

Propuesta para la aplicación de Lean Manufacturing y de técnicas estadísticas enfocadas a la calidad en la empresa Complasticol.

Diego Fernando Ruiz Peña

Universitaria Agustiniana
Facultad de Ingenierías
Programa de Ingeniería Industrial
Bogotá, D.C.
2019

Propuesta para la aplicación de Lean Manufacturing y de técnicas estadísticas enfocadas a la calidad en la empresa Complasticol.

Diego Fernando Ruiz Peña

Director

Luis Héctor Peña Vargas

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Universitaria Agustiniiana
Facultad de Ingenierías
Programa de Ingeniería Industrial
Bogotá, D.C.

2019

Resumen

La industria nacional debe adaptarse a los cambios del mercado, lo cual implica que las empresas deben realizar en la mayoría de los casos las modificaciones de sus procesos productivos, para poder mantenerse competitivos. Estos ajustes tienen que ver con la reducción de sus costos, tiempos de producción y la mejora de su calidad, lo que ha llevado a las empresas a usar metodologías de Lean Manufacturing y en el caso de la calidad reforzar esta metodología mediante el uso de técnicas estadísticas.

En el siguiente trabajo se realiza una propuesta para la mejora de calidad en los procesos de producción de rollos de bolsa plástica en áreas de extrusión, precortado, sellado y empacado en la empresa Complasticol. Para lograr esto se utilizarán técnicas estadísticas y la metodología de Lean Manufacturing, realizando inicialmente un análisis del estado actual del proceso; posteriormente se plantean propuestas para así lograr la reducción de tiempos y mejora en la calidad, mediante Smed, Kanban, cartas de control y otras herramientas. Finalmente se evalúa la viabilidad del proyecto, y con base en esto se seleccionarán las propuestas que se implementarán en la empresa.

Palabras clave: Cartas de control, Smed, Kanban, proceso productivo, calidad, Lean Manufacturing.

Abstract

The national industry must adapt to the changes of the market, this implies that the companies must carry out in the majority of the cases the change of their productive processes, to be able to stay in the market. These changes are the reduction of their costs and production times and the improvement of their quality, which has led companies to use Lean Manufacturing methodologies and in the case of quality reinforce this methodology through the use of statistical techniques.

The following work is a proposal for the improvement of quality in the production processes of plastic bag rolls in areas of extrusion, pre-cutting, sealing and packaging in the company Complasticol. In order to achieve this, statistical techniques and Lean Manufacturing methodology will be used. Initially an analysis is made of the current state of the process, then proposals are made for improvement seeking to reduce time and improve quality through Smed, Kanban, control charts and other tools. Finally, the viability of the project is evaluated, and based on this the proposals that will be implemented in the company will be selected.

Keywords: Control letters, Smed, Kanban, productive process, quality, Lean Manufacturing.

Contenido

	pág.
Introducción	15
1. Problema de investigación	16
1.1 Planteamiento del problema	16
1.1.1 Árbol de problemas	19
1.2 Pregunta de investigación	20
2. Justificación	21
3. Objetivos	23
3.3.1 Objetivo general	23
3.3.2 Objetivos específicos	23
4. Marco de referencia	24
4.1 Marco teórico	24
4.1.1 Lean Manufacturing	24
4.1.1.1 Herramientas Lean Manufacturing	24
4.1.1.1.1 Metodología de las 5'S	24
4.1.1.1.2 Kanban	25
4.1.1.1.3 Jidoka	26
4.1.1.1.4 Kaizen	27
4.1.1.1.5 Control de calidad total	28
4.1.1.1.6 Just in time	29
4.1.1.1.7 Value Stream Mapping (V.S.M)	29
4.1.1.1.8 A.M.F.E.	29
4.1.1.1.9 SMED	30
4.1.1.1.10 ANDON	31
4.1.1.1.11 HEIJUNKA	31
4.1.2 Técnicas estadísticas	32
4.1.2.1 Cartas de control	32
4.1.2.2 Histogramas	33
4.2 Conceptos clave	33

5. Metodología del proyecto	35
5.1 Tipo de investigación	35
5.2 Población objeto estudio	35
5.3 Instrumentos de recolección de información	35
6. Descripción del proceso productivo	37
6.1 Proceso de extrusión	37
6.1.1 Fujograma del proceso de extrusión	39
6.2 Proceso de precorte	39
6.2.1 Fujograma del proceso de precorte.	41
6.3 Proceso de sellado	41
6.3.1 Fujograma del proceso de sellado.	43
6.4 Proceso de empaque	44
7. Diagnóstico de Situación Actual de la Empresa	45
7.1 Organigrama	45
7.2 Flujograma de proceso	46
7.3 Estudio de tiempos y movimientos	47
7.4 Tiempo Tak	48
7.5 Mapeo de la cadena de valor (V.S.M Actual)	48
7.6 Diagrama de recorrido	49
7.7 Oportunidades de mejora basadas en los diagramas	51
8. Explicación Detallada de Oportunidades de Mejora	53
8.1 Recorrido de operarios	53
8.2 Falta de áreas de almacenamiento	53
8.3 Materiales alejados del área de proceso	54
8.4 Mal estructurada el diseño de planta	54
8.5 Falta de orden y limpieza en el proceso productivo	55
8.6 Problemas de calidad	56
8.6.1. Diagrama Porque-porque.	57
8.7 Criterios de evaluación	58
9. Asignación de las herramientas Lean Manufacturing y técnicas estadísticas	62
9.1 Cinco eses (5'S)	62

9.2 Kanban	62
9.3 Jidoka	62
9.4 Control de calidad total (TQC)	63
9.5 Kaizen	63
9.6 A.M.F.E.	64
9.7 SMED	64
9.8 Andon	64
9.9 Cartas de control	65
9.10 Selección de herramientas aplicables en la empresa Complasticol	65
10. Propuestas de implementación de mejoras para la solución de problemas de la empresa Complasticol	67
10.1 Propuesta #1: disminución de desperdicios y falta de limpieza en las áreas de trabajo	67
10.1.1 Objetivo	67
10.1.2 Impactos de la implementación	67
10.1.2.1 <u>S</u> eiri	67
10.1.2.2 <u>S</u> eyton.	70
10.1.2.3 <u>S</u> eiso.	72
10.1.2.4 <u>S</u> eiketsu.	74
10.1.2.5 <u>S</u> hitsuke	75
10.1.3 Control de la herramienta 5's.	75
10.1.4 Manual de implementación de las 5's	76
10.1.4.1 Implantar <u>S</u> eiri	78
10.1.4.1.1 Identificación de problemas	78
10.1.4.2 Implantar <u>S</u> eyton	78
10.1.4.2.1 Área de trabajo	78
10.1.4.2.2 Inspección	78
10.1.4.3 Implantar <u>S</u> eiso.	78
10.1.4.3.1 Jornadas de limpieza	78
10.1.4.3.2 Designar un responsable	78
10.1.4.3.3 Manual de limpieza	79

10.1.4.3.4 Ejecución de la limpieza	79
10.1.4.3 Implementación de <u>Seiketsu</u>	79
10.1.4.3.1 Asignar responsabilidades	79
10.1.4.3.2 Integrar las acciones de las 3's	79
10.1.4.4 Implementación de <u>Shitsuke</u>	79
10.1.4.4.1 Formación	79
10.1.4.4.2 Vision de la organización	80
10.1.4.4.3 El papel de la dirección	80
10.1.4.4.4 El papel del trabajador	80
10.2 Propuesta #2: reducción de movimientos y de cargas de trabajo	80
10.2.1 Smed	81
10.2.1.1 Capacitación de la herramienta smed	81
10.2.1.2 Recolección de tiempos	81
10.2.1.3 Niveles de desempeño	82
10.2.1.4 Desglose del ciclo de trabajo	83
10.2.1.5 Pasar actividades internas a externas	84
10.2.1.6 Tarjetas de utillaje	85
10.2.2 Redistribución de máquinas	85
10.3 Propuesta #3: disminución de los problemas de calidad en el área de sellado	87
10.3.1 Propuesta #1: compra de material de calidad	89
10.3.2 Propuesta #2: compra de una peletizadora	89
10.4 Propuesta #4: crear un área para almacenar el retal	90
10.5 Aplicación de otras herramientas para controlar la producción	91
10.5.1 Kanban	91
10.5.1.1. Manual para implementar Kanban.	94
10.5.2 Cartas de control	96
10.5.2.1 Manual de usa de cartas de control por variables	96
10.5.2.2 Implementación de la carta XR en Complasticol	96
10.5.2.3 Análisis de las cartas de control	99
10.5.2.3.1 Análisis carta R	100
10.5.2.3.2 Análisis carta X	100

10.5.2.4 Análisis de corrida de puntos	100
10.5.2.5 Índices de capacidad	101
10.5.3 Histogramas	102
10.6 V.S.M. Futuro	102
10.7 Control de las propuestas	103
10.7.1 Control visual	103
10.7.1.1. Andon	103
10.7.1.1.1. Implementación andon.	105
10.7.2 Auditorias	105
11. Evaluación financiera de las propuestas	107
11.1 Propuesta #1: disminución de desperdicios y falta de limpieza en las áreas de trabajo	107
11.2 Propuesta #2: reducción de movimientos y de cargas de trabajo	108
11.3 Propuesta #3: disminución de los problemas de calidad en el área de sellado	109
11.3.1 Compra de material de calidad	109
11.3.2 Compra de una peletizadora	110
11.4 Propuesta #4: crear un área para almacenar el retal	112
11.5 Kanban	112
Conclusiones	113
Recomendaciones	114
Referencias	115
Anexos	118

Lista de figuras

	pág.
Figura 1. Extrusora de Complasticol	17
Figura 2. Cortadora de Complasticol	17
Figura 3. Selladora de Complasticol	18
Figura 4. Retal de plástico	18
Figura 5. Desorden en los procesos	19
Figura 6. Árbol de problemas presentados en la empresa Complasticol	19
Figura 7. Carta de control	32
Figura 8. Histograma	32
Figura 9. Extrusora	37
Figura 10. Extrusora de soplado	38
Figura 11. Extrusora de Complasticol	38
Figura 12. Flujograma de proceso del área de extrusión	39
Figura 13. Precortadora 2 de Complasticol	40
Figura 14. Precortadora 1 de Complasticol	40
Figura 15. Flujograma de proceso del área de precorte	41
Figura 16. Selladora de Complasticol	42
Figura 17. Flujograma de proceso del área de sellado	43
Figura 18. Organigrama de Complasticol	45
Figura 19. Diagrama de flujo Complasticol	46
Figura 20. VSM actual de la empresa	49
Figura 21. Layout actual	50
Figura 22. Diagrama de recorrido actual	51
Figura 23. Retal de Complasticol	53
Figura 24. Objetos desordenados	55
Figura 25. Falta de limpieza	55
Figura 26. Diagrama de Pareto. Ruiz D.	57
Figura 27. Tarjeta roja Akafuda	69
Figura 28. Desorden de herramienta área de sellado	71

Figura 29. Desorden de herramienta área de extrusión	71
Figura 30. Jornada de limpieza Complasticol	72
Figura 31. Tarjeta amarilla	73
Figura 32. Cambios en el área de sellado	74
Figura 33. Cambios en el área de extrusión	74
Figura 34. Formato de control interno 5's	75
Figura 35. Formato de auditoria 5's	76
Figura 36. Tablas Westinghouse	81
Figura 37. Layout futuro	85
Figura 38. Diagrama de recorrido futuro	86
Figura 39. Evidencia de fallas por parte del operario	87
Figura 40. Peletizadora 50MM x 1.500MM	89
Figura 41. Modelo de base para almacenaje retail	90
Figura 42. Tablero kanban	93
Figura 43. Carta X	98
Figura 44. Carta R	98
Figura 45. V.S.M. Futuro	101
Figura 46. Formulario de auditoria interna	105
Figura 47. Barra de precortadora	107
Figura 48. Diagrama flujo de caja	110

Lista de tablas

	pág.
Tabla 1. Pasos de una automatización completa	26
Tabla 2. Puntos clave del espíritu kaizen	28
Tabla 3. Tiempos promedio de producción	47
Tabla 4. Estudio de calidad basado en reclamaciones	56
Tabla 5. Diagrama del porque-porque	58
Tabla 6. Criterios de evaluación para aplicar Lean Manufacturing	59
Tabla 7. Asignación de herramientas de Lean Manufacturing y técnicas estadísticas para problemas identificados	65
Tabla 8. Proceso de selección Seiri	68
Tabla 9. Cronograma de capacitación herramienta smed.	80
Tabla 10. Tiempos en el proceso de precorte	81
Tabla 11. Niveles de desempeño por operadores	81
Tabla 12. Resultados de implementación smed	83
Tabla 13. Tarjeta de utillaje	84
Tabla 14. Costo de no venta sellado	89
Tabla 15. Capacitación Herramienta Kanban	91
Tabla 16. Tarjeta de producción Kanban	91
Tabla 17. Tarjeta de retiro Kanban	92
Tabla 18. Tarjeta Kanban de almacenaje	92
Tabla 19. Cartas de control por variables	95
Tabla 20. Implementación de cartas de control.	96
Tabla 21. Toma de muestras de bolsas defectuosas en proceso de sellado	97
Tabla 22. Descripción de los ICP's.	100
Tabla 23. Análisis del ICP.	100
Tabla 24. Herramientas Andon	103
Tabla 25. Costos aproximados implementación 5's.	106
Tabla 26. Costos de implementar SMED	107
Tabla 27. Costos de materia prima	107

Tabla 28. Ingresos aproximados con compra de peletizadora	108
Tabla 29. Flujo de fondos del proyecto.	110
Tabla 30. Costos de creación de área de almacenaje retail	111
Tabla 31. Costos aproximados implementación Kanban	111

Lista de anexos

	pág.
Anexo A. Reclamaciones hechas por los clientes en los últimos cuatro meses	115
Anexo B. Cursograma analítico de Complasticol	116
Anexo C. Estudio de tiempos	117
Anexo D. Calculo del Tak – Time	127
Anexo E. Propuesta de la herramienta Kanban.	128
Anexo F. Layout de la empresa Complasticol	129
Anexo G. Cartas de control.	130
Anexo H. Métodos de transformación de datos.	131
Anexo I. VSM actual.	134
Anexo J. VSM fututo.	136
Anexo K. Hoja de control.	137
Anexo L. Histograma Pasos y ejemplo.	138
Anexo M. Tablero de resultados Andon.	140

Introducción

Los desperdicios y los problemas de calidad generados en el proceso productivo dentro de las empresas, generan impactos negativos en cuanto a la economía, ya que los primeros generan una potencial pérdida en la ventas y adicional a esto los problemas de calidad pueden generar costos de reproceso y la buena imagen de la empresa se puede ver afectada, incidiendo así en la reducción de sus ventas por la pérdida de clientes. Por lo anterior se hace necesario que las empresas mejoren sus procesos productivos, implantando una cultura de mejora mediante el uso de las herramientas actuales, las cuales resultan fáciles de implementar y no representan una gran inversión de dinero.

Es así como a lo largo de la historia se han desarrollado herramientas, las cuales permitan a las empresas mediante la implementación de estas, tener un cambio significativo en sus procesos, mejorando su productividad y la calidad de los productos que se fabrican, reduciendo sus costos de operación y sus tiempos productivos.

Para el caso de la empresa Complasticol que ha venido creciendo en sus últimos años, se hace necesario el uso de estas herramientas, para de esta manera poder incrementar el nivel de satisfacción de sus clientes. La metodología de Lean Manufacturing y de técnicas estadísticas será introducida en la empresa, con el fin de mejorar los procesos productivos, reduciendo sus tiempos y aumentando la calidad de sus productos, para favorecer de esta manera la imagen que el cliente tiene de la empresa. Entrando primero en el análisis de la situación actual en la que se encuentra la empresa, para de esta manera poder identificar las potenciales mejoras, en donde aplicarlas y cuales herramientas se van a implementar. Seguido de esto se procede a analizar las distintas herramientas con el fin de proponer en donde y como se van a usar; y como último se procederá a hacer un análisis económico, en donde se plasmaran los costos y los beneficios de cada una de las propuestas.

1. Problema de investigación

1.1 Planteamiento del problema

La empresa Complasticol se dedica a procesar las materias primas, conocidas como polietileno y polipropileno, para la producción de bolsas y rollos de bolsa. Al visitar la empresa mediante una entrevista informal echa a su dueño, él manifiesta que los tiempos de producción son muy largos frente a los que él ha observado en otras empresas, por lo que ha cambiado los puestos de trabajo para optimizar los tiempos sin tener ningún resultado favorable. También manifiesta que se le han cerrado oportunidades de negocio debido a que no tiene ningún control de calidad en la empresa y que el costo de sus productos es alto para estos clientes. Esto puede deberse a que al observar la empresa se logra apreciar que no existe ningún proceso estandarizado y no maneja ninguna política de calidad. Además de esto, manifiesta que tiene desperdicios de producción a lo que él llama retal, manifiesta que en promedio hay 400 kilos de retal al mes (figura 4); adicional a esto se observa que existe mucho desorden y falta de limpieza en todas las áreas, encontrando material botado y mucha herramienta botada en las distintas áreas de trabajo. Mediante una entrevista informal a los empleados se puede evidenciar que no existe un plan de mantenimiento, el único mantenimiento preventivo que existe en las máquinas corresponde a las piezas que se cambian con regularidad, por ejemplo en la extrusora (figura 1), el tornillo que tiene ella en su interior, ya saben que su duración es de 4 meses, por lo que una vez transcurre ese tiempo proceden a cambiarlo; debido a que no existe un plan de mantenimiento. Manifestaban los empleados que habían afectaciones a la disponibilidad cuando alguna pieza fallaba, haciendo perder tiempos de producción. Adicional a esto tampoco existe alguna herramienta mediante la cual se tenga control de calidad, prestándole poca importancia a los productos no conformes. Por otro lado manifiestan los empleados que no existen capacitaciones ni inducciones para empleados nuevos. Todo lo anteriormente dicho, hace que los procesos generen mucho desperdicio y los costos de producción se vean afectados negativamente, así como la calidad de los productos no es óptima, lo que genera un daño a la buena imagen y costos en reprocesos. Como se puede ver de la figura 1 a la figura 3, se observan las máquinas que usa la empresa Complasticol para su proceso productivo.



Figura 1. Extrusora de Complasticol. Ruiz (2018).



Figura 2. Cortadora de Complasticol. Ruiz (2018).



Figura 3. Selladora de Complasticol. Ruiz (2018).



Figura 4. Retal de plástico. Ruiz (2018).



Figura 5. Desorden en los procesos. Ruiz (2018).

A continuación, se presenta un árbol de problemas, con el fin de mostrar sus problemas y los efectos que estos causan en la empresa.

1.1.1 Árbol de problemas.

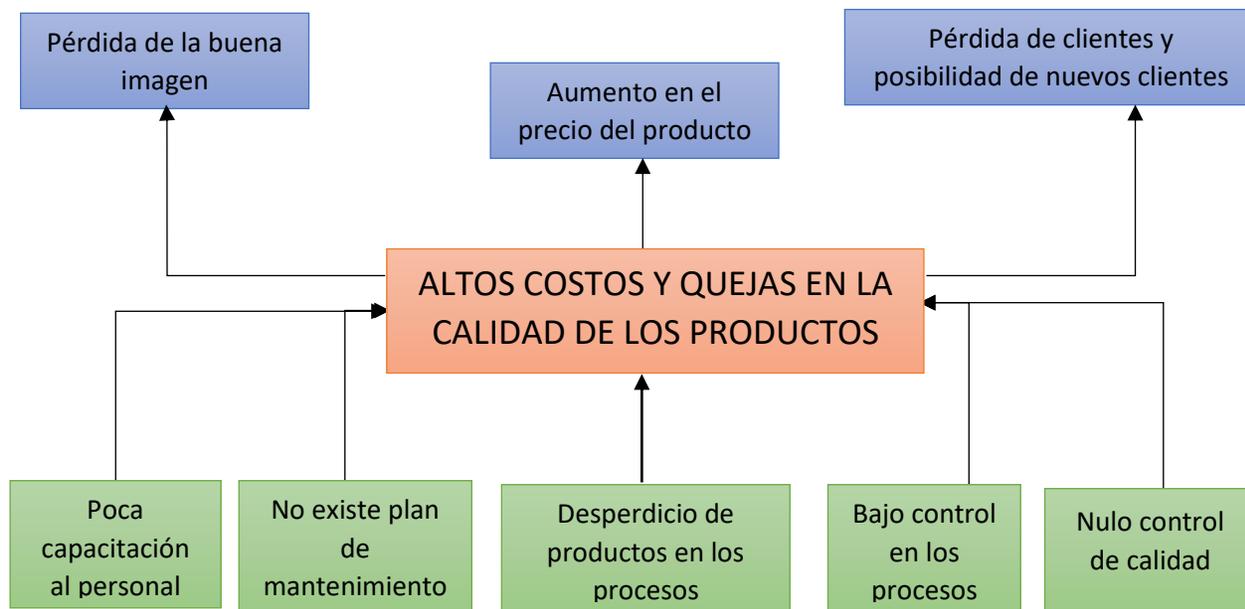


Figura 6. Árbol de problemas presentados en la empresa Complasticol. Ruiz D. (2018).

Se puede concluir entonces que sus problemas derivan de no tener un control en todos sus procesos lo cual genera mucho daño a la empresa con respecto a sus clientes y generándole costos; un problema que sufren la mayoría de las empresas y que es normal en la mayoría de estas en Colombia.

1.2 Pregunta de investigación

¿De qué manera pueden las herramientas Lean Manufacturing apoyadas con las técnicas estadísticas enfocadas a la calidad, contribuir a la eficiencia y a la mejora de la calidad de la empresa Complasticol?

2. Justificación

La industria del plástico ha venido con un gran crecimiento en Colombia aumentando las ventas y la oportunidad de empleo, la revista dinero (2016) afirma. “En el año 2015 la producción de artículos de plástico tuvo un aumento del 5,2% y un 2,6% en su capacidad de empleo.”

Los plásticos dan innegables beneficios económicos a la sociedad, pero también hay que tener en cuenta que los residuos de estos productos plásticos generan una gran problemática en el medio ambiente, teniendo un impacto negativo, razón por la cual se han creado varias leyes contra estos desperdicios, en los que las empresas deben tener una responsabilidad social, ayudando a reciclar estos productos y de esta manera crear productos que se puedan degradar muy rápidamente. Esto debido a que son miles de toneladas las que afectan el medio ambiente y más recientemente al océano y la vida marina, ya que existen materiales plásticos los cuales pueden alcanzar un tiempo de 1.000 años para que se puedan descomponer; por lo que se hace necesario mejorar la gestión del reciclaje y crear conciencia en las personas para adoptar un estilo de vida sostenible.

La industria de la transformación de plástico en Colombia es cada vez más competitiva, razón por la cual en los últimos años esta industria se ha venido concentrando en mejorar internamente, todo con el fin de llegar a serlo. Esto hace que empresas como Complasticol deban mejorar sus procesos internos tanto en costo como en calidad, de una forma eficiente y eficaz, que permita responder a las necesidades del cliente. Es por esto que el proyecto está enfocado a analizar y generar una propuesta de mejora la cual se enfoca en los procesos productivos, con el fin de reducir sus desperdicios y plantear una mejora de la calidad.

Tomado de (Padilla L, 2010). La filosofía Lean Manufacturing está enfocada a utilizar la menor cantidad de recursos para su producción y en poder entregarle el valor máximo a sus clientes, dándole a la empresa una mejora de su imagen ante los mismos, lo cual tare como consecuencia el reducir sus costos de producción lo que la hace más eficiente y esto apoyándonos en algunas técnicas estadísticas para respaldar a esta filosofía enfocándola a mejorar su calidad.

Se plantea desarrollar una propuesta basada en técnicas estadísticas y de Lean Manufacturing, que funcionen en base a la mejora de la calidad y la eficiencia; estas metodologías se basan en la recolección de datos, analizar la información que se pudo recolectar, dar propuestas de mejora y

como punto final controlar los procesos existentes y si es necesario, rediseñarlos, todo esto para desarrollar la propuesta anteriormente descrita.

Es por estas razones que el desarrollo de este proyecto se hace necesario para poder presentarle una oportunidad de mejora a la empresa Complasticol y poder hacerla más competitiva en el mercado y hacer que permanezca activa.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora de procesos y de la calidad de los productos, basados en la filosofía Lean Manufacturing y complementando con técnicas estadísticas.

3.1.2 Objetivos específicos.

Reunir la información necesaria y elaborar el diagnóstico del proceso productivo y su calidad.

Analizar e identificar las áreas de oportunidad, las cuales afectan a la productividad y calidad de la empresa.

Desarrollar propuestas de mejora a la calidad mediante técnicas estadísticas y de Lean Manufacturing para la solución de los problemas detectados.

Evaluar las propuestas de mejora con el fin de conocer su viabilidad económica.

4. Marco de referencia

4.1 Marco teórico

4.1.1 Lean Manufacturing.

El Lean Manufacturing nació a partir de la metodología TPS (sistema de producción Toyota) en la compañía Toyota, debido a la necesidad de mejorar el proceso de producción, queriendo igualarse con la producción de Ford. Para esto el ingeniero Taiichi Ohno de origen japonés, basándose en la idea original de Ford de una línea de producción continua, desarrolló un sistema de flujo de una pieza entre las estaciones el cual le permitió ser flexible dependiendo de la demanda del cliente y mejorar su eficiencia; Eiji Toyoda y Taiichi Ohno se dieron cuenta que la producción en masa no podía funcionar en Japón, debido a esto nació lo que se llama sistema de producción Toyota (TPS), a lo que se le conoce también como Lean Manufacturing. (Padilla L., 2010).

El Lean Manufacturing consiste en producir lo necesario, en la calidad requerida y con el menor uso de recursos posible, basado en el uso de un conjunto de técnicas, entre las que se incluye el justo a tiempo, Kaizen (mejora continua), poka yoke (a prueba de fallos) entre otras.

Hernández y Vizán, (2013) “Su objetivo final es el de generar una nueva cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo; para ello es indispensable adaptar el método a cada caso concreto. La filosofía Lean no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica.”. (p. 10)

4.1.1.1 Herramientas Lean Manufacturing.

4.1.1.1.1 *Metodología de las 5'S*. Las 5'S es una práctica de calidad la cual viene del TPS; fue ideada en Japón enfocada al mantenimiento integral, no solo de la maquinaria sino también del entorno de trabajo y es utilizada para alcanzar y mantener un buen entorno de calidad que convierte a la empresa en una organización de aprendizaje. Las 5'S hace referencia a 5 palabras en japonés: (Rosas D. 2018)

- Seiri: (Organización). Busca separar los elementos necesarios de los que no lo son y eliminarlos para dejar solo los primeros, manteniéndolos en un lugar conveniente y adecuado.

- Seiton: (Orden). Consiste en almacenar los elementos en lugares apropiados, para de esta manera facilitar su localización y su uso inmediato, haciendo esto de una manera más eficaz.
- Seiso: (Limpieza). Orientado a mantener limpio el lugar de trabajo, asignando a cada quien un espacio el cual debe mantener limpio bajo su responsabilidad, conservando así un ambiente limpio y aportando a la calidad y la seguridad.
- Seiketsu: (Estandarizar). Orientado al diseño e implementación de técnicas que mantengan continuamente el orden y la limpieza en la organización.
- Shitsuke: (Disciplina) Consiste en lograr que los integrantes de la organización, tengan el hábito de mantener implantados las metodologías de las 4'S anteriormente descritas, A través de listas de verificación y otras herramientas.

Estas herramientas se aplican en un proceso de mejora continua, las cuales no necesitan un conocimiento elevado del tema para su implementación, estas fases consisten en eliminar lo que no sirve, ordenar limpiar e inspeccionar el área de trabajo, estandarizando estos procesos y convirtiéndolo en un hábito en la organización. Con el pasar del tiempo algunas empresas le han añadido otras “S” adicionales a la metodología de las 5'S ampliando así su aplicación y eficiencia de las que se pueden encontrar Shikari (constancia), Shitsukoku (Compromiso), Seishoo (coordinación), Seido (sincronización) convirtiéndose en una herramienta que se adapta a las necesidades de cada empresa.

4.1.1.1.2. Kanban. Es un sistema de control de producción basado en tarjetas y en ciertos casos en señales electrónicas, que controla el sistema de producción justo a tiempo. La técnica más sencilla que se usa es la implementación de tarjetas que se pegan en los contenedores y una vez utilizados se despegan. (Salazar 2016)

Salazar, (2016) refiere que el Kanban funciona de manera en que una vez el cliente retira el producto en su lugar de almacenamiento se envía una señal o se da la orden de que se inicie un nuevo proceso de producción, por lo que la producción va a estar guiada por la demanda; funcionando sobre el principio de flujos “pull”.

4.1.1.1.3. *Jidoka*. Rajadell. (2010) menciona que es una metodología japonesa basada en la verificación de calidad en las líneas de producción, deteniéndolas cuando se detecta un problema. Significa automatización con un toque humano, busca que el sistema muestre cuando se encuentra un problema y que el proceso sea detenido para que de esta manera no se continúe generando defectos y el producto con defecto no pase a la siguiente fase de producción o llegue al cliente, sin la necesidad de presencia humana continua; basándose en dos tipos de sistemas de detección:

1. Máquinas automatizadas: estas son máquinas que cuentan con sistemas de detección que identifican cuando hay en el proceso una pieza no conforme y previene la producción de estas.
2. Capacidad del operador: en este caso quien detiene el proceso productivo es el operador, cuando este considere que existe una pieza con alguna inconsistencia.

A continuación, se muestran los diferentes pasos progresivos que deben llevarse a cabo para alcanzar una automatización completa.

Tabla 1
Pasos de una automatización completa.

