

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

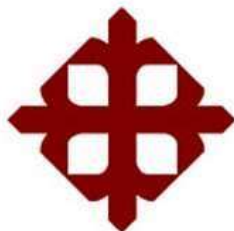
**TEMA:  
ESTUDIO DE CASO PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA  
DEL SCRAP EN LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE  
PELETIZADO DE PLÁSTICOS INDUSTRIALES C.A.**

**AUTOR:  
YÉPEZ VERA GIOVANNY RAPHAEL**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO:  
MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS**

**TUTOR:  
ING. JOSÉ PÉREZ VILLAMAR, MGS.**

**Guayaquil, Ecuador  
2019**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESA**

### **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el **ING. GIOVANNY RAPHAEL YÉPEZ VERA**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **Magister en Administración de Empresas**.

**DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Ing. José Pérez Villamar, Mgs.

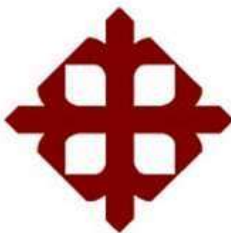
**REVISORA**

Ing. Elsie Zerda Barreno, Mgs

**DIRECTORA DEL PROGRAMA**

Econ. María del Carmen Lapo Maza, PhD.

**Guayaquil, 20 de septiembre del 2019**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Giovanni Raphael Yépez Vera**

**DECLARO QUE:**

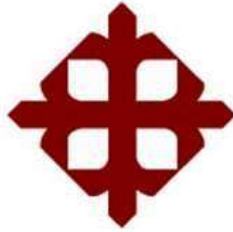
El Proyecto de Investigación: “**Estudio de caso para determinar la incidencia del scrap en la productividad del área de peletizado de Plásticos Industriales C.A.**”, previa a la obtención del **Grado Académico de Maestría en Administración de Empresas**, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de investigación del Grado Académico en mención.

**Guayaquil, 20 de septiembre del 2019**

**EL AUTOR**

**Ing. Giovanni Raphael Yépez Vera**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESA**

## **AUTORIZACIÓN**

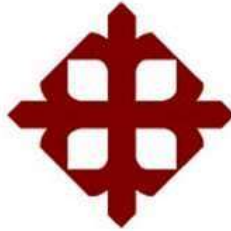
Yo, Giovanni Raphael Yépez Vera

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del **Proyecto de Investigación de Maestría en Administración de Empresas** titulada: **Estudio de caso para determinar la incidencia del scrap en la productividad del área de peletizado de Plásticos Industriales C.A.**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, 20 de septiembre del 2019**

**EL AUTOR:**

**Ing. Giovanni Raphael Yépez Vera**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESA**

## **REPORTE URKUND**



### Urkund Analysis Result

|                    |   |
|--------------------|---|
| Analysed Document: | TESIS URKUND Giovanni Yépez 2019-09-10.docx (D55448008) |
| Submitted:         | 10/09/2019 15:45:00                                     |
| Submitted By:      | yepzveragiovannyrafael@hotmail.com                      |
| Significance:      | 1 %   |

Sources included in the report:

740b09e2-4d9f-43e0-bd64-f2dedfcf8340

Instances where selected sources appear:

2

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por sobre todas las cosas por haberme permitido llegar a culminar esta etapa académica de mi vida, agradezco a mis padres guerreros incansables de la vida, agradezco a mi familia por su apoyo siempre incondicional, agradezco a mis hijos por su paciencia, agradezco a mi esposa compañera de mis días y de las largas batallas y agradezco a todo el equipo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por la guía otorgada en el presente trabajo de investigación y en especial a mi tutor el Ing. José Pérez Villamar, Mgs.

**Ing. Giovanni Yépez**

## **DEDICATORIA**

Dedico el siguiente trabajo a mis padres, mi esposa, mis hijos y a todos los que desde el cielo me guían día a día.

**Ing. Giovanni Yépez**

# Índice general

## Contenido

|  |       |
|--|-------|
| Agradecimiento .....                                   | VI    |
| Dedicatoria .....                                      | VII   |
| Índice de figuras .....                                | XIII  |
| Resumen .....  | XVII  |
| Abstract .....   | XVIII |
| Introducción .....                                     | 2     |
| Antecedentes .....                                     | 5     |
| Planteamiento del Problema.....                        | 6     |
| Formulación del Problema .....                         | 8     |
| Delimitación del Problema.....                         | 8     |
| Justificación de la Investigación .....                | 8     |
| Pregunta de investigación .....                        | 10    |
| Identificación de Variables Variable Dependiente ..... | 10    |
| Variable Independiente .....                           | 11    |
| Objetivo General .....                                 | 11    |
| Objetivos Específico .....                             | 11    |
| Capítulo I Marco Teórico.....                          | 12    |
| Productividad .....                                    | 12    |
| Concepto de productividad .....                        | 13    |
| Teoría de la productividad .....                       | 14    |
| Representación matemática de la productividad.....     | 15    |
| Scrap.....   | 16    |



|   |    |
|---|----|
| Concepto de scrap .....                     | 17 |
| Six Sigma .....                             | 18 |
| Origen de Six Sigma .....                   | 18 |
| Concepto de Six Sigma .....                 | 19 |
| Etapas de Six Sigma.....                    | 20 |
| Diagrama SIPOC.....                         | 22 |
| Concepto y origen de SIPOC .....            | 22 |
| Componentes del SIPOC .....                 | 23 |
| Diagrama Ishikawa Origen .....              | 25 |
| Concepto .....                              | 26 |
| Usos del Diagrama Causa – Efecto.....       | 27 |
| Beneficios del Diagrama Causa – Efecto..... | 28 |
| Diagramas de series de tiempo.....          | 29 |
| Técnica de los cinco porqués .....          | 31 |
| Marco Conceptual .....                      | 32 |
| Capítulo II Marco Referencial .....         | 34 |
| Descripción de la Empresa.....              | 39 |
| Misión .....                                | 40 |
| Visión.....                                 | 41 |
| Valores Corporativos Integridad.....        | 41 |
| Responsabilidad .....                       | 41 |
| Respeto.....                                | 41 |
| Solidaridad .....                           | 42 |
| Transparencia y honradez .....              | 42 |
| Políticas Empresariales .....               | 42 |

|  |    |
|--|----|
| Estructura Organizacional.....                                 | 43 |
| Organización del Área.....                                     | 43 |
| Cargos y Descripciones.....                                    | 44 |
| Estadísticas de producción y scrap.....                        | 45 |
| Marco Legal .....  | 46 |
| Constitución de la República .....                             | 47 |
| Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones ..... | 47 |
| Plan Nacional de Desarrollo .....                              | 48 |
| Capítulo III Metodología y resultados .....                    | 49 |
| Diseño de la investigación .....                               | 49 |
| Alcance de la investigación.....                               | 50 |
| Variables de la Investigación .....                            | 51 |
| • Variable dependiente.....                                    | 51 |
| • Variable independiente:.....                                 | 51 |
| Tipo de investigación .....                                    | 51 |
| Método .....   | 52 |
| Técnica de la investigación .....                              | 56 |
| Población y Muestra.....                                       | 56 |
| Levantamiento de la información.....                           | 57 |
| Análisis de Resultados .....                                   | 57 |
| Fase Definición .....  | 58 |
| Fase Medición .....  | 62 |
| Fase Análisis .....  | 69 |
| Hallazgos de la investigación.....                             | 82 |
| Capítulo IV Propuesta.....                                     | 84 |

|   |     |
|---|-----|
| Justificación de la Propuesta .....   | 84  |
| Plan de acción. Restablecer condiciones básicas .....   | 85  |
| Fase Mejora .....   | 87  |
| Implementación y Generar Soluciones .....   | 87  |
| Prueba Experimental de Implementación de Soluciones Alternativas de Soluciones .....  | 91  |
| Creación y divulgación del nuevo procedimiento de cambio de mallas .....  | 93  |
| Fabricación de una plantilla con la medida adecuada para cortar las mallas .....  | 94  |
| Propuesta de instructivo de trabajo con especificaciones técnicas del proceso de peletizado. (Generación de scrap por producir fórmulas de polietileno) ..... | 100 |
| Condiciones de Máquina Peletizadora .....   | 108 |
| Nuevo beneficio económico del proyecto .....  | 111 |
| Fase control .....  | 111 |
| Propuesta de Instructivo para arranque de peletizadora en planta inyección .....  | 113 |
| • ALCANCE .....   | 113 |
| • RESPONSABILIDADES .....   | 113 |
| • DEFINICIONES .....  | 113 |
| Seguridades: .....  | 118 |
| Línea del tiempo año 2018 .....   | 123 |
| Conclusiones .....  | 124 |
| Recomendaciones .....   | 125 |
| Referencias Bibliográficas .....  | 126 |
| <b>APENDICE A. ÁRBOL DE PROBLEMAS</b> .....   | 133 |
| <b>DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN</b> .....   | 136 |

## Índice de tablas

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1. <i>Evolución del % scrap de peletizado en Plásticos Industriales C.A. 2016</i><br>.....   | 45  |
| Tabla 2. <i>Cálculo de la reducción de Scrap de peletizado en PICA.</i> .....  | 61  |
| Tabla 3. <i>Título del proyecto: elevado nivel de scrap en el área de peletizado.</i> .....  | 61  |
| Tabla 4. <i>Plan de recolección de datos</i> .....   | 63  |
| Tabla 5. <i>Informe del operador de peletizado</i> .....   | 64  |
| Tabla 6. <i>Matriz causa y efecto</i> .....  | 70  |
| Tabla 7. <i>Matriz causa y efecto generación de Scrap por producir fórmulas con<br/>materiales contaminados por proceso de mezcla.</i> ..... | 72  |
| Tabla 8. <i>Matriz causa y efecto generación de Scrap por fuga de material por<br/>cabezales en mal estado.</i> .....                        | 73  |
| Tabla 9. <i>Plan de verificación de causas.</i> .....  | 74  |
| Tabla 10. <i>Técnica 5W2H.</i> .....   | 85  |
| Tabla 11. <i>Matriz de causas y soluciones.</i> .....  | 88  |
| Tabla 12. <i>Matriz de ponderación</i> .....   | 90  |
| Tabla 13. <i>Condiciones de máquina</i> .....  | 108 |
| Tabla 14. <i>Registro</i> .....  | 109 |
| Tabla 15. <i>Beneficio económico del proyecto</i> .....  | 112 |
| Tabla 16. <i>Plan de control mejora</i> .....  | 113 |
| Tabla 17. <i>Serie de tiempo del Scrap de Peletizado del 2018.</i> .....   | 122 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Diseño del Diagrama SIPOC. ....  | 24 |
| Figura 2. Diseño del Diagrama Causa – Efecto. ....   | 27 |
| Figura 3. Estructura Organizacional Plásticos Industriales C.A. ....   | 43 |
| Figura 5 .Diagrama de serie de tiempo del % scrap de peletizado ....   | 46 |
| Figura 4. Diagrama SIPOC de Plásticos Industriales C.A. ....   | 59 |
| Figura 6. Factor de estratificación a medir.....   | 62 |
| Figura 7. Diagrama de Caja % Scrap vs. Día de la Semana ....   | 65 |
| Figura 8. Diagrama de Caja % Scrap Vs Máquina Peletizadora.....  | 66 |
| Figura. 9. Diagrama de Caja % Scrap Vs Artículos Producidos.....   | 66 |
| Figura 10. Diagrama de Caja % Scrap Vs Experiencia del Operador.....   | 67 |
| Figura 11. Diagrama de Caja % Scrap Vs Turno de Producción. ....   | 68 |
| Figura 12. Diagrama Ishikawa generación de Scrap al producir fórmulas con Carbonato de Ca.....                               | 70 |
| Figura 13. Diagrama Ishikawa generación de Scrap al producir fórmulas con Materiales Contaminados por proceso de Mezcla..... | 71 |
| Figura 14. Diagrama Ishikawa generación de Scrap por Fugas de Material por cabezales en mal Estado.....                      | 73 |
| Figura 15. Verificación de causa raíz de scrap por fórmula con 40% de carbonato de calcio. ....                              | 75 |
| Figura 16. Verificación de causa raíz de scrap por producción de fórmulas con polietileno.....                               | 75 |
| Figura 17. Verificación de causa raíz de scrap por desgaste del cabezal de la peletizadora ....                              | 76 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 18. Verificación de causa raíz de scrap por producción con material recogido del piso. .... | 77  |
| Figura 19. Verificación de causa raíz de scrap por cabezal de peletizadora en mal estado.....      | 78  |
| Figura 20. Verificación de causas raíces.....  | 79  |
| Figura 21. Generación de Scrap al Producir Fórmulas con Carbonato de Calcio.                       | 80  |
| Figura 22. Generación de Scrap al Producir Fórmulas con Polietileno. ....                          | 81  |
| Figura 23. Continúo Taponamiento de Malla en las Peletizadoras.....                                | 81  |
| Figura 24. Desgaste en el Sello Mecánico del Cambiador de Mallas (Cabezal).                        | 82  |
| Figura 25. Planta de productos peletizados: Primera prueba .....                                   | 92  |
| Figura 26. Planta de productos peletizados: Segundo prueba.....                                    | 92  |
| Figura 27. Cambios de mallas de la peletizadora.....   | 93  |
| Figura 28. Fabricación de plantilla para cortes de mallas. ....                                    | 94  |
| Figura 29. Operador realizando el desplazamiento en el controlador.....                            | 95  |
| Figura 30. Operador alistándose con los utensilios para realizar el cambio. ....                   | 95  |
| Figura 31. Operador extrayendo la malla contaminada .....  | 96  |
| Figura 32. Malla contaminada extraída y expuesta al ambiente .....                                 | 96  |
| Figura 33. Operador colocando la malla nueva en el otro porta malla del cabezal.<br>.....          | 97  |
| Figura 34. Operador colocando la malla contaminada en el recipiente del proveedor de limpieza..... | 97  |
| Figura 35. Pruebas# 1: implementación de posibles soluciones. ....                                 | 98  |
| Figura 36. Pruebas# 2: implementación de posibles soluciones. ....                                 | 99  |
| Figura 37. . Pruebas# 3: para implementación de posibles soluciones. ....                          | 100 |
| Figura 38. Zonas numeradas de derecha a izquierda .....  | 101 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 39. Mallas Mesh 24.....   | 102 |
| Figura 40. Recipiente para Filtros. ....                                     | 102 |
| Figura 41. Limpieza del porta filtro. ....                                   | 103 |
| Figura 42.Colocación de mallas en él porta filtro. ....                      | 103 |
| Figura 43. Colocación del material compuesto en tolva.....                   | 104 |
| Figura 44. Llaves de agua templada y helada .....                            | 104 |
| Figura 45. Switch para bandeja de tolva .....                                | 105 |
| Figura 46. Spaghetti. ....   | 106 |
| Figura 47. Rodillos del blower.....  | 106 |
| Figura 48. Unidad de corte.....  | 107 |
| Figura 49. Recolección del material.....                                     | 107 |
| Figura 50. Línea del tiempo 2016 vs. 2017 durante fase de experimentación... | 109 |
| Figura 51. Variabilidad de datos año base 2016. ....                         | 110 |
| Figura 52. Variabilidad de datos año 2017. ....                              | 110 |
| Figura 53. Análisis de capacidad año base 2016.....                          | 111 |
| Figura 54. Análisis de capacidad año 2017.....                               | 111 |
| Figura 55. Actividades de control. ....                                      | 113 |
| Figura 56. Diagrama de áreas.....  | 114 |
| Figura 57. Zonas de temperaturas. ....                                       | 115 |
| Figura 58. Botones de emergencia. ....                                       | 115 |
| Figura 59. Control de velocidad.....   | 116 |
| Figura 60. Reguladores y switch de arranque .....                            | 116 |
| Figura 61. Cambio de mallas. ....  | 117 |
| Figura 62. Switch de arranque .....  | 117 |
| Figura 63. Tina. ....  | 118 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 64. Llaves de agua .....  | 118 |
| Figura 65. Resguardo de unidad de corte.....   | 119 |
| Figura 66. Plan de respuesta o reacción.....   | 120 |
| Figura 67. Estandarización de cambios.....   | 121 |
| Figura 68. Plan de respuesta o reacción.....   | 121 |
| Figura 69. Porcentaje Diagrama de serie de tiempo del Scrap de Peletizado del<br>2018..... | 123 |
| Figura 70. Porcentaje Diagrama de serie de tiempo del Scrap de Peletizado del<br>2018..... | 124 |



## **Resumen**

La presente investigación se planteó con el objetivo de determinar los factores que influyen en el incremento de nivel de Scrap del área de peletizado de la planta de Plásticos Industriales C.A. para proponer un plan de incremento de la productividad aplicando la herramienta Six Sigma. Se utilizó la metodología descriptiva, deductiva, cuantitativa, con aplicación de la metodología Six Sigma, cuyos resultados indicaron que durante las tres primeras fases de la herramienta Six Sigma. Entre los resultados, se determinó que las causas que ocasionan altos niveles de scrap en la planta de PICA , por encima del 5%, estuvieron asociadas a la producción de fórmulas con carbonato de calcio, presencia de material contaminado en la mezcla de materiales, fuga de materiales por cabezales en mal estado, taponamiento de mallas y desgaste de sellos mecánicos del cabezal de la peletizadora, el alto nivel de scrap se relaciona con pérdidas económicas que ascendieron a la suma de \$29.118,15 anuales. Se propuso ejecutar planes de mejora del proceso de peletizado, entre cuyas alternativas se planteó el reemplazo de la materia prima actual (polietileno), por materias primas que mantengan el performance del producto terminado, la creación del procedimiento de cambio de mallas y de sellos mecánicos del cabezal de la peletizadora, de modo que se pueda minimizar los niveles de scrap por debajo del 3,39%, En conclusión, la aplicación de Six Sigma contribuyó a reducir la pérdida y potenciar la productividad en la planta de peletizado de PICA.

**Palabras claves:** Scrap, productividad, Six Sigma, mejora, incremento.

## **Abstract**

The present investigation was raised with the objective of determining the factors that influence in the increase of level of Scrap of the area of pelleting of the plant of Industrial Plastics C.A. to propose a plan to increase productivity by applying the Six Sigma methodology. The descriptive, deductive and quantitative methodology was applied, with application of the Six Sigma methodology, whose results indicated that during the first three phases of the Six Sigma tool, they determined that the causes that cause high levels of scrap in the PICA plant, for over 5%, they were associated to the production of formulas with calcium carbonate, presence of contaminated material in the mixture of materials, leakage of materials by heads in poor condition, plugging of meshes and wear of mechanical seals of the head of the pelletizer, The high level of scrap is related to economic losses that amounted to \$ 29,118.15 annual. It was proposed to execute improvement plans for the pelleting process, among whose alternatives the replacement of the current raw material (polyethylene) was considered, for raw materials that maintain the performance of the finished product, the creation of the procedure of change of meshes and mechanical seals of the pellet head, so that scrap levels can be minimized below 3.39%. In conclusion, the application of Six Sigma helped reduce the loss and boost productivity in the PICA pelletizing plant.

**Keywords:** Scrap, productivity, Six Sigma, improvement, increase.

## **Introducción**

El presente estudio de investigación a desarrollarse, tiene estructurado cuatro capítulos, siendo la problemática existente la relación entre un elevado nivel de scrap en el área de peletizado lo cual se ve reflejado en el aumento del indicador de scrap y la disminución de la productividad de Kg de material peletizado, viéndose mermada la capacidad instalada, incrementando la contratación de manufactura externa de material peletizado.

La problemática de la investigación guarda relación con los altos niveles de scrap que se han presentado en la planta de producción de PICA, lo que no solo disminuye la capacidad instalada, sino que impacta en la reducción de la productividad y por lo tanto, incrementa los costos de producción de la planta de PICA.0

Varios estudios internacionales refuerzan el uso de la metodología Six Sigma, para la resolución de problemas derivados del scrap en las plantas de producción de productos plásticos, uno de ellos es de autoría de Hernández, Félix y Keith (2015) quienes comentaron que el origen fue de Singapur, donde se pudo evidenciar el caso de una planta de plástico que fue afectada por el scrap, con presencia de cuellos de botellas, que habían limitado la eficiencia (OEE) a 62%, por lo que al aplicar Six Sigma se redujo el scrap , impactando el crecimiento de la productividad de 62% a 67%, es decir, corroborando la importancia en el uso de esta herramienta.

En un estudio realizado en Italia por Chiarini (2015) relacionó que los altos costos generados por el scrap en la planta de productos plásticos, ocasionó un bajo nivel de eficiencia (OEE), propuso el Six Sigma como herramienta para la

reducción del tiempo y la minimización de los defectos, alcanzando como resultado, un incremento del 5% de la OEE de la planta (Chiarini, 2015).

Por esta razón, se planteó como objetivos de la investigación determinar los factores que ocasionan el incremento de nivel de Scrap del área de peletizado de la planta de Plásticos Industriales C.A. para proponer un plan de incremento de la productividad aplicando la metodología Six Sigma, iniciando con la revisión de la literatura sobre las variables, para luego diagnosticar las causas y consecuencias del problema del scrap, cuantificando monetariamente el mismo, con cuya base se planteará la propuesta de mejora del proceso de peletizado.

Se espera con ello, comprobar la hipótesis de que la reducción de nivel de Scrap del área de peletizado está directamente relacionado con el incremento de la productividad de la planta de Plásticos Industriales C.A., para con base en ello, aplicar la metodología Six Sigma, como una herramienta de gestión para la solución del problema.

En el Capítulo I se hace referencia al Marco Teórico donde se consideran las principales herramientas de la administración de empresas, identificando las conceptualizaciones de Six Sigma, el origen, las etapas, Diagrama SIPOC, Ishikawa, las cartas de control y la teoría de los cinco porqués, el marco conceptual donde se describen los conceptos de las variables, además se describe el marco legal haciendo referencia a la Carta Magna, Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones y el Plan Nacional de Desarrollo.

En el Capítulo II se hace referencia al Marco Referencial describiendo estudios relacionados con la Metodología Six Sigma, donde se pueden apreciar la evolución del objeto de estudio y de las variables que forman parte de un estudio cualquiera, para contar con las bases suficientes que puedan asegurar que se

soluciona la problemática en análisis, además de la situación actual del objetivo de estudio, misión y visión, los objetivos estratégicos y la estructura organizacional.

En el Capítulo III se describe la metodología utilizada en el estudio, identificando el diseño de la investigación que es de tipo no experimental, con modalidad de campo, los tipos de investigación utilizados fueron descriptiva y de campo, mediante el método deductivo y se aplicó la observación directa como técnica de la investigación.

En el Capítulo IV se revisará la propuesta del proyecto y se pondrá en evidencia paso a paso la práctica de la metodología Six Sigma aplicada al estudio, con las respectivas herramientas estadísticas.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones de la presente tesis, en base al cumplimiento de cada uno de los propósitos de la investigación y la óptica para las soluciones que aporten a la mejora de la situación conflictiva identificada.

## **Antecedentes**

En las empresas de plástico uno de los indicadores claves es la generación de desperdicio, los recursos que se emplean para producir producto en buen estado son los mismos que usamos cuando generamos Scrap. En plásticos Industriales C.A. se tiene dos maneras de generar desperdicio: por el proceso de Inyección y por el proceso de Peletizado el cual será objeto de nuestro estudio.

Las máquinas peletizadoras se encargan de transformar el scrap producido por la planta de Inyección y convertirlo en Pellets de materia prima para que puedan ser usados nuevamente en el proceso de Inyección.

Este proyecto nace debido al alto nivel de scrap producido en el proceso de peletizado alrededor del 6.15% anual, siendo este indicador la parte tangible del problema (Plásticos Industriales C. A., 2018), porque como en esta planta se genera parte de la materia prima que consume la planta de Inyección, sí las peletizadoras producen material de mala calidad el problema se pasa a la planta de Inyección detonando en que se produzcan productos no conformes o se generen inyecciones incompletas en otras palabras scrap. El scrap total de la planta se calcula entre el scrap producto del proceso de inyección y del scrap producido por el proceso de peletizado, siendo el scrap de inyección consecuencia del proceso de peletizado.

En el área de peletizado se mantiene controles de producción en donde el operador reporta los Kilogramos producidos pero se tiene deficiencia en los reportes de los desperdicios. La materia prima de las empresas plásticas ha aumentado de precio en los últimos años, por lo que se vuelve imperativo disminuir los desperdicios de materia prima, se ha considerado para este estudio

aplicar la metodología Six Sigma para resolver el problema del elevado nivel de Scrap del área de peletizado.

El proceso de peletizado tiene una alta variabilidad en sus indicadores, en el año 2016, presento niveles entre 7.9% y 3.39% (Plásticos Industriales C. A., 2018). La data recolectada muestra que ningún mes es parecido a otro mes, esta variabilidad indica que el proyecto es propicio para aplicar la metodología Six Sigma.

El orden y limpieza del área de peletizado es otro de los problemas que se analizará en esta investigación, actualmente los desperdicios generados por las peletizadoras se acumulan en el área, creando un ambiente poco agradable para trabajar, crean un impacto visual negativo del área, propicio para el desorden dificultando los controles de la producción.

La problemática del elevado nivel de Scrap generado en el área de peletizado de Plásticos Industriales C. A., fue causada por la deficiente clasificación del desperdicio, la contaminación de los materiales, las fórmulas con altos contenidos de polietileno, taponamientos continuos de los filtros de mallas, donde el bajo nivel de conocimiento y la mezcla de las materias primas con tierra, fueron las subcausas del fenómeno observado, que generó disminución de la capacidad instalada, de la KPI de la planta de inyección y aumento de los costos de producción.

### **Planteamiento del Problema**

En los últimos meses en la empresa Plásticos Industriales C.A. se ha encontrado deficiente clasificación de Scrap de la planta de inyección también se ha encontrado materiales recogido de piso a procesar contaminados con tierra, fórmulas a procesar con alto contenido de polietileno y continuos taponamientos

de las máquinas peletizadoras esto ocasiona como problema principal un elevado nivel de scrap en el área de peletizado lo cual se ve reflejado en el aumento del indicador de scrap, disminución de la capacidad instalada, incremento de contratación de manufactura externa de material peletizado, es por eso que en el presente trabajo de tesis se ha planteado como objetivo principal disminuir el scrap generado en el área de peletizado de la planta de Plásticos Industriales C.A.

El elevado nivel de scrap que se presentó en la planta de peletizado de la empresa Plásticos Industriales C.A., se estima que tiene asociación con algunas causas teóricas, entre las que se citan la deficiente clasificación del Scrap en la planta de inyección, lo que puede ser ocasionado por la limitada capacitación del personal que trabaja en esa área.

Pero además, existen otras causas que pueden estar generando esta problemática, como por ejemplo, la contaminación del material con tierra, especialmente cuando se trata de material reciclado, porque con material virgen es poco probable que ello ocurra.

Otra de las causas estimadas para la ocurrencia del problema puede estar relacionada con un alto porcentaje de polietileno en la fórmula del producto y el taponamiento continuo de los filtros, que puede ser causado cuando existe un elevado nivel de carbonato de calcio en la mezcla del producto.

Estas causas están relacionados con algunas consecuencias negativas que impactan de manera significativa en la productividad organizacional, reduciéndola, generando en primer lugar, un alto nivel de scrap en la planta, el cual fue manifestado como principal síntoma del problema planteado, en el primer párrafo de este subtema.



Además, esto genera como efecto, que no se pueda utilizar toda la capacidad instalada de las máquinas peletizadoras, perdiendo eficiencia las máquinas y reduciendo por lo tanto, la productividad de la planta de peletizado, como se ha palpado en esta área de la empresa, lo que a su vez impacta de manera negativa en la competitividad organizacional.

Los efectos inmediatos que pueden generarse como consecuencia de la problemática en mención, radica en la disminución de los KPI de la planta de inyección, lo que a su vez tiene asociación con el aumento de los costos de producción de la planta de inyección, es decir, que pueden inflarse los costos de elaboración del producto, lo que puede inclusive ser percibido de manera negativa por los clientes.

### **Formulación del Problema**

¿Cuál es la incidencia del scrap en la productividad del área de peletizado de Plásticos Industriales C.A.?

### **Delimitación del Problema**

El presente trabajo de investigación se dirige a los trabajadores del área de peletizado y mezclas de Plásticos Industriales C.A. al proceso de producción de peletizado así como a todos los procedimientos previos al proceso y por ende a las posibles soluciones que ayuden a resolver el alto nivel de desperdicio del área.

### **Justificación de la Investigación**

El trabajo investigativo presenta aborda la problemática del elevado nivel de Scrap generado en el área de peletizado de Plásticos Industriales C. A., para proponer mejoras que minimicen esta situación conflictiva, que conlleve al incremento de la capacidad instalada, de la KPI de la planta de inyección y a la disminución de los costos de producción.

Por este motivo, la presente investigación busca analizar la importancia de controlar el proceso de peletizado del área de mezclas y de encontrar las posibles causas que generan el alto desperdicio. El fin de esta investigación es determinar los factores de incidencia que incrementan el indicador de Scrap de peletizado y una vez realizado este análisis relacionarlo con el incremento de la productividad para producir Kg de materia prima en buen estado, no es un proyecto fácil ya que no se cuenta con datos que ayuden a realizar el estudio, pero parte de esta investigación es dejar levantados los datos de una manera sistematizada, de tal manera que cualquier funcionario que entre a la empresa, pueda tener acceso a la información y se pueda revisar en línea cómo van los indicadores.

El principal cliente del proceso de peletizado es la planta de Inyección de plásticos, al estar bajo control el proceso de peletizado, también estará bajo control el proceso de inyección.

El manejo de los recursos humanos y de maquinaria forma parte primordial de esta investigación, el área de estudio es una de las más conflictivas en la planta de Plásticos Industriales C.A. Desde el punto de vista ergonómico es un área de mucho trabajo físico, si bien es cierto la empresa se ha dedicado a mejorar las condiciones de trabajo de sus colaboradores, aún se realizan estudios e inversiones para automatizar esta área de la planta, el ciclo de mejora continua no se cierra y siempre habrán cosas que mejorar. Desde el punto de vista de maquinaria se realizan mejoras de acuerdo a los planes de mantenimiento previstos para mantener la maquinaria en buen estado.

Esta investigación impulsará las buenas prácticas de manufactura teniendo como meta la reducción de los desperdicios en el proceso de peletizado, así como

también la información recolectada servirá para replicar la gestión realizada en otras áreas de la empresa.

La empresa obtendrá beneficios tangibles con el plan de mejora propuesta en el proceso de peletizado, al minimizar sus costos y elevar sus indicadores de rentabilidad, como consecuencia del diagnóstico de la afectación del scrap y la aplicación de la metodología Six Sigma, además el profesional podrá describir su experiencia y fortalecer el cuerpo de teorías y trabajos de investigación realizados en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, siendo ello determinante para fortalecer la estabilidad laboral de los trabajadores de PICA y para el propio cliente que puede satisfacerse con productos de mejor calidad a mejores precios, es decir, que con la propuesta se mantiene la expectativa de bienestar en la sociedad local, en el plano económico.

Se incluye además, la línea de investigación de la maestría, que se refiere a la medición de la calidad del servicio y/o producto, que para el caso del presente estudio, hace referencia al producto más no al servicio, en este caso, a aquellos que son manufacturados en la planta de producción de PICA.

### **Pregunta de investigación**

- ¿Qué es el scrap?
- ¿Cómo influye el scrap en la productividad de la empresa?
- ¿Qué medidas deben tomarse para disminuir el scrap?

### **Identificación de Variables**

#### **Variable Dependiente**

Productividad.

## **Variable Independiente**

Nivel de Scrap en el área de Peletizado de la Planta de Plásticos Industriales C.A.

## **Objetivo General**

Determinar la incidencia del scrap en la productividad del área de peletizado de Plásticos Industriales C.A.

## **Objetivos Específico**

- Realizar la revisión de la literatura referente a las variables de Nivel de Scrap y productividad relacionadas con el presente proyecto, a través de la metodología Six Sigma.
- Describir a la empresa PICA mediante un análisis documental breve, que incluya los antecedentes investigativos relacionados con el problema del incremento del scrap y la afectación de la productividad organizacional.
- Determinar cuáles son los problemas que producen la generación de Scrap del área de Peletizado, a través del uso de la metodología cuantitativa y cualitativa, cuantificando económicamente esta situación conflictiva, así como validar si las causas analizadas de generación de Scrap son verificables, para que contribuyan al planteamiento posibles soluciones al problema de generación de Scrap.
- Proponer planes de mejora del proceso de peletizado a partir de los hallazgos obtenidos en la metodología Six Sigma, identificando las acciones a tomar para minimizar el Scrap en el proceso de peletizado.

# **Capítulo I**

## **Marco Teórico**

En el marco teórico de la presente investigación, se hace referencia a las variables del estudio, así como a las herramientas de la administración de empresas, que han sido utilizados en la presente investigación, para lograr el objetivo de disminuir el nivel de Scrap en el área de Peletizado de la planta de Plásticos Industriales C.A., siendo la principal metodología empleado, el Six Sigma.

No obstante, como parte del análisis teórico de la investigación, también se realizó la revisión bibliográfica y el análisis de otras herramientas administrativas, que también formaron parte del problema que se encontró en la planta de Plásticos Industrial C. A., en referencia al diagrama SIPOC, el diagrama de Ishikawa, los Diagramas de series de tiempo y el método de los cinco porqués.

