caracterización de los Procesos de Extrusión y Termoformado de PET	70
Anexo E. Mapa de Proceso de Extrusión y Termoformado PET	74
Anexo F. Árbol de Perdidas en Extrusión y Termoformado PET	76
Anexo G. Matriz De Inventarios De Documentos Asociados Al Lean Six Sigma en la Industria de los Plásticos	77

GLOSARIO

ALTA DIRECCIÓN: “Persona o grupo de personas que dirige y controla una organización al más alto nivel”¹.

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD: “Parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad”².

CALIDAD: “Grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos”³.

CAPACIDAD: “Aptitud de un objeto para realizar una salida que cumplirá los requisitos para esa salida”⁴.

CLIENTE: “Persona u organización que podría recibir o que recibe un producto o un servicio destinado a esa persona u organización o requerido por ella”.

COMPROMISO: “Participación activa en, y contribución a, las actividades para lograr objetivos compartidos”⁵.

CONTROL DE LA CALIDAD: “Parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad”⁶.

DATOS: “Hechos sobre un objeto”⁷.

EFICACIA: “Grado en el que se realizan las actividades planificadas y se logran los resultados planificados”⁸.

EFICIENCIA: “Relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados”⁹.

ESPECIFICACIÓN: “Documento que establece requisitos”¹⁰.

¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistema de Gestión de la Calidad Fundamentos y Vocabulario. NTC-ISO 9000. Bogotá D.C.: El Instituto, 2005. p. 13.

² *Ibíd*, p. 16.

³ *Ibíd*, p. 20.

⁴ *Ibíd*, p. 21

⁵ *Ibíd*, p. 14.

⁶ *Ibíd*, p. 13.

⁷ *Ibíd*, p. 24.

⁸ *Ibíd*, p. 23.

⁹ *Ibíd*, p. 23.

¹⁰ *Ibíd*, p. 24.

ESTRATEGIA: “Es un conjunto de compromisos y actos integrados y coordinados, cuyo objetivo es explotar las competencias y conseguir una ventaja competitiva”¹¹.

MEJORA: “Actividad para mejorar el desempeño”¹².

MEJORA DE LA CALIDAD: “Parte de la gestión de la calidad orientada a aumentar la capacidad de cumplir con los requisitos de la calidad”¹³.

MEJORA CONTINUA: “Actividad recurrente para mejorar el desempeño”¹⁴.

ORGANIZACIÓN: “Persona o grupo de personas que tiene sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para lograr sus objetivos”¹⁵.

PARTE INTERESADA: “Persona u organización que puede afectar, verse afectada o percibirse como afectada por una decisión o actividad”¹⁶.

PLANIFICACIÓN DE LA CALIDAD: “Parte de la gestión de la calidad orientada a establecer los objetivos de la calidad y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para lograr los objetivos de la calidad”¹⁷.

REQUISITO: “Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria”¹⁸.

¹¹ Ibíd, p. 19.

¹² Ibíd, p. 15

¹³ Ibíd, p. 16.

¹⁴ Ibíd, p. 15.

¹⁵ Ibíd, p. 13.

¹⁶ Ibíd, p. 14.

¹⁷ Ibíd, p. 16.

¹⁸ Ibíd, p. 20.

RESUMEN

El presente trabajo, está encaminado para elaborar una guía metodológica para implementar el modelo de mejora continua Lean Six Sigma en las organizaciones multinacionales del sector plástico en Colombia con una programación de producción continua o por lotes, evidenciando las oportunidades de mejora de los procesos productivos más relevantes, con el fin de disminuir reprocesos y producto no conforme. El presente planteamiento no debe tomarse ni considerarse como una realidad de todas las industrias del sector, puesto que el mercado puede variar según el tamaño o tipo de procesos que se apliquen para la transformación de las materias primas en productos.

La implementación conjunta de los modelos Lean y Six Sigma en procesos de fabricación del sector plástico, es posible debido a que estos se complementan entre sí, apoyando a la organización en los puntos clave para incrementar su beneficio, así creando sus principios fundamentales aplicados en la optimización de Procesos de Gestión, cuantificando el impacto de justo a tiempo y crear una cultura para el éxito.

Para elaborar la guía metodológica, se realizará una recopilación de la información teórica, de artículos y casos de estudio que permita determinar una propuesta para realizar e implementar correctamente el modelo Lean Six Sigma y su aplicación en los diferentes procesos de las organizaciones.

La guía incluye la investigación y documentación de información relacionada con el paso a paso y herramientas estadísticas aplicables a cada una de las fases del ciclo DMAIC.

Palabras Claves: Competitividad, Lean Manufacturing, Lean Six Sigma, Mejora Continua, Proceso.

ABSTRACT

The present project is aimed at developing a methodological guide to implement a model of continuous improvement Lean Six Sigma in multinational organizations of the plastics sector in Colombia with a continuous production schedule or in batches, evidencing the opportunities for improvement of productive processes more In order to reduce reprocessing and non-conforming product. This approach should not be taken as a reality of all industries in the sector, since the market may vary according to the size or type of processes applied to the transformation of raw materials into products.

The joint implementation of the Lean and Six Sigma models in the manufacturing processes of the plastic sector, is possible because it also complements each other, it relies on the organization in the key points to increase its profit, as well as on the fundamental principles applied in Optimization of management processes, quantifying the impact of a fair time and a culture for success.

To write the methodological guide, see the collection of theoretical information, articles and case studies, determine the proposal to implement the Lean Six Sigma model and its application in the different processes of organizations.

The guide includes the investigation and documentation of information related to the step by step and statistical tools applicable to each of the phases of the DMAIC cycle.

Keywords: Competitiveness, Lean Manufacturing, Lean Six Sigma, Continuous Improvement, Process.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente¹⁹, las industrias del sector de plásticos en Colombia, en la actualidad, se encuentran 461 establecimientos que se dedican a la actividad transformadora de materias plásticas, que corresponden al 6,3% del total de la industria manufacturera, con 31.349 personas empleadas directamente, así es que, el sector aporta el 5,9% de los puestos de trabajo en la industrial.

Además, gracias a su ciclo de vida y la reutilización que sirve de materia prima básica y fuentes de energía para otros productos, contribuyen a la protección ambiental, por tal razón, los índices de crecimiento de este sector van aumentando, inclusive superando otros sectores industriales, esto se debe a que sus productos cuentan con una masa de consumo mantiene una conciencia de reutilización y aprovechamiento de materiales.

Sin embargo, el sector plástico, muestra debilidades en los procesos de fabricación, requiriendo acciones de mejora continua, al carecer de herramientas estadísticas que faciliten el análisis de datos para la toma de decisiones adecuadas y oportunas. Existiendo una creciente necesidad de modelos de gestión de operaciones que contribuyan a mejorar los procesos de las organizaciones.

Six Sigma se ha considerado una herramienta de mejora continua que va más allá de ser un simple estándar de Calidad, involucra características estadísticas, que “plantea una nueva forma de enfocar la mejora, que se centra en sus dos bases fundamentales, el beneficio económico y la Calidad del producto que pueda percibir el cliente para su satisfacción”²⁰.

La implementación conjunta de los modelos Lean y Six Sigma es posible debido a que estos se complementan entre sí, apoyando a la organización en los puntos clave para incrementar su beneficio, así creando sus principios fundamentales aplicados en la optimización de Procesos de Gestión, cuantificando el impacto de justo a tiempo y crear una cultura para el éxito.

¹⁹ MINISTERIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Sector Plástico: Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo. En: República de Colombia. [sitio web]. Bogotá: Ministerio Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. [consultado 13, abril, 2019]. p. 23. Archivo en PDF. Disponible en: <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/guias-ambientales-sector-plc3a1sticos.pdf>.

²⁰ SWAIN, Ajaya.; CAO, Qing. y GARDNER, William. Six sigma success: Looking through authentic leadership and behavioral integrity theoretical lenses. En: Revista de Investigación [Science Direct]., Vol.5 Nro 1. p.122. 2018 ISSN 2214-7160. [consultado 13, abril, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S2214716018300058>.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta de la Guía Metodología para la aplicación de Lean Six Sigma en Procesos de Fabricación de Productos Plásticos para Multinacionales Colombianas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los factores críticos en los procesos de transformación de productos plásticos que están sujetos a mayores unidades de producto no conforme y reprocesos.
- Analizar la información documental entorno a Lean Six Sigma, detallando categorías y subcategorías de estudio, identificando las metodologías aplicadas por diferentes organizaciones del sector plástico a nivel mundial
- Realizar un diagnóstico de los beneficios alcanzados por la implementación de la Metodología Lean Six Sigma como estrategia de Competitividad en industrias del sector de plásticos en algunos casos de estudio y experiencias de multinacionales en el mundo.

1. MARCO REFERENCIAL

Seis Sigma, es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón. Además, otros resultados que se obtienen son: reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, alta satisfacción de los clientes y más importante aún, efectos dramáticos en el desempeño financiero de la organización.

El Sistema de Gestión de Calidad proporciona una oportunidad de competir en el mundo del mercado. “En la dinámica de hoy, el entorno empresarial competitivo es incierto, por ello un continuo mejoramiento en la calidad de los procesos y productos puede conducir a una ventaja competitiva”²¹.

Como menciona Ertürk, Tuerdi Y Wujiabudula²², las empresas que han adoptado la filosofía de Six Sigma, como menciona han aumentado sus resultados financieros en corto plazo, no todas las que implementan esta metodología de mejora continua han sido capaces de percibir dichos beneficios económicos. Por esta razón, las organizaciones no deben malinterpretar los principios y riesgos relacionados con su aplicación, puesto que, debido a su naturaleza estadística, el Six Sigma requiere de habilidades especiales para aplicar sus herramientas para conseguir así un impacto positivo en las organizaciones.

Un punto en común que establecen los autores para obtener un beneficio en la ventaja competitiva organizaciones e industrias, radica en el papel que cumple las áreas de control de calidad, los cuales, deben establecer normas estandarizadas y certificar institutos destinados a la aprobación de sistemas de Gestión, con lo que se proporciona mayor fortalecimiento de la calidad a nivel corporativo.

1.1. PROCESO

Según como lo menciona la Norma ISO 9000:2015, un Proceso es “el conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto”²³. Además de acuerdo con modelo EFQM un proceso es “la secuencia de actividades que van añadiendo valor mientras se

²¹ Ibid. p. 128.

²² ERTÜRK, Muzaffer; TUERDI, Maimaitaili y WUJIABUDULA, Aihemaituoheti. The effects of six sigma approach on business performance: A study of white goods (home appliances) sector in Turkey. En: Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 229 Nro. 1. p. 445. 2016. ISSN 1877-0428. [consultado 14, abril, 2019]. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S1877042816310898>.

²³ NTC –ISO 9000:2015. Op. Cit., p. 16.

produce un determinado producto o servicio a partir de determinadas aportaciones”²⁴.

Además, a nivel industrial, es posible identificar los tipos de procesos productivos en una organización:

- **Procesos Estratégicos:** Estos tienen como objetivo poder definir las estrategias pertinentes para cumplir con los objetivos de la organización, de acuerdo con su misión, visión y valores; es decir, con su identidad organizacional. Involucran a los directivos de las empresas y gerentes de cada área productiva.
- **Procesos Operativos:** En estos se generan los productos o servicios que ofrece la organización. Se lleva a cabo la producción, el desarrollo del producto, entre otras actividades. De sus resultados depende en parte la satisfacción del cliente, el consumo de la marca y de la percepción que tengan los accionistas o directivos acerca de la organización.
- **Procesos de Apoyo:** Estos “ayudan a cumplir con los objetivos de la organización, como sistemas de la información, mantenimiento o control de calidad. Son elementos clave para la efectuar los procesos, en especial los operativos”²⁵.

1.1.1 Características de un Proceso. Los procesos productivos, según Indrawati y Ridwansyah²⁶, se caracterizan por que se encargan de obtener, transformar o transportar uno o varios productos primarios, también llamadas materias primas. Sin embargo, las organizaciones no buscan realizar la transformación porque sí, Detrás del proceso debe presentarse un objetivo o misión, que generalmente consiste en lograr que las materias primas, se conviertan en materiales, herramientas, sustancias o productos que logren satisfacer las necesidades de un cliente en concreto.

²⁴ SANZ BELTRÁN, Jaime. Guía Para Una Gestión Basada En Procesos. Sevilla: Centro Andaluz para la Excelencia en la Gestión. Sevilla, España. IAT 2009. p. 20. Citado por: BELTRAN, Juan Propuesta para Implementación de la Gestión Por Procesos en un Laboratorio Dental de acuerdo con la Norma NTC – ISO 9001:2015. Bogotá: Ediciones Universidad de América, 2017. p.22. S2405896316308047.

²⁵ CORTES, Héctor; et al. Strategic Lean Management: Integration of operational Performance Indicators for strategic Lean management. En: Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 49 Nro. 12. p. 68. 2016. ISSN 2405-8963. [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii>.

²⁶ INDRAWATI, Sri; RIDWANSYAH, Muhammad. Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. En Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 4. Nro. 1. p. 529. 2015. ISSN 2351-9789. [consultado 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S2351978915011889>.

Para ello se requiere necesario que los procesos sean:

- Con enfoque al cliente.
- Parte de un proceso de orden superior.
- Cada eslabón de la cadena pueda identificar adecuadamente sus resultados.
- Se debe percibir como la esencia del negocio.
- Los factores más importantes que contribuyen a la ventaja competitiva.
- De principio a fin, o sea, van a través de la organización.

1.1.2 Enfoque a Procesos. La Gestión por Proceso, como menciona Liepiņa, Lapiņa y Mazais²⁷, implica una visión transversal de la organización que tiene como finalidad satisfacer las necesidades del cliente y que facilita una visualización más explícita de la cadena de valor del sistema productivo permitiendo lograr mayor eficiencia de los procesos. La adopción de un enfoque de procesos tiene metodologías prácticas, puesto que una implementación eficaz requiere una debida comprensión de su alcance y contexto, como se muestra en la Figura 1.

²⁷ LIEPIŅA, Raimonda; LAPIŅA, Inga y MAZAIŠ, Jānis. Contemporary Issues of Quality Management: Relationship between Conformity Assessment and Quality Management. En: Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 110. Nro 1. p. 632. 2016. ISSN 1877-0428. [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281305547X>.

Figura 1. Representación esquemática de los elementos de un proceso



Fuente. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN-ICONTEC-Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. NTC-ISO 9001. Bogotá D.C. El Instituto, 2015. p. iii. Por su parte, la Norma Internacional ISO 9001:2015, señala las ventajas que se pueden alcanzar con la aplicación del enfoque a procesos en un Sistema de Gestión de la Calidad:

- “La comprensión y la coherencia en el cumplimiento de los requisitos.
- La consideración de los procesos en términos de valor agregado.
- El logro del desempeño eficaz del proceso.
- La mejora de los procesos con bases en la evaluación de los datos y la información”²⁸.

1.1.3 Control Estadístico de Procesos. Según Snee²⁹, Sigma es un criterio estadístico de dispersión que expresa la variabilidad de cierto conjunto de valores respecto a un valor medio, de modo que cuanto menor sea sigma, menor será el número de defectos. Si un producto está más allá de los límites establecidos por el

²⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN-ICONTEC-Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. NTC-ISO 9001. Bogotá D.C.: El instituto, 2015. p. iii.

²⁹ SNEE, Ronald Lean Six Sigma – getting better all the time. En Revista de Investigación [Emerald Insight]. Vol 1. Nro. 1. p. 11. 2010. ISSN 2040-4166. [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/20401461011033130>.

intervalo de tolerancia, de TI, se considera basura. Por el contrario si el número de sigma es mayor la producción es consistente con valores cercanos a la media.

Las principales herramientas estadísticas que se utilizan en la metodología Six Sigma son para el mejoramiento continuo de la calidad. Estas herramientas como menciona Snee³⁰, nos dan una perspectiva de los problemas que se pueden presentar en las áreas de producción, además de saber el porqué de los defectos generados en los productos.

- a) **Diagrama de Flujo de Procesos:** Mapa donde se muestran las etapas del proceso por medio de una secuencia de pasos, así como las etapas críticas.
- b) **Diagrama de Causa-Efecto:** es utilizado como lluvia de ideas para detectar las causas y consecuencias de los problemas en el proceso.
- c) **Diagrama de Pareto:** se aplica para identificar las causas principales de los problemas en proceso de mayor a menor y con ello reducir o eliminar de una en una (empezando con la mayor y después con las posteriores o con la que sea más accesible).
- d) **Histograma de Frecuencia:** con el cual se observan los datos (defectos y fallas) y se agrupan en forma gaussiana conteniendo los límites inferior y superior y una tendencia central.
- e) **Gráfica de Corrida:** es utilizada para representar datos gráficamente con respecto a un tiempo, para detectar cambios significativos en el proceso.
- f) **Gráfica de Control:** se aplica para mantener el proceso de acuerdo a un valor medio y los límites superior e inferior.
- g) **Diagrama de Dispersión:** con el cual se pueden relacionar dos variables y obtener un valor estimado realizando un ajuste con el coeficiente de correlación.
- h) **Modelo de Regresión:** es utilizado para generar un modelo de relación entre una respuesta y una variable de entrada.

1.1.4 Variabilidad del Proceso. Generalmente, como lo afirma Mehta³¹, los procesos industriales presentan variabilidad por distintos factores que derivan en la imprecisión debido a la fricción mecánica de los equipos, el mal ajuste de parámetros de proceso críticas que causa la desviación, la inestabilidad de las

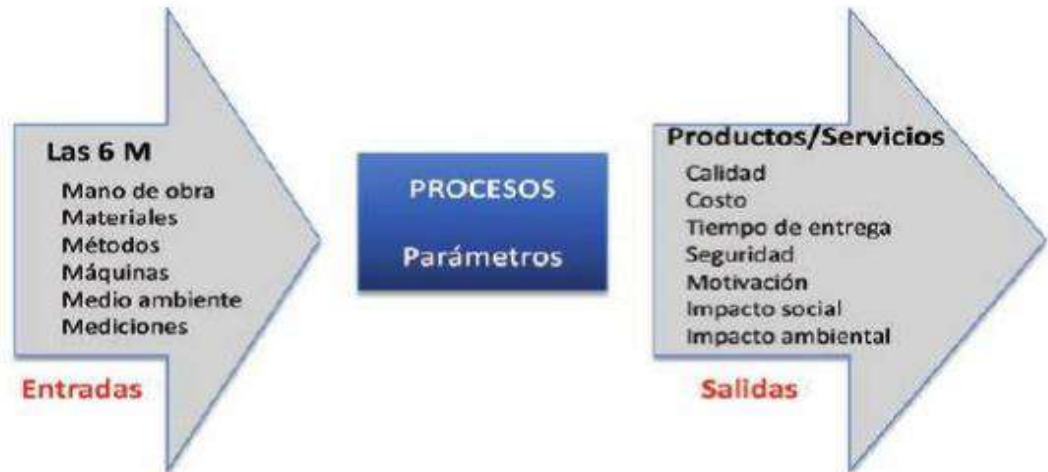
³⁰ Ibíd, p. 12.

³¹ MEHTA, BR Reddy. Project Lifecycle Benefits: Applying Foundation Fieldbus. [en línea]. Austin, TX 2016: ISA. p. 277. [consultado: 20, abril, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TY2A/applying-foundation-fieldbus/protected-investment>.

causas potenciales de variación de los procesos o 6M's (Materiales, Mano de Obra, Medio Ambiente, Maquinas, Método y Medición), que proporcionan una desviación en las características de un producto, que son percibidos por clientes internos o externos de las organizaciones. Además de aumentar los costos de fabricación, generando desperdicios y mermas en las operaciones productivas de las industrias.

1.1.5 Productividad. La búsqueda permanente de la excelencia, en el contexto competitivo de las industrias de la actualidad, como lo menciona Costa, Silva y Pinto³², se basan en la existencia del compromiso de las organizaciones en ofrecer productos o servicios cerca de la perfección, promoviendo la filosofía de cero defectos y producción más eficientes. En la Figura 2 se presenta el modelo de Productividad en las organizaciones.

Figura 2. Representación de los Modelos de Productividad en la Organizaciones.



Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 12. [consultado: 20, abril, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

Por tanto, cada organización debe poseer un modelo de Productividad basado en las variables que entran y salen en sus procesos, según Raisinghani³³, con el

³² COSTA, T.; SILVA, F. y PINTO FERREIRA, L. Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. En: Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 13. Nro. 1. p. 1105. 2017. ISSN 2351-9789. [consultado: 17, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S2351978917308090>.