Fase	Descripción	Carga Hombre/máq.
1	Autonomación del proceso Transferir esfuerzo de operario en esfuerzo de la máquina. Ejemplo: Atornillado automático.	Operaciones simultáneas operario/máq.
2	Autonomación de sujetar Sustitución de apriete manual por sistemas accionados mecánicamente. El operario solo carga el útil.	
3	Autonomación de alimentación Alimentación automática. El operario solo interviene para parar la alimentación en caso de errores.	
4	Autonomación de paradas El sistema de alimentación para correctamente la máquina al final del proceso. El operario puede abandonar el proceso o máquina.	Tareas de operario
5	Autonomación de retornos Finalizado y parado el proceso correctamente, el sistema retorna a situación de inicio sin ayuda del operario.	
6	Autonomación de retirada de piezas Finalizado el proceso y retorno, la pieza es retirada automáticamente de forma que la siguiente pieza puede ser cargada sin necesidad de manipular la anterior.	
7	Mecanismos antierror (Poka-Yoke) Para prevenir transferencia de piezas defectuosas al proceso siguiente se instalan dispositivos para detectar errores, parar la producción y alertar al operario.	
8	Autonomación de carga La pieza es cargada sin necesidad de operario. El proceso debe tener capacidad de detectar problemas y parar la operación.	Tareas máquina
9	Autonomación de inicio Completados los pasos anteriores la máquina debe empezar a procesar piezas de forma autónoma. Se deben prever problemas de seguridad y calidad.	
10	Autonomación de transferencia Se enlazan operaciones mediante sistemas de transferencia que eviten la intervención del operario.	

Nota: Hernández y Vizán (2013).

4.1.1.1.4. Kaizen. Significa kai (cambio) zen (mejor), hacerlo mejor, engloba toda la cultura de cambio constante para que la organización pueda evolucionar y mantenerse en constante mejora. Rajadell. (2010). Comenta que se basa en la acumulación gradual de pequeños cambios, haciendo que la mejora sea continua; esta mejora continua al comienzo se va a ver crecer exponencialmente y muy rápido, pero a medida que crezca va a requerir cada vez más tiempo para lograr una mejora. Como la misma filosofía kaizen lo dice “siempre hay un método mejor” y consiste en la mejora, en el paso a paso y las pequeñas innovaciones realizada por todos los empleados.

El concepto de mejora continua o kaizen es un concepto clave dentro de la filosofía Lean Manufacturing, consiste en la mejora constante a través de la eliminación de desperdicio y de las operaciones que no le agregan valor al producto, (Salazar, 2010) basado en acciones concretas y simples que generen un cambio en la actitud de las personas hacia la mejora, para de esta manera utilizar las capacidades de todo el personal.

A pesar de esto la filosofía kaizen tiene un inconveniente el cual es la necesidad del cambio de pensamiento de las personas, pues en esto se basa kaizen, en una cultura de cambio, ya que hay personas que se resisten a ello, que prefieren estar en su zona de confort que experimentar nuevos métodos, pero poco a poco se debe introducir esta filosofía para que la organización alcance el éxito.

A partir de lo anterior se puede decir que kaizen es uno de los pilares básicos del Lean Manufacturing y muy importante para alcanzar el éxito en una organización; a continuación, se plasman los puntos clave.

Tabla 2

*Puntos clave del espíritu kaizen.***Los 10 puntos clave del espíritu Kaizen**

1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas.
2. En lugar de explicar los que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo.
3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
4. No buscar la perfección, ganar el 60% desde ahora.
5. Corregir un error inmediatamente e in situ.
6. Encontrar las ideas en la dificultad.
7. Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución.
8. Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola.
9. Probar y después validar.
10. La mejora es infinita.

Nota: Hernández y Vizán (2013).

4.1.1.1.5. *Control de calidad total.* El control de calidad total (TQC) significa que toda persona perteneciente a la organización debe estudiar y pertenecer a la mejora de la calidad, tal como la definió Feigenbaum en su libro de control de la calidad total (1994).

“Un sistema efectivo para la integración de los esfuerzos de desarrollo, mantenimiento y mejoramiento, que los diferentes grupos de una organización realizan para poder proporcionar un producto o servicio en los niveles más económicos para la satisfacción de las necesidades del usuario.”

El implementar un modelo de calidad total en una organización supone muchas ventajas para ésta las cuales son:

1. Mayor capacidad de ventas
2. Se asegura la calidad del producto a fin de satisfacer al cliente
3. Aumento de las utilidades a largo plazo

Este pilar es fundamental en el Lean Manufacturing ya que participan todos los integrantes de la organización, asignando la responsabilidad de la calidad a cada uno de los integrantes, retirando

esta responsabilidad de solo a un departamento, para fomentar así el hábito de mejorar la calidad. Feigenbaum, (1994)

4.1.1.1.6. Just in time.(JIT) Desarrollado por Taiicho Ohno, quien implementó esta técnica en Toyota, la cual es uno de los pilares del Lean Manufacturing, se enfoca en la eliminación de desperdicios, para buscar la excelencia en la producción, que pretende fabricar las piezas cuando el cliente las solicite, eliminando así los inventarios, teniendo así un flujo continuo sin interrupciones, con el fin de darle al cliente solo lo que requiere. Salazar, (2010)

El JIT es una metodología de organización de la producción viéndose involucrado en el mismo, todo el sistema productivo. Adicional a esto proporciona métodos para la planificación y el control de la producción, estando también en muchos otros aspectos de los sistemas de fabricación, como el diseño de producto, recursos humanos, sistema de mantenimiento o la calidad. Salazar, (2010)

4.1.1.1.7. Value Stream Mapping (VSM). El Value Stream Mapping o el mapa de cadena de valor en español, es un modelo grafico que representa el flujo de materiales y el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente, que permitirá mediante esto priorizar las acciones de mejora futura, comprobar tiempos de cumplimiento y posibles causas de demora que impiden cumplir. El VSM facilita la identificación de actividades que no aportan valor al sistema productivo con el fin de eliminarlas y ayudar a la eficiencia de la empresa. (Guerrero, 2016)

4.1.1.1.8. A.M.F.E. El Análisis Modal De Fallos y Errores (A.M.F.E) fue introducido de manera formal en la década de los 40's por la armada estadounidense, y utilizada un poco después por la industria aeroespacial en la década de los 60's, se usó en misiones como la Apolo donde obtuvo un gran reconocimiento cuando se implementó en la misión de llevar un hombre a la luna y traerlo de vuelta.

Guerrero, (2016) nos dice que el AMFE es una herramienta de mucha utilidad y muy comúnmente usada para prevenir fallos potenciales en el desarrollo de un producto, que ayuda a su vez a reducir el tiempo y costo de fabricación del mismo. Este método también lo llaman como AMFEC (Análisis modal de fallos, efectos y su criticidad), introduciendo de manera remarcable las consecuencias de los fallos y su gravedad.

AMFE es usado ahora por todo tipo de industrias con el fin de evitar problemas de calidad en el proceso de producción de cualquier producto, y evitando así perder competitividad en el mercado.

Tiene como objetivos:

- Reducir los tiempos de producción y mejorar su eficacia, de productos en desarrollo y de mejora en los actuales, ya que predice sus posibles fallos y proponiendo las acciones correctivas.
- Analizar la situación de las acciones implementadas, y establecer un proceso de mejora continua para contribuir a la calidad.
- Capacitar al personal en el área de trabajo durante el diseño, para hacer que sean ellos quienes prevean los fallos, sus causas probables y que propongan acciones de mejora.

4.1.1.1.9 SMED. (Single-Minute Exchange of Dies) es una herramienta desarrollada por Shingeo Shingo, un ingeniero industrial de Japón, usada para reducir los tiempos de cambio de maquinaria o equipos en el proceso, componiéndose de los pasos realizados para ello a los cuales se les denominan elementos y presentan 2 tipos diferentes: (Rajadell, 2010):

1. Elemento interno: Pasos realizados o elementos que deben ser realizados mientras que el equipo está parado
2. Elementos externos: Pasos realizados o elementos que deben ser realizados mientras que el equipo está en funcionamiento.

Se tiene como objetivo la reducción de elementos internos al convertirlos en elementos externos, como por ejemplo ajustar los colores, ajustes de viscosidad, avisos de problemas, etc.... todo mientras la máquina está en funcionamiento, para reducir las paradas de máquina y eliminar tareas repetitivas o que no agreguen valor al proceso.

4.1.1.1.10. ANDON. (Señal en español) es una herramienta que permite alarmar y resaltar de manera visual una acción, por ejemplo, permite identificar con una luz roja cuando un proceso ha sido detenido debido a un problema. Funciona mediante un botón que al ser activado detendrá inmediatamente el proceso productivo, para de esta manera poder recopilar información acerca de la falla y hacer un análisis de la causa y su origen y aplicar una solución al problema.

Rajadell, (2010) refiere que la herramienta ANDON puede implementarse de manera simple teniendo dos estados el OK que significara que todo está bien y otra que represente un fallo; pero también se puede implementar de una manera más compleja permitiendo identificar varios estados mediante distintos colores:

- Blanco: Producción en estado normal.
- Rojo: Incidencia de Calidad.
- Ámbar: Rotura de stock en algún componente.
- Azul: Problema de mantenimiento.

Es posible utilizar otras señales más complejas que involucran sonidos y colores, donde en un tablero se muestran las alertas y el área donde ocurre.

4.1.1.1.11. HEIJUNKA. Es una palabra japonesa que significa nivelación y se basa en esto mismo en nivelar la producción en un tiempo determinado, al satisfacer la demanda del cliente y hacer al mismo tiempo que los inventarios se vean reducidos, lo que permite reducir los costos de producción y de mano de obra. Se basa en producir por pequeños lotes diferentes modelos de la misma línea productiva, para cuya implementación se necesitan una serie de herramientas integradas a fin de lograr su objetivo. (Rajadell, 2010)

- Utilización de células de trabajo.
- Flujo continuo pieza por pieza.
- Producción ajustada al takt time (tiempo de ritmo).
- Nivelación de la cantidad de producción.
- Nivelación de la producción por Sku (referencia).

4.1.2 Técnicas estadísticas.

4.1.2.1 *Cartas de control.* Estas herramientas sirven para analizar la variación y ver la capacidad y estabilidad de la mayoría de los procesos, por lo que si el proceso está bajo un control estadístico permite tener una reducción en la variabilidad del proceso, un monitoreo del mismo y una estimación de sus parámetros del proceso.

Pande, (2004) explica que una carta de control consta de un gráfico con tres líneas horizontales: la de la mitad indica el valor promedio de la calidad y las otras dos indican el límite superior y el límite inferior de control, localizándose entre ellas los puntos muestrales, ubicándose ellos en función de tiempo, uniendo los puntos con segmentos de líneas, para facilitar su visualización. Si todos los puntos se hallan dentro de los límites y aparecen de forma aleatoria, es porque el proceso se halla bajo control, caso contrario si los puntos se salen de sus límites.

Dentro de las cartas de control encontramos dos tipos por variables, que se basan en datos medibles y que pueden se expresado en números; y las cartas por atributos, las cuales miden causas especiales como por ejemplo, un mal ajuste de máquina, defectos de materias primas, errores del operario, entre otras. A continuación podemos observar una carta por atributos (Figura7).

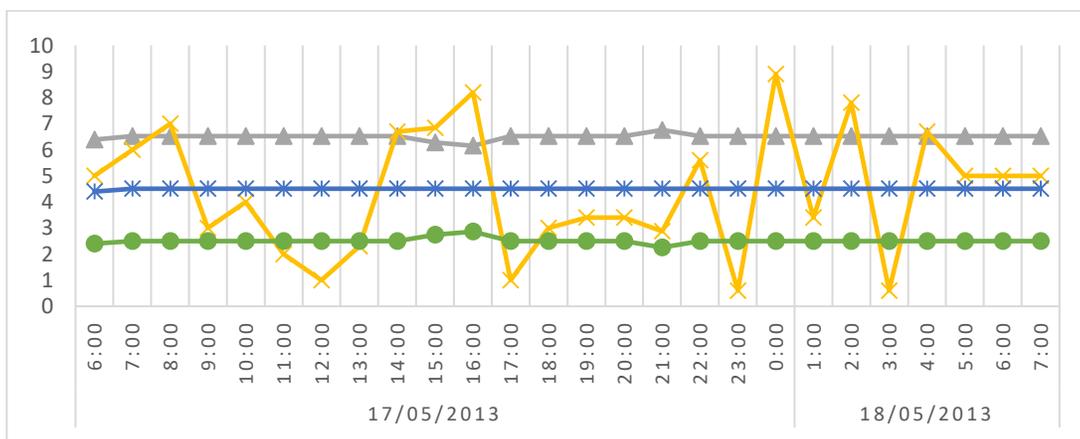


Figura 7. Carta de control U. Ruiz D. (2018).

En la figura 7, se pueden ver un ejemplo de una carta de control, en este caso una carta U la cual sirve para tener un control del número medio de defectos por unidad de medida. Se puede detallar que existe gran variación pues los resultados obtenidos salen mucho de sus límites de control

superior e inferior (línea azul y línea gris); mediante el uso de estas se puede llevar un control en la calidad de los productos y tomar medidas con respecto a los resultados.

2.1.2.2 Histogramas. Un histograma es una representación gráfica de un conjunto de datos agrupados, datos provenientes de variables cuantitativas; el cual facilita darnos una idea del tipo de distribución (exponencial, normal, chi cuadrado...). (Pande, 2004)

En la figura se observan barras rectangulares las cuales nos muestran la frecuencia de cada uno de los intervalos.

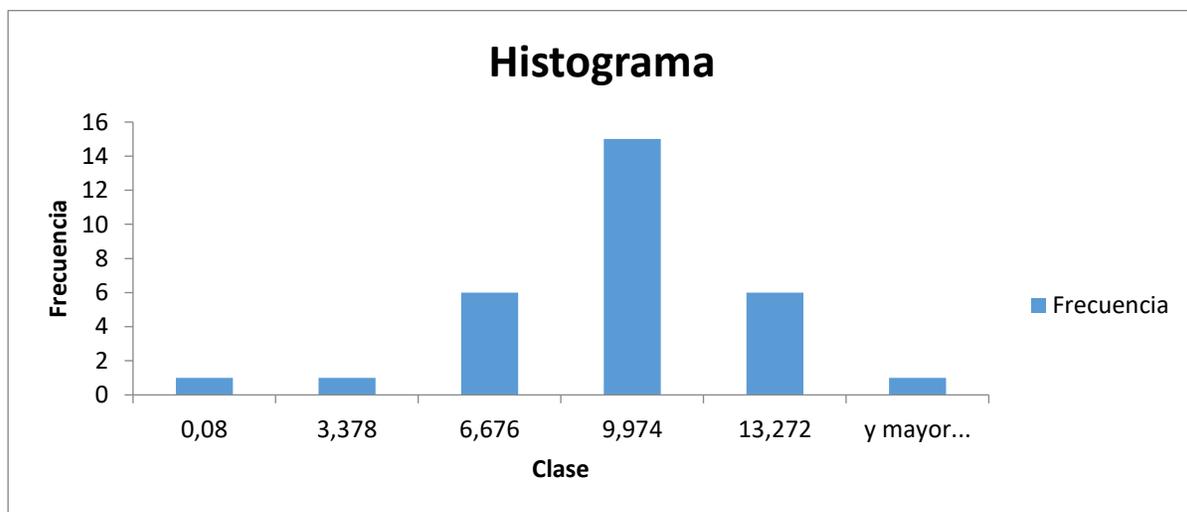


Figura 8. Histograma. Ruiz D. (2018).

4.2 Conceptos clave

Lean Manufacturing: consiste en producir lo necesario, en la calidad requerida y con el menor uso de recursos posible, basado en el uso de un conjunto de técnicas, entre las que se incluye el justo a tiempo, Kaizen (mejora continua), poka yoke (a prueba de fallos) entre otras.

Calidad: “Conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que confiere su aptitud para satisfacer las necesidades dadas” (Instituto Alemán para la Normalización, DIN 55 350-11, 1979)

Costos: Es el valor monetario que se ve inferido en la producción del algún producto, desde la compra de la materia prima, mano de obra, producción y servicios logísticos.

Desperdicios: Son aquellos materiales que son desechados en el proceso de producción, así mismo los productos que son despilfarrados, en el Lean se identifican 7 tipos de desperdicio:

Desperdicio de sobreproducción: Habla de producir más de lo demandado, lo que genera inventarios y posiblemente no ventas de estos productos terminados.

Desperdicio de esperas: Se refiere al tiempo de espera en el tiempo productivo, debido a cuellos de botella, falta de material, averías, etc....

Desperdicio de transporte: Hace referencia a cualquier movimiento innecesario de productos o materias primas que no le aporten un valor agregado al producto.

Desperdicio de sobre procesos: Habla sobre hacer procesos extras a un producto que, quedo mal hecho o no fue terminado completamente.

Desperdicio de inventario: Se refiere a todo el exceso que se tenga en los inventarios, al stock acumulado, ya que el exceso de materia prima o producto terminado generan costos y no agregan valor al cliente.

Desperdicio por movimientos innecesarios: Todo movimiento extra o innecesario no agrega valor al producto y aumenta los tiempos de producción.

Desperdicio por defectos: Estos generan desperdicios por reprocesos de materiales defectuosos.

Técnicas estadísticas: Permiten analizar y evaluar el comportamiento del objeto estudio, mediante la recolección de datos; permitiendo llegar a la conclusión de los datos numéricos extraídos. (Pande, 2004)

5. Metodología del proyecto

5.1 Tipo de investigación

El enfoque de investigación de este proyecto es de tipo cuantitativo, ya que el proyecto se va a enfocar en analizar el comportamiento, las causas y los efectos, que surgirán si se implementará la propuesta que se quiere dar, basando estos estudios en números estadísticos, dando respuestas a preguntas específicas (Sampieri,, 2010). La investigación será de tipo explicativo; Teniendo un acercamiento al problema para conocer a fondo el tema que se va a abordar; luego describir la realidad de las situaciones en las que se encuentra la empresa planteando la situación actual; para al final dar respuesta a las causas que originaron la situación actual en la que se encuentra la empresa, dando por qué y el cómo.

5.2 Población objeto estudio

Se enfocó como población de estudio a los procesos productivos de la empresa, teniendo en cuenta a quienes están involucrados en ésta, ya que en ellos está basado la eficiencia y la calidad de la empresa.

5.3 Instrumentos de recolección de información

Se usaron como herramientas de recolección de datos las siguientes:

Encuestas: este método de investigación y recopilación de datos se usó para obtener información de personas sobre diversos temas.

Cuestionario: Este método de investigación se utilizó para recopilar datos más a fondo y con ellas poder realizar un análisis estadístico.

Flujograma: Se usó para mostrar el flujo de trabajo paso a paso y su operación.

Diagrama V.S.M: Permitió identificar las posibles áreas de mejora y nos dio un análisis más profundo del proceso productivo.

Diagrama analítico de los procesos: Fue útil para identificar claramente todo el proceso operativo.

Se utilizaron como instrumentos para la observación y recolección de datos:

Cronometro: permitió identificar los tiempos de producción.

Cámara: Sirvió para evidenciar el inicio y progreso del proyecto.

Libreta: Sirvió como un instrumento para anotar los datos.

Computadora: Acompañada por los aplicativos Word y Excel Word 2013, los cuales se utilizaron para realizar la redacción y los cálculos.

6. Descripción del proceso productivo

6.1 Proceso de extrusión

El proceso de extrusión se basa en la transformación de materia prima la cual es fundida y es obligada a atravesar una boquilla para de esta manera producir un material de sección transversal constante, en el caso de los plásticos el polímero es inicialmente sólido el cual se funde en el proceso, haciendo la fusión y plastificación del material.

Una extrusora se compone de un sistema de alimentación en el cual va a ir el material que por lo general es una tolva, un sistema de fusión, un sistema de bombeo y presurización; estos tres anteriores representados por un tornillo de Arquímedes que gira en el interior y un sistema que da un conformado al material terminado que por lo general es una boquilla. Todo esto se observa en la siguiente imagen.

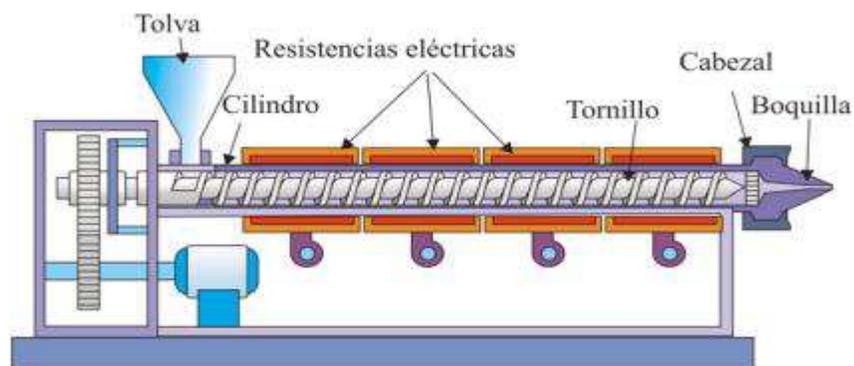


Figura 9. Extrusora. Beltrán y Marcilla (2012).

En la empresa Complasticol se usa otro proceso de extrusión que se conoce como líneas de películas de soplado, esta extrusora está equipada con una boquilla anular, la materia prima conocido como polietileno y polipropileno viene usualmente en sacos de 25 kg, luego de ser derretido se genera una película y mediante la boquilla se inyecta aire lo que genera una gran burbuja, esto por dos rodillos que se encuentran situados en la parte superior; esta boquilla tiene unos orificios los cuales permiten que el material se enfríe. Entre el diámetro de la boquilla y el diámetro de la burbuja, se encuentra un cociente que se conoce como proporción de explosión y se encuentra en un intervalo de 2.0 a 2.5. Teniendo como resultado un rollo de plástico que tiene usualmente un peso de alrededor de unos 35 – 45 kilos.

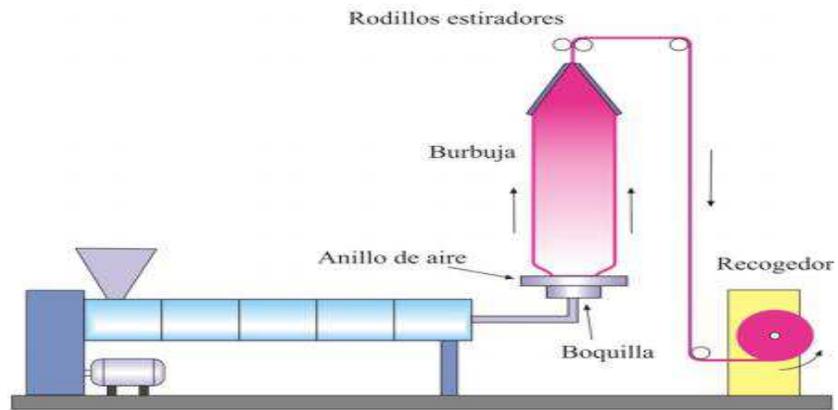


Figura 10. Extrusora de soplado. Beltrán y Marcilla (2012).



Figura 11. Extrusora de Complasticol. Ruiz D. (2018)

6.1.1. Flujograma del proceso de extrusión.

Diagrama N°	1	Fecha	mar-19
Elaborado por	Diego Ruiz	Instrumentos utilizados	Cronometro
Proceso	Extrusión	Operario	Alexander Perez
Inicia en	Almacenamiento	Termina en	Producto terminado

EXTRUSIÓN DE UN ROLLO

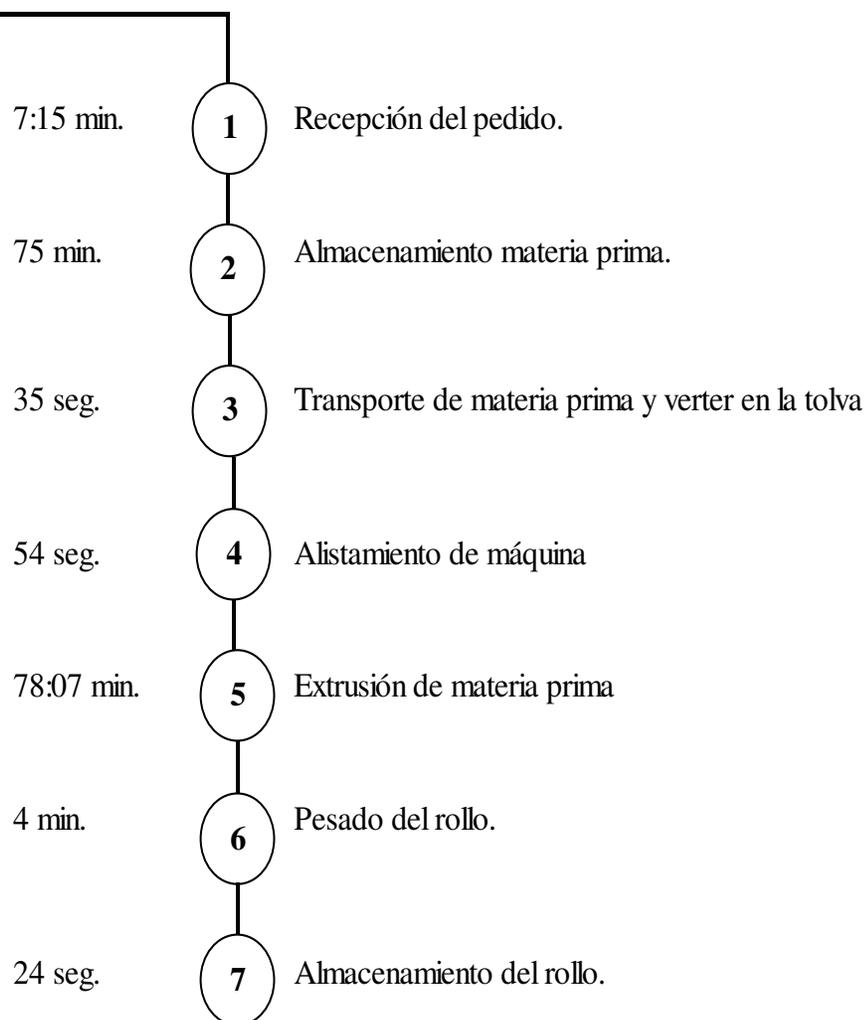


Figura 12. Flujograma de proceso del área de Extrusión. Ruiz D. (2019)

6.2 Proceso de precorte

Una vez que pasa por el proceso de extrusión, se obtiene un rollo plástico el cual tiene una tira continua de bolsa, lo que hace necesario que pase por el proceso de precorte para de esta manera

formar una tira, la cual va a obtener una cantidad de bolsas, dependiendo de las dimensiones que se soliciten. El rollo es insertado a un extremo de la máquina y se configuran las opciones requeridas para el proceso de producción, se saca un extremo de la tira y se coloca al otro extremo, pasando por las bandas donde se va a hacer el precorte, en el otro extremo se ponen unos conos en donde va a ir el nuevo rollo precortado. Una vez hecho esto la máquina hace el proceso automático mediante un lector que mediante una luz identifica el color de la bolsa y envía la información para el precorte.



Figura 13. Precortadora 2 de Complasticol. Ruiz D. (2018)



Figura 14. Precortadora 1 de Complasticol. Ruiz D. (2018)

6.2.1. Flujoograma del proceso de precorte.

Elaborado por	Diego Ruiz	Fecha	mar-19
Proceso	Precorte	Instrumentos utilizados	Cronometro
Inicia en	Almacenamiento	Operario	Orlando Cardona
Diagrama N°	2	Termina en	Producto terminado

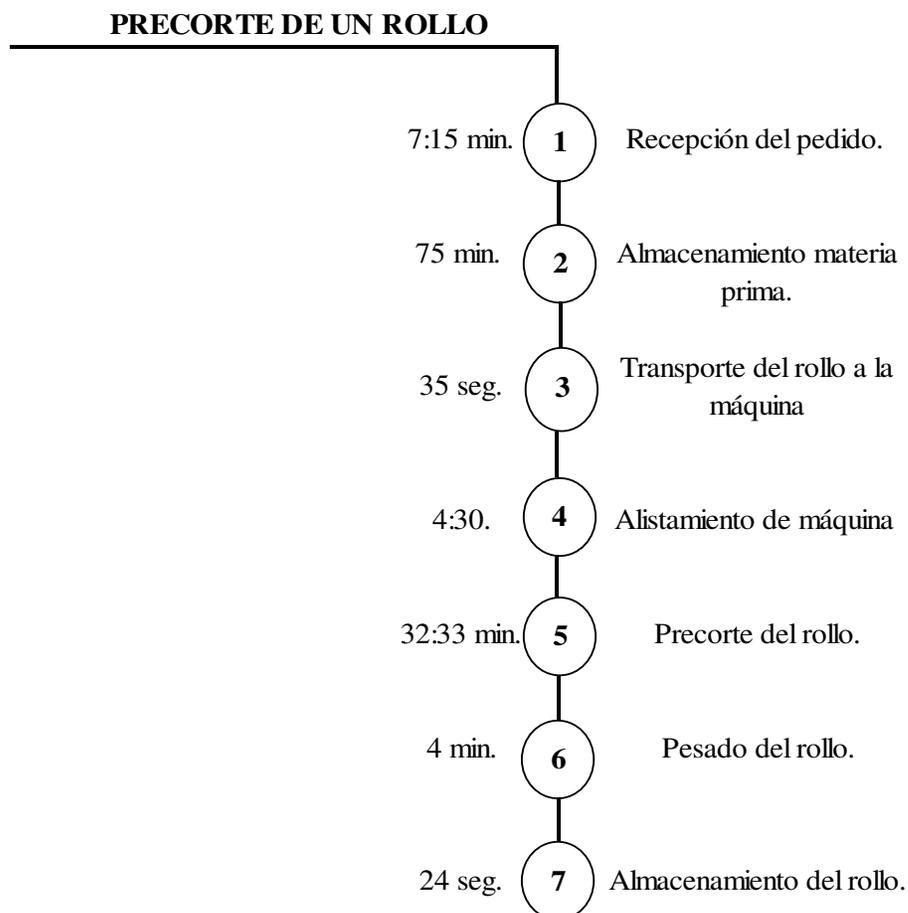


Figura 15. Flujoograma de proceso del área de Precorte. Ruiz D. (2019)

6.3 Proceso de sellado

Este proceso va en conjunto con el de precorte, ya que un rollo puede servir para precorte o para sellado, dependiendo de lo que el cliente solicite. En este proceso el rollo es puesto a un extremo de la máquina donde esta va a ir girando, se coge el extremo del rollo y se pasa por las bandas y mediante la configuración se establece las medidas de las bolsas, estas van pasando y una plancha caliente cae sobre ellas cortándolas y al mismo tiempo sellándolas, enviando cantidades

predeterminadas y avisa cuando esta cantidad de bolsas ya ha sido sellada mediante una alarma que posee, dándole espacio al operario para que coja la cantidad de bolsas y las empaque.