En el desarrollo de este marco teórico, se procedió a describir bajo un enfoque general, las metodologías mencionadas en los dos párrafos anteriores, iniciando por el Six Sigma, estimando que el desarrollo del enfoque de teorías para cada herramienta administrativa, tiene fundamento en los manifiestos de los expertos, significando ello, que se va a establecer la importancia que tiene el uso de los mismos, en el diagnóstico y en la propuesta del estudio.

### **Productividad**

La productividad constituye el objeto de estudio de la presente investigación, que se fundamenta en la consecución del incremento de la productividad, como un resultado derivado de la aplicación de la metodología Six Sigma, que a su vez representa la herramienta esencial para alcanzar los niveles esperados de este indicador de la gestión de la producción y administrativa, que

será descrito de manera conceptual y su representación matemática, en los siguientes sub-numerales.

### **Concepto de productividad**

En términos ingenieriles, la productividad goza de una fortaleza inusitada, por este motivo, los administradores consideran que a mayor productividad, la empresa se conduce hacia la excelencia y se demuestra una relación intrínseca con la mejora continua de los sistemas de la calidad, esto inclusive lo destaca la literatura teórica, que será detallada en los siguientes párrafos de la investigación.

Conceptualmente, el término productividad según Bravo (2014) “representa numéricamente la relación entre el producto obtenido y los recursos requeridos para la obtención de estos bienes o servicios” (p. 65). Otro concepto de productividad lo expuso Pagés (2015) para quien la productividad es una medida económica que define los bienes y servicios producidos, referidos a los bienes de capital, donde intervienen la mano de obra y el capital, aunque es necesario mencionar también al tiempo en esta fórmula.

La productividad no es un indicador cualquiera, porque relaciona muchos factores, como es el caso de los recursos materiales, humanos, tecnológicos (bienes de capital), físicos (infraestructura) y económicos. Al respecto, es necesario destacar que el ahorro de estos recursos contribuye en gran medida a la obtención de un indicador fortalecido, el cual debe generar un impacto positivo en la organización, razón por la cual, este indicador se relaciona íntimamente con la rentabilidad y competitividad empresarial.

Continuando con la interpretación de los conceptos de la productividad, es necesario señalar el factor tiempo como uno de los elementos esenciales de este análisis, debido a que al hacer referencia a la productividad, también se está

tratando el t3pico de la eficiencia, el cual a su vez relaciona el tiempo laborado realmente y el tiempo total asignado al trabajo, donde los tiempos improductivos o muertos, pueden afectar a este indicador, que adquiere gran connotaci3n para la gesti3n administrativa, financiera, contable y econ3mica, al mismo tiempo (Marvel, Rodr3guez, & N3ñez, 2016).

### **Teoría de la productividad**

La teor3a de la producci3n y de la productividad se relaciona con el rendimiento de los factores productivos. La empresa busca el nivel de producci3n en que llevado al mercado le produce un ingreso y lo compara con el costo de un trabajador y, de esta manera, se orientar3a hacia aquel punto en que el costo marginal sea igual al ingreso.

La teor3a de la productividad estudia la forma en que se pueden combinar los factores productivos de una forma eficiente para la obtenci3n de productos o bienes. Estos productos pueden ser destinados al consumo final o utilizados en otro proceso productivo como insumos. Una empresa es cualquier organizaci3n que se dedica a la planificaci3n, coordinaci3n y supervisi3n de la producci3n. La empresa es el agente de decisi3n que elige entre las combinaciones factores- producto de las cuales dispone y maximiza su beneficio (Carro & Gonz3lez, 2016, p. 10).

Si bien es cierto, el problema de optimizaci3n al que se enfrenta el productor comparte similitudes, con el del consumidor. En el caso del consumidor, la cuesti3n era maximizar una funci3n de utilidad con una restricci3n presupuestaria. En el caso de la producci3n, se trata de maximizar la funci3n de beneficios teniendo en cuenta restricciones tecnol3gicas, es decir, partiendo de una tecnolog3a existente que permite escoger entre un conjunto de elecciones factibles

técnicamente eficiente y suponiendo, en principio, que los precios de los factores productivos están dados.

Por otro lado, la productividad de la organización es el primer objetivo de los directivos y su responsabilidad, por lo tanto, los recursos son administrados por las personas, quienes ponen todos sus esfuerzos para producir bienes y servicios en forma eficiente, mejorando dicha producción cada vez más, por lo que toda intervención para mejorar la productividad en la organización tiene su génesis en las personas (Valle, 2017).

Las personas forman parte de una organización cuando su actividad en ésta contribuye directa o indirectamente, a alcanzar sus propias metas personales, bien sea material o inmaterial. Estos son los tres factores que determinan la motivación de una persona para producir, los objetivos individuales, la relación percibida entre la alta productividad y la consecución de los objetivos individuales, y la percepción de la capacidad personal de influir en el propio nivel de productividad Chiavenato

La productividad puede considerarse entonces como la medida global del desempeño de una organización. Desde el punto de vista gerencial, la productividad es entendida como la razón output/input, por lo que es una variable orientada a resultados y está en función de la conducta de los trabajadores y de otros aspectos ajenos al entorno de trabajo.

### **Representación matemática de la productividad**

Se manifestó en el sub-apartado anterior, que la productividad no se trata de cualquier indicador, sino que es un indicador macro, para que sea mejor entendido, es decir, que del mismo se pueden derivar varios indicadores, pero



siempre a través de una ecuación general que representa a este modelo económico de la producción, que matemática está representado por su propio concepto.

La ecuación general del modelo de productividad, según Carro y González (2015) están representada por la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad (\%)} = \frac{\text{Resultado alcanzado (producción bienes o servicios)}}{\text{Recursos utilizados}}$$

La productividad representada en función del costo y del tiempo, según Fernández (2015) en cambio se representa de la siguiente manera:

$$\text{Productividad (\%)} = \frac{\text{Producción de bienes o servicios}}{\text{Costo de producción x tiempo de manufactura}}$$

La productividad laboral, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México (2015), también se puede representar bajo la siguiente ecuación a saber:

$$\text{Productividad (\%)} = \frac{\text{Producción de bienes o servicios}}{\text{Horas trabajadas}}$$

En matemática, la productividad siempre estará representada por la producción o el resultado de una actividad productiva, relacionada con los costos y esfuerzos que requirió su producción. Bajo estas fórmulas se puede conocer cómo se encuentra la situación de una empresa con relación a su sistema de calidad, rentabilidad y su propia competitividad en el mercado.

### **Scrap**

La concepción del scrap es algo novedosa, porque sobre este término que representa al mismo desperdicio, se han realizado muchas investigaciones, debido a que es uno de los problemas de mayor connotación que pretende ser abordado

desde una óptica general, en comparación con la otra variable que interviene en la presente investigación, con relación al incremento de la productividad y a la aplicación de la metodología Six Sigma, que también forman parte de la descripción de esta variable (Moreira & Mero, 2016, p. 25).

### **Concepto de scrap**

El scrap constituye uno de los conceptos de mayor importancia en el ámbito de la Ingeniería y los sistemas productivos, debido a que la industria trabaja todo el tiempo en búsqueda de estrategias para la minimización del scrap de cualquier producto. De esta manera, en este sub-apartado, se hará referencia a la concepción del scrap, como uno de los elementos en que se sustenta la presente investigación.

Según la definición de Prokopenko (2014) “el término scrap es una palabra de origen inglés, que significa residuo, el cual generalmente es utilizado para describir los desperdicios que se derivan del proceso industrial o manufacturero”. Según Oficina Internacional del Trabajo (2016) también se denota por el término scrap “al desperdicio que incrementa los costos de producción de un bien determinado y que afecta de manera negativa a la rentabilidad de una organización empresarial”.

Las empresas tratan de eliminar el desperdicio de los procesos manufactureros, por esta razón, la Ingeniería ha creado diversas herramientas para identificar las causas del scrap y a través de los diagnósticos que se hayan obtenido, promover la mejora continua que al reducir los niveles de desperdicio en los procesos productivos, contribuya al incremento de la productividad y de la competitividad de la empresa, con enfoque hacia la satisfacción del cliente y las partes interesadas (Andrade & Coutinho, 2018, p. 10).

La importancia de reducir el scrap radica en que a mayor producción de desperdicio, la empresa también está despilfarrando costos, por esta razón, las industrias japonesas le dieron gran relevancia a la concepción del scrap, porque lo escogieron como el enemigo contra el que debían luchar, porque al vencer a este adversario, era posible la superación de la empresa, lo que debía reflejarse en los indicadores de productividad, en las finanzas organizacionales y en la competitividad.

### **Six Sigma**

En este apartado, se describirá bajo el enfoque teórico, la metodología del Six Sigma, indicando su origen, concepción y componentes, para el efecto, se tomó de la revisión bibliográfica, los criterios que indicaron la historia de esta metodología, sus aportes a las ciencias administrativas y se interpreta en cada precepto científico, cómo servirá al análisis investigativo. En los siguientes sub-numerales se procederá a identificar las principales opiniones sobre este modelo de gestión (Nava, 2017, p. 8).

### **Origen de Six Sigma**

De acuerdo a la literatura teórica esta herramienta fue creada por el ingeniero Mikel Harry, colaborador de la empresa Motorola, a inicios de la década de los ochentas, como una estrategia de mercado que conduciría a las organizaciones al mejoramiento de la calidad. Además, se aplicó dentro de los programas de las empresas industriales y comerciales, para desarrollar técnicas que permitan mejorar la competitividad y productividad de los servicios que ofrecen al público en general (Castañeda, 2015, p. 2).

Sin embargo en el año 1991, se empleó en empresas que ofrecen productos electrónicos con dificultades económicas, obteniendo ventas extraordinarias bajo

este método. En 1995, Jack Welch aplicó este modelo como una metodología de calidad con nuevas estrategias que contribuyen con la transformación de la organización, pero en la actualidad, es catalogado como una metodología para el mejoramiento continuo que potencia la calidad y calidez de la empresa (Alderete & Colombo, 2016, p. 2).

### **Concepto de Six Sigma**

La aplicación de esta estrategia resulta novedosas en las empresas que se dedican a la comercialización de productos de uso general, además se vincula con las normas de calidad que se emplean al producir un artículo; la empresa al implementar este método, desarrolla un mejoramiento para conseguir la eficiencia y eficacia de los servicios.

La letra sigma pertenece al alfabeto griego, la cual significa desviación estándar en una población cualquiera, a su vez esta última dimensión, es un factor pertinente a la estadística descriptiva, el cual hace referencia a la dispersión de un dato con relación al promedio o media aritmética, por consiguiente, el tratado del Six Sigma está asociado a la medición del error en un proceso determinado, que debe ser resuelto a través de una estrategia que surja del diagnóstico elaborado con la metodología antedicha (Bahema, 2016, p. 1).

De acuerdo al autor Herrera (2015) estimó que el Six Sigma “es una herramienta que mejora la gestión de calidad y del cual se obtiene el fortalecimiento de las capacidades”. Por otra parte se fundamenta en el trabajo en equipo para generar capacidades competitivas dentro de la organización y de todas las personas que colaboran dentro de lugar.

Otra definición estima que el Six Sigma es una metodología que permite mejorar los procesos, además se centra en la minimización de errores que se

presentan durante las actividades, prosiguiendo con este instrumento consigue reducir los defectos, al entregar los artículos y poder lograr los objetivos para satisfacer a los clientes (Hernández C. , 2014, p. 6).

Six Sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de los procesos, de ahí el nombre de la herramienta, ya que sigma es la desviación típica que da una idea de la variabilidad en un proceso y el objetivo de la metodología Six Sigma es reducir ésta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente.

### **Etapas de Six Sigma**

El desarrollo de esta metodología se encuentra sujeta a cinco etapas. Para lograr estos objetivos el Six Sigma está basado en cinco etapas: definición, medición, análisis, mejora y control, que en este orden respectivo, se presentan en los siguientes párrafos.

La primera etapa consiste en definir el problema de calidad, a través de la recopilación de la información en el área donde se encuentra la situación conflictiva o donde se delimita el análisis respectivo, donde se pretende conocer la tendencia de variación de los principales elementos y variables que intervienen en la problemática (Paredes, 2016).

La definición del problema relacionado con la afectación a los sistemas de la calidad, en este caso, orientada al elevado nivel de scrap que se está generando en la planta de Plásticos Industriales C. A., en el tiempo actual, permite conocer en qué medida este fenómeno ha impactado en los indicadores de productividad de la planta donde se delimita la presente investigación.

Con la información de la definición del problema, se procede a la medición de los parámetros o elementos que intervienen en el mismo, para conocer su

tendencia de variación, para lo cual se pueden tomar las herramientas de análisis estadísticos pertinentes, según el caso amerite (Castañeda, 2015).

Algunas de las técnicas estadísticas que sirven para la medición de los procesos y que se analizan más adelante en los siguientes sub-numerales, hacen referencia a los Diagramas de series de tiempo, diagrama de Ishikawa y SIPOC, entre los más importantes, incluyendo el método de los cinco porqués, que aunque no es precisamente estadístico, formó parte de las herramientas de la investigación.

La utilización de las herramientas estadísticas, genera resultados que pueden ser esquematizados en gráficas o diagramas, mediante los cuales se faciliten el análisis e interpretación de los hallazgos de la problemática, conforme a la metodología empleada para el efecto (Alderete y Colombo, 2016, p. 2).

El análisis no solo se realiza con herramientas cuantitativas, sino que también puede estar referido a técnicas cualitativas, como ya se mencionó el caso del diagrama de Ishikawa y SIPOC, los cuales hacen referencia a métodos explicativos. Con esta referencia, se especifica los términos más adecuados para el diagnóstico del scrap en la planta de producción de Plásticos Industriales C. A.

Con base a este diagnóstico, la alta dirección y el responsable del área donde se encuentre el problema analizado, deben promover la mejora continua, con fundamento en el ciclo de Deming, cuyos principios sustentan el fortalecimiento de la productividad de los procesos, mediante la planificación y posterior ejecución de las acciones correctivas y preventivas (Bahema, 2016).

La mejora continua debe surgir a partir del diagnóstico situacional, es decir, posterior a la definición del problema, la medición del mismo, el análisis e interpretación de los hallazgos, con cuyo informe se cuenta con la línea base para la toma de decisiones, de la cual se debe planificar la mejora continua, con

referencia en la causa raíz, es decir, tratando de eliminar el agente que ocasionó el problema (Navarro, Gisbert, & Pérez, 2017).

Toda actividad planeada por la alta dirección o el responsable de un departamento, que conduzca a la mejora continua, debe ser controlada mediante herramientas evaluativas y de control, para minimizar el grado de error y la probabilidad de ocurrencia de alguna desviación, como aquella que originó las fases de definición, medición y análisis del Six Sigma (Alderete y Colombo, 2016, p. 2).

El control es una actividad que permite establecer comparaciones entre los resultados actuales y los propuestos, de manera que, al eliminar las causas o la causa que dio origen al problema, entonces, se podrá obtener un escenario fortalecido, donde se mantenga como expectativa los incrementos de la eficiencia, productividad y competitividad, como indicadores de gestión de la excelencia.

### **Diagrama SIPOC**

El diagrama SIPOC es otra de las herramientas de gestión, que ha sido utilizada en este trabajo investigativo, la cual tiene un enlace directo con la gestión de procesos y el gobierno por resultados, que a su vez tienen su origen en el tablero de control o mando integral y por consiguiente, en el ciclo de Deming, de la cual también se derivó la metodología del Six Sigma. Esta técnica administrativa, se describe teóricamente en los siguientes sub-numerales referidos al concepto y origen del mismo (Bermudez & Millán, 2016, p. 12).

### **Concepto y origen de SIPOC**

Existen diversas herramientas que permiten la solución de problemas específicos, los cuales pueden ser resueltos en desarrollo del trabajo, como es el caso del SIPOC, que define los límites del proceso, el punto de inicio y final del

proceso que necesita una mejora que un acrónimo de sus siglas en inglés, cuya conceptualización se menciona a continuación.

SIPOC se utiliza desde 1980 dentro del marco de trabajo de la Gestión de la Calidad, para el presente es utilizado dentro de Six Sigma en la que se identifican todas a las partes implicadas en el mismo, a partir de la de la información, permitiendo tener una vista macro del flujo de proceso, además puede revisarse cada una de la variables que la conforman están vinculados en cada proceso (Gómez, 2016).

1SIPOC es una herramienta de visualización para caracterizar los procesos, conocida también con el nombre COPIS, el cual se elabora mediante la identificación de elementos tales como: Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes, cuyas siglas corresponden a sus elementos en inglés, representando así un método para identificar las entradas y variables que pueden impactar en los resultados del proceso (Jiménez D. , 2015).

Al tratarse de las entradas y salidas, es necesario hacer referencia a los cimientos del proceso, precisamente su gestión implica la identificación de la coordinación de las actividades, a través de las entradas y salidas de cada información o recursos procesados, por este motivo, la aplicación de esta herramienta es clave para cualquier tipo de proceso productivo o de servicio (Cuenca, 2016).

### **Componentes del SIPOC**

Para elaborar un Diagrama SIPOC se realiza de la siguiente forma, el primer paso es identificar los procesos de gestión, seguido por establecer las entradas del proceso y los recursos necesarios, además de establecer los proveedores de estas entradas al proceso, definir las salidas del proceso (Castillo, 2014).



El Diagrama de SIPOC es una herramienta que se emplea tanto en el ámbito de 6Sigma como en la gestión por procesos en general.

- Proveedor (supplier): persona que aporta recursos al proceso,
- Ingresos de Recursos (inputs): todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas.
- Proceso (process): conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido.
- Salida (output): producto o servicio usado por el cliente.
- Cliente (customer): la persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente (Castillo, 2014).

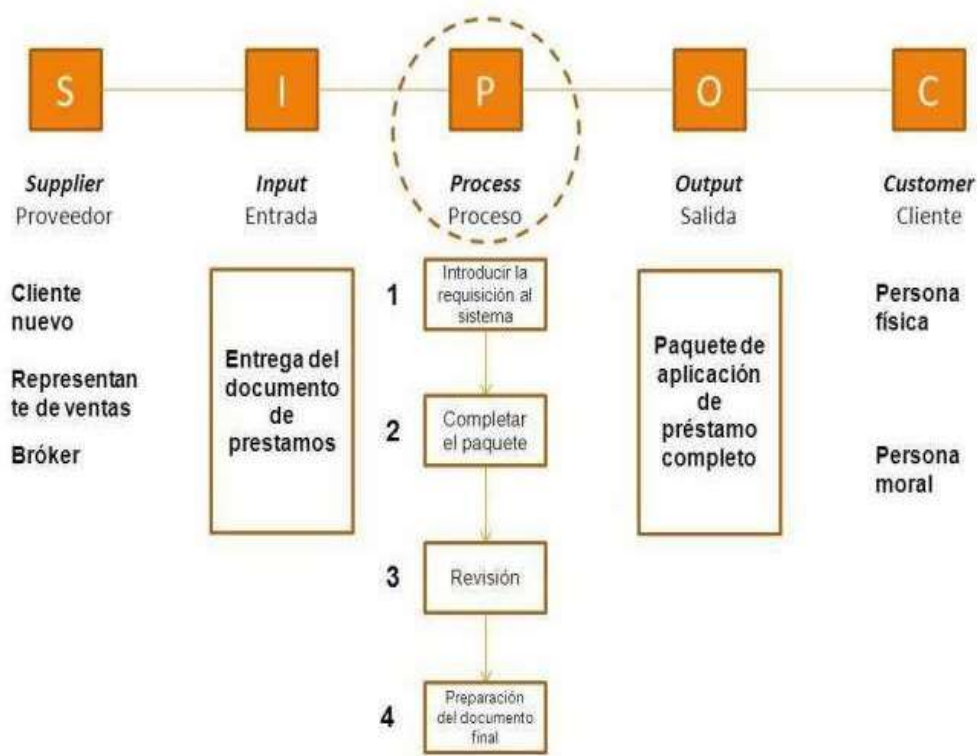


Figura 1. Diseño del Diagrama SIPOC.

Tomado de Castillo (2014).

La cadena de suministro explica que todo proceso nace de una necesidad organizacional, es decir, que esta necesidad debe ser suplida por un proveedor, sea interno o externo, por lo tanto, después de que el suministrador garantiza la satisfacción de la necesidad de la empresa, el proceso continúa hacia el input, procesado y salida, respectivamente, lo que sigue siempre la misma secuencia, según el diagrama SIPOC.

## **Diagrama Ishikawa**

### **Origen**

El Diagrama de Esqueleto de pescado fue diseñado por el japonés Kaoru Ishikawa, experto en control de calidad, profesor de la Universidad Tokio, reconocido ampliamente por manifestarse en diferentes temas relacionados con la gerencia de calidad. En el año 1943 fue la primera vez que se utilizó el diagrama de pescado, el mismo que permitió explicar a un grupo de ingenieros de la Kawasaki Steel Works, como un sistema complejo de factores se puede relacionar para ayudar a entender una situación conflictiva (Lu, 2016).

El Diagrama Causa – Efecto se conoce como Diagrama de "Ishikawa" debido al nombre de su creador Kaoru Ishikawa, quien se dio a conocer por su excelente dirección empresarial, en búsqueda de mejorar en el control de la calidad, otro pseudónimo que recibe el diagrama es Espina de Pescado, debido a su forma similar a un esqueleto de pez (Saeger & Sánchez, 2016).

Este diagrama de pescado se compone de un recuadro que se puede asemejar a la cabeza del pez, una línea principal que simula la columna vertebral, y cuatro líneas que apuntan a la línea principal formando un ángulo aproximado de setenta grados las espaldas principales, estas a su vez poseen dos o tres líneas

inclinadas (espinas) y de esa manera se procede con las demás espinas menores, como sea necesario (Guajardo, 2015).

### **Concepto**

El diagrama de Ishikawa es una herramienta que no ofrece respuestas a una interrogante, más bien permite plasmar de forma gráfica las causas y efectos de una problemática en específico, las mismas que en muchas ocasiones pueden ser ignoradas en caso de no ser responsable de los efectos establecidos. Además el diagrama causa – efecto permite organizar los responsables de los efectos, de modo que sirve como vehículo para ayudar a los equipos a mantener una concepción común de un problema complejo, considerando sus elementos y relaciones visibles en cada detalle identificado.

Al respecto Zapata & Villegas (2016) señalaron que “el diagrama causa – efecto se conoce también con el nombre de su creador, Kaoru Ishikawa profesor japonés, reconociéndose como diagrama de Ishikawa también, o como el “diagrama de espina de pescado”.

El diagrama causa – efecto se considera una técnica de representación gráfica que hace posible el análisis de un determinado fenómeno, hecho o problema y el vínculo presente con sus respectivas consecuencias involucradas en su realización, como resultado de esta técnica se presenta una ilustración gráfica entre un problema o efecto y sus antecedentes o causas, distinguiéndose de estas últimas los factores más relevantes de los menos significativos (Domenech, 2017).

Este diagrama se considera una herramienta de análisis que permite obtener un cuadro, detallado que hace posible la visualización, de las diversas causas que pueden originar un determinado efecto o consecuencia (Sociedad Latinoamericana para la Calidad (SLC), 2016).

El diagrama de causa – efecto suele aplicarse a la investigación de las causas de un problema, a través de la incorporación de opiniones de un grupo de individuos de forma directa o indirecta relacionadas con el mismo, por lo que se considera dentro de las siete herramientas básicas de la calidad, esta es una de las utilizadas, sencillas y que ofrecen resultados.

### Usos del Diagrama Causa – Efecto

El diagrama de Ishikawa es posible elaborarlo de dos formas; en la primera se hace referencia a la identificación de los problemas identificados a través de la lluvia de ideas, de modo que se jerarquice las principales causas y la segunda hace referencia a la identificación de las ideas principales ubicándolas de forma directa en los huesos primarias y posteriormente identificar las causas secundarias en los huesos pequeños, como se presenta en la siguiente ilustración:

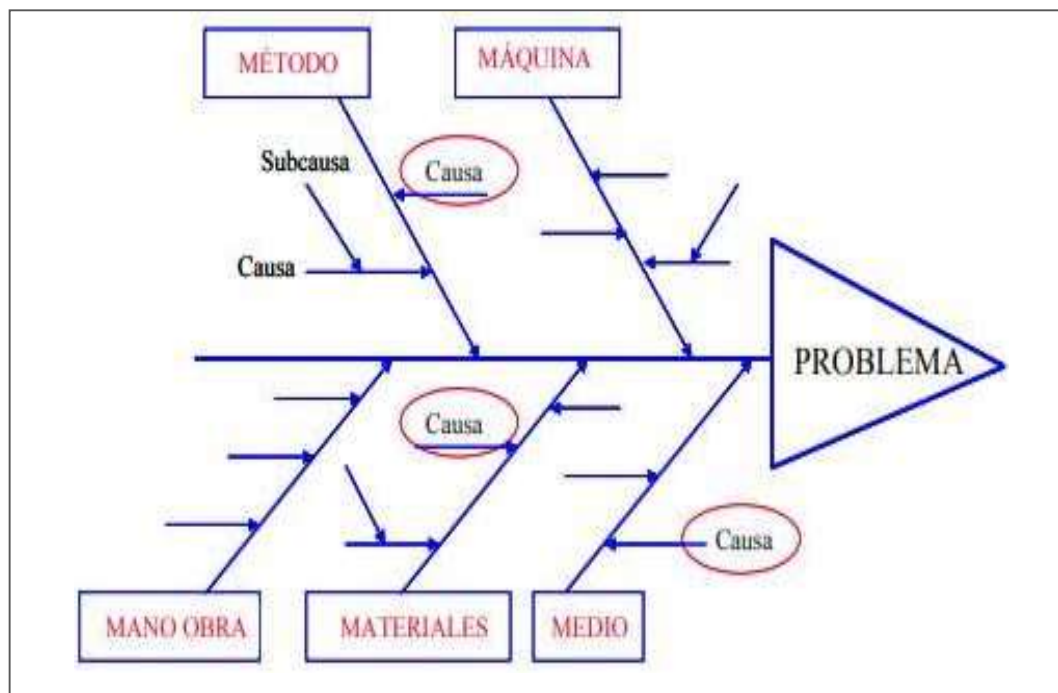


Figura 2. Diseño del Diagrama Causa – Efecto.

Tomado de la Sociedad Latinoamericana para la Calidad (SLC) (2016).

Por lo expuesto se puede determinar que el diagrama causa-efecto permite determinar las posibles causas de un problema, agrupar las diferentes causas en

categorías o factores específicos, orientar las posteriores acciones de tipo correctivas hacia las causas identificadas de manera especial en las principales causas, proporcionando un nivel de comprensión, identificando las causas y efectos que pueden tener dependencia e independencia de las mismas.

Otros usos que permite el diagrama de Ishikawa, son la concentración del esfuerzo del equipo en la solución de un problema o fenómeno complejo presente, hace posible la identificación de las causas y las raíces de las causas con sus respectivos efectos, de modo que se pueda reconocer el problema y la condición específica de la situación presente, es posible analizar algunas de las interacciones entre los factores inherentes relacionados a un proceso en particular a fin de aplicar una acción correctiva.

### **Beneficios del Diagrama Causa – Efecto**

Algunos de los beneficios del diagrama causa – efecto, se presenta en los siguientes ítems a saber:

- Tiene la capacidad para identificar de manera correcta todas las causas que dan origen a un fenómeno.
- Establece la causa raíz de un fenómeno que afecta la calidad de los procesos productivos o de servicios, a través de la secuencia desde la causa general hacia las particulares, identificando cómo evolucionó el problema.
- Fomenta la participación del equipo de trabajo.
- Es focalizado, es decir, que se centra principalmente en aquellos agentes considerados esenciales para la organización.
- Mejora el conocimiento de los procesos productivos y de servicio, identificando las áreas débiles que los afectan (Domenech, 2017).

El diagrama causa – efecto, es una herramienta sistemática, que identifica las causas del problema, desde las principales hasta las particulares, razón por la cual, al aplicar esta técnica administrativa, se podrá conocer los factores que ocasionaron el scrap en la planta de producción de PICA C. A., para con base en este diagnóstico tomar las decisiones más acertadas.

### **Diagramas de series de tiempo**

Los Diagramas de series de tiempo tuvieron su origen en los albores del siglo XX en las investigaciones del Shewhart quien creó una gráfica de dispersión, en las cuales existían varias líneas que indicaban la tolerancia máxima y mínima en la que podía encontrarse dichos puntos. Hasta ese entonces el invento de este experto había generado el interés máximo de los administradores de aquella época, porque se pasaban de un estado estático, referido a la inspección visual de los productos, a una condición dinámica que permitía conocer la conformidad de los bienes manufacturados, a través de los procedimientos de muestro de lotes o por atributos (Cantú, 2013).

Décadas después, los diagramas de series de tiempo se incorporaron a los sistemas de gestión de calidad del sector productivo, optimizando la función del control y la toma de decisión de la directiva. La razón principal para que esto haya ocurrido, se debe a que las organizaciones económicas deben satisfacer las exigencias de sus clientes en mercados de alta rivalidad competitiva, por consiguiente, la toma de muestra analizadas mediante gráficos estadísticos que indican el rango de tolerancia de las desviaciones en la manufactura de un producto, constituye una estrategia que permite ahorrar tiempo, recursos y maximizar las expectativas de los consumidores o usuarios (Render & Heyzer, 2014).

Conceptualmente, las gráficas de control son herramientas estadísticas que permiten la optimización de la función de control, mediante un procedimiento de muestreo que favorece el proceso de toma de decisiones. Los componentes de estos métodos son: el límite superior de control, el cual indica el techo hasta donde pueden llegar los parámetros medibles de un producto; el límite inferior de control que establece lo mismo que el superior pero en sentido contrario; el límite central o promedio que representa la media estadística de los datos de la muestra (Render & Heyzer, 2014).

El procedimiento para la utilización de los Diagramas de series de tiempo, radica en seleccionar la muestra de productos de un lote determinado, la dispersión de los puntos en los gráficos no debe sobrepasar el límite superior, ni tampoco ser menor al del inferior. En otras palabras, si la dispersión de los puntos de la muestra se mantiene en el rango formado por los límites superior e inferior, significara que los productos son conformes y que se encuentra en el nivel de tolerancia aceptado por los organismos que regulan los sistemas de calidad a nivel mundial, regional o local (Ugo, 2014).

Si los puntos dispersos caen fuera de estos límites, sobrepasando el superior o siendo menor que el inferior, significara que el producto no es conforme y dependiendo de la cantidad de puntos que tengan el mismo problema, el lote completo puede ser rechazado. Por esta razón este procedimiento favorece la toma de decisiones, facilitando la estandarización de los procesos productivos (Cantú, 2013).

En la actualidad existen diversos diagramas de series de tiempo, entre las cuales tenemos la clasificación en variables y por atributos. La primera hace relación a un método cuantitativo, mientras que la segunda es de tipo cualitativo,

aunque la metodología empleada permite llevarla a cantidades numéricas y porcentuales. Las cartas por atributos se subdividen a su vez: gráfica p, gráfica c, gráfica u y gráfica pnp. Render & Heyzer (2014) subdividen las variables en: “X (media), XR (medias y rangos) y R (rangos móviles)”.

Plásticos Industriales C. A, utiliza métodos cuantitativos y cualitativos para la medición de las variables que pueden afectar los procesos productivos de elaboración de la amplia gama de productos elaborados con bases en resinas plásticas. Algunos de estos Diagramas de series de tiempo forman parte de la tecnología Six Sigma, específicamente en lo relacionado a la medición que es la segunda etapa de esta técnica, como se podrá apreciar en el desarrollo de la propuesta del estudio.

### **Técnica de los cinco porqués**

En la década de los 70, Taichi Ono, director de Toyota, manifestó que los problemas tenían origen causal y que debía conocerse la causa y raíz que lo ocasionaba para minimizar la probabilidad de su ocurrencia. La investigación de este experto concitó el interés de los administradores, no solo en aquella época, sino hasta la fecha actual, inclusive se complementó esta teoría con la metodología de Kaoru Ishikawa, que creó el diagrama causa – efecto, para establecer las principales causales que afectan a un proceso determinado (Ugo, 2014).

De acuerdo a la literatura teórica lo expresado por el autor mencionado en el párrafo anterior, preguntando cinco veces porqué, es posible llegar a la causa raíz que ocasionó un problema, el cual está afectando la conformidad y calidad de los procesos productivos en un establecimiento económico, de lo contrario solamente



se atendería la solución de causa superficiales, que significaría gastos innecesarios para la empresa (Lozano, 2014).

El hallazgo de las causas que dan lugar a los problemas en las empresas, es de gran importancia para el fortalecimiento de la gestión de la calidad en los establecimientos económicos, por consiguiente, es necesario el mejoramiento continuo mediante el uso de las técnicas de los cinco porqués.

### **Marco Conceptual**

**Diagramas de series de tiempo.** – Las gráficas de control son herramientas estadísticas que permiten la optimización de la función de control, mediante un procedimiento de muestreo que favorece el proceso de toma de decisiones (Render & Heyzer, 2014).

**Cliente (customer).** – La persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente (Castillo, 2014).

**Diagrama causa – efecto.** – Se considera una técnica de representación gráfica que hace posible el análisis de un determinado fenómeno, hecho o problema y el vínculo presente con sus respectivas consecuencias involucradas en su realización, como resultado de esta técnica se presenta una ilustración grafica entre un problema o efecto y sus antecedentes o causas, distinguiéndose de estas últimas los factores más relevantes de los menos significativos (Domenech, 2017).