³³ RAISINGHANI, Mahesh et. al. Six Sigma: concepts, tools, and applications. En Revista de Investigación [Emerald Insight]. Vol. 105, Nro. 4, p. 493. 2015. ISSN 0263-5577. [consultado: 17, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/02635570510592389>

objetivo inmediato de reducir los defectos presentes en sus procesos productivos. La reducción de los defectos conduce a la mejora del rendimiento, por tanto, mayor productividad que mejoran los programas productivos, reducir los costos y la satisfacción del cliente.

1.2. LEAN SIX SIGMA

La metodología Six Sigma ha sido considerada una herramienta de mejora continua que va más allá de ser un simple estándar de Calidad, involucra características estadísticas, que “plantea una nueva forma de enfocar la mejora, que se centra en sus dos bases fundamentales, el beneficio económico y la Calidad del producto que pueda percibir el cliente para su satisfacción”.³⁴

Por ello, el Six Sigma contra la variabilidad de los procesos, otorgando reducción de los costos de fabricación, además de brindarle un producto óptimo a sus clientes. Ahora esta metodología ha globalizado su concepto a nivel industrial, junto con el pensamiento de Lean Manufacturing que “es una metodología de sistemas de producción, creada originalmente por la firma automovilística Toyota en Japón y liderada por Taiichi Oh-no, que se centra en hacer las cosas de forma correcta, en el lugar correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando las ineficiencias o desperdicios, siendo flexible y estando abierto al cambio”³⁵, siendo Lean Manufacturing y Six Sigma las metodologías de mejora continua, mas importantes para alcanzar la excelencia productiva de cualquier industria. A continuación, en la Tabla 1, se muestra la relación del nivel Sigma, los defectos por millón de unidades fabricadas y el porcentaje del rendimiento del proceso.

³⁴ ARNHEITER, Edward y MALEYEFF, John. The integration of lean management and Six Sigma. Revista de Investigación [Emerald Insight]. Vol. 17, Nro. 1, p. 7. ISSN 0954-478X. [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/09544780510573020>.

³⁵ Ibid., p. 7.

Tabla 1. Nivel de defectos por millón de unidades producidas de acuerdo con el Nivel Sigma de Calidad en las organizaciones.

Nivel	% Rendimiento	Defectos por Millón
1 Sigma	30.9%	690,000
2 Sigma	69.2%	308,000
3 Sigma	93.26%	66,810
4 Sigma	99.37%	6,210
5 Sigma	99.98%	320
6 Sigma	99.99966%	3.4

Fuente. GARCÉS MUÑOZ, Luis Alfredo. Mejoramiento de la Productividad de la línea de Extrusión de la empresa CEDAL, empleando la metodología “Six Sigma”. [En línea]. Tesis de Maestría. Escuela Politécnica Nacional. Quito: 2016. [consultado: 18, abril, 2019]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16888>

1.2.1. Antecedentes del Lean Six Sigma. Los cambios constantes del mercado, tanto nacional como global, requieren flexibilidad y adaptación continuas en el suministro proporcionado por las organizaciones. Es por ello, como mencionan Firuzan, Alpaykut y Gerger³⁶, siempre se centran en diferentes tipos de metodologías de mejora de la calidad para llevar a sus clientes un producto que vaya más allá de sus expectativas, es por tal motivo, que para cualquier organización, la satisfacción de sus clientes es la principal prioridad, por tanto, se investigan metodologías eficaces que alcancen los estándares perseguidos, además de ser exitosos en su implementación hacia la búsqueda de la excelencia productiva.

La filosofía Seis Sigma comienza en la década de los años 80's, como una estrategia de negocios, aseguramiento y mejoramiento de la calidad. Tal metodología, fue incluida por la empresa norteamericana de telecomunicaciones Motorola. Esta “cultura de mejora continua ha sido ampliamente extendida y

³⁶ FİRUZAN, Ali Rıza; ALPAYKUT, Süleyman y GERGER, Atakan. Yalin Altı Sigma Projeleri İçin Kritik Başarı Faktörleri. Revista de Investigación [Ebsco Host]. Vol. 14, Nro. 4. p. 68. 2012. ISSN 1302-3284. [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2098/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=14&sid=fbf64fc4-88d5-491c-8151-e7767638e3cd%40sessionmgr4007>.

adoptada por otras empresas de clase mundial, tales como: General Electric, Sony, Dupont, NASA, Toshiba, Ford, entre otras³⁷.

El objetivo principal de Lean Six Sigma, según Jung-Lang Cheng³⁸, es reducir los costos de producción, aumentar la productividad, mejorar la seguridad en proceso, reducir el tiempo de salida al mercado y mejorar la calidad del producto y rendimientos. Por tanto la metodología es muy importante en el ámbito industrial, debido a que, grandes empresas a nivel mundial han implementado ese enfoque como una estrategia de negocios para mejorar la calidad de los productos y servicios, mejorar la eficiencia de los procesos, aumentar la satisfacción del cliente y aumentar la rentabilidad.

La implementación conjunta de los modelos Lean y Six Sigma es posible debido a que estos se complementan entre sí, apoyando a la organización en los puntos clave para incrementar su beneficio, así creando sus principios fundamentales aplicados en la optimización de Procesos de Gestión, cuantificando el impacto de justo a tiempo y crear una cultura para el éxito.

La filosofía Six Sigma tiene sus inicios aproximadamente desde el siglo XX, con exactitud el concepto se abarco después de la Segunda Guerra Mundial.

1.2.2. Principios del Lean Six Sigma. La metodología Lean Six Sigma se ha utilizado ampliamente en un gran número de empresas en todo el mundo. Sin embargo, muchas empresas han encontrado dificultades para implementar y mantener con éxito en sus procesos de mejoramiento a través de sus Sistemas Integrados de Gestión.

Según Amar y Davis³⁹, Un enfoque común utilizado en el desarrollo del Lean Six Sigma u otro marco de mejora de la calidad es identificar factores o elementos que se creen que son críticos para la implementación exitosa de esta metodología.

³⁷ DROHOMERETSKI, Everton, et.al. Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. Revista de Investigación [Ebsco Host]. Vol. 52, Nro. 3. p. 810. 2014. ISSN 0020-7543. . [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2098/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=17&sid=fbf64fc4-88d5-491c-8151-e7767638e3cd%40sessionmgr4007>.

³⁸ JUNG-LANG, Cheng. Improving Inventory Performance Through Lean Six Sigma Approaches. Revista de Investigación [Ebsco Host]. Vol. 16, Nro. 3, p. 28. 2012. ISSN 0972-6888. . [consultado 20, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2098/ehost/detail/detail?vid=3&sid=fbf64fc4-88d5-491c-8151-e7767638e3cd%40sessionmgr4007&bdata=JmxhbmMc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=86374313&db=a9h>.

³⁹ AMAR, Kifayah y DAVIS, Douglas. A Review of Six Sigma Implementation Frameworks and Related Literature. En: Revista de Investigación [Ebsco Host]. Vol. 1, Nro. 1, p.1562. 2008. ISSN 1302-3284. [consultado: 19, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2098/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=11&sid=fbf64fc4-88d5-491c-8151-e7767638e3cd%40sessionmgr7>.

Como lo describe Pande, Neuman y Cavanagh⁴⁰, existen varios puntos clave, a partir de diversas experiencias de las organizaciones que pretenden transformarse en “Organizaciones Six Sigma”, realizando una lista de claves para el éxito, con el fin de mantener la metodología dentro de los procesos productivos llegando a cumplir las expectativas de sus clientes.

1. **Enlace los esfuerzos Seis Sigma a la estrategia y prioridades de la empresa:** Aunque sus primeros esfuerzos se dirijan a problemas bastante precisos, su impacto sobre las necesidades fundamentales de la empresa ha de ser claro. Siempre que sea posible, observe cómo los proyectos y otras actividades enlazan con los clientes, los procesos claves y la competitividad.
2. **Sitúe Seis Sigma como un método mejorado para la gestión de hoy en día:** Los métodos y herramientas Seis Sigma tienen sentido para las organizaciones que triunfan en el siglo XXI. Son producto de las lecciones aprendidas por las empresas y directivos que los han aplicado, que se enfrentan a las dificultades del cambio rápido, de la competencia intensa y de las demandas crecientes de los clientes.
3. **Centrar los resultados a corto plazo:** Probar la potencia de lo que puede hacer Seis Sigma para que su organización sea más competitiva y rentable y para que sus clientes se sientan más fieles y satisfechos. Desarrolle e impulse un plan que concrete los logros iniciales en los primeros cuatro o seis meses.
4. **Utilizar las herramientas Six Sigma de forma apropiada:** Ninguna herramienta o disciplina individual de Seis Sigma puede producir clientes más satisfechos o mejorar los beneficios. Las estadísticas pueden responder a preguntas, pero no pueden dar servicios. Las ideas creativas pueden mantener un potencial pero, sin desarrollar procesos ni entregarlos, no son más que sueños. Su éxito en Seis Sigma depende de la aplicación de estos métodos con el equilibrio adecuado para maximizar los resultados. Debe valorar altamente el uso de las herramientas más simples, que funcionen, y no de las más complejas.

1.2.3. Estructura del Lean Six Sigma. El principal objetivo de las empresas de hoy es satisfacer todo el requerimiento e intereses de sus clientes internos y externos. Según Membrano⁴¹, el despliegue de la estrategia organizacional, se deben alinear las prioridades con los objetivos de las partes interesadas del negocio.

⁴⁰ PANDE, Peter; NEUMAN Robert y CAVANAGH, Roland. Las claves de seis sigma: la implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. Madrid: McGraw-Hill España. 2002. p 92. ISSN 9788448179014. [consultado: 19, abril, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3194768>.

⁴¹ MEMBRADO MARTÍNEZ, Joaquín. Metodologías avanzadas para la planificación y mejora. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. 2013. p 133. ISSN 9788499696638. [consultado: 20, abril, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3220031>.

La metodología de mejora continua Lean Six Sigma, permite aumentar los resultados económicos de las organizaciones, por medio del trabajo en equipo junto con la alta dirección, con el fin de alcanzar de tales objetivos estratégicos e innumerables beneficios más.

Para el Lean Six Sigma en las organizaciones, se deben realizar por proyectos que sean medibles y alcanzables a lo largo del tiempo. Herrera y Fontalvo proponen 5 pasos para su implementación:

- a. “Definir el proyecto o problema de calidad, tomando la información necesaria que permita obtener las necesidades del cliente.
- b. Medir las condiciones del problema, evaluando la capacidad estadística de los procesos, según la información suministrada por el proceso.
- c. Analizar las causas del problema, aplicando técnicas estadísticas consistentes, como el Diseño de Experimentos, Contraste de Hipótesis, Modelos lineales y dinámicos.
- d. Mejorar las condiciones del proceso, identificando y cuantificando las variables críticas del proceso, implementando soluciones adecuadas a cada una de las causas encontradas y valorando sus resultados.
- e. Controlar las variables críticas del proceso, para que el problema de mala calidad no sea recurrente”⁴².

Además, Herrera y Fontalvo⁴³, proponen algunos de los factores con mayor importancia que caracterizan la implementación del modelo de mejora son:

- a. El cambio en las organizaciones genera capacidades competitivas en las personas, desarrollando habilidades esenciales que se traducen en la profundización del conocimiento que se tenga del proceso.
- b. La alta dirección debe motivar su implementación, estableciendo la estructura organizacional y del entrenamiento de personas que conforman cada uno de los grupos conformados.
- c. Los resultados obtenidos de su implementación deben ser medibles, esto facilitará el manejo y comprensión de los procesos impactados.

⁴² HERRERA ACOSTA, Roberto José y FONTALVO HERRERA, Tomas José. Seis Sigma: Un Enfoque Práctico. Madrid: Corporación para la gestión del conocimiento ASD 2000. 2011. p 6. ISSN 9789589973714. [consultado: 20, abril, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3200977>.

⁴³ Ibid., p. 7.

d. La metodología requiere de expertos que dominen áreas de calidad fundamentales para su ejecución.

1.3. HERRAMIENTAS DEL CICLO DMAMC

El enfoque Lean Six Sigma “provee una metodología para abordar los procesos y eliminar lo que no agrega valor, eliminar la variación y centrar el proceso a las especificaciones del cliente”⁴⁴, para tal fin al momento de implementar esta metodología, es necesario abordar las herramientas DMAIC llamada así por sus siglas en inglés (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), que consiste en cinco pasos necesarios para definir y mejorar los procesos, para disminuir los desperdicios y defectos. Las herramientas usadas en cada paso del DMAIC son Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. En la Tabla 1, se muestran las fases de la metodología, su concepto y las herramientas estadísticas para una mejor comprensión.

Tabla 2. Pasos de la Metodología DMAIC enfocado a Lean Six Sigma

FASE	CONCEPTO
DEFINIR	Definición el problema o la selección del proyecto con la finalidad de entender la situación actual y definir objetivos. Además se selecciona el equipo
MEDIR	Definición y descripción del proceso. Además se hace una evaluación de los sistemas de medición.
ANALIZAR	Determinación de las variables significativas por medio de estudios como el diseño de experimentos. Además se hace una evaluación de la estabilidad y capacidad del proceso.
MEJORAR	Optimización del proceso. Si el proceso no es capaz, se deberá optimizar para reducir su variación. Además se debe realizar la validación de la mejora a través de una medición actual de la capacidad.
CONTROLAR	Controlar y dar seguimiento al proceso. Una vez que el proceso es capaz, se deberán buscar mejores condiciones de operación, materiales, procedimientos, etc., que conduzcan a un mejor desempeño del proceso.

Fuente. Elaboración Propia

Durante estos pasos, se deben mantener los beneficios obtenidos mediante la estandarización del proceso. Por último, el estado financiero se prepara con el fin de cuantificar los logros obtenidos, puesto que para las industrias no es rentable si

⁴⁴ ARNHEITER y MALEYEFF. Op. Cit., p. 12.

se invierte en la metodología, y no se mantiene para sus procesos productivos, ya que crecerá el desperdicio en sus productos defectuosos, obteniendo un aumento en los costos productivos e inversamente la disminución de la utilidad generada.

1.3.1. Fase Definir. En esta etapa se define el problema de no calidad que se solucionará, mediante una planeación que debe involucrar las necesidades y expectativas de las partes interesadas, la caracterización e identificación del proceso y sus interrelaciones, teniendo en cuenta las variables críticas que son las causas vitales para abordar.

Herrera y Fontalvo ⁴⁵, proponen los criterios de esta etapa de mejora continua, así:

- a. A través de un diagnóstico preliminar, la organización debe conocer e identificar las áreas potenciales para la mejora, definir los objetivos y el alcance del proyecto.
- b. Se debe identificar y evaluar la percepción de todas las partes interesadas, para mantener una respuesta acorde a sus necesidades y expectativas, en lo que refiere a la fiabilidad de los productos, disponibilidad, rendimiento, impacto ambiental, costos y seguridad, puesto que esto es un elemento fundamental para el éxito de la organización.
- c. Se deben seleccionar los proyectos potenciales y estimar los ahorros potenciales, el alcance y tiempo razonable para su ejecución.
- d. La caracterización de los procesos es importante para comprender cada una de sus fases o de las diversas actividades que lo conforman, pues de allí depende el grado de confiabilidad del análisis para la toma de decisiones.

1.3.2. Fase Medir. Esta etapa se basa en mediciones de parámetros de los procesos que sirven para tomar decisiones basadas en hechos objetivos. Según Herrera y Fontalvo⁴⁶, en esta instancia resulta fundamental la aplicación de métodos estadísticos de procesos.

Las organizaciones deben tratar la información recolectada con técnicas estadísticas descriptivas, capacidad del proceso, medida de desempeño, rendimiento, distribución probabilística y nivel en sigmas del proceso, con el fin de evitar sesgos al momento de la toma de decisiones.

1.3.3. Fase Analizar. En esta etapa, se aplican herramientas estadísticas a la información recolectada de los procesos, con el fin de, Herrera y Fontalvo⁴⁷ afirman, ajustar el método estadístico que permita obtener los mayores beneficios, por tanto

⁴⁵ HERRERA ACOSTA, Roberto José y FONTALVO HERRERA. Op. Cit., p. 9.

⁴⁶ *Ibíd.*, p. 16.

⁴⁷ *Ibíd.*, p. 35.

se podrá acceder al análisis más cercano a la realidad para indagar las posibles soluciones. Las herramientas más utilizadas son los Diagramas de Pareto, de Causa y Efecto, de Dispersión, Coeficiente de Correlación, y Análisis de Varianzas.

1.3.4. Fase Mejorar. En esta etapa, la organización debe buscar la mejora continua que impacten positivamente a la eficacia de sus procesos, “de tal manera que permita llevar a cabo nuevas técnicas o formas más efectivas de optimización”⁴⁸. Además, se deben comprometer a trabajar por la satisfacción de los clientes, a la vez que se realizan estudios de nivel de competitividad y desempeño de los procesos. Las técnicas más usadas en esta fase son Diseño de Experimentos, Análisis de Modo de Efecto y Falla, Estratificación, Lluvia de Ideas y Despliegue de la Función de la Calidad.

1.3.5. Fase Controlar. En esta etapa se verifica la efectividad y eficacia de las acciones de mejora a los procesos, además de como impactan el rendimiento de las organizaciones. “Es indispensable definir unos indicadores que muestren el nivel de desempeño de los procesos de la organización”⁴⁹. Las herramientas aplicadas en esta fase son los Gráficos de Control, Capacidad del Proceso, Diseño de Experimentos y Nivel Sigma del Proceso.

⁴⁸ *Ibíd.* p. 24.

⁴⁹ *Ibíd.* p. 48.

2. MARCO LEGAL

En Colombia, los productos plásticos se regulan mediante normas legales que abarcan leyes y decretos, que se dan las directrices para el manejo en el ciclo de vida del producto. A continuación, se relacionan la normatividad aplicable, y sus debidas modificaciones, que debe cumplir el sector de la industria del plástico.

Decreto 1713 de 2002: “Por el cual se normaliza la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, con relación a la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 con relación a la Gestión Integral de Residuos Sólidos”⁵⁰.

Decreto 1505 de 2003: “Por el cual se reforma parcialmente el Decreto 1713 de 2002, con relación a los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones”⁵¹.

Decreto 1140 de 2003: “Por el cual se actualiza parcialmente el Decreto 1713 de 2002, con relación al tema de las unidades de almacenamiento, y se dictan las directrices para otras disposiciones”⁵².

Ley 1333 de 2009: “Por la cual se determina el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan para otras disposiciones”⁵³.

Decreto 3695 de 2009: “Por medio del cual se regula la Ley 1259 de 2008 y se dictan otras disposiciones”⁵⁴.

⁵⁰ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1713. (06, agosto, 2002). Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2002. No. 1716. p. 1-55.

⁵¹ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1505. (06, junio, 2003). Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2003. No. 1505. p. 1.

⁵² COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1140. (07, mayo, 2003). Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con el tema de las unidades de almacenamiento, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2003. No. 1140. p. 1-3.

⁵³ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1333. (21, julio, 2009). Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2009. No. 47413. p. 1-28.

⁵⁴ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 3695. (25, septiembre, 2009). Por medio del cual se reglamenta la Ley 1259 de 2008 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2009. No. 3695. p. 1-7.

Decreto 838 de 2009: “Por el cual se cambia el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan directrices para otras disposiciones”⁵⁵.

Ley 1259 de 2008: “Por medio de la cual se fija en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental, a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros, y se dictan otras disposiciones”⁵⁶.

Decreto 3678 de 2010: “Por el cual se establecen los criterios para la imposición de las sanciones consagradas en el artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones”⁵⁷.

⁵⁵ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 838. (23, marzo, 2009). por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2009. No. 838. p. 1-19.

⁵⁶ COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1259. (19, diciembre, 2009). Por Medio de la Cual se instaure en el territorio Nacional la aplicación del comparendo Ambiental a los infractores de las Normas de Aseo, Limpieza y Recolección de Escombros; y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2008. No. 47208. p. 1-8.

⁵⁷ COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 3678. (04, octubre, 2010). Por el cual se establecen los criterios para la imposición de las sanciones consagradas en el artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2010. No. 3678. p. 1-6.

3. DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO

En los últimos años, la competencia en la industria plástica colombiana ha aumentado significativamente. Al mismo tiempo, los informes de la industria han demostrado que el sector sigue en crecimiento. Según Nassereddine y Wehbe⁵⁸, una mirada más cercana al sector muestra que la creciente competencia a nivel mundial incentivó a muchas empresas a adoptar sistemas de fabricación que puedan ofrecer mejores costos y calidad.

Sin embargo, los desafíos en la industria del plástico, sigue siendo la capacidad de implementar la filosofía de mejora continua, para minimizar los desperdicios o mudas presentes en sus procesos manufactureros.