Figura 16. Selladora de Complasticol. Ruiz D. (2018)

6.3.1. Flujograma del proceso de sellado.

Elaborado por	Diego Ruiz	Fecha	mar-19
Proceso	Sellado	Instrumentos utilizados	Cronometro
Inicia en	Almacenamiento	Operario	Mariana Diaz
Diagrama N°	3	Termina en	Producto terminado

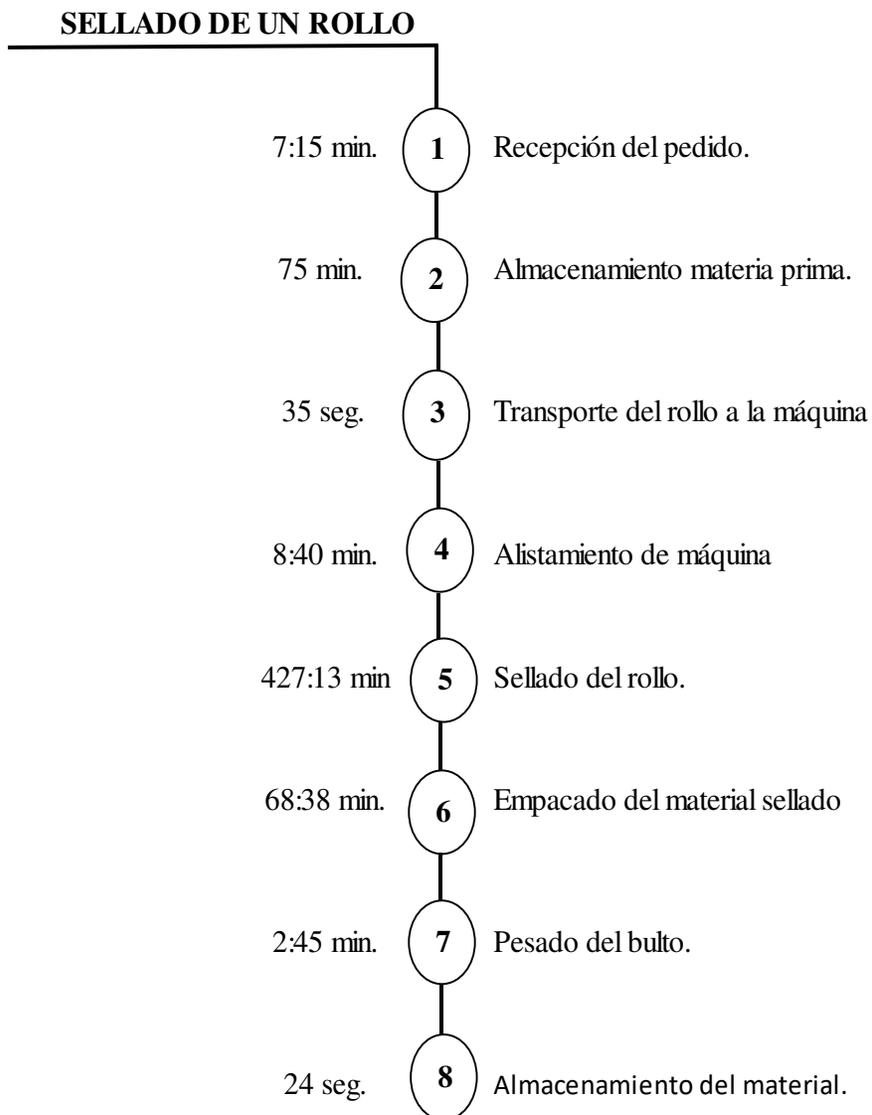


Figura 17. Flujograma de proceso del área de Sellado. Ruiz D. (2019)

6.4 Proceso de empaque

Mientras las bolsas van saliendo del sellado y la alarma avisa, el operario coge la cantidad de bolsas que por lo regular suelen ser 100 o 200, y se proceden a empacar en una bolsa, que a su vez es acomodada y empacada en un costal donde van a ir cientos de estas hasta llenar el costal, en donde aproximadamente se introducen 100 empaques de 10 o 20 bolsas cada una, teniendo un aproximado de 1000 bolsas por costal.

En este proceso se desechan también producto no conforme y las sobras de los rollos (retal), este retal se almacena para su posterior venta, la cual será reciclada por una empresa dedicada a procesar este material y generar materia prima nuevamente.

7. Diagnóstico de situación actual de la empresa

7.1 Organigrama

Es una herramienta muy importante, la cual mediante una representación gráfica permite identificar a todos los miembros de la organización y permite observar la jerarquía de cada uno de sus integrantes.

Para la elaboración del organigrama, se reunió la información de cada uno de los integrantes de la empresa y sus respectivos cargos; con esta información se realizó el organigrama, el cual no existía antes en la empresa.

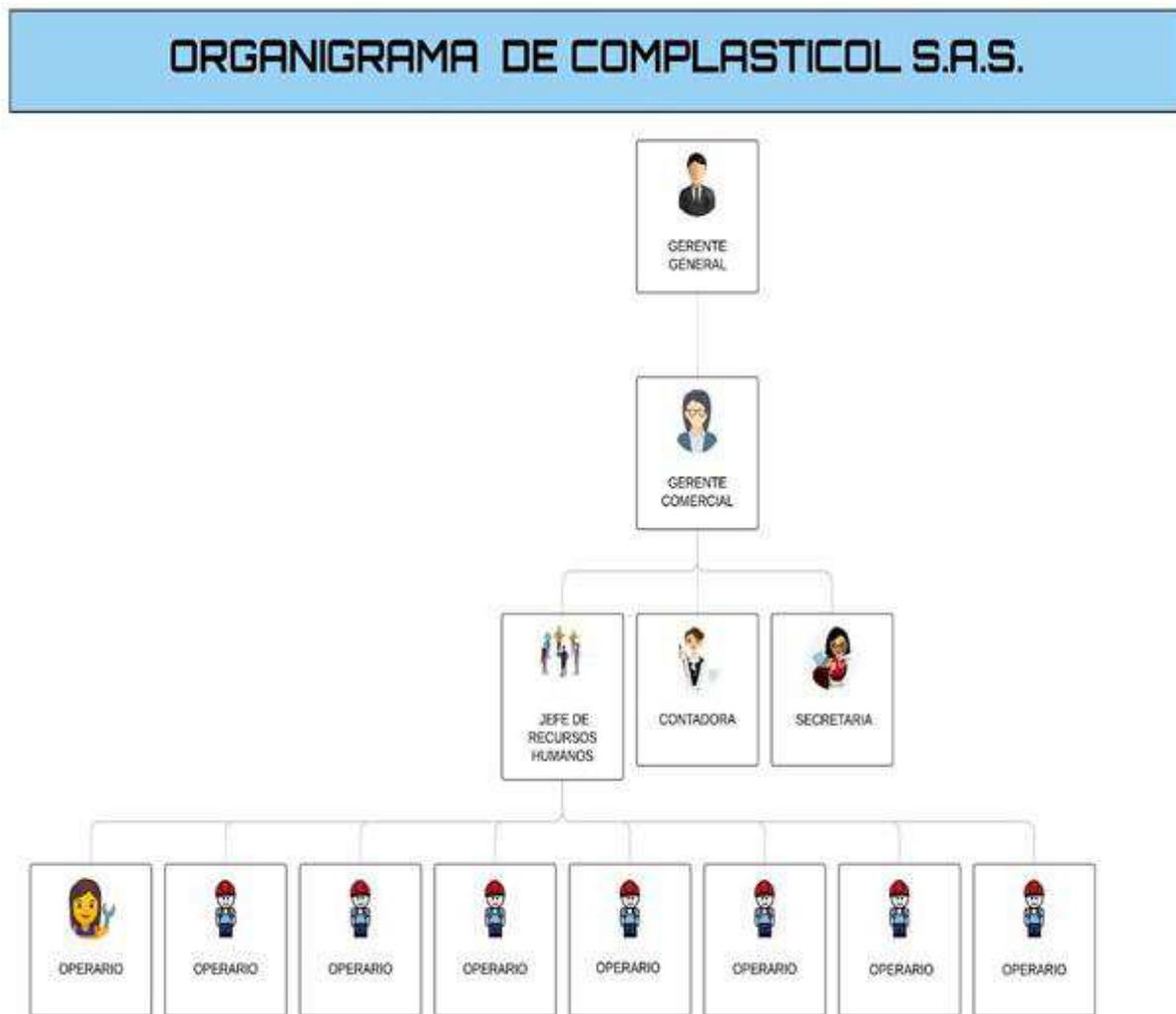


Figura 18. Organigrama de Complasticol. Ruiz D. (2018).

7.2 Flujograma de proceso

También conocido como diagrama de flujo, nos muestra visualmente mediante una línea de pasos, las acciones que se ven implicadas en un proceso, lo que hace que sea más fácil el análisis de algún proceso; lo cual permite comprender el funcionamiento y la información de todo el proceso.

Para la elaboración de este flujograma, se diagnosticaron los procesos de la empresa, los diferentes productos que se fabricaban y cuál era el proceso que todos ellos tenían, luego de tener la información requerida se realizó el siguiente diagrama de flujo (figura 19), el cual se complementa con el cursograma analítico (Anexo B).

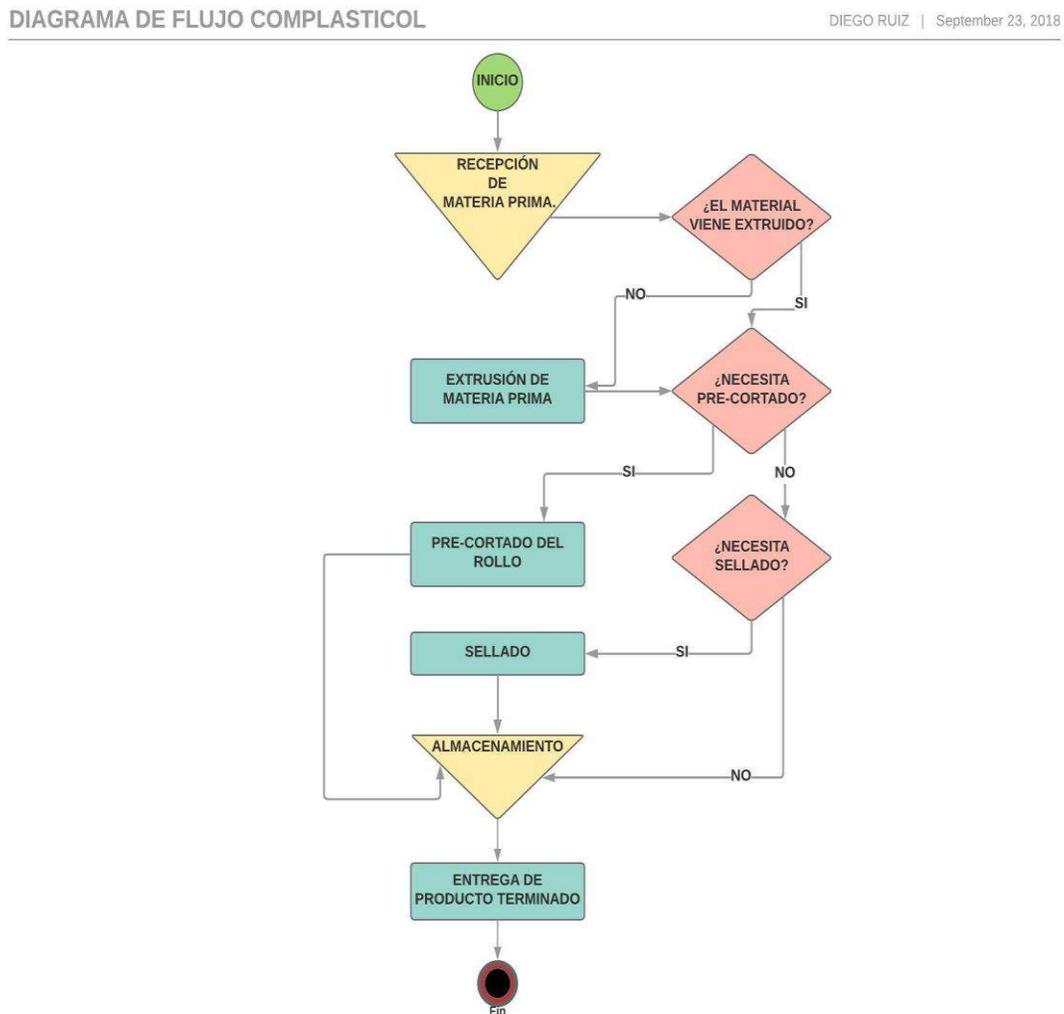


Figura 19. Diagrama de flujo Complasticol. Ruiz D. (2018).

7.3 Estudio de tiempos y movimientos

Para la toma de tiempos y movimientos sobre el proceso de la fabricación de rollo, bolsa precortada y bolsa sellada, se observó que no todo el tiempo las máquinas trabajaban a la misma velocidad (no producían la misma cantidad en determinado tiempo), esto debido al manejo de diferentes calibres, lo que hacía que se redujeran o aumentaran las revoluciones del motor en las máquinas.

Mediante una entrevista informal con el dueño de la empresa, el señor Leandro Díaz, se definió que se establecería la toma de tiempos en los productos que más se produjeran en cada una de las áreas, para de esta forma hacer más sencilla y eficiente la toma de tiempos.

Con respecto al estudio que se realizó para poder determinar el tiempo (Anexo C), se usó un cronometro teniendo 24 observaciones en cada uno de los procesos. Adicional cabe aclarar que en el área de sellado se omitieron los tiempos de la cuarta selladora, ya que esta produce otro tipo de bolsa, la cual trabaja a otro ritmo y su producción es muy poca, por lo que no se tuvo en consideración a la hora de la toma de tiempos. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados obtenidos a través del estudio realizado en los procesos que hacen parte en la fabricación de cada uno de los productos.

Tabla 3

Tiempos promedio de producción

PROCESO	TIEMPO PROMEDIO
RECEPCIÓN DE MATERIAS PRIMAS	7:15 MINUTOS
ALMACENAMIENTO	75:31 MINUTOS
ALISTADO DE EXTRUSIÓN	81,79 SEGUNDOS
EXTRUSIÓN	1:18:07 HORAS
ALISTADO DE PRECORTE	23:43 MINUTOS
PRECORTE	32:33 MINUTOS
ALISTADO DE SELLADO	8:40 MINUTOS
SELLADO	2:08:00 HORAS
EMPACADO	1:08:38 HORAS
ALMACENADO DE MATERIAL	27 SEGUNDOS

Nota: Ruiz D. (2018).

7.4 Tiempo Tak

Teniendo la información sobre la demanda de los clientes, se procede a determinar el Tak-Time, que no es más que el ritmo de producción que se debe tener para poder satisfacer la demanda del cliente, muy usado en la industria, en áreas de administración y tareas de control, aunque se suele ver más en áreas de producción.

$$tak\ time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{cantidad\ total\ requerida\ (demanda)} \quad (1)$$

Mediante la información acerca de la demanda de los últimos tres meses se procedió a realizar el cálculo correspondiente (Anexo D), para poder hallar el Tak-Time, este cálculo arrojó 2,51 segundos/kilo como resultado; lo que quiere decir que para satisfacer la demanda del cliente se debe producir a ese ritmo.

7.5 Mapeo de la cadena de valor (VSM Actual)

Siguiendo la filosofía lean, una vez que se obtuvieron los tiempos del proceso productivo y de conocerlo todo, se procedió a diagramar éste, mediante el Value Stream Mapping (VSM), el cual es la representación gráfica de cualquier proceso productivo mediante el cual se identifican fácilmente las operaciones que no agregan valor. Esto se hizo con el fin de saber cómo se estaba comportando el proceso productivo, a continuación, se muestra el VSM obtenido. (Anexo I).

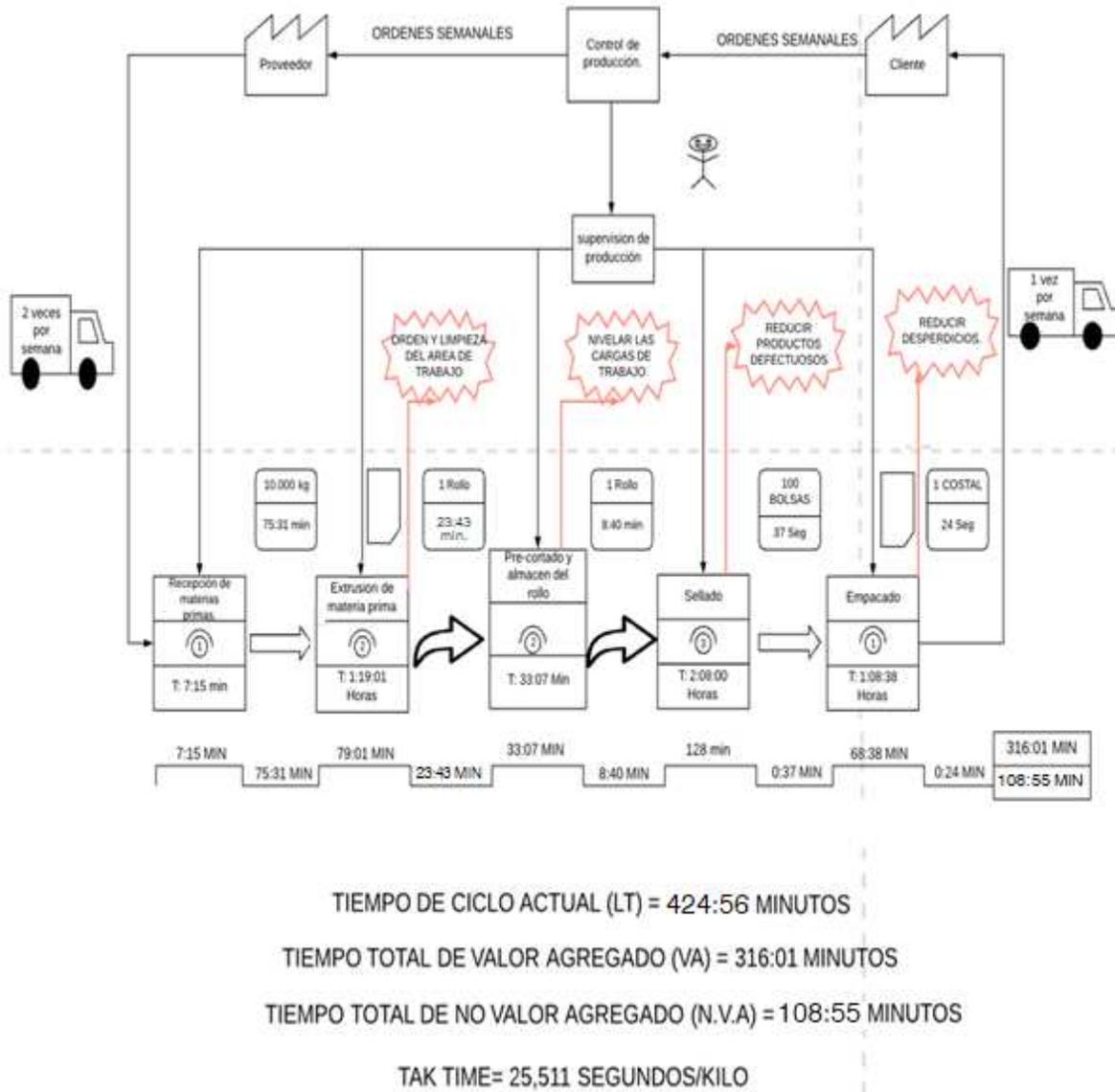


Figura 20. VSM actual de la empresa. Ruiz D. (2018).

7.6 Diagrama de recorrido

Es una herramienta que representa de forma gráfica los movimientos que se ven involucrados en el proceso productivo la cual tiene lugar entre estaciones de trabajo. A continuación, se puede visualizar el diagrama obtenido.

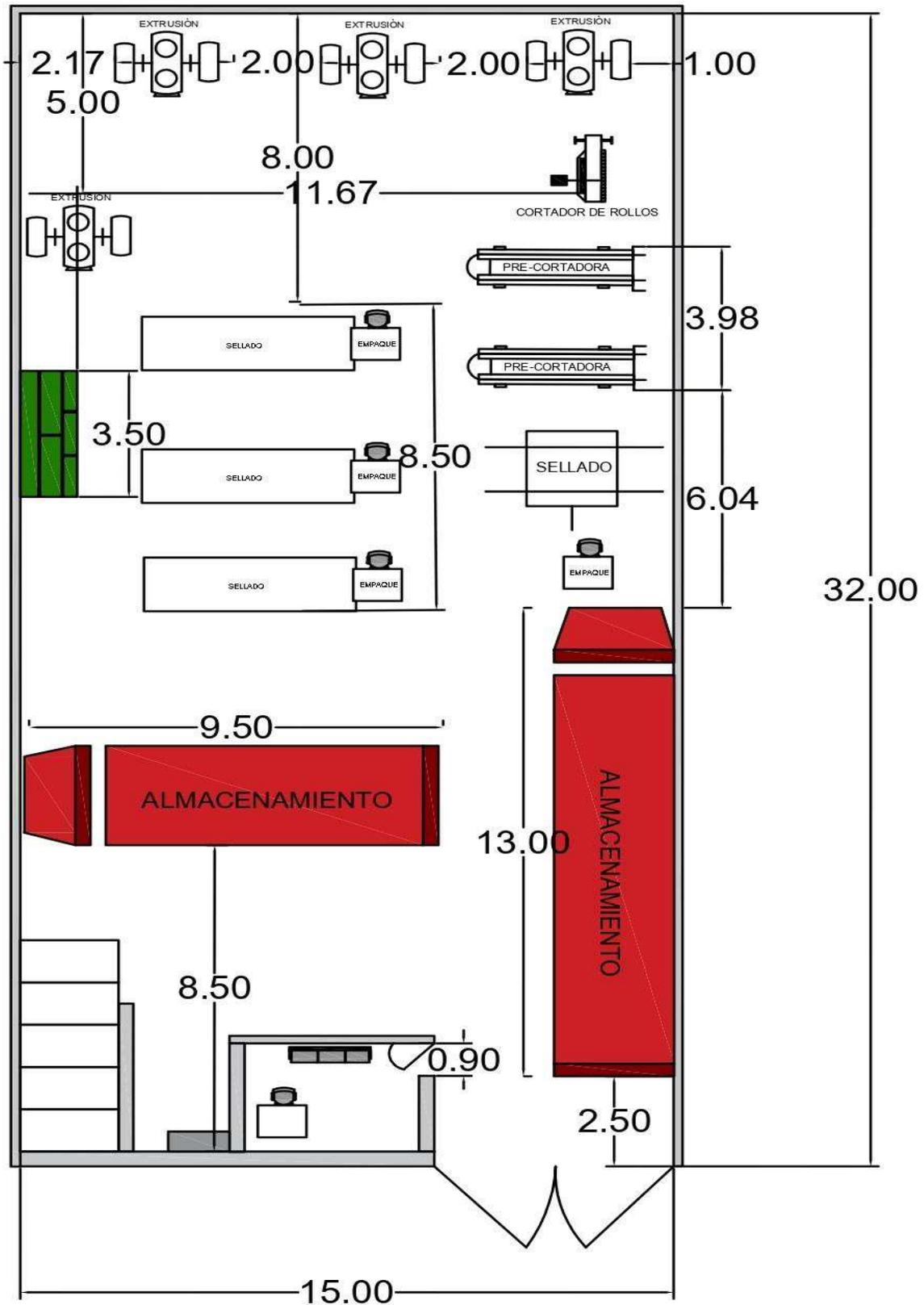


Figura 21. Layout actual. Ruiz D. (2019).

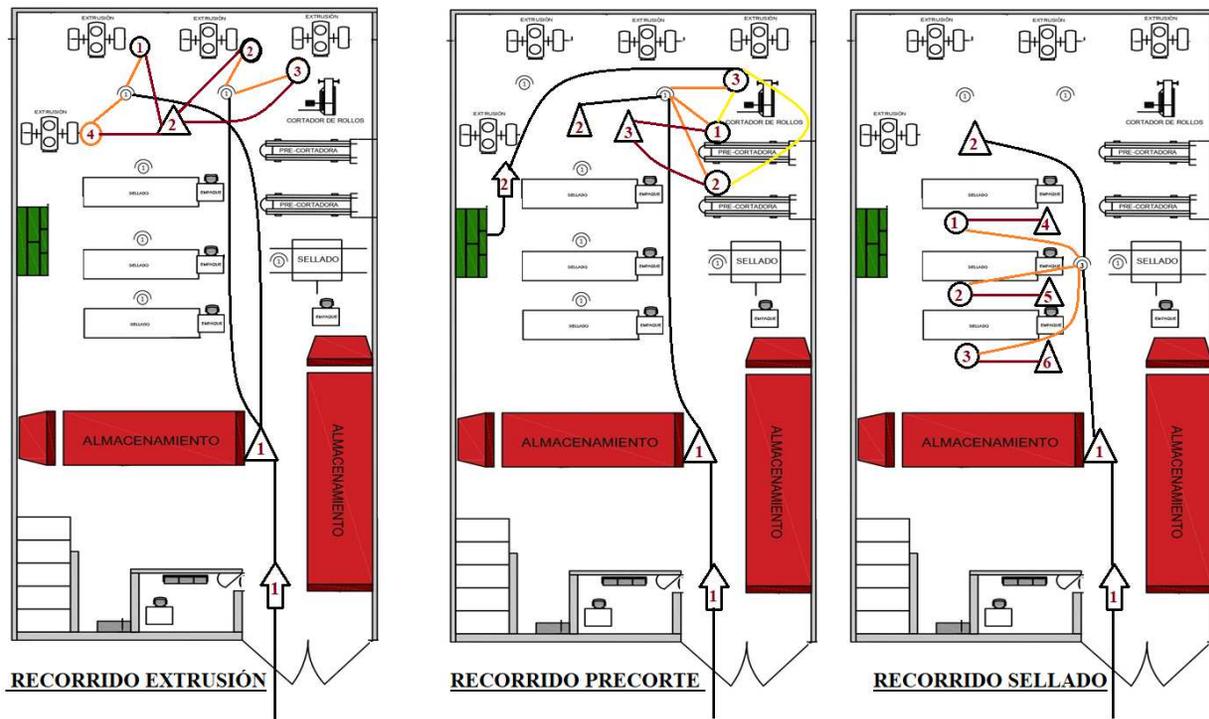


Figura 22. Diagrama de recorrido actual. Ruiz (2019)

7.7 Oportunidades de mejora basadas en los diagramas

Tomando como referencia los anteriores diagramas obtenidos mediante la recolección y análisis de datos se pueden evidenciar varios puntos críticos, los cuales serán bases para formular las posibles mejoras enfocadas con la filosofía Lean Manufacturing, en donde se evidencian puntos críticos generados en el proceso de almacenaje, transportes y organización de las máquinas de la empresa, estos hacen que el proceso tome un tiempo largo.

Mediante el diagrama de recorrido como podemos observar hay recorridos que son muy largos y que mediante el movimiento de ciertas máquinas estos movimientos se pueden acortar, tanto que sus tiempos tienden a decrecer, ya que hay recorridos muy largos en el transporte de material. Además de esto también se evidencian ciertas cargas de movimientos a ciertos operarios, las cuales se podrían distribuir mucho más equitativamente, haciendo que los tiempos disminuyan y que el operario tenga cierta descarga de trabajo.

Por medio del VSM se puede analizar que no existe mucho control en el proceso productivo, permitiendo identificar cuáles son las áreas donde se pueden realizar potenciales mejoras. Por otro

lado, se observa mediante la toma de tiempos para la elaboración del VSM que no existe un área definida para el almacenamiento del material en proceso.

8. Explicación detallada de oportunidades de mejora

8.1 Recorrido de operarios

Existe un exceso de recorridos que se presentan sobre todo en el área de precorte y en extrusión. En donde en el precorte el operario tiene que hacer muchos recorridos para traer la materia prima y traer unos cilindros de cartón los cuales van dentro del nuevo material precortado, en el segundo caso las extrusoras se encuentran el fondo de la empresa (parte opuesta de almacenamiento), siendo donde más materia prima se tiene que transportar, lo que genera una gran cantidad de movimientos.

Adicional a lo anterior dicho se puede observar que las distancias entre la cortadora de rollos y el almacén de rollos tiene una distancia de aproximadamente 12 metros, este recorrido hace que el proceso de precorte sea ineficiente con respecto a los tiempos. También se logra apreciar la distancia que existe entre el área de almacenaje y el de extrusión, generando mucho movimiento ya que el área de extrusión es la que más materia prima consume.

8.2 Falta de áreas de almacenamiento

Se observa que mediante los procesos se genera un desperdicio llamado retal, el cual es vendido, este es muy voluminoso, pero pesa muy poco, lo cual hace que ocupe un gran espacio de almacenamiento que puede ser usado para almacenar materia prima o producto terminado.



Figura 23. Retal de Complasticol. Ruiz D. (2018)

Como se puede observar este producto ocupa un gran volumen en el área de almacenamiento, y no solo genera un desorden en esta área, sino que quita un espacio que puede ser potencialmente usada por otros materiales.

8.3 Materiales alejados del área de proceso

Existen materiales alejados del área de proceso donde van a ser usados, como se observa con los conos que se usan en el área de precortado, estos están cerca del área de sellado, pero alejados del área de precorte, esto hace que en cada proceso el operario se tenga que mover de un extremo a otro para traer los conos y poder ser cortados y ajustados para su uso, agregándole un tiempo innecesario al proceso productivo. Adicional a esto se observa que la materia prima está lejos del área de extrusión, área la cual es la que más materia prima en unidades usa, lo que hace que se generen más desplazamientos, esto genera unos tiempos muy altos que no le agregan valor al proceso productivo.

8.4 Mal estructurada el diseño de planta

Esto, como en el punto anterior se explicó y como se observa en el diagrama de recorrido, hace que se generen movimientos largos lo que a su vez se traduce en altos tiempos, que no le agregan valor al proceso, lo que hace que la empresa sea menos productiva.