**Diagrama SIPOC.** – SIPOC es una herramienta de visualización para caracterizar los procesos, conocida también con el nombre COPIS, el cual se elabora mediante la identificación de elementos tales como: Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes, cuyas siglas corresponden a sus elementos en inglés, representando así un método para identificar las entradas y variables que pueden impactar en los resultados del proceso (Jiménez D. , 2015).

**Ingresos de Recursos (inputs).** – todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas (Castillo, 2014).

**Proceso (process).** – conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido (Castillo, 2014).

**Proveedor (supplier).** – Persona que aporta recursos al proceso (Castillo, 2014).

**Six Sigma.** – De acuerdo al autor Herrera (2015), se estima que el Six Sigma “es una herramienta que mejora la gestión de calidad y del cual se obtiene el fortalecimiento de las capacidades”. Por otra parte, se fundamenta en el trabajo en equipo para generar capacidades competitivas dentro de la organización y de todas las personas que colaboran dentro de lugar.

**Técnica de los cinco porqués.** – Método que consiste en preguntarse cinco veces porqué, es posible llegar a la causa raíz que ocasionó un problema, el cual está afectando la conformidad y calidad de los procesos productivos en un establecimiento económico (Lozano, 2014).

## Capítulo II

### Marco Referencial

El marco referencial tiene gran importancia en el proceso investigativo, porque para conocer si se cumple alguno de los objetivos planteados en los trabajos de titulación que se ejecutan en un lapso de tiempo determinado, es a través de la revisión del estado del arte, donde se puede apreciar la evolución del objeto de estudio y de las variables que forman parte de un estudio cualquiera, para contar con las bases suficientes que puedan asegurar que se soluciona la problemática en análisis.

El estudio realizado por Felizzola y Luna, titulado Lean Six Sigma (LSS) en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico, tiene la finalidad de mejorar los procesos para alcanzar la calidad y la productividad a nivel mundial, aplicado en el ámbito de las empresas dedicadas a actividades manufactureras y de servicios. Sin embargo, se destaca que en la actualidad se presentan diferentes limitaciones para su implementación en las empresas pequeñas y medianas. En este artículo se propuso un enfoque metodológico para la implementación de LSS en PYMES, considerando diferentes aspectos como la falta de sistemas de medición, la utilización de indicadores de gestión, la falta de alineación entre los proyectos LSS y objetivos estratégicos; se identificó las limitaciones en el compromiso de la gerencia; la articulación de los proyectos con las necesidades y expectativas de los clientes; y la dificultad para ejecutar los proyectos LSS de forma sistemática, para que logre garantizar una correcta solución de las falencias abordadas (Felizzola & Luna, 2014).

Mediante la metodología aplicada se facilitó en gran medida el despliegue de LSS dentro de la empresa seleccionada, encontrándose que se proporcionó los

elementos necesarios para el diseño e implementación de cambios en la organización permitiendo desarrollar de manera efectiva proyectos LSS; para la identificación de áreas y procesos, identificación de los proyectos claves, y mantener presente un procedimiento adecuado para la ejecución y evaluación de dichos proyectos. Otro resultado reflejó que mediante la implementación se generó un impacto positivo en lo financiero y operacional, sin embargo aún se deben realizar otros cambios fundamentales para mejorar los resultados obtenidos, como son: maximizar el compromiso de la dirección y del personal mediante la adopción de acciones propuestas, capacitar al personal, crear políticas y sistemas de incentivos, entre otros cambios que favorecerán a la empresa, reflejando la importancia de LSS en las organizaciones (Felizzola & Luna, 2014, p. 263).

El artículo titulado Mantenimiento productivo total (TPM) como una herramienta para mejorar la productividad: un estudio de caso de aplicación en el cuello de botella de una línea de mecanizado de piezas de automóviles, presentado en Colombia por Morales y Rodríguez, se presenta como una filosofía de mantenimiento total productivo (TPM), como un sistema que busca evitar las pérdidas e incrementar la productividad, lo que es posible mediante la aplicación de estratégicamente los pilares del TPM sobre la base de datos de fallas, requiriéndose aplicar planes de mantenimiento preventivo y la potenciación de los equipos para que se conviertan en un pilar principal de la aplicación de esta nueva filosofía como resultado (Morales & Silva, 2017).

Otro estudio fue realizado por Padilla, titulado Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta/ágil), este artículo inicia describiendo brevemente la historia de la empresa Toyota, donde se ha considerado la productividad como un tema de gran relevancia que se requiere aplicar en las empresas manufactureras, sin

diferenciar la actividad a la que se dedique que puede ser manufacturera o de servicios, este se aplica para cumplir con la misión de ser rentables y productivas de las empresas, aprovechando los recursos disponibles. Se destaca que el enfoque de Lean Manufacturing hacia los clientes es muy diferente al enfoque de la producción en masa, considerando tres aspectos el primero que hace referencia al sistema de venta de los japoneses mediante el uso del Diagrama Sistema Kanban, en el segundo aspecto se describe al fabricante ágil como una parte vital de los procesos de producción, mientras que la tercera fase describe el contar con un sistema ágil que mejore el Sistema de Distribución (Padilla, 2016).

Si bien Six Sigma constituye uno de los métodos más importantes que ha arrojado la evolución de la Ingeniería y de los sistemas de la calidad en los últimos años, la herramienta también tiene limitaciones, observándose un incremento notable en la literatura teórico sobre esta metodología, la cual describe una curva ascendente, que supera el 10% de crecimiento anual a nivel mundial. La mayoría de los estudios demuestran que Six Sigma es utilizado ampliamente en los procesos repetitivos, para evitar las no conformidades e incrementar la productividad de los procesos productivos (Goh, 2002).

Otro artículo señala que Six Sigma es un enfoque consolidado de gestión, que tiene por objetivo el mejoramiento continuo de los procesos productivos, por lo que en este artículo de revisión se hace referencia a la gestión de proyectos y a la utilización correcta de la metodología en análisis, mediante la cual se pretende que las empresas puedan potenciar la mejora de la eficacia global del equipo (OEE). La delimitación de la investigación fue en una empresa de plástico, que al igual que PICA C. A., probó con esta metodología, para incrementar el rendimiento de entrega en el tiempo oportuno y satisfacer las exigencias de sus

clientes, debido a los altos costos generadas por el bajo nivel de OEE, que tenía gran variabilidad de más de 5 puntos, con relación a los parámetros esperados menores al 2%. Al aplicar cada una de las etapas del Six Sigma, como es el caso de la definición, medición, análisis, mejora y control de los procesos productivos, se pudo reducir los tiempos y minimizar los defectos en la preparación del diámetro interno del bien manufacturado. Con ello la OEE aumentó en 40% y 61%, con ayuda de herramientas como el diagrama de Ishikawa, prueba de chi cuadrado, poka yoke, 5 S, entre las más relevantes (Chiarini, 2015).

La importancia del análisis de Six Sigma consiste en el ahorro económico que genera a partir de la aplicación de las cinco fases que forman parte de esta metodología, de modo que se pueda fortalecer el nivel de calidad del proceso productivo, razón por la cual grandes industrias manufactureras lo están utilizando en sus procesos productivos, los cuales han podido mejorar continuamente la gestión y productividad. Además, la amplia gama de industrias que pueden servirse de los beneficios de esta metodología, concita más el interés de los clientes, quienes al reducir defectos, ahorran recursos, fortalecen a sus empresas y la hacen más competitivas, para beneficio de todas las partes interesadas, como son los clientes, trabajadores, directivos, estado y sociedad en general (Patel & Shah, 2015).

El siguiente artículo analizado aborda la situación del OEE de una planta manufacturera de plástico, en este caso, la utilización de las técnicas del SMED, TPM y 5S, pueden ser soluciones eficaces para mejorar la eficacia del equipo. La definición y medición del problema existente en la planta donde se llevó a cabo el artículo, encontró un indicador OEE del 62%, debido a un cuello de botella en algunas de las 200 máquinas de moldeo por inyección, el cual al ser identificado

generó que la directiva tome la decisión de la formación de un equipo TPM, el cual tenía como propósito establecer un enfoque sistémico para fortalecer la OEE, incrementándose de 62% a 67%, con las propuestas de solución formuladas, lo que además permitió el ahorro de una suma importante de dinero, que bordeó el 2% de los costos totales de la planta, evidenciando la importancia del uso de esta herramienta (Gabahne, Gupta, & Zanwar, 2014).

La competitividad de los mercados ha sido una de las causas por las cuales el método del Six Sigma ha ganado muchos adeptos en la Ingeniería, en la manufactura y en los sistemas productivos y económicos a nivel mundial, en efecto, las industrias de plástico, vidrio, papel, entre otros, son quienes más han utilizado esta herramienta de gestión, debido a que tiene bajo su costo su aplicación. Esto lo demuestra el uso del mismo en Cabopol – Polymer Compounds S. A., la cual tuvo como propósito el aumento de la productividad en la línea de formulación de PVC, de modo que se pueda minimizar los desechos, a través de la difusión del Kaizen, la aplicación de las 5S, la implementación del mantenimiento autónomo como un programa de gestión, herramientas que contribuyeron al incremento de la OEE en niveles superiores a 5 puntos porcentuales, en lo relacionado a la formulación del PVC, por consiguiente, se recomendó la aplicación del Six Sigma a todas las líneas de producción de la empresa (Carreira, Bordado, & Ventura, 2015).

La metodología Six Sigma produce el aumento de la diversidad de bienes y la minimización del tamaño de los lotes de bienes y los tiempos de entrega, así como el incremento de la demanda de clientes y de la capacidad de producción, fortaleciendo la efectividad y eficacia de los mismos. En el caso del paper analizado, se establecieron como objetivos principales la reducción del tiempo en

el proceso de moldeo de plástico, cuyos resultados manifestaron mayor flexibilidad en la aceptación de la demanda, disminuyendo el tiempo de 76 minutos a 20 minutos y los costos de 119,5 euros a 31,42 euros, eliminando 56 piezas defectuosas, las cuales significaron un aumento en las ventas, con lo que se refuerza la teoría de que el Six Sigma es una metodología innovadora y que permite alcanzar los objetivos de desarrollo en las empresas manufactureras donde fue aplicado (Posteuca & Zapciu, 2015).

La introducción de Six Sigma como una metodología de estudio, se encuentra referida a la mejora continua, es decir, a las herramientas del Kaizen, que tiene relación con el seguimiento de los recursos e identificación de los puntos críticos, La aplicación de las hojas de ruta y de los programas de mejora continua en las empresas egipcias que prestan servicios a los clientes, está asociada a la eliminación del desperdicio, aquí es donde ha ocupado un lugar preponderante la herramienta de gestión Six Sigma, como un mecanismo que permite alcanzar este propósito, lo que se ha reflejado en los incrementos de la productividad de las organizaciones y propicia la reducción de costos, como beneficios para las corporaciones (Hassan, 2010).

La metodología Six Sigma contribuye al mejoramiento de la eficiencia de las líneas productivas, es decir, al aumento de la productividad y competitividad organizacional, razón por la cual, ha sido empleado en algunas empresas manufactureras sobre todo en los casos de las líneas de plásticos. Por este motivo, se justifica la aplicación de esta herramienta de gestión en la industria plástica.

### **Descripción de la Empresa**

La Empresa Plásticos Industriales se encuentra distribuida por áreas: inicia con la sección de materiales donde se almacena la materia prima, la cual se



encuentra ubicada en la parte posterior de la planta; siguiendo la bodega de componentes, donde se almacenan todas las sub-partes de los productos que se ensamblan o que se encuentran formados por más de un componente; bodega de insumo, donde se almacenan etiquetas, cajas, fundas para el proceso de producción y empaques de los sub-componentes; el área del reproceso y mezclas donde se realizan las combinaciones de materiales para cada artículo que lo amerite, también en esta área se realiza el proceso de molienda del material “Scrap” para luego ser reprocesado, peletizado y ser enviado a la máquina. El área de proceso, donde se transforma la materia prima en producto terminado y ser empacado y apilado dependiendo del producto para luego ser almacenados en la bodega de productos terminados. El área de equipos auxiliares, que se encuentra a un costado del área de proceso, la cual se encarga de la respectiva distribución; la subestación eléctrica que se encuentra en el exterior de la planta, también cuenta con vías de acceso interno para montacargas.

Plásticos Industriales C. A. se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil, en el Km. 9 ½ de la vía a Daule, frente al Fuerte Huancavilca. Además posee dos plantas, más las de calzado y juguetes, Km. 9 ½ vía a Daule, y zapatillas Km. 11.

## **Misión y Visión**

### **Misión**

Mejoramos la calidad de vida de las personas mediante el desarrollo de productos innovadores.

Trabajamos con gente comprometida y con una ética común, para un crecimiento rentable y sostenible.

Nuestra misión es ofrecer productos y servicios orientados a satisfacer las necesidades o gustos de los usuarios, utilizando recursos y tecnología

contemporánea. Además la empresa capacita a sus colaboradores actualiza sus productos e invierte en nuevos medios de producción de sus clientes y la realización personal de sus colaboradores y como empresa respeta y observa la ética personal y profesional en todas sus acciones y campañas. PICA es un aporte al progreso de la comunidad.

### **Visión**

Nuestra visión ser una empresa de clase mundial líder en su sector basada en la excelencia de sus productos y servicios, bajo una cultura orientada hacia la calidad y satisfacción del cliente interno y externo y soporta por la óptima capacidad profesional y ética de sus colaboradores.

### **Valores Corporativos**

#### **Integridad**

- Actuar con coherencia.
- Decir la verdad.
- Defender el bien común.
- Cumplir con los acuerdos (Plásticos Industriales C. A., 2018).

#### **Responsabilidad**

- Asumir las propias delegaciones
- Admitir y corregir las fallas.
- Velar por la satisfacción del cliente (Plásticos Industriales C. A., 2018).

#### **Respeto**

- Respeto mutuo entre obreros, personal administrativo y gerente.
- Respeto hacia clientes, proveedores y demás involucrados en la empresa (Plásticos Industriales C. A., 2018).

## **Solidaridad**

- Apoyar a quienes forman el círculo de trabajo de la empresa.
- Apoyar a las iniciativas, comportamientos y acciones que busquen el bien común.
- Perdonar las fallas de los compañeros de trabajo y velar por su corrección (Plásticos Industriales C. A., 2018).

## **Transparencia y honradez**

- Con el cliente.
- Con proveedores.
- Con el personal (Plásticos Industriales C. A., 2018).

## **Políticas Empresariales**

Los empleados y proveedores deben actuar de manera que la compañía tenga la reputación de:

- Ser políticamente imparcial.
- Ser responsable con el Medio Ambiente.
- Entregar productos y servicios seguros y de buena calidad.
- Salvaguardar su integridad y credibilidad.
- Ser consientes en el cumplimiento de sus obligaciones.
- Ser transparente, clara y veraz.
- Respetar a clientes y consumidores.
- Promover el desarrollo de habilidades y la capacitación.
- Practicará una política de equidad en la contratación, desarrollo y remuneración (Plásticos Industriales C. A., 2018).

## Estructura Organizacional

La estructura organizacional de Plásticos Industriales en todas sus plantas y áreas, se muestra un Gerente General, tres Directores y los Gerentes por área, con su respectivo personal.

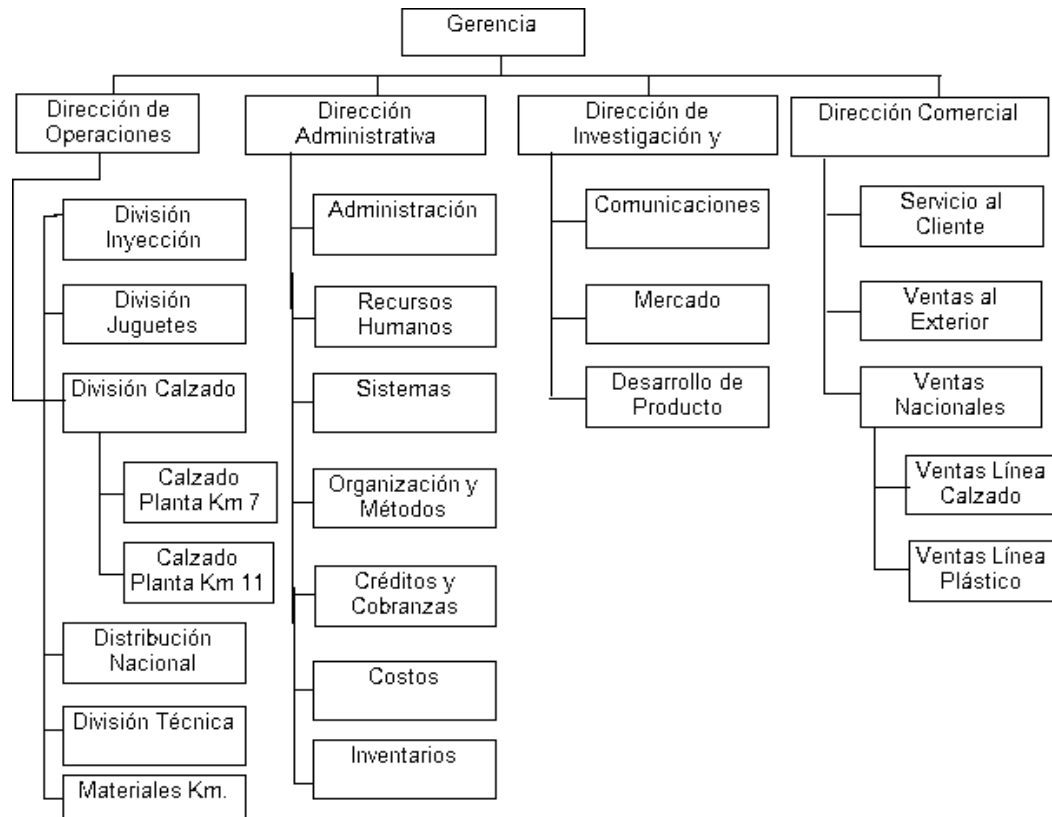


Figura 3. Estructura Organizacional Plásticos Industriales C.A.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

## Organización del Área

Plásticos Industriales C. A. es actualmente la empresa líder en el Ecuador y la única en Latinoamérica que fabrica bajo un mismo techo una extensa variedad de artículos que incluyen desde líneas para el hogar hasta línea de juguetes.

Pica sigue creciendo modernizándose constantemente para servir mejor, hecho que lo demuestra su planta totalmente tecnificada, donde se producen más de 3.000 artículos de diversos tipos, encumbrando a la industria como líder absoluta del mercado.

Entre sus principales líneas, se tiene:

- Línea Hogar (mesas, sillas).
- Línea Industrial (pallets, gavetas).
- Línea de Juguetes.
- Línea de Calzado Kit.
- Línea de Botas 7 Vidas.

### **Cargos y Descripciones**

La investigación se desarrolla en las instalaciones del Km. 9½, teniendo el organigrama donde se muestran los cargos y descripciones de cada colaborador de la empresa.

- **Director de Plantas:** Es el encargado de coordinar con los Gerentes de Departamentos, para la eficiencia y rentabilidad, se encarga de elaborar el presupuesto anual, objetivo por cada departamento y supervisar su rendimiento.
- **Jefe de Producción:** Quien se encarga del control de la planificación del requerimiento de los insumos y materiales, de la mejora continua de los procesos.
- **Jefe de Bodega:** Quien se encarga del correcto almacenamiento y logístico de distribución de los productos.
- **Jefes de Moldes:** Se encarga del mantenimiento de las matrices.
- **Jefe de Mantenimiento:** Se encarga del mantenimiento de las máquinas inyectoras, el abastecimiento de repuestos y la planificación del mantenimiento.
- **Jefe de Calidad:** Se encarga de la calidad de los productos y el control interno de las bodegas de insumos y materia prima.

- **Supervisores de producción:** Supervisa la producción y organiza los cambios de molde.
- **Regulador de máquina:** Realiza los diferentes cambios y regulación de molde.
- **Operario:** Se encarga de rebabar los artículos.

#### **Estadísticas de producción y scrap.**

La línea base del presente trabajo de titulación guarda relación con la evolución del scrap de peletizado durante el año 2016, para el efecto se utilizaron los diagramas de series de tiempo, los cuales manifestaron cuál fue la tendencia del scrap en cada periodo mensual del año en mención:

Tabla 1. *Evolución del % scrap de peletizado en Plásticos Industriales C.A. 2016*

| <b>Mes</b>           | <b>Suma de Prod.</b> | <b>Suma de Scrap Kg</b> | <b>Promedio de Scrap %</b> |
|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|
| Enero                | 266.905              | 13.065                  | 4,67%                      |
| Febrero              | 214.738              | 12.348                  | 5,44%                      |
| Marzo                | 194.682              | 14.394                  | 6,88%                      |
| Abril                | 196.007              | 17.246                  | 8,09%                      |
| Mayo                 | 212.340              | 17.721                  | 7,70%                      |
| Junio                | 252.438              | 19.569                  | 7,19%                      |
| Julio                | 228.325              | 18.355                  | 7,44%                      |
| Agosto               | 278.972              | 27.057                  | 8,84%                      |
| Septiembre           | 294.429              | 16.473                  | 5,30%                      |
| Octubre              | 254.038              | 8.914                   | 3,39%                      |
| Noviembre            | 216.469              | 8.310                   | 3,70%                      |
| Diciembre            | 185.966              | 9.736                   | 4,97%                      |
| <b>Total general</b> | <b>2.795.306</b>     | <b>183.189</b>          | <b>6,15%</b>               |

Tomado de la Planta de productos peletizados de Plásticos Industriales C. A.

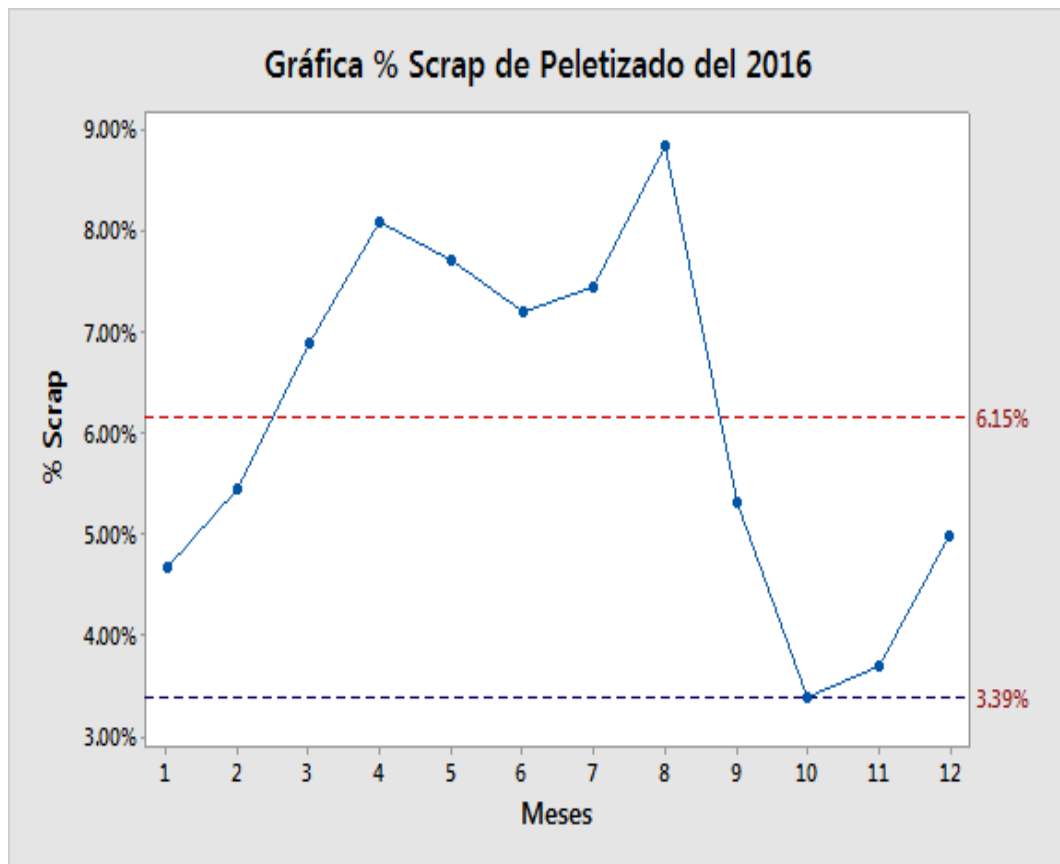


Figura 4 .Diagrama de serie de tiempo del % scrap de peletizado Tomado de Plásticos Industriales C.A. (2018).

La evolución del scrap por meses en el año 2016, evidenció que mantuvo una tendencia irregular, iniciando en enero con un porcentaje cercano al 5%, subiendo en febrero al 5,5%, en marzo al 7%, en abril al 8%, descendiendo en mayo y junio, hasta llegar al 7%, mientras que en julio aumentó nuevamente a 7,5%, continuando su tendencia a la alza en agosto, cerca del 9%, su cifra más elevada, descendiendo en septiembre al 5%, hasta llegar en octubre a su nivel más bajo (3,39%), subiendo nuevamente en noviembre hasta llegar a cifras cercanas al 4% y finalizar en diciembre con 5% de scrap en la planta de productos peletizados.

### Marco Legal

La legislación nacional ha delineado las condiciones necesarias para el desarrollo económico del Ecuador, por esta razón, se han considerado en el marco

legal, la Constitución de la República, el Código Orgánico de la Producción, que fue denominado por sus siglas como COPCI, debido a que también tiene implicaciones directas con el Plan Nacional de Desarrollo, que promueve el crecimiento de la matriz productiva.

### **Constitución de la República**

La Constitución de la República establece en varias normativas el régimen de desarrollo económico y su asociación con el crecimiento de la matriz productiva, como se puede observar en los artículos 275 al 320 de este cuerpo de leyes (Asamblea Nacional Constituyente, 2008).

El impulso para el mejoramiento de la producción debe promover el desarrollo sostenible y sustentable, razón por la cual, Plásticos Industriales C.A., está empeñado en la producción de artículos con base en materia reciclado, de modo que se evite la contaminación y se reduzcan costos en los procesos productivos.

### **Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones**

El artículo 4 del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones establece los fines del sistema productivo, entre los cuales se cita el impulso al crecimiento de la matriz productiva, tal como lo manifiesta también el artículo 277 de la Constitución de la República y los subsiguientes correspondiente a la sección del régimen de desarrollo (Asamblea Nacional, 2010).

Es innegable que el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, guarda relación directa con la planificación del desarrollo estipulado en el Plan de Desarrollo que tienen vínculos con el buen vivir, por lo que Plásticos Industriales PICA mantiene la expectativa de cumplir con esta normativa a través



de sus reglamentos y procedimientos internos, para contribuir con el progreso de la localidad y del país.

### **Plan Nacional de Desarrollo**

Los cambios que experimentó la legislación en los dos últimos años, generaron que se modifique el Plan Nacional del Buen Vivir, que tuvo vigencia desde el 2009 al 2017 y se lo reemplazó por el Plan Nacional de Desarrollo, el cual consta del complemento “Toda Una Vida” cuyos cuarto y quinto objetivo se refieren a la estrategia para el crecimiento del aparato productivo nacional (Secretaría Nacional para la Planificación del Desarrollo, 2013).

En efecto, en la segunda sección del Plan Nacional de Desarrollo, se hace referencia a los manifiestos del Buen Vivir, expresados en los objetivos 4 y 5, que hacen referencia directamente a la política de desarrollo económico que tiene fundamento en los Art. 275 al 320 de la Carta Magna.

## **Capítulo III**

### **Metodología y resultados**

Dentro de este capítulo se describirá los métodos utilizados para el desarrollo del trabajo investigativo, así como el diseño de la investigación, donde consta la recolección de información que tiene como finalidad aclarar todas las interrogantes que se presenten durante el presente trabajo. El alcance de la investigación se compone de varios factores, así mismo las variables del estudio que se despliega en dependiente e independiente y los debidos tipos de investigación, con técnicas que se emplean de acuerdo a la población y muestra, para posteriormente analizar los resultados obtenidos.

#### **Diseño de la investigación**

Según lo manifestado por Hernández, Fernández y Baptista (2014) el diseño de la investigación es donde se establecen los procesos que se deben desarrollar con la finalidad de recabar información sobre un determinado tema, el mismo que permitirá responder algunas interrogantes suscitadas con el problema o fenómeno que se analiza.

De acuerdo al criterio del autor del párrafo anterior, la presente investigación permite adoptar una metodología no experimental, haciendo posible la recolección de información que permita identificar los problemas que producen la generación de Scrap del área de peletizado y hagan posible la validación de las causas analizando la generación de Scrap de manera verificable y para plantear posibles soluciones al problema de generación de Scrap.

Considerando que este estudio busca analizar la relación de las variables Scrap versus productividad, en el proceso de peletizado del área de mezclas, para encontrar las posibles causas que generan el alto desperdicio, con la finalidad de

encontrar las causas que incrementan el indicador de Scrap de peletizado y usar esta capacidad para producir Kg de materia prima en buen estado, siendo necesario recolectar información que permita realizar el estudio de una manera sistematizada, de modo que se logre recaudar datos a través de la observación directa en el área de peletizado de la planta de Plásticos Industriales C.A. usando la metodología Six Sigma.

### **Alcance de la investigación**

El presente proyecto de investigación determina su alcance de acuerdo a varios factores de entre los cuales se formulan los siguientes:

- El análisis se lo plantea en una empresa privada de transformación de termo plástico.
- Se encuentra domiciliada en la provincia del Guayas, en la ciudad de Guayaquil.
- El periodo del análisis comprende los años 2016-2017-2018.
- La investigación será desarrollada y aplicada en colaboración con el personal de planta y de mandos medios de la división Inyección.
- La data será descargada de los sistemas informáticos de Plásticos Industriales C.A.
- La presente investigación cuenta con la aprobación, apoyo y compromiso de la Gerencia General de la compañía.

## **Variables de la Investigación**

- **Variable dependiente**

Productividad del área de Peletizado de Plásticos Industriales C.A.

- **Variable independiente:**

Nivel de Scrap en el área de Peletizado de la Planta de Plásticos Industriales C.A.

## **Tipo de investigación**

Arias (2014) indicó que la investigación descriptiva permite la “observación y detalle del comportamiento de un hecho o conflicto en estudio, evitando la influencia de alguna manera, considerando el apoyo de las técnicas de la encuesta, entrevista u a través de observación directa para la recopilación de los datos” (p. 135).

Mediante la investigación descriptiva se procede a determinar la problemática referente a la deficiencia en la clasificación de scrap de la planta de inyección también se ha encontrado materiales recogido de piso a procesar contaminados con tierra fórmulas a procesar con alto contenido de polietileno y continuos taponamientos de las máquinas peletizadoras esto ocasiona como problema principal un elevado nivel de scrap en el área de peletizado lo cual se ve reflejado en el aumento del indicador de scrap.

Se aplicó la investigación de campo, considerando el criterio de Poole (2014) indicó que se “refiere a la recolección de información de datos directamente de las fuentes primarias, que se considera el lugar donde se presentan los hechos” (p. 52).

Por lo expuesto se considera la importancia de la investigación de campo para recolectar datos relacionados con los problemas enfocados que producen la

generación de scrap del área de peletizado y validar si las causas analizadas de generación de scrap son verificables y plantear posibles soluciones al problema de generación de scrap.

### **Método**

De acuerdo con los autores Morán & Alvarado (2014), “el método de una investigación científica se define como la serie de pasos que conducen a la búsqueda de conocimientos mediante la aplicación de métodos y técnicas, por lo que se clasifica en documental, de campo, experimental, explorativa, entre otras”,

La presente investigación aplica el método cuantitativo, por la razón de que esta “metodología se emplea la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente el uso de estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población” (Escobar, 2014). Al respecto, se aplicaron técnicas cuantitativas para expresar los resultados de la investigación, donde se determinó la evolución de los niveles de scrap, mediante gráficos de series de tiempo.

De acuerdo con el criterio de Bernard (2012) la investigación es de tipo deductivo, porque “consiste en una forma de razonamiento lógico que partiendo de una ley o verdad general llega a los casos o hechos particulares. La deducción es el método por el cual se procede de lo general a lo particular, de lo conocido a lo desconocido”. Por esta razón, se puede describir que mediante la investigación deductiva, es posible abordar el estudio de manera general para analizar los problemas enfocados que producen la generación de scrap del área de peletizado y validar si las causas analizadas de generación de scrap son verificables y plantear

posibles soluciones al problema de generación de scrap, además del uso de la herramienta informática para el levantamiento de gráficas estadísticas.

El primer paso para aplicar el método Six Sigma consiste en la fase de la definición, en esta etapa se analiza la situación actual del proceso o servicio que se desea mejorar se establece la línea base del proceso, para de esta manera tomar la fotografía de la situación actual, es la manera de conocer los niveles o indicadores del objeto de estudio. Luego se levanta el diagrama SIPOC, que define el proceso en sí, con sus entradas y salidas así como también define sus proveedores. Con esta información se establece el objetivo a alcanzar, hay varios métodos para fijarse el nuevo objetivo, uno de los más utilizados es establecer la media de la métrica analizada y jugar entre los valores más altos o bajos obtenidos en el periodo de tiempo estudiado y establecer un gap de acuerdo al target que se quiere alcanzar. Una vez establecida la meta se realiza el análisis económico del proyecto, se debe establecer los niveles de ahorro tangibles que la compañía va a obtener producto de las mejoras. Finalmente en esta etapa se elabora el Project Charter, que no es otra cosa que una carta o tabla donde se coloca el resumen del proyecto incluyendo los miembros del equipo, que deberá estar conformado por un sponsor, un líder del proyecto, un experto del proceso a mejorar y un miembro de cada equipo de los procesos que definimos en el Supplier Inputs Process Outputs Customers (SIPOC) (Alderete & Colombo, 2016).