3.1. APOORTE EN LO SOCIAL

En la actualidad, cada día se usan más plásticos y de características tan variadas, “que sus aplicaciones están en casi todos los campos, contribuyendo de una forma significativa al mejoramiento de la calidad de vida”⁵⁹. Por tanto, la industria plástica tiene como objetivo trabajar con los diferentes representantes de la cadena de valor como lo son productores de materia prima, transformadores, responsables de las marcas, recicladores, autoridades y usuarios finales, con el fin de que cuando el producto sea utilizado del modo más eficiente y pueda ser un reductor de desperdicios. Los plásticos son utilizados en diferentes aspectos como lo son:

- Empaques
- Medicina
- Hogar
- Construcción
- Agricultura
- Deporte y Recreación.

3.2. APOORTE EN LO AMBIENTAL

Según el Ministerio de Ambiente⁶⁰, los plásticos contribuyen a la protección ambiental en todo el ciclo de vida del producto, comenzando desde la obtención de los recursos naturales que les sirven de materia prima, hasta el manejo de sus residuos. Esto se basa en que para la producción de materiales poliméricos, el

⁵⁸ NASSEREDDINE, Abdallah y WEHBE, Ali. Competition and resilience: Lean manufacturing in the plastic industry in Lebanon. En: Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 13, Nro. 2), p. 14. [consultado 22, abril, 2019]. 2018. ISSN 2214-4625. Archivo PDF. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S221446251830149X>.

⁵⁹ MINISTERIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Op. Cit., p. 22.

⁶⁰ *Ibíd*, p. 23.

consumo de energía, en Colombia, solo es la mitad que otras industrias, como la del papel, alimentos, textiles, industrias de minerales y de metales fundidos.

3.3. APORTE EN LO ECONÓMICO

La importancia económica de los plásticos en la vida actual se puede analizar cuando observamos nuestro alrededor y nos preguntamos ¿cuántos objetos que utilizamos en la cotidianidad estos fabricados con este material?, la respuesta puede parecer obvia, entre un 60 y 70 %. “Los índices de crecimiento de los sectores del plástico en el mundo superan prácticamente a todos los demás sectores industriales y el consumo del plástico sólo se encuentra por debajo del consumo del hierro y el acero, aunque esto se debe a que se cuenta la masa consumida, y éstos últimos tienen una densidad mayor”⁶¹. En la Tabla 3 los indicadores de competitividad de productos plásticos en Colombia entre los años 2013 y 2017.

Tabla 3. Indicadores de Competitividad en la Industria Plástica entre 2013 y 2017 en Colombia.

Año	Trimestre	Miles de dólares			Variación anual (%)	
		Importaciones	Exportaciones	Balanza Comercial	Importaciones	Exportaciones
2013	I	56 137.6	44 007.4	-12 130.2	26.33	18.85
	II	60 259.2	52 961.8	-7 297.4	25.15	33.03
	III	59 492.8	53 680.2	-5 812.6	12.94	26.01
	IV	60 632.6	49 763.7	-10 868.9	-1.07	20.70
2014	I	53 850.7	51 884.7	-1 966.0	-4.07	17.90
	II	61 832.5	59 392.7	-2 439.8	2.61	12.14
	III	62 511.6	65 552.8	3 041.2	5.07	22.12
	IV	60 762.0	57 820.7	-2 941.3	0.21	16.19
2015	I	56 406.1	55 558.1	- 848.0	4.75	7.08
	II	59 330.4	60 507.6	1 177.3	-4.05	1.88
	III	64 496.1	68 174.2	3 678.1	3.17	4.00
	IV	70 334.3	62 820.6	-7 513.7	15.75	8.65
2016	I	62 891.2	67 979.6	5 088.4	11.50	22.36
	II	72 791.6	73 015.3	223.7	22.69	20.67
	III	76 840.6	87 769.5	10 928.9	19.14	28.74
	IV	93 836.7	87 213.8	-6 622.9	33.42	38.83
2017	I	86 972.4	82 334.1	-4 638.2	38.29	21.12
	II	100 568.7	102 693.5	2 124.8	38.16	40.65
	III	100 058.1	103 528.8	3 470.7	30.22	17.96

Fuente. Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. Estadística de Competitividad Industrial. [sitio web]. Bogotá D.C., CO. Sec. Estadística. 22, febrero, 2018. Hoja Plásticos. [consultado 25, abril, 2019]. Archivo en Excel. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/estadisticas-de-competitividad-industrial>

⁶¹ *Ibíd.*, p. 24.

Como se observa en la Tabla 3, la demanda de productos plásticos en Colombia está en el alza, tanto para importaciones como exportaciones. Durante los últimos 5 años se ha duplicado la demanda del plástico teniendo una utilidad en el año 2013 de 100,145 millones de dólares a 203,588 millones en el año 2017.

3.4. TIPOS DE MATERIALES POLIMÉRICOS

Para analizar los polímeros como materiales de ingeniería, los dividiremos en tres categorías de materiales:

- Polímeros Termoplásticos (TP).
- Polímeros Termoestables o Termofijos (TS).
- Polímeros Elastómeros.

3.4.1. Polímeros Termoplásticos (TP). Son materiales sólidos a temperatura ambiente, pero cuando se someten a temperaturas de algunos cientos de grados, se convierten en líquidos viscosos. Esta característica permite conformarlos fácil y económicamente en productos terminados. Pueden someterse repetidamente a ciclos de calentamiento y enfriamiento sin que se degraden. Para el mercado industrial, los materiales termoplásticos constituyen el grupo más importante, pues representan el 70% de la producción con materiales poliméricos.

3.4.2. Polímeros Termoestables o Termofijos (TS). Este grupo de polímeros no soporta incrementos en la temperatura, con un calentamiento inicial, se ablandan y fluyen para ser moldeados en productos terminados, el proceso de calentamiento también produce una reacción química que endurece el material y lo convierte en un sólido infusible. Si el polímero vuelve a calentarse, se degradará por pirolisis en lugar de ablandarse.

3.4.3. Polímeros Elastómeros. Son polímeros que presentan una extrema extensibilidad elástica, cuando se someten a esfuerzos relativamente bajos, algunos elastómeros, pueden estirarse 10 veces su longitud y luego recuperar completamente su forma original.

3.4 PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN

En la industria plástica se usan diversos procesos para la fabricación de productos plásticos. Inicialmente, la producción del plástico comienza en la refinería del petróleo, donde en la destilación del crudo, se separan grupos de componentes de ligero peso molecular, denominados fracciones.

Posteriormente, la transformación del plástico se realiza en serie a través de máquinas automatizadas, en donde se requiere de mano de obra para controlar la producción y el mantenimiento de la maquinaria. A continuación en la Tabla 4 se

relacionan los procesos de fabricación de productos plásticos y la maquinaria necesaria.

Tabla 4. Procesos de Transformación de los productos Plásticos.

PROCESO	DESCRIPCIÓN	MAQUINARIA
Recepción y Almacenamiento de Materias Primas	Se efectúa el recibo de materias primas y se almacenan hasta su uso en el proceso productivo.	Basculas, Big Bags, Bandas Transportadoras, Silos, Tubería.
Polimerización	Se producen los polímeros o macromoléculas formadas por monómeros. La obtención de los polímeros se realiza en la industria química, la cual los produce en forma de pellets, gránulos o resinas y los distribuye posteriormente a las empresas que fabrican productos plásticos.	Reactores, Aglutinadoras, Peletizadoras
Transformación	De acuerdo con el tipo de presión ejercida en el material, se realiza de dos maneras: 1. Moldeo a alta presión: Se realiza mediante máquinas hidráulicas se ejerce la presión suficiente para el moldeo de las piezas. Se emplean estas técnicas: - Compresión: El polímero en pellets se somete a calentamiento y posteriormente es comprimido entre las dos partes de un molde mediante la acción de una prensa hidráulica - Inyección: Consiste en introducir el polímero granulado dentro de un cilindro, donde se calienta. Por medio de un tornillo sinfín se inyecta en el interior de un molde para finalmente darle su forma. - Extrusión: Consiste en moldear productos de manera continua, en donde el tornillo sinfín empuja el material a una boquilla, por medio de presión, produciendo una lámina de longitud indefinida. 2. Moldeo a baja presión o soplado: Una vez obtenido el material polimérico en forma de tubo o manguera éste se lleva a un molde en donde se expande con aire para darle forma. Posteriormente se realiza el enfriamiento y se expulsa.	Prensas para moldeo por compresión, extrusoras, máquinas de inyección, máquinas de soplado, rodillos de calandrado.
Impresión	Las unidades de plástico flexible o plástico rígido se imprimen comúnmente en rotativas flexográficas o en máquinas serigráficas.	Máquinas flexográficas, máquinas serigráficas.
Empaque y Almacenamiento	En la fabricación de colchones, cuando ya son elaborados, se forran en bolsas plásticas y se almacenan en bodegas aireadas y secas.	Máquinas de Empaque.

Fuente. Elaboración Propia

4. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN DEL LEAN SIX SIGMA EN PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS EN MULTINACIONALES COLOMBIANAS

Para desarrollo del tema de estudio de forma eficaz y concisa, se toma como principio de investigación el modelo exploratorio cualitativo, puesto que se basa en la recopilación y exploración de información de tipo académico y casos de estudio relacionado con la implementación de la metodología Lean Six Sigma como estrategia de productividad y competitividad en la industria de fabricación de plásticos, la gestión de procesos y casos de éxito para finalmente explicar así la temática estudiada en un contexto organizacional pero que sentará precedentes a futuras investigaciones.

De acuerdo con los objetivos planteados y del mismo modo para su cumplimiento, el proyecto de estudio se abordará en cuatro (4) fases:

4.1. FASE 1: IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS DE DESEMPEÑO EN LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS

4.1.1. Metodología. Para identificar los factores críticos en el desempeño de los procesos de transformación de plásticos en productos del mercado, se desarrolló una salida de campo a una multinacional de productos plásticos, donde se elaboró una listas de chequeo, caracterización y mapeo de los procesos identificando actividades críticas que sean generadoras para material no conforme y reprocesos, detallando máquinas y equipos utilizados en estas, además un árbol de perdidas general del negocio, con el fin de realizar un diagnóstico inicial en los procesos productivos.

Realizando el respectivo análisis de la matriz PEEA se llegó a la conclusión grafica de que las organizaciones que fabrican productos de plástico se encuentran a la Defensiva con respecto a su entorno; este análisis tuvo en cuenta factores internos como la fuerza financiera y las ventajas competitivas además de factores externos como la estabilidad ambiental y la fortaleza industrial, se observa esta información en el siguiente anexo:

Anexo A. Matriz PEEA, donde muestra los factores a considerar en el entorno, tentó interno como externo, para la identificación de fortalezas y debilidades en la fabricación de productos plásticos en las multinacionales colombianas.

Anexo B. Gráfico Matriz PEEA, donde muestra los factores a considerar en el entorno, tentó interno como externo, para la identificación de fortalezas y debilidades en la fabricación de productos plásticos en las multinacionales colombianas.

En la visita a la multinacional colombiana de fabricación de productos plásticos para empaque de alimentos, abarco dos procesos productivos de la compañía: Extrusión y Termoformado de Tereftalato de polietileno (PET). La información relacionada con la lista de chequeo, caracterización del proceso, árbol de pérdidas y mapa de procesos se encuentra en los siguientes anexos:

Anexo C. Lista de Chequeo con las variables críticas, donde muestra los factores a considerar para la identificación de indicadores claves de desempeño en la fabricación de productos plásticos en la multinacional.

Anexo D. Caracterización de los procesos de Extrusión y Termoformado de PET, donde se muestra en detalle las actividades realizadas en los procesos, los responsables y sus indicadores para el cumplimiento.

Anexo E. Mapa de Proceso de Extrusión y Termoformado PET, en el cual se observa el flujo del proceso, actividades y conexiones operativas que conllevan a la fabricación de los productos.

Anexo F. Árbol de Perdidas en Extrusión y Termoformado PET, que son claves minimizar en sus procesos productivos por la alta dirección de la multinacional.

4.1.2. Análisis y Discusión de Resultados. Mediante el diagnóstico de los procesos de fabricación de productos plásticos, con el uso de la lista de chequeo, Árbol de Pérdidas, Caracterización y Mapa de Proceso se consideraron cuatro indicadores claves del desempeño que se verifican por la alta dirección, con los cuales se realiza el seguimiento, medición y análisis en las operaciones de la fabricación de productos plásticos en multinacionales colombianas.

Los indicadores claves de desempeño que se tomaron en cuenta en el estudio de los procesos de fabricación de productos plásticos en multinacionales colombianas fueron:

a. Cantidad de Rechazos por Material No Conforme: Para calcular el indicador de desempeño de la Cantidad de Rechazos por Material No Conforme, se utilizó la siguiente relación matemática:

Ecuación 1. Relación Matemática para la Cantidad de Rechazos en Producción por Material No Conforme.

$$\% \text{ Rechazos} = \frac{\text{Peso de Producto No Conforme}}{\text{Peso Neto de Producto Fabricado}} * 100$$

En los registros del volumen de fabricación de productos no conformes de la compañía, se encontró que para un volumen mensual de 500 toneladas fabricadas,

el 15% es de producto defectuoso, aproximadamente 45 toneladas, frente a producto conforme, siendo mayor a lo esperado por la alta dirección del 7%. Los principales defectos que producen el 80% de los rechazos de producto se muestran en el anexo C.

b. Productividad en la Fabricación de Laminas Extruidas: Para calcular el indicador de desempeño de Productividad en la Fabricación de Laminas Extruidas para un volumen mensual de 500 toneladas fabricadas, se utilizó la siguiente relación matemática:

Ecuación 2. Relación Matemática para la Productividad en la Fabricación de Laminas Extruidas

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Peso de Laminas Extruido Conforme}}{\text{Horas} - \text{Hombre laboradas}} * 100$$

En los registros del volumen de producción de láminas extruidas de la compañía, se encontró que para el indicador de Productividad es del 78% en promedio, siendo menor a lo esperado por la alta dirección del 88%.

c. Eficacia de la Producción en los Procesos: Para calcular el indicador de desempeño de Eficacia de la Producción en los Procesos, para un volumen mensual de 500 toneladas fabricadas se utilizó la siguiente relación matemática:

Ecuación 3. Relación Matemática para la Eficiencia de la Producción en los Procesos

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Peso Neto de Producción}}{\text{Peso de Producción Programada}} * 100$$

En los registros del volumen de producción de la compañía, se encontró que para el indicador de Eficacia de la Producción en los Procesos es del 90% en promedio, siendo algo menor a lo esperado por la alta dirección del 92%, este indicador se comporta estable a lo largo del tiempo.

d. Eficiencia en el Tiempo de Entrega de Productos Fabricados: Para calcular el indicador de desempeño de Eficiencia en el Tiempo de Entrega de Productos Fabricados, para un volumen mensual de 500 toneladas fabricadas, se utilizó la siguiente relación matemática:

Ecuación 4. Relación Matemática para la Eficiencia en el Tiempo de Entrega de Productos Fabricados

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo Planificado de Entrega de Producción}}{\text{Tiempo Real de Entrega de Producción}} * 100$$

En los registros del volumen de producción de la compañía, se encontró que para el indicador de Eficiencia en el Tiempo de Entrega de Productos Fabricados es del 90% en promedio, siendo algo menor a lo esperado por la alta dirección del 95%, este indicador se comporta estable a lo largo del tiempo.

4.2. FASE 2: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EN BASES DE DATOS

4.2.1. Metodología. Para realizar la recuperación de la información pertinente con el tema de estudio de la implementación de la metodología de mejora continua Lean Six Sigma enfocado como una estrategia de Competitividad y Productividad en industrias del sector de los plásticos, se debe generar las palabras claves, mediante algunos tesauros, que ayudaran a hacer más fácil la búsqueda en las bases de datos que dispone la Universidad de América, como lo son Ebsco Host, Emerald Insight, Science Direct y Scopus. Posteriormente, se desarrolla un análisis de las diversas categorías de la búsqueda de la información, donde se abarca un análisis categorial y bibliométrico, con el fin de identificar los autores y revistas que investigan más sobre el tema de estudio.

Para desarrollo del tema de estudio de forma eficaz y concisa, se toma como principio de investigación el modelo exploratorio cualitativo, puesto que se basa en la recopilación y exploración de información de tipo académico y casos de estudio relacionado con la implementación de la metodología Lean Six Sigma como estrategia de productividad y competitividad en la industria de fabricación de plásticos, la gestión de procesos y casos de éxito para finalmente explicar así la temática estudiada en un contexto organizacional pero que sentará precedentes a futuras investigaciones.

Para realizar el análisis en la base de datos de Scopus, se utilizó los tesauros “Lean Six Sigma” AND “Plastics”. El periodo de tiempo para la búsqueda se limitó entre los años 2009 a 2019, identificándose 54 documentos asociados al tema de estudio, y cuyos datos fueron clasificados según año, tipo de documento, área de investigación. La información correspondiente a las clasificaciones de los documentos de investigación del tema de estudio y clasificación por categorías puede ser encontrada en el siguiente anexo:

Anexo G. Matriz de Inventarios de Documentos asociados al Lean Six Sigma en la industria de los plásticos.

Se pretende la comprensión del tema de estudio a partir de una clasificación de terminología asociada dentro de categorías, subcategoría y sub-subcategorías, las cuales estarán relacionadas con el desarrollo de los subtemas a lo largo del documento. A continuación se relacionan mediante la Tabla 5.

Tabla 5. Categorías de análisis para el desarrollo del tema de estudio.

Tema: Guía Metodológica para la aplicación del Lean Six Sigma en Procesos de Fabricación de Plásticos en Multinacionales Colombianas		
Categoría	Subcategoría	Sub subcategoría
Lean Six Sigma	Concepto Implementación Aplicaciones Impactos	Metodología LSS Control Estadístico Factores de Éxito TQM Lean Management Competitividad Productividad Mejoramiento Continuo
Casos de estudio	Empresas Manufactureras Multinacionales del Sector Plástico en el Mundo	
Situación en Colombia	Industria de Productos Plásticos Colombiana	

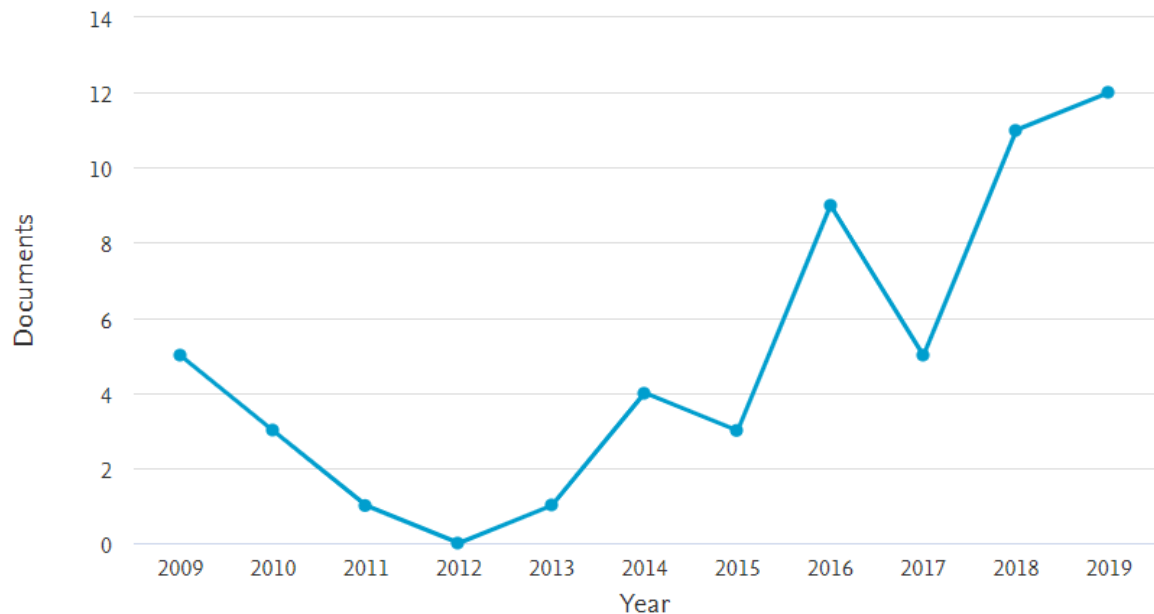
Fuente. Elaboración Propia

En seguida, con los resultados obtenidos por cada una de las bases de Datos, se continúa a realizar una elección aquellos artículos que aporten significativamente al objeto de estudio de la investigación, teniendo en cuenta las palabras clave, los tesauros de estos y el contenido de estos.