Se establece como objetivo en el diseño de planta el de encontrar la óptima ordenación de las áreas de trabajo teniendo en cuenta la seguridad y satisfacción de los operarios. Todo esto no olvidando los principios de un buen diseño de planta.

Principio de la mínima distancia recorrida

Principio de satisfacción y seguridad

Principio de flujo de materiales

Principio de flexibilidad

8.5 Falta de orden y limpieza en el proceso productivo

Se puede evidenciar que en todas las áreas los operarios dejan desperdicios del producto en proceso y no los recogen inmediatamente, por lo cual se acumulan estos desperdicios lo que genera una mala cultura de limpieza, de esta manera se ve afectado el proceso ya que se genera un mal ambiente y se encuentran obstáculos al pasar o generar movimientos. Adicional a esto se ve desorden, ya que en ciertas ocasiones hay cosas que no están en el lugar que se corresponde, aumentando tiempos en la búsqueda de estos cuando se buscan para su uso.



Figura 24. Objetos desordenados. Ruiz D. (2018).



Figura 25. Falta de limpieza. Ruiz D. (2018).

Como se observa en la figura 25 se evidencia que el desperdicio se acumula y no es recogido inmediatamente solo se deja acumular, además también se observa en la figura 24, herramientas de uso del operario no dejadas en un área específica, sino como en este caso dejado el guante encima de la máquina.

8.6 Problemas de calidad

Mediante la recolección de datos se obtuvieron las reclamaciones por parte de los clientes en los últimos 4 meses, con lo cual se pudieron sacar indicadores de calidad, en la siguiente tabla se puede evidenciar en donde se encuentran más estas fallas.

Tabla 4

Estudio de calidad basado en reclamaciones.

Detalle del defecto	Cantidad	kilos	%	% acumulado
Mal sellado	21	593,2	51,22%	51,22%
Defondado	8	107,1	19,51%	70,73%
Tostado	2	50,3	4,88%	75,61%
Calibre grueso	2	40,3	4,88%	80,49%
Se abre	1	30,4	2,44%	82,93%
Tiene línea blanca	1	11,4	2,44%	85,37%
Dos rallas blancas	1	43,6	2,44%	87,80%
Mal programado	1	52,4	2,44%	90,24%
Color transparente	1	8,3	2,44%	92,68%
Mal olor	1	50	2,44%	95,12%
Mal Precorte	1	35,4	2,44%	97,56%
No se lo recibieron	1	56,7	2,44%	100,00%
Σ	41	1079,1	100,00%	

Nota: Ruiz D. (2018).

Para poder hacer un mejor análisis de estos datos se presenta un diagrama de Pareto (figura 26)

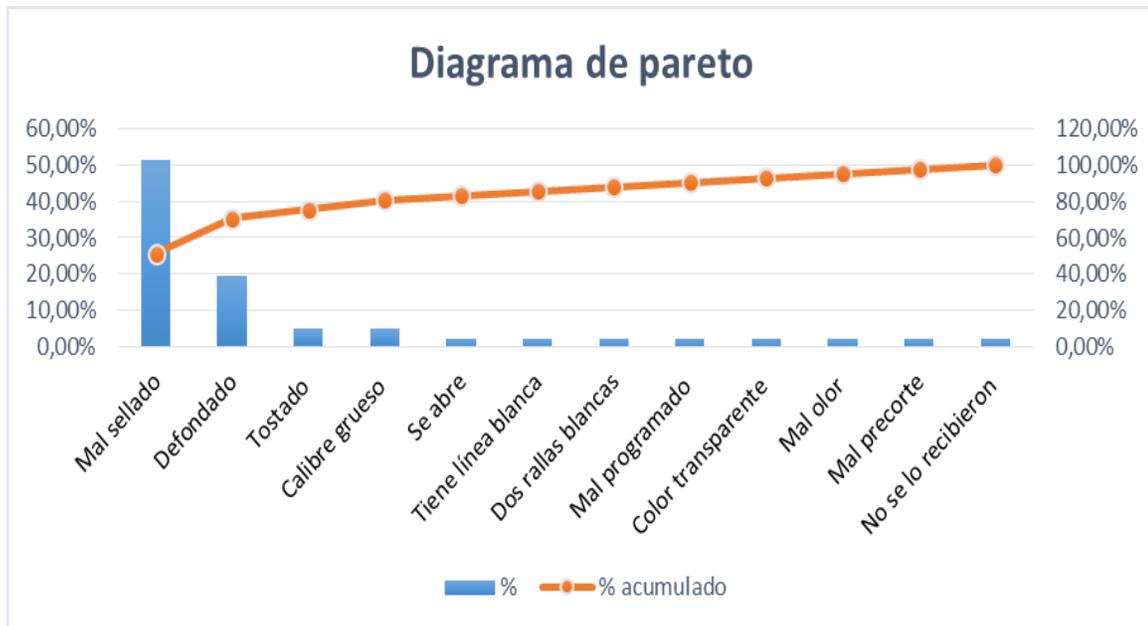


Figura 26. Diagrama de Pareto. Ruiz D. (2018)

Como se puede observar el mal sellado representa más de la mitad de las devoluciones del producto, lo cual genera un costo alto, ya que el producto no se puede reutilizar y se debe vender como retal y se debe dar de garantía un producto que satisfaga la necesidad del cliente; además el defondado es el 19,51% de las devoluciones, entre estas dos generan el 70,73% de devoluciones, lo cual afecta de manera negativa la imagen de la empresa, lo que puede generar la posible pérdida del cliente.

8.6.1 Diagrama porque- porque.

Con el fin de analizar un poco más a fondo los problemas de calidad de la empresa, se analizan las que provocan estos, para ello se elabora un diagrama de análisis causa raíz, este consta que mediante preguntas se trata de llegar a las causas raíz que ocasionan el problema, en este caso los problemas de calidad en el área de sellado.

Tabla 5
Diagrama del porque- porque.

Caso a estudiar	Respuesta	pregunta 1	Respuesta	pregunta 2	Respuesta	pregunta 3	Respuesta	Resultado del análisis
	Operarios están mucho al celular, perdiendo control en el proceso	¿Porque están tanto al celular?	Porque no existen políticas de uso del celular	¿Por qué no existen políticas acerca del uso del celular?	Porque no son conscientes que afecta a la calidad.	¿Por qué no son conscientes ?	Debido a que son muy blandos con los operarios y no analizan sus errores	Crear políticas que no se permita el uso del celular
¿Por qué existen problemas de calidad en el área de sellado ?	No le interesa a los dueños	¿Por qué no les interesa a los dueños?	Porque no son conscientes de las consecuencias	¿Por qué no son conscientes de las consecuencias?	Debido a que sus clientes no han empezado a migrar.			Crear conciencia de la importancia de la calidad del producto final.
	No existe control en el proceso	¿Por qué no existe control?	Porque no conocen las herramientas de control	¿Por qué no conocen las herramientas de control?	Debido a que la planta no ha sido visitada por un experto			Hacer una consultoría externa
	Por la materia prima	¿Por qué afecta la materia prima?	Por mezclar un porcentaje con M.P. de baja calidad	¿Por qué se mezcla con M.P. de baja calidad.	Porque abarata costos.			Darle importancia a la calidad.

Nota: Adaptado de PROGRESSA LEAN. (2019)

Con los resultados obtenidos en el diagrama anterior se puede concluir que la mayor causa de problemas de calidad radica en la dirección o el área de gerencia de la empresa, debido a que como se puede observar se le presta poca importancia a los problemas de calidad y sus causas, esto debido a que los costos para generar el producto terminado son bajos, las pérdidas debido este producto no conforme se compensan con el ahorro que se tiene al comprar materia prima de baja calidad y mezclarlo con el de buena calidad. Además también se observa que la gerencia no conocen las herramientas de control, ni las consecuencias que puede traer a futuro no tener un control interno referente a la calidad de los productos, ni las consecuencias que le puede traer a los clientes.

8.7 Criterios de evaluación

Con el fin de poder evaluar otras posibilidades para mejorar y de manera adicional encontrar potenciales mejoras, se creó una matriz en la cual se evalúan diferentes criterios y se le establecieron 3 niveles de importancia (alto, medio y bajo). Esto basándonos en los criterios necesarios para la implementación de Lean Manufacturing.

Tabla 6

Criterios de evaluación para aplicar Lean Manufacturing

1. COMPROMISO Y PARTICIPACIÓN DE LOS MIEMBROS DE LA ORGANIZACIÓN.			
CRITERIO	ALTO	MEDIO	BAJO
Liderazgo y compromiso		La gerencia es quien establece la producción y ocasionalmente están en la planta de producción supervisando.	
posición frente al cambio		Se muestra interés por implementar herramientas, pero no se evidencian acciones para su aplicación.	
Involucramiento y participación de los empleados			No se nota esfuerzo por parte de los operarios para mejorar el proceso, siendo ellos quienes conocen bien sus fallas y en que se debe mejorar
Trabajo en equipo			No existen reuniones donde se establezcan ciertas metas de producción ni incentivos para que se trabaje en equipo
2. GESTIÓN ESTRATÉGICA ORIENTADA A LA MEJORA CONTINUA.			
CRITERIO	ALTO	MEDIO	BAJO
Ventajas competitivas			la organización no conoce sus propias capacidades productivas, ni tiene planes de mejora para poder competir
Administración estratégica			- No existen planes de mejoramiento. - No existen herramientas que permitan identificar como van respecto a sus objetivos de producción y calidad.
Disposición para invertir	Se tiene una buena disposición para invertir, ya que son conscientes que mediante estas inversiones se consiguen futuras ganancias.		
3. CULTURA ORGANIZACIONAL ORIENTADA A LA MEJORA CONTINUA			
CRITERIO	ALTO	MEDIO	BAJO

Estabilidad en la organización	No existen políticas para hacer que el empleado se sienta más seguro y se sienta parte de la empresa, para generar un sentido de pertenencia.		
Comunicación efectiva	Existe una buena comunicación del área de gerencia y del área productiva, pero a su vez carece de herramientas para que sea asertiva.		
Aprendizaje y capacitación continua	<ul style="list-style-type: none"> - No existen programas de capacitación por parte de la empresa. - No existe una inducción para empleados nuevos. - No se le presta importancia al potencial que puede generar una capacitación. 		
4. GESTIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN			
CRITERIO	ALTO	MEDIO	BAJO
Planeación y control de la producción	No existe ningún control en los procesos productivos		
Estudios de tiempos, procesos y procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> - No existe ningún estudio de tiempos ni movimientos. - No se conoce cuál es su capacidad instalada. - No se tiene información acerca de los procesos, ni diagramas de flujo de producción. 		
Mantenimientos de los recursos	Existen mantenimientos preventivos, pero no se tienen fechas establecidas para estos mantenimientos, se hacen mediante el requerimiento del operario		
5. GESTIÓN DE INVENTARIOS Y PROVEEDORES			
CRITERIO	ALTO	MEDIO	BAJO
Relación con los proveedores	Se tienen buenas relaciones con los proveedores, pero no existen herramientas de calidad ni de tiempos de entrega		

Administración de materiales de inventarios

- Existe una persona encargada de almacenar estos productos.
 - No existe un lugar específico para almacenar el material en proceso.
-

6. GESTIÓN DE LAS RELACIONES CON LOS CLIENTES

CRITERIO	ALTO	MEDIO	BAJO
Relación con los clientes		Se tiene buena relación, pero los clientes, pero se presentan en ciertas ocasiones problemas de calidad, lo que genera un cierto descontento.	

Nota: Ruiz D. (2018).

Se puede concluir entonces que:

No existe ningún tipo de capacitación en la empresa para que sus empleados estén mejor preparados.

No existe interés ni participación de los empleados para que los procesos sean mejorados.

No se le toma al empleado como parte esencial de la empresa, lo que a su vez genera que los empleados no tengan sentido de pertenencia por la empresa.

Se tiene gran interés por mejorar los procesos productivos en la empresa, pero no se toma la iniciativa para implementar herramientas de mejora, procrastinando su uso.

No se le presta atención a los problemas de calidad que se generan en la empresa, no teniendo en cuenta la importancia de esta en el cliente.

9. Asignación de las herramientas Lean Manufacturing y técnicas estadísticas

9.1 Cinco eses (5'S)

Esta herramienta se hace muy necesaria en la empresa ya que en el proceso de producción se puede ver que en las áreas de trabajo hay un desorden y un exceso de material que no aporta valor al proceso. La aplicación de este se hace para reducir los desperdicios en las operaciones ordenando y limpiando las áreas de trabajo, interviniendo todas las personas que actúan dentro del proceso.

9.2 Kanban

Esta herramienta estaría enfocada principalmente a controlar la producción, para poder gestionar el trabajo de una manera fluida, lo que permite una visualización de todas las tareas en una tabla en donde se van a alojar las próximas tareas, las que están en proceso y las que ya terminaron. De esta manera se va a poder limitar la cantidad de tareas en proceso, para así equilibrar el flujo de trabajo; y no tener exceso de este, con el fin de no tener compromisos de producción incapaces de cumplir.

Incluso los métodos Kanban más básicos otorgan buenos resultados, según la página del software *kanbantool* (2018) “Un equipo de desarrollo de software contratado por la BBC Worldwide London ha experimentado unas mejoras formidables en el transcurso de 12 meses, luego de la implementación de Kanban. Su tiempo de entrega se ha visto reducido en un 37% y la consistencia en la entrega ha repuntado un 47%.” Basados en esto, se espera tener unos buenos resultados en la aplicación del Kanban en Complasticol, lo que ayudará en su mayoría a tener un control en sus procesos.

9.3 Jidoka

El uso de esta herramienta permite de una manera muy práctica evitar problemas de calidad, mediante la automatización la cual mostrara cuando ocurra un problema, esto evitara que los productos con defectos pasen a la siguiente fase de producción. Esto mediante la inspección del operario, el cual detendrá el proceso productivo y eliminara la pieza no conforme y seguirá con el proceso, utilizando esta herramienta en las áreas donde más se produzcan problemas de calidad.

Esta herramienta necesitara la capacitación del personal, haciendo que sean más conscientes de la importancia de la calidad en la empresa y que la aplicación de la herramienta sea más efectiva. Se llevará un registro de cuando un producto tenga mala calidad o de cuando existan incidencias en la máquina, lo cual va a permitir que se analicen a fondo las causas y posteriormente se implanten acciones correctivas.

9.4 Control de calidad total (TQC)

Se contará con la participación de todos en la empresa, en donde todos estudiarán practicarán y participarán en el control de calidad de los productos; como el mismo feigenbaum (1994) lo describía “La obligación de verificar la calidad recae en quienes hacen la parte”. Implantando esta técnica se podrá tener como resultado grandes beneficios como:

Garantía en la calidad del producto, generando confianza por parte del cliente.

Creación de un lugar de trabajo agradable, mediante la participación de todos para alcanzar las mismas metas.

Se fortalece el control en los procesos y se tendrán mejoras notables en los costos.

Mediante las anteriores herramientas, se forjará una cultura en donde se tendrá como principio buscar primero la calidad en vez de las utilidades a corto plazo, ya que si no se hace de esta manera se perderá participación en el mercado y al largo plazo estas utilidades disminuirán.

Para poder implementar esta herramienta se debe de crear un manual de calidad en la empresa, el cual contendrá misión y visión de la empresa con respecto a la calidad, también tendrá los objetivos los cuales ayudaran al cumplimiento de la misión y visión. Adicional a lo anterior será un manual muy completo el cual, mediante su uso, los operarios podrán entender e implementar esta herramienta.

9.5 Kaizen

Está herramienta se verá enfocada principalmente a la mejora continua de la calidad y como efecto secundario la reducción de costos, mediante la constancia y disciplina de los involucrados en el área productiva. Al implementar esta herramienta los empleados mejoraran los estándares de la empresa, centrándose en detectar y solucionar los problemas en todas las áreas de la empresa y

se tiene como prioridad revisar y optimizar todos los procesos; para estar así en constante cambio. Esto apoyándose en herramientas como:

Pareto: Diagrama que permitirá analizar y determinar las variables más significativas, para de esta manera conocer la variable que debe ser optimizada.

Causa efecto: es un diagrama conocido también como espina de pescado o Ishikawa, mediante el cual podemos identificar las variables que afectan nuestro proceso y las posibles soluciones que se podrían aplicar.

Histograma: Permitirá analizar detalladamente los datos y poder tomar decisiones con respecto a estos, comparando los resultados de un proceso con respecto a unas especificaciones ya establecidas.

9.6 A.M.F.E.

La aplicación de esta herramienta va a consistir en sistematizar el estudio de los procesos dentro de la empresa, identificar los potenciales fallos y elaborar planes de acción; también estudiar los fallos que pudieran producirse y sus causas y efectos. Esto permitirá la reducción de costos por corrección, aumentará la satisfacción del cliente, aumentará la productividad y mejorará la imagen de la empresa.

9.7 SMED

Esta herramienta permitirá reducir el tiempo en los cambios de referencia en las máquinas y aumenta la fiabilidad en el proceso de cambio, aumentando la productividad y reduciendo los niveles de stock en proceso, de esta manera se aumentara la frecuencia en los cambios de referencia y se minimizara el tamaño de los lotes. Lo cual resultaría conveniente implementar en la empresa Complasticol donde se presentan este tipo de inconvenientes.

9.8 Andon

Esta herramienta permitirá mediante las alertas y de manera visual, resaltar acciones, como por ejemplo mediante una alarma un operario puede avisar cuando el proceso ha sido detenido debido a una irregularidad, mediante esto se puede hacer un análisis acerca del problema ocurrido y aplicar rápidamente una solución al problema.

9.9 Cartas de control

Esta herramienta servirá para analizar la variación y ver la estabilidad de los procesos a través del tiempo, con lo que podrá ayudar a distinguir la variación entre causas comunes y especiales, ayudando a tomar las mejores decisiones al momento del control y la mejora. Permitirá además llevar un control del proceso y ayudará considerablemente a la mejora de la calidad en los procesos.

9.10 Selección de herramientas aplicables en la empresa Complasticol

Con el fin de poder seleccionar que herramientas pueden ser las más útiles a la hora de usarlas en la empresa Complasticol, se creó una matriz en la cual se puede ver frente a cuál problemática se puede usar cada herramienta y dependiendo su frecuencia de uso se procede a seleccionar las herramientas necesarias, dependiendo de las necesidades de la empresa.

Tabla 7

Asignación de herramientas de Lean Manufacturing y técnicas estadísticas para problemas identificados

PROBLEMA \ HERRAMIENTA	5's	Kanban	Jidoka	TQC	Kaizen	A.M.F.E.	Smed	Andon	Cartas de control
Problemas de calidad (area de sellado)	x	x	x	x	x	x		x	x
exceso de inventario (producto en proceso)	x	x			x		x	x	
Falta de planeacion en la produccion	x	x	x		x				
Actividades que no generan valor agregado (largos recorridos)	x	x	x		x				
Desperdicios, falta de orden y limpieza	x		x	x	x				
Largos tiempos de preparacion de maquina	x		x		x		x	x	
no existe un area de almacenamiento definida (producto en proceso)	x	x	x		x			x	
No existe un orden de trabajo definido	x	x	x		x				
Mal distribuidas las cargas de trabajo		x			x		x		
Total	8	7	7	2	9	1	3	4	1

Nota: Ruiz D. (2018).

Se puede concluir con la matriz de la tabla 7 que las herramientas más importantes para aplicar son las de las 5's, Kanban, Jidoka y Kaizen; sin dejar las demás herramientas de lado pues nos pueden ser útiles a la hora de solucionar un problema en específico.

10. Propuestas de implementación de mejoras para la solución de problemas de la empresa Complasticol

Basado en los diagnósticos hechos en la fábrica de bolsa plástica Complasticol, se propone realizar un proceso de mejora basado en las técnicas que nos otorga la filosofía Lean Manufacturing y apoyándonos también en técnicas estadísticas; para de esta manera mejorar la calidad y los procesos de la empresa. Para poder implementar estas herramientas se hace necesario sensibilizar la dirección y los operarios de la empresa, ya que de estos últimos depende más los efectos que estas herramientas puedan causar; esto se hace para que toda el área productiva y de dirección se comprometan a cumplir los objetivos que se plantearan y que se genere una cultura hacia la mejora continua.

10.1 Propuesta #1: disminución de desperdicios y falta de limpieza en las áreas de trabajo

Como se pudo observar anteriormente en la figura 24 y 25, se evidencia que en las áreas de trabajo los operarios no le prestan mucha atención al desperdicio que generan los procesos y tampoco se tiene un área definida para guardar los elementos de trabajo, por lo que se puede ver herramienta votada en lugares donde el operario cree va a tener fácil acceso, pero que en realidad esto resulta en que en la mayoría de las ocasiones se extravié la herramienta generando una perdida en cuanto al tiempo que se emplea en la búsqueda de estos elementos perdidos. Por lo anterior dicho se hace evidente el uso de la herramienta de las 5's, junto con la mejora continua.

10.1.1 Objetivo.

Generar e implementar una cultura de limpieza y de organización, con el fin de eliminar del espacio de trabajo todo aquello que no sea útil y organizarlo de una forma eficaz.

10.1.2 Impactos de la implementación .

10.1.2.1 Seiri. Se propone el análisis de las diferentes áreas donde se analice profundamente los siguientes cuestionamientos:

¿Qué debe ser guardado?

¿Qué puede ser útil para otra área?

¿Qué debemos descartar?

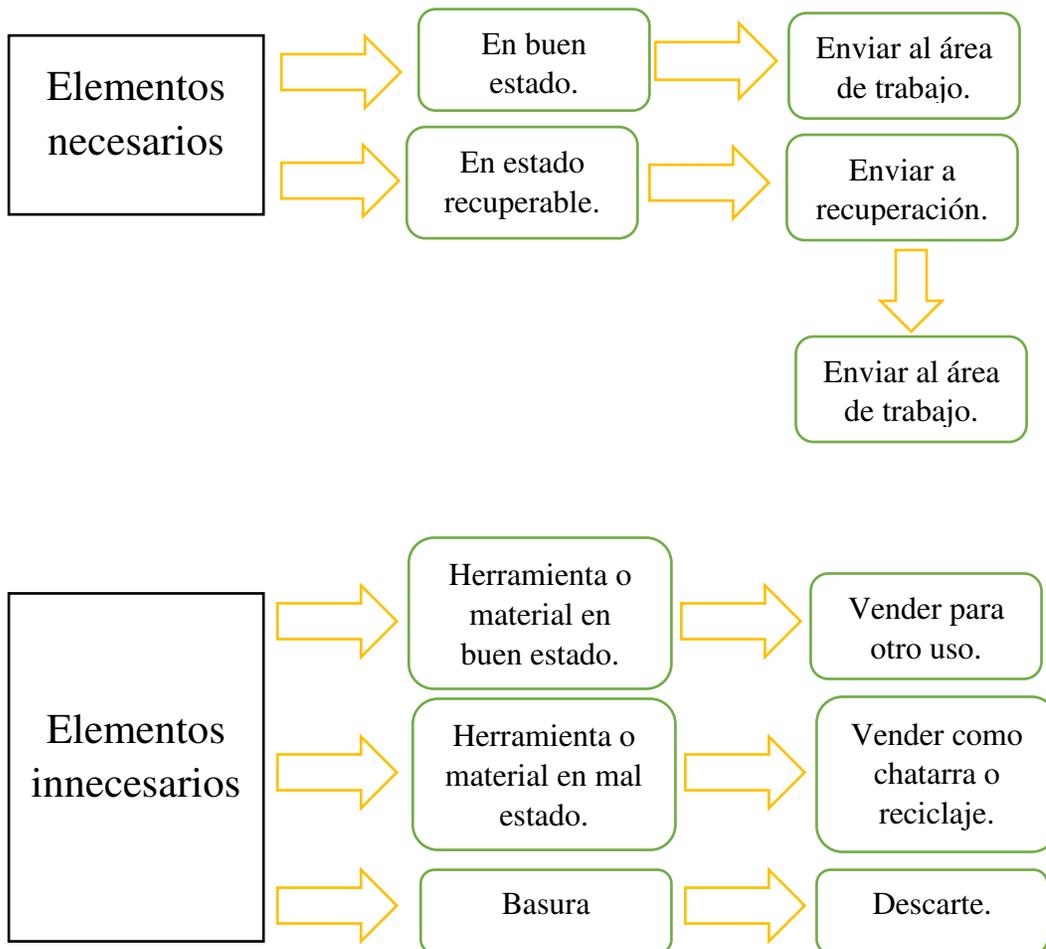
¿Qué debemos vender?

Esto se hace con el fin de poder identificar aquellos objetos los cuales no son necesarios para poder ser confiscados en un área de cuarentena. Esperando tener como resultado reducción de espacio, almacenamientos, stock y transportes. Aumentando la productividad y así mismo evitar el deterioro de materiales no necesarios.

Para poder seleccionar los elementos necesarios e innecesarios para el proceso productivo y el que hacer después de haberlos seleccionado, se propone trabajar con la siguiente matriz.

Tabla 8.

Proceso de selección Seiri.



Nota: Diego R.

El uso de la matriz anterior nos permitirá realizar una buena clasificación de los objetos y podemos obtener los siguientes beneficios:

Reducción de accidentes de trabajo

Más espacio

Mayor control en el proceso productivo

Disminuir o eliminar los tiempos de búsqueda

Para poder identificar los elementos, materiales o herramientas innecesarias, se propone el uso de la tarjeta AKAFUDA (Tarjeta roja), que consiste básicamente en poner tarjetas rojas en los elementos innecesarios con el fin de que todos los integrantes del proceso productivo puedan distinguirlas.

TARJETA ROJA			N°
NOMBRE DEL ARTICULO:			
CATEGORIA	1. MAQUINARIA 3. PRODUCTO TERMINADO 5. PRODUCTO TERMINADO	2. MATERIA PRIMA 4. HERRAMIENTA 6. OTROS	
CANTIDAD:			
RAZÓN	1. INNECESARIO 3. BASURA 5. USO DESCONOCIDO	2. DEFECTUOSO 4. NO SE NECESITA 6. OTRO.	
DESTINO DEL OBJETO	1. DESCARTE 3. OTRA AREA	2. STOCK 4. OTROS	¿RESUELTO? SI NO
FECHA	DE COLOCACIÓN	DE SOLUCIÓN	

Figura 27. Tarjeta roja Akafuda. Adaptado de Aplicación de las 5"S" en la PYME tapicería lagunas. (2007)

Como ya se mencionó anteriormente esta tarjeta permitirá identificar fácilmente elementos innecesarios en el área productiva para de esta manera eliminarlos o reubicarlos. La correcta forma de usarlo es identificar el elemento y escribir su nombre en la tarjeta, a continuación se selecciona la categoría a la cual pertenece y su cantidad en kilos, luego se selecciona la razón por la cual se puso la tarjeta ej: defectuoso; luego seleccionar el destino del objeto y si fue resuelto o no el problema; para al final colocar la fecha en la cual se colocó la tarjeta y posteriormente la de retiro o solución del problema.

10.1.2.2 *Seiton*. Se plantea que exista un lugar adecuado para cada artículo y que estos se encuentren listos para su utilización, esto para que sean encontrados fácilmente. Para poder realizar el seiton se deben seguir los siguientes pasos:

Preparar el área de trabajo, lo cual significa demarcar las mismas

Usar señales y letreros.

Ordenar el área de trabajo.

Como se logra evidenciar en la figura 28 y 29, existe herramienta la cual se encuentra en lugares donde no deberían estar; los operarios manifiestan que es difícil encontrar la herramienta de trabajo y que a veces por el mismo desorden se pierden algunas veces. Se hace necesario entonces para cada estación de cada proceso (3), crear un lugar en el cual guardar la herramienta, esto con el fin de garantizar la disponibilidad de la herramienta y su fácil ubicación por parte de los operarios.



Figura 28. Desorden de herramienta área de sellado. Ruiz (2018)

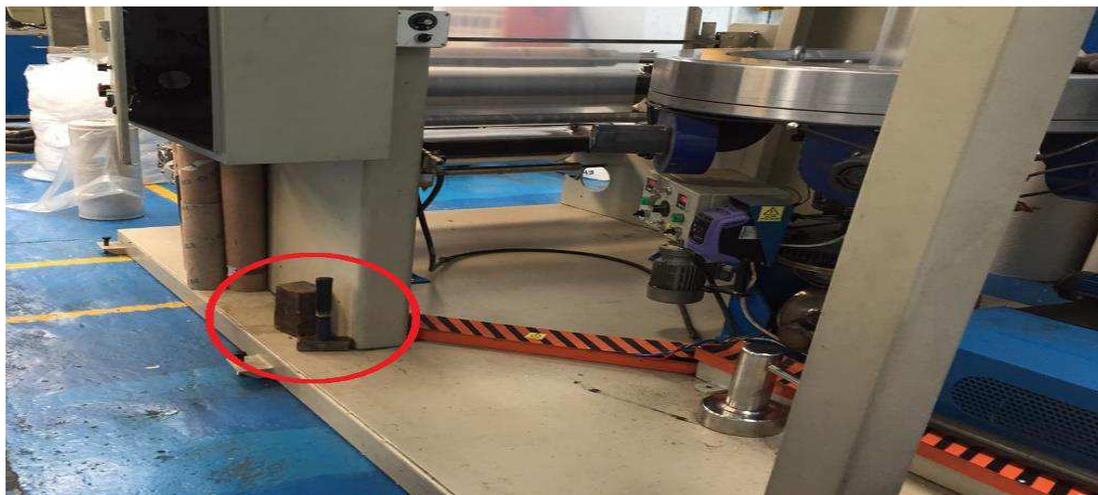


Figura 29. Desorden de herramienta área de extrusión. Ruiz (2018)

10.1.2.3 Seiso. Se propone establecer una cultura de limpieza dentro del área laboral, esto enseñará a los operarios que, una vez terminada una actividad, se inspeccionará el área de trabajo y se recogerá todo aquello que no sea necesario para la producción, eliminando esto en su área definida, como por ejemplo el retal que se genera o los productos no conformes, se recogerán y trasladarán a su área ya definida para su posterior reciclaje. Teniendo también una jornada de limpieza general.