Con base en este objetivo, continua la fase de medición, esta etapa de la metodología busca a través de la medición del proceso, establecer cual o cuales son los factores que están influyendo en la problemática del objeto de estudio. Se debe establecer el factor de estratificación que consiste en definir cuáles serán las posibles variables que puedan afectar el proceso, se puede medir la producción

por día de la semana, por turno, por operario, por canales de venta, etc. Luego se define el cómo se levantarán estos datos para lo cual se establece un plan de recolección de datos y se empieza a registrar data para que posteriormente se pueda analizar, cabe indicar que como todo método de mejora continua se necesitan de datos. Con la data levantada y con la ayuda de las herramientas estadísticas se definen los problemas enfocados, que son los resultados que muestran mayor evidencia de afectación al proceso en estudio (Castañeda, 2015).

Posterior a la fase de medición, se realiza la etapa de análisis. En esta etapa lo primero que se recomienda hacer es restablecer las condiciones básicas del proceso, consiste en que con el equipo de trabajo, utilizando la lluvia de ideas y con reuniones con el equipo multidisciplinario, se establecen las diferentes causas que están interfiriendo en el proceso y que en el transcurso del tiempo se han desmejorado, ejemplos claros son: cuchillas desgastadas en un molino, temperatura del agua fuera de rango, en lo comercial, restablecer nuevas rutas de cobro, etc. Una vez restablecidas las condiciones básicas del proceso se debe trabajar con los problemas enfocados encontrados en la fase de medición y nuevamente con el equipo se debe trabajar con la técnica de identificar la causa raíz de cada problema encontrado, es menester que las posibles causas sean trabajadas en equipo y que todos participen. Con esta nueva información se prosigue a elaborar la matriz de causa efecto, una por cada problema enfocado, la ponderación se la trabaja de acuerdo a la experiencia del equipo cada uno valora las causas de acuerdo a lo que consideran de mayor o menor relevancia (Felizzola & Luna, 2014). Luego se elabora la matriz de ponderación en donde se evalúa las causas que tienen mayor o menor impacto en el proceso y las que son fáciles o difíciles de controlar. Con la ayuda de la estadística se verifican las causas y se

determina si hay suficiente evidencia estadística para confirmar que la causa analizada es o no válida. Entre las herramientas estadísticas usadas en este trabajo está la prueba t de dos muestras es una de las pruebas que se utiliza para verificar hipótesis. Se aplica para comparar si las diferencias promedio entre dos grupos de datos es realmente significativa o no. La prueba de Mann Whitney es un método para comparar dos muestras aleatorias independientes (x e y): donde se agrupan muestras de tamaño  $n_1$  y  $n_2$ . Con las causas verificadas se trabaja con la técnica de los cinco porqués y se llega a la causa raíz de cada problema enfocado (Herrera, 2015).

Las siguientes fases del método Six Sigma son las etapas de mejora y control, previo a ejecutar las mismas, se presentan las alternativas de solución a partir de las causas raíces encontradas con las técnicas de los cinco porqués y los diagramas de Ishikawa, prosiguiendo con la matriz de ponderación de alternativas de soluciones, en donde se escogen las mejores opciones para la empresa, aquellas que cumplan con el objetivo, con la mayor eficiencia posible (Navarro, Gisbert, & Pérez, 2017).

En la fase de mejora se planifica la implementación de la propuesta, en la cual se deben realizar los experimentos incluidos dentro de las solución, realizando cada alternativa paso a paso, para el efecto, se debe realizar también el levantamiento de variables de cada proceso, de modo que se pueda escoger la mejor alternativa con base en los resultados del experimento, después de ello, se requiere implementar los controles necesarios para que el nuevo estándar referido al porcentaje de scrap se mantenga por el tiempo que dure la propuesta que la alta dirección de la empresa PICA haya decidido implementar. En caso de tener una desviación en indicador del proceso se debe instruir al personal operativo para que



ellos mismos realicen su espina de pescado y encuentren la causa raíz de la desviación.

### **Técnica de la investigación**

La técnica aplicada fue la observación directa de los procesos que se realizan en la planta, de modo que se logre determinar los problemas enfocados que producen la generación de scrap del área de peletizado y validar las causas analizadas, para posteriormente establecer una propuesta que permita disminuir el nivel de scrap en el área de peletizado de la Planta de Plásticos Industriales C.A. usando la metodología Six Sigma (Jiménez E. , 2015).

La metodología Six Sigma es la técnica de ingeniería que será utilizada como mecanismo para la solución del problema del scrap en la planta de producción de PICA, cuya teoría se fundamentó también con los estudios referenciales sobre este tópico, la cual además utiliza otras herramientas ingenieriles, como es el caso de los diagramas SIPOC, series de tiempo, Ishikawa, los cinco porqués, entre las más relevantes, que fueron descritas conceptualmente en el capítulo anterior.

### **Población y Muestra**

La población, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) “es el conjunto de elementos que intervienen en un determinado estudio”, en el presente estudio la población considerada son 68 productos o mezclas que se fabrican en el área de peletizado de la Planta de Plásticos Industriales C.A, de acuerdo con la teoría del mismo autor, “cuando la población es menor a 100 unidades, no se debe aplicar fórmula muestral”, por lo que se considera como una población finita, y el criterio de D' Angelo (2016) expuso que la población finita “es la agrupación en la que se conoce la cantidad de unidades que la integran”. Es decir que existe un

registro documental donde constan las unidades, por esta razón las cantidades mencionadas anteriormente en la población es igual a la muestra y no es necesario la aplicación de alguna fórmula.

### **Levantamiento de la información**

Para realizar el levantamiento de la información se tomó la documentación (registros) de la planta de peletizado, se analizó los datos de producción y de scrap en Kg, luego se tabuló los resultados obtenidos y se procedió a ingresarlos en la hoja de cálculo del programa Microsoft Excel, obteniendo las tablas y gráficos y demás técnicas de ingeniería, tales como: diagrama SIPOC, diagrama de series de tiempo, diagrama de Ishikawa, entre otros, para determinar las acciones a tomar para los problemas enfocados encontrados en el proceso de peletizado.

### **Análisis de Resultados**

El análisis de los resultados de la investigación de campo, bajo la aplicación de la metodología Six Sigma, se efectuó con base en las etapas que componen esta herramienta de gestión, es decir, con base en el desarrollo sistemático de las siguientes fases: definición, medición, análisis, mejora y control.

En los siguientes párrafos correspondientes al análisis de los resultados, se hará referencia solo a tres etapas, que son: definición, medición y análisis, porque la mejora y control forman parte del capítulo de la propuesta.

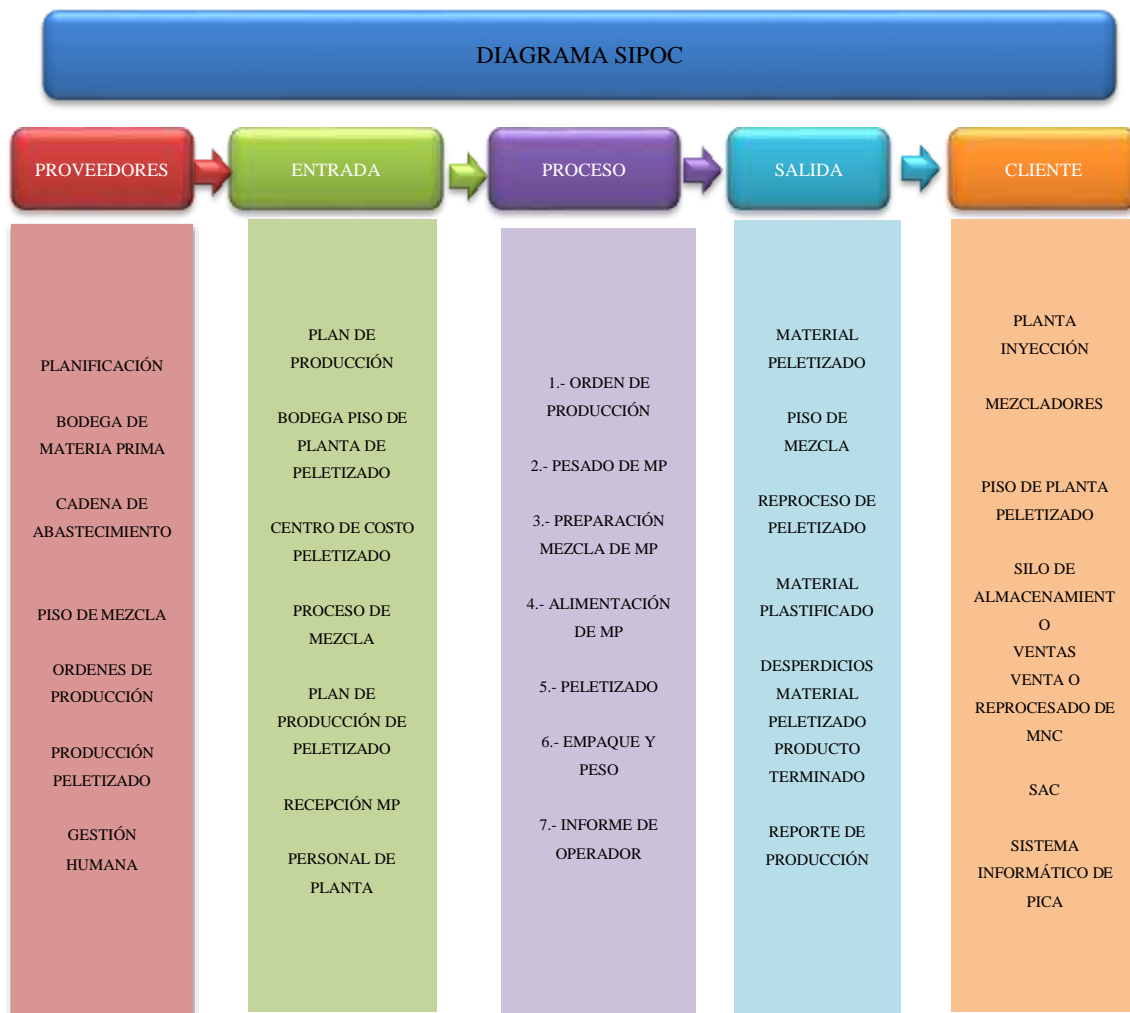
En los siguientes párrafos se empezará a describir las fases de la metodología Six Sigma, inherentes a las fases de la definición, medición, análisis, mejora y control, con sus correspondientes herramientas.

## **Fase Definición**

Al respecto, el primer paso de la metodología Six Sigma consistió en definir la problemática que se relaciona con el scrap en la planta de producción de Plásticos Industriales C.A., cuya declaración del problema es la siguiente:

- **¿Qué?** Elevado nivel de scrap
- **¿Dónde?** En el área de peletizado
- **¿Cuándo?** Años 2016, 2017 y 2018. Se eligió el año 2016, para analizar los datos del scrap y su incidencia en la producción de la empresa PICA, porque fue una decisión de la alta dirección, para aprobar la solicitud de ingreso y permitir la ejecución de la presente investigación en el área de producción de la compañía.
- **¿Qué tanto?** En un 7,7% en el año 2016.
- **¿Cómo lo sé?** Mínimo resultado de scrap, 3,39%

Con base en la declaración del problema, fue necesaria la elaboración del diagrama Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customer (SIPOC), cuya traducción al español significa diagrama Proveedor - Entradas - Proceso - Salidas – Clientes. Con el uso de esta herramienta se facilitó la observación de la gestión del proceso para la elaboración de los productos que elabora PICA, con base en el uso de resinas plásticas, en calidad de materia prima, cuyo esquema se presenta seguido:



*Figura 5. Diagrama SIPOC de Plásticos Industriales C.A.*

Tomado de Plásticos Industriales C. A (2018).

El diagrama SIPOC, sirve para identificar el proceso a analizar y sus entradas y salidas, así como también a reconocer cuales son los proveedores de cada entrada y los clientes de cada salida. Otra de las bondades de este diagrama es que ya al tener identificado todo el proceso muestra claramente cuáles serán los actores que intervendrán en cada actividad por lo tanto es más fácil conformar el equipo de trabajo.

**Planteamiento del Objetivo.** – El objetivo para la propuesta de aplicación de la metodología Six Sigma, es igual a 3,39% de Scrap de peletizado, por ser el nivel más bajo obtenido en el año 2016:

En el siguiente cuadro, se calcula el valor monetario de la pérdida por concepto del scrap que superó el 3,39% en el área de peletizado, considerando la tarifa de hora-hombre, hora-máquina y energía eléctrica. Se destaca que la pérdida a calcular, también representará el beneficio que se espera obtener con la implementación de la mejora que surja del diagnóstico de este problema:

Tabla 2. *Cálculo de la reducción de Scrap de peletizado en PICA.*



|                                 |                    |                      |                               |             |
|---------------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------------|-------------|
| Producción 2016 (Kg.)           | 2.795.306          |                      |                               |             |
| Scrap (Kg.)                     | 183.189            |                      |                               |             |
| % de Scrap                      | 6,15%              |                      |                               |             |
| Tarifa scrap (\$/Kg.)           | 0,1                |                      |                               |             |
| Tarifa energía (\$/Kg.)         | 0,11               |                      |                               |             |
| Tarifa hora hombre (\$/h)       | 2,75               |                      |                               |             |
| Tarifa de maquila (\$/Kg.)      | 0,25               |                      |                               |             |
| <b>Beneficio estimado</b>       | <b>Scrap (Kg.)</b> | <b>Horas de paro</b> | <b>Reducción de energía %</b> | <b>U\$D</b> |
| Beneficio de reducción de scrap | 77.162             |                      |                               | 7.716       |
| Beneficio por horas de paro     |                    | 207                  |                               | 568         |
| Beneficio por energía eléctrica |                    |                      | 45%                           | 8.469       |
| Total beneficio                 |                    |                      |                               | 16.753      |

Tomado de la Planta de productos peletizados de Plásticos Industriales C. A.

El beneficio adicional que espera obtener la empresa Plásticos Industriales C. A., por concepto del aumento de capacidad, al implementar la mejora de acuerdo a la metodología Six Sigma, será igual a 183.189 Kg adicionales, equivalente a un beneficio total de \$29.118,15.

**Project Charter.** – Con base en el diagrama de serie de tiempo que presenta la evolución del porcentaje del Scrap de peletizado en la empresa Plásticos Industriales C. A., se elaboró el diagrama de Project carácter, para la identificación de la información más importante sobre la propuesta, como se muestra a continuación:

Tabla 3. *Título del proyecto: elevado nivel de scrap en el área de peletizado*

|    |                  | Project Title: Elevado Nivel de Scrap en el Área de Peletizado  |                                |                                      |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
|--|------------------|---|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------|------------|---------------|------------------------|-----|---------------------------------|--------|--|--|-------|---------------------------|--|-----|--|-----|-------------------------------|--|--|-----|-------|------------------------|--|--|--|---------------|
|  |                  | Project Mgmt  | Project Champion               | Executive Sponsor                    | SMB                         |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
|  |                  | G. Yépez / S. Alvar   | Jorge Gaden<br>Gerente General | Ricardo Agüero<br>Director de Ventas | Marcos Buestan              |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Primary Metric   |                  | Secondary Metric  |                                |                                      |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
|    |                  |   |                                |                                      |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Problem Statement  |                  | Business Case or Financial Risk   |                                |                                      |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| <p>Elevado Nivel de Scrap en el área de Peletizado desde enero del 2016, presentando un nivel de 6.15%. siendo nuestro objetivo el 3.39%</p> |                  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>BENEFICIO ESTIMADO</th> <th>SCRAP (kg)</th> <th>Horas de paro</th> <th>Reduccion de energia %</th> <th>USO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Beneficio de reducción de scrap</td> <td>77,162</td> <td></td> <td></td> <td>7,716</td> </tr> <tr> <td>Beneficio x horas de paro</td> <td></td> <td>207</td> <td></td> <td>363</td> </tr> <tr> <td>Beneficio x energía eléctrica</td> <td></td> <td></td> <td>45%</td> <td>8,469</td> </tr> <tr> <td><b>Total Beneficio</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><b>16,753</b></td> </tr> </tbody> </table> <p>Beneficio adicional : Por el aumento de capacidad generamos 82,435.00 Kg adicionales, esto equivale a un beneficio total de \$ 29,118.15</p> |                                |                                      |                             | BENEFICIO ESTIMADO | SCRAP (kg) | Horas de paro | Reduccion de energia % | USO | Beneficio de reducción de scrap | 77,162 |  |  | 7,716 | Beneficio x horas de paro |  | 207 |  | 363 | Beneficio x energía eléctrica |  |  | 45% | 8,469 | <b>Total Beneficio</b> |  |  |  | <b>16,753</b> |
| BENEFICIO ESTIMADO   | SCRAP (kg)       | Horas de paro   | Reduccion de energia %         | USO                                  |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Beneficio de reducción de scrap  | 77,162           |   |                                | 7,716                                |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Beneficio x horas de paro  |                  | 207   |                                | 363                                  |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Beneficio x energía eléctrica  |                  |   | 45%                            | 8,469                                |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| <b>Total Beneficio</b>   |                  |   |                                | <b>16,753</b>                        |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| High Level Project Timeline  |                  | Constraints & Dependencies  |                                | Project Risks                        |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Phase:   | Start:           | Finish:   | - Clasificación de material.   |                                      | - Experiencia del personal. |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Deliver:   | 15/12/2017       | 18/01/2017  | - Conocimiento.                |                                      |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Milestones:  |                  |   | - Orden y limpieza.            |                                      | - Material contaminado.     |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Assess:  |                  |   | - Tareas sucias.               |                                      |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Improve:   |                  |   |                                |                                      |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Control:   |                  |   |                                |                                      |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Approval/Steering Committee  |                  | Stakeholders & Advisors   |                                | Project Team & SME's                 |                             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Name:  | Organization:    | Name:   | Organization:                  | Name:                                | Organization:               |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Jorge Gaden  | Project Champion | Marcos Buestan  | Coach                          | Greeny Yépez                         | Jefe de Mantenimiento       |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
| Ricardo Agüero   | Sponsor          |   |                                | Sofía Alvar                          | Jefe de Sistemas de         |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
|  |                  |   |                                | Nelson Mora                          | Dep. de Calidad             |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
|  |                  |   |                                | Jefferson Macías                     | Sup. Mta                    |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
|  |                  |   |                                | Carlos Santana                       | Quesador                    |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
|  |                  |   |                                | Daniel Ojeda                         | Quesador                    |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
|  |                  |   |                                | Fernán Alay                          | Quesador                    |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
|  |                  |   |                                | Miguel Méndez                        | Regulador                   |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |
|  |                  |   |                                | José Cruz                            | Regulador                   |                    |            |               |                        |     |                                 |        |  |  |       |                           |  |     |  |     |                               |  |  |     |       |                        |  |  |  |               |

Tomado de la Planta de productos peletizados de Plásticos Industriales C. A. (2018)

**Equipo de Trabajo.** – El equipo de trabajo está conformado por un representante de la alta dirección, quien será el Sponsor del proyecto y se escoge un colaborador de cada área involucrada en el proceso que se desea mejorar, para el proyecto se comprometió a los departamentos de Producción, Seguridad, Mantenimiento, Calidad y Operarios.

### **Fase Medición**

**Factor de Estratificación a Medir.** – La segunda etapa de la metodología Six Sigma, indica que se debe encontrar los factores de estratificación que contribuirán al diagnóstico de los posibles motivos por los cuales se generó el Scrap de peletizado, denominándose esta etapa con el nombre de medición.

Los factores que se van a analizar son los siguientes:



*Figura 6.* Factor de estratificación a medir.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018)

De acuerdo a los factores escogidos, se van a medir la generación de scrap por turno, por máquina, por artículos a producir, por número de cambios de fórmulas, se medirá si la experiencia de los operadores afecta el proceso de peletizado y finalmente se medirá el primer y el segundo turno de producción.

A continuación se presenta el plan de recolección de datos, donde también se expone la definición operacional.

Tabla 4. *Plan de recolección de datos*

| DATOS   |              | DEFINICIÓN OPERACIONAL   |   |  |   |
|---|--------------|--|---|--|---|
| Qué   | Tipo de Dato | Cómo Medir   | Factores de Estratificación   | Muestreo   | Dónde se registra   |
| Elevado nivel de scrap en el área de peletizado | Continuo     | Diariamente se registrarán los datos de producción en 2 turnos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Día</li> <li>• Máquina</li> <li>• Artículo</li> <li>• # Cambios</li> <li>• Experiencia</li> <li>• Turno</li> </ul> | Se registrará una vez por turno los datos de estratificación hasta que esté lista la herramienta informática de recolección de datos | Se registra en un informe del operador, modificado especialmente para el área de peletizado |

Fuente: Planta de productos peletizados de Plásticos Industriales C. A.

De acuerdo al plan de recolección de datos expuesto se recolectaran datos, que se medirán diariamente en dos turnos de producción, los factores de estratificación serán los antes mencionados. Para esta etapa del proyecto la medición de estos datos será manual, porque no se cuenta con una herramienta informática para registrarlos, los datos que se levantan en el Enterprise Resource Plannig (ERP) solo son los Kg producidos por turno, los demás datos serán registrados en un informe del operador diseñado para el área de peletizado y se llevarán a una hoja de Excel. Este formato se lo compartió al departamento de sistemas de la planta y se le solicitó la creación de una herramienta que permita mostrar y tener en línea los todos los datos requeridos.

A continuación se expone en la siguiente tabla, el denominado informe del operador de peletizado:





- Scrap Vs Experiencia del operador de máquina.
- Scrap Vs Turno de producción.

A continuación se presenta la Figura que representa el nivel de Scrap vs. el día de la semana:

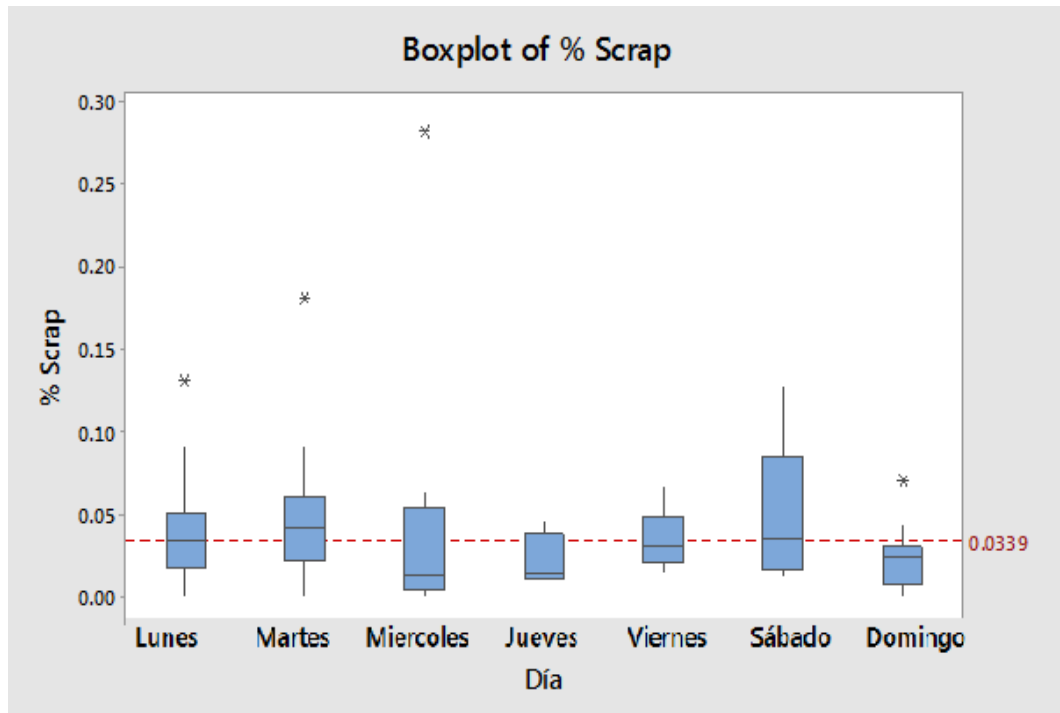


Figura 7. Diagrama de Caja % Scrap vs. Día de la Semana.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

La Figura presenta una evolución irregular del scrap, es decir, que todos los días de la semana se registraron porcentajes distintos de desperdicio, observándose que el día sábado fue el de mayor nivel de scrap, pero el día viernes se obtuvo el menor porcentaje de desperdicio, por lo tanto no se evidencia que los días de la semana sea una causal de generación de scrap.

A continuación se presenta la Figura que representa el nivel de Scrap vs. la máquina peletizadora:

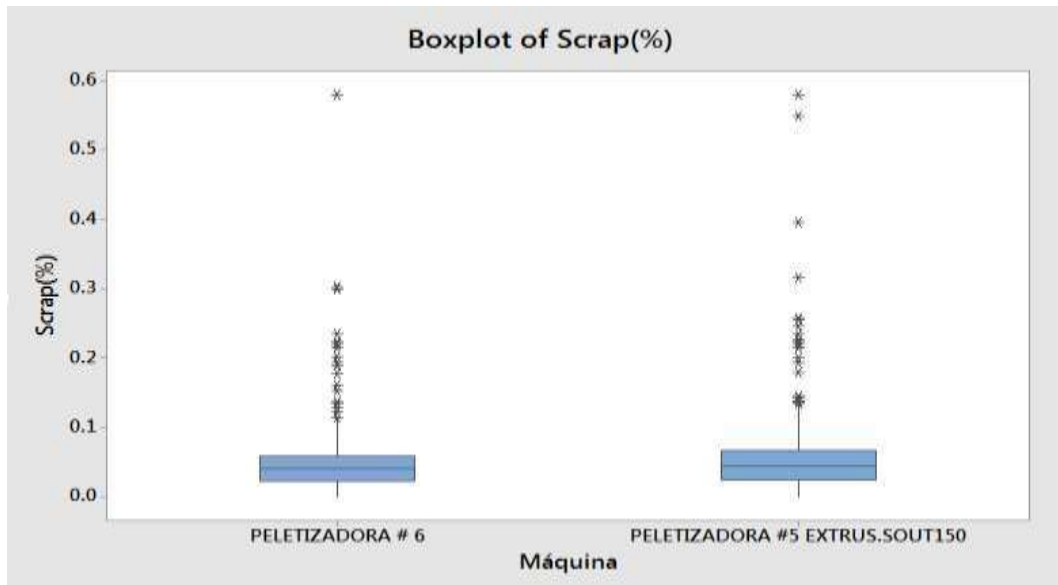


Figura 8. Diagrama de Caja % Scrap Vs Máquina Peletizadora.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

La Figura presenta lo relacionado a los porcentajes de scrap que se reportaron en la peletizadora 6 y 5, donde se aprecia una ligera cantidad superior en la máquina número 5.

A continuación se presenta la Figura que representa el nivel de Scrap vs. los artículos producidos:

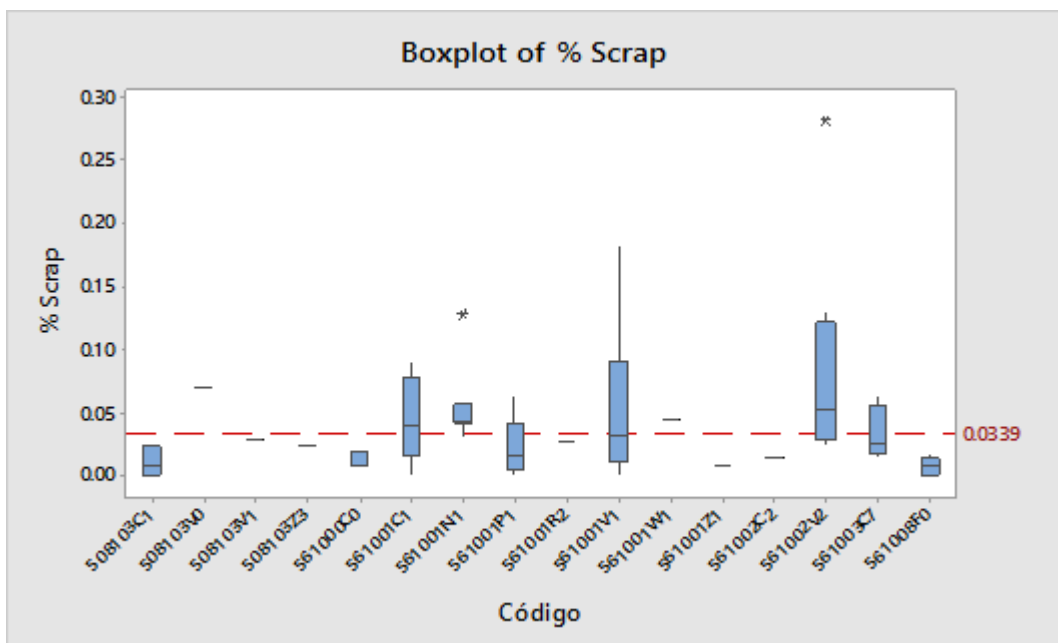


Figura. 9. Diagrama de Caja % Scrap Vs Artículos Producidos.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

La Figura presenta una evolución irregular del scrap, pero esta vez clasificado por códigos de productos, donde el de mayor influencia fue el 561002V2 peletizado de polietileno scrap al 5% elastómero verde Mb y el 561001V1 peletizado de polipropileno scrap al 5% elastómero verde Mb , seguidos por el código 561001C1 peletizado de polipropileno scrap café, que son de mayor porcentaje de scrap, a diferencia del resto, que se encuentra cerca o debajo del límite considerado como el rango de aceptabilidad en el proceso de producción de productos elaborados con base en resinas plásticas, en la planta de PICA.

A continuación se presenta la Figura que representa el nivel de Scrap vs. la experiencia del operador:

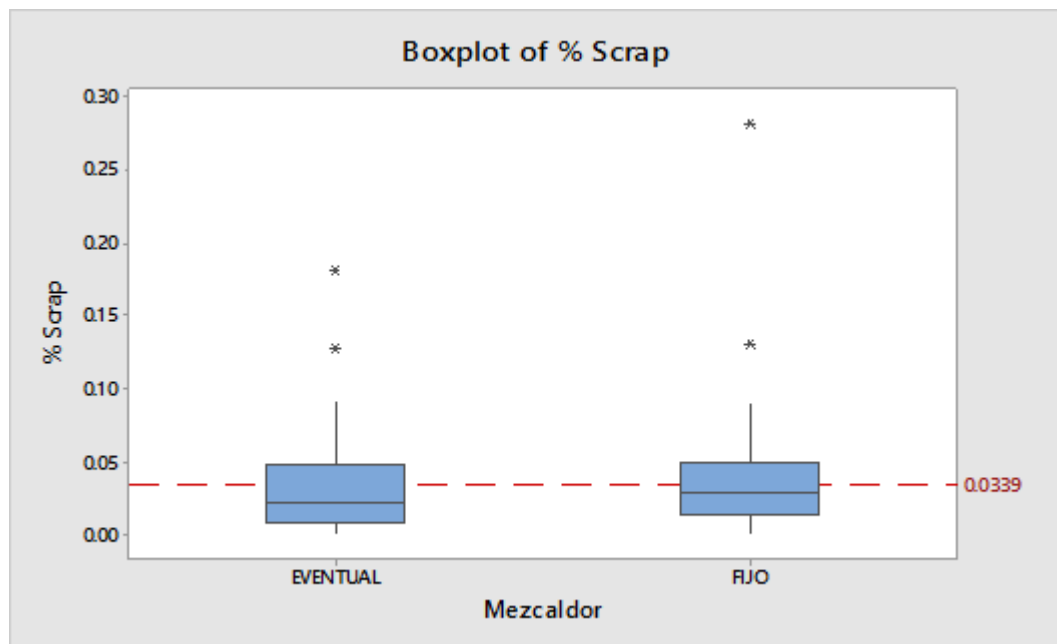


Figura 10. Diagrama de Caja % Scrap Vs Experiencia del Operador.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

La Figura presenta una relación directa entre el scrap que se produce en el mezclador eventual y fijo, donde el fijo que tiene mayor tiempo de trabajo en la producción de bienes elaborados con base en resinas plásticas, ocupa un lugar preponderante y superior, con respecto a la generación del scrap.