4.2.2. Análisis y Discusión de Resultados. El análisis Categorical consta de la determinación cuantitativa de la cantidad de información disponible, encontrada en las diferentes fuentes confiables (libros, artículos, tesis de grado, revistas indexadas, normas, etc.), relacionada con el tema objeto de estudio. Para tal fin, se recurrió a herramientas estadísticas que permitan la representación de dichos hallazgos, por medio de gráficos, que proporcionan una mejor interpretación.

Se empleó, para la comprensión de los recursos consultados, en lo referente al idioma en que se encuentra más información del tema de estudio, siendo ilustrado este criterio por medio del Gráfico 1.

Gráfico 1. Desarrollo de la investigación del Lean Six Sigma en la industria de los plásticos por año de publicación en Scopus (2009-2019).

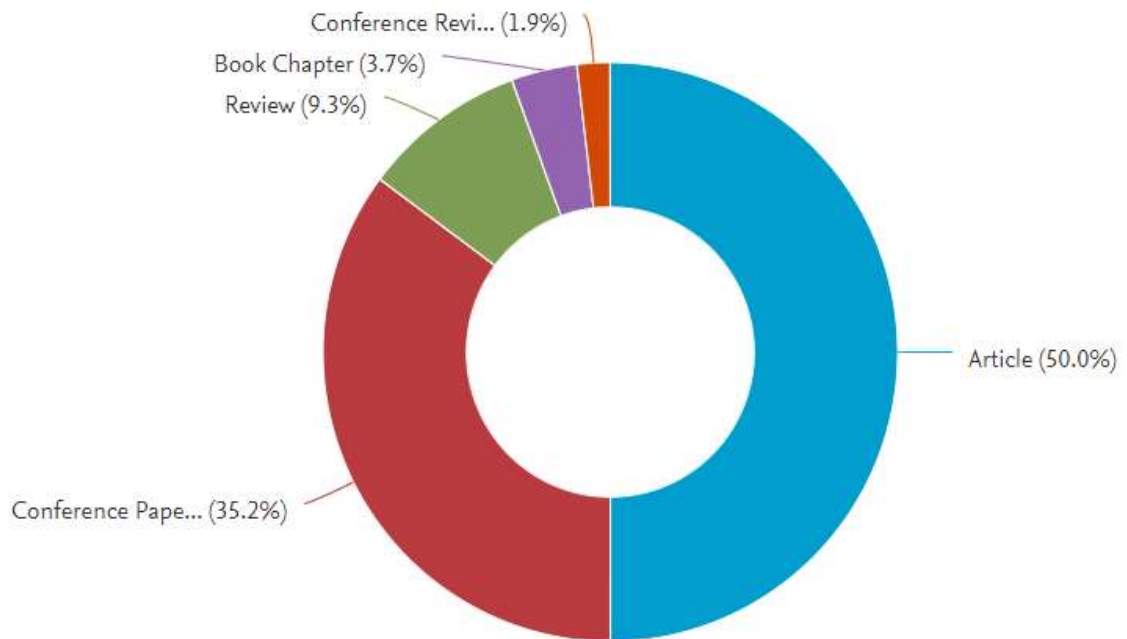


Fuente. SCOPUS. LEAN SIX SIGMA and PLASTICS. Analyze search results. [Sitio web]. [consultado: 24, abril, 2019]. Archivo en Excel. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2092/term/analyzer.uri?sid=9096035d291956dfefd6762cb11b0110&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28six+sigma%29&sort=plf-f&sdt=sis&sot=b&sl=24&count=77&analyzeResults=Analyze+results&ref=%28%22LEAN+SIX+SIGMA%22+AND+%22PLASTICS%22%29&txGid=464c1110d12c91193c82ec504f19818e>

El Gráfico 1, permite observar el desarrollo de la investigación del Lean Six Sigma en la industria de los plásticos, comprendido entre el periodo de 2009 y 2019, en dicho periodo se encontró, que fueron publicados 59 documentos. Adicional a ello es posible observar que a pesar del pico descendente en el año 2012; la investigación del tema de estudio se encuentra en ascenso constante.

La distribución por tipo de documento se basa en el tipo de fuente consultado donde se desarrolle el tema de estudio por medio de diferentes bases de datos digitales, presentándose por medio del Gráfico 2.

Gráfico 2. Distribución por tipo de documento de la investigación de Lean Six Sigma en la industria de los plásticos en Scopus (2009-2019)

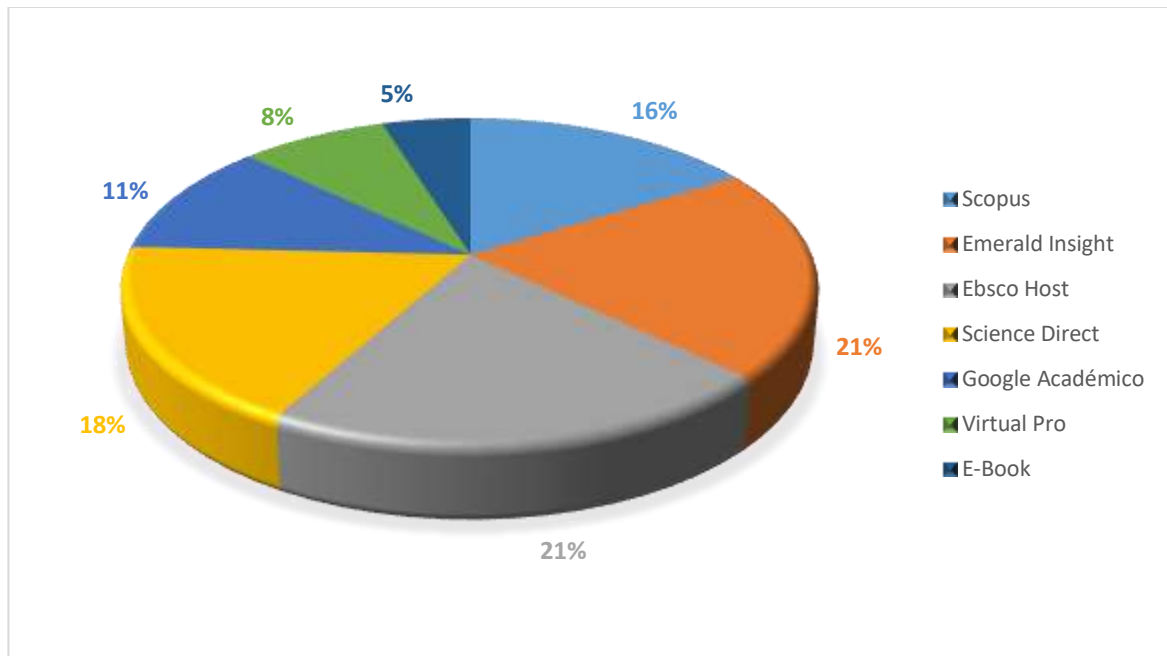


Fuente. SCOPUS. LEAN SIX SIGMA and PLASTICS Analyze search results. [Sitio web]. [consultado: 24, abril, 2019]. Archivo en Excel. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2092/term/analyzer.uri?sid=9096035d291956dfefd6762cb11b0110&origin=resultlist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28six+sigma%29&sort=plf-f&sdt=sir&sot=b&sl=24&count=77&analyzeResults=Analyze+results&ref=%28%22LEAN+SIX+SIGMA%22+AND+%22PLASTICS%22%29&txGid=464c1110d12c91193c82ec504f19818e>.

En el gráfico 2 se puede observar que la mayoría de participación en la información consultada es para los Artículos de Investigación con el 50.0% (37 documentos en total), seguido de Documentos de Conferencia con un 35.2% (19 documentos), 9.3% de participación de Casos de Estudio, 3.7% Capítulos de Libro. Con lo cual se puede afirmar que varias áreas de investigación están indagando del tema de estudio, generando nuevo conocimiento y aportando para incentivar a otras áreas para el desarrollo del tema.

La distribución de los recursos bibliográficos, se relaciona las principales bases de datos, que fueron consultadas para la recopilación de la información para la construcción del presente trabajo de investigación, siendo mayor la información obtenida en algunas bases de datos que en otras, se ilustran en el Gráfico 3.

Gráfico 3. Clasificación de información consultada de acuerdo con el Recurso Bibliográfico para Lean Six Sigma e industria del plástico.



Fuente. Elaboración Propia

Se observa que de las bases de datos Ebsco Host, Emerald Insight, Science Direct y Scopus son de donde proviene la mayor cantidad de la información consultada, aportando documentos para la elaboración del Estado del Arte como lo son artículos de Investigación en Lean Six Sigma y Casos de Estudio en Industrias Manufactureras del sector de productos plásticos. Finalmente Google Académico y Virtual Pro proporcionan documentos como lo son Tesis, Ponencias y Documentos de Conferencia que desarrollan el concepto de Administración de Calidad Total.

4.3. FASE 3: BENEFICIOS ALCANZADOS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA.

4.3.1. Metodología. Por medio de tesauros, que ayudaran a hacer más fácil la búsqueda en las bases de datos que dispone la Universidad de América, como lo son Ebsco Host, Emerald Insight, Science Direct y Scopus, se delimitó la búsqueda de información en un periodo de 10 años entre 2009 y 2019, donde se busca indagar la evolución y el reciente crecimiento que ha tenido el área en el campo de la investigación, siendo un aporte para las industrias, para efectuar la implementación, según la necesidad y las expectativas que proyecten emplear.

4.3.2. Análisis y Discusión de Resultados. Las empresas manufactureras en la actualidad adoptan como herramienta de mejora continua la metodología Lean Six Sigma como respuesta a la reducción de desperdicio en los procesos, llevando así cambios positivos en el ambiente económico. Por ejemplo, Jung-Lang Cheng analizó la relación entre TQM y Six Sigma en KE Company. Para tal fin, se centraron en seis factores de mejora como lo son: sistema, producto, control, capacitación, técnica y evaluación. Factores que se consideran en detalle con respecto a la implementación de Six Sigma a través de la mejora de TQM.

Por otro lado, otra investigación, fue llevada a cabo por Rothenberg y Guillory realizando un enfoque cualitativo que consiste en explorar el éxito del programa y proyecto Lean Six Sigma (LSS) en la industria textil y de indumentaria, por medio de representaciones de implementaciones LSS y el impacto económico, proporcionando una visión en profundidad de lo que LSS significa para una empresa textil mundial de tamaño medio y cómo ha demostrado ser importante para el éxito de la compañía.

Raghnath & Jayathirtha intentaron determinar los factores relacionados con el despliegue de Six Sigma en industrias de fabricación de pequeña y mediana escala en India, como estrategia de mejora comercial para empresas de cualquier tamaño, como resultado, se realizó una implementación simple de Six Sigma en la compañía, modelo que ha sido desarrollado para fomentar este sector en este país.

Desde otra perspectiva, otra investigación, fue realizada por Gosnik y Vujica-Herzog que presentan los resultados de las encuestas a 100 empresas manufactureras de Eslovenia, obteniendo como resultado que para muchas empresas manufactureras eslovenas, el mayor desafío para el futuro es gestionar la calidad de los productos y satisfacer al mismo tiempo las necesidades individuales de los clientes. La mayoría de las empresas no están al tanto de los grandes beneficios que se pueden obtener utilizando Six Sigma metodología y muchos de ellos no lo relacionan con la satisfacción del cliente. También se encontró que la gerencia de las empresas manufactureras a menudo estaba satisfecha con el sistema de calidad actual de la organización, lo que puede relacionarse con el hecho de que las empresas no

siempre entienden la relación entre satisfacción del cliente, gestión de procesos, costos y posibles ahorros.

Indrawati y Ridwansyah, procedieron a investigar la capacidad del proceso de fabricación en la organización Iron Ores Industry, con base en un análisis de defectos del producto, procesamiento y espera inapropiados son el tipo de desperdicio de fabricación que ocurre con frecuencia, donde se muestra que el rendimiento de calidad está en el nivel de 2,97 sigma. Hay un 33,67% de actividad sin valor agregado y un 14,2% de actividad no necesaria de valor agregado que ocurre durante el proceso de fabricación.

4.4. FASE 4: PROPUESTA DE LA GUÍA METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE LEAN SIX SIGMA EN PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS PARA MULTINACIONALES COLOMBIANAS.

4.4.1. Metodología. Para llegar a una aproximación de una guía metodológica para la implementación de Lean Six Sigma en los procesos de fabricación de productos plásticos en multinacionales colombianas, se deben seguir unos aspectos relevantes soportados en una cultura de mejora Kaizen y el liderazgo de la alta dirección enfocado a la mejora continua.

Las condiciones mínimas que debe garantizar las organizaciones para la implementación exitosa de la filosofía Lean Six Sigma en todas las operaciones, disminuyendo los defectos en sus productos y tiempos muertos en sus máquinas, se describen a continuación:

- a. Debe garantizarse el compromiso de la Alta Dirección, puesto que ellos dan las pautas para la continuidad de los procesos de mejora, recursos necesarios, además de la participación de las diversas áreas de la compañía.
- b. Debe garantizarse la Planificación Estratégica en las operaciones, puesto que si la organización debe proyectarse a mediano y largo plazo en la competitividad del mercado.
- c. Se debe conocer muy bien al cliente, sus características, quienes son, sus necesidades, segmentación, etc., es decir, debe dirigir sus operaciones como enfoque a los clientes, para ello se deben realizar entrevistas y seguimiento de indicadores de satisfacción de tales.
- d. La organización debe garantizar la formación del grupo de personas que participen en un Proyecto Lean Six Sigma. El personal tiene que recibir formación teórica y práctica de la metodología y herramientas estadísticas que sean necesarias para abordar el control estadístico en sus procesos.

- e. En la organización debe contar con la estandarización de los procesos, sus indicadores y análisis de datos adecuados, puesto que esto permite gestionar efectivamente, medir resultados y generar planes de acción a conveniencia.

4.4.2. Análisis y Discusión de Resultados. Para la implementación y aplicación del Lean Six Sigma en procesos de fabricación de productos plásticos en multinacionales colombianas, se aplica la metodología DMAIC, que se había explicado con anterioridad, del Six Sigma junto con herramientas de Lean Manufacturing, donde se establece el siguiente procedimiento:

1 DEFINIR

- a. **Project Charter:** En la carta del proyecto, se realiza los detalles de definición de este, sus responsables, el tiempo de duración y los roles que cada funcionario involucrado en el proyecto Lean Six Sigma.

Figura 3. Modelo de Project Charter correspondiente a la Fase DEFINIR

Lean Six Sigma Project Charter

<i>Project Leader</i>		<i>Deployment Champion</i>				
<i>Start Date</i>		<i>Target Completion Date</i>				
Element	Description	Team Charter				
1. Project Scope:	Describe the project scope					
2. Process:	The process that will be targeted by this project.					
3. Objectives:	What improvement is targeted and what will be the impact on critical business metrics?	Metric	Baseline	Goal	Entitlement	Improvement
4. Business results: (in dollars if possible)	What are the projected cost savings – provide both “hard” savings, “soft” savings.					
5. Benefits	In addition to the cost savings, describe the potential benefits from this project.					
7. Team members:	List the names and job responsibilities of the members of your team.					
8. Schedule:	Define the goals for the key milestones/dates.	Measure Review				
		Analyze Review				
		Improve Review				
		Control Review				
		Project Complete				
9. Support required:	Do you anticipate the need for any special capabilities, hardware, trials, etc?					

Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 12. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

Socconini plantea las actividades clave en el desarrollo del Project Charter.

- “Definir el caso de negocio o la declaración del problema
- Describir el propósito del Proyecto
- Describir el objetivo y los entregables del proyecto
- Establecer el alcance
- Definir roles y responsabilidades del equipo
- Establecer los recursos necesarios
- Establecer criterios de evaluación
- Elaborar un plan preliminar de implementación”⁶².

b. Mapa de Proceso: “Es la representación gráfica de un proceso, identificando actividades, cada una de ella se simboliza de manera diferente y determina cada etapa del proceso, por medio de su cadena de valor o por el diagrama de flujo”⁶³.

Figura 4. Modelo de Mapa de Proceso correspondiente a la Fase DEFINIR



Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 13. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

⁶² SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 12. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

⁶³ Ibid. p. 13.

- c. **Diagrama SIPOC:** En sus siglas en inglés (Supplier, Input, Process, Output, Customer), se utilizan generalmente en la hoja de ruta DMAIC para la resolución de problemas, especialmente durante la fase de definición. Son una poderosa herramienta de mapeo, cuyo nombre corresponde a los siguientes cinco elementos: Proveedor, Entrada, Proceso, Salida, Cliente. “El diagrama se suele dibujar para mapear un proceso de nivel alto. Sin embargo, también se puede utilizar para mapear un proceso a niveles de detalle crecientes”.⁶⁴

Figura 5. Modelo de Diagrama SIPOC correspondiente a la Fase DEFINIR



Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 14. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

2. MEDIR

- a. **Estudio del Sistema de Medición:** Este es un tipo de análisis del sistema de medición realizado para evaluar el rendimiento de un método de prueba o sistema de medición. Tal estudio cuantifica las capacidades y limitaciones de un

⁶⁴ Ibid. p. 14.

instrumento de medición, a menudo estimando su repetibilidad y reproducibilidad. Por lo general, “involucra varios métodos analíticos (por ejemplo, repetibilidad y reproducibilidad (R&R), correlación, sesgo, linealidad, precisión a la tolerancia, porcentaje de acuerdo, etc.) para analizar e interpretar la capacidad del sistema de medición para variables y atributos”⁶⁵.

Figura 6. Modelo del Estudio del Sistema de Medición correspondiente a la Fase MEDIR.

Gage R&R Using 6.0 Standard Deviations (99.7%)		
<u>Source</u>	<u>Study Variation</u>	<u>% Study Variation</u>
Total Gage R&R	0.35557	25.32%
Repeatability	0.222	15.81%
Reproducibility	0.27775	19.78%
Operator	0.13229	9.42%
Operator*Part	0.24422	17.39%
Part to Part	1.35831	96.74%
Total Variation	1.40408	100.00%

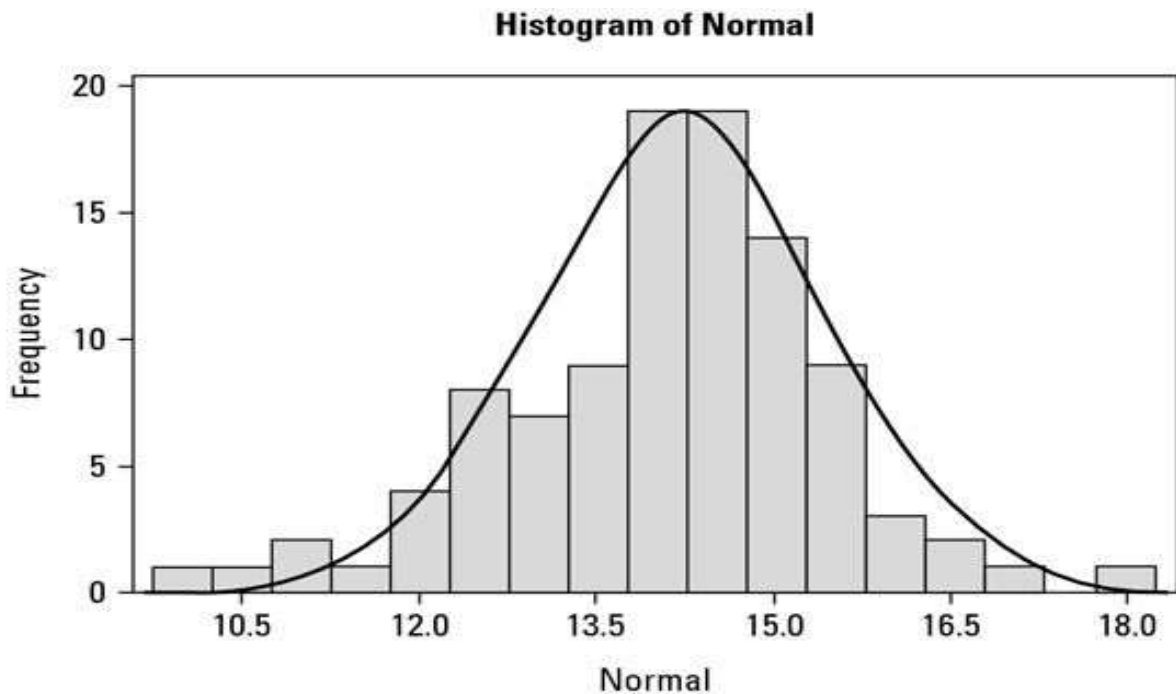
Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 18. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

b. Histograma de Frecuencia: Los histogramas o histogramas de frecuencia presentan una representación gráfica de los datos. El histograma de frecuencia consiste en un eje vertical que corresponde a la frecuencia en el que se produce un valor o grupo de valores y un eje horizontal que proporciona el valor de los datos o grupo de datos. La forma del histograma puede dar una idea de la naturaleza de la distribución de los datos. “Un histograma de frecuencia con forma de campana es indicativo de una distribución normal”⁶⁶.