Se propone la implementación de una jornada de limpieza (figura 30) y reacomodo (figura 31), mediante esto se eliminarán elementos innecesarios, se realizará limpieza de equipos, limpieza de pasillos, limpieza de áreas de trabajo, etc. Todo esto con el fin de poder estandarizar las áreas de trabajo y crear una cultura de limpieza en la empresa. La tarjeta amarilla permitirá difundir acciones de mejora al personal de las áreas de trabajo, su uso será informar sobre posibles problemas y dar conocimiento sobre el empleo de productos de limpieza; manteniendo al día al personal de cualquier cambio o mejora en los métodos de limpieza.



Figura 30. Jornada de limpieza Complasticol. Ruiz D. (2018).

TARJETA AMARILLA N°	
AREA:	
CATEGORIA	1. AGUA 2. ACEITE 3. POLVO 4. MATERIAL 5. LIMPIEZA DE AREA 6. EQUIPOS
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	
ACCIÓN CORRECTIVA	
SOLUCIÓN DEFINITIVA	
ELABORADO POR:	
FECHA:	

Figura 31. Tarjeta amarilla. Ruiz (2019). Adaptado de Aplicación de las 5"S" en la PYME tapicería lagunas. (2007)

Esta tarjeta será usada para la limpieza de las áreas productivas y administrativas, la cual permitirá identificar los lugares que necesitan intervención. El correcto uso de esta tarjeta consiste en primero identificar el área o lugar que se debe intervenir, describiéndola en la tarjeta, luego se procede a seleccionar la categoría a la cual hace referencia la situación y posteriormente describir el problema para su mejor entendimiento, A continuación se anota una acción correctiva, para que en el momento de solucionar el problema ya se conozca el procedimiento para dar tratamiento a este; después de solucionar el problema se describe la solución implementada y el nombre de quien elaboro la tarjeta y la fecha de solución al problema.



Figura 32. Cambios en el área de sellado. Ruiz (2018).



Figura 33. Cambios en el área de extrusión. Ruiz (2018).

10.1.2.4 *Seiketsu*. Mediante esta herramienta se planea hacer revisiones periódicas en la planta, para de esta manera identificar qué área está en un ambiente limpio y cuál no, para esto se usará la técnica colour management (gestión por colores), la cual resulta muy útil en el proceso de mejora continua; mediante tarjetas de colores (rojas donde necesitan mejoras y verdes en donde todo está bien), de esta manera el operario al ver la tarjeta roja, inmediatamente solucionará los problemas que existan en esta área. Se tendrá también en consideración el uso de avisos de peligro, avisos de mantenimientos, y recordatorios sobre limpieza.

10.1.2.5 Shitsuke. Mediante el entrenamiento y la puesta en práctica de las anteriores herramientas se propone romper con los malos hábitos que se presentan en la empresa, creando una cultura de orden y limpieza en donde los operarios adquirirán un compromiso con el objetivo de la mejora continua en donde se esperan obtener como resultados como mínimo un 60% de reducción de accidentes y de un 30% en los costos de mantenimientos.

10.1.3. Control de la herramienta 5's.

Para que la herramienta de las 5's sea totalmente eficiente se debe implantar cierto control interno, el cual se basa en velar porque todas las propuestas se estén llevando a cabo y se estén ejecutando correctamente y a su vez se puedan observar los cambios que se han ido presentando.

Para lo anterior dicho se presenta el siguiente modelo de control en el proceso de cambio.

AREA _____ ETAPA _____

ACTIVIDAD	Semana del _____ al _____ de 200 _____					
	VALOR	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
ACTIVIDAD	P					
	A					
	RX					
ACTIVIDAD	P					
	A					
	RX					
ACTIVIDAD	P					
	A					
	RX					
ACTIVIDAD	P					
	A					
	RX					
ACTIVIDAD	P					
	A					
	RX					

P : PROGRAMADO

A: AVANCE

RX: REALIZADO POR

Figura 34. Formato de control interno de 5's. Tomado de MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN PROGRAMA 5S.

Fecha de la auditoria:		Auditoria realizada por
ELEMENTOS	NOTAS	OBSERVACIONES
Clasificación		
Desechos (en un lugar correcto)		
Equipos y herramientas		
Mobiliario (estanterías, armarios)		
Orden		
Líneas de límites de zonas		
Materias primas		
Documentos, expedientes ordenados		
Presencia de objetos inútiles		
Limpieza		
Material de limpieza presente		
Papeleros, bolsas de basura, container		
Ceniceros		
Limpieza bien hecha		
Compromiso		
Polvo		
Impregnación (agua, aceites, grasa)		
Recipientes (presencia aceites, grasas)		
Estado del material de seguridad		
Estado del material de señalización		
Fugas (agua, aceite, aire)		
Suelo		
Mobiliario		
Rigor		
Ropas de trabajo, escarapela		
Presencia de gamas de limpieza		
Equipos de protección		
Consignas de conductas de equipos		
Iluminación		
Respectos a las reglas del sitio de trabajo		
Numero de criterios tenidos en cuenta		
TOTAL		Nota del Sector/100=(total*25)/numero de criterios

Notas: 0: Muy mala; 1: Malo; 2: Aceptable; 3: Bueno; 4: Muy bueno

Figura 35. Formato de auditoria 5's. Tomado de MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN PROGRAMA 5S

10.1.4 Manual de implementación de las 5's.

Para poder aplicar correctamente la herramienta de las 5's, se deja a disposición una guía, la cual va a servir para implementar correctamente esta herramienta en la empresa Complasticol.

10.1.4.1 Implantar Seiri.

10.1.4.1.1 Identificación de problemas. El primer paso para implantar seiri es identificar los objetos innecesarios en el proceso productivo, para poder llevar efectivamente este pasó, nos podemos apoyar haciendo una lista de elementos innecesarios, en la cual se registrara el objeto, ubicación, cantidad, causa y posible solución. Otra técnica muy efectiva la cual nos puede ayudar mucho es la implementación de la tarjeta roja, la cual nos va a permitir identificar de manera visual los objetos que no son necesarios en el proceso productivo.

La práctica de este método permitirá ubicar los elementos innecesarios y designar su ubicación o el uso que se les va a dar, teniendo así un mejor lugar en el cual trabajar.

10.1.4.2 Implantar Seiton.

10.1.4.2.1. Área de trabajo. El área de trabajo debe permanecer siempre limpia, la limpieza se obtiene cuando está libre de polvo, grasa, líquidos, desperdicios y otros desechos. Se debe tener equipado a los operarios con los elementos de aseo necesarios para poder ejecutar las labores de limpieza, para que estos mantengan limpio las herramientas, maquinas, equipos de trabajo, áreas administrativas y demás.

10.1.4.2.2 Inspección. Se deben hacer inspecciones periódicamente, con el fin de poder garantizar la limpieza constante, durante las inspecciones si se encuentra algún problema este debe ser señalado con la tarjeta amarilla para que pueda ser visualizado fácilmente y ser solucionado lo antes posible. Se recomienda el tomar fotos del estado anterior a las acciones correctivas y luego de haber solucionado el problema.

10.1.4.3. Implantar Seiso.

10.1.4.3.1. Jornadas de limpieza. Implementar una jornada de limpieza mediante la cual se eliminaran elementos innecesarios, se limpiaran, pasillos, equipos, almacenes, etc. Esto servirá como un buen inicio para acostumbrar a la organización a tener una cultura de limpieza permanente, creando la motivación para que se inicie la implementación de las 5's creando así un estándar

10.1.4.3.2. Designar un responsable. Designar un encargado por cada área, el cual se encargara que su área se mantenga siempre limpia y se medirá su desempeño.

10.1.4.3.3. Manual de limpieza. Resulta muy útil la elaboración de un manual, el cual servirá como entrenamiento para la limpieza, en este manual se debe incluir la correcta forma de usar los productos de limpieza. Se debe aclarar que las actividades de limpieza debe incluir una inspección antes, durante y al finalizar los turnos de trabajo, estableciendo tiempos en estas actividades de forma que lleguen a formar parte del trabajo diario.

10.1.4.3.4. Ejecución de la limpieza. Se debe retirar polvo, grasa, aceite, eliminar suciedad de cajones, ventanas, puertas, equipos, etc.; la herramienta seiso implica limpiar profundamente y eliminar los desechos. Mediante el proceso de limpieza se debe recolectar información de área de difícil acceso o las cuales necesiten otras acciones para limpiar, ya que se debe realizar acciones kaizen, para en un futuro facilitar las acciones de limpieza; para esto nos podemos apoyar en el uso de la tarjeta amarilla.

10.1.4.4. Implementación de Seiketsu. Esta etapa permitirá que se conserve todo lo que se ha logrado con la aplicación de las 3's anteriores, todo esto mediante la creación de hábitos de limpieza para conservar los espacios de trabajo en perfectas condiciones.

10.1.4.4.1. Asignar responsabilidades. Se le asignarán responsabilidades a cada operario con el fin de que sepa exactamente que tiene que hacer, cuando, como y donde lo debe hacer, midiendo los resultados que se vayan obteniendo con la implementación de las herramientas.

10.1.4.4.2. Integrar las acciones de las 3's en trabajos de rutina. Se debe crear un estándar de limpieza, mediante el cual se debe llevar un seguimiento de las acciones de limpieza; ofreciendo toda la información sobre el proceso de limpieza, mediante el manual de limpieza, haciendo que los trabajos de limpieza sean trabajos regulares del día a día. Mediante el uso de las tarjetas de color rojo y amarilla se puede ayudar a que los empleados vean donde están los problemas y se centren en la solución de estos.

10.1.4.5. Implementación de Shitsuke.

10.1.4.5.1. Formación. La disciplina a diferencia de muchos puntos en esta herramienta no se puede medir ya que existe en la voluntad de las personas, por lo que es necesario educar e instruir al empleado a través del “aprende haciendo”, mediante el cual se va a poder crear hábitos y una cultura de limpieza en la organización. También ayudará el ejemplo de la dirección, ya que no se le puede exigir a un empleado que tenga limpia su área de trabajo si el jefe tiene sucio su escritorio.

10.1.4.5.2. Visión de la organización. Se debe establecer metas y objetivos claros y estos ser compartidos con los empleados para de esta manera conjuntamente enfocarse en que ellos sean cumplidos y llegar a cumplir un estándar en las áreas de trabajo.

10.1.4.5.3. El papel de la dirección. Para crear las condiciones que favorezcan a la implementación del shitsuke se hace necesario:

Educar al personal sobre principios y técnicas de las 5's

Asignar un tiempo para la ejecución de las 5's

Motivar y participar directamente en la implementación de las 5's

Participar en las auditorías internas de progreso.

Asignar recursos adecuados.

Demostrar el compromiso en la implementación de las 5's

10.1.4.5.4. El papel del trabajador.

Asumir con entusiasmo la implementación de las 5's.

Pedir apoyo o recursos para la ejecución e implementación de las 5's.

Participar de forma activa en la formulación de planes de mejora para eliminar problemas y defectos en los equipos y áreas de trabajo.

Realizar las auditorías internas.

10.2 Propuesta #2: reducción de movimientos y de cargas de trabajo

Como ya se pudo observar anterior mente en el diagrama de recorrido actual, existen cargas de trabajo para los operarios la cuales se deben distribuir más equitativamente y adicional a esto existen recorridos muy largos que podrían disminuirse con la reubicación de las máquinas. Los recorridos largos significan tiempos que no agregan valor al proceso, además de que el operario aprovecha estos recorridos para hacer ocio, lo que aumenta aún más considerablemente los tiempos. Para la solución de esta problemática se aplicarán herramientas de las 5's (ya descrita anteriormente) y Smed, de esta manera se espera reducir los tiempos de cambio de referencia, o en

este caso el cambio de rollo; adicional a esto reubicar las máquinas para que los desplazamientos que tengan que hacer los operarios sean más cortos.

10.2.1 Smed.

Esta herramienta sería aplicada para la reducción de tiempos en el cambio de referencia en el área de precortado que es donde más se presentan altos tiempos; de esta forma se tendrá más tiempo disponible de trabajo en la Precortadora. Para poder implementar esta herramienta, se debe primero hacer una sensibilización y formación del personal, esto se hace una vez esta implementada la herramienta de las 5's en la empresa, ya que esta herramienta por si sola permite acortar los tiempos de preparación, mediante el orden y la limpieza se reducirán los tiempos de búsqueda de herramienta, pero mediante la aplicación del smed se pueden acortar aún más los tiempos.

10.2.1.1 Capacitación acerca de la herramienta smed. Se reunirá a todo el personal que esté involucrado en el proceso productivo, para ser capacitados en la herramienta Smed, como se muestra en la tabla 9, según los pasos siguientes.

Tabla 9

Cronograma de capacitación herramienta smed.

Hora	Responsable	Descripción
8:00 - 8:30	Gerente	Presentación del profesional, introducción al tema a tratar
8:30 - 9:00	Profesional	Introducción al smed (definición, objetivos, historia, importancia, etc...)
9:00 - 10:30	Profesional	Explicación de la nueva situación del mercado, la fabricación de lotes reducidos
10:30 - 11:00	Auditorio	Descanso con refrigerio
11:00 - 11:30	Auditorio	Explicación de la influencia del tiempo de preparación en los costos e influencia de los inventarios de producto terminado y de producto en proceso
11:30 - 12:00	Profesional y gerencia	Preguntas y cierre de capacitación

Nota: Ruiz (2018).

10.2.1.2. Recolección de tiempos.

Para saber cuál es el tiempo exacto que existe en todo el proceso de precorte se procedió a la toma de tiempos del proceso, con la finalidad de identificar las actividades críticas a las cuales se

les puede reducir su tiempo. Para la toma de tiempos se usó un cronometro y una libreta en la cual se anotaban los resultados obtenidos, todo esto acompañado por parte de los operarios, a los cuales se les pidió trabajar a un ritmo normal para de esta forma tener los resultados más acertados posibles.

Tabla 10.

Tiempos en el proceso de precorte

Tiempo proceso de precorte									Promedio
1	0:40	0:32	0:33	0:36	0:37	0:39	0:33	0:30	0:35
2	6:05	6:13	6:21	6:23	6:11	6:08	6:10	6:12	6:12
3	4:33	4:27	4:31	4:18	4:22	4:24	4:15	4:14	4:23
4	6:03	5:52	5:58	6:12	5:56	6:08	6:05	6:10	6:03
5	2:37	2:14	2:22	2:18	2:21	2:16	2:17	2:20	2:20
6	1:18	1:12	1:31	1:25	1:28	1:34	1:33	1:28	1:26
7	1:08	1:02	0:56	0:58	1:03	1:01	1:04	1:06	1:02
8	1:11	1:16	1:09	1:14	1:12	1:13	1:12	1:13	1:12
9	0:22	0:19	0:22	0:22	0:29	0:27	0:25	0:26	0:24
10	0:02	0:03	0:07	0:03	0:06	0:05	0:08	0:06	0:05
TOTAL									23:44

Nota: Ruiz D. (2019)

10.2.1.3. Niveles de desempeño.

Se procedió a seleccionar a los operarios los cuales participaban en el proceso de precorte y mediante el sistema de calificación Westinghouse (figura 36) se obtuvieron los siguientes resultados.

DESTREZA O HABILIDAD		
0.15	A1	EXTREMA
0.13	A2	EXTREMA
0.11	B1	EXCELENTE
0.08	B2	EXCELENTE
0.06	C1	BUENA
0.03	C2	BUENA
0	D	REGULAR
-0.05	E1	ACEPTABLE
-0.1	E2	ACEPTABLE
-0.16	F1	DEFICIENTE
-0.22	F2	DEFICIENTE

ESFUERZO O EMPENO		
0.13	A1	EXCESIVO
0.12	A2	EXCESIVO
0.1	B1	EXCELENTE
0.08	B2	EXCELENTE
0.05	C1	BUENO
0.02	C2	BUENO
0	D	REGULAR
-0.4	E1	ACEPTABLE
-0.8	E2	ACEPTABLE
-0.12	F1	DEFICIENTE
-0.17	F2	DEFICIENTE

CONDICIONES		
0.06	A	IDEALES
0.04	B	EXCELENTES
0.02	C	BUENAS
0	D	REGULARES
-0.03	E	ACEPTABLES
-0.07	F	DEFICIENTES

CONSISTENCIA		
0.04	A	PERFECTA
0.03	B	EXCELENTE
0.01	C	BUENA
0	D	REGULAR
-0.02	E	ACEPTABLE
-0.04	F	DEFICIENTE

Figura 36. Tablas Westinghouse. Tomado de Ingeniería de métodos. Retana B. & Aguilar M. (2013)

Tabla 11.
Niveles de desempeño por operadores.

Selección de operador según nivel de desempeño.				
Factores	Operador 1		Operador 2	
Empeño	C2	+0,02	C1	+0,05
Habilidad	C1	+0,06	C1	+0,06
Consistencia	D	0	C	0,01
Condiciones	C	+0,02	D	0
Suma total		+0,10		+0,12
Factor de actuación		1,10		1,12

Nota: Ruiz D. (2019)

Después de obtener los resultados se procede a seleccionar el operario de tipo medio o aquel que está por arriba del promedio, por lo cual el operario seleccionado es el operario 2, pues es quien muestra mayor desempeño al realizar la preparación para cambio de referencia.

10.2.1.4. Desglose del ciclo de trabajo.

A continuación se describirá el paso a paso en el proceso de precortado en orden cronológico.

Retirar rodillo inicial donde irá el rollo. (Dejar en el suelo)

Desmontar rollo si es que lo hay. (Almacenar)

Traer y cortar conos. (Botar desechos)

Montar y ajustar rollo en rodillo inicial. (Dejar herramienta en el suelo)

Montar y ajustar conos en rodillo final. (Dejar herramienta en su lugar)

Calibrar sensor.

Revisar máquina.

Calentar cuchillas de la máquina.

Unir punta del rollo con conos del rodillo final.

Iniciar proceso.

10.2.1.5. Pasar actividades internas a externas.

Tabla 12.

Resultados de implementación smed.

N°	ACTIVIDAD	TIPO	AJUSTES	TIEMPO	TIEMPO PROPUESTO min.
1	Retirar rodillo inicial donde ira el rollo.	I		0:35	1:10
2	Desmontar rollo	E	Se propone el uso de un segundo rodillo en el cual ya estará montado el rollo y el único cambio que se va a hacer es el de rodillo.	6:12	0:00
3	Traer y cortar conos.	E	Se propone que antes de terminar el proceso, se corten previamente los conos.	4:23	0:00
4	Montar y ajustar rollo en rodillo inicial.	E	Con la propuesta 2, se tiene en cuenta el tiempo de desmontar el rodillo que este actualmente en la maquina	6:03	1:40
5	Montar y ajustar conos en rodillo final.	I		2:20	2:20
6	Calibrar sensor.	I		1:26	1:26
7	Revisar máquina.	I		1:02	1:02
8	Calentar cuchillas de la máquina.	I		1:13	1:13
9	Unir punta del rollo con conos del rodillo final.	I		0:24	0:24
10	Iniciar proceso.	I		0:05	0:05
	TOTAL			23:43	9:20

Nota: Ruiz D. (2019).

Como se puede observar la propuesta de usar un segundo rodillo en el cual va a estar listo el siguiente rollo que se va a precortar se acortan mucho los tiempos de cambio de referencia, ya que el tiempo que se tenía en desmontar rollo desaparece, pues ya no es necesario hacerlo; a su vez desaparece el tiempo que se tenía de cortar los conos, puesto que se debe hacer previamente para montar el nuevo rollo en el segundo rodillo. Como punto final podemos observar como el tiempo de montar el rollo, se reduce drásticamente pues ya los empleados tienen todo listo lo único necesario es bajar el rodillo y montar el nuevo para iniciar el proceso, esto permite que no exista ocio en el proceso, disminuyendo en 14:25 minutos menos los tiempos lo cual hace referencia a un 60,65%; lo cual significa que en un día laboral de 24 horas en la empresa Complasticol se están ganando 5:45:12, tiempo el cual puede ser aprovechado para producir más producto terminado;

con los datos obtenidos en la recolección de tiempos se puede analizar que se puede producir aproximadamente 6 rollos precortados mas en un día de trabajo.

10.2.1.6 Tarjetas de utillaje. Para ayudar a que los tiempos se reduzcan aún más se pueden usar las tarjetas de utillaje, las cuales servirán de guía al trabajador para encontrar las herramientas, mucho más fácil y rápido. Se puede observar un ejemplo en la siguiente ilustración.

Tabla 13.

Tarjeta de utillaje

TARJETA DE UTILLAJE			
Nº de Pieza		1111111	
Cara	Herramientas	Código	Ubicación
1	Placa torneear	WNMG 060402 M3 TP 2500	Armario Nº 3 Cajón 1
1	Broca centrar φ12	112020	Armario Nº 1 Cajón 3
1	Broca φ8	114150	Armario Nº 1 Cajón 3
1	Placa corte	150.10 4R6-12 T25 M	Armario Nº 3 Cajón 2
1	Porta placas torneear exterior	PWLNR 2525M06	Armario Nº 2 Cajón 4
1	Lama de corte	150.10A-20-2	Armario Nº 2 Cajón 4
Cara	Utillaje		Ubicación
1	Mordientes φ20		Estantería 2 Balda 6
Cara	Medición		Ubicación
1	Micrómetro exterior		Mesa de Herramientas Cajón 1

Nota: Tomado de Metodología 5s y Smed p. (11)

10.2.2 Redistribución de máquinas.

Como otra potencial propuesta para reducir los tiempos de desplazamientos de materia prima, se propone redistribuir las máquinas, con el fin lograr un diseño donde se tengan más cerca los recursos de producción de manera que los operarios tengan la menor cantidad de desplazamientos posibles. Adicional también se tuvo en cuenta el nivelar las cargas de trabajo, distribuyéndolas más equitativamente.

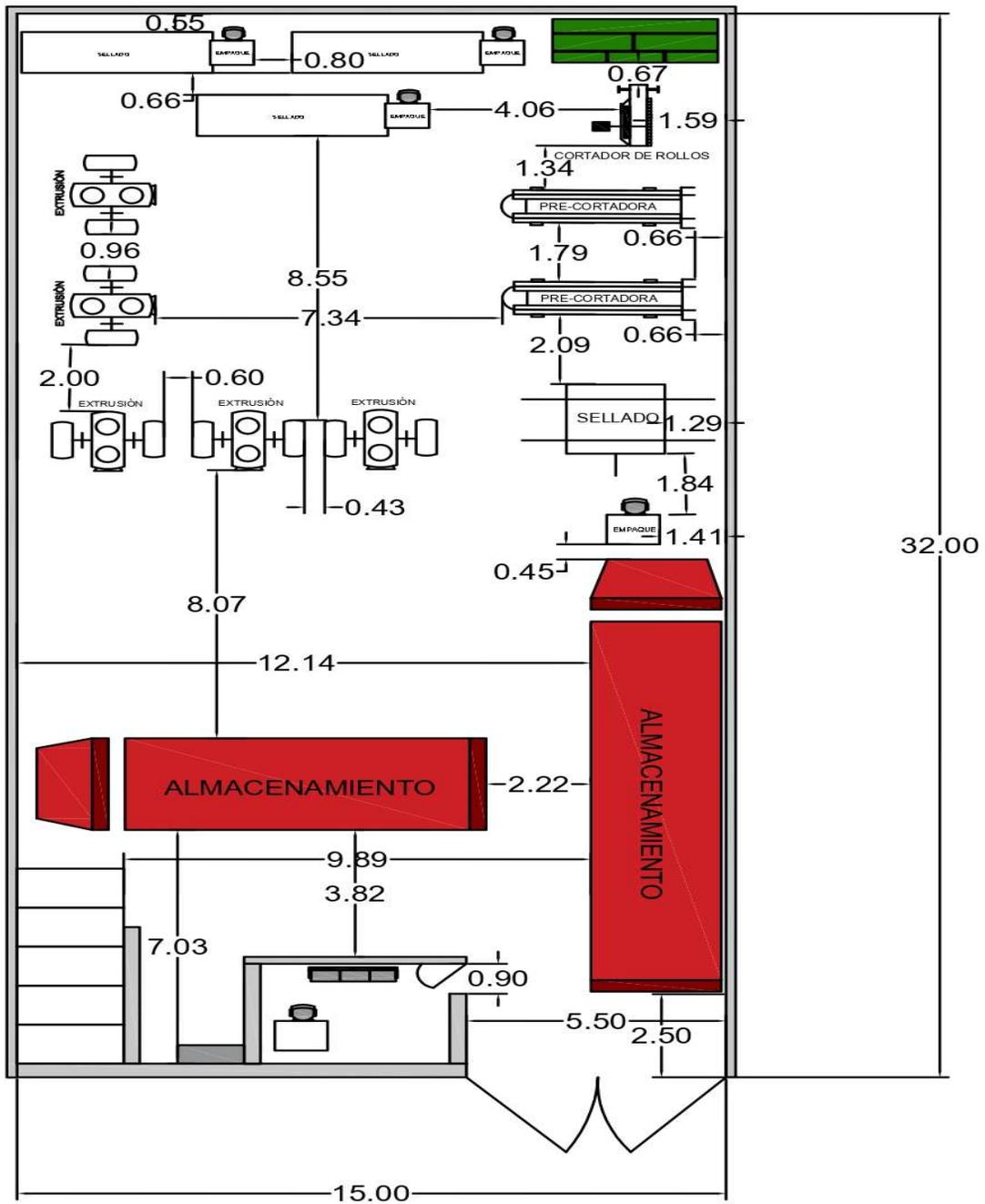


Figura 37. Layout futuro. Ruiz (2019).

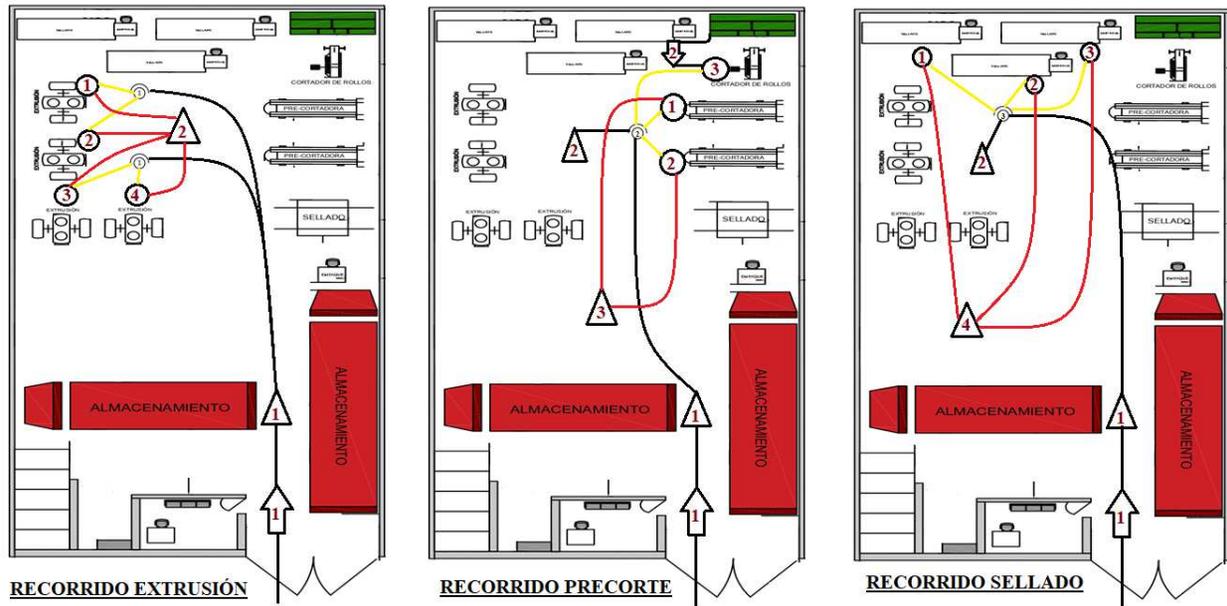


Figura 38. Diagrama de recorrido futuro. Ruiz D. (2019).

Como se puede observar las cargas de trabajo en el área de precorte son más equitativas por lo que los tiempos en esta área se tienen que ver afectados de manera positiva; así mismo las extrusoras que son las que más materia prima consumen y las que a su vez pueden generar materia prima para el área de sellado y precortado, están más cerca del almacén reduciendo los desplazamientos de los operarios. También se propone un área definida para el almacenaje de material en proceso, para de esta manera evitar desorden. En el área de precorte se puede observar que esta vez se tiene mejor acceso a la materia prima y que además se tienen muy cerca los recursos como los conos, los que a su vez están cerca del área donde estos van a ser cortados, por lo que los desplazamientos que los operarios tienen que hacer para obtener los conos son muy cortos.

10.3 Propuesta #3: disminución de los problemas de calidad en el área de sellado

Como se pudo observar en el estudio de calidad (Tabla 4) tenemos como resultado que en el área de sellado se produce el 70,73% de problemas de calidad en la empresa, con lo que se justifica emplear herramientas, para la solución del problema.

Para saber que herramientas usar, primero se indagó acerca de la causa raíz de este problema. Mediante observación pudo establecerse que los problemas se generan a partir de la falta de

limpieza, la falta de inspección por parte del operario que se puede deber a que, en el área de sellado, se observó cómo los empleados usaban el celular frecuentemente, tal como se puede ver en la figura 39; esto anterior genera como resultado que el operario no esté pendiente del proceso y algunas bolsas defectuosas pasan para su empaque y su posterior entrega al cliente.



Figura 39. Evidencia de fallas por parte del operario. Ruiz (2018).

Por lo que como ya se mencionó en otras propuestas se hace necesaria la implementación de la herramienta de las 5's para que las estaciones de trabajo estén más limpias y organizadas; como también tener la política de no uso de celular en las áreas de trabajo, ya que distraen al operario y generan fallas de calidad. También se educará al operario para que, mediante la observación, visualice que productos son no conformes.

Adicional a esto, con el fin de indagar más en el tema, se le preguntó a los operarios y a la encargada de ventas, sobre la causa de estos defectos, y se llegó a la conclusión de que se debía a la materia prima, que causaba que al momento de ser sellada esta no se dejara sellar debido a sus características. El problema en las materias primas se debe principalmente al uso de 2 tipos distintos de polímeros, importado y nacional, siendo el segundo de muy buena calidad, y el primero de mala. Lo que hacen en la empresa es mezclar estos dos tipos de materias primas, con el fin de abaratar costos, sin tener en cuenta la calidad resultante con lo que se le resta importancia a los

productos defectuosos, ya que el dinero ganado no deja ver las pérdidas que estos productos no conformes generan. Debido a esto y en busca de su solución se generan dos tipos de propuestas.