A continuación se presenta la Figura que representa el nivel de Scrap vs. el turno de producción:

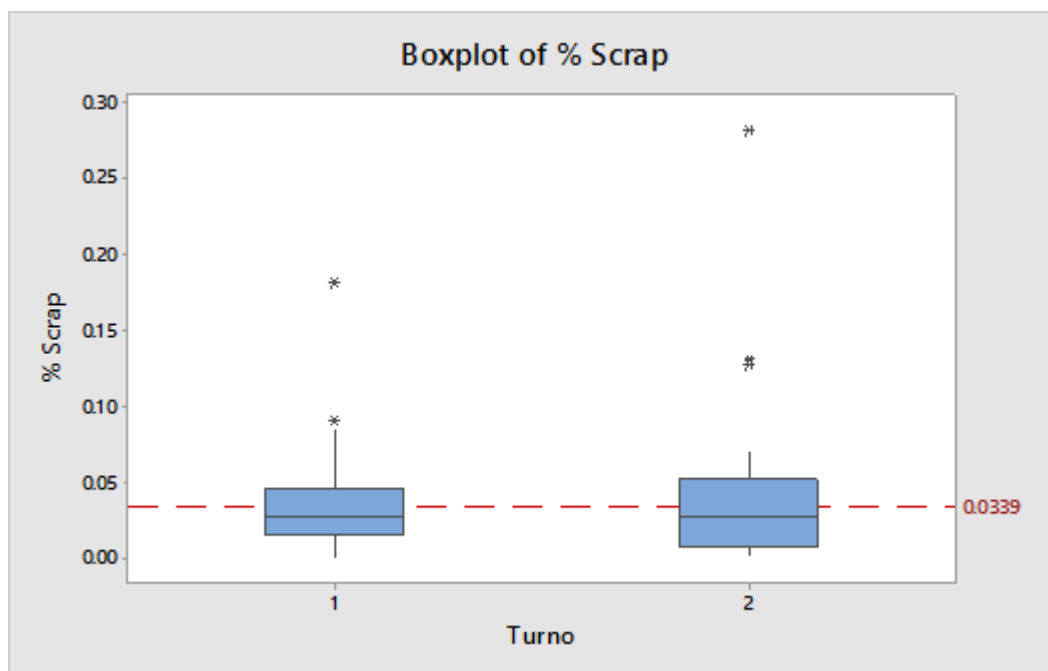


Figura 11. Diagrama de Caja % Scrap Vs Turno de Producción.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

**Problema Enfocado.** – De acuerdo a los gráficos que se elaboraron con la data levantada, se evidenció un elevado nivel de scrap en el área de peletizado en un nivel de 7.9%. Este problema se presenta con mayor frecuencia, en los siguientes productos: 508103V0 peletizado de polipropileno scrap reforzado al 10% verde, 561001C1 peletizado de polipropileno scrap café, 561001V1 peletizado de polipropileno scrap al 5% elastómero verde Mb, 561002V2 peletizado de polietileno scrap al 5% elastómero verde Mb. Sin presentarse mayor variación en la experiencia de los operadores de máquina, los días de la semana así como en los turno de operación. De donde los problemas enfocados se mencionan a continuación:

- Scrap generado por producir fórmulas con materia prima contaminada con tierra (Materiales barridos de piso).

- Scrap generado por producir fórmulas con un alto porcentaje de carbonato de calcio.
- Scrap generado por cabezales de las máquinas peletizadoras en mal estado (Fugas de material por los sellos mecánicos).

### **Fase Análisis**

**Análisis de Causa Raíz.** – Después de restablecer las condiciones básicas del proceso de peletizado, se retoman las reuniones con el equipo de trabajo y en esta ocasión se va a trabajar con el diagrama de causa raíz. A continuación de los diagramas de causa raíz se elabora una matriz causa efecto de análisis de causas cuya nomenclatura va a ser la siguiente:

- 1= Correlación muy remota
- 3= Correlación moderada
- 9= Correlación Fuerte

Como se interpreta la correlación, evidentemente si con el equipo de trabajo se considera que una causa tiene un fuerte impacto en el problema analizado entonces será ponderado con 9 = a una correlación fuerte, se estima que dicha causa impacta de manera moderada al problema lo ponderamos con 3 y por último si la correlación con el problema estudiado es muy remota lo ponderamos con 1.

Cada correlación será multiplicada por 10.

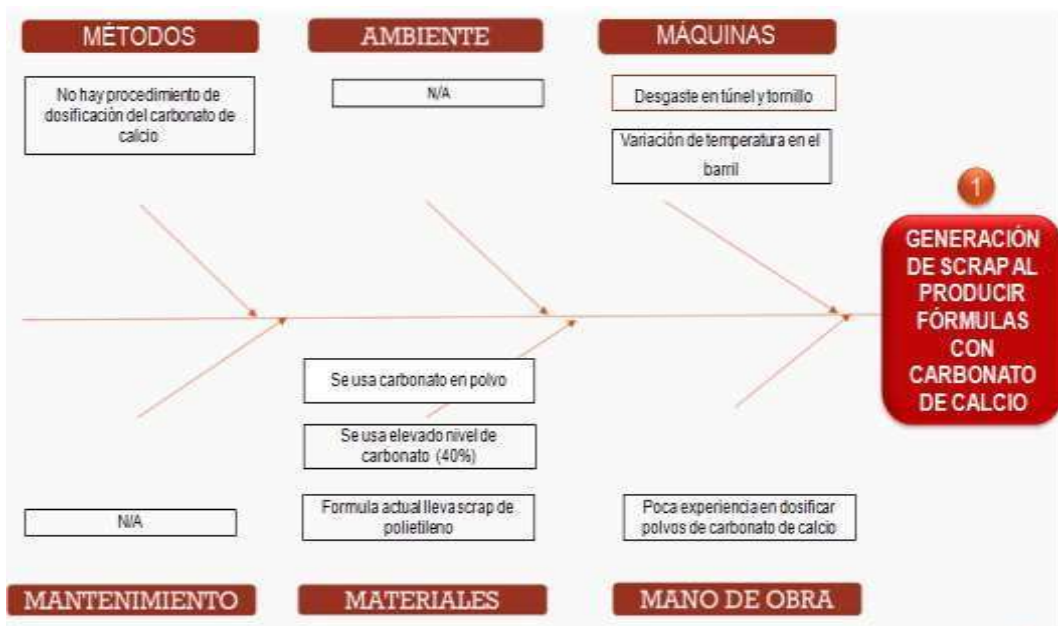


Figura 12. Diagrama Ishikawa generación de Scrap al producir fórmulas con Carbonato de Ca.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

Para tener una mejor apreciación de lo referido, se realizó una matriz causa y efecto de generación del scrap al producir fórmulas con carbonato de calcio.

Tabla 6. Matriz causa y efecto

| MATRIZ CAUSA Y EFECTO GENERACIÓN SCRAP AL PRODUCIR FÓRMULAS CARBONATO DE CALCIO |                     |       |
|---|---------------------|-------|
| MATRIZ CAUSA Y EFECTO   | VARIABLE DE SALIDAD | TOTAL |
|   | GENERACION DE SCRAP |       |
| Fórmula actual lleva elevado consumo de carbonato de calcio (40%)               | 9                   | 90    |
| No hay procedimiento de dosificación del carbonato de calcio                    | 3                   | 30    |
| Desgaste en túnel y tornillo  | 3                   | 30    |
| Variación de temperatura en el barril   | 3                   | 30    |
| Se usa carbonato en polvo   | 9                   | 90    |
| Fórmula actual lleva scrap de polietileno                                       | 9                   | 90    |
| Poca experiencia en dosificar polvos de carbonato de calcio                     | 1                   | 10    |

Tomado de la Planta de productos peletizados de Plásticos Industriales C. A.

(2018)

En la siguiente Figura se detalla el diagrama de Ishikawa o causa y efecto, inherente a la producción con material contaminado.

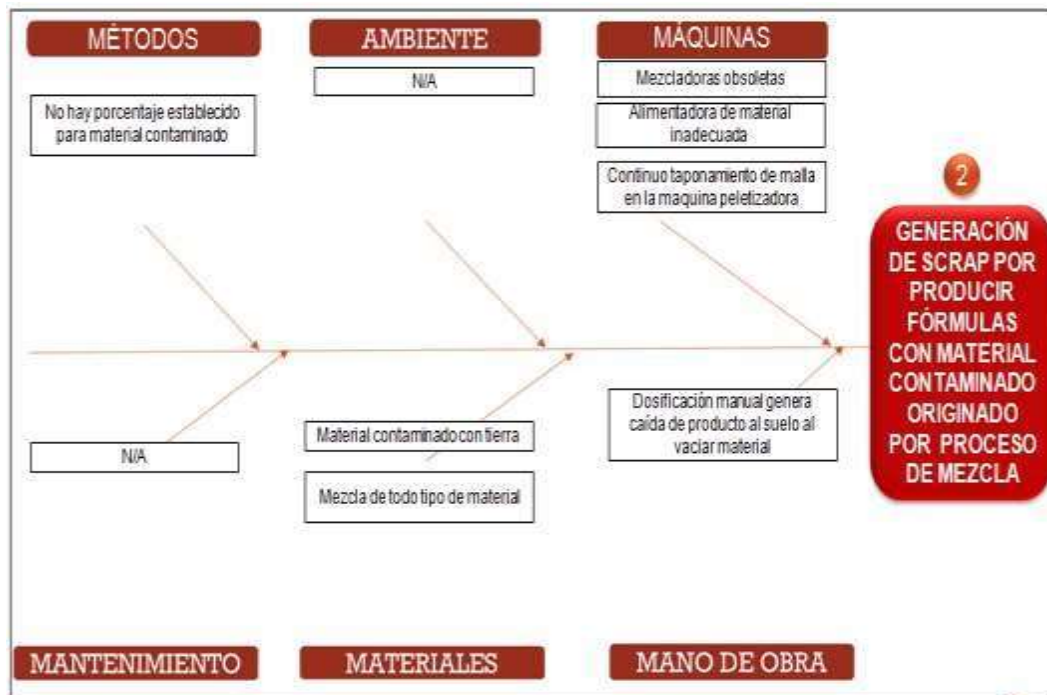


Figura 13. Diagrama Ishikawa generación de Scrap al producir fórmulas con Materiales Contaminados por proceso de Mezcla. Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

Varias de las causas que contribuyeron a la aparición del scrap, están asociadas a la falta de un procedimiento de dosificación del carbonato de calcio, además que se utiliza carbonato en polvo, a veces en un nivel considerable y la fórmula actual lleva scrap de polietileno; pero también las fallas en las máquinas pueden derivar en desperdicio de producto, por concepto de desgaste del túnel y tornillo, variaciones de temperatura en el barril y la inexperiencia en la dosificación del carbonato de calcio.



Tabla 7. Matriz causa y efecto generación de Scrap por producir fórmulas con materiales contaminados por proceso de mezcla.

| Matriz causa y efecto                                     | Variable de calidad | Total |
|---|---------------------|-------|
|   | Generación de Scrap |       |
| Mezcladoras obsoletas                                     | 9                   | 90    |
| Alimentadora de material inadecuada                       | 1                   | 10    |
| Continuo taponamiento de malla en la máquina peletizadora | 9                   | 90    |
| Material contaminado con tierra                           | 9                   | 90    |
| Mezcla de todo tipo de material                           | 9                   | 90    |

Tomado de la Empresa Plásticos Industriales C.A. (2018).

Se pudo apreciar que las principales causas para la generación del scrap, están donde no hay porcentaje establecido para el control del desperdicio del material contaminado con tierra y mezclados con otros materiales; las máquinas participan en la ocurrencia del problema en cuestión, porque algunos mecanismos de las mezcladoras son obsoletas y no han sido reemplazados, o el uso de repuestos inadecuadas en los tornillos alimentadores, ocasionando un taponamiento continuo de la malla en la máquina peletizadora, además que se observó que la dosificación manual genera caída de producto al suelo al vaciar material.

En la siguiente Figura se detalla el diagrama de Ishikawa o causa y efecto, inherente a la producción con cabezal en mal estado.

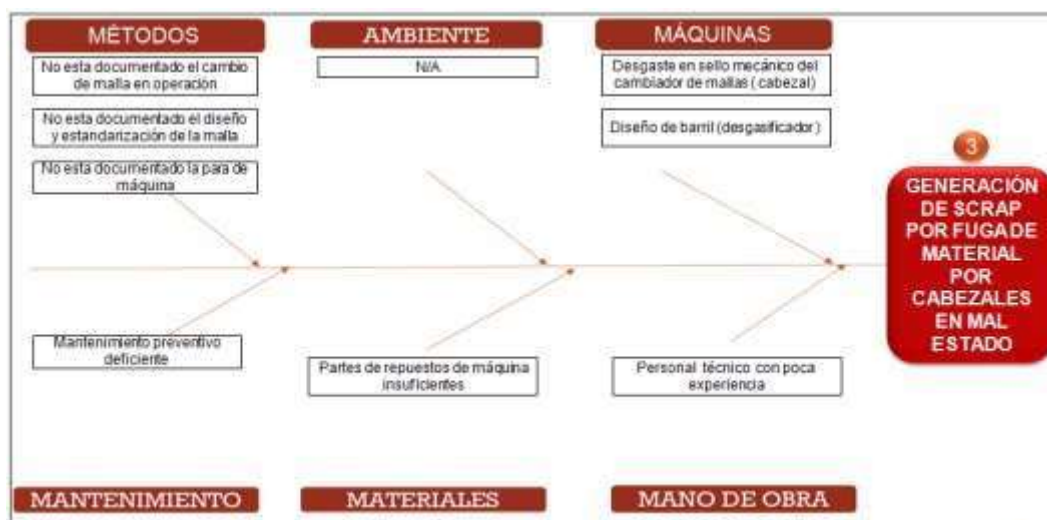


Figura 14. Diagrama Ishikawa generación de Scrap por Fugas de Material por cabezales en mal Estado.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).





Tabla 8. Matriz causa y efecto generación de Scrap por fuga de material por cabezales en mal estado.

| Matriz causa y efecto  | Variable de Calidad | Total |
|--|---------------------|-------|
|  | Generación de Scrap |       |
| No está documentado el diseño y estandarización de la malla  | 3                   | 30    |
| No está documentado la “para” de maquina                     | 3                   | 30    |
| Desgaste en sello mecánico del cambiador de mallas (cabezal) | 9                   | 90    |
| Diseño de barril (desgasificador)                            | 1                   | 10    |
| Mantenimiento preventivo deficiente                          | 3                   | 30    |
| Partes de repuestos de máquinas insuficientes                | 9                   | 90    |
| Personal técnico con poca experiencia                        | 1                   | 10    |

Tomado de la Empresa Plásticos Industriales C.A. (2018)

Otras de las causas para que se genere scrap, hacen referencia a la falta de documentación sobre el cambio de malla en operación, así como el mantenimiento preventivo deficiente de la misma; además, que puede ser ocasionada también, por desgastes en el sello mecánico del cambiador de mallas (cabezal), porque el personal operacional no acredita la experiencia suficiente y porque los repuestos de las máquinas no son los requeridos.

Tabla 9. *Plan de verificación de causas*

| Causas potenciales<br>Xs  | Teoría del impacto   | Como verificar<br>(incluir datos y herramientas)   | Estado           |
|---|--|--|------------------|
| <b>Fórmula actual lleva elevado consumo de carbonato de calcio (40%)</b><br> | Al tener en la fórmula un 40% de carbonato de calcio, da lugar a que no se realice una buena plastificación, por lo tanto se pierde la continuidad en el proceso de extrusión del material a peletizar | <b>Herramienta Estadística (Prueba T de dos muestras: PEA 10 % Scrap (%), PEA 40 % Scrap (%))</b><br><b>Minitab</b>            | <b>TERMINADO</b> |
| <b>Fórmula actual lleva scrap de polietileno</b><br>                       | El MI de polietileno es máximo 10 mientras que en el polipropileno es mayor a 20, esto implica que exista un menor traslado en la plastificación   | <b>Herramienta Estadística (Prueba Man – Whitney : PEA, PP )</b><br><b>Minitab</b>   | <b>TERMINADO</b> |
| <b>Continuo taponamiento de malla en la máquina peletizadora.</b><br>      | Al taparse la malla, la acumulación de material origina tortas en el cabezal y el desgasificador   | <b>GEMBA (Evidencia fotográfica en sitio )</b>   | <b>TERMINADO</b> |
| <b>Material contaminado con tierra.</b><br>                                | La tierra origina taponamiento constante en mallas provocando exceso de tortas   | <b>Herramienta Estadística (Prueba T de dos muestras: Scrap Natural 8 %, Scrap recogido del Proceso (%))</b><br><b>Minitab</b> | <b>TERMINADO</b> |
| <b>Desgastes en sello mecánico del cambiador de mallas (cabezal)</b>  | Producto de este desgaste en el cabezal el material plastificado fuga por los costados del cabezal generando exceso de scrap   | <b>GEMBA (Evidencia fotográfica en sitio )</b>   | <b>TERMINADO</b> |

Tomado de la Planta de productos peletizados de Plásticos Industriales C. A.

(2018).

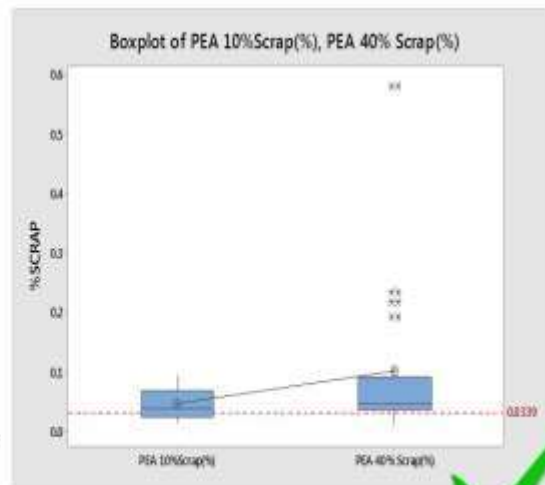
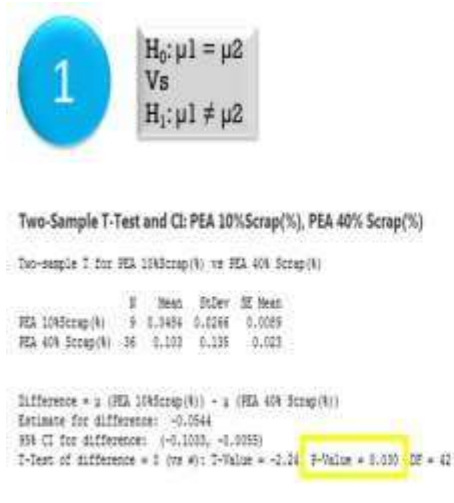


Figura 15. Verificación de causa raíz de scrap por fórmula con 40% de carbonato de calcio.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

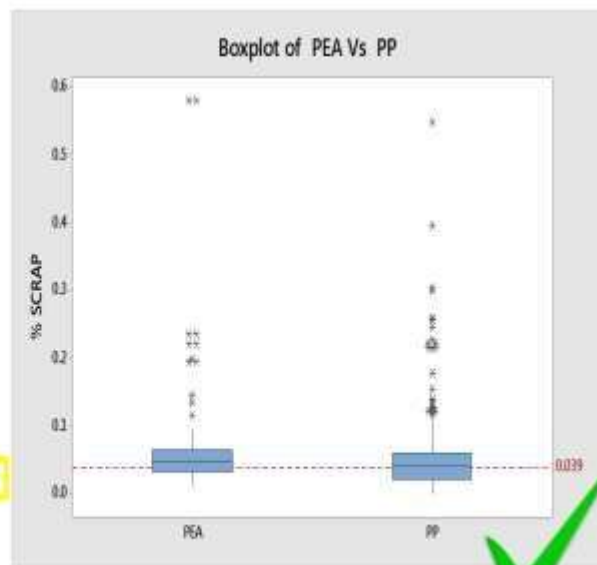
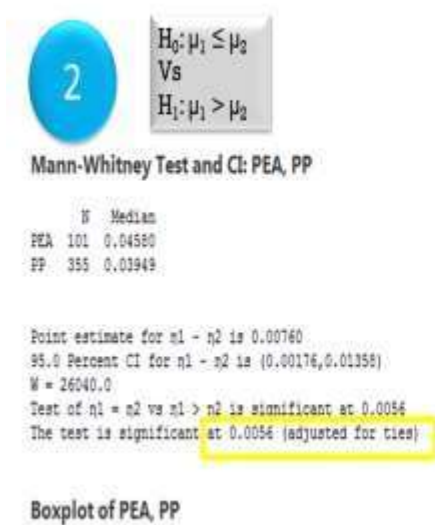


Figura 16. Verificación de causa raíz de scrap por producción de fórmulas con polietileno.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

De acuerdo a la Figura No 15, como el valor  $p < 0.05$  se concluye que existe suficiente evidencia estadística para confirmar que el scrap generado con la fórmula al 40% genera mayor scrap Vs la fórmula del carbonato al 10%.

De acuerdo a la Figura No 16, como el valor  $p < 0.05$ , se rechaza  $H_0$ , se concluye que existe suficiente evidencia estadística que indica que la media de Scrap generada por el PEA es mayor a la media generada por PP.



*Figura 17.* Verificación de causa raíz de scrap por desgaste del cabezal de la peletizadora.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

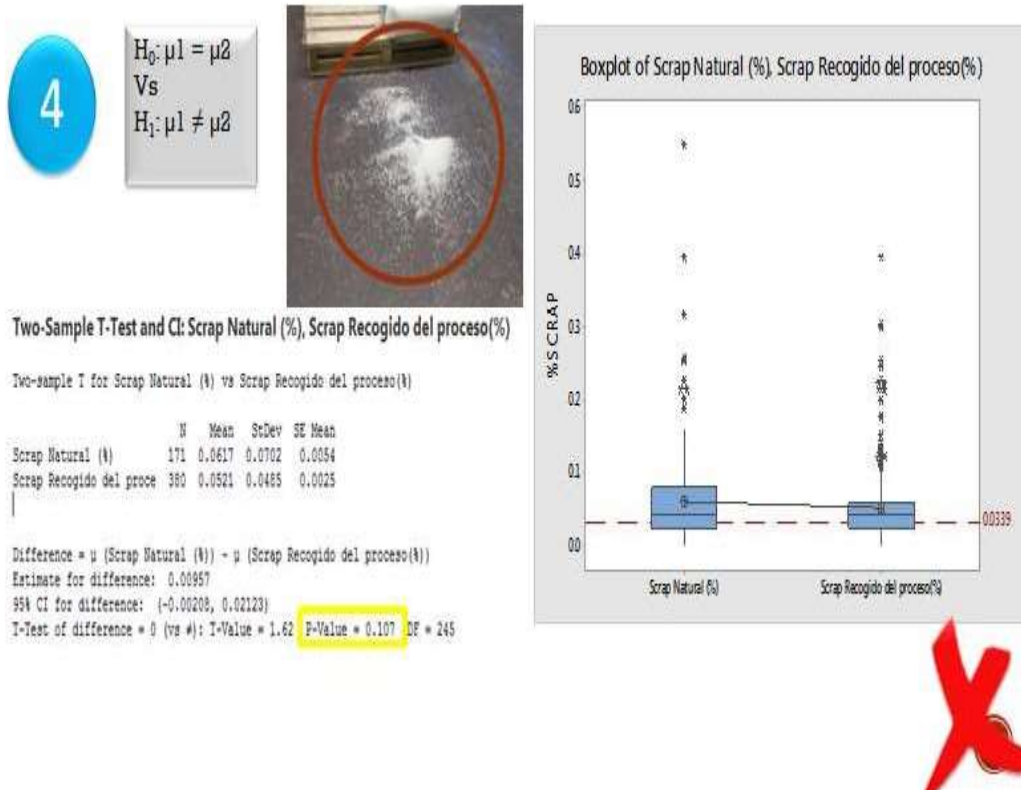


Figura 18. Verificación de causa raíz de scrap por producción con material recogido del piso.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

De acuerdo a la Figura No 17, se puede evidenciar la saturación de las mallas de los filtros producto del exceso de carbonato de calcio.

De acuerdo a la Figura No 18, se concluye que no existe suficiente evidencia estadística Para concluir que el material recogido del proceso generó menor scrap que el material natural, ya que después del análisis de las dos muestras el valor  $p < 0.05$  por lo tanto se rechaza la hipótesis nula.



Figura 19. Verificación de causa raíz de scrap por cabezal de peletizadora en mal estado.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

Conclusión: Se evidencia que cuando el cabezal tiene el sello mecánico desgastado, se presenta fuga de material, generando scrap.

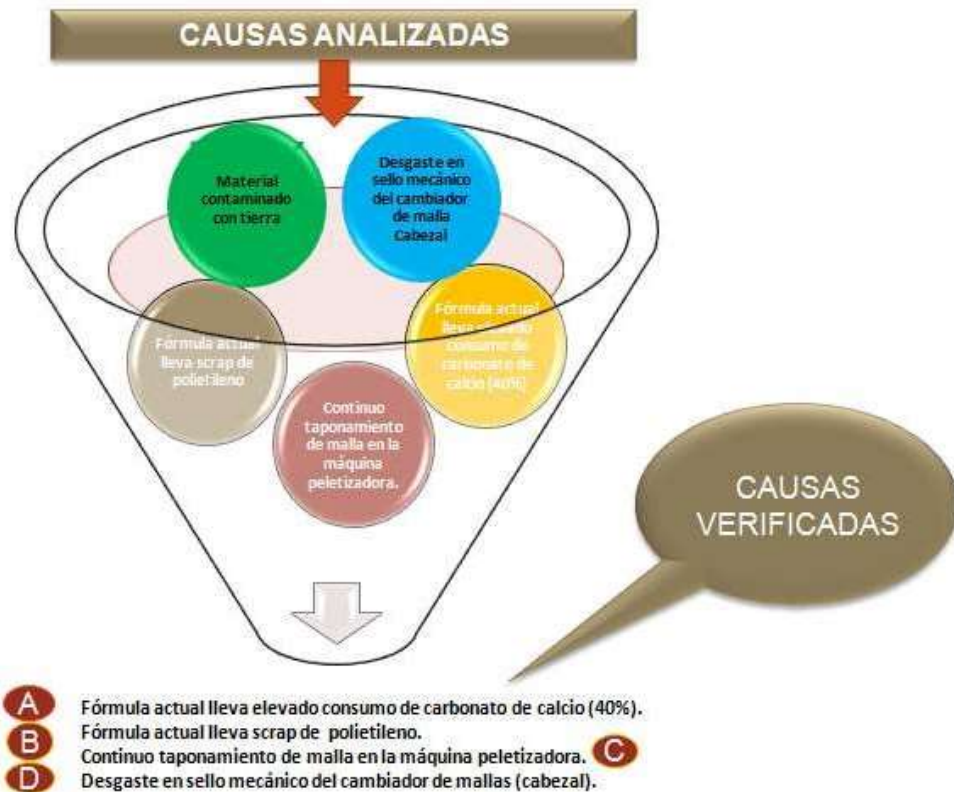


Figura 20. Verificación de causas raíces.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

De todas las causas analizadas tanto estadísticamente como a través del Gemba, se puede corroborar que cuatro de las cinco causas analizadas presentan suficiente evidencia para confirmar que son las que producen scrap en el proceso de peletizado y son las siguientes:

- Fórmula actual lleva elevado consumo de carbonato de calcio.
- Fórmula actual lleva scrap de polietileno.
- El scrap se produce por continuo taponamiento de malla en el filtro de la máquina peletizadora.
- Desgaste en sello mecánico del cambiador de mallas del cabezal de las peletizadoras.

**Técnica de los 5 Por Que 's.** – Una vez que se encontró la causa raíz del problema del Scrap de Peletizado, se utilizará la técnica de los cinco porqués, para



encontrar las diferentes relaciones que tienen las causas con el problema analizado.

Como se manifestó en el capítulo del marco teórico, lo expresado por el autor de esta técnica, consiste en que al preguntar cinco veces porqué, es posible llegar a la causa raíz que ocasionó un problema, aunque tampoco es una restricción el número cinco, porque en la práctica se pueden hacer tres preguntas, siete preguntas o el número de interrogantes que requiera el ejercicio, sin supeditarlo a cinco (Lozano, 2014).

Para el efecto, se ha realizado en el siguiente esquema, la aplicación de las técnicas de los cinco porqués:

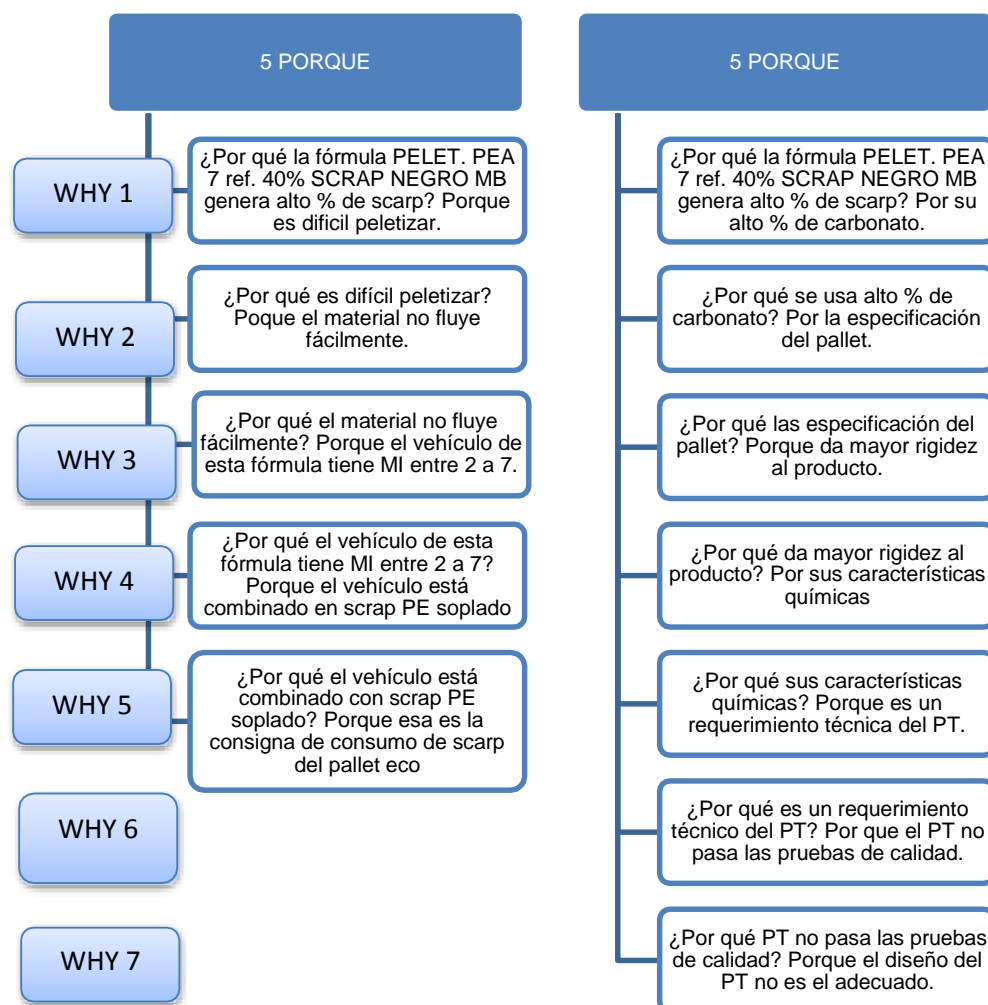


Figura 21. Generación de Scrap al Producir Fórmulas con Carbonato de Calcio.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

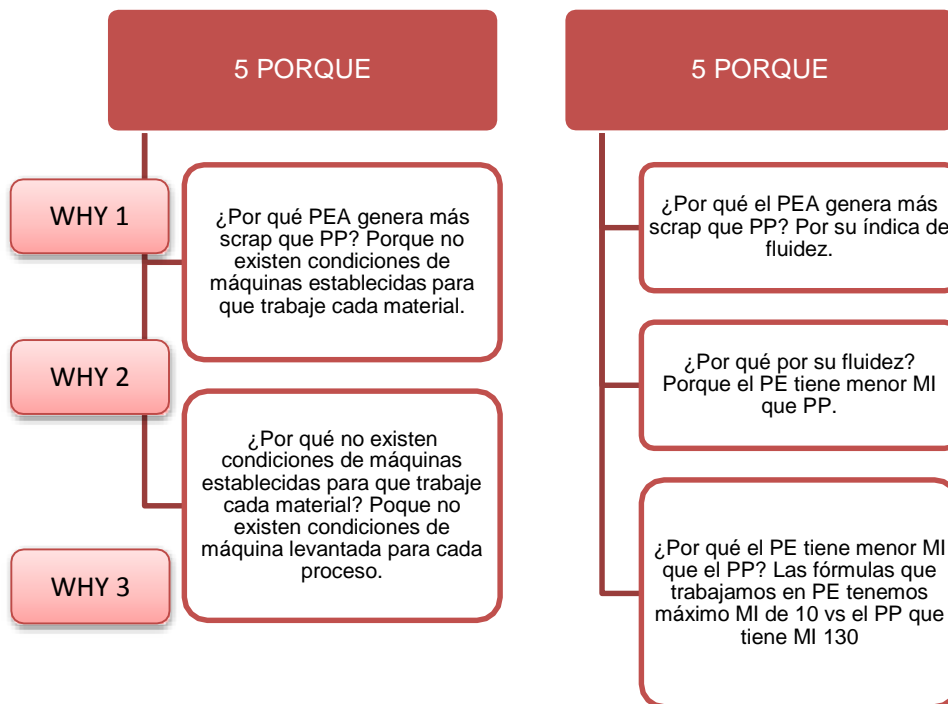


Figura 22. Generación de Scrap al Producir Fórmulas con Polietileno.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

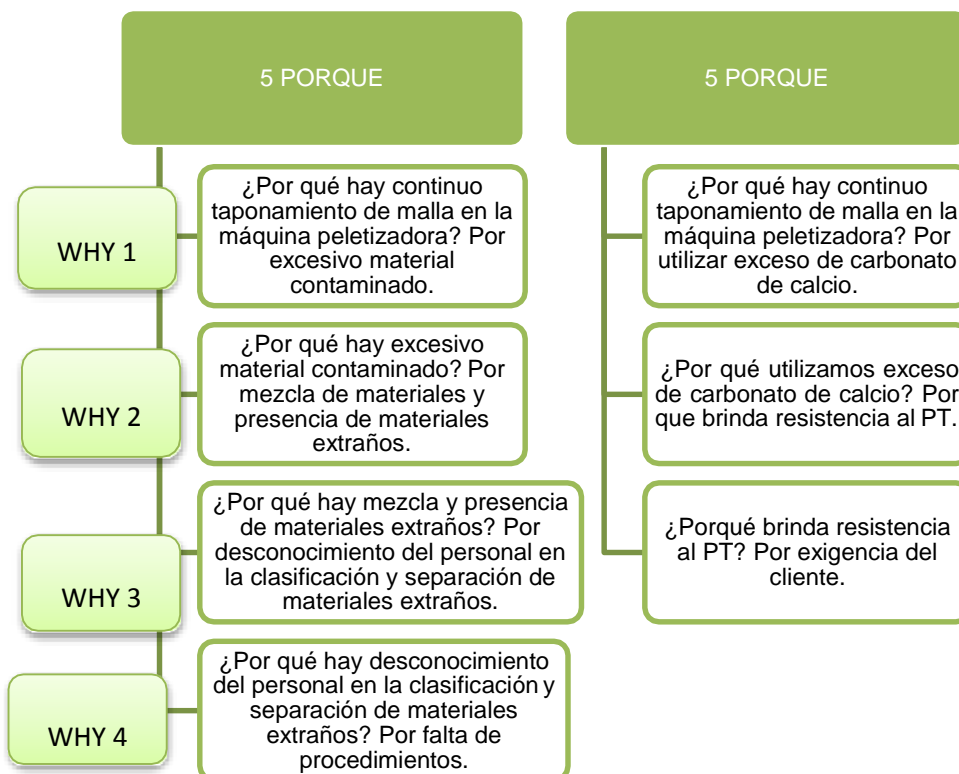


Figura 23. Continúo Taponamiento de Malla en las Peletizadoras.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

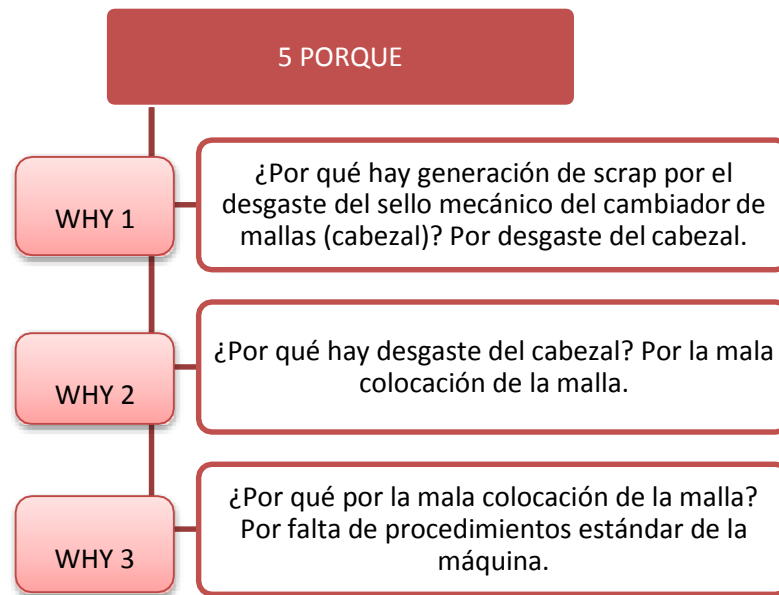


Figura 24. Desgaste en el Sello Mecánico del Cambiador de Mallas (Cabezal).