⁶⁵ Ibid. p. 18.

⁶⁶ Ibid., p. 20.

Figura 7. Modelo del Estudio del Sistema de Medición correspondiente a la Fase MEDIR

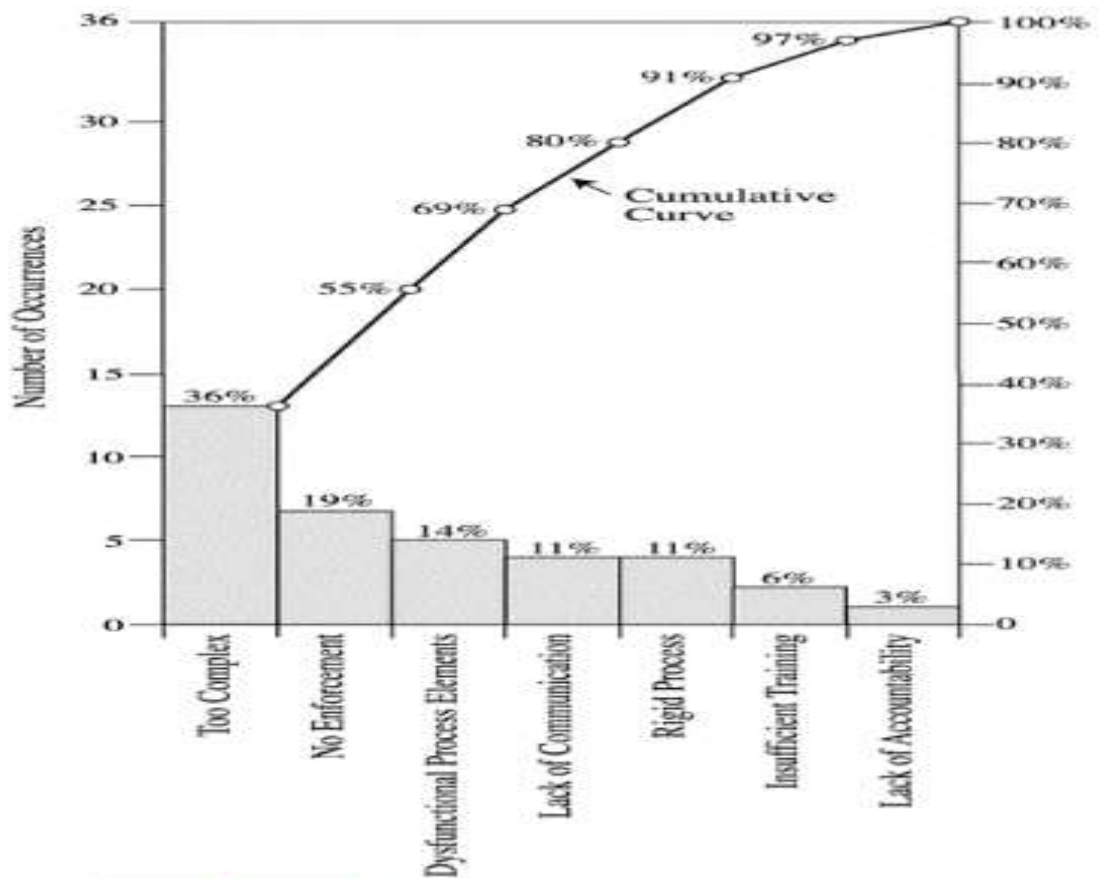


Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 20. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

c. Diagrama de Pareto: Un gráfico de Pareto es un histograma de los datos, que incluye una serie de barras que indican la frecuencia de aparición de problemas o causas. Están “organizados de izquierda a derecha, los problemas representados por las barras, y su frecuencia acumulada por una curva continua, que es una forma visual de indicar claramente la magnitud relativa de los problemas e identificar dónde se encuentran las oportunidades”.⁶⁷

⁶⁷ Ibid. p. 22.

Figura 8. Modelo del Diagrama de Pareto correspondiente a la Fase MEDIR.



Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 22. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

d. Índice de Capacidad del Proceso: “El índice de capacidad del proceso se define como el cociente entre la duración del intervalo de aceptación y seis veces la desviación estándar obtenida como resultado del proceso de diseño y producción”⁶⁸. El índice de capacidad potencial del proceso se expresa de la siguiente forma:

⁶⁸ Ibid. p. 24.

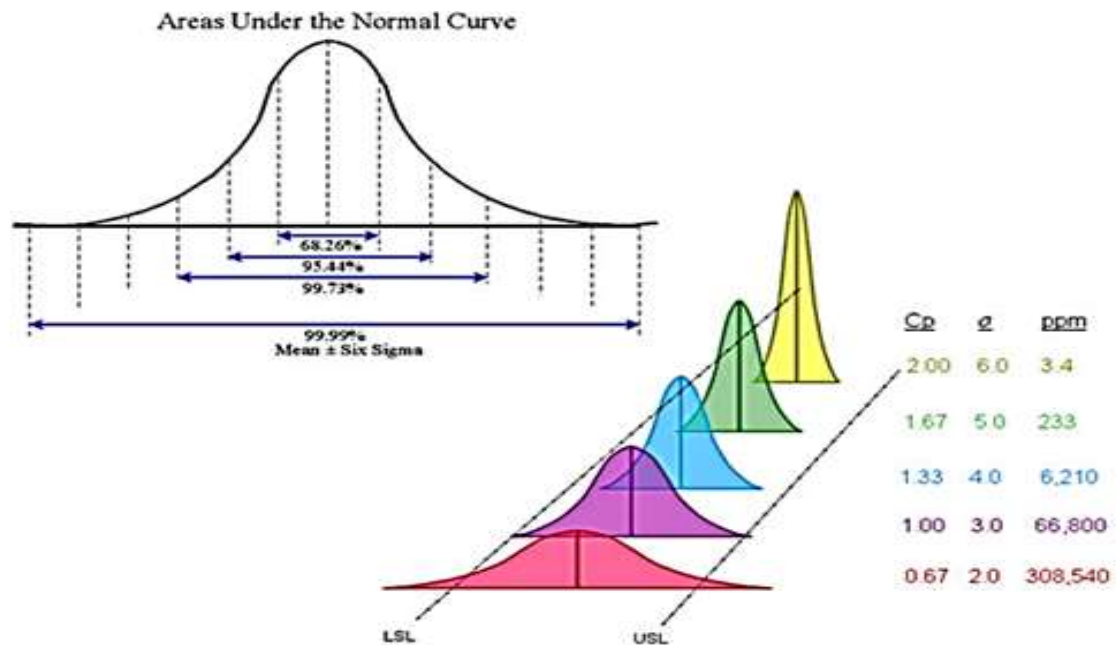
Ecuación 5. Relación Matemática el Índice de Capacidad Potencial del Proceso.

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6 \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N [X_i - \bar{X}]^2}{N - 1}}} = \frac{LES - LEI}{6\sigma}$$

Cuando el índice de capacidad del proceso es superior a 1.0, el proceso es capaz. Cuando el índice de capacidad del proceso es igual a 1.0, hay una tasa de rechazo del 0.27 por ciento para el requisito funcional correspondiente, y cuando el índice de capacidad del proceso es inferior a 1.0, el proceso no es capaz.

e. Nivel Sigma del Proceso: El nivel sigma es una medida de la calidad de una característica de un proceso o producto. Se basa en defectos por millón de oportunidades (DPMO) y, solo para métricas continuas, también está relacionado con la capacidad del proceso. “Una calidad más alta (es decir, una DPMO más baja) corresponde a un nivel de sigma más alto”⁶⁹.

Figura 9. Demostración Gráfica del Nivel Six Sigma correspondiente a la Fase MEDIR



Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 26. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

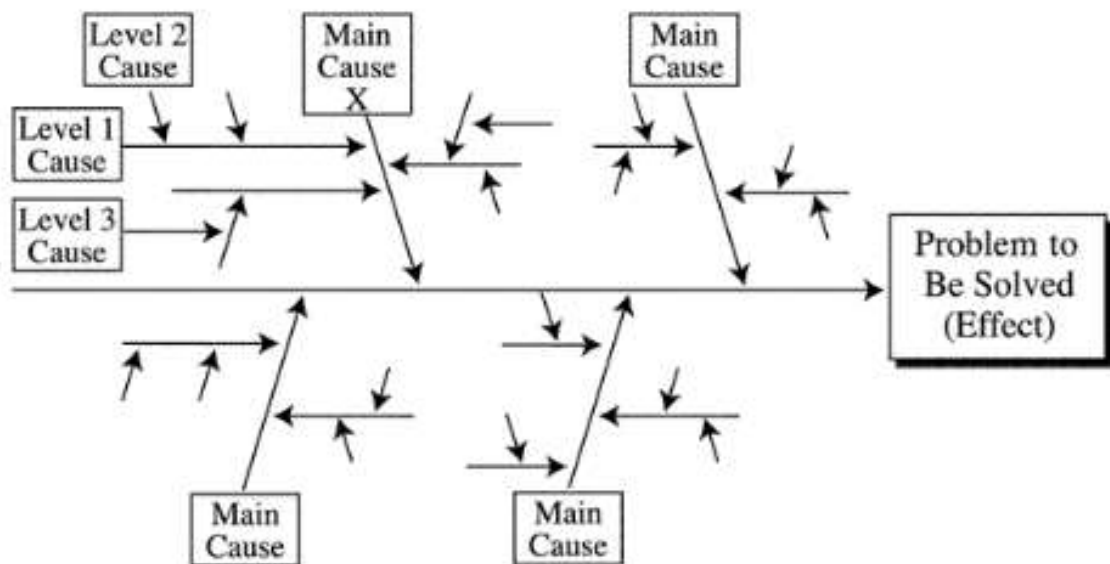
⁶⁹ Ibid. p. 26.

En la Figura 9, se muestran los niveles de sigma de 2, 3, 4, 5 y 6 corresponden a los valores de DPMO de 308.540, 66.800, 6.210, 233 y 3.4, respectivamente.

3. ANALIZAR

a. **Diagrama de Causa y Efecto:** El Diagrama de causas y efectos es una herramienta para identificar, relacionar y mostrar gráficamente las causas de un problema. “En un sentido más amplio, dado que el problema está relacionado con un proceso, el diagrama visualiza todo el proceso”⁷⁰. Es muy útil en ese sentido, es su estructura jerárquica, que indica las relaciones del efecto con las causas principales y sus sub-causas posteriores.

Figura 10. Modelo de Diagrama de Causa y Efecto a la Fase ANALIZAR



Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 28. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

Por ejemplo, la causa principal X tiene una relación directa con el efecto, mientras que cada una de las subcausas está vinculada en términos de su nivel de impacto en la subcausa principal. CED también se conoce como diagrama de espina de pescado debido a su similitud con el esqueleto de un pez o diagrama de Ishikawa para su inventor Kaoru Ishikawa.

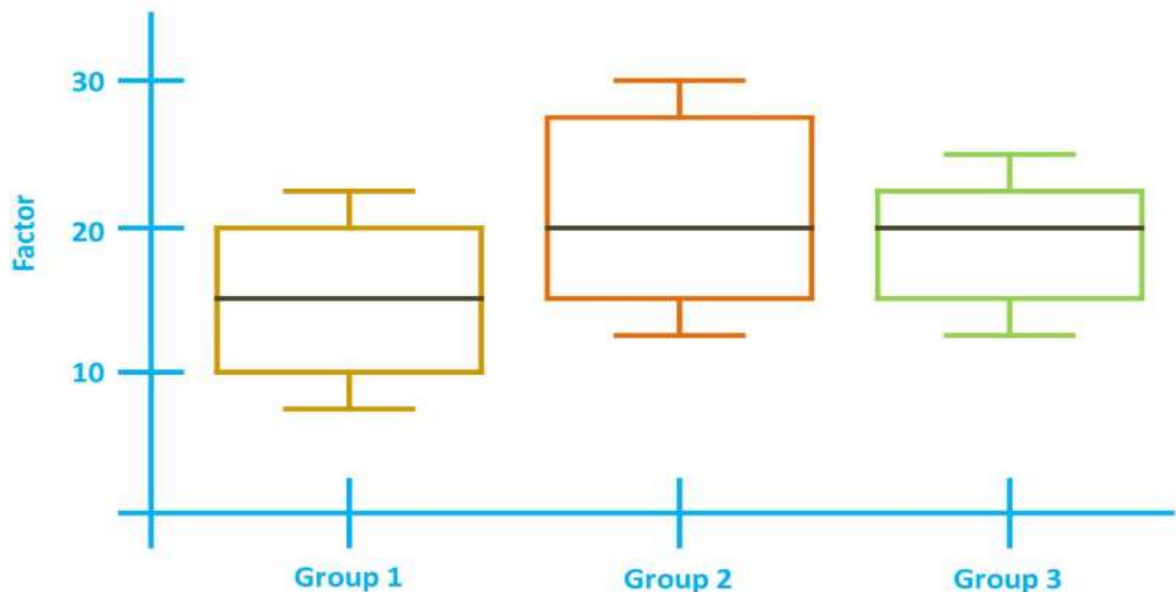
⁷⁰ Ibid. p. 28.

- b. Análisis de 5W2H:** Esta es una técnica simplificada de análisis de causa raíz. “Las cinco W son quién, qué, dónde, cuándo y por qué, y las dos H son cómo y cuánto. Si se responden estas siete preguntas, el problema se definirá específicamente, con sugerencias sobre cuál podría ser la causa raíz”⁷¹.

La técnica 5W2H puede usarse para ayudar a definir una queja del cliente o una entrega tardía del proveedor o casi cualquier situación que se encuentre en la cadena de suministro. Tener una definición específica de un problema puede recorrer un largo camino hacia poder desarrollar una verdadera solución.

- c. Análisis de Varianza (ANOVA):** Es una de la serie de técnicas estadísticas utilizadas para resolver y observar la variación entre conjuntos de datos estadísticos en componentes. Estas “técnicas se utilizan para determinar si la diferencia entre muestras es explicable como una variación de muestreo aleatorio dentro de las mismas poblaciones estadísticas”⁷². Las técnicas ANOVA se utilizan en el control de calidad.

Figura 11. Modelo de Análisis de Varianza entre muestras en la Fase ANALIZAR



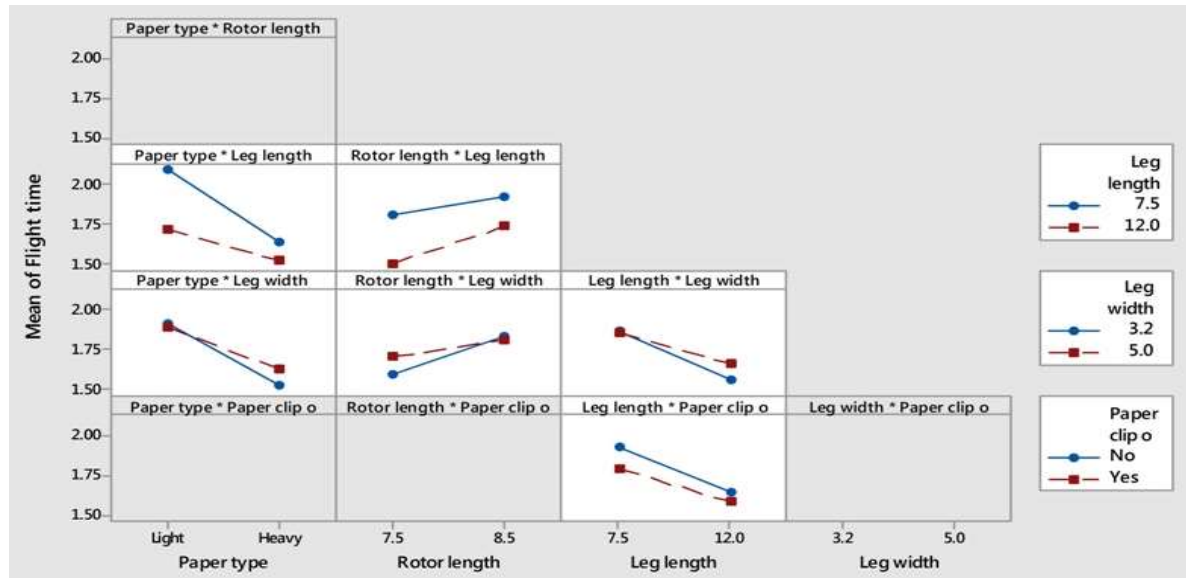
Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 33. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

⁷¹ Ibid. p. 30.

⁷² Ibid. p. 33.

d. **Diseño de Experimentos (DOE):** “El diseño de experimentos (DOE) es una técnica estructurada formal para estudiar cualquier situación que involucre una respuesta que varía en función de una o más variables independientes”⁷³. El DOE está diseñado específicamente para abordar problemas complejos donde más de una variable puede afectar una respuesta y dos o más variables pueden interactuar entre sí.

Figura 12. Modelo de Diseño de Experimentos de dos factores en la Fase ANALIZAR



Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 36. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

La popularidad del DOE se debe a su tremendo poder y eficiencia. Cuando se usa correctamente, el DOE puede proporcionar respuestas a preguntas específicas sobre el comportamiento de un sistema, utilizando un número óptimo de observaciones experimentales. Dado que los experimentos diseñados están estructurados para responder preguntas específicas con rigor estadístico, los experimentos con muy pocas observaciones no entregarán la confianza deseada en los resultados y la experiencia.

4. MEJORAR

a. **Lluvia de Ideas:** Discusión en grupo de alcance libre en el que el propósito es explorar el terreno en lugar de formar estructuras de ideas. Se realiza en un ambiente laboral, en donde los participantes se animan a pensar fuera de la caja

⁷³ Ibid. p. 35.

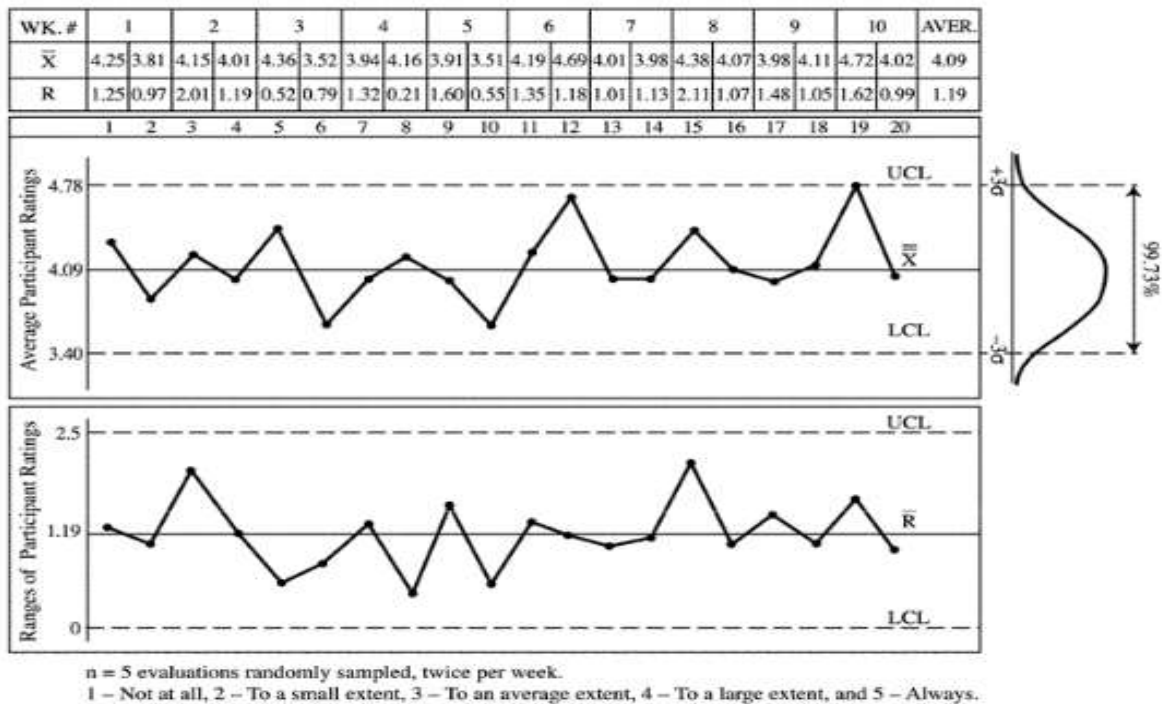
y ejercer acciones para la mejora. El objetivo es generar tantas ideas como sea posible sin evaluarlas.

- b. Ejecución de Planes de Acción:** Una parte importante en la metodología Lean Six Sigma son los planes de acción, su preparación es el desarrollo detallado de unas acciones o actividades, que están dirigidas a la prevención de eventos imprevistos, así como a una reducción del tiempo de respuesta después de la ocurrencia de tales eventos.

5. CONTROLAR

- a. Diagramas de Control:** El Diagrama de Control es una herramienta que define la voz del proceso que queremos monitorear, controlar o mejorar con el tiempo. Comienza con un gráfico de series de tiempo, que agregamos a la línea central como ubicación visual para los cambios o tendencias más exigentes, y los límites de control superior e inferior equidistante en ambos lados de la línea central

Figura 13. Modelo de Diagramas de Control en la Fase CONTROLAR



Fuente. SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 45. [consultado: 15, mayo, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>

Las líneas en el Gráfico de Control proporcionan puntos de referencia que utilizamos para decidir si el proceso se comporta bien o no. Cuando un gráfico de control muestra series de tiempo que permanecen dentro de los límites, sin una tendencia aparente, ni secuencias largas de puntos por encima o por debajo de la línea central, se dice que el proceso se comporta bien y está en control. “Tal proceso es predecible, consistente y estable en el tiempo”⁷⁴.

⁷⁴ Ibid. p. 45.

5. CONCLUSIONES

Por medio del análisis de entorno interno y externo, se encontró que las multinacionales colombianas que se dedican a la fabricación de productos plásticos se encuentran a la Defensiva en factores internos como la fuerza financiera y las ventajas competitivas además de factores externos como la estabilidad ambiental y la fortaleza industrial, donde en un mercado tan competitivo la alta dirección considera los indicadores claves del desempeño donde se analiza la operación para los resultados previstos, y oportunidades de mejora que se puedan establecer como planes de acción.

Tras la identificación de los indicadores claves de desempeño, se realizó una visita a una de las multinacionales colombianas, donde se analizó los procesos de Extrusión de lámina PET y Termoformado, obteniendo una lista de chequeo que evidencia las variables críticas para los indicadores internos de la organización, mediante la caracterización y mapeo de los procesos, planteándose un árbol de pérdidas de los aspectos para tener en consideración que pueden afectar a los factores claves de desempeño.

Por medio de bases de datos se recopiló información sobre el Lean Six Sigma, en lo referente a como se ha abordado el tema en un rango de tiempo de 10 años hacia atrás, tomando como principio de investigación el modelo exploratorio cualitativo, puesto que se basa en la recopilación y exploración de información de tipo académico, abarcando artículos de revista, libros, casos de estudio y ponencias, donde se realizó el análisis categorial y bibliométrico, con el cual se identificó los diversos autores y revistas que investigaron sobre el tema en procesos productivos en la fabricación de productos plásticos.

En los casos de estudio, se encontró empresas manufactureras en la actualidad que adoptaron como herramienta de mejora continua la metodología Lean Six Sigma como respuesta a la reducción de desperdicio en los procesos, llevando así cambios positivos en el ambiente económico, donde los avances de implementación de la metodología se llevan con mayor celeridad en la parte oriental de Asia en países como Japon, China, Taiwan e India.

Se realizó una propuesta de implementación y aplicación del Lean Six Sigma en procesos de fabricación de productos plásticos en multinacionales colombianas, por medio de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), siguiendo herramientas estadísticas pertinentes combinando algunos aspectos relevantes soportados en una cultura de mejora Kaizen y el liderazgo de la alta dirección enfocado a la mejora continua.

6. RECOMENDACIONES

Indagar y profundizar en las herramientas del Lean Six Sigma expuestas en la presente investigación, con el fin de determinar los métodos estadísticos y de mejora Kaizen que más se adecuen a la realidad de los procesos, permitiendo que la implementación de la metodología de mejora logre satisfacer las necesidades y expectativas de todas las partes interesadas.

A partir del estudio realizado se encontró que el éxito en la implementación de Lean Six Sigma en las multinacionales colombianas dedicadas a la fabricación de productos de plástico, depende de la difusión de conocimientos en herramientas estadísticas y también de la disposición y compromiso de las partes interesadas, que son los encargados de liderar tal cambio de cultura dentro de la organización, motivando y aproando a cada uno de los empleados en todos los niveles de acoger una nueva metodología de mejora continua de los procesos, dando beneficios en la competitividad en el mercado, ofreciendo productos con calidad superior, cumpliendo con los todos los requisitos y expectativas postuladas por los clientes.

Para mejorar el desempeño de la implementación Guía Metodología para la aplicación de Lean Six Sigma en Procesos de Fabricación de Productos Plásticos para Multinacionales Colombianas se recomienda adquirir un software para el desarrollo de las técnicas estadísticas descritas a lo largo de la presente investigación. Los cuales fortalecerán el control de los procesos y el monitoreo constante por medio de indicadores de gestión, lo cual se verá reflejado en la disminución de los costos operativos de la compañía.

Para el adecuado funcionamiento de la metodología de mejora Lean Six Sigma en las multinacionales colombianas que se dedican a la fabricación de productos plásticos, se debe comenzar un programa de reforzamiento del compromiso, tanto de los empleados como de la Alta Dirección por medio planes de capacitación que simplifiquen la comprensión de los métodos y herramientas llevadas a cabo en los procesos productivos de la organización.

REFERENCIAS

AMAR, Kifayah y DAVIS, Douglas. A Review of Six Sigma Implementation Frameworks and Related Literature. En: Revista de Investigación [Ebsco Host]. Vol. 1, Nro. 1, p.1562. 2008. ISSN 1302-3284. [consultado: 19, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2098/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=11&sid=fbf64fc4-88d5-491c-8151-e7767638e3cd%40sessionmgr7>.

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 838. (23, marzo, 2009). por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2009. No. 838. p. 1-19.

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1140. (07, mayo, 2003). Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con el tema de las unidades de almacenamiento, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2003. No. 1140. p. 1-3.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1259. (19, diciembre, 2009). Por Medio de la Cual se instaure en el territorio Nacional la aplicación del comparendo Ambiental a los infractores de las Normas de Aseo, Limpieza y Recolección de Escombros; y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2008. No. 47208. p. 1-8.

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1505. (06, junio, 2003). Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2003. No. 1505. p. 1.

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 1713. (06, agosto, 2002). Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2002. No. 1716. p. 1-55.

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 3678. (04, octubre, 2010). Por el cual se establecen los criterios para la imposición de las sanciones consagradas en el artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2010. No. 3678. p. 1-6.

COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 3695. (25, septiembre, 2009). Por medio del cual se reglamenta la Ley 1259 de 2008 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2009. No. 3695. p. 1-7.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1333. (21, julio, 2009). Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2009. No. 47413. p. 1-28.

CORTES, Héctor; et al. Strategic Lean Management: Integration of operational Performance Indicators for strategic Lean management. En: Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 49 Nro. 12. p. 68. 2016. ISSN 2405-8963. [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii>.

COSTA, T.; SILVA, F. y PINTO FERREIRA, L. Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. En: Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 13. Nro. 1. p. 1105. 2017. ISSN 2351-9789. [consultado: 17, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S2351978917308090>.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA – DANE. Estadística de Competitividad Industrial. [sitio web]. Bogotá D.C., CO. Sec. Estadística. 22, febrero, 2018. Hoja Plásticos. [consultado 25, abril, 2019]. Archivo en Excel. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/estadisticas-de-competitividad-industrial>.

DROHOMERETSKI, Everton, et.al. Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. Revista de Investigación [Ebsco Host]. Vol. 52, Nro. 3. p. 810. 2014. ISSN 0020-7543. . [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2098/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=17&sid=fbf64fc488d5491c8151e7767638e3cd%40sessionmgr4007>.

ERTÜRK, Muzaffer; TUERDI, Maimaitiaili y WUJIABUDULA, Aihemaituoheti. The effects of six sigma approach on business performance: A study of white goods (home appliances) sector in Turkey. En: Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 229 Nro. 1. p. 445. 2016. ISSN 1877-0428. [consultado 14, abril, 2019]. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S1877042816310898>.

FIRUZAN, Ali Rıza; ALPAYKUT, Süleyman y GERGER, Atakan. Yalin Alti Sigma Projeleri İçin Kritik Başari Faktörleri. Revista de Investigación [Ebsco Host]. Vol. 14, Nro. 4. p. 68. 2012. ISSN 1302-3284. [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2098/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=14&sid=fbf64fc4-88d5-491c-8151-e7767638e3cd%40sessionmgr4007>.

GARCÉS MUÑOZ, Luis Alfredo. Mejoramiento de la Productividad de la línea de Extrusión de la empresa CEDAL, empleando la metodología “Six Sigma”. [En línea].

Tesis de Maestría. Escuela Politécnica Nacional. Quito: 2016. [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16888>.

HERRERA ACOSTA, Roberto José y FONTALVO HERRERA, Tomas José. Seis Sigma: Un Enfoque Práctico. Madrid: Corporación para la gestión del conocimiento ASD 2000. 2011. p 6. ISSN 9789589973714. [consultado: 20, abril, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3200977>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistema de Gestión de la Calidad Fundamentos y Vocabulario. NTC-ISO 9000. Bogotá D.C.: El Instituto, 2005. p. 13.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN-ICONTEC-Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. NTC-ISO 9001. Bogotá D.C. El Instituto, 2015. p. iii.

INDRAWATI, Sri; RIDWANSYAH, Muhammad. Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. En Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 4. Nro. 1. p. 529. 2015. ISSN 2351-9789. [consultado 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S2351978915011889>.

JUNG-LANG, Cheng. Improving Inventory Performance Through Lean Six Sigma Approaches. Revista de Investigación [Ebsco Host]. Vol. 16, Nro. 3, p. 28. 2012. ISSN 0972-6888. . [consultado 20, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <http://ezproxy.uamerica.edu.co:2098/ehost/detail/detail?vid=3&sid=fbf64fc4-88d5-491c-8151-e7767638e3cd%40sessionmgr4007&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=86374313&db=a9h>.

LIEPIŅA, Raimonda; LAPIŅA, Inga y MAZĀIS, Jānis. Contemporary Issues of Quality Management: Relationship between Conformity Assessment and Quality Management. En: Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 110. Nro 1. p. 632. 2016. ISSN 1877-0428. [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281305547X>.

MEHTA, BR Reddy. Project Lifecycle Benefits: Applying Foundation Fieldbus. [en línea]. Austin, TX 2016: ISA. p. 277. [consultado: 20, abril, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TY2A/applying-foundation-fieldbus/protected-investment>.

MEMBRADO MARTÍNEZ, Joaquín. Metodologías avanzadas para la planificación y mejora. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. 2013. p 133. ISSN

9788499696638.[consultado: 20, abril, 2019]. Libro en línea. Disponible en:<https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3220031>.

MINISTERIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Sector Plástico: Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo. En: República de Colombia. [sitio web]. Bogotá: Ministerio Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. [consultado 13, abril, 2019]. p. 23. Archivo en PDF. Disponible en:

<https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/guias-ambientales-sector-plc3a1sticos.pdf>.

NASSEREDDINE, Abdallah y WEHBE, Ali. Competition and resilience: Lean manufacturing in the plastic industry in Lebanon. En: Revista de Investigación [Science Direct]. Vol. 13, Nro. 2), p. 14. [consultado 22, abril, 2019]. 2018. ISSN 2214-4625. Archivo PDF. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S221446251830149X>.

PANDE, Peter; NEUMAN Robert y CAVANAGH, Roland. Las claves de seis sigma: la implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial. Madrid: McGraw-Hill España. 2002. p 92. ISSN 9788448179014. [consultado: 19, abril, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=3194768>.

SANZ BELTRÁN, Jaime. Guía Para Una Gestión Basada En Procesos. Sevilla: Centro Andaluz para la Excelencia en la Gestión. Sevilla, España. IAT 2009. p. 20. Citado por: BELTRAN, Juan Propuesta para Implementación de la Gestión Por Procesos en un Laboratorio Dental de acuerdo con la Norma NTC – ISO 9001:2015. Bogotá: Ediciones Universidad de América, 2017. p.22.

SNEE, Ronald Lean Six Sigma – getting better all the time. En Revista de Investigación [Emerald Insight]. Vol 1. Nro. 1. p. 11. 2010. ISSN 2040-4166. [consultado: 18, abril, 2019]. Archivo PDF. Disponible en: <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/20401461011033130>.

SOCCONINI, Luis. Certificación Lean six sigma yellow belt: para la excelencia en los negocios. Barcelona: Marge Books. 2015. p. 12. [consultado: 20, abril, 2019]. Libro en línea. Disponible en: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0113TX35/applying-foundationfieldbus/project-lifecycle-benefits>.

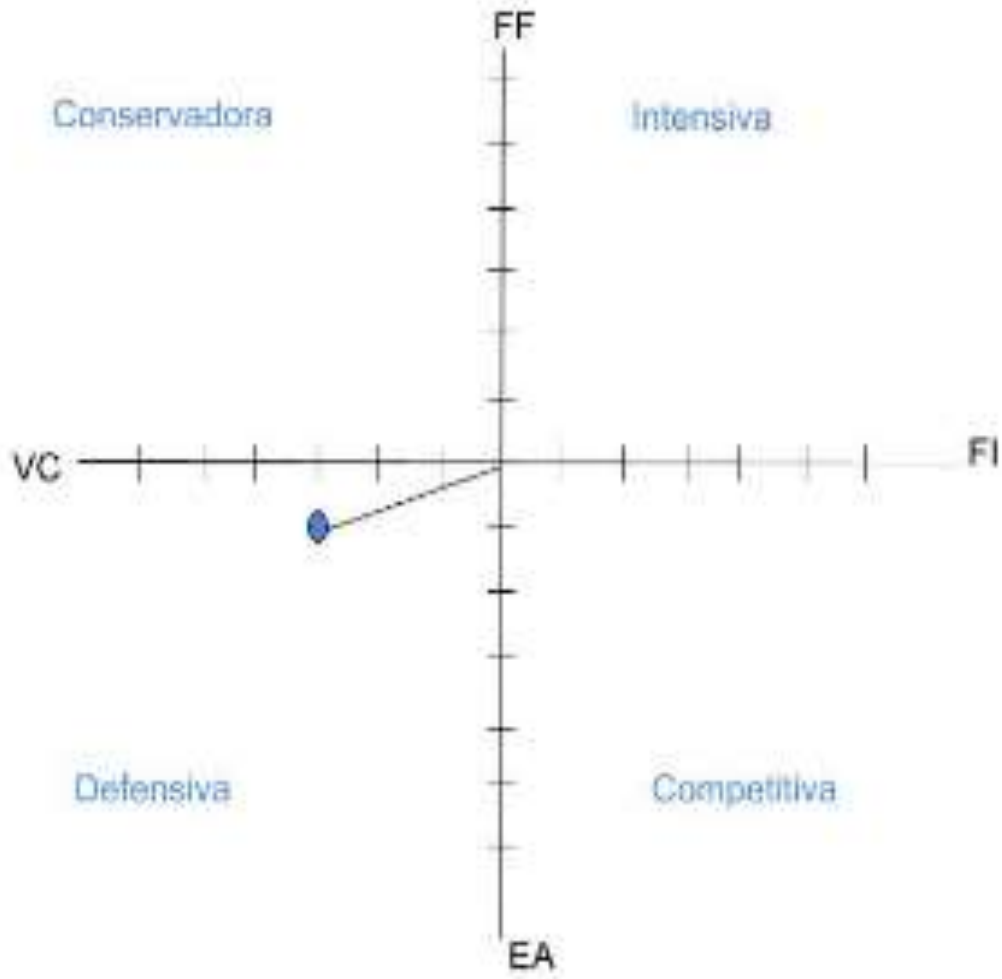
SWAIN, Ajaya.; CAO, Qing. y GARDNER, William. Six sigma success: Looking through authentic leadership and behavioral integrity theoretical lenses. En: Revista de Investigación [Science Direct]., Vol.5 Nro 1. p.122. 2018 ISSN 2214-7160. [consultado 13, abril, 2019]. Archivo en PDF. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2119/science/article/pii/S2214716018300058>

ANEXOS

Anexo A.
Matriz PEEA (GRAN ESTRATEGIA) del Sector Plástico en el Entorno Interno y Externo.

MATRIZ PEEA			
Fuerza Financiera (FF)		Fortaleza Industrial (FI)	
Variable	Puntaje	Variable	Puntaje
Aumento del 19% de la reforma tributaria produce caídas entre el 2% y 3% en la industria de productos plásticos	-2	El avance en tecnología accesible ha fortalecido la eficiencia	4
La razón de liquidez de la empresa es de 1.53%	3	Precios de la energía para el sector han aumentado	-6
Tendencia de ingresos operativos totales negativa (-4.7%)	-4	Potencial de crecimiento	-3
Porcentaje de apalancamiento bastante alto (234.8%)	-1	Estabilidad financiera	1
TOTAL	-1	TOTAL	-1
Ventajas Competitivas (VC)		Estabilidad Ambiental (EA)	
Variable	Puntaje	Variable	Puntaje
La participación en el mercado	6	Variación demanda	-2
El producto es reconocido por su calidad	4	Barreras de entrada al mercado	5
La fidelización de clientes	-4	Los cambios tecnológicos para el sector de negocios de la empresa	-2
Ciclo de vida del producto	2	Inestabilidad política del país	-1
TOTAL	2	TOTAL	0

Anexo B.
Gráfico de Matriz PEEA (GRAN ESTRATEGIA) del Sector Plástico en el Entorno interno y externo.



Anexo C.
Lista De Chequeo Con Las Variables Críticas Para Los Indicadores Claves De Desempeño.

MATRIZ DE VARIABLES CRITICAS PARA LA CALIDAD DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE LAMINAS PET	
Variables	Porcentaje de Incidencia
Contaminación por Puntos Negros	40.00%
Presencia de Rayas Notorias	10.00%
Lamina Repisada	10.00%
Presencia de Piel de Naranja	5.00%
Espesores Fuera de Especificación	20.00%
Presentación de Perforaciones	10.00%
Adhesión de Manchas de Silicona	5.00%

MATRIZ DE VARIABLES CRITICAS PARA LA CALIDAD DEL PROCESO DE TERMOFORMADO PET	
Variables	Porcentaje de Incidencia
Contaminación por Puntos Negros	40.00%
Presencia de Rayas Notorias	10.00%
Peso del Producto Fuera de Especificaciones	20.00%
Espesores de Esquina Fuera de Especificaciones	10.00%
Compresión por Debajo de Especificaciones	5.00%
Bisagra no Definida y Mal Formada	5.00%
Formación Mal Definida	5.00%
Ajuste Funcional de la Tapa Inadecuadamente	5.00%

Anexo D. Caracterización de los Procesos de Extrusión y Termoformado de PET.

CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO				
PROCESO	PRODUCCIÓN DE LAMINA RIGIDA PET			
SUBPROCESO	DE SEMBOBINADO, TERMOFORMADO, ALIMENTACIÓN DE MATERIALES, EXTRUSIÓN, EMBOBINADO			
RESPONSABLE	Dirigir: Gerente de Operaciones Controlar: Jefe de Producción/Supervisor de Producción. Ejecutar: Técnico / Operarios líder de producción /Ayudantes de producción.			
OBJETIVO	Fabricar lamina rigida de Polietileno tereftalato que satisfagan los requerimientos de nuestros clientes, minimizando impactos ambientales, preservando la seguridad y salud de los trabajadores			
ALCANCE	El proceso inicia desde la recepción de la orden de producción, programación, hasta entregar la producción a Almacenamiento de Producto Terminado, a Termoformado Rigido o Termoformado Presión, seguimiento a los Indicadores y definición de acciones correctivas y/o preventivas para la mejora continua			
REQUISITOS	ISO 9001:2008: 4.2; 6.2; 7.1; 7.4.2; 7.4.3; 7.5; 7.6; 8.2.3 y 8.2.4; 8.3; 8.4 y 8.5. BPF: RESOLUCION 683, 4143 de 2012 AMBIENTE: Decreto 4741 de 2005 y NTC-GTC-24.			
PROVEEDOR	ENTRADAS	PLANEAR	SALIDAS	CLIENTE
Ventas, Planeación de la Producción, Gerencia, Mantenimiento y Asseguramiento Metrologico, Almacenamiento de Materias Primas y Material de empaque, Compoms, Control de Calidad, Gestión Integral, Almacén, Recursos Humanos	Máquinas, equipos e instalaciones, Personal, Componentes, Especificaciones, Fichas Técnicas, Planeación Estratégica, Plan/Programa de Producción, Plan de Calidad, Materias Primas, Material de Empaque, Insumos al-freídos y Procedimientos de proceso, Solicitud desarrollo de nuevos productos, Procedimientos del sistema de calidad, Ambiente, Inocuidad, Seguridad y Salud, Estado de Aspectos Ambientales Significativos, Panorama de Riesgos y Programa de Salud Utilidades: Agua, Aire, Energía	Programa de producción de acuerdo a planeación de la producción requerimiento NIP, Insumos a Bodega, requerimiento de Personal, Equipos, Fichas, para elaboración del Plan de producción, Plan Presupuesto Definición de los procedimientos de Operaciones, Plan de Calidad por etapa, Planeación de aseguramiento metrologico, Especificaciones de NIP, NIE Definición de especificaciones del PT Plan de Capacitación Definición de los programas de Gestión de Inocuidad Definición de los programas de Gestión de Ambiente Identificación del panorama de riesgos y definición de los programas de seguridad de salud en el trabajo.	Producto Prens, fabricado con las especificaciones técnicas definidas, Ordenes de producción cumplidas, Programa de Producción ejecutado, resultados del proceso Scrap Estándar, Scrap no estándar, Scrap reprocesable, Aspectos ambientales significativos controlados, Riesgos controlados de accidentes e incidentes. Cumplimiento de las regulaciones.	Planeación de la Producción, Producción, Almacenamiento de Producto terminado, Despachos Gestión Operativa Gestión Integral
		HACER		
		Ejecución del Plan de producción. Controlar la calidad de los Productos en Proceso y Terminados. Poner en marcha el plan de producción tomando en cuenta la capacidad instalada y las fechas de compromiso con Planeación de Producción y Logística Realizar inspecciones de acuerdo al plan de calidad para verificar cumplimiento de especificaciones de finalida, con base en los métodos de finalida. Control del Producto no conforme en proceso y PT Ejecución de los programas de Gestión de Inocuidad. Ejecución de los programas de Gestión de Ambiente. Ejecución de los programas de SST (Seguridad y salud en el trabajo) Atención a los Reclamos: Análisis, Investigación y Respuesta. Realización de Capacitación al personal a cargo, de acuerdo al cronograma. Ejecución de Presupuesto planeado.		
		VERIFICAR		
		Seguimiento y medición al plan de calidad. Seguimiento al programa de producción Seguimiento a los planes de acción generados de las acciones de mejora Seguimiento y medición a la eficacia del proceso de control de calidad. Seguimiento y medición de la eficacia del plan de Asseguramiento e inocuidad. Seguimiento al cumplimiento del plan de aseguramiento metrologico Verificación interna de la confiabilidad de los equipos de medición. Verificación de cumplimiento de indicadores del proceso. Control de las variables del proceso.		
		ACTUAR		
		Acciones correctivas, Acciones Preventivas y Acciones de Mejoras detectadas en el proceso. Selección de la eficacia de los planes de acción implementados al proceso.		

Anexo D. (Continuación)

RECURSO HUMANO		RECURSOS FISICOS			
Gerente de planta		Máquinas, equipos e instalaciones			
Ingeniero de Producción		Equipos de medición de propiedades físico-químicas y reológicas.			
Técnico de Producción		Equipos de identificación de producto terminado.			
Operarios		Equipos de transporte de materiales			
Ayudantes de producción		Equipos de medición de disponibilidad, desempeño y OEE			
DOCUMENTACION ASOCIADA		REGISTROS			
Procedimientos de Operacionales - Plan de Calidad - Programa de Producción-Métodos de procesos , Perfiles de Operación ,		Formatos de control asociados a los procedimientos del proceso			
Procedimientos del Sistema de Calidad, Ambiente, Inocuidad, Seguridad y Salud, listado de Aspectos Ambientales Significativos, Estandares de seguridad Panorama de Riesgos y Programa de Salud		Ordens de produccion			
Procedimientos de Inspeccion y Ensayo.					
Manuales de Equipos					
Hojas de Vida de Equipos.					
Hojas de Seguridad					
INDICADORES					
NOMBRE	RELACION MATEMÁTICA	RESPONSABLE	META ANUAL	FRECUENCIA DE ANALISIS	OBJE TIVO
Producción					
OEE	$(\text{Disponibilidad} * \text{Desempeño} * \text{Calidad})$	Ingeniero de Producción		Mensual	
Costos					
Costo Directos \$/KG	$(\text{Costo Operativo}) / \text{Volumen de Producción}$	Ingeniero de Producción		Mensual	Disminuir los costos del producto para garantizar la competitividad y precios justos a nuestros clientes
Variación en \$	$\text{Consumo Actual} - \text{Consumo Estándar}$	Ingeniero de Producción		Mensual	Disminuir la variación del costo del producto terminado
Calidad					
Cantidad Reclamada	$\% (\text{Kg Reclamados} / \text{Kg Producidos}) * 100\%$	Ingeniero de Producción		Mensual	
Scrap					
Reducción Inventario Scrap Reprocesable	$(\text{Inventario Scrap Repro Periodo 1} - \text{Inventario Scrap Repro Periodo 2})$	Ingeniero de Producción		Mensual	Disminuir el inventario de SCRAP
Seguridad					
ILI	$ILI = (IFI) * (ISI) / 1,000,$ donde IFI = Accidentes incapacitantes*240,000/Horas Trabajadas ISI = Dias Incapacidad*240,000/Horas Trabajadas	Ingeniero de Producción		Mensual	
Recursos Humanos					
% Cumplimiento del Programa de Capacitación	$(\# \text{ Capacitaciones ejecutadas} / \# \text{ capacitaciones programadas}) * 100$	Ingeniero de Producción	100%	Mensual	Fortalecer la formación y liderazgo en todos los niveles de la organización para el crecimiento y desarrollo de los trabajadores.
Mejora Continua					
% Cumplimiento de acciones correctivas y preventivas	$(\text{No. Acciones Cumplidas} / (\text{No. Acciones Cumplidas} + \text{Vencidas})) * 100\%$	Ingeniero de Producción	100%	Mensual	Mejorar continuamente los procesos mediante el cumplimiento de las acciones correctivas y preventivas.

Anexo D. (Continuación)

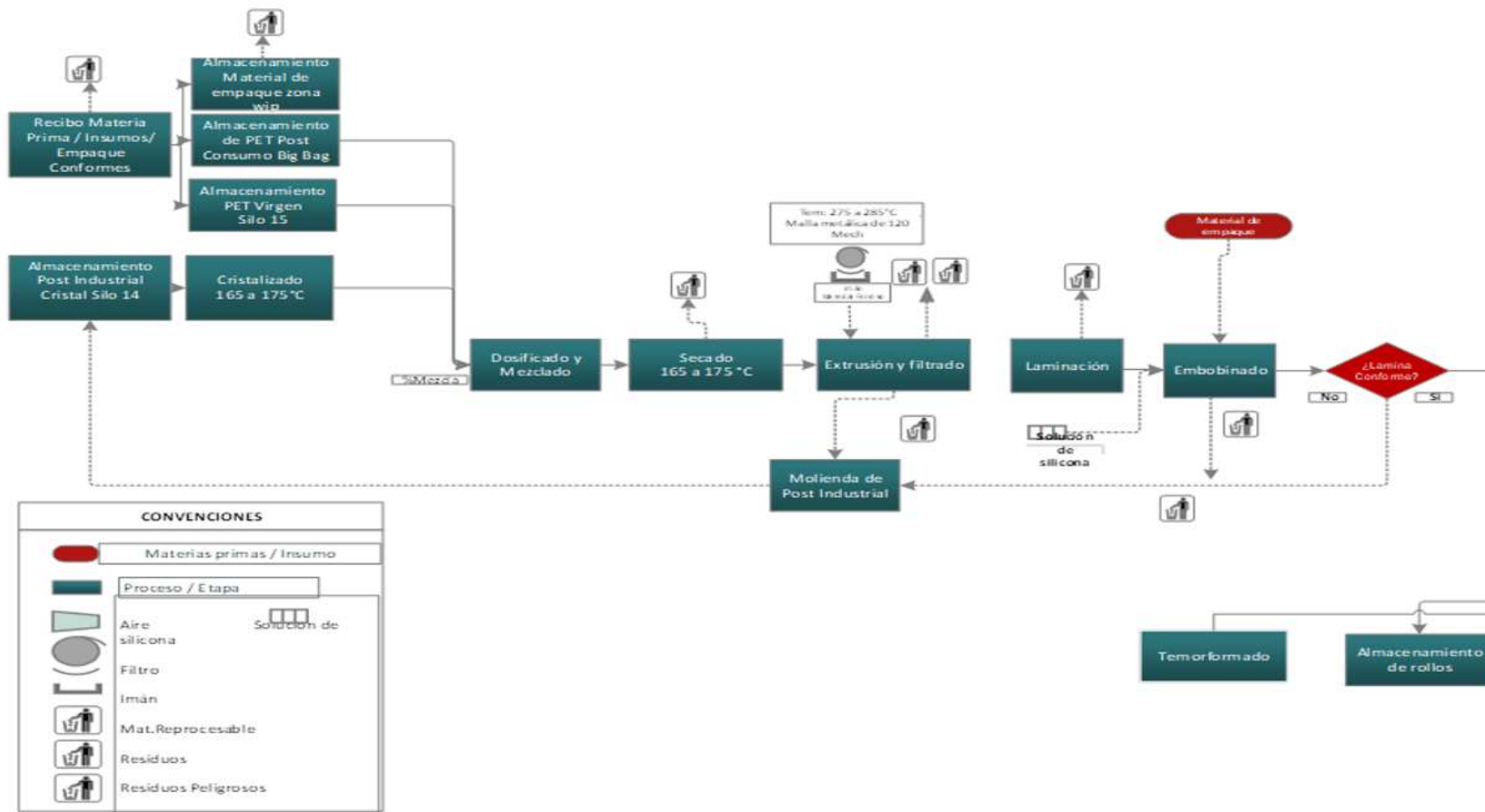
CARACTERIZACION DEL PROCESO	
PROCESO	PRODUCCIÓN DE CONTENEDOR SELLO PLUS
SUBPROCESO	DESEMBOBINADO, TERMOFORMADO, ALIMENTACIÓN DE MATERIALES, EXTRUSIÓN, EMBOBINADO
RESPONSABLE	Dirigir: Gerente de Operaciones Controlar: Jefe de Producción/Supervisor de Producción. Ejecutar: Técnico / Operarios líder de producción /Ayudantes de producción.
OBJETIVO	Fabricar Contenedores Sello Plus que satisfagan los requerimientos de nuestros clientes, minimizando impactos ambientales, preservando la seguridad y salud de los trabajadores
ALCANCE	El proceso inicia desde la recepción de la orden de producción, programación, hasta entregar la producción a Almacenamiento de Producto Terminado a Despachos, seguimiento a los Indicadores y definición de acciones correctivas y/o preventivas para la mejora continua
REQUISITOS	ISO 9001:2008: 4.2; 6.2; 7.1; 7.4.2;7.4.3; 7.5; 7.6; 8.2.3 y8.2.4; 8.3; 8.4 y8.5. BPF: RESOLUCION 683, 4143 de 2012 AMBIENTE: Decreto 4741 de 2005 y NTC-GTC-24.

PROVEEDOR	ENTRADAS	PLANEAR	SALIDAS	CLIENTE
Verdad, Planeación de la Producción, Garantía, Mantenimiento y aseguramiento Metrologico, Almacenamiento de Suministros Primas y Material de empaque, Compensación, Control de Calidad, Gestión Integral, Almacén, Recursos Humanos.	Máquinas, equipos e instalaciones, Personal Compuesto, Especificaciones, Fichas Técnicas, Planeación Estratégica, Plan Programa de Producción, Plan de Calidad, Suministros Primas, Material de Empaque, Insumos, Métodos y Procedimientos de proceso, Solución desarrollo de nuevos productos, Procedimientos del sistema de calidad, Ambiente, Inocuidad, Seguridad y Salud, Estado de Aspectos Ambientales Significativos, Papanoma de Riesgos y Programa de Salud	Programa de producción de acuerdo a planeación de la producción requerimiento N.P. Insumos a Bodega, requerimiento de Personal, Equipos, Fichas, para elaboración del Plan de producción, Plan Presupuesto Definición de los procedimientos de Operaciones, Plan de Calidad por etapa, Planeación de aseguramiento metrologico, Especificaciones de N.P, N.IE Definición de especificaciones del PT Plan de Capacitación Definición de los programas de Gestión de Inocuidad Definición de los programas de Gestión de Ambiente Identificación del programa de riesgos y definición de los programas de acciones de salud en el trabajo.	Producto Prens, fabricado con las especificaciones técnicas definidas, Ordenes de producción cumplidas, Programa de Producción ejecutado, resultados del proceso Scrap Estándar, Scrap no estándar, Scrap reprocesable, Scrap no reprocesable, Aspectos ambientales significativos controlados, Riesgos controlados de accidentes e incidentes, Cumplimiento de las regulaciones.	Planeación de la Producción, Producción, Almacenamiento de Producto Terminado, Despachos Gestión General, Gestión Integral
		HACER		
		Ejecución del Plan de producción. Controlar la calidad de los Productos en Proceso y Terminados. Poner en marcha el plan de producción teniendo en cuenta la capacidad instalada y las fechas de compromiso con Planeación de Producción y Logística Realizar inspecciones de acuerdo al plan de calidad para verificar cumplimiento de especificaciones de calidad, con base en los métodos de datos. Control del Producto no conforme en proceso y PT Ejecución de los programas de Gestión de Inocuidad. Ejecución de los programas de Gestión de Ambiente. Ejecución de los programas de SST (Seguridad y salud en el trabajo) Atención a los Reclamos: Análisis, Investigación y Respuesta. Realización de Capacitación al personal a cargo, de acuerdo al cronograma. Ejecución de Presupuesto planeado.		
		VERIFICAR		
		Seguimiento y medición al plan de calidad Seguimiento al programa de producción Seguimiento a los planes de acción generados de las acciones de mejora Seguimiento y medición a la eficacia del proceso de control de calidad. Seguimiento y medición de la eficacia del plan de Ambiente e inocuidad. Seguimiento al cumplimiento del plan de aseguramiento metrologico Verificación interna de la confiabilidad de los equipos de medición. Verificación de cumplimiento de indicadores del proceso Control de las variables del proceso		
		ACTUAR		
		Acciones correctivas, Acciones Preventivas y Acciones de Mejoras detectadas en el proceso. Definición de la eficacia de los planes de acción inherentes al proceso.		

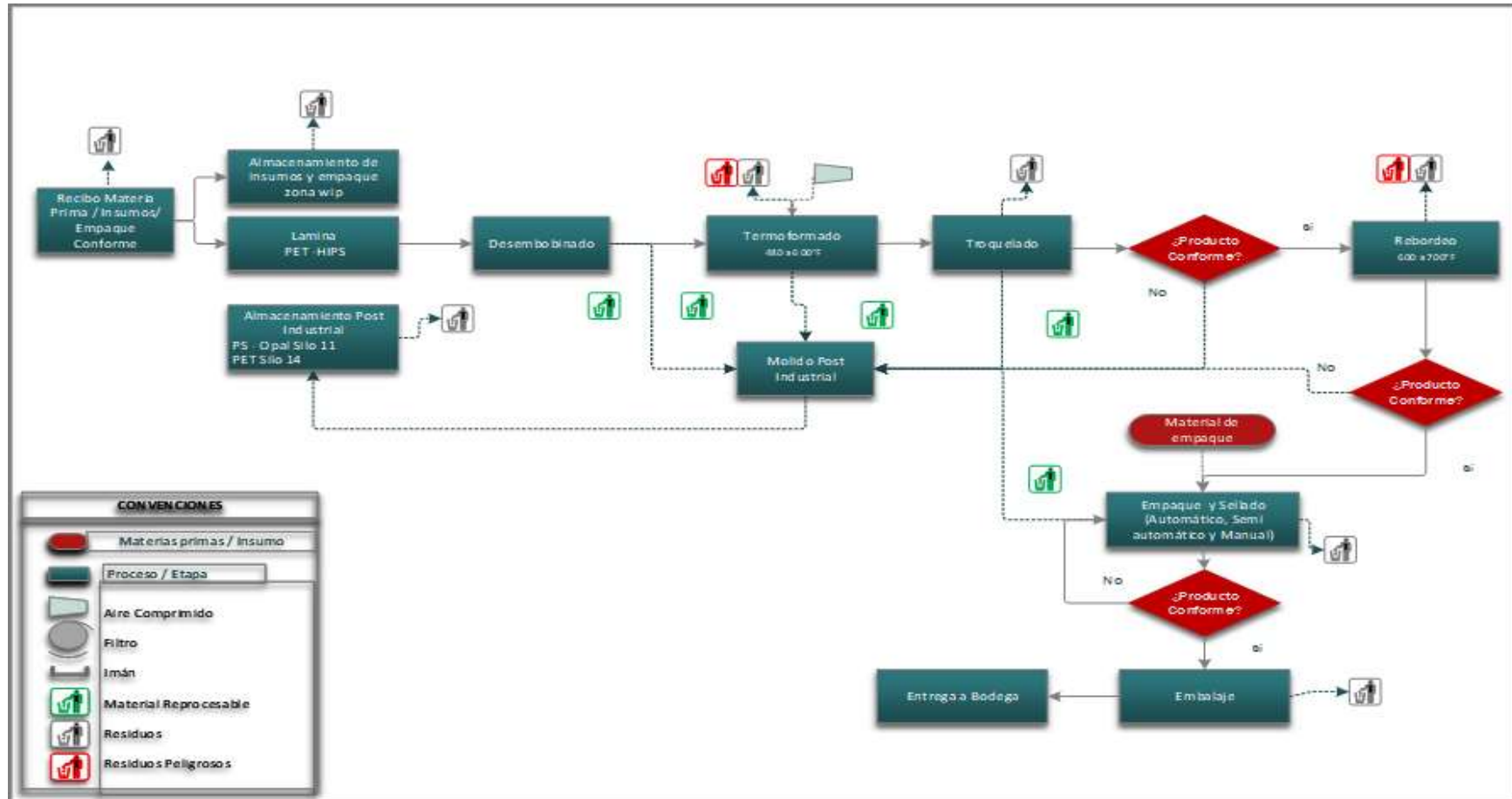
Anexo D. (Continuación)

RECURSO HUMANO		RECURSOS FISICOS			
Gerente de planta		Máquinas, equipos e instalaciones			
Ingeniero de Produccion		Equipos de medicion de propiedades físico-químicas y reológicas.			
Técnico de Produccion		Equipos de identificación de producto terminado.			
Operarios		Equipos de transporte de materiales			
Ayudantes de producción		Equipos de medición de disponibilidad, de desempeño y OEE			
DOCUMENTACION ASOCIADA		REGISTROS			
Procedimientos de Operacionales - Plan de Calidad - Programa de Produccion-Métodos de procesos , Perfiles de Operación ,		Formatos de control asociados a los procedimientos del proceso			
Procedimientos del Sistema de Calidad, Ambiente, Inocuidad, Seguridad y Salud, listado de Aspectos Ambientales Significativos, Estandares de seguridad Panorama de Riesgos y Programa de Salud		Ordenes de producción			
Procedimientos de Inspeccion y Ensayo.					
Manuales de Equipos					
Hojas de Vida de Equipos.					
Hojas de Seguridad					
INDICADORES					
NOMBRE	RELACION MATEMÁTICA	RESPONSABLE	META ANUAL	FRECUENCIA DE ANALISIS	OBJETIVO
Producción					
OEE	$(\text{Disponibilidad} * \text{Desempeño} * \text{Calidad})$	Ingeniero de Produccion		Mensual	
Costos					
Costo Directos \$/KG	$(\text{Costo Operativo}) / \text{Volumen de Producción}$	Ingeniero de Produccion		Mensual	Disminuir los costos del producto para garantizar la competitividad y precios justos a nuestros clientes
Variación en \$	$\text{Consumo Actual} - \text{Consumo Estándar}$	Ingeniero de Produccion		Mensual	Disminuir la variación del costo del producto terminado
Calidad					
Cantidad Reclamada	$\% (\text{Kg Reclamados} / \text{Kg Producidos}) * 100\%$	Ingeniero de Produccion		Mensual	
Scrap					
Reducción Inventario Scrap Reprocesable	$(\text{Inventario Scrap Repro Periodo 1} - \text{Inventario Scrap Repro Periodo 2})$	Ingeniero de Produccion		Mensual	Disminuir el inventario de SCRAP
Seguridad					
ILI	$ILI = (IFI) * (ISI) / 1,000,$ donde IFI = Accidentes incapacitantes*240,000/Horas Trabajadas ISI = Dias Incapacidad*240,000/Horas Trabajadas	Ingeniero de Produccion		Mensual	
Recursos Humanos					
% Cumplimiento del Programa de Capacitación	$(\# \text{ Capacitaciones ejecutadas} / \# \text{ capacitaciones programadas}) * 100$	Ingeniero de Produccion	100%	Mensual	Fortalecer la formación y liderazgo en todos los niveles de la organización para el crecimiento y desarrollo de los trabajadores.
Mejora Continua					
% Cumplimiento de acciones correctivas y preventivas	$(\text{No. Acciones Cumplidas} / (\text{No. Acciones Cumplidas} + \text{Vencidas})) * 100\%$	Ingeniero de Produccion	100%	Mensual	Mejorar continuamente los procesos mediante el cumplimiento de las acciones correctivas y preventivas.

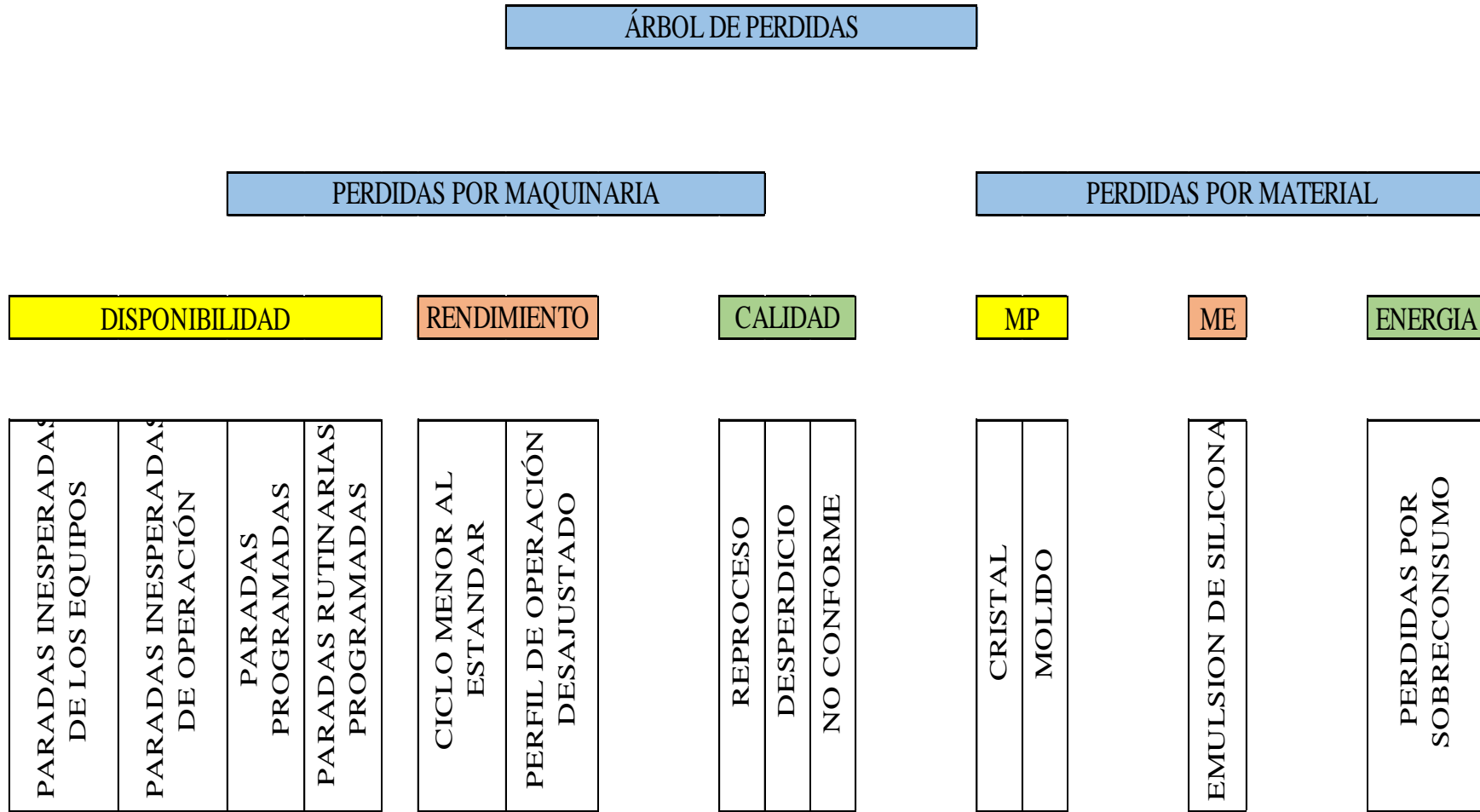
Anexo E. Mapa de Proceso de Extrusión y Termoformado PET.



Anexo E. (Continuación)



**Anexo F.
Árbol de Perdidas en Extrusión y Termoformado PET**



Anexo G.
Matriz De Inventarios De Documentos Asociados Al Lean Six Sigma En La Industria De Los Plásticos

Número de Reseña	Tipo de Documento	Fuente	Nombre del Documento	Autor (es)	Referencia del Documento	Idioma	Categoría
1	Artículo de Investigación	SCOPUS	Critical success factors of Lean Six Sigma practices on business performance in Malaysia	N N Kader Ali, C W Choong and K Jayaraman	(Kader Ali, Choong, & Jayaraman, 2016)	Ingles	2
2	Caso de Estudio	SCOPUS	An in-depth investigation on quality management practices in China	R H Niu, Y Fan	(Niu & Fan, 2015)	Ingles	2
3	Caso de Estudio	SCOPUS	Academic leadership and Lean Six Sigma: A novel approach to systematic literature review using design of experiments	S Anthony, J Antony	(Anthony & Antony, 2016)	Ingles	2
4	Artículo de Investigación	SCOPUS	Minimization of rejection rate using lean six sigma tool in medium scale manufacturing industry	S Nallusamy, R Nivedha, E Subash, V Venkadesh, S Vignesh and P Vinoth Kumar	(Nallusamy et al., 2018)	Ingles	2
5	Artículo de Investigación	SCOPUS	Reducing medication errors using LSS Methodology: A systematic literature review and key findings	Y Trakulsunti, J Antony, A Ghadge and S Gupta	(Trakulsunti, Antony, Ghadge, & Gupta, 2018)	Ingles	3
6	Artículo de Investigación	SCOPUS	POYSS: A model for integrating Poka-Yoke technique with Six Sigma concept	M Vinod, S R Devadasan, D T Sunil, V M M Thilak and R Murugesli	(Vinod, Devadasan, Sunil, Thilak, & Murugesli, 2017)	Ingles	2

Anexo G. (Continuación)

Número de Reseña	Tipo de Documento	Fuente	Nombre del Documento	Autor (es)	Referencia del Documento	Idioma	Categoría
7	Artículo de Investigación	SCOPUS	Development of a six-sigma and TQM integration model for business excellence	S M Saad, M Khamkham	(Saad & Khamkham, 2017)	Ingles	3
8	Documento de Conferencia	SCOPUS	Toward a decision support tool for selecting engineering design methodologies	J W Giambalvo, J K Vance and S Hoffenson	(Giambalvo, Vance, & Hoffenson, 2017)	Ingles	3
9	Artículo de Investigación	SCOPUS	Achieving aggressive goals through Lean Six Sigma: A case study to improve revenue collection	A Deithorn, J V Kovach	(Deithorn & Kovach, 2018)	Ingles	3
10	Caso de Estudio	SCOPUS	Lean Six Sigma meets data science: Integrating two approaches based on three case studies	I M Zwetsloot, A Kuiper, T S Akkerhuis and H de Koning	(Zwetsloot, Kuiper, Akkerhuis, & de Koning, 2018)	Ingles	1
11	Artículo de Investigación	EMERALD INSIGHT	Integrating the Balanced Scorecard with Six Sigma	Colm Heavey, Eamonn Murphy	(Heavey & Murphy, 2012)	Ingles	2
12	Caso de Estudio	EMERALD INSIGHT	The Kano model: identification of handbook attributes to learn in practice	Michal Szymczak, Krzysztof Kowal	(Szymczak & Kowal, 2016)	Ingles	1
13	Caso de Estudio	EMERALD INSIGHT	TQM implementation: a case of a mining company in Ghana	Ernest Boateng-Okrah, Appiah Fening Fred	(Ernest Boateng-Okrah & Fred, 2012)	Ingles	2

Anexo G. (Continuación)

Número de Reseña	Tipo de Documento	Fuente	Nombre del Documento	Autor (es)	Referencia del Documento	Idioma	Categoría
14	Caso de Estudio	EMERALD INSIGHT	Implementing Six Sigma via TQM improvement: an empirical study in Taiwan	Jung-Lang Cheng	(Jung-Lang Cheng, 2008)	Ingles	1
15	Artículo de Investigación	EMERALD INSIGHT	Six Sigma quality: a structured review and implications for future research	Gamal Aboehmaged Mohamed	(Mohamed, 2010)	Ingles	2
16	Artículo de Investigación	EMERALD INSIGHT	Similarities and differences between TQM, six sigma and lean	Roy Andersson, Henrik Eriksson and Håkan Torstensson	(Andersson, Eriksson, & Håkan Torstensson, 2008)	Ingles	2
17	Artículo de Investigación	EMERALD INSIGHT	Japanese total quality control, TQM, Deming's system of profound knowledge, BPR, Lean and Six Sigma: Comparison and discussion	Andrea Chiarini	(Chiarini, 2011)	Ingles	1
18	Artículo de Investigación	EMERALD INSIGHT	The integration of lean management and Six Sigma	Edward D Arnheiter, John Maleyeff	(Arnheiter & Maleyeff 2009)	Ingles	2
19	Artículo de Investigación	EMERALD INSIGHT	Lean, six sigma and lean sigma: fads or real process improvement methods?	Dag Näshund	(Dag Näshund, 2008)	Ingles	1 y 2
20	Caso de Estudio	EMERALD INSIGHT	Lean Six Sigma applications in the textile industry: a case study	Dede Adikorley Ruth, Lori Rothenberg and Aaron Guillory	(Ruth, Rothenberg, & Guillory, 2017)	Ingles	1

Anexo G. (Continuación)

Número de Reseña	Tipo de Documento	Fuente	Nombre del Documento	Autor (es)	Referencia del Documento	Idioma	Categoría
21	Artículo de Investigación	EMERALD INSIGHT	Integration of Lean Six-Sigma with ISO 9001:2008 standard	S Karthi, S.R. Devadasan and R Murugesh	(Karthi, S.R. Devadasan, & Murugesh, 2011)	Ingles	2
22	Artículo de Investigación	EMERALD INSIGHT	Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow	Jiju Antony, Ronald Snee and Roger Hoerl	(Antony, Snee, & Hoerl, 2017)	Ingles	2
23	Artículo de Investigación	EMERALD INSIGHT	Employees factors importance in Lean Six Sigma concept	Spasojevic Brkic Vesna, Branislav Tomic	(Vesna & Tomic, 2016)	Ingles	2
24	Caso de Estudio	EBSCO HOST	Statistical Process Control for Monitoring Nonlinear Profiles: A Six Sigma Project on Curing Process	Shing I Chang, Tzong-Ru Tsai, Dennis K J Lin, Shih-Hsiung Chou and Yu-Siang Lin	(Chang, Tsai, Lin, Chou, & Lin, 2012)	Ingles	1
25	Caso de Estudio	EBSCO HOST	A Proposal for Six Sigma Integration for Large-Scale Production of Penicillin G and Subsequent Conversion to 6-APA	Anirban Nandi, Sharadwata Pan, Ravichandra Potumarthi, Michael K Danquah and Indira P Sarethy	(Nandi, Pan, Potumarthi, Danquah, & Sarethy, 2014)	Ingles	1
26	Artículo de Investigación	EBSCO HOST	Design of experiments and environmental improvement: Applying a six sigma toolset	George J Besseris	(Besseris, 2010)	Ingles	2

Anexo G. (Continuación)

Número de Reseña	Tipo de Documento	Fuente	Nombre del Documento	Autor (es)	Referencia del Documento	Idioma	Categoría
27	Artículo de Investigación	EBSCO HOST	Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy	Everton Drohomeretski, da Costa Gouvea, de Lima Pinheiro and Paula Andrea da Rosa Garbuio	(Drohomeretski, Gouvea, Pinheiro, & Garbuio, Paula Andrea da Rosa, 2014)	Ingles	2
28	Artículo de Investigación	EBSCO HOST	A NEW ALTERNATIVE OF IMPROVING WATER QUALITY CONSUMPTION INDICATORS USING CURRENT STATISTICAL APPROACH SIX SIGMA (6s)	ION DURBACA, ELENA-FLORENTINA RADU and ADRIAN-COSTIN DURBACA	(DURBACA, RADU, & DURBACA, 2015)	Ingles	2
29	Artículo de Investigación	EBSCO HOST	A study on the improvements of new product development procedure performance-an application of design for Six Sigma in a semi-conductor equipment manufacturer	Y T Jou, C H Chen, C H Hwang, W T Lin and S J Huang	(Jou, Chen, Hwang, Lin, & Huang, 2010)	Ingles	2
30	Caso de Estudio	EBSCO HOST	Six Sigma Implementation by Indian Manufacturing Smes - an Empirical Study	A Raghunath, R V Jayathirtha	(Raghunath & Jayathirtha, 2014)	Ingles	1
31	Caso de Estudio	EBSCO HOST	Success Factors for Six Sigma Implementation in Slovenian Manufacturing Companies	D Gosnik, N Vujica-Herzog	(Gosnik & Vujica-Herzog, 2010)	Ingles	1

Anexo G. (Continuación)

Número de Reseña	Tipo de Documento	Fuente	Nombre del Documento	Autor (es)	Referencia del Documento	Idioma	Categoría
32	Artículo de Investigación	EBSCO HOST	Quality management in heavy duty manufacturing industry: TQM vs. Six Sigma	Ehsan Sabet, Elisabeth Adams and Baback Yazdani	(Sabet, Adams, & Yazdani, 2016)	Ingles	2
33	Artículo de Investigación	EBSCO HOST	The Practical Side of Lean Six Sigma: Implementation and Sustainment of a Culture of Continuous Improvement	Regina Dixon, Seth Fargen	(Dixon & Fargen, 2017)	Ingles	2
34	Artículo de Investigación	EBSCO HOST	Lean Six Sigma: Saving More Than Just Money	Steven J Minkin	(Minkin, 2017)	Ingles	2
35	Artículo de Investigación	EBSCO HOST	Time for Lean Six Sigma 2.0? Quality improvement must adopt a new paradigm to respond to today's challenges	Ron Snee, Roger Hoerl	(R. Snee & Hoerl, 2017)	Ingles	2
36	Artículo de Investigación	EBSCO HOST	The Effects of Supply Chain Strategies on Supply Chain Performance of Malaysian Manufacturing Companies with Moderation of Six Sigma and Lean Production	Ahmad Jafarnejad, Amir Samar Rokhi, Amir Kargar Soltan Abad, Sam Khoury and Kouroush Jenab	(Jafarnejad, Rokhi, Soltan Abad, Khoury, & Jenab, 2017)	Ingles	2
37	Artículo de Investigación	EBSCO HOST	Improving Inventory Performance Through Lean Six Sigma Approaches	Jung-Lang Cheng	(Jung-Lang Cheng, 2017)	Ingles	2

Anexo G. (Continuación)

Número de Reseña	Tipo de Documento	Fuente	Nombre del Documento	Autor (es)	Referencia del Documento	Idioma	Categoría
38	Caso de Estudio	SCIENCE DIRECT	Quality improvement in the chemical process industry using Six Sigma technique	Minjin Kim, Young-Hak Lee, In-Su Han and Chonghun Han	(Kim, Lee, Han, & Han, 2009)	Ingles	1
39	Artículo de Investigación	SCIENCE DIRECT	Intelligent integrated plant operation system for Six Sigma	Chonghun Han, Young-Hak Lee	(Han & Lee, 2012)	Ingles	2
40	Artículo de Investigación	SCIENCE DIRECT	Contemporary Issues of Quality Management: Relationship between Conformity Assessment and Quality Management	Raimonda Liepiņa, Inga Lapiņa and Jānis Mazais	(Liepiņa, Lapiņa, & Mazais, 2014)	Ingles	2
41	Caso de Estudio	SCIENCE DIRECT	Reliability Improvement for TSR Machine of Banbury Mixer using Plant Optimization Process	R U Lomte, S P Bhosle, P M Ambad and R A Gaikwad	(Lomte, Bhosle, Ambad, & Gaikwad, 2018)	Ingles	1
42	Caso de Estudio	SCIENCE DIRECT	Implementation Analysis of Lean Sigma in IT Applications. A Multinational Oil Company Experience in Brazil	Fernando Filardi, Debora Berti and Valter Moreno	(Filardi, Berti, & Moreno, 2015)	Ingles	1
43	Artículo de Investigación	SCIENCE DIRECT	Optimization of Manufacturing System through World Class Manufacturing	F De Felice, A Petrillo	(De Felice & Petrillo, 2015)	Ingles	2

Anexo G. (Continuación)

Número de Reseña	Tipo de Documento	Fuente	Nombre del Documento	Autor (es)	Referencia del Documento	Idioma	Categoría
44	Artículo de Investigación	SCIENCE DIRECT	Integration of Ergonomics and Lean Six Sigma. A Model Proposal	Isabel L Nunes	(Nunes, 2015)	Ingles	2
45	Caso de Estudio	SCIENCE DIRECT	Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application	Sri Indrawati, Muhammad Ridwansyah	(Indrawati & Ridwansyah, 2015)	Ingles	1
46	Artículo de Investigación	SCIENCE DIRECT	The Importance of Leadership in Driving a Strategic Lean Six Sigma Management	Rodica Pamfilie, Andreea Jenica Petcu (Draghici) and Mihai Draghici	(Pamfilie, (Draghici), & Draghici, 2012)	Ingles	2
47	Caso de Estudio	SCIENCE DIRECT	Integration of green lean approach with six sigma: an application for flue gas emissions	Muhittin Sagnak, Yigit Kazancoglu	(Sagnak & Kazancoglu, 2016)	Ingles	1
48	Artículo de Investigación	SCIENCE DIRECT	A comparative exploration of lean manufacturing and six sigma in terms of their critical success factors	Ibrahim Alhuraish, Christian Robledo and Abdessamad Kobi	(Alhuraish, Robledo, & Kobi, 2017)	Ingles	2
49	Artículo de Investigación	GOOGLE ACADEMICO	Selection of Six Sigma key ingredients (KIs) in Korean companies	Hyun Cho Ji, Hoon Lee Jae, Geun Ahn Dong and Soon Jang Joong	(Ji, Jae, Dong, & Joong, 2011)	Ingles	2

Anexo G. (Continuación)

Número de Reseña	Tipo de Documento	Fuente	Nombre del Documento	Autor (es)	Referencia del Documento	Idioma	Categoría
50	Artículo de Investigación	GOOGLE ACADÉMICO	On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation	U Dinesh Kumar, David Nowicki, José Emmanuel Ramírez-Márquez and Dinesh Verma	(Kumar, Nowicki, Ramírez-Márquez, & Verma, 2008)	Ingles	2
51	Caso de Estudio	GOOGLE ACADÉMICO	Improving energy efficiency in a naphtha reforming plant using Six Sigma methodology	R González Falcón, D Velázquez Alonso, L M Gallego Fernández and Luis Pérez-Lombard	(Falcón, Alonso, Fernández, & Pérez-Lombard, 2012)	Ingles	1
52	Artículo de Investigación	GOOGLE ACADÉMICO	A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma	John Hilton Roger, Anrik Sohal	(Roger & Sohal, 2012)	Ingles	2
53	Artículo de Investigación	GOOGLE ACADÉMICO	Lean Six Sigma – getting better all the time	Ronald D Snee	(R. D. Snee, 2010)	Ingles	2
54	Caso de Estudio	GOOGLE ACADÉMICO	Applying lean six sigma in a small engineering company – a model for change	Andrew Thomas, Richard Barton and Chiamaka Chuke-Okafor	(Thomas, Barton, & Chiamaka Chuke-Okafor, 2008)	Ingles	1
55	Artículo de Investigación	VIRTUAL PRO	Lean seis sigma: una nueva filosofía de producción	Fernández García, R.	(Fernández, 2008)	Español	2