10.3.1 Propuesta #1: compra de material de calidad.

Para solucionar esta causa de raíz y disminuir en gran porcentaje el material defectuoso, es indispensable establecer políticas de calidad con respecto a los proveedores, teniendo estándares los cuales deben ser aceptados por la empresa, para su compra.

Para poder llevar a la realidad esta propuesta, es importante primeramente concientizar a la dirección de la empresa, en que no por tener utilidades a corto plazo, se garantice tenerlas al largo plazo, ya que a pesar de que la empresa en este momento esté generando utilidades debido a esta estrategia de producción, puede que en un futuro sus clientes se vayan, debido a que se cansen de los problemas de calidad o por que la competencia le ofrece el mismo producto con mejor calidad y con un precio similar.

10.3.2 Propuesta #2: compra de una peletizadora.

En la empresa Complasticol, se tiene una estrategia de venta con los productos que son devueltos; esta consta en reunir los materiales devueltos y todos los desperdicios que han sido generados en el proceso (retal), para venderlos a una empresa la cual se dedica a su reciclaje, esto mediante unas máquinas llamadas peletizadoras en las cuales procesan y vuelven a obtener materia prima (polietileno, polipropileno).

Se propone la compra de una peletizadora mediante la cual se pueda reciclar este producto y volver a sacar producto terminado, el cual servirá como materia prima para volver a procesar y generar nuevos productos como rollos o bolsas selladas. Para implementar esta propuesta se deben primero implementar herramientas como las cartas de control, con las cuales mantendremos un control de calidad, midiendo la variabilidad de los productos no conformes, también aplicando la herramienta A.M.F.E, la cual nos ayudara a prevenir posibles fallas y errores y por supuesto un T.Q.C en la empresa. Con estas herramientas se garantizará que el producto con mala calidad será muy mínimo el que llegue al cliente, sacando en el proceso aquel material no conforme y reprocesándolo mediante el peletizado.

Esta propuesta supone pues la compra de una peletizadora, además de la adquisición de un terreno, bien sea comprado o alquilado para disponer de esta máquina, ya que en la planta actual no existe el espacio suficiente para esta máquina; mediante una entrevista informal con el dueño de la empresa, éste expresa que puede ser considerada esta opción, ya que él se encuentra en la búsqueda de un terreno para montar otra sede de su empresa para de esta manera expandirse. En la tabla 14 podemos ver los precios de venta de material sellado y también el valor que se está dejando de ganar debido a la devolución del material defectuoso.

Tabla 14

Costo de no venta sellado

Precio de venta	\$ 6.500
Precio de venta a empresa de reciclaje	\$ 500
Perdida por no venta	\$ 6.000

Nota: Ruiz (2018).

Como se puede ver el costo por kilo que se genera por las devoluciones es de \$6.000 pesos pues es dinero que la empresa deja de recibir. En la figura 40 podemos ver un modelo de una peletizadora la cual se propone se comprar. Para poder conocer la evaluación económica de la propuesta, esta se puede observar en el capítulo 11.3.2



Figura 40. Peletizadora 50MM x 1.500MM. Dinaplast.

10.4 Propuesta #4: crear un área para almacenar el retal

Como se ha podido evidenciar, existe un desperdicio que se genera en el proceso productivo, y es almacenado en el mismo lugar que el de las materias primas. Ocupa mucho espacio y es muy liviano, razón por la cual se propone crear un área específica de almacenamiento para lograr un

lugar más ordenado y amplio aprovechable por otro material. Para implementar lo anterior se instaló un área de depósito anclada encima del área de almacenaje.



Figura 41. Modelo de base para almacenaje retail. Ruiz (2018).

10.5 Aplicación de otras herramientas para controlar la producción

Como se explicó anteriormente en Complasticol no existe un control en los procesos productivos, lo que conlleva a la generación de desperdicios y a tener problemas en calidad, por lo que se propone aplicar herramientas que pueden ayudar a solucionar estos problemas.

10.5.1 Kanban.

Para empezar a implementar esta herramienta se debe primero dar una capacitación a los empleados por parte de un experto, se calcula entonces que esta capacitación debe ser entre las 8:00 am y las 12:00 pm; teniendo una duración de 4 horas, en la cual todos los operarios entenderán su concepto y como utilizar esta herramienta. Distribuyendo el tiempo como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 15
Capacitación Herramienta Kanban

Hora	Responsable	Descripción
8:00 - 8:30	Gerente	Introducción al tema a tratar y presentación del experto quien va a dar la capacitación
8:30 - 9:00	Profesional	Presentación de la Herramienta Kanban (Historia, que es, ventajas. Etc...)
9:00 - 10:30	Profesional	Explicación del Formato creado para la empresa Complasticol, con el fin de que todo el personal conozca que debe hacerse con estas tarjetas y como usarlas.
10:30 - 11:00	Auditorio	Descanso con refrigerio
11:00 - 11:30	Auditorio	Preguntas
11:30 - 12:00	Profesional y gerencia	Recorrido por el proceso y implementación de las tarjetas Kanban.

Nota: Ruiz (2018).

Mediante las tarjetas de instrucción, las cuales contendrán las órdenes de trabajo, sobre que producir cuanto se va a producir y como se va a producir, se controlará el material en proceso y la facilidad para identificar por parte del operario para que el mismo sea llevado hacia el siguiente proceso o a su almacenaje. Primero se debe establecer el tipo de Kanban a implementar; para este caso se propone el uso de Kanban de producción, especificando la clase y la cantidad de producto que se va a elaborar en cada proceso (tabla 16).

Tabla 16
Tarjeta de producción Kanban

TARJETA DE PRODUCCIÓN KANBAN COMPLASTICOL	
Proceso	Extrusión
Depositar piezas en	Almacen en proceso
Referencia	R-2016
Nombre de la pieza	Rollo calibre 2,40
Cantidad a producir	40 kilos

Nota: Adaptado de Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt para la excelencia en los negocios. Socconini L. (2014).

Como se puede observar, esta es una tarjeta de producción Kanban bastante sencilla, susceptible de mejoramiento a medida que se vaya implementando en el proceso dependiendo de las necesidades que tengan el operario y la empresa. Adicional a esto también se propone el uso de

una tarjeta Kanban de retiro, la cual se va a usar para autorizar los movimientos de partes de un centro de trabajo a otro, acompañando siempre al flujo de materiales desde un proceso a otro.

Tabla 17.

Tarjeta de retiro Kanban.

TARJETA DE RETIRO KANBAN COMPLASTICOL	
PROCESO:	PRECORTADO
DEPOSITAR EN:	SELLADO
REFERENCIA:	R-2015
NOMBRE DE LA PIEZA:	ROLLO PRECORTADO CALIBRE 2,4
CANTIDAD A PRODUCIR:	40 KILOS

Nota: Adaptado de Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt para la excelencia en los negocios. Socconini L. (2014).

Tabla 18.

Tarjeta kanban de almacenaje.

Tarjeta Kanban Almacenaje			
Fecha:		Cantidad:	
Descripción:		Referencia:	
		Capacidad:	
Áreas	Lugar de extracción	Área almacenado	
Extrusión	Almacén M.P. <input type="checkbox"/>	Almacén producto terminado <input type="checkbox"/>	
Precorte	Extrusión <input type="checkbox"/>	Almacenamiento prod. En proceso extrusión <input type="checkbox"/>	
	Almacén M.P. <input type="checkbox"/>	Almacenamiento prod. En proceso precorte <input type="checkbox"/>	
Sellado	Extrusión <input type="checkbox"/>	Almacenamiento prod. En proceso Sellado <input type="checkbox"/>	
	Almacén M.P. <input type="checkbox"/>	Observaciones:	
Empacado	Sellado <input type="checkbox"/>		

Nota: Ruiz D (2019).

Para poder tener un claro control de Kanban se propone adicionalmente el uso de un tablero Kanban en el cual la gerencia va a poder controlar visualmente la producción de su empresa, viendo lo que va a producir, lo que se está produciendo y lo que ya se produjo.



Figura 42. Tablero Kanban. Ruiz D. (2019).

10.5.1.1. Manual para implementar Kanban.

Con el fin de facilitar el entendimiento por parte de los operarios y el cómo se podrá aplicar esta herramienta a la empresa, se explica a continuación el procedimiento para implementar la herramienta Kanban, el cual es:

Primero: Seleccionar el número de partes que se establecerán en Kanban, esto quiere decir que se seleccionarán familias de productos para aplicar el Kanban en cada una de estas.

Segundo: cálculo de la cantidad de piezas por cada Kanban, en donde se usará la siguiente formula:

$$D * TE * U * \left(\frac{1}{\%VD} \right) \quad (2)$$

En donde:

D: Demanda semanal

TE: Tiempo de entrega (en semanas), para productos comprados se incluye (tiempo de generar la orden + tiempo de entrega del proveedor + tiempo de transporte + tiempo de recepción + tiempo de inspección y de stock). Para productos manufacturados (tiempo en generar la orden de trabajo + tiempo de procesamiento + tiempo de recepción e inspección).

U: Numero de ubicaciones, Socconini, (2014) recomienda empezar con dos ubicaciones y más adelante se van a reduciendo las cantidades, para de esta manera poder asegurar la continuidad en el proceso.

%VD: Nivel de variación en la demanda (desviación estándar de periodo / promedio de demanda del mismo periodo).

Tercero: Escoger contenedor y tipo de señal. En este paso es recomendable escoger contenedores de fácil manejo e identificación, donde se podría usar estibas plásticas de colores, para permitir identificar el tipo de pieza que se está transportando.

Cuarto: Calcular el número de contenedores, mediante la siguiente formula:

$$\text{Numero de contenedores} = \frac{\text{Capacidad de piezas Kanban}}{\text{Capacidad del contenedor}} \quad (3)$$

Quinto: Dar seguimiento al control del trabajo en proceso (WIP) y el inventario estándar en la celda (SWIP), que no es más que una comparación del proceso; dividiendo el WIP/SWIP. Interpretando su resultado así:

Si es mayor a 1, significa que en la celda existe mucho inventario.

Si es menor a 1, significa que se disponen de pocas existencias y puede estar peligrando la continuidad de la producción.

Si es igual a 1, es el ideal ya que significa que el SWIP y el WIP son iguales.

Adicional a lo anterior dicho, se debe tener en consideración que durante la implementación del Kanban se deben establecer el inventario máximo, el tamaño estándar para el contenedor, ubicaciones de almacenamiento y el número de contenedores.

10.5.2 Cartas de control.

Con el fin de poder llevar un control estadístico en los procesos, se propone implementar cartas de control, las cuales permitirán tener un conocimiento sobre la calidad de la empresa, de esta forma analizar la variación en la mayoría de los procesos. Estas se enfocarán en implementar las cartas de control por variables, pues nos van a permitir medir la variabilidad del proceso, centrándonos primordialmente en el área de sellado pues es donde más se presentan las fallas de calidad, en su mayoría debido al mal sellado, pues como se manifiesta en las devoluciones de los clientes el defondado o mal sellado es la causa principal de estos reclamos.

Las cartas de control se medirán por variables, aplicando las cartas descritas en la tabla 19.

Tabla 19

Cartas de control por variables.

Carta	Descripción	Campo de aplicación.
$\bar{X} - R$	Medias y Rangos	Control de características individuales.
$\bar{X} - S$	Medias y desviación estándar.	Control de características individuales.
X-Rm	Mediciones y rangos móviles	Control de un proceso con datos variables que no pueden ser muestreados en lotes o grupos.

Nota: Trejo (p. 2)

10.5.2.1 Manual de uso de cartas de control por variables.

A continuación se presenta el proceso paso a paso para poder implementar las cartas de control en la empresa Complasticol.

Tabla 20
Implementación de cartas de control.

Nº	Pasos	Descripción de pasos
Paso 1	recopilación de datos	Obtener los datos mediante lecturas, se recomiendan tener de 20 a 25 grupos de datos y dentro de estos tener sub-grupos, Shewhart recomienda 4 datos por grupo de datos, pero comúnmente se usan 5
paso 2	Calculo de rangos	Esté cálculo se hace con cada una de las muestras de cada hora, se selecciona el dato mayor y el dato menor y se le resta obteniendo el rango. $R = (\text{valor mayor} - \text{valor menor})$.
paso 3	Calculo de promedios	Al igual que en los rangos se hace un cálculo para cada subgrupo, ósea los datos por hora. Se suman los datos y se anota esta suma y se divide por el número de datos obteniendo el promedio
paso 4	Calculo del promedio de promedios	Esté se caculo sumando los promedios obtenidos y dividiéndolos por la cantidad de subgrupos que existan.
paso 5	Calculo de los límites de control	<p>Se debe primero calcular la desviación estándar "S" utilizando el coeficiente d_2 en la siguiente formula $S = \frac{R}{d_2}$</p> <p>Con esto se procede a calcular los límites de control para el grafico \bar{X}</p> $LSC = \bar{X} + 3 * \frac{S}{\sqrt{n}}$ $LIC = \bar{X} - 3 * \frac{S}{\sqrt{n}}$ <p>Luego se calcula la desviación estándar para el rango mediante el uso de la siguiente formula:</p> $S_R = \frac{d_3 * R}{d_2}$ <p>Y se procede a calcular los límites de control para la carta R:</p> $LSR = \bar{R} + 3 * S_R$ $LIR = \bar{R} - 3 * S_R$
paso 6	Graficación	Una vez obtenidos los valores se procede a graficar.
paso 7	Interpretación de la graficas de control	Una vez graficado se procede a analizar la gráfica y a tomar las respectivas decisiones.

Nota: Ruiz D. (2018). Adaptado de herramientas para CEC. Unidad 3.

10.5.2.2 Implementación de carta XR en Complasticol.

Para la recolección de datos se seleccionó el área de sellado como el área donde se va a trabajar principalmente enfocándose en el mal sellado en las bolsas como el objeto a medir, teniendo que se producen paquetes de 100 bolsas pequeñas, se procedió a en intervalos de 1 hora analizar un paquete y ver qué cantidad de bolsas no cumplieran con el estándar de calidad, en este caso el buen sellado.

Para establecer la cantidad de datos a tomar, se estableció que se tendrían 20 grupos de datos con 5 subgrupos; para de esta manera tener mayor confiabilidad en los datos.

Tabla 21.

Toma de muestras de bolsas defectuosas en proceso de sellado.

Grupos	Sub-grupos					Media	Rango
	Muestras	Numero de bolsas defectuosas					
1	12	14	9	14	12	12,2	5
2	10	14	13	12	11	12	4
3	13	9	14	10	14	12	5
4	11	9	11	12	10	10,6	3
5	14	14	12	9	9	11,6	5
6	11	10	9	14	9	10,6	5
7	10	11	9	14	12	11,2	5
8	13	12	12	13	14	12,8	2
9	13	12	14	11	12	12,4	3
10	10	12	10	14	12	11,6	4
11	10	11	11	11	14	11,4	4
12	10	10	9	10	12	10,2	3
13	14	13	13	10	12	12,4	4
14	14	12	9	14	14	12,6	5
15	12	12	11	11	10	11,2	2
16	10	9	11	13	11	10,8	4
17	11	11	14	13	13	12,4	3
18	13	10	12	13	9	11,4	4
19	12	14	12	9	10	11,4	5
20	10	13	14	13	14	12,8	4
Σ						233,6	79

Nota: Ruiz D (2019).

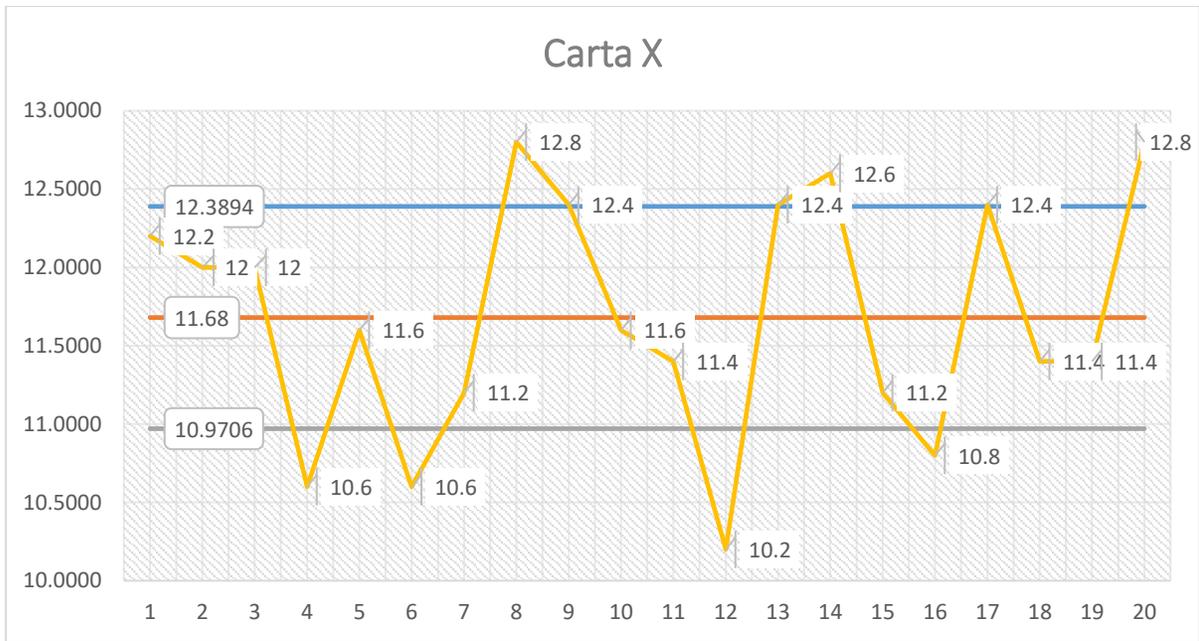


Figura 43. Carta X. Ruiz D. (2019)

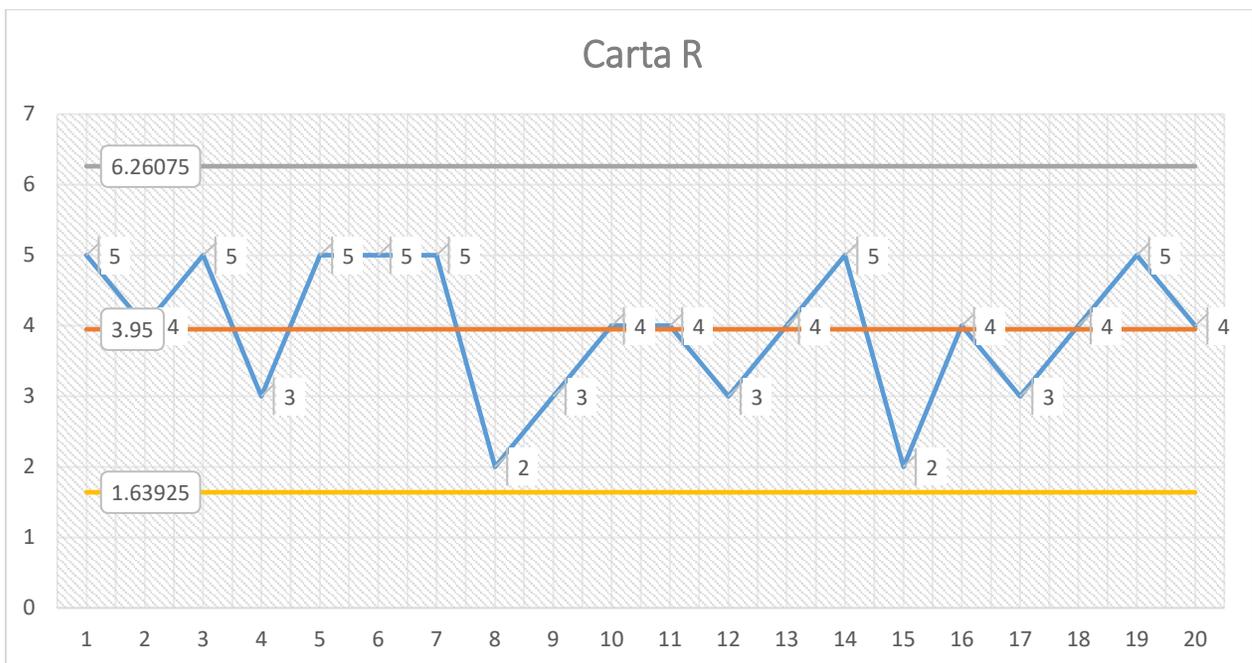


Figura 44. Carta R. Ruiz D. (2019)

10.5.2.3. Análisis de las cartas de control. Mediante la graficación de las cartas de control se procede a examinar las gráficas con el fin de poder determinar si la variación del proceso se encuentra bajo control.

10.5.2.3.1 Análisis carta R. Viendo los resultados obtenidos mediante la graficación, podemos observar que la gráfica R los resultados obtenidos se encuentran por dentro de los límites de control, por lo que se puede asumir que el proceso no presenta variaciones y no se encuentran casos especiales los cuales deban ser analizados

10.5.2.3.2. Análisis carta X. Visualizando la gráfica X se puede observar que existen resultados que se encuentran por fuera de la gráfica, por lo que se hace necesario intervenir, para que en una próxima medición se obtengan datos que se encuentren por dentro de los límites de control. Por otro lado se puede observar que la gráfica sigue una tendencia, esto puede significar que existe algo que afecta de forma gradual las características de calidad en las bolsas lo cual ocasiona que los puntos se muevan gradualmente hacia abajo o arriba; esta tendencia puede ser dada por:

Acumulación de desperdicios.

Desgaste del equipo o de la herramienta.

Mejora en las habilidades del operario.

Ajustes en la máquina.

10.5.2.4 Análisis de corridas de puntos. Con el fin de conocer cuál es la corrida de puntos esperada por encima y debajo de la línea de la mediana, esto se hace mediante la siguiente fórmula.

$$1 + \frac{2 * m * n}{N} \quad (3)$$

Donde:

m: Número de puntos por encima de la línea central.

n: Número de puntos por debajo de la línea central.

N: Número total de observaciones.

Para carta X:

$$1 + \frac{2 * 9 * 11}{20} = 11 \approx \quad (4)$$

Para carta R:

$$1 + \frac{2 * 7 * 6}{20} = 5 \approx \quad (5)$$

Por lo cual para la carta X se espera tener aproximadamente 11 puntos por fuera de la línea del medio y en la carta R 5 puntos aproximadamente.

10.5.2.5. Índices de capacidad. Con los datos obtenidos se pueden también calcular los índices de capacidad (ICP's), que según (Guevara et al 2006) “es la fórmula utilizada para calcular la habilidad del proceso de cumplir con las especificaciones” lo cual quiere decir que se usa para conocer la capacidad productiva de la empresa, esto con el fin de distinguir la producción real y no comprometerse con el cliente con una producción la cual no se puede cumplir. Para poder calcular los diferentes índices de capacidad, se necesita que estos tengan una distribución normal, de no ser así, se recomienda usar datos transformados (Anexo H), para conseguir la normalidad; de no poderse se debe usar una prueba de bondad y ajuste y usar la distribución que mejor se ajuste. Para hallar los índices de capacidad sus fórmulas se pueden observar en la tabla 22, donde se muestra también cual es su uso.

Tabla 22

Descripción de los ICP's.

Índice	Uso	Fórmula
Cp o Pp	El proceso está centrado en los límites de especificación	$(LSE-LIE)/6\sigma$
Cpk o Ppk	El proceso no está centrado en los límites de especificación, pero está contenido en ellos	$\text{Min}\{(LSE-\mu)/3\sigma, (\mu-LIE)/3\sigma\}$
CPU o PPU	El proceso sólo tiene un límite de especificación superior	$(LSE-\mu)/3\sigma$
CPL o PPL	El proceso sólo tiene un límite de especificación inferior	$(\mu-LIE)/3\sigma$

Nota: Julio C & José D. P. (98)

Para poder interpretar los resultados obtenidos en los cálculos de los índices de capacidad, se procede a su análisis (tabla 23).

Tabla 23

Análisis del ICP.

ICP	Decisión
$ICP > 1.33$	Más que adecuado, incluso puede exigirse más en términos de su capacidad
$1 < ICP < 1.33$	Adecuado para lo que fue diseñado. Requiere control estrecho si se acerca al valor de 1
$0.67 < ICP < 1$	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial

Nota: Julio C & José D. P. (97)

10.5.3 Histogramas.

Mediante esta herramienta se espera determinar la variación de los datos en mediciones sucesivos donde se enfocarán en variables medibles, tales como peso, volumen y temperatura. En donde medirán la pauta de comportamiento en función de su frecuencia de aparición, permitiendo ver en qué punto se deben concentrar los esfuerzos de mejora y determinar los aspectos del proceso, como ajuste y variabilidad, sobre los cuales se va a actuar para obtener la calidad deseada. Para esto se necesita una clara Interpretación, la cual podemos observar en el anexo L.

10.6 V.S.M. Futuro

Una vez se realizan todas las propuestas de mejora en la empresa Complasticol, se procede a diagramar el mapa de proceso futuro (VSM), con el cual se puede observar de qué manera se impactan las operaciones intervenidas. (Anexo J)

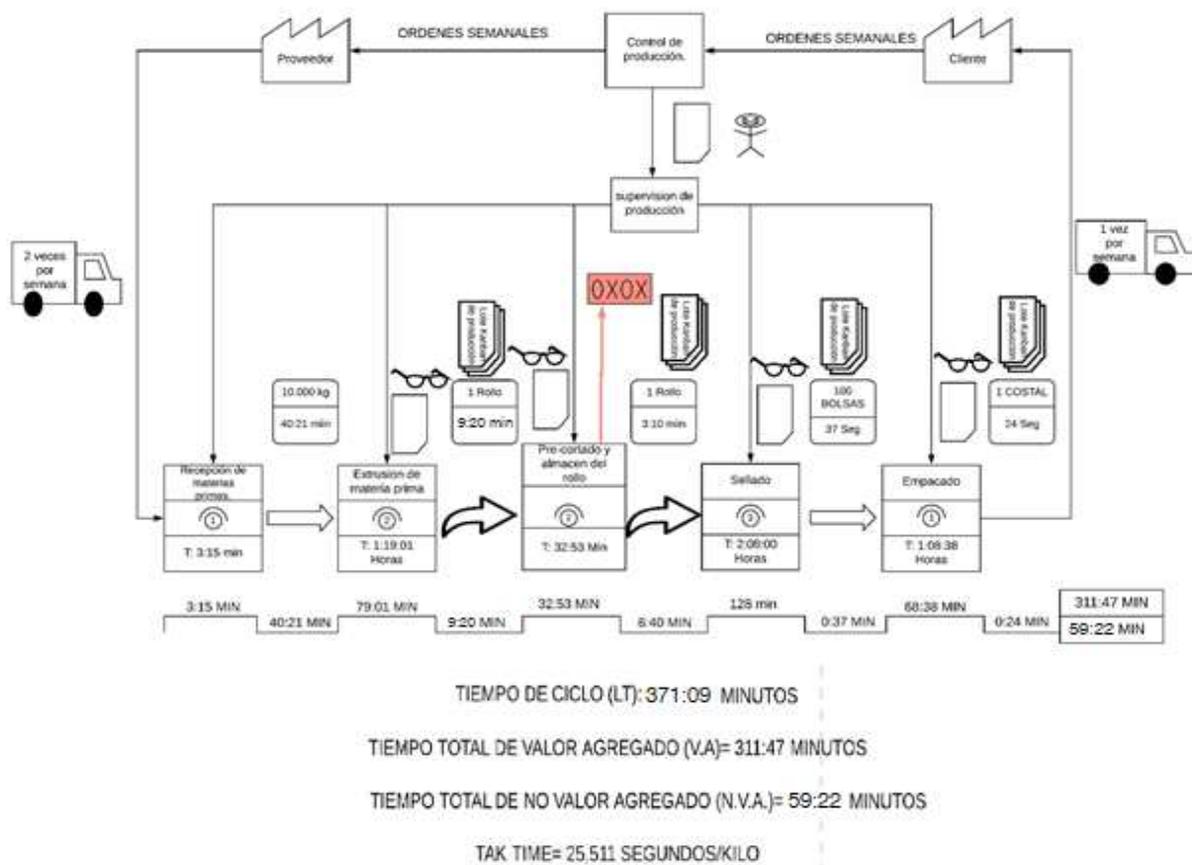


Figura 45. V.S.M. Futuro. Ruiz D. (2018).

Como se puede observar los tiempos se ven reducidos y se nota mayor inspección y control Kanban en los procesos; podemos observar por ejemplo como se reduce el tiempo de descargue y recepción de materias primas, esto debido a la aplicación de 5's y de ubicar un nuevo área para almacenar el retal, ya que normalmente cuando el carro llega para su descargue de materia prima, la recepción es demorada debido al desorden y el descargue toma un tiempo alto, mientras se abre espacio para almacenar el nuevo material, pero sacando el retal que ocupaba mucho tiempo, estos tiempos se van a reducir. Por otra parte, podemos ver como la distribución de cargas de trabajo, hace que el proceso de precorte sea un poco más rápido y como la preparación para el precorte también se reducen sus tiempos, debido a la división de cargas, 5's y a la aplicación de Smed. También se reducen tiempos gracias a la reorganización de las máquinas y reducción de movimientos largos.

10.7. Control de las propuestas

Con el fin de que las propuestas mencionadas anteriormente una vez implementadas estas sigan dando buenos resultados, se hace necesario crear sistemas de control, para que no sean olvidadas las herramientas y que su implementación sea vea afectada.

10.7.1. Control visual.

Mediante las capacitaciones echas de las diferentes herramientas el gerente de la empresa designara a uno de sus empleados, para que esté sea el encargado de la inspección de las herramientas, un ejemplo puede ser en el Kanban, donde se supervisara que se estén usando correctamente los formularios de producción. En el caso de las 5's que estén las áreas ordenadas, que las herramientas estén en su lugar y que la limpieza sea continua, eso quiere decir que si se hace una revisión imprevista por parte del gerente, el lugar esté limpio y ordenado.