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

### Hallazgos de la investigación

Del estudio realizado, aplicando las tres primeras fases de la metodología Six Sigma, inherentes a la definición, medición y análisis, se pudo verificar que la evolución del scrap por meses en el año 2016, mantuvo una tendencia irregular, iniciando en enero con un porcentaje cercano al 5%, subiendo en febrero al 5,5%, en marzo al 7%, en abril al 8%, descendiendo en mayo y junio, hasta llegar al 7%, mientras que en julio aumentó nuevamente a 7,5%, continuando su tendencia a la alza en agosto, cerca del 9%, su cifra más elevada, descendiendo en septiembre al 5%, hasta llegar en octubre a su nivel más bajo (3,39%), subiendo nuevamente en noviembre hasta llegar a cifras cercanas al 4% y finalizar en diciembre con 5% de scrap en la planta de productos peletizados.

El objetivo para la propuesta de aplicación de la metodología Six Sigma, es no sobrepasar el límite máximo establecido en 3,39% de Scrap de peletizado, por ser el nivel más bajo obtenido en el año 2016:

El beneficio adicional que espera obtener la empresa Plásticos Industriales C. A., por concepto del aumento de capacidad, al implementar la mejora de acuerdo a la metodología Six Sigma, será igual a 183.189 Kg adicionales, equivalente a un beneficio total de \$29.118,15.

Varias de las causas que contribuyeron a la aparición del scrap, están asociadas a la falta de un procedimiento de dosificación del carbonato de calcio, uso de carbonato en polvo, y la fórmula actual lleva scrap de polietileno; material contaminado con tierra y mezclados con otros materiales; desgaste del túnel y tornillo, variaciones de temperatura en el barril y la inexperiencia en la dosificación del carbonato de calcio; mecanismos obsoletos de las mezcladoras; desgastes en el sello mecánico del cambiador de mallas (cabezal), porque el personal técnico no acredita la experiencia suficiente y porque los repuestos de las máquinas no son los requeridos.

Se eligió el año 2016, para analizar los datos del scrap y su incidencia en la producción de la empresa PICA, porque fue una decisión de la alta dirección, para aprobar la solicitud de ingreso y permitir la ejecución de la presente investigación en el área de producción de la compañía.

## **Capítulo IV**

### **Propuesta**

Para el desarrollo de este capítulo, denominado propuesta se realizó anteriormente un análisis tomando en cuenta todos los factores obtenidos de los métodos empleados dentro del apartado anterior, por lo tanto, al conseguir resultados negativos se propone la aplicación del Six Sigma, sin embargo es necesario la justificación para conocer las causas, beneficios y resultados del mismo. Además se recalca que la metodología del Six Sigma permitirá mejorar la relación entre las variables scrap y productividad de la planta y de los productos que se elaboran dentro del mismo. En el presente capítulo se proponen las mejoras y controles últimas fases de la metodología Six Sigma.

#### **Justificación de la Propuesta**

La propuesta de este proyecto usando la herramienta de Six Sigma se justifica debido a los resultados obtenidos durante las tres primeras etapas de esta metodología, donde se pudo conocer a través de la definición, medición y análisis, que los niveles de scrap en la planta han sido irregulares, por consiguiente, se propuso el plan de acción con estrategias para fortalecer la eficiencia de los procesos donde se ocasionó el scrap, como se puede apreciar en los siguientes subtemas de este capítulo.

La propuesta propone controlar las causas raíces que dan lugar a la problemática, en este caso, se exponen las alternativas de solución, utilizando las matrices correspondientes a las técnicas 5W2H y las matrices de soluciones, donde también se pueden apreciar las alternativas que conciernen a la fase de mejora.

## Plan de acción. Restablecer condiciones básicas

En un proyecto Six Sigma lo primero que se debe hacer antes de cualquier implementación o análisis, es restablecer las condiciones básicas del proceso, en otras palabras, poner a punto las maquinarias, líneas de trabajo etc., a fin de que las señales que indique el proceso y que se desean mejorar, no sean falsas alarmas, porque un proyecto de Six Sigma, se realiza cuando ya se han utilizado varias técnicas de mejora y no han dado resultado, por lo tanto, al restablecer las condiciones básicas del proceso, se evitan estas falsas alarmas.

Por lo general, se trabaja con el equipo de trabajo que está directamente inmerso en el proceso y se usa la lluvia de ideas consultando el por qué creen ellos que en este caso se genera el alto porcentaje de scrap del área de peletizado. De esta lluvia de ideas generada con el equipo de trabajo, se deriva el siguiente plan de acción.

Tabla 10. Técnica 5W2H

| Que acción va a implementar?  | Por qué es la acción ¿importante?  | Quien es el responsable?                            | Donde la acción va ser implementado?   | Cuando se termina lo implementado? | Estado de las Acciones |
|---|--|---|--|------------------------------------|------------------------|
| Capacitación al personal nuevo (LUP)  | Mejora el conocimiento en el personal operativo de las especificaciones y características en los diferentes materiales | Jefe de materiales / Operarios                      |  | Del 12 al 24 de Junio de 2017      | TERMINADA              |
| Solicitar acompañamiento del área de mantenimiento después de alguna reparación en producción continua (30 minutos) | Evitar paro de máquinas y generar producciones continuas   | Jefe de mantenimiento / supervisor de mantenimiento |  | En cada evento                     | TERMINADA              |

| Que acción va a implementarse ?  | Por que es la acción importante?   | Quien es el responsable?   | Donde la acción va ser implementado?   | Cuando se termina lo implementado?           | Estado de las Acciones |
|--|--|--|--|--|------------------------|
| Elaborar Lup de cambio de materiales                                     | Genera seguridad y Conocimiento al detalle de la operación y proceso de peletizado             | Jefe de materiales/ operador   |  | Del 12 al 17 de julio de 2017                | TERMINADA              |
| Mantenimiento preventivo del sistema de recirculación de agua en la tina | Mayor longitud de desplazamiento del bejuco sumergido en el agua, mayor transferencia de calor | Jefe de materiales<br>Jefe de mantenimiento y<br>Jefe técnico<br>Supervisor de mantenimiento |  | Del 26 de junio hasta el 15 de julio de 2017 | TERMINADA              |

Tomado de la Planta de productos peletizados de Plásticos Industriales C. A.

Tabla 11. Técnica 5W2H

| Que acción va a implementarse ? | Por que es la acción importante?   | Quien es el responsable? | Donde la acción va ser implementado?   | Cuando se termina lo implementado?            | Estado de las Acciones |
|---------------------------------|--|--------------------------|--|---|------------------------|
| Disponibilidad de mallas        | Contribuye a la correcta filtración de impurezas generando producción continua sin obstrucción en la malla | Jefe de materiales       |  | En ejecución                                  | TERMINADA              |
| Unificar medidas de rodillos    | Evita que se corte el bejuco, al tener rodillos estandarizado  | Jefe de Mantenimiento    |  | Del 12 al 30 de junio de 2017<br>En Ejecución | TERMINADA              |

Tomado de la Planta de productos peletizados de Plásticos Industriales C. A.

Conforme a lo observado en las causas, las soluciones planteadas para hacer frente a la problemática del desperdicio, radica principalmente en la elaboración del Lup para cambio de materiales, así como también la disponibilidad de mallas que filtren de manera eficiente las impurezas, para la generación de producción continua sin obstrucción de la malla, unificando además las medidas de los rodillos.

### **Fase Mejora**

Prosiguiendo con la metodología Six Sigma, la siguiente fase corresponde a la Mejora, en donde se describirán las etapas del plan de acción que facilitará el mejoramiento de la productividad de la planta de producción de PICA y también la disminución del scrap de productos elaborados con base en resinas plásticas.

Para el efecto, se realizan diversas matrices para ponderar las soluciones a implementar, luego se realiza los experimentos que permitirán conocer el grado de precisión de estas alternativas, para sustentar su factibilidad, indicando inclusive los recursos económicos que serán requeridos para la puesta en marcha de la propuesta.

### **Implementación y Generar Soluciones**

Luego de aplicar los 5 porqués, hemos encontrado la causa raíz de cada causa verificada, a partir de esta causa generaremos planes de acción para encontrar posibles soluciones, a continuación se describen los planes experimentales generadores de soluciones.



Tabla 11. Matriz de causas y soluciones

|    | CAUSA POTENCIAL  | CAUSA RAÍZ  | SOLUCIONES   |
|----|--|---|--|
| A1 | GENERACIÓN DE SCRAP AL PRODUCIR FÓRMULAS CON CARBONATO DE CALCIO | Porque el diseño del PT no es el adecuado.  | <p>Buscar alternativas de materiales que mantengan el performance del PT</p> <p>Cambio de unidad de plastificación de la extrusora</p> <p>Ensayar fórmulas combinando el uso de carbonato en MB (MASTER BACHT)</p>                                       |
| A2 | GENERACIÓN DE SCRAP AL PRODUCIR FÓRMULAS CON CARBONATO DE CALCIO | Porque esa es la consigna de consumo de Scrap del pallet eco                        | <p>Encontrar la dosificación adecuada para evitar la generación de Scrap</p> <p>Evaluar el uso de Scrap de PE soplado (fórmula del Pallet) directamente a la máquina</p>   |
| B1 | GENERACIÓN DE SCRAP AL PRODUCIR FÓRMULAS CON POLIETILENO         | Porque no existen condiciones de máquina levantada para cada proceso                | Levantar variables de cada proceso   |
|    | CAUSA POTENCIAL  | CAUSA RAÍZ  | SOLUCIONES   |
| B2 | GENERACIÓN DE SCRAP AL PRODUCIR FÓRMULAS CON POLIETILENO         | Las fórmulas que trabajan en PE tienen un máximo MI de 10 vs el PP que tiene MI 130 | <p>Buscar alternativas de aditivos en formulaciones que compensen el bajo MI</p> <p>Encontrar las condiciones de máquina ideales para trabajar correctamente el PEA</p>  |
| C1 | CONTINUO TAPONAMIENTO DE MALLA EN LA MÁQUINA PELETIZADORA        | Por falta de procedimientos   | <p>Mejorar procedimiento de clasificación de materiales.</p> <p>Creación y divulgación del nuevo procedimiento.</p> <p>Retroalimentación con personal de experiencia.</p> <p>Creación de un lup operacional</p> <p>Código por cada color de molienda</p> |

Tomado de la Planta de productos peletizados de Plásticos Industriales C. A.

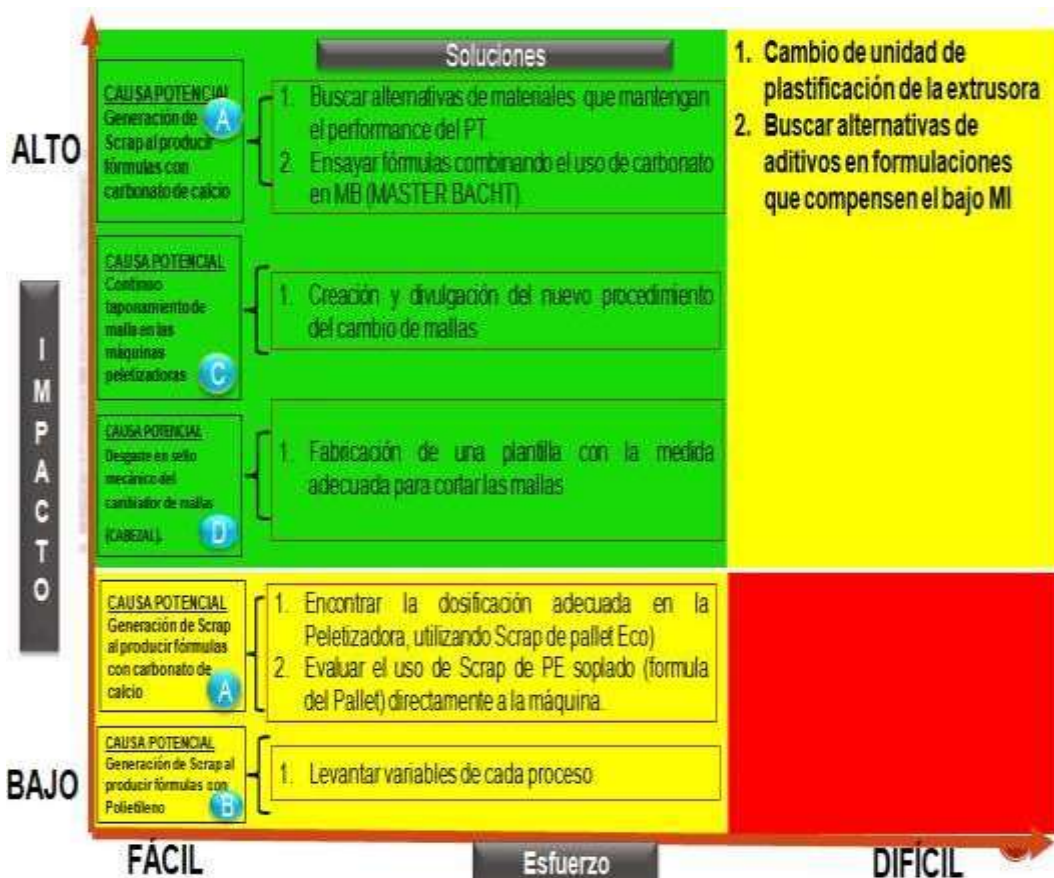
Tabla 11. *Matriz de causas y soluciones*

|    | CAUSA POTENCIAL   | CAUSA RAÍZ   | SOLUCIONES   |
|----|---|--|--|
| C2 | CONTINUO TAPONAMIENTO DE MALLA EN LA MÁQUINA PELETIZADORA     | Por exigencia del cliente                          | Buscar alternativas de materiales que mantengan el performance del PT  |
| D  | DESGASTE EN SELLO MECÁNICO DEL CAMBIADOR DE MALLAS (CABEZAL). | Por falta de procedimientos estándar de la máquina | Buscar especificaciones técnicas de máquinas similares para la realizar un Instructivo operacional<br>Fabricación de una plantilla con la medida adecuada para cortar las mallas |

Tomado de la Planta de productos peletizados de Plásticos Industriales C. A.

Con base en los resultados de las matrices de causas y soluciones, se realiza la matriz de ponderación. En esta matriz de solución se dará prioridad a las acciones que tengan un alto impacto y que sean fáciles de realizar y que además no generen un alto costo para la compañía. Sin embargo no se deben descartar aquellas acciones que aunque tengan un alto impacto y sean difíciles de realizar, puedan generar un gran beneficio al proyecto.

Tabla 12. Matriz de ponderación



Tomado de la Planta de productos peletizados de Plásticos Industriales C. A. (2018).

**Nota:** se aplicó la metodología del semáforo para identificar las soluciones, de tal manera que el color verde representa lo fácil de mejorar, lo amarillo es lo que puede repercutir en alguna complicación y lo rojo es lo más difícil, de modo que la propuesta se basa exclusivamente en la aplicación de las actividades que se encuentran en el color verde y algunas inmersas en el color amarillo.

La matriz de ponderación de causas, puso de manifiesto que la fórmula actual producto, específicamente por la participación del carbonato de calcio en la composición del producto, el cual es considerado excesivo, así como de material contaminado con otros elementos distintos a las resinas plásticas, constituye una

línea base fundamental en la propuesta de alternativas para la dosificación adecuada que debe evitar la generación de scrap.

Las soluciones más adecuadas para minimizar la pérdida ocasionada por el scrap, radican en encontrar la dosificación adecuada para evitar la generación de scrap y buscar alternativas de reemplazo para el carbonato de calcio.

## **Prueba Experimental de Implementación de Soluciones**

### **Alternativas de Soluciones**

La primera alternativa que consta en la propuesta de mejora, es el reemplazo del material que se utiliza actualmente, en referencia al polietileno, por otro material denominado polipropileno de alto impacto 16 copolímero, el cual según el proveedor propílico, disminuiría el nivel de Scrap, razón por la cual sugirió que se realicen las pruebas para demostrar este supuesto.

El proceso para la realización de la prueba del producto, con la utilización de la materia prima polipropileno de alto impacto 16 copolímero, se llevó a cabo bajo las mismas actividades que se realizan actualmente con el polietileno, es decir, iniciando con la preparación de material, el paso por una de las inyectoras, hasta el empaque y distribución del producto.

El registro de la máquina inyectora que utilizó el polipropileno de alto impacto 16 copolímero, lo llevó a cabo el operador, porque la producción de cada una de las máquinas inyectoras, fue comparada después de una semana, es decir, a través del acumulado de días de producción, de manera que se establecieron las comparaciones entre la producción de semanal de las máquina que utilizaron polietileno, versus la que utilizó el material polipropileno de alto impacto 16 copolímero.

A continuación se detalla las pruebas experimentales para generar las posibles soluciones.



Figura 25. Planta de productos peletizados: Primera prueba.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).



Figura 26. Planta de productos peletizados: Segundo prueba.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

Los resultados obtenidos al realizar la prueba de la producción de bienes con base en el uso de material polipropileno de alto impacto 16 copolímero, indicaron que en la semana de prueba, no solo se incrementó la producción por concepto de la reducción del Scrap, sino que también se obtuvo un ahorro de energía eléctrica y se inyectó con menos presión hidráulica, lo que también generó que se la máquina realice menor esfuerzo.

### Creación y divulgación del nuevo procedimiento de cambio de mallas

Luego, se realizó un procedimiento para cambiar las mallas de la peletizadora, para colocarlas correctamente.



Figura 27. Cambios de mallas de la peletizadora.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

La alternativa para la educación del operador sobre el cambio de malla, tuvo como propósito disminuir los daños al realizar el cambio de malla, debido a que cuando el operador efectuaba este proceso, colocaba la malla inadecuadamente, ocasionado que se raye el porta filtro de la misma, causando fugas de material en el cabezal de la peletizadora.

Al educar al operador en el cambio de malla, se pudo minimizar las fugas de material en el cabezal de la peletizadora, impactando en la disminución del Scrap, sin que ello haya requerido una gran inversión, debido a que el mismo Jefe fue quien suministró el conocimiento a los operadores, para que puedan optimizar este proceso.

En la foto que se observa en la página anterior, se observa las fotos correspondientes al registro de la educación suministrada al operador, así como el proceso mismo que se llevó a cabo durante el periodo que duró la solución.

### **Fabricación de una plantilla con la medida adecuada para cortar las mallas**



*Figura 28.* Fabricación de plantilla para cortes de mallas.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

Al identificar una obstrucción en la malla y exceso de generación de “scrap” de material en la Zona de desgasificación del Barril, es necesario cambiar la malla utilizada en el cabezal de extrusora cuya finalidad es filtrar las impurezas de la materia prima utilizada. Para esto necesario cumplir la siguiente secuencia:



*Figura 29.* Operador realizando el desplazamiento en el controlador.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

Una vez libre la malla con impurezas retenidas, ésta debe de ser retirada empleando obligatoriamente los implementos indicados por su supervisor, debido a que la zona a manipular se encuentra en temperaturas elevadas. Los accesorios a utilizar son los siguientes: guantes térmicos, espátula de acero, gafas de protección.



*Figura 30.* Operador alistándose con los utensilios para realizar el cambio.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).



Una vez retirada la malla contaminada se debe de colocar una limpia la cual debe de encajar correctamente en la parte cilíndrica del porta malla para asegurar su ubicación. La malla debe de ser de un diámetro aproximado a los 24 cm. En caso de agotar la existencia de mallas cortadas al diámetro dicho, el operador está en la obligación de cortar más unidades para su posterior uso, en esta labor se propone utilizar la plantilla de corte de la malla.



*Figura 31.* Operador extrayendo la malla contaminada.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

La malla extraída debe ser expuesta al ambiente para enfriamiento y posterior almacenamiento para ser entregado al proveedor de limpieza.



*Figura 32.* Malla contaminada extraída y expuesta al ambiente.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

Asegurarse que la malla no quede sobresalida de tal forma que asegure el desplazamiento correcto del porta mallas en el próximo cambio a realizarse. Se debe evitar el rozamiento de las mallas con las paredes internas del cabezal para evitar la formación de fisuras en el cabezal.



*Figura 33.* Operador colocando la malla nueva en el otro porta malla del cabezal.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

Luego de haber ubicado correctamente la malla debe de limpiarse el “scrap.” producido de este proceso para no obstruir su paso y así evitar peligro alguno, por taponamientos del porta filtros.



*Figura 34.* Operador colocando la malla contaminada en el recipiente del proveedor de limpieza

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

El registro para el control de este proceso, es el informe de Operador de Peletizado KM 9 ½ (piloto).

## PRUEBA #1

A. - Evaluar el uso de Scrap de PE Soplado (Fórmula del Pallet) directamente a la máquina al 100%.

| Paso 1.-Molido de Pallet ECO  | Paso 2.- Ingreso del material molido de pallet ECO a la tolva Máquina 2800          | Paso 3.- Inyección de Pallet   |
|---|---|--|
|   |  |  |
| <b>Conclusión:</b> De 300 Kilos de Molido Pallet ECO, se inyectaron 10 Pallets de los cuales 9 Pallet conformes y 1 No Conformes . Rendimiento 90% . De este 90 % no se logro obtener el peso estándar. |   |  |

Figura 35. Pruebas# 1: implementación de posibles soluciones.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

También se puso en práctica la alternativa para la utilización del Scrap, a través de las pruebas 1, usar scrap directamente en la tolva de la inyectora al 100% 2, usar una mezcla de 50% de scrap y 50% de material virgen y 3, usar una mezcla de 25% de scrap y 75% de material virgen. Estas pruebas se realizaron a pie de máquina a modo de experimento para encontrar la fórmula idónea para consumir el scrap generado en producciones pasadas, como se puede apreciar seguido:

## PRUEBA # 2

A. Evaluar el uso de Scrap de PE Soplado (Fórmula del Pallet) directamente a la máquina al 50% + 50% Mezcla Pallet Eco.

Paso 1.-Molido de Pallet ECO + 50% de mezcla de pallet ECO



Paso 2.- Ingreso del mezcla de pallet ECO + molido a la tolva Maquina 2800



Paso 3.- Inyección de Pallet



Conclusión: De 300 Kilos de Molido Pallet ECO, se inyectaron 10 Pallets de los cuales se obtuvo el mismo rendimiento del 90%, subiendo el peso del pallet de 28 a 29 kilos ; siendo el estándar 30 kilos

Figura 36. Pruebas# 2: implementación de posibles soluciones.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

En las figuras precedentes se aprecia las pruebas en máquina de las tres mezclas de scrap al 100%, 50% y 25%, el resto de la fórmula es completada con material virgen.

Durante la fabricación en producción normal de los pallets con polietileno salen unidades no conformes, las mismas que son molidas y se genera material de scrap en hojuelas el mismo que no puede ser consumido directamente en el proceso ya que esta fórmula contiene alto contenido de carbonato de calcio sumado al polietileno de soplado y polietileno de inyección con fluidez 7. Por lo que surgió la idea de dosificar este scrap cuando se produzca el pallet con el material virgen de la nueva producción y de esta manera ir consumiendo este material. A continuación se detallan las pruebas experimentales que se proponen para ir consumiendo de a poco este scrap.

# PRUEBA # 3

A - Evaluar el uso de Scrap de PE Soplado (Fórmula del Pallet) directamente a la máquina al 25% +75% Mezcla Pallet Eco.



Figura 37. . Pruebas# 3: para implementación de posibles soluciones.

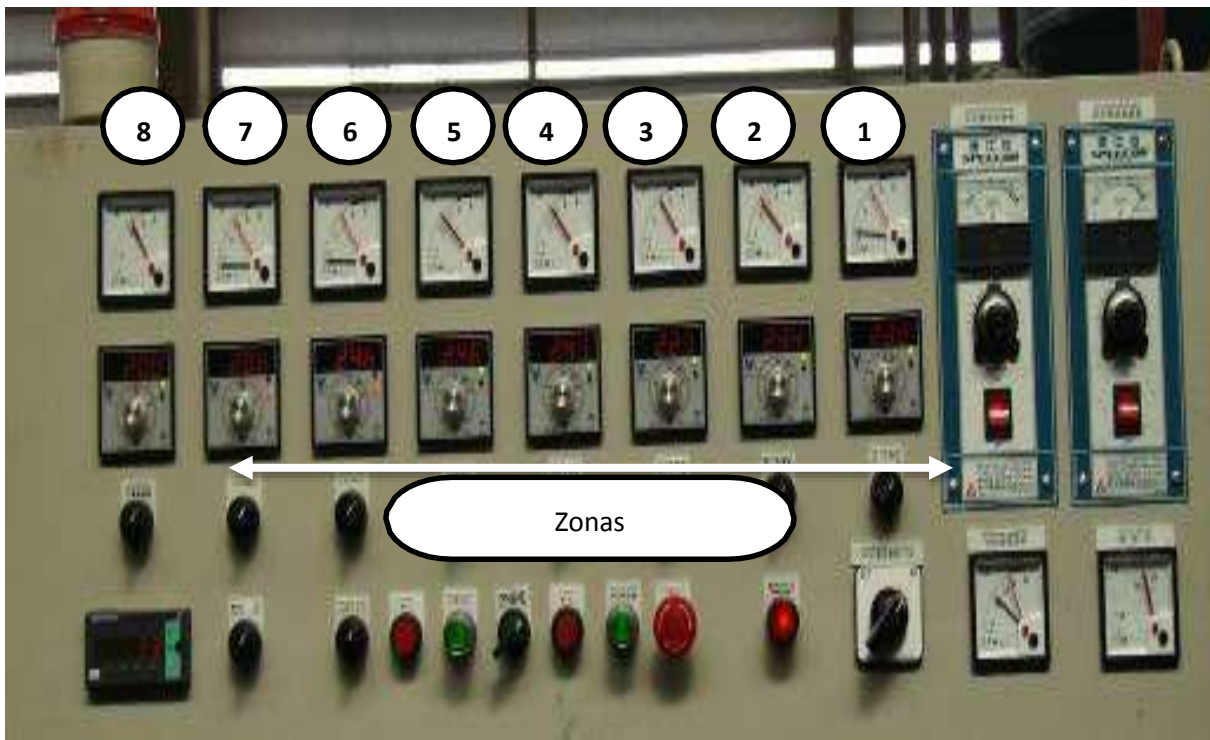
Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

Se destaca que al realizar la prueba con Scrap al 100%, la máquina inyectora trabajó con un rendimiento del 90%, pero cuando se realizó la prueba al 50%, la máquina inyectora trabajó con eficiencia del 95% y no se alcanzó el peso estándar del artículo, en cambio, cuando se empleó la fórmula 75% de material virgen y 25% de Scrap, no solo que la máquina trabajó con la eficiencia esperada del 100%, sino que además, se logró el peso ideal, minimizando el nivel de desperdicio y aumentando la productividad de la planta.

## **Propuesta de instructivo de trabajo con especificaciones técnicas del proceso de peletizado. (Generación de scrap por producir fórmulas de polietileno)**

La elaboración de este instructivo responde a solucionar la generación de scrap al producir fórmulas con polietileno, ya que no se cuenta con variables de proceso levantadas.

- Coloca el switch de temperatura del extrusor 1 y 2 en la opción ON.
- Revisar que la temperatura de las 8 zonas esté de 200 a 250°C. Máximo. Las zonas se numeran de derecha a izquierda con el frente de la máquina hacia a ti.



*Figura 38.* Zonas numeradas de derecha a izquierda.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Espera al menos 4 horas hasta que se calienten todas las zonas.
- Revisa que la tina esté llena de agua.
- Revisa que la tijera esté al lado de la tina.
- Revisa que las mallas Mesh 24, para el filtro estén junto a la máquina.



*Figura 39. Mallas Mesh 24.*

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

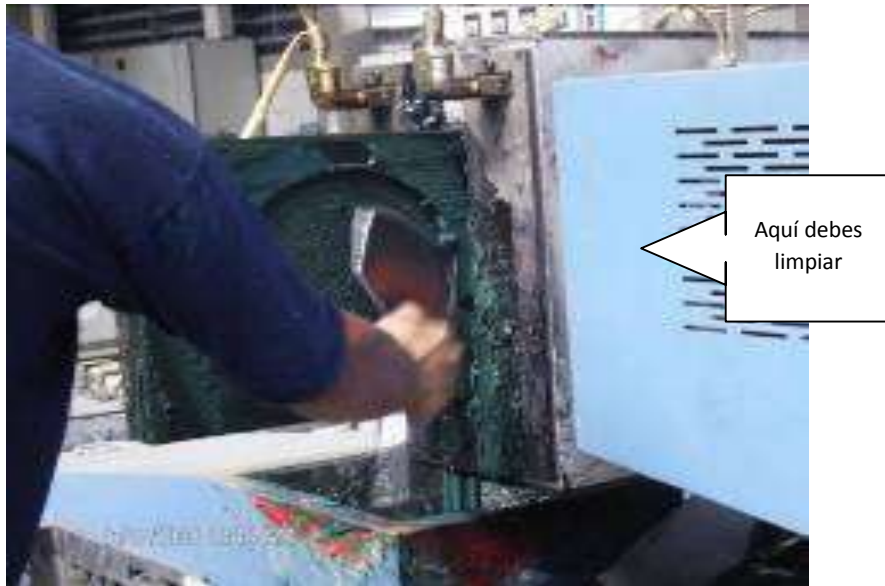
- Cambia el filtro que está fuera de la extrusora.
- Coloca el switch en la posición ON para encender la bomba hidráulica.
- Activar switch cambio de filtro.
- Saca el filtro con una espátula, desprendiéndolo del porta filtro.
- Coloca el filtro que sacaste en el recipiente para filtros.



*Figura 40. Recipiente para Filtros.*

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Limpia el porta filtro con la espátula, quitando los restos de material.



*Figura 41.* Limpieza del porta filtro.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Coloca una malla sin usar en el porta filtro.



*Figura 42.* Colocación de mallas en él porta filtro.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).