10.7.1.1. Andon. Una forma más completa y práctica para el control visual, es implementar esta herramienta que ofrece la filosofía de Lean Manufacturing, siendo un complemento perfecto para las 5's y Smed. Esta herramienta se basa en la comunicación de las anomalías que ocurren en el proceso productivo lo que facilita la toma de decisiones. Debido a que existen diferentes tipos de andon se propone implementar las que se plasman en la tabla 24.

Tabla 24.
Herramientas Andon.

Tipo	Descripción
Alarmas	<p>Siendo un control audiovisual comunicara situaciones urgentes mediante sonidos :</p> <p>1 sonido: alerta básica al la compañía.</p> <p>2 sonido: Alerta media la gerencia esta alertada pero los operarios pueden seguir con sus labores.</p> <p>3 sonido: Alerta urgente, esta implica una situación grave y se hace necesario la reunión de todos los integrantes de la empresa.</p>
Lámparas de colores	<p>Estas estarán situadas en cada Máquina de cada área de trabajo y emitirá distintos colores, cada uno dándole distinta información a los operarios.</p> <p>1. Blanco: Problemas con materia prima.</p> <p>2. Amarillo: Máquina inactiva.</p> <p>3. Verde: Funcionamiento correcto.</p> <p>4. Rojo: lugar con problemas de calidad, o fallo de máquina.</p>
Lecciones de un punto	<p>También conocida como LUP es una herramienta que se basa en la transferencia de conocimiento, la cual permite un aprendizaje fácil y preciso de quien la usa. Esta herramienta se puede implementar en el uso de las maquinas, mediante una LUP que detallara el uso de una maquina para aquellos que sea nuevos en la empresa o que no conozcan el funcionamiento de la máquina; no limitándose solo a eso sino a cualquier otra cosa, como en la interpretación de los sonidos de las alarmas o de las lámpara de colores.</p>
CheckLists	<p>Esta herramienta permite que las actividades se realicen conforma a un procedimiento previamente establecido, todo esto con el fin de evitar errores en los procesos productivos y garantizando así la seguridad</p>
Tableros de resultados	<p>Mediante este tablero se podrán evidenciar visualmente los indicadores de desempeño, mostrando el rendimiento que tienen los procesos productivos, también permitiendo observar como esta rindiendo la empresa, manteniendo así un control de los procesos.</p>

Nota: Ruiz D. (2018)

10.7.1.1.1. Implementación andon. Con el fin de facilitar el proceso de comprensión a la hora de implementar andon se procede a explicar el procedimiento.

Paso 1: Tipo de información. Con el fin de decidir el tipo de información que se ofrecerá en el andon, Socconini, (2014) recomienda tener en cuenta las 6M (mano de obra, maquinaria, métodos, materiales, mediciones y medio ambiente), esto con el fin de hacer visibles los problemas y evitar problemas no previstos.

Paso 2: Tipo de señal. Con el fin de poder mantener un control se debe diseñar el tipo de señal, esto mediante el uso de la herramienta andon (Tabla 24). Mostrando un tablero de resultados en el Anexo M.

Paso3: Capacitación al personal. Así como con las demás herramientas se hace necesaria la capacitación del personal en la herramienta andon para que cuando se aplique, los empleados participen activamente con la herramienta y contribuyan a su mejora.

Paso 4: Compromiso de la empresa. Mediante la disciplina y un cambio de cultura en la empresa, la herramienta andon puede dar muy buenos resultados, prestando también mucha atención a las señales tanto desde el área operativa como el área administrativa, midiendo mediante indicadores los logros obtenidos. (Anexo M.)

10.7.2. Auditorias.

La auditoría es un proceso sistemático que evalúa objetivamente la situación de la empresa, esto con el fin de mejorar los procesos. Existen dos tipos:

Auditoria interna: Es un sistema de control interno por parte de la empresa, con la cual le permite a la dirección de la empresa comprobar que se están llevando a cabo y que sean efectivas todas las herramientas implementadas.

En la empresa Complasticol, la gerencia será la encargada de realizar las auditorias, la cual verificara que todo se esté llevando como se debe, respondiendo las preguntas del siguiente formulario.

Formulario para auditoria interna N° _____			
Realizado por:			
Fecha:			
Área analizada:			
Ítem	Descripción	Cumple	No cumple
1	¿Conocen los operarios que son las 5's?		
2	¿Se encuentra el área ordenada?		
3	¿Se encuentra el área limpia?		
4	¿Se encuentran las herramientas en el lugar indicado?		
5	¿Tienen los operarios la cultura de las 5's?		
6	¿Conocen los operarios que es Smed?		
7	¿Se aplica el Smed en el área de trabajo?		
8	¿Se están usando las tarjetas de utillaje?		
9	¿Se tiene el retal almacenado en su debido lugar?		
10	¿Conocen los operarios que es Kanban?		
11	¿se usan debidamente las tarjetas de producción Kanban ?		
12	¿Se esta usando el tablero Kanban como es debido?		
13	¿Se están registrando los datos en las hojas de control?		
14	¿Se están usando las cartas de control?		
15	¿Se conocen los índices de capacidad?		
16	¿Se están usando los histogramas?		
17	¿Existe análisis de los resultados de las herramientas implementadas?		
18	¿Existe participación por parte de los empleados para solucionar problemas?		
19	¿Se hacen capacitaciones a los empleados?		
20	¿Se pone en practica las sugerencias dadas por los empleados?		
21	¿Se hacen reuniones para analizar el estado de la empresa?		
22	¿Existe control visual de lo que pasa en la empresa?		
Observaciones:			

Figura 46. Formulario de auditoria interna. Ruiz D (2018).

Este formulario permitirá a la gerencia saber cómo se encuentra la empresa actualmente y mediante esto poder tomar acciones preventivas y correctivas. Auditando cada semana por 3 meses y luego cada 15 días y con el paso del tiempo ampliando este tiempo. También podrá modificarse dependiendo de las necesidades de la empresa.

Auditoria externa: Esta será realizada por un auditor externo experto en producción y calidad, el cual no tendrá ningún vínculo con la empresa y su objetivo será hacer un exhaustivo análisis del estado actual de la empresa emitiendo una opinión imparcial. Inicialmente se harán 2 auditorías cada 3 meses y después se harán semestralmente y posteriormente cada año.

11. Evaluación financiera de las propuestas

A continuación, se presentará la evaluación financiera de las propuestas planteadas, haciendo énfasis en su costo aproximado y de poder demostrarse su retorno, dándole prioridad en aquellas propuestas que representan una gran inversión, puesto que aquellas que presentan una pequeña inversión, no sería muy útil hacer una evaluación financiera completa.

11.1 Propuesta #1: disminución de desperdicios y falta de limpieza en las áreas de trabajo

Con el fin de mostrar el costo de implementación para la herramienta de las 5's, se muestra en resumen una matriz en la cual se muestran las actividades a realizar dentro de las 5's para hacer efectiva su realización y sus costos aproximados para poder llevar a cabo esta propuesta.

Tabla 25.

Costos aproximados implementación 5's.

Proceso involucrado	Propuesta	Elementos Necesarios	Encargados	Costo
Almacenamiento	Recoger pepas de polimeros regadas en el proceso de descargue y transporte de materias primas para su uso.	Escoba, recogedor y caneca	Gerencia y operarios	\$ 30.000
Extrusión	Definir areas para ubicar herramientas y proporcionarle sus propias herramientas	Caja de herramientas	Gerencia	\$ 89.950
	Establecer politicas de limpieza y orden.	Escoba, recogedor, caneca y avizos de limpieza	Gerencia y operarios	\$ 55.000
Precorte	Definir areas para ubicar herramientas y proporcionarle sus propias herramientas	Caja de herramientas	Gerencia	\$ 89.950
	Establecer politicas de limpieza y orden.	Escoba, recogedor, caneca y avizos de limpieza	Gerencia y operarios	\$ 55.000
Sellado	Definir areas para ubicar herramientas y proporcionarle sus propias herramientas	Caja de herramientas	Gerencia	\$ 89.950
	Establecer politicas de limpieza y orden.	Escoba, recogedor, caneca y avizos de limpieza	Gerencia y operarios	\$ 55.000
Almacenamiento de producto en proceso y terminado	Establecer area propia para almacenaje y delimitarla	Pintura, brocha, pintor	Gerencia	\$ 80.000
Total				\$ 544.850

Nota: Ruiz D. (2018).

11.2 Propuesta #2: reducción de movimientos y de cargas de trabajo

Con el fin de conocer los costos que involucran esta propuesta y se muestra a continuación toda la inversión que se necesita para llevar adelante esta propuesta.

Tabla 26

Costos de implementar SMED.

PROPUESTA	RESPONSABLES	MATERIALES NECESARIOS	COSTO
Capacitación SMED	Gerencia	Refrigerios, recursos, profesional (hojas, esferos, tableros. Etc...)	\$ 1.500.000
Compra de barra sustituta	Gerencia	Compra de una barra en la cual va a ir un rollo para el cambio de referencia	\$ 230.000
TOTAL			\$ 1.730.000

Nota: Ruiz. (2019).

Para poder ser más claros se muestra en la figura 47 el tipo de barra el cual se propone comprar para poder optimizar los tiempos en cambio de referencia.

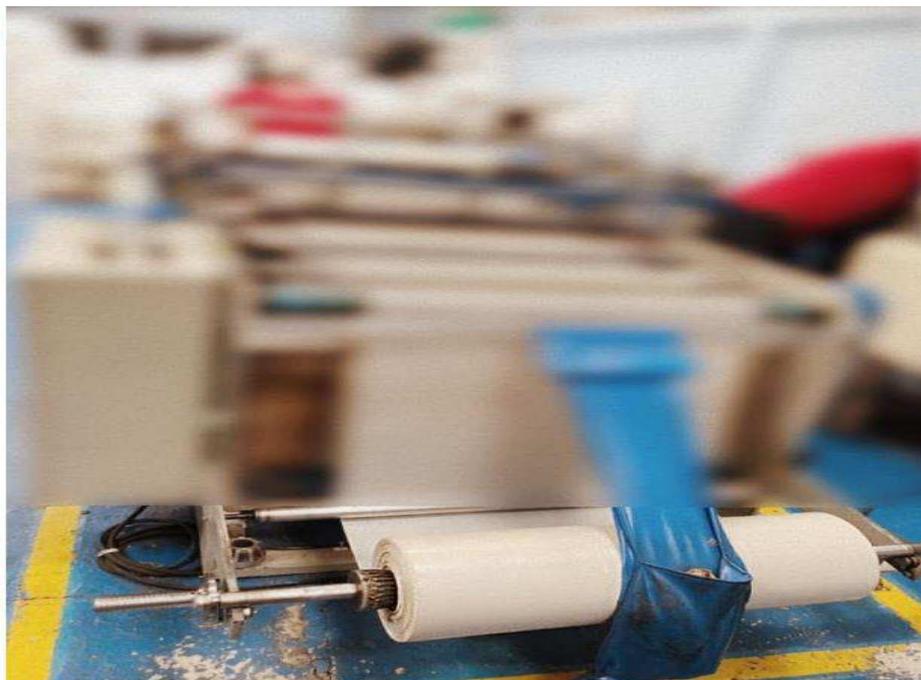


Figura 47. Barra de precortadora. Ruiz D. (2019).

11.3 Propuesta #3: disminución de los problemas de calidad en el área de sellado

11.3.1 Compra de material de calidad.

Para poder establecer cuál debe ser la inversión se realizó una matriz en la cual se muestran los costos que esta propuesta podría tener.

Tabla 27

Costos de materia prima

Descripción	Costo	Costo %
Precio materia prima Nacional (70%)	\$ 4.200	\$ 2.940
Precio materia prima Importado (30%)	\$ 3.700	\$ 1.110
Costo materia prima por kilo		\$ 4.050
Promedio de consumo mensual	65000 K	
Costo total Hoy	\$ 263.250.000	
Costo total Propuesto	\$ 273.000.000	
Ahorro Hoy Mensual	\$ 9.750.000	

Nota: Ruiz (2018).

Como se puede observar, se muestra que se consume un 70% de material nacional y un 30% de material importado el cual hace que en el proceso de sellado se presenten problemas de calidad, la solución de raíz sería comprar materia prima de calidad (nacional), pero se dejaría de percibir el ahorro de \$9'750.000; por lo que la gerencia de la empresa se muestra en desagrado con esta propuesta, ya que el costo de devolución no es nada comparado con la ganancia que se tiene al mezclar los dos tipos de material, Por lo que se le resta importancia a estas devoluciones. La propuesta a primera vista, se nota inviable, pero se debe tener en consideración que hay pérdida de la buena imagen y que con el paso del tiempo se pueden perder clientes o la oportunidad de generar nuevos clientes los cuales exijan un nivel de calidad que la empresa no puede satisfacer. Se deja pues la propuesta para cuando estos problemas empiecen a ocurrir y la gerencia de la empresa, empiece a tomar en consideración la solución de raíz a este problema.

11.3.2 Compra de una peletizadora.

Para poder saber si esta propuesta es viable se hace pues un estudio financiero completo, con el fin de poder saber en cuanto tiempo se puede recuperar la inversión y saber cuáles van a ser sus costos totales, ya que la inversión de esta propuesta es muy alta, se hace necesario conocer estos datos. Con el fin de saber si la alternativa es rentable se presentan la siguiente tabla donde se expresan la evaluación del proyecto.

Tabla 28

Ingresos aproximados con compra de peletizadora.

Descripción	Costo	Descripción	Costo
Costo de compra de materia prima extrusión	\$ 4.200	Costo de la máquina	\$ 51.000.000
Costo de materia prima peletizado	\$ 500	costo anual de mantenimiento	\$ 2.000.000
Costo de producción peletizado	\$ 1.500		
TOTAL	\$ 2.200	Promedio mensual de devoluciones	269,775 K
		Costo de producción peletizado	\$ 1.500
Producción diaria peletizadora	50 K	Costo reproceso mensual	\$ 404.663
Horas diarias trabajadas por mes	228 K	Costo de compra de materia prima extrusión	\$ 1.133.055
Total, de producción mensual	11.400 K		
		Ahorro neto mensual	\$ 728.393
Costo de producción mensual	\$ 22.260.450	Ahorro en materia prima anual	\$ 8.740.710
Ahorro bruto de materia prima	\$ 24.486.495		
Ahorro neto de materia prima	\$ 2.226.045	AHORRO ANUAL	\$ 35.453.250
Ahorro en materia prima anual	\$ 26.712.540		

Nota: Ruiz (2018).

Expresados los costos y teniendo dos fuentes de ahorro, uno en donde se comprara el material reciclado para producir materia prima designado a el área de extrusión y en la otra donde se recogerá el material producto de las devoluciones para reprocesarlo mediante la peletizadora, obtenemos un ahorro en materia prima para extrusión, que supone a su vez una ganancia para la

empresa, pero a pesar de que se tengan ingresos, se debe conocer que tan rentable es la compra de la máquina, por lo que se diagrama un flujo de fondos del proyecto y se hace su respectivo análisis (figura 48).

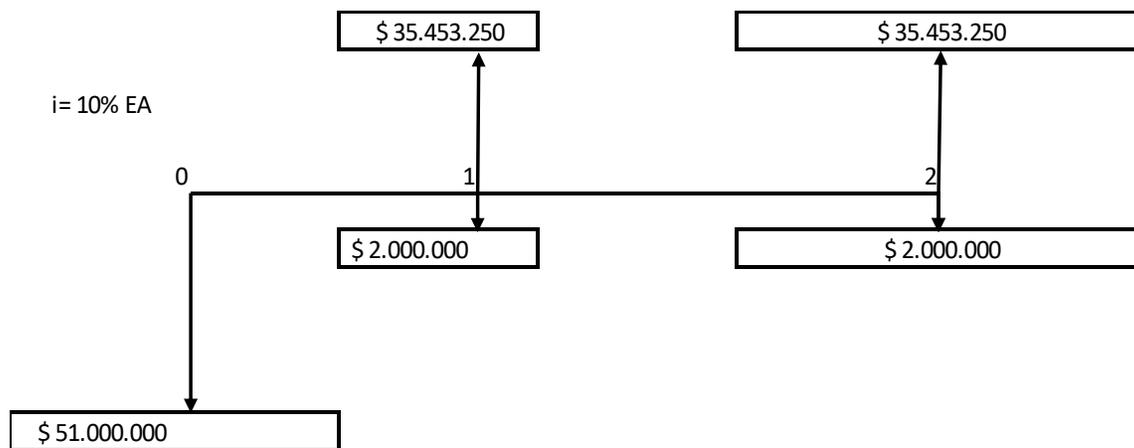


Figura 48. Diagrama flujo de caja. Ruiz D. (2018).

Tabla 29

Flujo de fondos del proyecto

	<u>AÑO 0</u>	<u>AÑO 1</u>	<u>AÑO 2</u>
INGRESO		\$ 35.453.250	\$ 35.453.250
EGRESO		\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
UTILIDAD		\$ 33.453.250	\$ 33.453.250
INVERSIÓN	\$ 51.000.000		
FLUJO DE CAJA	-\$51.000.000	\$ 33.453.250	\$ 33.453.250
TIR	20,18%		
TIO	10%		
VNA	\$ 7.059.360		

Nota: Ruiz (2018).

Como se puede observar en los resultados obtenidos se obtiene un VNA positivo y también una tasa de oportunidad inferior a la tasa interna de retorno, por lo cual resulta conveniente invertir en esta opción. Se tiene en consideración que los ingresos en la tabla 29 se ven reflejados por el ahorro que supone la compra de esta máquina. Cabe aclarar que no se incluyen costos de finca raíz, debido a que la empresa Compasticol tiene en sus próximos proyectos montar otra fábrica de

producción, por lo que la empresa ya cuenta con un bien con el cual se puede contar para ubicar la peletizadora.

11.4 Propuesta #4: crear un área para almacenar retal

El almacenaje de retal se tiene como una propuesta que se debe llevar a cabo, si se quieren reducir tiempos de descarga del material, ya que al momento de descargar el material se debe reubicar este retal para poder hacer espacio para la nueva materia prima; a continuación, se muestra el costo de esta nueva área.

Tabla 30

Costos de creación de área de almacenaje retal

Descripción	Costo
Costo de malla	\$ 80.000
Costo de Varillas	\$ 24.000
Costo de mano de obra	\$ 100.000
Costo de escalera	\$ 180.000
Costo total	\$ 384.000

Nota: Ruiz (2018).

11.2 Kanban

Con respecto a la aplicación del Kanban Se tuvieron en consideración desde sus capacitaciones y su implementación, por lo que en la tabla 31 se muestran sus costos explícitos.

Tabla 31

Costos aproximados implementación Kanban

Propuesta	Responsables	Materiales necesarios	Costo
Capacitación en Kanban	Gerencia	Refrigerios, recursos, profesional (hojas, esferos, tableros, juegos. Etc....)	\$ 1'500.000
Creación de tarjetas de producción Kanban	Gerencia	Impresiones y diseño	\$ 15.000
Creación de tablero Kanban	Gerencia	Tablero, fichas, marcadores	\$ 30.000
TOTAL			\$ 1'545.000

Nota: Ruiz (2018).

Conclusiones

Para poder determinar que herramienta de Lean Manufacturing o de técnicas estadísticas son más urgentes aplicar, se realizó una matriz donde se mostraba su frecuencia de uso, lo que permite identificar cuales herramientas deben ser usadas primero antes de implementar las demás.

Con base en el VNA el TIR y la TIO se puede asegurar la viabilidad económica en la inversión de la propuesta en la cual se aconseja comprar una máquina peletizadora, en el cual también se crea una nueva fuente de ingreso generando materia prima que puede ser usada para consumo propio en el área de extrusión.

Con respecto a los análisis hechos en torno a la calidad de la empresa basándose en las reclamaciones de los clientes, se concluye que es urgente la aplicación de herramientas como cartas de control, histogramas, 5's y demás; que permitan el control en el área de sellado, donde se genera un 73,17% de las devoluciones.

Las herramientas lean junto con las técnicas estadísticas pueden mejorar la calidad de los productos, todo mediante una buena inversión de tiempo y una no tan grande de dinero, influyendo en su gran mayoría en el cambio de cultura dentro de la empresa. Esto da respuesta a la pregunta de investigación.

Implementar las herramientas propuestas en su debido momento le puede traer a la empresa varias mejoras en sus procesos.

Las propuestas de mejora de técnicas estadísticas y de Lean Manufacturing son potencialmente buenas para la mejora de la calidad en la empresa Complasticol.

Se puede analizar en que se trataron y cumplieron todos los temas correspondientes a los objetivos específicos por lo cual se puede concluir que se logró llevar a cabo el objetivo general.

Recomendaciones

Involucrar a todas las personas que intervienen en el proceso productivo, pues de ellas depende en gran mayoría que las propuestas puedan tener el resultado esperado.

Asignar a una persona como la responsable del control de las propuestas, con el fin de detectar a tiempo posibles mejoras en el proceso productivo.

Capacitar a todos los empleados, con el fin de concientizarlos de la importancia de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing y de técnicas estadísticas, que permitirán mejorar la productividad y mantener un control estadístico de calidad.

Utilizar otras herramientas ya sea de Lean Manufacturing o técnicas estadísticas para fortalecer el proceso productivo y que solucionen otros problemas.

Dar más importancia al cliente, satisfaciendo sus necesidades para de esta forma ser más competitivos y poderse mantener en el mercado.

Se recomienda la creación de un cronograma de implementación de las diferentes herramientas, esto con el fin de que la gerencia y los operarios no se sientan agobiados por las propuestas. Una herramienta se implanta, produce resultados interesantes y abre las puertas para implementar la siguiente.

Referencias

- Beltrán, M. y Marcilla, A. (2012). Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades. Alicante: Publicaciones Universidad de Alicante.
- Espin, F. (2013). Técnica SMED. Reducción del tiempo preparación. Recuperado de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf>
- Feigenbaum, A. (1994). Control total de la calidad. Santiago de Chile: Editorial Continental.
- Gacharná, V, y González, D. (2013). Propuesta de mejoramiento del sistema productivo en la empresa de Confecciones Mercy empleando herramientas de Lean Manufacturing (Trabajo de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Gutiérrez, H. (2004). Control estadístico de calidad y seis sigma. México: Mc Graw Hill.
- Hernández, C. y Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implementación. Recuperado de <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>
- Niebel Benjamin, W. y Freivalds, A. (2009). Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos. Madrid: Mc Graw Hill.
- Padilla L. (2010). Lean Manufacturing manufactura esbelta/ágil. Revista Ingeniería Primero, 1(15). Recuperado de http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin15/URL_15_MEC01.pdf
- Pande, P. (2004). Las claves prácticas de seis sigma: una guía dirigida a los equipos de mejora de procesos. Madrid: Mc Graw Hill.
- Peralta, E. (2015). Propuesta de implementación del modelo de gestión Lean Manufacturing en la empresa Ajoover S.A. (Trabajo de grado). Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.
- Pulido, G. y De La Vara, R. (2004). Control estadístico de calidad y seis sigma. México: Mc Graw Hill.

- Sampieri, H., Collado, F. y Lucio, B. (2010). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill.
- Sarria, M., Fonseca, G. y Bocanegra, C. (2017) Modelo metodológico de implementación de lean manufacturing. Revista EAN, 1(83). Recuperado de <http://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/1825/1704>
- Suarez, A. (2013). Propuesta para el tratamiento y aprovechamiento del plástico en el relleno sanitario de Quinchía, Risaralda (Trabajo de grado). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- IQI María G. Herramientas para CEC Unidad 3. Recuperado de <https://ingenieriaindustrialupvmtareasytrabajos.files.wordpress.com/2012/08/cartas-de-control-por-variables.pdf>
- Guadalupe M. (2013). Diseño y aplicación de una carta control para procesos de flujos múltiples, que se llevan a cabo en los Laboratorios Farmacéuticos Zaragoza. (Tesis). Universidad Nacional Autónoma De México.
- Barrera J. (2015). Implementación de una carta de control para corridas cortas en la industria de autopartes. (Revista de ingeniería). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Daniel J, César J & Artamónova I. (2011). Indicadores de capacidad aplicados a la deserción en las universidades colombianas.
- Daniel M. César M. (2010). Evaluación del índice de capacidad del proyecto de deserción académica en la universidad tecnológica de pereira (UTP). Recuperado de http://www.acofi.edu.co/revista/Revista9/2010_I_20.pdf
- Bryan S. (2016). Ingeniero industrial online. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industria>
- Manuel R. & Jose S. (2010). Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad. Ediciones Diaz de Santos. Madrid.

Socconini L. (2014). Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt para la excelencia en los negocios.

Sarango F. & Abad J. (2001) Implantación del sistema smed en un proceso de impresión flexografica.

Vargas H. Manual de implementación programa 5S. Corporación autónoma regional de Santander.

Retana B & Aguilar M. (2013). Ingeniería de métodos. (Presentación). UNIVERSIDAD ANAHUAC MEXICO NORTE.

Ibarra L & Manuel J. Aplicación de las 5"S" en la PYME tapicería lagunas (Tesis) Universidad de sonora G

Anexos

Anexo A. Reclamaciones hechas por los clientes en los últimos cuatro meses

fecha	Medida	Cliente	Kilos	Color	Detalle del defecto
05/07/2018	26x36	Serafin P.	30,4	Blanco	Se abre
11/07/2018	varios	Serafin P.	47,8	Original	Mal sellado
19/07/2018	28x47	Jose Moreno	38	Negro	Mal sellado
23/07/2018	26x36	Lisandro J.	13,7	Negro	Mal sellado
25/07/2018	20x30	Serafin P.	11,4	Blanco	Tiene linea blanca
Σ			141,3		
01/08/2018	100 cm	Marlio B.	43,6	Negro	Dos rallas blancas
02/08/2018	26x36	Jose Garcia	42,9	Original	Mal sellado
06/08/2018	varios	Lisandro J.	13,3	Blanco	Mal sellado
09/08/2018	20x30	Serafin P.	33,6	Blanco	Mal sellado
13/08/2018	26x36	Serafin P.	87,3	Blanco	Mal sellado
15/08/2018	34x24	Lisandro J.	43,3	Negro	Tostado
16/08/2018	14x20	Serafin P.	8,5	Aguapanelo	Calibre grueso
17/08/2018	14x20	Bernardino P.	31,7	Aguapanelo	Mal sellado
18/08/2018	20x30	Serafin P.	1,4	Blanco	Mal sellado
25/08/2018	20x30	Serafin P.	8,4	Blanco	Mal sellado
28/08/2018	70x55	Jaime Z.	52,4	Aguapanelo	Mal programado
31/08/2018	20x30	Serafin P.	7	Blanco	Tostado
Σ			373,4		
03/09/2018	16x24	Lisandro J.	8,3	Blanco	Color transparente
04/09/2018	varios	Serafin P.	31,8	Blanco	Calibre grueso
06/09/2018	26x36	Serafin P.	35,3	Blanco	Mal sellado
08/09/2018	26x36	Serafin P.	37,8	Blanco	Mal sellado
11/09/2018	26x36	Serafin P.	11	Blanco	Mal sellado
20/09/2018	26x36	Serafin P.	32,2	Blanco	Mal sellado
27/09/2018	10x16	Serafin P.	7,4	Blanco	Defondado
27/09/2018	12x18	Serafin P.	11,2	Blanco	Defondado
27/09/2018	60 cm	Jesus P.	50	Aguapanelo	Mal olor
27/09/2018	10x16	Jose Garcia	35,4	Recuperado	Mal pre-corte
Σ			260,4		
02/10/2018	26x36	Serafin P.	28,7	Blanco	Mal sellado
03/10/2018	10x16	Serafin P.	15,8	Aguapanelo	Defondado
04/10/2018	varios	Lisandro J.	56,7	Original	No se lo recibieron
06/10/2018	26x36	Serafin P.	52,3	Blanco	Mal sellado
08/10/2018	16x24	Serafin P.	27	Blanco	Defondado
09/10/2018	16x24	Serafin P.	23,8	Blanco	Mal sellado
09/10/2018	12x18	Serafin P.	9,1	Blanco	Defondado
09/10/2018	16x24	Serafin P.	22,3	Blanco	Defondado
09/10/2018	20x30	Serafin P.	16,5	Blanco	Mal sellado
09/10/2018	16x24	Serafin P.	4,9	Aguapanelo	Defondado
09/10/2018	10x16	Serafin P.	9,4	Aguapanelo	Defondado
17/10/2018	26x36	Serafin P.	26,7	Blanco	Mal sellado
17/10/2018	26x36	Serafin P.	8,5	Blanco	Mal sellado
17/10/2018	16x24	Serafin P.	2,3	Blanco	Mal sellado
Σ			304		

Nota: Ruiz (2018)

Anexo B. Cursograma analítico de Complasticol

Formato cursograma analítico									
Diagrama Num:	Hoja Núm: 1	Resumen							
Objeto:		Actividad	tiempo	%					
Actividad:		Operación	606:31:54	86,28%					
Método: Actual/Propuesto		Transporte	13:10:31	1,87%					
Lugar:		Espera		0,00%					
Operario (s): 6 (seis)		Inspección	7:15:00	1,03%					
elaborado por: Diego Ruiz		Almacenamiento	76:01:00	10,81%					
		Total	702:58:25	100,00%					
Descripción	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia	Símbolo			Observaciones		
				○	□	D	⇨	▽	
RECEPCIÓN DEL PEDIDO DE MATERIA PRIMA PARA SU DESCARGUE	10000	7:15:00			X				
SE DESCARGAN LAS MATERIAS PRIMAS EN EL AREA DE ALMACENAJE	10000	75:00:00							X
SE TRANSLADA LA MATERIA PRIMA A EXTRUSIÓN	25	0:00:31							X
ALISTADO DE EXTRUSION		0:00:54		X					
EXTRSION DE MATERIA PRIMA		78:07:00		X					
ALISTADO DE PRE-CORTE		4:30							X
PRE-CORTE	35	32:33:00		X					
ALMACENAMIENTO DE MATERIAL PRE.CORTADO		0:37:00							X
ALISTAMIENTO DE SELLADO		8:40:00							X
SELLADO DE ROLLO		427:13:00		X					
EMPACADO DE MATERIAL SELLADO		68:38:00		X					
ALMACENAMIENTO DE MATERIAL		0:24							X
Total	20060 K	702:58:25		5	1	0	3	3	

Nota: Ruiz (2018)

Anexo C. Estudio de tiempos

Estudio N° 1.