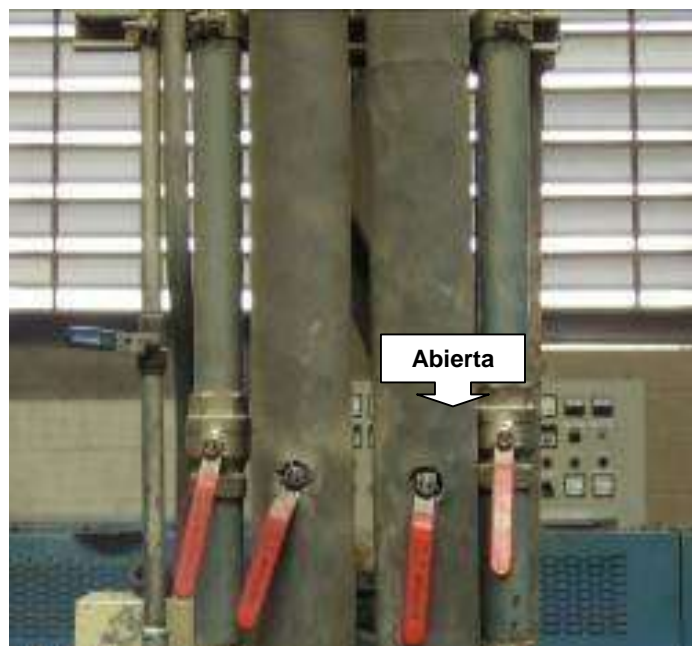
- Coloca el material mezclado programado en la tolva.



*Figura 43.* Colocación del material compuesto en tolva.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Abre las llaves de agua templada y helada para la máquina y la tina, las llaves de paso están en las tuberías cercanas a la máquina. Las llaves se abren hacia abajo.



*Figura 44.* Llaves de agua templada y helada.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Activa la Botonera de la unidad de corte y el blower.
- Sube la velocidad de la unidad de corte a máximo 600 rpm, La velocidad es ajustable de 0 a 1800 rpm.
- Activa la botonera de los extrusores 1 y 2, para encender la extrusora.
- Coloca el switch en la posición ON para el extrusor 1 y regula la velocidad a 900 rpm
- Coloca el switch del extrusor 2 en la posición ON y regula la velocidad a 900 rpm.
- Acciona el swicht para subir la bandeja que alimenta la tolva.



*Figura 45. Switch para bandeja de tolva.*

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Con las manos hala el spaghetti y pásalo por debajo del rodillo 1 de la tina.



*Figura 46. Spaghetti.*

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Corta el spaghetti con la tijera.
- Pasa el s spaghetti por el rodillo 2 de la tina.
- Pasa el spaghetti por los rodillos del blower



*Figura 47. Rodillos del blower.*

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Pasa el spaghetti por los rodillos de la unidad de corte.



*Figura 48.* Unidad de corte.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- El corte se hace automáticamente.
- Controla que el spaghetti no se enrede, si se enreda.
- Revisa que el material pase automáticamente a la tolva de secado.
- Abre la tolva girando la palanca hacia fuera.
- Deja caer el material en el saco hasta que completar los 25 kg. Vuelve a cerrar la tolva.



*Figura 49.* Recolección del material.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Cose el saquillo y ubícalo en los pallets
- Identifica el lote con la cantidad, color y tipo de material que esta contenga.
- No olvides llenar el Informe de Operador registrando las cantidades producidas.

### Condiciones de Máquina Peletizadora

Dentro de las posibles soluciones, se conversó con el personal de la planta de peletizado y se sugirió levantar las condiciones de máquina de cuando se trabaja con polipropileno y con polietileno, ya que al producir están tratando los materiales como si fueran iguales, de esta manera queda mapeado condiciones de material.

Tabla 13. *Condiciones de máquina*

| VARIABLES MEDIBLES EN PELETIZADORA    |                 |             |                   |                     |                    |                  |                                    |
|---------------------------------------|-----------------|-------------|-------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------------------------|
|                                       | Zonificación    | Temperatura | Velocidad (RPM)   |                     |                    | Alimentación     | Personal                           |
|                                       | De Peletizadora | a (°C)      | Tornillo Extrusor | Tornillo Peletizado | Velocidad De Fideo | De resina (kg/h) | (Número de operadores disponibles) |
| PP SCRAP ROJO                         | CABEZAL         | 249         | 1350              | 900                 | 679                | 300              | 2                                  |
|                                       | ZONA 7          | 243         | 1350              | 900                 | 679                | 300              | 2                                  |
|                                       | ZONA 6          | 227         | 1350              | 900                 | 679                | 300              | 2                                  |
|                                       | ZONA 5          | 225         | 1350              | 900                 | 679                | 300              | 2                                  |
|                                       | ZONA 4          | 225         | 1350              | 900                 | 679                | 300              | 2                                  |
|                                       | ZONA 3          | 126         | 1350              | 900                 | 679                | 300              | 2                                  |
|                                       | ZONA 2          | 216         | 1350              | 900                 | 679                | 300              | 2                                  |
|                                       | ZONA 1          | 214         | 1350              | 900                 | 679                | 300              | 2                                  |
| VARIABLES MEDIBLES EN PELETIZADORA    |                 |             |                   |                     |                    |                  |                                    |
|                                       | Zonificación    | Temperatura | Velocidad (RPM)   |                     |                    | Alimentación     | Personal                           |
|                                       | De Peletizadora | ura (°C)    | Tornillo Extrusor | Tornillo Peletizado | Velocidad De Fideo | De resina (kg/h) | (Número de operadores disponibles) |
| PP NEGRO REFORZADOR<br>15L% CARBONATO | CABEZAL         | 245         | 1350              | 700                 | 680                | 300              | 2                                  |
|                                       | ZONA 7          | 255         | 1350              | 700                 | 680                | 300              | 2                                  |

|        |     |      |     |     |     |   |
|--------|-----|------|-----|-----|-----|---|
| ZONA 6 | 250 | 1350 | 700 | 680 | 300 | 2 |
| ZONA 5 | 194 | 1350 | 700 | 680 | 300 | 2 |
| ZONA 4 | 243 | 1350 | 700 | 680 | 300 | 2 |
| ZONA 3 | 128 | 1350 | 700 | 680 | 300 | 2 |
| ZONA 2 | 244 | 1350 | 700 | 680 | 300 | 2 |
| ZONA 1 | 216 | 1350 | 700 | 680 | 300 | 2 |

Tomado de la Empresa Plásticos Industriales C.A.

## REGISTROS

Tabla 14. *Registro*

| CODIGO        | NOMBRE - IDENTIFICACION                  | VERSIÓN | FECHA DE VIGENCIA | TIEMPO DE RETENCIÓN | LOCALIZACIÓN           | RESPONSABLE                        | DISPOSICIÓN FINAL |
|---------------|--|---------|-------------------|---------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Formato Libre | Informe de Operador Materiales Km. 9 1/2 | ---     | 15 Enero 2011     | 3 meses             | Auxiliar de Materiales | Piso de Producción Mezclas Km. 9.5 | Desechar          |

Tomado de la Empresa Plásticos Industriales C.A.

En la siguiente figura se observa un análisis estadístico comparativo entre las líneas de tiempo del año 2016 (Año base de datos) y 2017, donde se puede apreciar la evolución del scrap en cada mes de los años referidos, destacándose la disminución del desperdicio, como se puede apreciar en la Figura siguiente:

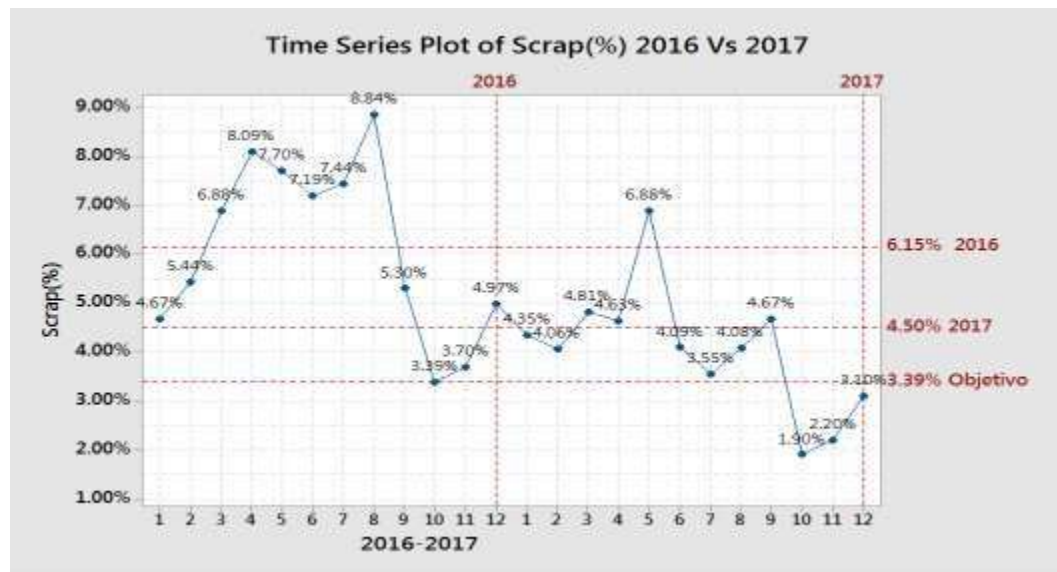


Figura 50. Línea del tiempo 2016 vs. 2017 durante fase de experimentación.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

De acuerdo a lo apreciado en la Figura de series de tiempos, se puede apreciar claramente la mejora del nivel de scrap de peletizado acercándose a la meta 3,39% teniendo una media en los primeros meses del 2017 del 4.50%, comparándose con el 2016 que se tenía una media del 6.15%.

## MEJORA - EFECTIVIDAD DE LAS SOLUCIONES - NORMALIDAD DE LOS

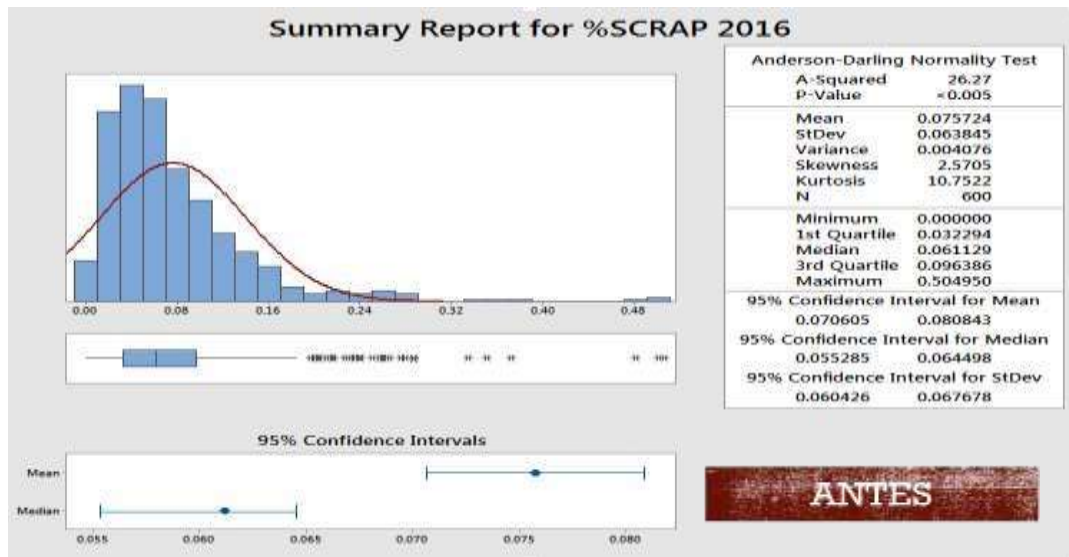


Figura 51. Variabilidad de datos año base 2016.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

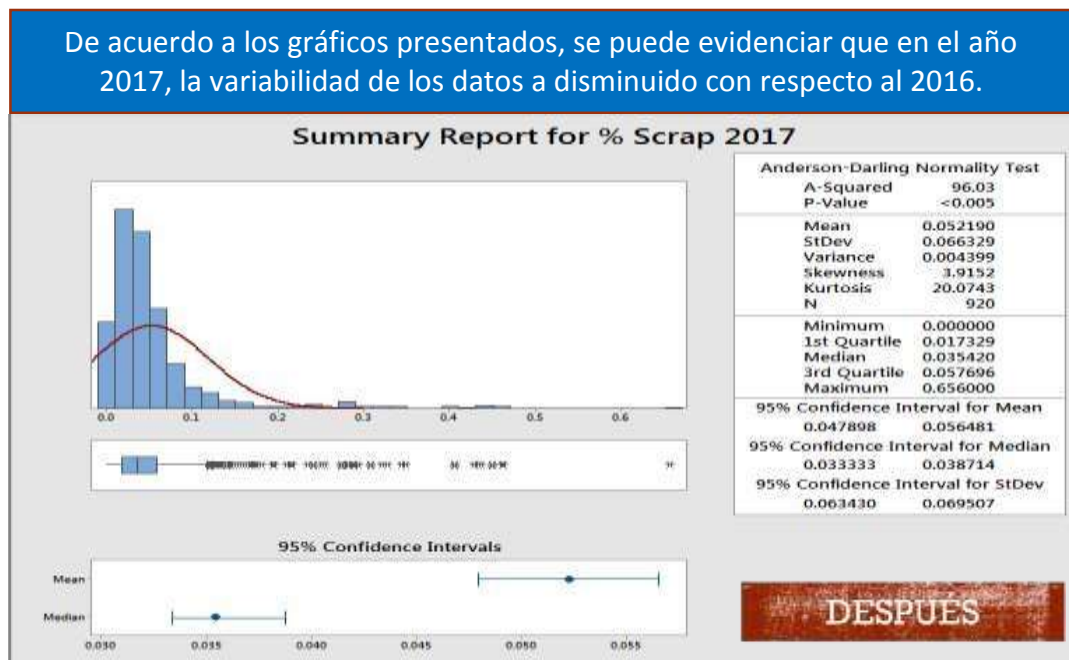


Figura 52. Variabilidad de datos año 2017.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

# MEJORA - ANÁLISIS DE CAPACIDAD

## Process Capability Report for %SCRAP 2016 Calculations Based on Weibull Distribution Model

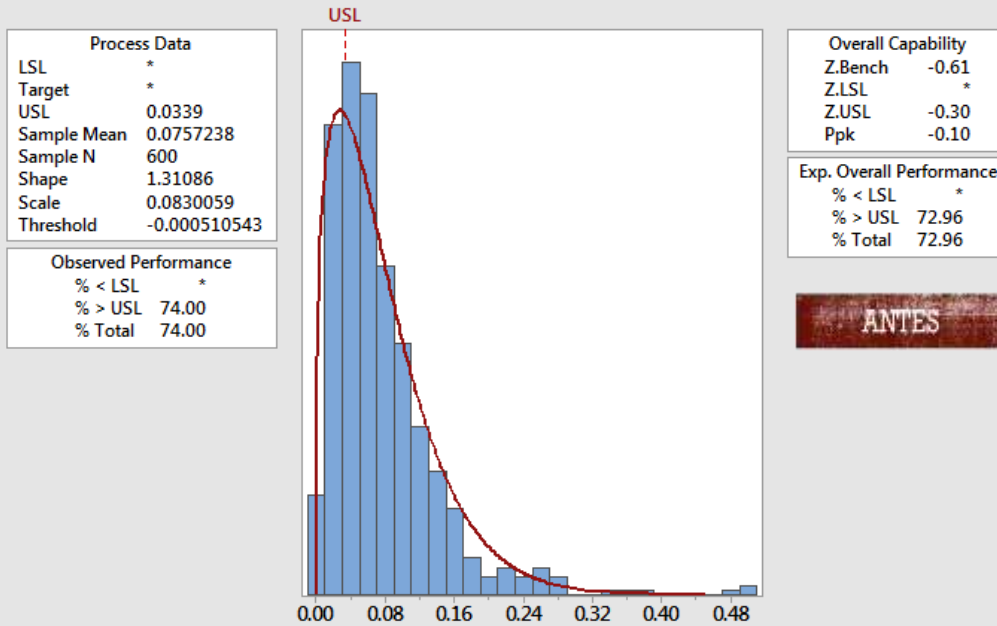


Figura 53. Análisis de capacidad año base 2016.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

De acuerdo a las gráficas presentadas, se evidencia que la curva se hace más esbelta en el 2017, con respecto al 2016. El nivel Z pasa de -0.61 en 2016 a

## Process Capability Report for % SCRAP 2017 Calculations Based on Loglogistic Distribution Model

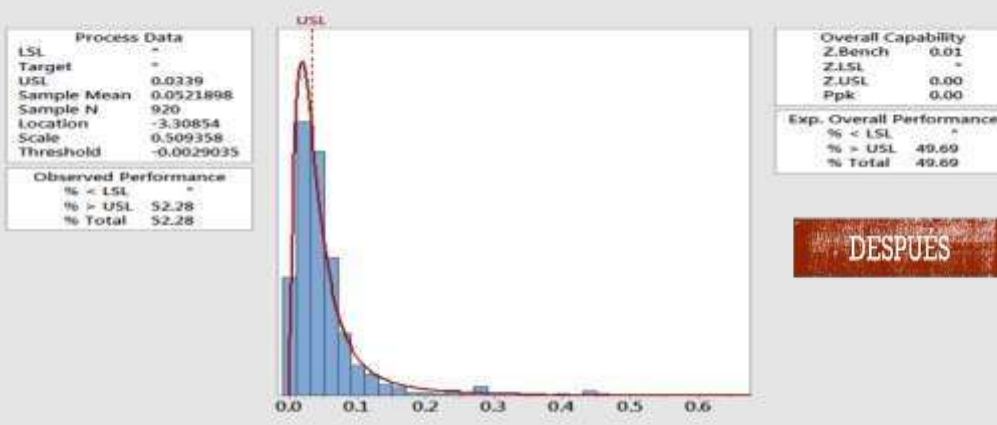


Figura 54. Análisis de capacidad año 2017.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).



## Nuevo beneficio económico del proyecto

Tabla 15. *Beneficio económico del proyecto*

| BENEFICO ESTIMADO               | SCRAP (kg) | Horas de paro | Reducción de energía % | Unidades Anuales | USD          |
|---------------------------------|------------|---------------|------------------------|------------------|--------------|
| Beneficio de reducción de scrap | 47,513     |               |                        |                  | \$ 4,751.28  |
| Beneficio x horas de paro       |            | 125           |                        |                  | \$ 343.67    |
| Beneficio x energía eléctrica   |            |               | 36%                    |                  | \$ 5,214.57  |
| Beneficio de uso de PPAI 16 C   |            |               |                        | 6,000            | \$ 18,000.00 |
| Total Beneficio                 |            |               |                        |                  | \$ 28,309.52 |

Beneficio adicional : Por el aumento de capacidad generamos 49,863.00 Kg (\$7,479.00) adicionales, esto equivale a un beneficio Total de \$ 35,788.92

Tomado de la Empresa Plásticos Industriales C.A

El beneficio económico que se espera obtener con este proyecto aplicando la metodología Six Sigma, será igual a \$35.788,92, donde el desglose es el siguiente: la reducción del scrap generará \$4,571.28, mientras que el beneficio por la disminución de las horas de paralización, será igual a \$343.67, en tanto que la reducción de energía eléctrica generará \$5,214.57 y por el uso del material nuevo en combinación con el 25% del scrap, será igual a \$28,309.52.

### Fase control

En esta etapa de la propuesta, la metodología Six Sigma debe de asegurar que los logros conseguidos sean sostenidos en el tiempo y no solo sean cambios productos de una ola o de una novedad. Pero ¿Cómo se asegura la sostenibilidad del proyecto? Se debe de elaborar un plan de control con actividades que permitan reaccionar ante una posible caída de los indicadores del proceso de peletizado.

A continuación se detalla los planes de acción experimentales en la fase de control:

Tabla 16. Plan de control mejora

| PLAN DE CONTROL   |  |                               |   |   |                              |
|---|--|-------------------------------|---|---|------------------------------|
| PROCESO : Verificación de la reducción de % Scrap       |  |                               |   |   |                              |
| Proyecto: Reducción de % Scrap en el área de peletizado |  |                               | Giovanny Yepex                          |   |                              |
| Proceso: Peletizado                                     |  |                               | Enero 2019                              |   |                              |
| QUE   | COMO                                       | QUIEN                         | CUANDO                                  | ENTREGABLES   | PLAN DE RESPUESTA O REACCION |
| Indicador de scrap                                      | Digitar los datos en la Pizarra de control | Digitador                     | Diario                                  | Registro de datos en pizarra                          |                              |
| Mejora en arranque de maquina peletizadora              | Instructivo de arranque de maquina         | Jefe de Materiales            | Cada 3 meses                            | Registro de divulgación PC-F-GDR-001                  |                              |
| Optimización en cambios de malla                        | Mallas pre fabricadas                      | Operario                      | Diario                                  | INFORME DE OPERADOR                                   |                              |
| Reproceso de scrap peletizado en línea                  | Molienda y consumo de tortas en línea      | Operario                      | Diario                                  | INFORME DE OPERADOR                                   |                              |
| Dosificación estandarizada                              | Jarras rotuladas con la medida             | Jefe de Materiales            | Cuando presente desgaste                | Jarras nuevas y rotuladas con medidas de dosificación |                              |
| Desviación de Indicadores                               | Análisis de causas Espina de pescado       | Jefe de materiales/ Operarios | Inmediato cuando se presente desviación | Espina de pescado y plan de acción                    |                              |

Tomado de la Empresa Plásticos Industriales C.A

A continuación se detallan los planes de respuestas experimentales en la fase de control:



Figura 55. Actividades de control.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

## Propuesta de Instructivo para arranque de peletizadora en planta inyección

- **OBJETIVO**

Determinar los pasos a seguir para realizar el arranque de las máquinas de peletizado de la planta de materiales, ubicada en la Planta de Inyección PICA KM 9.5 Vía a Daule.

- **ALCANCE**

Este instructivo es aplicable a las máquinas de peletizado de la planta de materiales, ubicada en la planta de inyección PICA km 9.5 Vía a Daule.

- **RESPONSABILIDADES**

Es responsabilidad del jefe de materiales difundir este instructivo entre el personal de peletizado.

- **DEFINICIONES**

- **INSTRUCCIONES**

- Dirígete al Panel de Breakers de las Extrusoras ubicado al final del Área de Materiales a mano derecha.

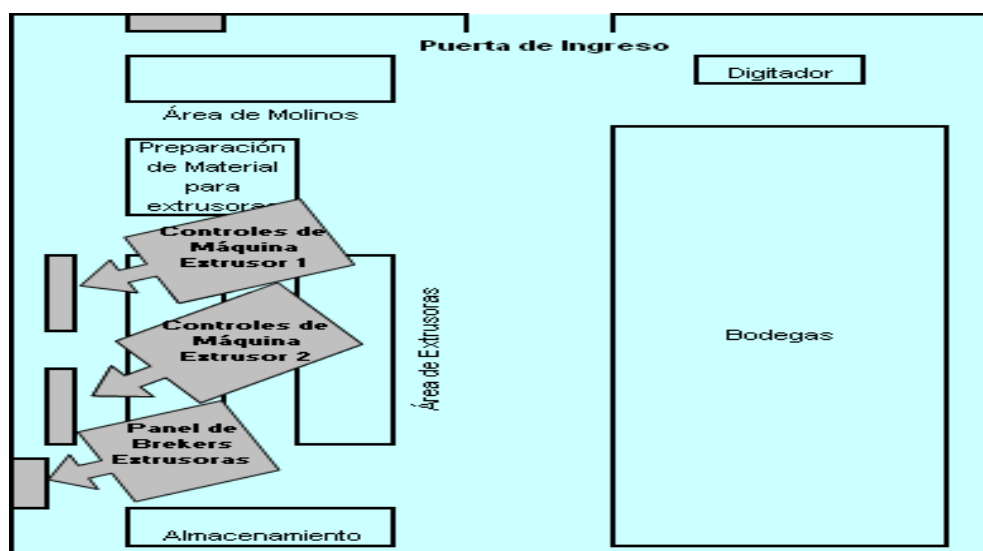


Figura 56. Diagrama de áreas.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Coloca el switch de temperatura del extrusor 1 y 2 en la opción ON.
- Revisar que la temperatura de las 8 zonas esté de 200 a 260°C. máximo. Las zonas se numeran de derecha a izquierda con el frente de la máquina hacia a ti.



Figura 57. Zonas de temperaturas.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Desactiva el botón de paro de emergencia y activa la unidad de corte y el blower presionando los dos botones de arranque (start) del panel.

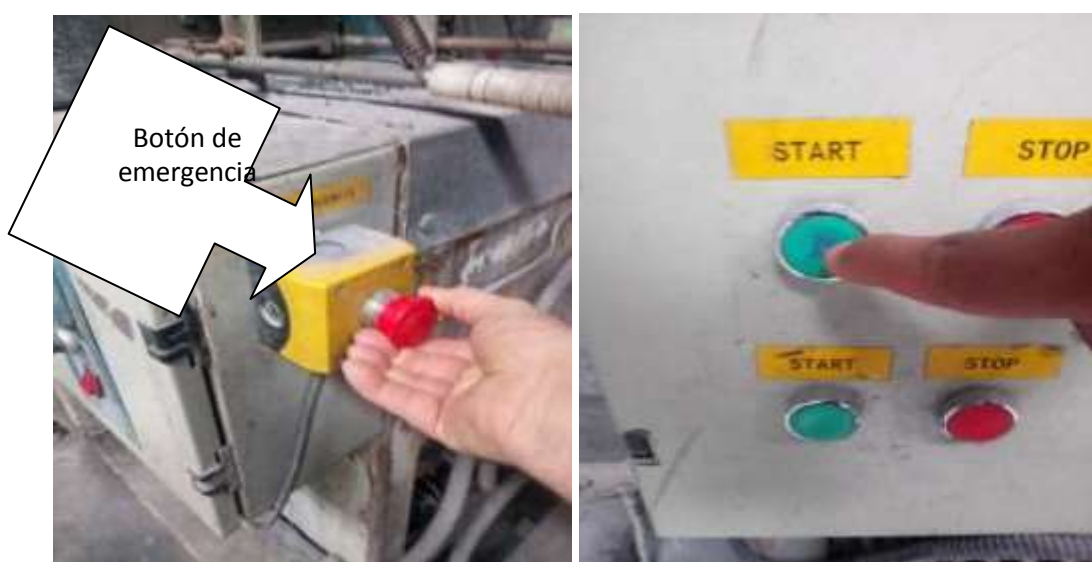


Figura 58. Botones de emergencia.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- En el controlador de velocidad de unidad de corte se regula la velocidad, subiendo a un máximo de 600 rpm. La velocidad es ajustable y va desde 0 hasta 180 rpm (revoluciones por minuto).



Figura 59. Control de velocidad.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Coloca el switch del panel 1 de la extrusora 1 en la posición ON y regula la velocidad del tornillo a 900 rpm.
- Coloca el switch del panel 2 de la extrusora 1 en la posición ON y regula la velocidad del tornillo a 900 rpm.

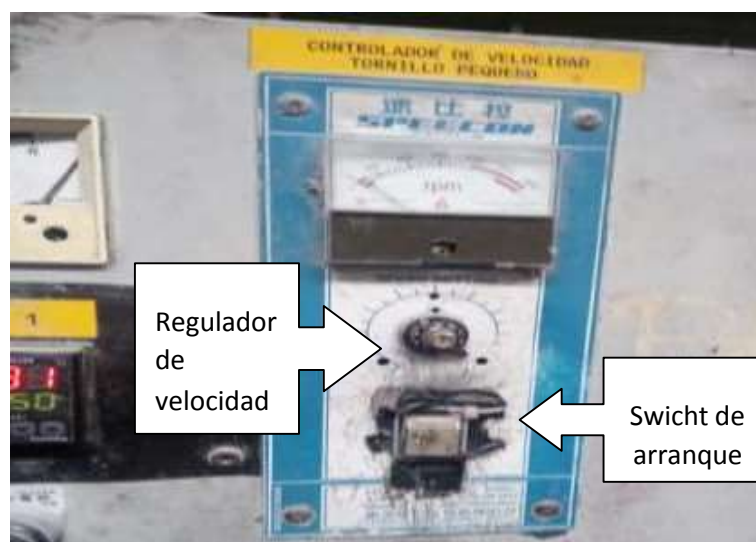


Figura 60. Reguladores y switch de arranque.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Cambia las mallas del filtro de la extrusora usando el epp indicado (guantes contra calor).



*Figura 61.* Cambio de mallas.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- En el panel eléctrico de la tolva, acciona el switch para subir la bandeja que sirve de alimentación de material a la máquina.



*Figura 62.* Switch de arranque.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Revise que la tina esté llena de agua.



*Figura 63.* Tina.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

- Abre las llaves de agua templada y helada para la máquina y la tina. Las llaves de paso están en las tuberías cercanas a las máquinas. Las llaves abren hacia abajo.



*Figura 64.* Llaves de agua.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

### **Seguridades:**

- Revisar periódicamente (mínimo una vez por mes) que:
  - a. Los botones de STOP funcionen de forma adecuada, si no funcionan se debe reportar inmediatamente al área de mantenimiento.
  - b. No existan cables sueltos o pelados, o regados en el piso, de presentarse la novedad, reportar inmediatamente al área de mantenimiento.
  - c. Revisar que todos los resguardos estén bien instalados y ubicados.



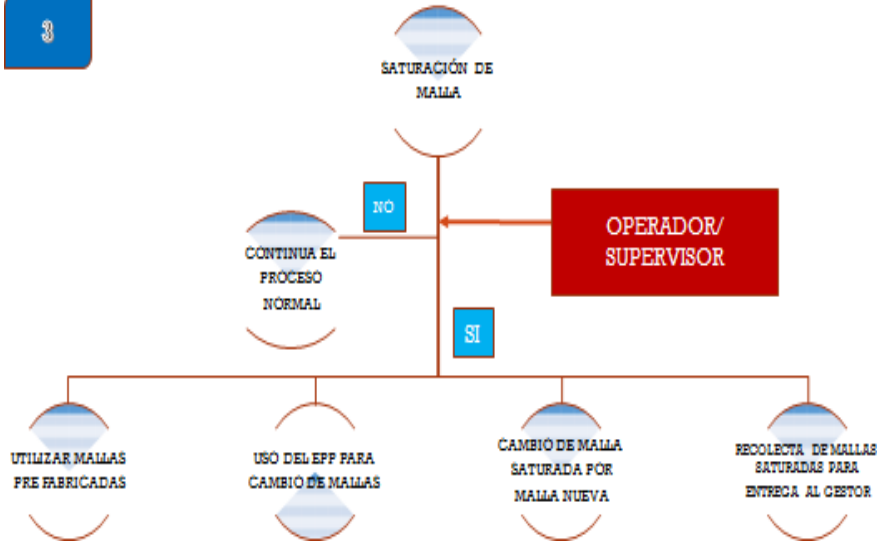
*Figura 65.* Resguardo de unidad de corte.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).



## PLAN DE RESPUESTA O REACCIÓN

3



## PLAN DE RESPUESTA O REACCIÓN

4

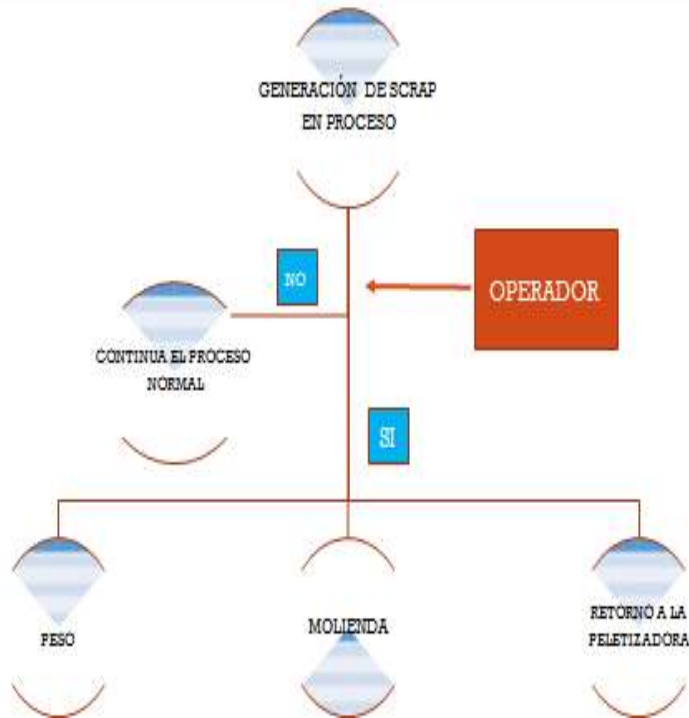


Figura 66. Plan de respuesta o reacción.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).



Figura 67. Estandarización de cambios.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

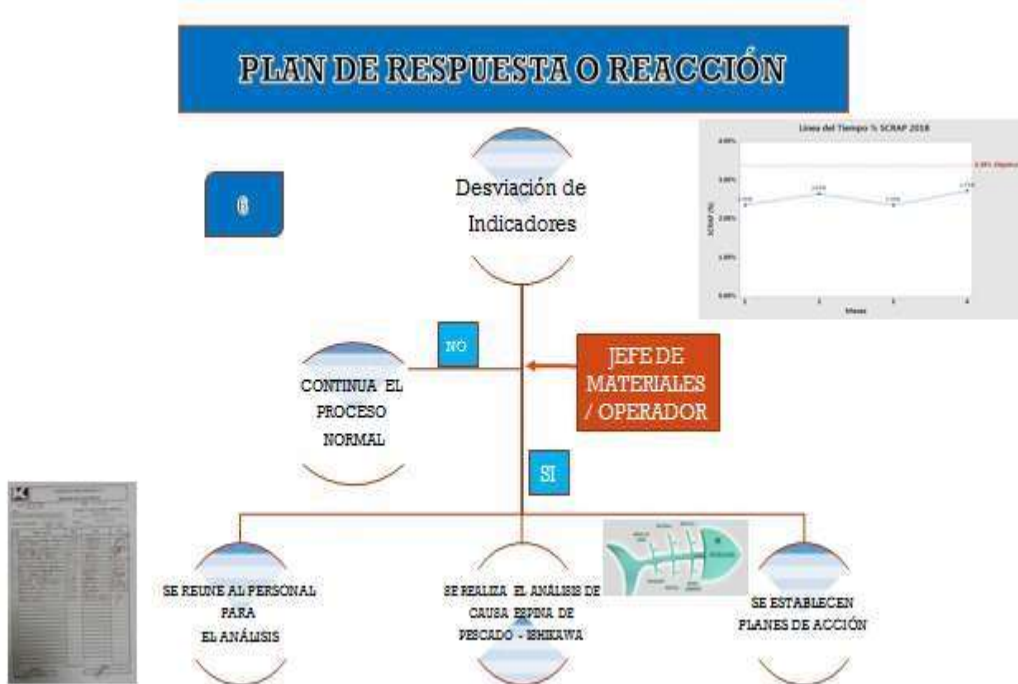


Figura 68. Plan de respuesta o reacción.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

El proyecto en el 2019, se encuentra en la etapa de control, se está ejecutando planes de acción experimentales cada vez que el proceso se sale de

control, se capacitó a operarios, supervisores y jefatura del área para que reaccionen ante cualquier desviación que tenga el proceso.

La idea de esta etapa es entregar al cliente interno que es la planta de peletizado un proceso estable en donde se puedan monitorear las entradas y las salidas del proceso claramente y que se puedan evidenciar las mejoras realizadas.

Tabla 17. Serie de tiempo del Scrap de Peletizado del 2018.

| <b>Mes</b>   | <b>Producción (Kg)</b> | <b>Scrap (Kg)</b> | <b>Scrap (%)</b> | <b>Límite</b> |
|--------------|------------------------|-------------------|------------------|---------------|
| Enero        | 95301,7                | 2302,10           | 2,36%            | 3,39%         |
| Febrero      | 109899,0               | 2993,39           | 2,65%            | 3,39%         |
| Marzo        | 143399,0               | 3467,15           | 2,36%            | 3,39%         |
| Abril        | 147945,0               | 4156,74           | 2,73%            | 3,39%         |
| Mayo         | 191333,8               | 2856,54           | 1,47%            | 3,39%         |
| Junio        | 213081,0               | 5026,83           | 2,30%            | 3,39%         |
| Julio        | 302290,05              | 7597,16           | 2,45%            | 3,39%         |
| Agosto       | 378252,70              | 12604,43          | 3,22%            | 3,39%         |
| Septiembre   | 392419,27              | 13299,57          | 3,28%            | 3,39%         |
| Octubre      | 282590,35              | 6463,10           | 2,24%            | 3,39%         |
| Noviembre    | 141585,80              | 2340,06           | 1,63%            | 3,39%         |
| Diciembre    | 105888,75              | 2159,28           | 2,00%            | 3,39%         |
| <b>Total</b> | <b>2503986,42</b>      | <b>65266,35</b>   | <b>2,54%</b>     | <b>3,39%</b>  |

Tomado de la Empresa Plásticos Industriales C.A.

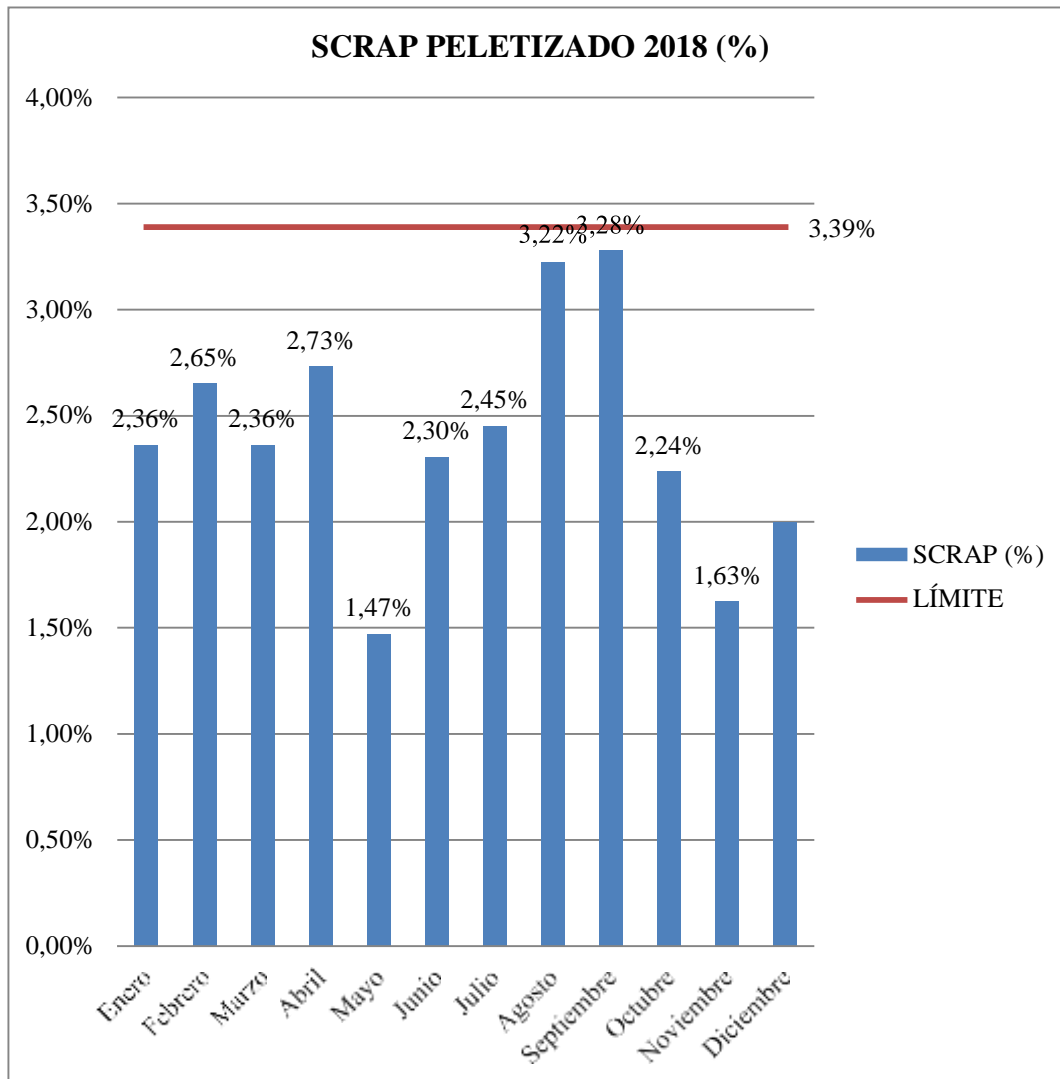


Figura 69. Porcentaje Diagrama de serie de tiempo del Scrap de Peletizado del 2018.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

Con relación a la evolución del scrap por meses en el año 2018 se ha considerado los meses de enero a junio, obteniendo al igual que en los años anteriores una tendencia irregular, donde en el mes de enero se presentó un 2,36% de scrap, con un leve incremento en febrero con un 2,65%, en el tercer mes del año se repitió el porcentaje del primer mes (2,36%), mientras que en abril aumentó nuevamente a 2,73%, para en el mes de mayo decaer a 1,47% siendo el mes más bajo seguido del 1,76% obtenido en junio.

## Línea del tiempo año 2018

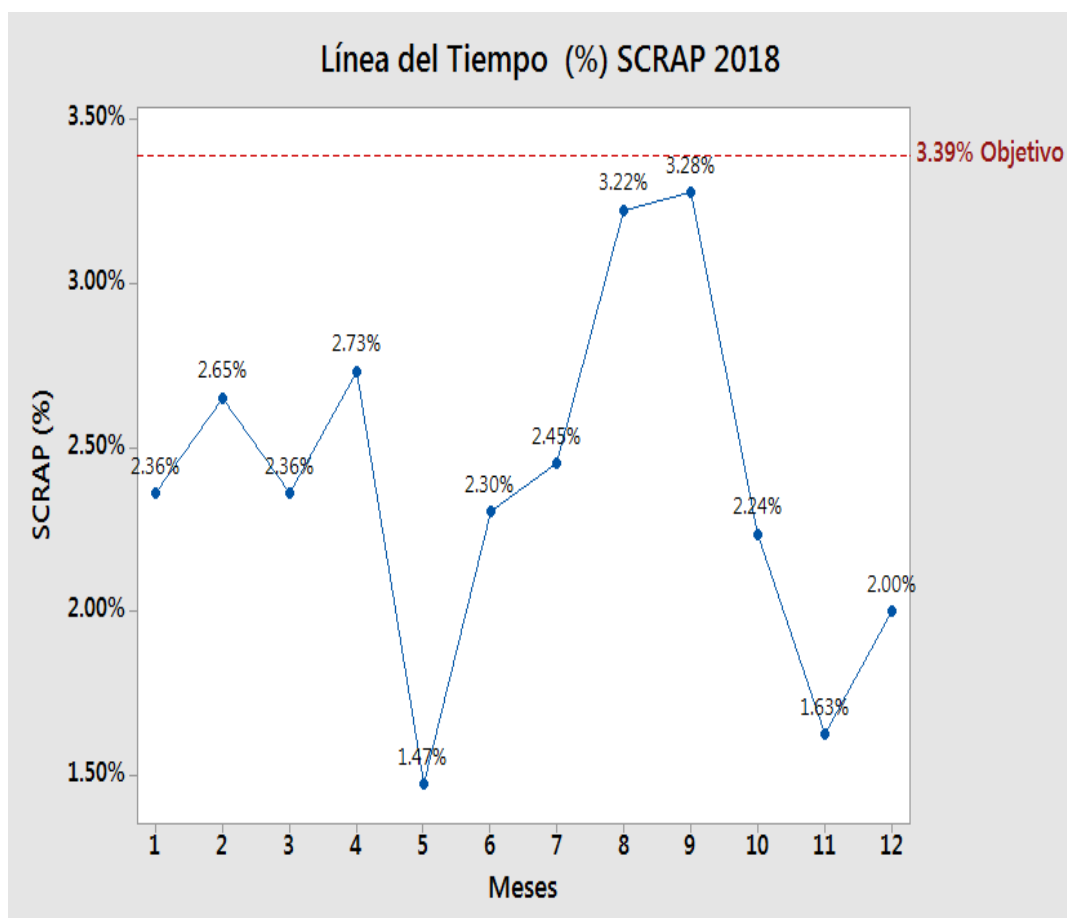


Figura 70. Porcentaje Diagrama de serie de tiempo del Scrap de Peletizado del 2018.

Tomado de Plásticos Industriales C. A. (2018).

De acuerdo a lo apreciado en la Figura de series de tiempos del año 2018, se aprecia claramente la mejora del nivel de scrap de peletizado, por debajo de la meta 3,39%, fluctuando entre enero a abril, de 2,36% a 2,73%, bajando en mayo a 1,47%, y fluctuando entre junio a diciembre entre 2,45% a 2,38%, lo que corrobora los supuestos de la mejora, con relación a la reducción del scrap.

## Conclusiones

La revisión de la literatura manifestó que Six Sigma fue implementado con éxito en organizaciones de diversos países en Europa, Asia, Latinoamérica y Estados Unidos, quienes lograron mejorar sus procesos productivos a través de la aplicación sistemática de las diferentes etapas de esta herramienta de gestión, asociada al incremento de productividad de las empresas donde fue ejecutada.

Se describió a la empresa PICA a través de un breve análisis, el cual evidenció una tendencia irregular del scrap en la producción durante el año 2016, que llegó en octubre a su nivel más bajo (3,39%), el cual fue tomado como referente para la aplicación de Six Sigma.

La aplicación de las tres primeras fases de la herramienta Six Sigma, con el uso de la metodología cuantitativa y cualitativa, determinó que las causas que ocasionar altos niveles de scrap en la planta de PICA, por encima del 5%, estuvieron asociadas a la producción de fórmulas con carbonato de calcio, presencia de material contaminado en la mezcla de materiales, fuga de materiales por cabezales en mal estado, taponamiento de mallas en las máquina peletizadora y desgaste de sellos mecánicos del cabezal de la peletizadora. Las consecuencias generadas por el alto nivel de scrap en el área de peletizado, estuvieron relacionadas con las pérdidas económicas que ascendieron a \$29.118,15.

Se propuso ejecutar planes de mejora del proceso de peletizado, entre cuyas alternativas se planteó el reemplazo de la materia prima actual (polietileno), por el performance el PT, la creación del procedimiento de cambio de mallas y de sellos mecánicos del cabezal de la peletizadora, de modo que se pueda minimizar los niveles de scrap por debajo del 3,39%, el nivel mínimo alcanzado durante el periodo de estudio, para reducir la pérdida y potenciar la productividad en la planta de peletizado de PICA.

## **Recomendaciones**

Se sugiere que la alta dirección implemente un procedimiento para la aplicación del método Six Sigma en todas las áreas de la planta de PICA, tomando como base la experiencia obtenida en el desarrollo de este trabajo investigativo.

Es recomendable que la empresa PICA capacite constantemente en todo lo relacionado a la aplicación de la herramienta Six Sigma, tomando como base las experiencias de otros países, la evolución de la tecnología en la industria plástica y la experiencia propia de la empresa.

Se recomienda al personal administrativo y financiero de la empresa, que controle adecuadamente el incremento de la rentabilidad y liquidez que se forjará como consecuencia de la minimización de las pérdidas económicas, para proseguir con la identificación de mejoras.

También es recomendable que la propuesta de este trabajo investigativo se ejecute en la planta de peletizado de PICA y que se tomen las medidas correctivas y preventivas necesarias para lograr el objetivo de minimizar constantemente el despilfarro de la planta de producción.

## Referencias Bibliográficas

- Alderete, V., & Colombo, A. (2016). *Six Sigma*. Ecuador:  
<http://200.16.86.50/digital/33/revistas/cse/sixsigma-six.pdf>.
- Andrade, L., & Coutinho, G. (2018). *Ánalisis de variaciones de uso de materiales y cálculo de scrap estándar en los procesos de ensamblaje y empaque en una planta de productos de afeitado, usando la filosofía*. Caracas, Venezuela:  
Universidad de Caracas:  
[http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ7408\\_1.pdf](http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ7408_1.pdf).
- Arias, F. (2014). *Metodología de la investigación*. Buenos Aires: Cuarta Edición, Editorial Depalma.
- Asamblea Nacional. (2010). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones*. Quito: Registro Oficial Suplemento 056.
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República*. Montecristi, Ecuador: Registro Oficial 449.
- Bahema, M. (2016). *Curso de seis sigma*. México:  
<http://www.icicm.com/files/CursoSeisSigma.pdf>.
- Bermudez, A., & Millán, J. (2016). *Metodología para el mejoramiento en los procesos de Dirección de Proyectos del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias - FOPAE*. Bogotá, Colombia: Universidad EAN:  
<https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/5825/BermudezAngelica2013.pdf?se>.
- Bernard, A. (2012). *Metodología de la investigación*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Heliasta, Tercera Edición.



- Bravo, J. (2014). *Productividad basada en la Gestión de Procesos*. Santiago de Chile: Editorial Evolución S. A.
- Cantú, H. (2013). *Calidad - hábito para la competitividad*. México: Tecnológico de Monterrey.
- Carreira, A., Bordado, J., & Ventura, C. (2015). Optimización de la composición del plástico a través de técnicas de fabricación Lean. *Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa*, 1(10), 15.
- Carro, R., & González, D. (2015). *Productividad y competitividad*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Mar de Plata, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
- Carro, R., & González, D. (2016). *Productividad y competitividad 2*. Argentina: Universidad Nacional de Mar de Plata: [http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02\\_productividad\\_competitividad.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf).
- Castañeda, P. (2015). *Six Sigma: Metodología y técnicas*. Colombia: <https://storage.googleapis.com/smaracliran.appspot.com/6/Seis-Sigma-Metodologia-Y-Tecnicas-29885516.pdf>.
- Castillo, J. (2014). *Levantamiento, diseño de procesos de la empresa el Competidor*. Cuenca, Ecuador: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/844/1/tn236.pdf>.
- Chiarini, A. (2015). Mejora del rendimiento de OEE utilizando un Lean Six Sigma enfoque: un caso de estudio de fabricación italiana. *Dirección de Productividad y Calidad*, 16(4), 15.
- Cuenca, M. (2016). *Levantamiento, definición y formalización de los procesos de seguridad de la información en la Unidad de Telecomunicaciones e Información de la Universidad Nacional de Loja*. Loja, Ecuador:

Universidad Nacional de Loja:

<http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/18495/1/Cuenca%20Capa%2C%20Maritza%20Lorena.pdf>.

D' Angelo, S. (2016). *Población y muestra*. Argentina: [https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/POBLACI%C3%93N%20Y%20MUESTRA%20\(Lic%20DAngelo\).pdf](https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/aps/POBLACI%C3%93N%20Y%20MUESTRA%20(Lic%20DAngelo).pdf).

Domenech, J. (2017). *Diagram de Ishikawa o Espina de pesacado*. Colombia: Iberoamericana.

Escobar, F. (2014). *Metodología Cuantitativa*. Colombia: <http://www.geocities.ws/uaexam/Felipe-Entrevista.pdf>.

Felizzola, H., & Luna, C. (2014). *Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico*. Colombia: Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 22 N° 2, pp. 263-277.

Fernández, R. (2015). *la mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa*. Alicante, España: Club Universitario.

Gabahne, L., Gupta, M., & Zanwar, D. (2014). En general, mejora de equipos Eficacia: Un caso de máquina de moldeo por inyección. *Revista Internacional de Ingeniería y Ciencias*, 3(8), 15.

Goh, T. (2002). Una evaluación estratégica de seis sigma. *Ingeniería de Calidad y Fiabilidad Internacional*, 1(18), 15.

Gómez, M. (2016). *Manufactura Inteligente. SIPOC DIAGRAM*. España: Sitio web: <http://www.manufacturainteligente.com/sipoc-diagram-identificar-causa-raiz/>.

Guajardo, E. (2015). *Administración de la calidad total. Concepto y enseñanza de los grandes maestros de la calidad*. México: Editorial Pax México.

- Hassan, R. (2010). Hoja de ruta para la mejora continua de la calidad y sostenibilidad: un caso de estudio en el sector servicios egipcio. *Dirección de Productividad y Calidad*, 6(3), 15.
- Hernández, C. (2014). *La metodología lean seis sigma, sus herramientas y ventajas*. México: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47599/HernandezMartinezCuauhtemoc.pdf;jsessionid=3FE8816987C8357B118CBFF110D29FDB?sequence=1>.
- Hernández, C., Félix, C., & Keith, J. (2015). *De un modelo lineal a una configuración Organizativa eólica: La evolución del paradigma estrategia - estructura*. México: [http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/17\\_PF305\\_Paradigma\\_Estrategia-Estructura.pdf](http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/17_PF305_Paradigma_Estrategia-Estructura.pdf).
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.
- Herrera, R. (2015). *Seis Sigma método estadísticos y sus aplicaciones*. Ecuador: [http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros\\_internet/55821.pdf](http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55821.pdf).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México. (2015). *Cálculo de los índices de productividades laboral y del costo unitario de la mano de obra 2015*. México: INEGI.
- Jiménez, D. (2015). *SIPOC. Un proceso de la másútil para mapeo de los procesos*. Barcelona, España: Calidad

<https://www.pymesycalidad20.com/sipoc-un-diagrama-de-lo-mas-util-para-mapeo-de-procesos.html>.

Jiménez, E. (2015). *Observación*. Colombia: Universidad de Bogotá.

Lozano, L. (2014). ¿Qué es calidad total? *Scielo Perú*,  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1018-130X1998000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1018-130X1998000100006&script=sci_arttext).

Lu, D. (2016). *¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa*. .  
Bogotá: Grupo Editorial Norma.

Marvel, M., Rodríguez, C., & Núñez, M. (2016). *La productividad desde una perspectiva humana: Dimensiones y factores*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Catalunya:  
<https://www.redalyc.org/pdf/549/54921605013.pdf>.

Morales, J., & Silva, R. (2017). *Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line*. Colombia: Int J Adv Manuf Technol (2017) 92:1013–1026.

Morán, G., & Alvarado, D. (2014). *Métodos de investigación*. México: Universidad Autónoma de Coahuila:  
<https://mitrabajodegrado.files.wordpress.com/2014/11/moran-y-alvarado-metodos-de-investigacion-1ra.pdf>.

Moreira, H., & Mero, E. (2016). *Mejoramiento del área de recepción y despacho de residuos de atún procesado en una planta industrial, para optimizar el tiempo de trabajo Eurofish S.A*. Manta, Ecuador: Universidad Laica Ely Alfaro de Manabí:

<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/568/1/ULEAM-BLGO-0023.pdf>.

Nava, E. (2017). *Análisis y propuesta para aumentar la producción y disminuir el scrap*. México: Universidad Nacional Autónoma de México UNAM: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/56>.

Navarro, E., Gisbert, V., & Pérez, A. (2017). *Metodología e implementación de Six Sigma* (Vol. 73). Valencia, España: Especial.

Oficina Internacional del Trabajo. (2016). *Mejore su negocio, el recurso humano y la productividad*. Ginebra, Suiza: OIT.

Padilla, L. (2016). Manufactura esbelta/ágil. *Facultad de Ingeniería – Revista Ingeniería Primero*, Pags.64-69.

Pagés, C. (2015). *La era de la productividad*. Washington D. C.: Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Paredes, T. (2016). *Principios de Six Sigma*. Ecuador: [http://biblio3.url.edu.gt/publiclg/biblio\\_sin\\_paredes/maestria/adm\\_contr\\_cal/cap/10.pdf](http://biblio3.url.edu.gt/publiclg/biblio_sin_paredes/maestria/adm_contr_cal/cap/10.pdf).

Patel, N., & Shah, S. (2015). Una revisión sobre la implementación de Six Sigma en las industrias manufactureras. *JETIR*, 2(2), 15.

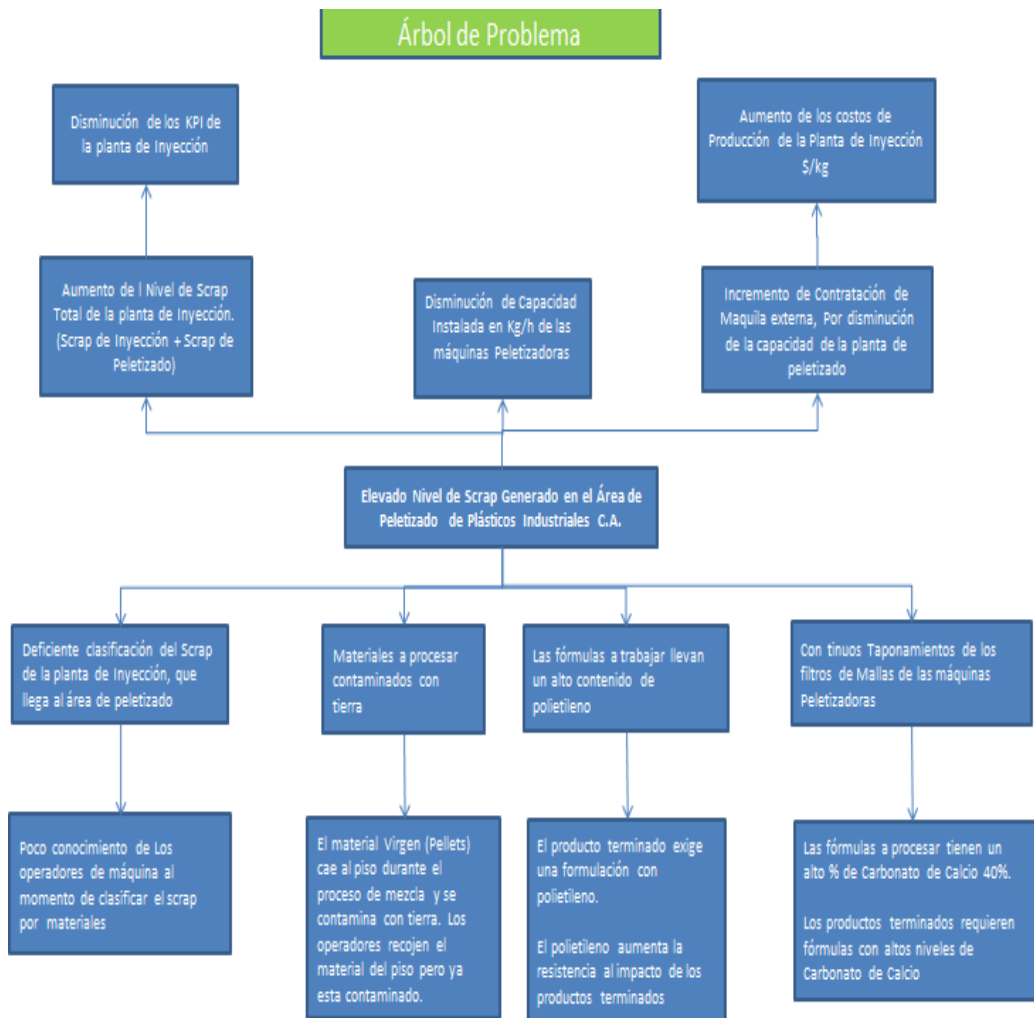
Plásticos Industriales C. A. (2018). *Sistemas Informaticos de Plásticos Industriales C.A*. Guayaquil, Ecuador: Plásticos Industriales C.A.

Poole, B. (2014). *Metodología de la Investigación*. Barcelona – España: Tercera Edición. Editorial Alfaomega.

Posteuca, A., & Zapciu, M. (2015). Configuración del tiempo y reducción de costos en condiciones de bajo volumen y sobrecapacidad. *UPB Sci Bull*, 77(4), 15.

- Prokopenko, J. (2014). *La gestión de la productividad. Manual Práctico*. Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo (OIT).
- Render, B., & Heyzer, J. (2014). *Dirección de la Producción*. México: Pearson Education.
- Saeger, A., & Sánchez, M. (2016). *El diagrama de Ishikawa. Solucionar los problemas desde su raíz*. México: [www.50minutos.es](http://www.50minutos.es).
- Secretaría Nacional para la Planificación del Desarrollo. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Quito, Ecuador: SENPLADES.
- Sociedad Latinoamericana para la Calidad (SLC). (2016). *Diagrama causa-efecto*. México: <http://www.ongconcalidad.org/causa.pdf>.
- Ugo, F. (2014). *Competitividad es Calidad Total*. Buenos Aires: Alfaomega.
- Valle, A. (2017). *La Productividad del trabajo al encuentro de la teoría marxista*. México: Universidad Nacional de México: <http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/glor/Lecturas/PRODBRA3.pdf>.
- Zapata, C., & Villegas, S. (2016). *Reglas de consistencia entre modelos de requisitos de un método*. Medellín - Colombia: Universidad EAFIT.

## APENDICE A. ÁRBOL DE PROBLEMAS

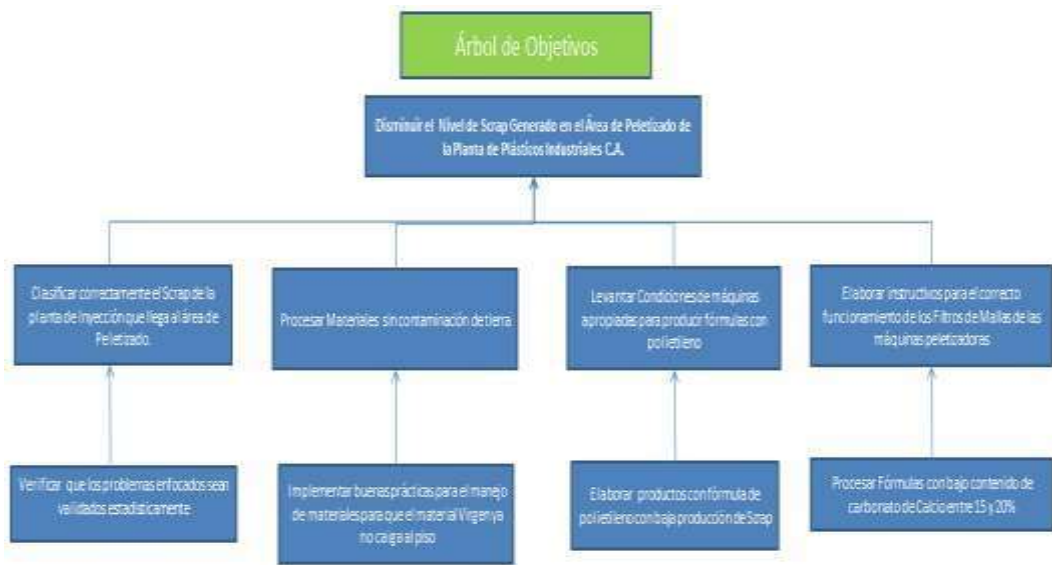


## APENDICE B. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

| <b>Pregunta General de investigación</b>  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• ¿Qué es el scrap?</li><li>• ¿Cómo influye el scrap en la productividad de la empresa?</li><li>• ¿Qué medidas deben tomarse para disminuir el scrap?</li><li>• ¿Cuáles son los factores que incrementan el nivel de scrap del área de peletizado y de qué manera afecta a la productividad de la planta de Plásticos Industriales C. A.?</li></ul> |



## APENDICE C. ÁRBOL DE OBJETIVOS





**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Yépez Vera Giovanni Raphael**, con C.C: # **0914798871** autor del trabajo de titulación: **Estudio de caso para determinar la incidencia del scrap en la productividad en el área de peletizado en Plásticos Industriales C.A.**, previo a la obtención del grado de **MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de graduación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 20 de septiembre del 2019

f. \_\_\_\_\_  
Yépez Vera Giovanni Raphael  
C.C: 0914798871



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE GRADUACION**

|  |   |  |     |
|--|---|--|-----|
| <b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>                           | Estudio de caso para determinar la incidencia del scrap en la productividad del área de peletizado de Plásticos Industriales C.A.   |  |     |
| <b>AUTOR(ES)</b><br>(apellidos/nombres):             | Yépez Vera Giovanni Raphael   |  |     |
| <b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b><br>(apellidos/nombres): | Ing. José Pérez Villamar, Mgs.  |  |     |
| <b>INSTITUCIÓN:</b>                                  | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil   |  |     |
| <b>UNIDAD/FACULTAD:</b>                              | Sistema de Posgrado   |  |     |
| <b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>                        | Maestría en Administración de Empresas  |  |     |
| <b>GRADO OBTENIDO:</b>                               | Magíster en Administración de Empresas  |  |     |
| <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>                         | 20 de Septiembre del 2019   | <b>No. DE PÁGINAS:</b>                     | 135 |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>                              | Gestión de la Calidad y Gestión de la producción  |  |     |
| <b>PALABRAS CLAVES/<br/>KEYWORDS:</b>                | Scrap, productividad, Six Sigma, mejora, incrementación.  |  |     |
| <b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>                             | <p>La presente investigación se planteó con el objetivo de determinar los factores que influyen en el incremento de nivel de Scrap del área de peletizado de la planta de Plásticos Industriales C.A. para proponer un plan de incremento de la productividad aplicando la metodología Six Sigma. Se aplicó la metodología descriptiva, deductiva, cuantitativa, con aplicación de la metodología Six Sigma, cuyos resultados indicaron que durante las tres primeras fases de la herramienta Six Sigma, se determinó que las causas que ocasionan altos niveles de scrap en la planta de PICA, por encima del 5%, estuvieron asociadas a la producción de fórmulas con carbonato de calcio, presencia de material contaminado en la mezcla de materiales, fuga de materiales por cabezales en mal estado, taponamiento de mallas y desgaste de sellos mecánicos del cabezal de la peletizadora, el alto nivel de scrap se relaciona con pérdidas económicas que ascendieron a la suma de \$29.118,15 anuales. Se propuso ejecutar planes de mejora del proceso de peletizado, entre cuyas alternativas se planteó el reemplazo de la materia prima actual (polietileno), por materias primas que mantengan el performance del producto terminado, la creación del procedimiento de cambio de mallas y de sellos mecánicos del cabezal de la peletizadora, de modo que se pueda minimizar los niveles de scrap por debajo del 3,39%, En conclusión, la aplicación de Six Sigma contribuyó a reducir la pérdida y potenciar la productividad en la planta de peletizado de PICA.</p> |  |     |
| <b>ADJUNTO PDF:</b>                                  | SI  | NO   |     |
| <b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>                        | <b>Teléfono:</b> 0939270819   | E-mail: yepezveragiovannyrfael@hotmail.com |     |
| <b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>                  | <b>Nombre:</b> María del Carmen Lapo Maza   |  |     |
|  | <b>Teléfono:</b> 3804600  |  |     |
|  | <b>E-mail:</b> <a href="mailto:maria.lapo@cu.ucsg.edu.ec">maria.lapo@cu.ucsg.edu.ec</a>   |  |     |