ALISTADO DE EXTRUSION			
Fecha		septiembre de 2018	
Area		Extrusión	
Producto		N/A	
Maquina (s)		Extrusora (S)	
Unidad		N/A	
Elaborado por		Diego Ruiz	
N° de observación	Tiempo observado	Tiempo Acumulado	R. Factor Observado
1	71 S	71 S	1
2	72 S	143 S	1
3	66 S	209 S	1
4	81 S	290 S	1
5	86 S	376 S	1
6	71 S	447 S	1
7	70 S	517 S	0,9
8	112 S	629 S	1,1
9	72 S	701 S	1,1
10	83 S	784 S	1
11	84 S	868 S	1
12	73 S	941 S	1
13	80 S	1021 S	1
14	95 S	1116 S	1
15	84 S	1200 S	1
16	85 S	1285 S	1
17	69 S	1354 S	1
18	83 S	1437 S	1
19	96 S	1533 S	1
20	92 S	1625 S	1
21	78 S	1703 S	0,9
22	100 S	1803 S	1
23	86 S	1889 S	1,1
24	74 S	1963 S	1

Tiempo total	1963 S
Numero de observaciones	24
Tiempo promedio	81,79 S
R. F. Promedio	1,004
Tiempo normal	82,13 S
% de fatiga	14%
Tiempo estandar	93,63 S

Nota: Ruiz (2018)

Estudio N° 2

EXTRUSIÓN			
Fecha		septiembre de 2018	
Área		Extrusión	
Producto		Rollo calibre 2,40	
Maquina (s)		Extrusora (s)	
Unidad		Rollo de \approx 40 KG	
Elaborado por		Diego Ruiz	
N° de observación	Tiempo observado	Tiempo Acumulado	R. Factor Observado
1	1:19:16 H	1:19:16 H	1,1
2	1:18:35 H	2:37:51 H	1
3	1:16:48 H	3:54:39 H	1
4	1:20:09 H	5:14:48 H	1,1
5	1:16:57 H	6:31:45 H	0,9
6	1:20:18 H	7:52:03 H	1,2
7	1:15:49 H	9:07:52 H	0,9
8	1:18:27 H	10:26:19 H	1
9	1:19:37 H	11:45:56 H	1,1
10	1:20:16 H	13:06:12 H	1,1
11	1:17:03 H	14:23:15 H	1
12	1:17:15 H	15:40:30 H	0,95
13	1:18:13 H	16:58:43 H	1
14	1:16:28 H	18:15:11 H	0,9
15	1:15:49 H	19:31:00 H	1
16	1:20:06 H	20:51:06 H	1,1
17	1:16:48 H	22:07:54 H	0,95
18	1:19:49 H	23:27:43 H	1,1
19	1:19:22 H	24:47:05 H	1
20	1:17:57 H	26:05:02 H	0,95
21	1:16:56 H	27:21:58 H	1
22	1:19:03 H	28:41:01 H	1
23	1:17:15 H	29:58:16 H	1
24	1:16:36 H	31:14:52 H	0,95

Tiempo total	31:14:52 H
Numero de observaciones	24
Tiempo promedio	1:18:07 H
R. F. Promedio	1,0125
Tiempo normal	1:19:06 H
% de fatiga	30%
Tiempo estándar	1:42:49 H

Nota: Ruiz (2018)

Estudio N° 3

ALISTADO DE PRECORTE			
Fecha		septiembre de 2018	
Área		Precorte	
Producto		N/A	
Maquina (s)		N/A	
Unidad		Precortadora (s)	
Elaborado por		Diego Ruiz	
N° de observación	Tiempo observado	Tiempo Acumulado	R. Factor Observado
1	4:10 M	4:10 M	1
2	9:20 M	13:30 M	0,9
3	3:53 M	17:23 M	0,95
4	5:10 M	22:33 M	1
5	2:20 M	24:53 M	1,1
6	3:28 M	28:21 M	1,1
7	5:39 M	34:00 M	1
8	3:12 M	37:12 M	1
9	4:28 M	41:40 M	1
10	6:28 M	48:08 M	0,95
11	3:27 M	51:35 M	1
12	4:40 M	56:15 M	1
13	5:32 M	61:47 M	1
14	4:53 M	66:40 M	1
15	3:18 M	69:58 M	1,1
16	3:05 M	73:03 M	1,1
17	4:01 M	77:04 M	1
18	5:19 M	82:23 M	1
19	3:49 M	86:12 M	1,1
20	3:50 M	90:02 M	1,1
21	3:33 M	93:35 M	1,1
22	4:38 M	98:13 M	1
23	5:11 M	103:24 M	0,9
24	4:47 M	108:11 M	0,95

Tiempo total	108:11 M
Numero de observaciones	24
Tiempo promedio	4:30 M
R. F. Promedio	1,015
Tiempo normal	4:34 M
% de fatiga	20%
Tiempo estándar	5:29 M

Nota: Ruiz (2018)

Estudio N° 4.

PRECORTE			
Fecha		septiembre de 2018	
Área		Precorte	
Producto		Rollo calibre 2,40	
Maquina (s)		Precortadora (s)	
Unidad		Rollo de \approx 40 KG	
Elaborado por		Diego Ruiz	
N° de observación	Tiempo observado	Tiempo Acumulado	R. Factor Observado
1	31:15 M	31:15 M	1
2	31:42 M	62:57 M	1
3	33:32 M	96:29 M	1,1
4	33:42 M	130:11 M	0,9
5	31:56 M	162:07 M	0,95
6	33:32 M	195:39 M	1,1
7	32:12 M	227:51 M	1
8	31:37 M	259:28 M	0,95
9	31:50 M	291:18 M	0,9
10	32:23 M	323:41 M	1
11	33:15 M	356:56 M	1,1
12	32:05 M	389:01 M	1
13	32:25 M	421:26 M	1
14	31:56 M	453:22 M	0,95
15	32:01 M	485:23 M	1,1
16	32:33 M	517:56 M	1
17	33:35 M	551:31 M	1,1
18	32:56 M	584:27 M	1
19	32:21 M	616:48 M	1
20	33:09 M	649:57 M	1,1
21	32:41 M	682:38 M	1
22	33:22 M	716:00 M	0,95
23	32:21 M	748:21 M	1
24	33:06 M	781:27 M	1

Tiempo total	781:27 M
Numero de observaciones	24
Tiempo promedio	32:33 M
R. F. Promedio	1,008
Tiempo normal	32:49 M
% de fatiga	23%
Tiempo estándar	40:22 M

Nota: Ruiz (2018)

Estudio N° 5.

ALISTADO DE SELLADO			
Fecha		septiembre de 2018	
Área		Sellado	
Producto		N/A	
Maquina (s)		Selladora (S)	
Unidad		N/A	
Elaborado por		Diego Ruiz	
N° de observación	Tiempo observado	Tiempo Acumulado	R. Factor Observado
1	7:15 M	7:15 M	1,1
2	6:42 M	13:57 M	1,1
3	10:32 M	0:29 M	0,9
4	9:52 M	10:21 M	0,95
5	6:26 M	16:47 M	1
6	8:42 M	1:29 M	1
7	9:26 M	10:55 M	1
8	6:35 M	17:30 M	1,1
9	8:40 M	2:10 M	1
10	11:29 M	13:39 M	0,9
11	9:40 M	23:19 M	1
12	8:28 M	7:47 M	1
13	6:49 M	14:36 M	1,1
14	8:13 M	22:49 M	1
15	7:12 M	6:01 M	1,1
16	10:08 M	16:09 M	0,9
17	11:45 M	3:54 M	0,9
18	9:54 M	13:48 M	1
19	7:09 M	20:57 M	1
20	7:24 M	4:21 M	1
21	8:18 M	12:39 M	1
22	9:07 M	21:46 M	1
23	8:52 M	6:38 M	1
24	9:32 M	16:10 M	1

Tiempo total	16:10 M
Numero de observaciones	24
Tiempo promedio	8:40 M
R. F. Promedio	1,002
Tiempo normal	8:41 M
% de fatiga	15%
Tiempo estándar	9:59 M

Nota: Ruiz (2018)

Estudio N° 6.

SELLADO			
Fecha		septiembre de 2018	
Área		Sellado	
Producto		Rollo calibre 2,40	
Maquina (s)		Selladora (S)	
Unidad		Rollo de \approx 50 KG	
Elaborado por		Diego Ruiz	
N° de observación	Tiempo observado	Tiempo Acumulado	R. Factor Observado
1	2:05:07 H	2:05:07 H	0,9
2	2:09:28 H	4:14:35 H	1,1
3	2:04:25 H	6:19:00 H	0,9
4	2:11:33 H	8:30:33 H	1,1
5	2:11:18 H	10:41:51 H	1,1
6	2:09:33 H	12:51:24 H	1
7	2:12:09 H	15:03:33 H	1,1
8	2:02:45 H	17:06:18 H	1
9	2:03:39 H	19:09:57 H	1
10	2:05:01 H	21:14:58 H	0,95
11	2:04:26 H	23:19:24 H	1
12	2:07:37 H	25:27:01 H	1,1
13	2:11:32 H	27:38:33 H	1,1
14	2:06:35 H	29:45:08 H	0,95
15	2:08:43 H	31:53:51 H	1
16	2:10:02 H	34:03:53 H	1
17	2:05:51 H	36:09:44 H	1
18	2:07:23 H	38:17:07 H	1,1
19	2:08:38 H	40:25:45 H	0,9
20	2:07:48 H	42:33:33 H	1
21	2:09:11 H	44:42:44 H	1
22	2:08:36 H	46:51:20 H	1,1
23	2:10:21 H	49:01:41 H	1,1
24	2:10:30 H	51:12:11 H	0,95

Tiempo total	51:12:11 H
Numero de observaciones	24
Tiempo promedio	2:08:00 H
R. F. Promedio	1,019
Tiempo normal	2:10:24 H
% de fatiga	28%
Tiempo estándar	2:46:55 H

Nota: Ruiz (2018)

Estudio N° 7.

EMPAQUE			
Fecha		septiembre de 2018	
Área		Empaque	
Producto		Bolsas 8x16 calibre 0,7	
Maquina (s)		N/A	
Unidad		1 Costal de 30 ≈ kilos	
Elaborado por		Diego Ruiz	
N° de observación	Tiempo observado	Tiempo Acumulado	R. Factor Observado
1	1:09:04 H	1:09:04 H	1
2	1:12:40 H	2:21:44 H	1
3	1:13:08 H	3:34:52 H	1
4	1:11:56 H	4:46:48 H	0,9
5	1:05:09 H	5:51:57 H	0,95
6	1:02:39 H	6:54:36 H	1,1
7	1:04:10 H	7:58:46 H	1,1
8	1:03:33 H	9:02:19 H	1
9	1:14:15 H	10:16:34 H	1
10	1:07:25 H	11:23:59 H	1
11	1:05:26 H	12:29:25 H	0,9
12	1:05:35 H	13:35:00 H	0,95
13	1:11:23 H	14:46:23 H	1
14	1:08:19 H	15:54:42 H	0,95
15	1:09:06 H	17:03:48 H	1,1
16	1:09:35 H	18:13:23 H	1
17	1:08:05 H	19:21:28 H	1
18	1:13:27 H	20:34:55 H	1,1
19	1:08:43 H	21:43:38 H	1
20	1:06:51 H	22:50:29 H	1
21	1:11:32 H	24:02:01 H	1,1
22	1:07:25 H	25:09:26 H	1
23	1:10:52 H	26:20:18 H	1,1
24	1:06:43 H	27:27:01 H	1

Tiempo total	27:27:01 H
Numero de observaciones	24
Tiempo promedio	1:08:38 H
R. F. Promedio	1,010
Tiempo normal	1:09:20 H
% de fatiga	17%
Tiempo estándar	1:21:08 H

Nota: Ruiz (2018)

Estudio N° 8.

ALMACEN DE MATERIAL TERMINADO			
Fecha		septiembre de 2018	
Área		Almacén	
Producto		Bolsas 8x16 calibre 0,7	
Maquina (s)		N/A	
Unidad		1 Costal de 30 ≈ kilos	
Elaborado por		Diego Ruiz	
N° de observación	Tiempo observado	Tiempo Acumulado	R. Factor Observado
1	22 S	22 S	1
2	24 S	46 S	1
3	30 S	76 S	0,9
4	26 S	102 S	1
5	23 S	125 S	1
6	25 S	150 S	1
7	24 S	174 S	1
8	25 S	199 S	1
9	21 S	220 S	1,1
10	26 S	246 S	0,9
11	23 S	269 S	1
12	23 S	292 S	1
13	21 S	313 S	1,1
14	25 S	338 S	1
15	23 S	361 S	1
16	23 S	384 S	1
17	21 S	405 S	1,1
18	20 S	425 S	1,1
19	21 S	446 S	1,1
20	24 S	470 S	0,9
21	23 S	493 S	1
22	22 S	515 S	1,1
23	23 S	538 S	1
24	26 S	564 S	0,9

Tiempo total	564 S
Numero de observaciones	24
Tiempo promedio	23,5 S
R. F. Promedio	1,008
Tiempo normal	23,70 S
% de fatiga	12%
Tiempo estándar	26,54 S

Nota: Ruiz (2018)

Los porcentajes de fatiga han sido calculados basado en el método de valoración objetiva con estándares de fatiga.



SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO

SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO			
SUPLEMENTOS CONSTANTES	HOMBRE	MUJER	
Necesidades personales	5	7	
Básico por fatiga	4	4	
SUPLEMENTOS VARIABLES	HOMBRE	MUJER	
a) Trabajo de Pie			
Trabajo de pie	2	4	
b) Postura anormal			
Ligeramente incómoda	0	1	
Incómoda (inclinado)	2	3	
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)			
Peso levantado por kilogramo			
2.5	0	1	
5	1	2	
7.5	2	3	
10	3	4	
12.5	4	6	
15	5	8	
17.5	7	10	
20	9	13	
22.5	11	16	
25	13	20 (máx.)	
30	17	-	
33.5	22	-	
d) Iluminación			
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	
Bastante por debajo	2	2	
Absolutamente insuficiente	5	5	
SUPLEMENTOS VARIABLES			
e) Condiciones atmosféricas			
Índice de enfriamiento; termómetro de Kata (milicalorías/cm ² /segundo)			
16		0	
14		0	
12		0	
10		3	
8		10	
6		21	
5		31	
4		45	
3		64	
2		100	
f) Tensión visual			
Trabajos de cierta precisión		0	0
Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
Trabajos de gran precisión		5	5
g) Ruido			
Continuo		0	0
Intermitente y fuerte		2	2
Intermitente y muy fuerte		5	5
Estridente y muy fuerte		7	7
h) Tensión mental			
Proceso algo complejo		1	1
Proceso complejo o atención dividida		4	4
Proceso muy complejo		8	8
i) Monotonía mental			
Trabajo algo monótono		0	0
Trabajo bastante monótono		1	1
Trabajo muy monótono		4	4
j) Monotonía física			
Trabajo algo aburrido		0	0
Trabajo aburrido		2	1
Trabajo muy aburrido		5	2

www.ingenierosindustriales.jimdo.com

Nota: Sistema de suplementos por descanso. Salazar B. (2016)

Para conocer si la muestra de datos era suficiente se hizo el siguiente calculo.

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{d^2} \quad (4)$$

En donde:

Z= Alfa medio

p= Probabilidad a favor

q= Probabilidad en contra

d= Precisión.

Para este caso se tuvo un nivel de confianza del 90% y una precisión del 17%. Como no se tiene idea de una proporción esperada se asume una del 50% ya que maximiza el tamaño muestral.

Teniendo así:

Z= 1,65

p= 0,5

q= (1-0,5)

d= 17%

$$n = \frac{1,65^2 * 0,5 * (1 - 0,5)}{0,17^2} \quad (5)$$

$$n = \frac{2,7225 * 0,5 * 0,5}{0,0289} = \frac{0,680625}{0,0289} = 23,55 \quad (6)$$

Con el resultado obtenido se puede concluir que con 24 datos es suficiente para proceder a hacer el estudio de tiempos.

Anexo D. Calculo del Tak – Time

DEMANDA MENSUAL	65195 KILOS/MES
JORNADA LABORAL	12 HORAS/TURNO
NUMERO DE TURNOS	2
DIAS HABILES	22 DIAS
HORA ALMUERZO	1,5 HORAS/TURNO

TIEMPO DISPONIBLE	10,5 HORAS/TURNO
TIEMPO DISPONIBLE	630 MINUTOS/TURNO
TIEMPO DISPONIBLE	75600 SEGUNDOS/DIA

DEMANDA DIARIA	2963,409091 KILOS/DIA
----------------	-----------------------

TIEMPO TAK	25,51115883 SEGUNDOS/KILO
------------	---------------------------

Nota: Ruiz (2018)

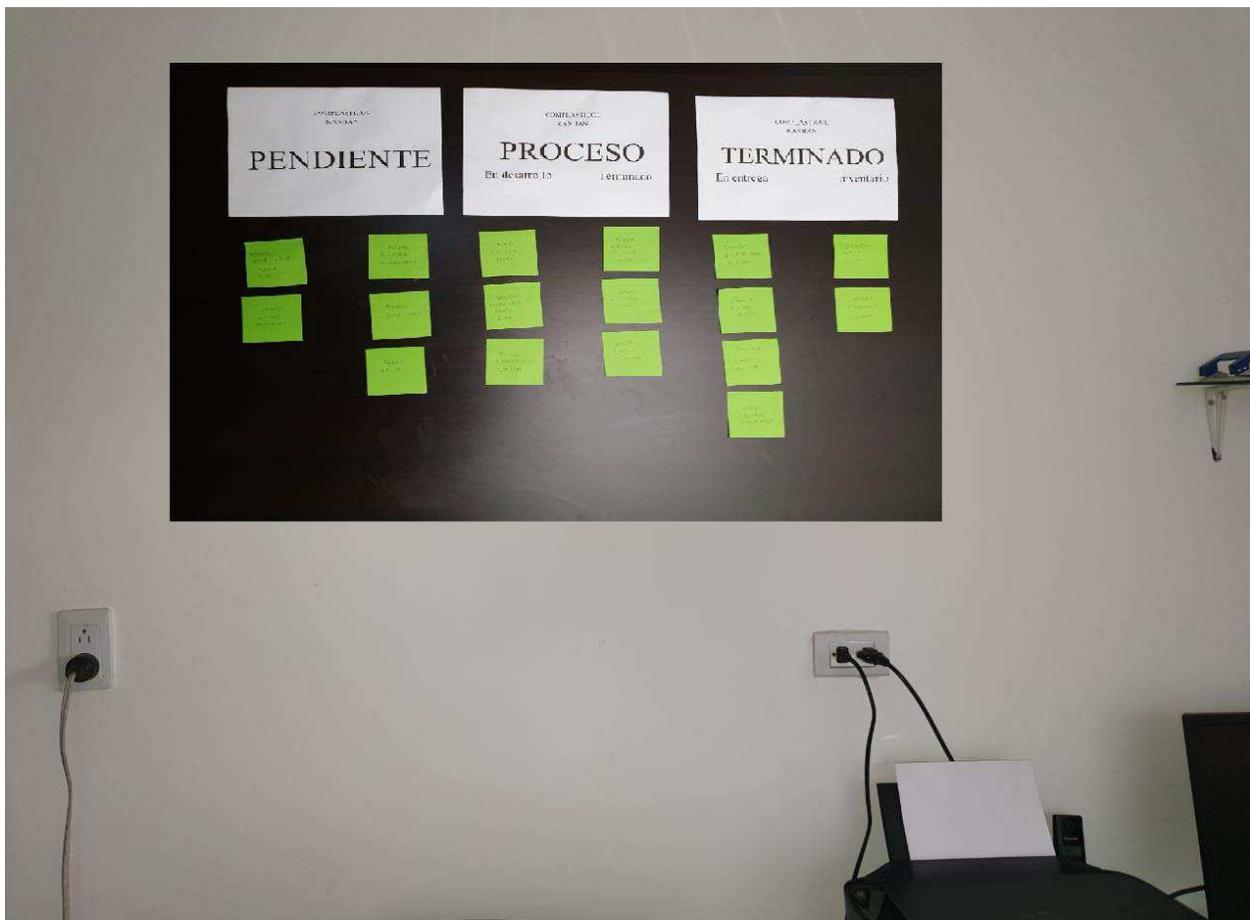
Anexo E. Propuesta de la herramienta Kanban.

A. Tarjeta Kanban para proceso.

Tarjeta Kanban			
Fecha:		Cantidad:	
Descripción:		Referencia:	
		Capacidad:	
Areas	Lugar de extracción	Area almacenado	
Extrusión	Almacen M.P. <input type="checkbox"/>	Almacen producto terminado <input type="checkbox"/>	
Precorte	Extrusión <input type="checkbox"/>	Almacenamiento prod. En proceso extrusión <input type="checkbox"/>	
	Almacen M.P. <input type="checkbox"/>	Almacenamiento prod. En proceso precorte <input type="checkbox"/>	
Sellado	Extrusión <input type="checkbox"/>	Almacenamiento prod. En proceso Sellado <input type="checkbox"/>	
	Almacen M.P. <input type="checkbox"/>	Observaciones:	
Empacado	Sellado <input type="checkbox"/>		

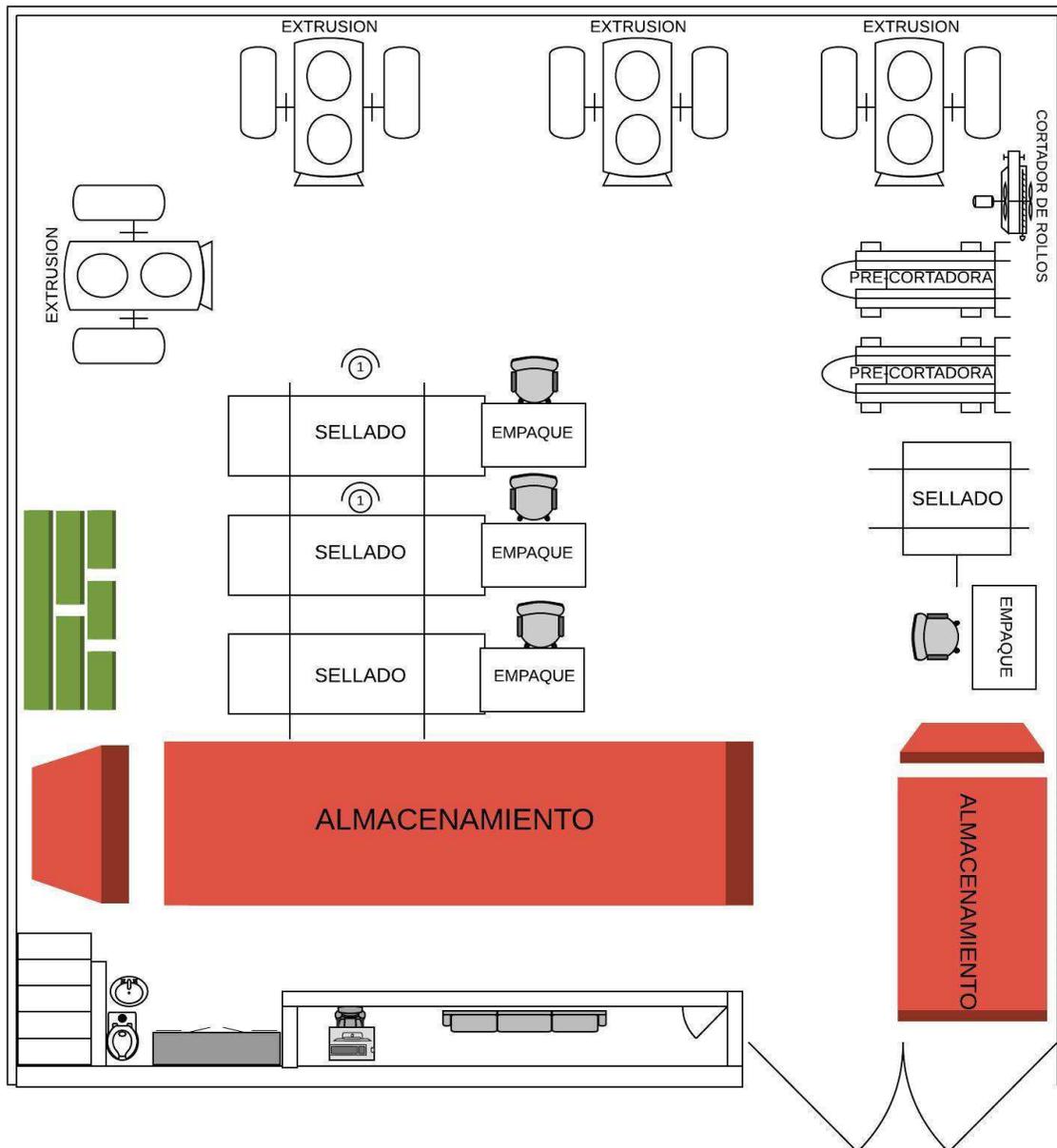
Nota: Ruiz (2018)

B. Creación e implementación de tablero Kanban en la empresa Complasticol.



Nota: Ruiz (2019).

Anexo F. Layout de la empresa Complasticol

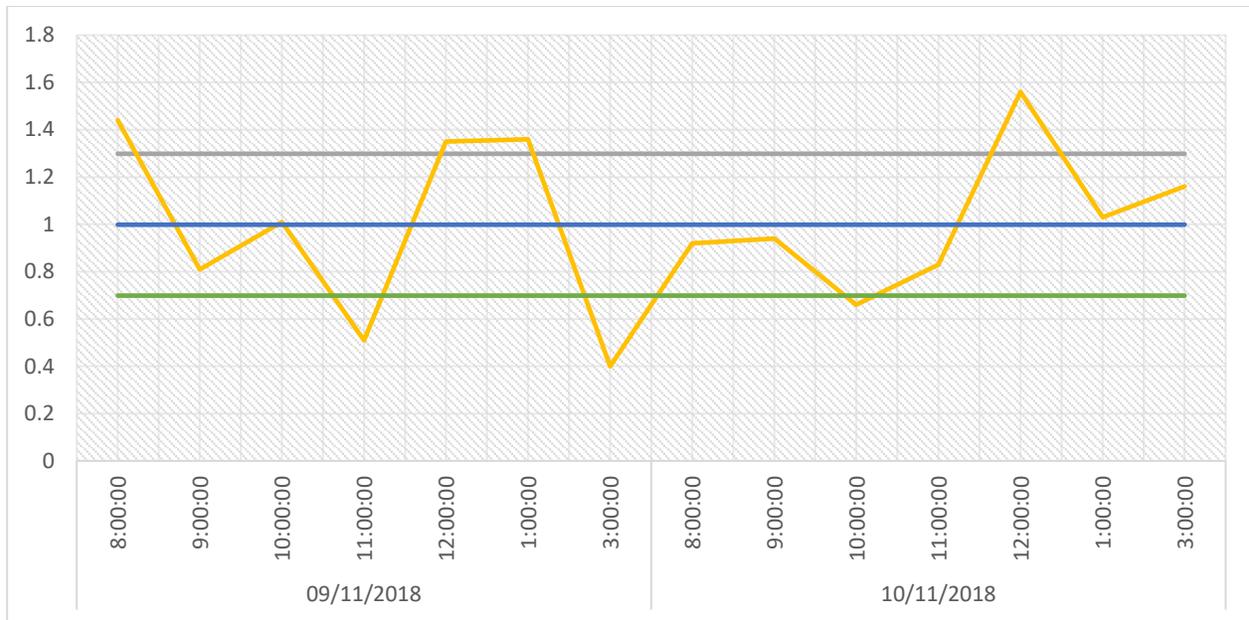


Nota: Ruiz (2018)

Anexo G. Cartas de control.

	FECHA	HORA	UNIDADES DE MUESTRAS	NO CONFORMIDADES	LSC	NO CONFORMIDADES POR UNIDAD	PROMEDIO DE NO CONFORMIDADES	LIC
RECOLECCIÓN DE DATOS PROCESO DE SELLADO COMPLASTICOL	09/11/2018	8:00:00	100	144	1,2983571	1,44	0,998571429	0,6987858
		9:00:00	100	81	1,2983571	0,81	0,998571429	0,6987858
		10:00:00	100	101	1,2983571	1,01	0,998571429	0,6987858
		11:00:00	100	51	1,2983571	0,51	0,998571429	0,6987858
		12:00:00	100	135	1,2983571	1,35	0,998571429	0,6987858
		1:00:00	100	136	1,2983571	1,36	0,998571429	0,6987858
		3:00:00	100	40	1,2983571	0,4	0,998571429	0,6987858
	10/11/2018	8:00:00	100	92	1,2983571	0,92	0,998571429	0,6987858
		9:00:00	100	94	1,2983571	0,94	0,998571429	0,6987858
		10:00:00	100	66	1,2983571	0,66	0,998571429	0,6987858
		11:00:00	100	83	1,2983571	0,83	0,998571429	0,6987858
		12:00:00	100	156	1,2983571	1,56	0,998571429	0,6987858
		1:00:00	100	103	1,2983571	1,03	0,998571429	0,6987858
		3:00:00	100	116	1,2983571	1,16	0,998571429	0,6987858

Datos obtenidos de una medición. Ruiz D. (2018)



Carta de control U (Defectos x unidad) Ruiz D. (2018)

Con el fin de mantener un control, a esta herramienta denominada las cartas de control se establecen revisiones periódicas, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Frecuencia de recolección de datos	Diaria
Frecuencia de análisis de límites de control	Trimestral. (debido a los cambios en el proceso)
Responsable	Jefe de producción. (en caso de no tener, designar uno para las tareas)
Junta directiva	Reuniones mensuales, para al análisis de la situación de la empresa.

Ruiz D. (2018)

Anexo H. Métodos de transformación de datos.

1. LA TRANSFORMACIÓN BOX-COX

Soluciona problemas de normalidad y heterocedasticidad, se usan para poder convertir los datos que no tienen una distribución normal. Se ofrecen tres métodos para solucionar este problema: