

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



**PROPUESTA DE MEJORA CONTINUA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN
DE UNA PLANTA DE PLÁSTICOS MEDIANTE LA METODOLOGÍA PDCA Y
MANUFACTURA ESBELTA**

Tesis para optar por el grado de Magíster en Ingeniería Industrial con mención
en Gestión de Operaciones

Anthony Moisés Espinoza Arias

ASESOR: Dr. Jorge Vargas Florez

Lima, agosto del 2019

RESUMEN

El alto número de productos defectuosos ha sido condición suficiente para proyectar una situación de mejora buscando su reducción, la cual impacta directamente en el proceso de producción de una empresa de plásticos dedicada a la fabricación de envases para los diferentes sectores de la industria.

Diferentes indicadores guiaron el desarrollo del presente trabajo, siendo el de 'defectuosidad en remolido' el más ácido, llegando a alcanzar aproximadamente el 20% del total de material remolido en la línea de soplado. Este material es un remanente del proceso productivo obtenido luego de la extrusión de la materia prima en las máquinas de soplado; sin embargo, al tener que 'moler' a causa de envases fallados deja de ser parte natural del proceso y representa una pérdida de tiempo, recursos y un sobrecosto. Debido a esto se propuso disminuir la situación actual al 5%.

Las metodologías utilizadas fueron el ciclo de Deming o PDCA y las 5S. La empresa estudiada no había desarrollado proyectos bajo estos métodos, por lo cual fue necesario que personas capacitadas guiaran y acompañaran el despliegue funcional de cada una de ellas. Asimismo, algunas de las herramientas asociadas a cada fase o etapa fueron el Diagrama de Pareto, Diagrama Causa Efecto, SIPOC, DOE, Polivalencia, etc.

Luego de las mejoras implementadas, se recogieron los datos y se evidenció la efectividad de la propuesta, la cual incluso superaba la meta establecida del 5% para el indicador de defectuosidad en remolido. Posteriormente se llevó a cabo la evaluación económica del planteamiento obteniendo resultados que avalaban la realización del proyecto.

A continuación, el texto detalla la secuencia utilizada para lograr la reducción de productos defectuosos.

ABSTRACT

The high number of defective products has been a sufficient condition to project an improvement situation seeking its reduction, which directly impacts the production process of a plastics company dedicated to the manufacture of packaging for the different sectors of the industry.

Different indicators guided the development of the present work, being that of "malfunction of grinding" the most acidic, reaching approximately 20% of the total ground material in the blowing line. This material is a remnant of the production process obtained after extrusion of the raw material in the blowing machines; However, having to "grind" a cause of failed packaging ceases to be a natural part of the process and represents a waste of time, resources and an extra cost. Due to this, it was proposed to reduce the current situation to 5%.

The methodologies used were the Deming or PDCA cycle and the 5S. The company studied had not developed projects under these methods, so it was necessary for trained people to guide and accompany the functional deployment of each of them. Also, some of the tools associated with each phase or stage were the Pareto Diagram, Cause Effect Diagram, SIPOC, DOE, Polyvalence, etc.

After the improvements implemented, the data was collected and the solution of the proposal was evidenced, which even exceeded the established 5% target for the malfunction indicator. Subsequently, the economic evaluation of the approach was carried out, obtaining results that supported the realization of the project.

Then, the text details the sequence used to achieve the reduction of defective products.

Dedicado a Dios, fuente de toda sabiduría.

A mis padres, el mejor soporte en cada uno de mis días;

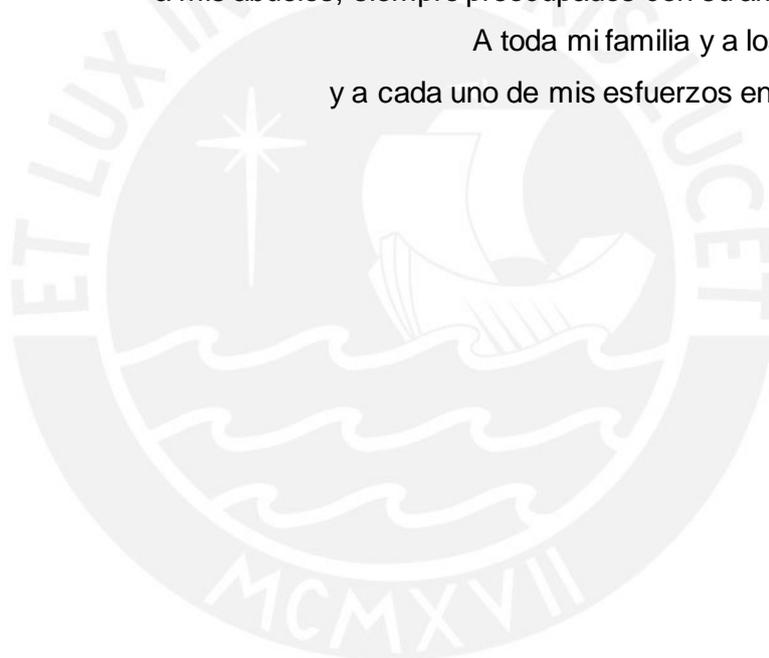
a mi hermana y primos, para quienes debo ser ejemplo todavía;

a mis tíos, impulsores de mi lado profesional y artístico;

a mis abuelos, siempre preocupados con su amor característico.

A toda mi familia y a los buenos amigos,

y a cada uno de mis esfuerzos en lograr el objetivo.



OBJETIVO GENERAL

- Reducir el número de productos defectuosos en una planta de plásticos mediante la aplicación de la metodología PDCA y manufactura esbelta

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la situación actual del área de producción, identificando los problemas y causas en sus procesos críticos
- Proponer la aplicación de la metodología PDCA, detallando cada una de sus fases, así como las herramientas que acompañarán su aplicación
- Proponer la aplicación de las 5s generando impacto en las operaciones del área y creando una cultura de trabajo ordenada
- Determinar planes y metas que permitan que la mejora sea sostenible en el tiempo

METODOLOGÍA

Se llevará a cabo una revisión bibliográfica sobre los conceptos a utilizar para la solución de la problemática, además de casos similares de aplicación de la metodología PDCA en empresas manufactureras. Los textos académicos jugarán un rol muy importante como fuentes de información directa que nutran el conocimiento y guíen la correcta aplicación de esta metodología. Asimismo, se escogerá un producto específico para realizar el análisis respectivo que sirva como input para las propuestas de mejora presentadas más adelante.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCION.....	1
1. MARCO TEORICO	4
1.1 Mejora Continua	4
1.2 El ciclo de la mejora continua: PDCA	6
1.3 Beneficios de la mejora continua	7
1.4 Desarrollo del ciclo PDCA.....	8
1.4.1 Planear (Plan).....	8
A. Diagrama de Flujo.....	8
B. Diagrama SIPOC.....	9
C. Diagrama Causa - Efecto.....	10
D. Diagrama de Pareto.....	10
E. Los cinco ¿Por qué?.....	11
F. 5W-1H.....	12
1.4.2 Hacer (Do).....	12
A. Diagrama de Gantt.....	12
B. Hojas de Control.....	13
1.4.3 Verificar (Check).....	13
A. Gráficos de control.....	13
1.4.4 Actuar (Act).....	14
A. Las 5S.....	15
1.4.5 Otras herramientas.....	19
A. ABC Multicriterio.....	19
B. Diseño de experimentos (DOE).....	20
C. Polivalencia de trabajadores.....	22
2. LA EMPRESA.....	23
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	23
2.2 PERFIL DE LA EMPRESA.....	23
2.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	24
2.4 PROVEEDORES.....	25
2.5 CLIENTES	25

2.6 INSTALACIONES	25
2.7 MÁQUINAS Y EQUIPOS	26
2.8 MATERIA PRIMA	26
2.9 PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	26
2.9.1 Proceso de producción de moldeo por inyección.....	26
2.9.2 Proceso de producción de moldeo por soplado.....	27
2.10 PRODUCTO	29
3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	31
3.1 ANÁLISIS DE INDICADORES.....	32
3.2 PLANEAR (PLAN)	41
3.2.1 Identificar la oportunidad de mejora o problema.....	41
3.2.2 Comprender el problema y documentar el proceso.....	41
3.2.3 Determinar las causas potenciales y críticas del problema para crear una visión del proceso mejorado.....	41
3.2.4 Determinar acciones correctivas con objetivos alcanzables dentro de un plazo definido.....	43
4. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	49
4.1 HACER (DO)	49
4.1.1 Incorporación de la operación de cernido.....	49
4.1.2 Implementación del modelo 5S.....	53
4.1.2.1 Diagnóstico inicial.....	56
4.1.2.2 Seleccionar o Clasificar (Seiri).....	57
4.1.2.3 Ordenar (Seiton).....	59
4.1.2.4 Limpiar (Seiso).....	61
4.1.2.5 Estandarizar (Seiketsu).....	62
4.1.2.6 Disciplina (Shitsuke).....	65
4.1.3 Diseño de experimentos (DOE).....	66
4.1.4 Mantenimiento preventivo.....	73
4.3 VERIFICAR (CHECK)	74
4.4 ACTUAR (ACT)	86
5. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	87
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
6.1 CONCLUSIONES	89

6.2 RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFIA.....	91
ANEXOS.....	95



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pasos y herramientas para el manejo de la mejora continua y la acción correctiva	5
Tabla 2. Principales proveedores	25
Tabla 3. Clientes según sector.....	25
Tabla 4. Principales productos fabricados en la línea de inyección	30
Tabla 5. Principales productos fabricados en la línea de soplado	30
Tabla 6. Indicadores de Producción - 2018	32
Tabla 7. Resumen de indicadores 2016-2018 por línea de producción	37
Tabla 8. Principales productos comercializados por la empresa.....	38
Tabla 9. Tabla de valores normalizados – Clasificación ABC Multicriterio	40
Tabla 10. Puntaje total ponderado - Clasificación ABC Multicriterio	40
Tabla 11. 5W-1H de producto contaminado y deformado.....	48
Tabla 12. Criterios de ponderación para polivalencia.	50
Tabla 13. Matriz de polivalencia.....	51
Tabla 14. Porcentaje de calificación por operario.	51
Tabla 15. Porcentaje de operarios calificados por proceso.	52
Tabla 16. Colores para partes de máquina.	62
Tabla 17. Factores utilizados para DOE	66
Tabla 18. Valores obtenidos por factores de diseño.	70
Tabla 19. Plan de mantenimiento preventivo - I.	75
Tabla 20. Plan de mantenimiento preventivo - II.	76
Tabla 21. Muestra para la presentación F100169	77
Tabla 22. Muestra para la presentación F100137	78
Tabla 23. Muestra para la presentación F100026	79
Tabla 24. Costos tentativos de la propuesta de mejora	87
Tabla 25. Flujo neto de efectivo de la propuesta de mejora – escenario realista.	87
Tabla 26. Flujo neto de efectivo de la propuesta de mejora – escenario pesimista.	88
Tabla 27. Flujo neto de efectivo de la propuesta de mejora – escenario optimista.	88
Tabla 28. Análisis de sensibilidad - resultados	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El círculo de Deming.....	7
Figura 2. Diagrama de Flujo.....	9
Figura 3. Diagrama SIPOC	9
Figura 4. Ejemplo de Diagrama Causa- Efecto.....	10
Figura 5. Diagrama de Pareto por ítems defectuoso.....	11
Figura 6. Técnica de los 5 Por qué?	11
Figura 7. Diagrama de Gantt.....	13
Figura 8. Ejemplo de gráfico de control	14
Figura 9. Las 5S	16
Figura 10. Diagrama de Flujo para Clasificación - Seiri.....	16
Figura 11. Círculo de Frecuencia de Uso - Seiton	17
Figura 12. Diseño de experimentos	21
Figura 13. Organigrama de la empresa.....	24
Figura 14. Diagrama de flujo de la línea de moldeo por inyección.....	27
Figura 15. Diagrama de flujo de la línea de moldeo por soplado.....	28
Figura 16. Diagrama Analítico de Procesos del proceso de Fabricación de envases	29
Figura 17. Productos fabricados en la empresa	29
Figura 18. Outline secuencial de los capítulos centrales	31
Figura 19. Porcentaje de Utilización 2016 - 2018.....	33
Figura 20. Rendimiento Efectivo 2016 - 2018.	34
Figura 21. No Conformidad 2016 - 2018	34
Figura 22. Material Remolido 2016-2018.	35
Figura 23. Kilogramos de material remolido por producto defectuoso 2016-2018	35
Figura 24. Composición del material remolido de la línea de inyección 2016 -2018	36
Figura 25. Composición del material remolido de la línea de soplado 2016-2018	36
Figura 26. Defectuosidad en remolido 2016- 2018	37
Figura 27. Diagrama SIPOC para el proceso de la línea de soplado	42
Figura 28. Diagrama de Pareto - Productos defectuosos	43
Figura 29. 5 ¿Por qué? sobre producto contaminado	44
Figura 30. 5 ¿Por qué? sobre producto deformado	45

Figura 31. Diagrama de Ishikawa para producto contaminado.....	46
Figura 32. Diagrama de Ishikawa para producto deformado.	47
Figura 33. Cernidora	49
Figura 34. Tablero de polivalencia.....	52
Figura 35. Despliegue de las 5S	53
Figura 36. Relación entre el ciclo PDCA y las 5S	55
Figura 37. Situación actual de las mesas de trabajo de la línea de soplado.	56
Figura 38. El proceso de las 5's en acción	57
Figura 39. Tarjeta Naranja	58
Figura 40. Formato para listar lo necesario	59
Figura 41. Criterios de ordenamiento	60
Figura 42. Residuos en piso, área de soplado	61
Figura 43. Acta de reunión 5S.	63
Figura 44. Programa de limpieza 3S	64
Figura 45. Modelo para auditoría de programa 5S.....	67
Figura 46. Cronograma de actividades para implementación del programa 5S pt1	68
Figura 47. Cronograma de actividades para implementación del programa 5S pt2	69
Figura 48. Resultados Análisis de Varianza I. Remolido, Temperatura, Presión.....	70
Figura 49. Resultados Análisis de Varianza II. Remolido, Temperatura, Presión.....	71
Figura 50. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.....	71
Figura 51. Gráfico de interacciones	72
Figura 52. Gráfico de efectos principales	72
Figura 53. Gráfico de optimización	73
Figura 54. Prueba de normalidad para la presentación F100169.....	80
Figura 55. Gráfico de control de no conformidad para la presentación F100169	80
Figura 56. Prueba de normalidad para la presentación F100137.....	81
Figura 57. Gráfico de control de no conformidad para la presentación F100137	81
Figura 58. Prueba de normalidad para la presentación F100026.....	82
Figura 59. Gráfico de control de no conformidad para la presentación F100026	82

Figura 60. Gráfico comparativo de la no conformidad antes y después de la implementación	85
Figura 61. Gráfico comparativo de la defectuosidad en remolido antes y después de la implementación	85
Figura 62. Gráfico comparativo del rendimiento efectivo antes y después de la implementación	85
Figura 63. Gráfico comparativo del porcentaje de utilización antes y después de la implementación	86



INTRODUCCION

Según el texto publicado por la Sociedad Nacional de Industrias, el 23 de mayo de 1950 los industriales del plástico del Perú oficializaron la fundación de un Comité que los representara como gremio ante los diferentes organismos, así nace el Comité de Moldeadores y Manufactureros de Artículos de Materiales Plásticos (Díaz, 1949-1958). En su publicación, Sánchez (2017) menciona que las empresas peruanas fabricantes de productos plásticos inician sus operaciones a finales de los años 30 tanto en la actividad de calzado como en la de envases farmacéuticos, hasta los años 60, en donde se amplía sustancialmente el parque industrial de fabricación de productos plásticos. En el año 2009 la industria tuvo una caída de 3.9% debido a la contracción de la demanda interna producto de la crisis financiera internacional. Su recuperación y remonte en el 2010 significó un aumento en la fabricación de productos plásticos de 19%, su mayor tasa de crecimiento en los últimos diez años. Además, la capacidad instalada de la industria evolucionó favorablemente, registrando una producción al 71% del potencial para el 2015. Según el informe técnico elaborado por el INEI (2018), la producción nacional a junio 2018 de la industria de fabricación de productos plásticos registró en el año 2016 un crecimiento del 16.5% con respecto al año 2012 y en el 2017 un incremento de 2.1% con respecto al año anterior.

Bajo esta perspectiva se muestra la importancia de mejorar el sistema de producción con el que cuenta la empresa en estudio a fin de poder hacer frente a la demanda con capacidad de respuesta efectiva mediante la mejora de sus procesos. Se ha detectado un número considerable de productos defectuosos que presentan problemas de contaminación, situación que perjudica la eficiencia de la planta y afecta el cumplimiento de plazos de entrega. Según reportes internos esta problemática ocasiona paradas de máquina, tiempos muertos y reduce la productividad del área; asimismo la acumulación de productos no conformes representa un costo extra en una posterior etapa de remolido no contemplado dentro de la línea productiva y genera un impacto negativo al ambiente.

Actualmente existen muchas metodologías y herramientas para la mejora de procesos usadas en las empresas industriales y muchas han encontrado un amplio espectro de aplicación en el control de productos no conformes y reducción de desperdicios como lo demuestran los diversos trabajos de investigación en este

campo. Así, por ejemplo, la Escuela de Organización Industrial reconoce al Lean Manufacturing como una metodología exitosa cuya implantación ha logrado reducciones de hasta el 50% en desperdicios (Hernandez & Vizán, 2013).

Por otro lado, los beneficios de Six Sigma también son evidentes: General Electric Plastics de Sudamérica (que cuenta con ganancias anuales de US\$ 70MM), implementó durante el período 2002 - 2004 más de 400 proyectos Six Sigma, obteniendo más de US\$ 4MM en ahorros totales generados por proyectos desarrollados en el área de manufactura, cadena de suministros y áreas administrativas (Pezeiro, 2004). En otro orden de ideas, la metodología PDCA también encuentra su utilidad en el rubro de manufactura, especialmente en la industria del plástico, en los productos no conformes. De acuerdo a Jagusiak (2017), el artículo "PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company – a case study" – Czestochowa Universidad de Tecnología - Departamento de Ingeniería de Producción y Seguridad – Polonia: presenta un estudio de caso del uso práctico del ciclo de Deming en una empresa de procesamiento de plásticos, del sector de las pequeñas y medianas empresas. El artículo es un estudio de la literatura en el campo de la mejora continua y caracterizado por un ciclo de mejora continua, llamada ciclo Deming o ciclo PDCA. Este ciclo fue utilizado como una solución a los problemas de calidad que ocurrieron durante la producción de marcos de fotos: decoloraciones y quemaduras en la superficie del marco. Cuando se introdujeron medidas para reducir el número de no conformidades, se observó una disminución de más del 60% en el número de productos defectuosos. Con respecto a la metodología PDCA podemos afirmar también que es ideal para la mejora gradual pues brinda la posibilidad de obtener mejoras incrementales en cada recorrido de su ciclo y además es una forma útil de controlar la experimentación de tipo prueba y error dentro del marco de la mejora continua. El uso de esta metodología se recomienda frente a una actividad que ya está establecida (como la que ocupa este proyecto), al recolectar y analizar información para verificar y priorizar los problemas y sus causas o al implementar cualquier cambio. Además, las fases que conforman esta metodología permiten planear frente a la situación actual, desarrollar un proyecto piloto a pequeña escala, verificar los resultados del proyecto y posteriormente implementar la solución. Es importante resaltar que el círculo PDCA es empleado ampliamente en Sistemas de Gestión de Calidad tales como el ISO 9000 (calidad), ISO 14000 (medio ambiente), OHSAS 18000 (seguridad y salud ocupacional) e ISO 22000 (gestión de la inocuidad de alimentos). "Todos los sistemas de gestión estaban basados en un ciclo conocido como PHVA (PDCA)" (Pinto. *et al.*, 2015). Esto es un punto más que refuerza su elección para su aplicación en la

empresa estudiada, ya que al contar esta compañía con la certificación ISO 9001 y cumplir la Ley 29783 (Ley de Seguridad y Salud en el trabajo) existe un precedente de aprendizaje de la metodología. “El ciclo PDCA es a prueba de fuego, por años ha demostrado su efectividad y a nadie le queda duda de que esta aportación de Deming y Shewart seguirá vigente en el futuro” (Jimenez, 2013).

Krajewski & Ritzman (2013) menciona que los sistemas esbeltos son sistemas de operación que maximizan el valor agregado para cada actividad de la compañía de tal manera que eliminan el desperdicio y los retrasos en ellas. Las metas de un sistema esbelto son eliminar los ocho tipos de desperdicios, producir servicios y productos sólo cuando se necesitan y mejorar de manera continua los beneficios del valor agregado de las operaciones; es así que se encamina a la mejora continua en calidad y productividad con miras hacia el enfoque de mejoramiento de procesos o Kaizen.

Por todo lo expuesto la propuesta presentada pretende ser de utilidad en la reducción de las no conformidades usando la manufactura esbelta apoyada en una metodología que cuenta con preceptos fundamentales robustos, tiene antecedentes de caso de éxito, puede actuar sobre una actividad ya establecida, es una forma relativamente sencilla pero potente de resolver problemas y se rige en base a la mejora continua promovida por el PDCA mediante una secuencia de mejoras incrementales. Asimismo, el logro de los objetivos contribuirá con la reducción del impacto ambiental generado por los desperdicios plásticos.

1. MARCO TEORICO

A continuación, se presentan alcances sobre la filosofía y estrategia de Mejora Continua que es el soporte sobre el cual descansa el fundamento de este trabajo. Luego se desarrollan algunos conceptos sobre la metodología PDCA y cuáles son los beneficios de su implementación. Finalmente se detallan cada una de sus fases, sus objetivos perseguidos y se evidencia qué herramientas (de Calidad o de Gestión) están asociadas a cada fase mostrando la persecución de la reducción de productos defectuosos. Asimismo, se desarrollan los preceptos referentes a las 5S, herramienta propia de la manufactura esbelta que acompañará el despliegue de presente trabajo a través de sus etapas secuenciales y su contenido filosófico en busca de la creación de hábitos saludables dentro de la organización que mejoren la efectividad en sus operaciones.

1.1 Mejora Continua

Es una estrategia de gestión que desarrolla instrumentos que permiten mejorar los procesos y su desempeño, abarcando a todos los elementos que conforman tales procesos a fin de optimizarlos generando valor o eliminando desperdicios. Se origina en Japón, en la filosofía de trabajo Kaizen, basada en el precepto de “mejoramiento progresivo que involucra a todos” (Masaaki, 2003). Pese a que ya se había utilizado antes el concepto de la mejora continua, fue la marca japonesa Toyota quien popularizó el término y terminó por convertirlo en toda una filosofía de empresa al reducir de manera significativa la inconsistencia el gasto y la sobrecarga.

“Es una filosofía que genera cambios o pequeñas mejoras incrementales en el proceso o método de trabajo de tal manera que permite reducir despilfarros y por ende mejorar el rendimiento del trabajo, llevando a la organización a una espiral incremental en innovación” (Suarez, 2007).

López. *et al.* (2015) menciona que la mejora continua es un objetivo determinante para alcanzar la excelencia en instituciones de educación superior: La mejora continua implica tanto la implantación de un sistema como el aprendizaje continuo de la organización, el seguimiento de una filosofía de gestión, y la participación activa de todas las personas, es justamente este involucramiento lo que la hace tan poderosa. El mejoramiento no se logra de buenas a primeras, se necesita del compromiso de la alta gerencia de tal manera que pueda desplegar a las áreas funcionales la persecución de la implantación de la mejora continua. Dicha implantación puede contribuir a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas de la

organización logrando que la empresa sea más productiva y competitiva dentro del mercado al cual pertenece e incluso liderándolo. Habitualmente aborda problemas importantes que ya se han hecho crónicos y por tanto parecen “normales” en el día a día de la empresa, y que incluso los colaboradores reconocen como algo cíclico dentro de sus labores. He ahí el potencial de la mejora continua, efectuando correcciones sostenibles a lo largo del tiempo, pero además susceptibles de ser aún mejoradas, de hecho, se vuelve obligatorio hacerlo pues es parte de la base que impulsó su creación.

Es necesario que se disponga de recursos físicos, humanos, financieros y tecnológicos que permitan resolver problemas además de herramientas específicas que se orienten en cada paso del desarrollo del proyecto de mejora. La siguiente figura ilustra algunas de estas herramientas.

Tabla 1. Pasos y herramientas para el manejo de la mejora continua y la acción correctiva

Pasos	Herramientas										
	Flujograma	Técnica del grupo nominal	Diagrama causa-efecto	Diagrama de afinidad	Recolección de datos	Diagrama de relaciones	Diagrama sistemático	Graficos	Estratificación	Análisis de Pareto	Correlaciones
1.- Descripción de la no conformidad, aminorar el problema		•			•					•	
2.- Definir el proyecto, el equipo y la misión	•	•			•				•		
3.- Análisis de los síntomas	•				•	•				•	
4.- Tomar acciones remediabiles	•	•			•						
5.- Identificar las causas posibles	•	•			•	•		•	•	•	
6.- Identificar la raíz de las causas			•	•	•	•		•	•	•	•
7.- Identificar las actividades para superar las causas raíces		•			•	•	•			•	
8.- Diseñar un proyecto para implantar las acciones correctivas	•	•			•						•
9.- Enfocar la resistencia al cambio		•	•			•					
10.- Implantar acciones y controles	•	•				•					
11.- Comprobar el desempeño					•			•	•	•	•
12.- Administrar el sistema de control					•			•			

Fuente: Mejora Continua y Acción Correctiva – Alberto, Alexander (2002)

Existen numerosos modelos organizacionales y metodologías de trabajo asociadas al proceso de mejora continua. Algunas de ellas son:

- Ciclo PDCA: Se basa en cuatro fases: Plan (planear), Do (hacer), Check (verificar) y Act (actuar).
- Just in Time: Metodología que busca optimizar la entrega del trabajo a tiempo.
- Poka-Yoke: Basado en el precepto “a prueba de errores”, es una técnica empleada para evitar errores de producción.
- Kanban: Permite la correcta identificación de materiales regulando el flujo informativo y de trabajo en la empresa mediante el uso de tarjetas de reconocimiento.
- 5S: Filosofía basada en el orden y la limpieza que tiene por objetivo establecer una cultura que vaya de la mano con las labores diarias de trabajador.

Un sistema de Mejora Continua en toda la empresa debe nacer de la estandarización de los procesos y tareas, de la eliminación sistemática del desperdicio o muda, del involucramiento y compromiso de todas las personas de la organización pues nadie mejor que ellos para reconocer cuál es su función y posible aporte a la estrategia; y además del despliegue de la gestión visual multinivel de los indicadores y objetivos correctamente alineados.

La mejora continua se puede plantear y gestionar a través del ciclo de Deming o su versión mejorada, el ciclo PDCA [...]. Para llevarlo a cabo se pueden utilizar una serie de herramientas de la calidad que usualmente se utilizan para la identificación y resolución de problemas, así como el análisis de las causas y la aportación de soluciones para lograr la mejora continua [...] (Cuatrecasas, 1999, pp. 61).

1.2 El ciclo de la mejora continua: PDCA

También llamado Ciclo de Deming representa una manera de hacer, una forma de trabajo e incluso una propuesta cultural mediante la cual la organización funciona. Es una metodología de mejora continua de la calidad que consta de cuatro fases: planear (plan), hacer (do), verificar (check) y actuar (act); que sirve como una herramienta de gestión válida para cualquier tipo de industria manufacturera y de servicios cuyas fases, en conjunto, se basan en la implementación de procesos, identificación de los problemas junto a la detección de sus causas y soluciones

potenciales en búsqueda de la mejora continua de los procesos en evaluación (Pittman & Rusell, 1998). “El ciclo de Deming o ciclo de mejora actúa como guía para llevar a cabo la mejora continua y lograr de una forma sistemática y estructurada la resolución de problemas” (Cuatrecasas, 1999, pp. 61).

“El círculo de Deming representa los pasos de un cambio planeado, donde las decisiones se toman científicamente, y no con base en apreciaciones” (Guajardo, 1996, pp. 42).

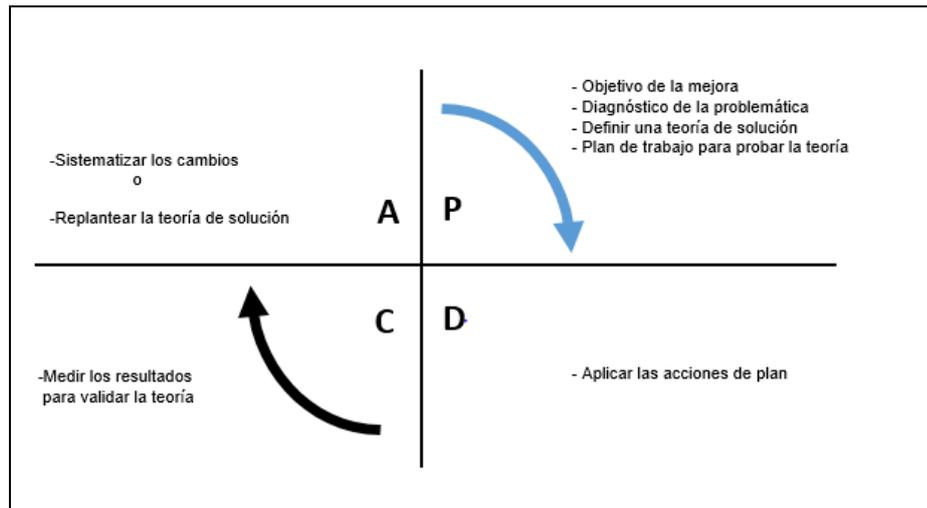


Figura 1. El círculo de Deming. Tomado de “Administración de la Calidad Total” – Guajardo, Edmundo – 1996 – Editorial Pax México

1.3 Beneficios de la mejora continua

En la revista electrónica EstrucPla (2004), se mencionan los siguientes beneficios obtenidos a partir de la mejora continua:

- Conseguir mejoras en un corto plazo y resultados visibles
- Reducir el porcentaje de productos defectuosos
- Incrementar la productividad y dirigir a la organización hacia la competitividad
- Contribuir a la adaptación de los procesos a los avances tecnológicos
- Instaurar un modelo de gestión que sea interiorizado por los colaboradores como parte de sus labores diarias
- Permitir la eliminación procesos repetitivos
- Estandarizar las operaciones que aportan valor
- Aportar en el proceso de una mejor captación de las necesidades del cliente (interno y externo)

1.4 Desarrollo del ciclo PDCA

A continuación, se desarrollará cada fase del ciclo PDCA: Planear (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act), junto a las herramientas que las acompañan; además de otras utilizadas en el presente escrito.

1.4.1 Planear (Plan)

Es la definición de lineamientos base a seguir para establecer un plan de acción, producto de la identificación de desviaciones frente a un estándar, sus pasos son:

Paso I: Identificar la oportunidad de mejora o problema

Paso II: Comprender el problema y documentar el proceso actual

Paso III: Determinar las causas potenciales y críticas del problema para crear una visión del proceso mejorado

Paso IV: Determinar acciones correctivas con objetivos alcanzables dentro de un plazo definido

La fase Plan nos permitirá entender la problemática a estudiar, determinar cuál(es) es (son) la(s) causa(s) raíz (ces) y elaborar un plan de trabajo a implementar que pueda probar la teoría de solución; por ello es una fase crucial dentro del ciclo y su adecuada gestión decantará en el éxito de las posteriores. Se necesitan recursos de formación, tiempo, personas, recursos materiales y compromiso para su despliegue, además de planificar las actividades con carácter puntual e integrado en el trabajo diario de los colaboradores. Las herramientas que acompañarán este nivel son: diagrama de flujo, diagrama causa-efecto, diagrama de Pareto y los cinco “Por qué?”.

A. Diagrama de Flujo

Es una herramienta de gestión que permite generar una representación de la secuencia de pasos que se pueden desempeñar para producir cierto resultado. Utiliza diversos símbolos predefinidos para así representar el flujo de operaciones resaltando sus dependencias, relaciones, etc. El proceso del diagrama de flujo está representando en la Figura 2, comienza por establecer los puntos de partida y final y permite examinar a lógica o la carencia en la secuencia de pasos utilizados para obtener cierto resultado en determinado proceso.

“Con el uso de un flujograma, un equipo de acción correctiva puede ‘pasearse por el proceso’ sin salir de la sala de juntas. En estos denominados paseos normalmente se descubren problemas potenciales, cuellos de botella en el sistema, pasos innecesarios y flujos de retrabajos. El hecho de construir un flujograma ofrece a todos los miembros del equipo un mejor entendimiento del proceso desde una perspectiva completa” (Alexander, 2002, pp. 137).

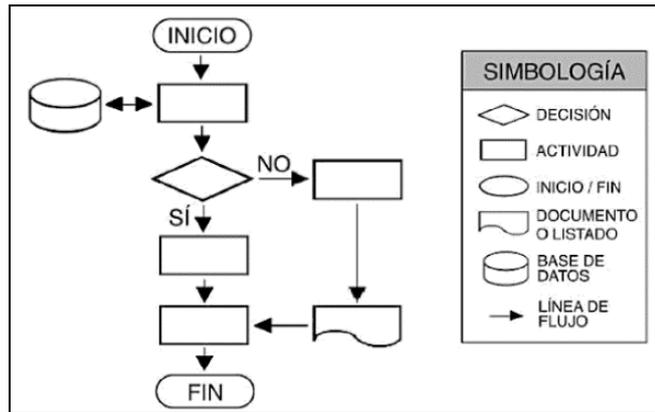


Figura 2. Diagrama de Flujo –Tomado de “Gestión Integral de la Calidad: Implantación, control y certificación” – Cuatrecasas, Lluís – 1999 – Editorial Gestión 2000

B. Diagrama SIPOC

Es una herramienta que consiste en un diagrama secuencial que permite visualizar el proceso de manera sencilla y general. Puede ser aplicado a procesos de todos los tamaños y a todos los niveles, incluso a una organización completa (Chinchilla, 2009).

La estructura que conforma un diagrama SIPOC consta de:

- Supplier (proveedor): es el agente que introduce recursos al proceso
- Input (entrada): los recursos materiales, información, personas, etc., que se necesitan para poder ejecutar el proceso
- Process (proceso): tareas y actividades que convierten una entrada en salida, tienen un objetivo y son medibles mediante indicadores
- Output (salida): los recursos obtenidos luego de dar un recorrido por el proceso
- Customer (cliente): agente consumidor de las salidas obtenidas durante el recorrido del proceso

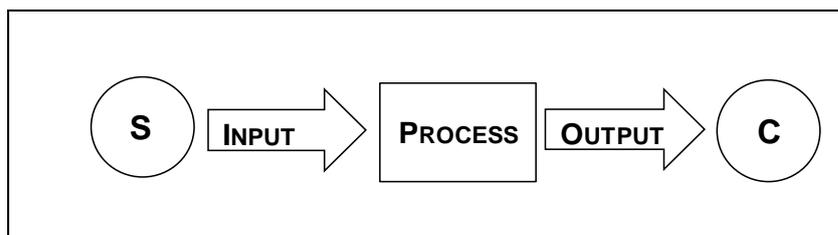


Figura 3. Diagrama SIPOC. Fuente: Elaboración propia.

C. Diagrama de Causa-Efecto

También llamado “Diagrama de Ishikawa” o “Diagrama de espina de pescado”, es un diagrama que muestra la relación entre una característica de calidad y los factores. Mediante esta herramienta se puede identificar las causas principales o raíz del problema central. La interrelación entre los posibles factores de causalidad debe estar claramente presentada, estas interrelaciones son generalmente cualitativas e hipotéticas. Se puede usar la técnica de los 5 ¿Por qué?” para indagar hasta encontrar la causa más profunda y evitar la inducción al error al confundir un efecto con una causa.

“Es una herramienta utilizada para un pensamiento completo y para la presentación de las relaciones entre un efecto dado y sus causas potenciales” (Alexander, 2002).

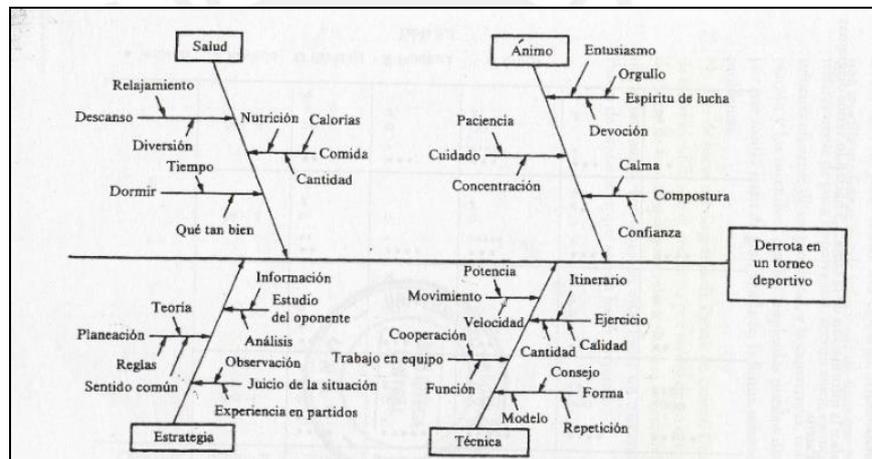


Figura 4. Ejemplo de Diagrama Causa- Efecto – Tomado de “Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad” - Kume, Hitoshi – 2002 – Editorial Norma

D. Diagrama de Pareto

El principio de Pareto se debe al economista italiano de origen francés Wilfredo Pareto, quien estableció en términos de promedio que el 80% de las cosas que ocurren gracias a un 20% de ellas. Parte de la premisa de que la mayoría de las pérdidas se deben a unos pocos tipos de defectos (pocos vitales) que son atribuidos a un número muy pequeño de causas. Si se identifican estas causas podremos eliminar casi todas las pérdidas.

“Es una herramienta utilizada para un pensamiento completo y para la presentación de las relaciones entre un efecto dado y sus causas potenciales” (Alexander, 2002). La Figura 5 muestra un ejemplo aplicado al tipo de defecto.

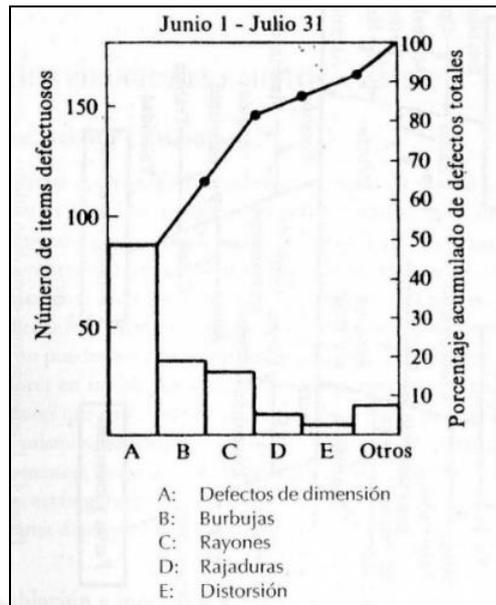


Figura 5. Diagrama de Pareto por ítems defectuosos—Tomado de “Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad”— Kume, Hitoshi – 2002 – Editorial Norma

E. Los cinco ¿Por qué?

Es una técnica creada por Sakichi Toyoda para el fabricante de vehículos japoneses “Toyota” como una herramienta para sus metodologías de producción masiva. La que consiste en la exploración de un problema por medio de la Causa-efecto repitiendo 5 veces la sencilla pregunta: ¿Por qué? (Morales, 2013).

Mediante la combinación del uso de esta herramienta con el Diagrama de Causa Efecto se podrá tener un panorama más claro de la causa raíz que se busca obtener, entendiendo las razones de los problemas y evitando centrarse sólo en los efectos de los mismos.

	Nivel del problema	Nivel correspondiente de la solución
¿Por qué?	Hay una mancha de aceite en el piso	Limpiar el piso
¿Por qué?	Porque la máquina está goteando aceite	Reparar la máquina
¿Por qué?	Porque el sello se rompió	Reemplazar el sello
¿Por qué?	Porque el sello era de mala calidad	Cambiar el sello de acuerdo a las especificaciones
¿Por qué?	Porque el sello se compró a bajo costos	Cambiar la política de compra
¿Por qué?	Porque el departamento de compras evaluaron la oportunidad de ahorrar	Cambiar la política de evaluación

Figura 6. Técnica de los 5 Por qué? – Tomado de Análisis Causal (Cinco ¿Por qué?) - Villafaña

F. 5W-1H

Las 5W y 1H establecen qué acciones se van a seguir para alcanzar la meta; por qué o justificación de adelantar dichas acciones, colocando en ejecución las estrategias vitales establecidas; cuándo se ejecutarán las acciones, precisando el período de ejecución y, por tanto, la fecha última o plazo para terminar con cada acción; quién o quiénes tienen la responsabilidad por el desarrollo de cada acción acordada; dónde se llevará a cabo cada acción; y cómo se hará. El cuánto está definido en el objetivo o meta por lograr. Nuevamente tenemos aquí la influencia del inglés, ya que las cinco primeras preguntas se escriben con W (¿What?, ¿Why?, ¿Who?, ¿When? y ¿Where?), y la última con H (How?) en ese idioma (Mariño, 2001). La regla de las 5W-1H facilita la planificación de las acciones a desarrollar para la aplicación de las acciones generadas por la utilización del ciclo de mejora PDCA (Trías, 2002).

1.4.2 Hacer (Do)

Es la fase que comprende la realización de las acciones planificadas en el paso anterior, básicamente se pone en práctica el plan de trabajo planeado, determinando algún control de seguimiento de tal manera que se pueda asegurar el cumplimiento del programa.

“Para llevar el control de la implementación, existen herramientas como la Gráfica de Gantt o la Lista de verificación de tareas realizadas, que permiten observar claramente el avance del proceso” (Guajardo, 1996). Una de las herramientas que acompaña esta fase es el conocido diagrama de Gantt.

A. Diagrama de Gantt

Es una herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para las distintas tareas planificadas a lo largo de un tiempo determinado. Permite al usuario establecer la duración y el comienzo de cada actividad y realizar el seguimiento de las acciones planificadas. Según el portal web Sinnaps (s.f.), está compuesto por un eje vertical donde se sitúan las actividades del proyecto, y un eje horizontal que expone la duración de cada una de ellas a través de un calendario. Cada colaborador podrá identificar rápidamente la actividad a realizar en el tiempo que se le indica en la gráfica. Además, actualmente existen muchos softwares que permiten diseñar diagramas de Gantt más eficientes, incluyendo en su elaboración recursos, actividades predecesoras, actividades sucesoras, tiempo de inicio y fin, así como diversas posibilidades de ajuste a través del desarrollo del proyecto

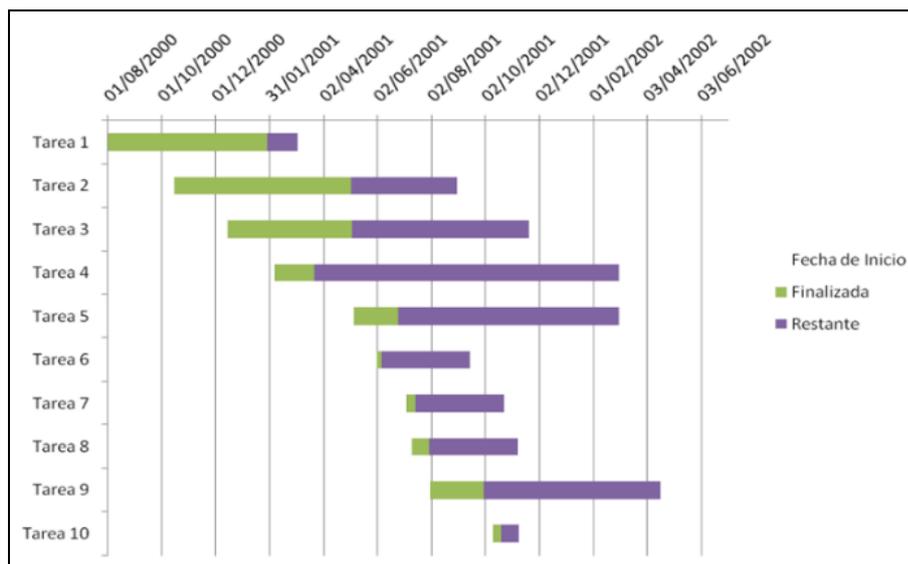


Figura 7. Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración propia

B. Hojas de Control

Esta herramienta se utiliza para reunir datos sistemáticamente y así obtener una imagen clara de los hechos. Facilita la recogida de datos de manera concisa y estructurada, proporcionando así información sobre la importancia de cada causa en las desviaciones de un proceso. Es muchos casos también se utiliza como fase previa para posteriormente aplicar herramientas como el diagrama de Pareto o gráficos de control (Fernandez & Mazziotta, 2005).

1.4.3 Verificar (Check)

Es la fase que comprende la comprobación de los resultados de las tareas ejecutadas correctamente siguiendo la planificación y los objetivos definidos inicialmente. Permite comparar los resultados planeados con los obtenidos de tal manera que se pueda analizar las causas de las desviaciones si es que existieran.

Para realizarla (la verificación), es importante que se hayan establecido indicadores de resultados ya que “lo que no se puede medir no se puede mejorar, al menos en forma sistemática (Gujardo, 1996). Las herramientas que acompañarán este nivel son: hojas de control y gráficos de control.

A. Gráficos de Control

Son herramientas estadísticas de comparación y acción en el trabajo. Se usan en los casos en que se necesita saber si la variabilidad de un proceso se debe a causas aleatorias o a causas comunes asignables al proceso. Así podremos determinar si el proceso está bajo control estadístico. Mediante el gráfico de control se puede

observar la evolución de proceso, determinando si las variaciones posibles son de tipo puntual (cuando sólo existe alguna que otra muestra de la variable que se sale de los límites) o si son un fenómeno continuo lo que indicará cierto desajuste en el proceso sobre el que se tendrá que actuar.

“Una gráfica de control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de ellos colocado por encima de la línea central, y otro por debajo, y en unos valores característicos registrados en la gráfica que representa el estado de proceso. Si todos los valores ocurren dentro de los límites de control, sin ninguna tendencia especial, se dice que el proceso está en estado controlado. Sin embargo, si ocurren por fuera de los límites de control o muestran una forma peculiar, se dice que el proceso está fuera de control” (Hitoshi, 2002, pp. 91).

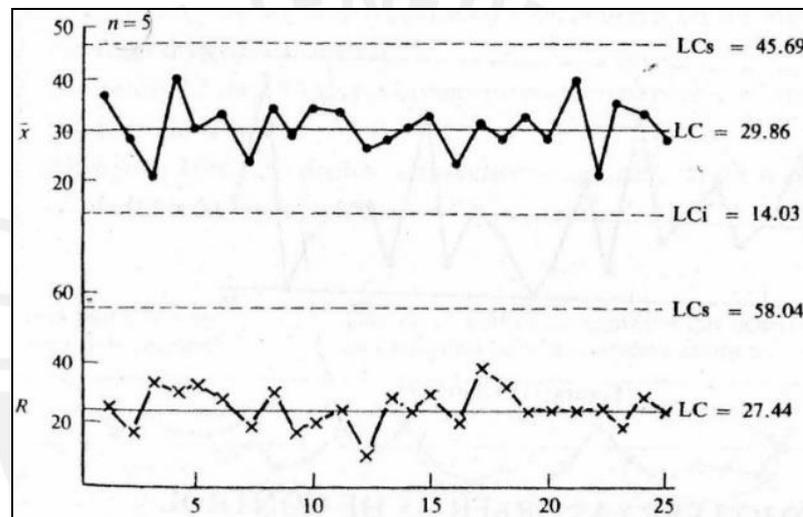


Figura 8. Ejemplo de gráfico de control - Tomado de "Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad"- Kume, Hitoshi - 2002 - Editorial Norma

1.4.4 Actuar (Act)

En la última fase del PDCA luego de haber revisado la congruencia entre lo planeado y los resultados obtenidos, ya al tener una situación favorable, los cambios propuestos deben ser documentados y enraizados en la cultura de la empresa; de no ser así se tomarán las medidas apropiadas para corregir la ruta y posibles distorsiones que hayan desviado los resultados obtenidos de los esperados, determinando causas.

Es importante lograr la sostenibilidad de la mejora y su despliegue a radios cada vez más grandes para poder asegurar el cumplimiento de los nuevos métodos de

trabajo aun cuando los actores iniciales ya no participen en los procesos que han sido evaluados.

Si al verificar los resultados, se lograron los beneficios deseados, es importante sistematizar y documentar los cambios realizados para asegurar la continuidad de los beneficios. Si, por el contrario, no se lograron los resultados, se actúa replanteando la teoría de solución hasta lograr los beneficios esperados (Guajardo, 1996, pp. 44).

El círculo de Calidad se transforma en un proceso de mejora continua en la medida en que se utilice en forma sistemática: se gire la rueda y se vuelva a la fase Plan tanto si no se obtuvieron los resultados previstos como cuando sí haya sido posible obtenerlos pues se busca la mejora continua del proceso. La herramienta que se consolidará a este nivel es las 5S.

A. Las 5S

Según Manzano & Gisbert (2016), es una herramienta de Lean Manufacturing que busca establecer y estandarizar una serie de rutinas enfocadas en el orden y limpieza dentro del área de trabajo. Mediante esta técnica se mejora tanto el espacio de trabajo como la eficacia y eficiencia en las operaciones a realizar.

Mediante su aplicación se eliminan mudas/despilfarros que no aportan valor al producto final, es decir, aquello por lo que el cliente no está dispuesto a pagar, como:

- Transporte de mercancías
- Inventario
- Movimientos
- Esperas
- Sobreproducción
- Sobreprocesos
- Defectos de calidad
- Subutilización del conocimiento

La herramienta 5S pretende evitar estas mudas mediante la implementación de un estándar de orden y limpieza estableciendo unas rutinas básicas de mantenimiento del puesto.

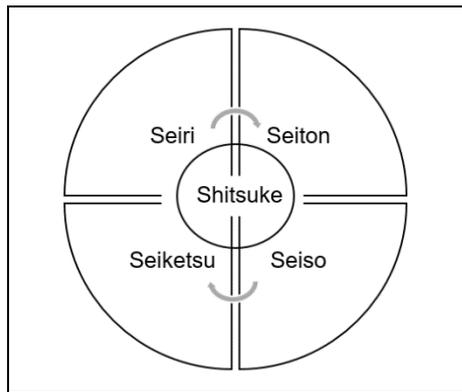


Figura 9. Las 5S – Fuente. Elaboración propia

Seiri: “Separar lo innecesario de lo necesario”

Es la primera S, que consiste en eliminar aquellos objetos que sean innecesarios y no aporten valor alguno al producto final. Para esto se deben clasificar los objetos del espacio de trabajo según su utilización, identificando y separando aquellos que son necesarios de los que no lo son. Se mantiene en el área de trabajo aquellos elementos que se utilizan diariamente. Según Hernandez & Vizan (2013), estos elementos innecesarios pueden ser:

- Elementos desgastados o dañados
- Elementos obsoletos
- Elementos repetidos o de más

Asimismo, las acciones a tomar sugeridas responden a la siguiente figura:



Figura 10. Diagrama de Flujo para Clasificación - Seiri. Tomado de Manual de Implementación del Programa 5s - Vargas - Consultado: Oct 2018

Seiton: “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”

Los autores también mencionan que la importancia de esta “S” radica en acomodar los objetos de tal manera que se pueda acceder a lo necesario y así evitar tener que buscarlo. Manzano & Gisbert (2016), mediante las identificaciones se

mejora la búsqueda y retorno de los objetos en el espacio de trabajo, de ese modo cada objeto tiene su sitio y existe un sitio para cada objeto. La resistencia al cambio y la poca disciplina por parte de los empleados para retornar las cosas a su sitio es uno de los mayores inconvenientes a la hora de realizar una correcta aplicación del Seiton.

Para una adecuada implementación se deben aplicar los siguientes recursos:

- Delimitar las áreas de trabajo
- Definir los lugares de almacenamiento
- Mantener ordenados los lugares de almacenamiento
- Es imprescindible identificar el flujo de herramientas u objetos en el espacio de trabajo y disponerlos en los lugares idóneos según su frecuencia de uso

Hernandez & Vizan (2013), afirman que la puesta en práctica del Seiton hay que decidir dónde colocar las cosas y cómo ordenarlas teniendo en cuenta la frecuencia de uso, además de ciertos criterios de seguridad, calidad y eficacia. Se trata de alcanzar el nivel de orden preciso para producir con calidad y eficiencia, dotando a los empleados de un ambiente laboral que favorezca la correcta ejecución del trabajo. Para determinar el nivel de utilización se utiliza el círculo de frecuencia que se presenta a continuación:

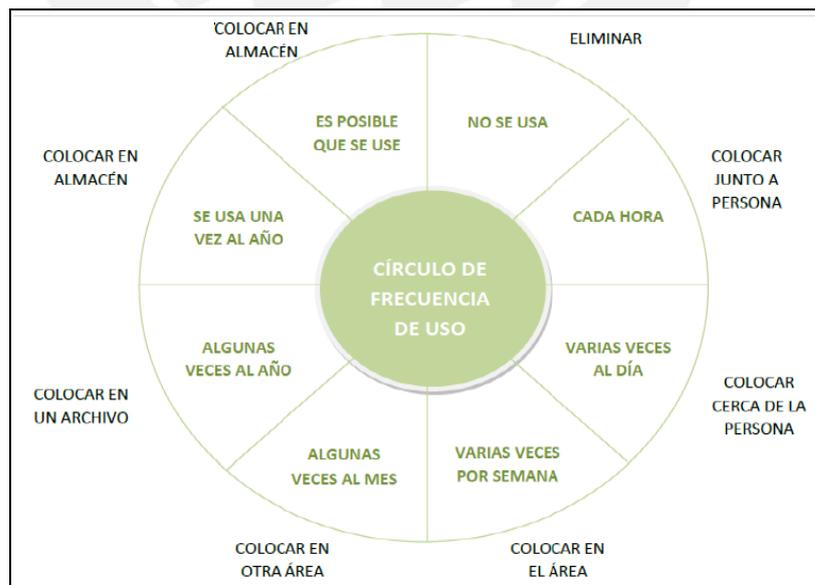


Figura 11. Círculo de Frecuencia de Uso - Seiton. Lean Manufacturing: Implantación 5s- Manzano y Gisbert - 2016

Seiso: “Es mejor no ensuciar que limpiar”

La tercera “S” indica que tras haber eliminado lo innecesario y clasificado aquello realmente necesario para las operaciones a realizar, se debe realizar una limpieza en el área de implantación de 5S. De este modo se pretende identificar el “fugui” (defecto) y eliminarlo. Además, Seiso incluye la integración de la limpieza diaria como parte de inspección del puesto de trabajo ante posibles defectos y da importancia más al origen de la suciedad y defectos encontrados que a sus posibles consecuencias Manzano & Gisbert (2016). Según Dorbessan (2006), los beneficios obtenidos incluyen ambientes de trabajo confortables y agradables, reducción del número de incidentes y accidentes, mejora de la calidad de producción como consecuencia inmediata del orden y limpieza, etc.

Un punto importante, además, consiste en identificar los focos de suciedad existentes para poder así eliminarlos y no tener que hacerlo con tanta frecuencia. Que los operarios tomen conocimiento sobre estas fuentes identificadas permitirá la correcta asignación de tiempos y recursos para las labores de limpieza.

Seiketsu: “Respetar lo establecido”

Busca la persecución y consolidación de metas luego de la implantación de las tres primeras “S” y el establecimiento de rutinas necesarias, para ello se apoya en la estandarización como un método eficaz de ejecución de procedimientos vinculados a las etapas anteriores, así como también para aquellos que se presenten en el camino y no estén previamente contemplados. Para Hernandez & Vizán (2013), un estándar representa la manera más práctica y adecuada para el trabajo de todos, y puede ser expuesto mediante un documento, una fotografía, un dibujo, etc. Además, menciona que el principal enemigo del Seiketsu es una conducta imprevisible pues al hacer las cosas “hoy sí y mañana no” lo que puede pasar es que el nivel de incumplimiento aumente. Cabe mencionar que los controles visuales representan una herramienta de gran utilidad para los fines descritos; la cartelera, los exhibidores de información 5S, y los paneles de comunicación visual son mecanismos para establecer un sistema dinámico de información y/o comunicación entre usuarios de distintas áreas de la empresa.

Aplicar la estandarización supone orientar esfuerzos a hacer sostenibles los niveles conseguidos luego de la aplicación de las etapas anteriores, transmitir la importancia de la aplicación de estándares, determinar estándares de limpieza apropiados y garantizar un ambiente seguro; además de conseguir un mejor tiempo de respuesta frente a imprevistos que se puedan suscitar en algún momento.

Shitsuke: "Autodisciplina"

Está enfocada en normalizar la aplicación del trabajo y convertir en hábito el uso de métodos estandarizados definidos anteriormente. Es importante que cada miembro tome en cuenta el beneficio grupal, antes que el interés personal pues la conducta colectiva es la que brinda sostenibilidad a la aplicación de las 5S. Las auditorías juegan un rol importante para los fines que demanda esta etapa.

Resulta ser un paso sencillo pues sólo se busca mantener el estado de las cosas, pero a la vez es complejo pues se debe luchar por mantener el interés del personal a lo largo de la implementación (Manzano & Gisbert, 2016).

Según Dorbessan (2006), la autodisciplina se ejercita mediante prácticas como depositar los desperdicios en sus lugares correspondientes, devolver a su lugar las herramientas luego de utilizarlas, hacer cumplir las normas del área a los demás trabajadores, respetando las normas de las otras áreas, etc. La autodisciplina es incorporar estas conductas como hechos naturales dentro de las actividades que se practican en cada lugar en el que uno se encuentra.

1.4.5 Otras herramientas

Se define, a continuación, otro grupo de herramientas que se utilizarán antes y durante el desarrollo de la propuesta de mejora:

A. ABC Multicriterio

Castro, Vélez & Castro (2011) mencionan que en ocasiones es altamente recomendable y necesario hacer uso de criterios adicionales que permitan realizar una diferenciación más efectiva de las existencias y así realizar la clasificación ABC, denominándose a esta incorporación de criterios útiles: ABC multicriterio.

Al realizar una clasificación ABC Multicriterio es necesario normalizar la información para cada uno de los valores ya que los diferentes criterios utilizan unidades de medida que no son comparables ni operables entre ellas como, por ejemplo, semanas y unidades como es el caso del lead time y la demanda. La ecuación de normalización es la siguiente:

$$(y_n)_{ij} = \left\{ \frac{(y_{ij} - \min [y_{ij}]_{i=1,2,\dots,l})}{(\max [y_{ij}]_{i=1,2,\dots,l}) - (\min [y_{ij}]_{i=1,2,\dots,l})} \right\}_{j=1,2,\dots,l}$$

donde:

y_{ij} = es el valor del criterio j-ésimo para el i-ésimo ítem en inventario

Se obtienen valores normalizados entre 0 y 1, los cuales se encuentran positivamente relacionados, esto es, los valores mayores (es decir, 1 o cercanos a 1) son de gran importancia, mientras los valores menores (cero o cercanos a cero) son menos importantes. La calificación o puntaje total obtenido por cada ítem, organizado de mayor a menor, se obtiene por medio de la ecuación:

$$\text{Puntaje Total} = \sum_{i=1}^I w_j y_{ij}$$

donde:

y_{ij} = valor normalizado del ítem i-ésimo con respecto al criterio j-ésimo

w_j = peso asignado al criterio j

lo anterior sucede bajo la restricción de:

$$\sum_{j=1}^J w_j = 1$$

B. Diseño de experimentos (DOE)

El diseño de experimentos es en la actualidad una de las herramientas principales utilizadas en la investigación estadística, el objetivo que se tiene es estudiar el efecto de un factor sobre una variable respuesta. Diseñar un experimento, simplemente significa planear un experimento de modo que se reúna la información que sea pertinente al problema bajo investigación (Ríos, 2012). En muchos experimentos con un solo factor, es necesario considerar más de dos niveles del factor. Se pueden realizar experimentos que incluyen dos o más factores que el experimentador considera de posible importancia.

Montgomery (2016) señala que, mediante el uso de experimentos diseñados, se puede determinar el subconjunto de las variables del proceso que ejerce la mayor

influencia sobre el desempeño del proceso. Los resultados de un experimento como esté pueden llevar a:

- El mejoramiento del rendimiento del proceso
- La reducción de la variabilidad del proceso
- La reducción del tiempo de diseño y desarrollo
- La reducción en el costo de operación

Las técnicas de diseño experimental basadas en la estadística son particularmente útiles en el campo de la ingeniería para mejorar el desempeño de un proceso de manufactura. Tienen también diversas aplicaciones en el desarrollo de nuevos procesos. La mayoría de los procesos pueden describirse en términos de varias variables controlables como la temperatura, la presión y la rapidez de alimentación (Montgomery, 2004, pp. 8).

La figura 12 representa un esquema general del diseño de experimentos:

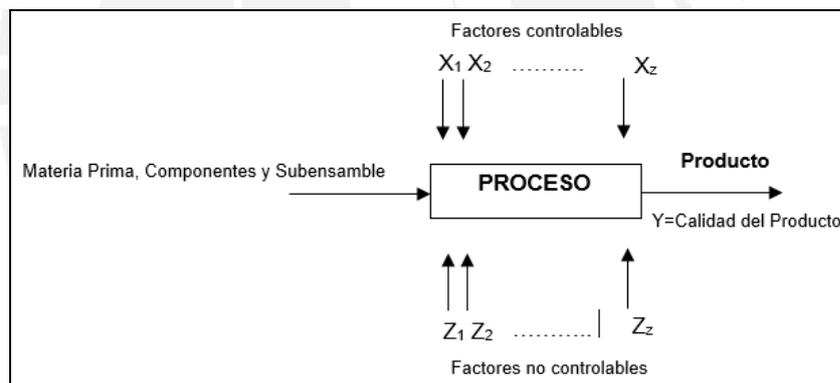


Figura 12. Diseño de experimentos. Fuente: Montgomery (2004).

Elaboración propia.

El diseño de experimentos abarcará un Análisis de Varianza para determinar si existe una asociación estadísticamente significativa entre cada factor y/o interacción, y la variable de respuesta. Esto también se podrá verificar las gráficas de efecto para analizar el diseño factorial, por ejemplo en el diagrama de Pareto las barras que crucen la línea de referencia serán estadísticamente significativas. Luego, en el gráfico de interacciones las líneas paralelas determinarán que no existe interacción; por otro lado, mientras menos paralelas sean las líneas, mayor será la fuerza de interacción y su relevancia. Posteriormente, la gráfica de efectos principales muestra si existe un efecto principal para una variable categórica. Si la línea es paralela al eje

X, no está presente un efecto principal; caso contrario y mientras más inclinada sea la pendiente de la línea, la magnitud del efecto principal será mayor. Finalmente, el gráfico de optimización mostrará cómo las diferentes configuraciones experimentales afectan las respuestas pronosticadas.

C. Polivalencia de trabajadores

García, Valero, & Marín (2011) señalan que la polivalencia es la capacidad para trabajar en puestos diferentes cumpliendo las normas de calidad y productividad definidas en cada una de ellas. Los operarios multifunción son un elemento esencial en los sistemas de producción ajustada.

Según García & Maheut (2013), un operario multifunción es aquel capaz de realizar diferentes tareas de un modo eficiente, como si en cada una de ellas fuera un operario especializado. La especialización puede conllevar mejorar en productividad y calidad, pero convierte en inflexible a la persona y a la plantilla. La tasa de polivalencia representa el modo más simple de medir la polivalencia, y es el porcentaje de tareas que los trabajadores de una planta o sección son capaces de realizar.

La tasa de polivalencia se puede calcular de la siguiente manera:

$$TP = \frac{\sum P_i}{n \cdot PR}$$

Donde: P_i: número de procesos que puede ejecutar cada trabajador
n: número de trabajadores
PR: número de procesos

Y, el porcentaje de trabajadores polivalentes:

$$\% \text{Trab. Poliv.} = \frac{\text{Número de trabajadores calificados para más de un proceso}}{\text{Total de trabajadores de la sección}}$$

2. LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa en estudio fue fundada alrededor de 1990 dedicándose desde entonces a la fabricación de productos plásticos mediante soplado e inyección. Dentro de los productos que fabrican se encuentran: frascos, potes, tapas, galoneras, etc., de diferentes colores, formas, capacidades y pesos según requerimientos de los clientes, destinados para la industria alimenticia, química y farmacéutica. Además, la empresa cuenta con dos almacenes ubicados fuera de su planta principal, a la vez que mantienen sus planes de expansión para los próximos años.

2.2 PERFIL DE LA EMPRESA

Misión: Lograr que el cliente se sienta parte de nuestra familia organizacional, brindándole productos que cumplan con los más altos estándares de calidad y sus expectativas.

Visión: Construir un modelo empresarial que sea digno de emular, que consiga beneficios para nuestros colaboradores e inversionistas y que se adapte constantemente a los requerimientos de nuestros clientes para generar bienestar en todas las partes involucradas.

Valores: Compromiso, Laboriosidad, Solidaridad y Responsabilidad Social

Política de Calidad:

Nos dedicamos a la comercialización de envases y tapas plásticas mediante soplado e inyección. Para ello contamos con insumos de calidad, experiencia, precios competitivos, comunicación continua con el cliente y colaboradores, cumpliendo plazos de entrega, personal calificado y amplia infraestructura. Así mismo, estamos comprometidos a:

- Satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes mediante la aplicación de nuestros estándares de calidad
- Cumplir con las normas aplicables
- Mejorar continuamente la eficacia de nuestro sistema de gestión
- Difundir y revisar periódicamente la política de calidad con el fin de mantenerla actualizada y acorde con la empresa
- Realizar nuestras actividades reduciendo en lo posible el impacto ambiental

2.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

A continuación, se muestra la estructura organizacional de la empresa, la cual presenta una distribución de modo funcional con gerencias y jefaturas como las líneas de mando principales por debajo de la Gerencia General. En el caso de la Gerencia de Producción y Mantenimiento, esta tiene a su cargo tanto a la Jefatura de Producción como a la de Mantenimiento.

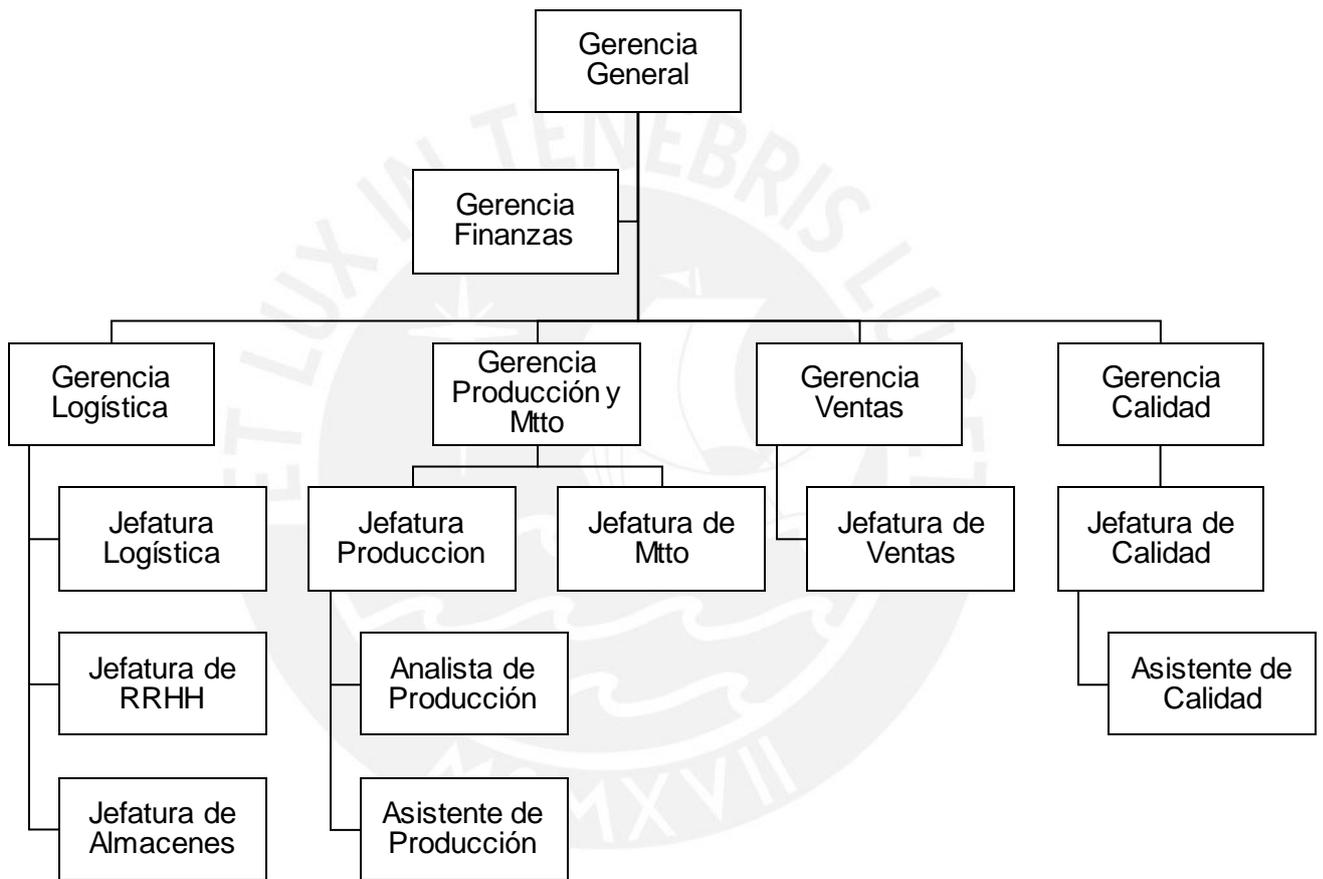


Figura 13. Organigrama de la empresa - Fuente: Elaboración propia

En el caso del área de Calidad, el asistente desarrolla funciones similares a las de un analista por tratarse de un departamento cuya complejidad no es tan alta comparada con la del área de Producción; la cual posee además un asistente. Este organigrama termina de completarse con los técnicos y practicante dentro de las áreas de Mantenimiento y Almacenes, ambas pertenecientes a la Gerencia Logística.

2.4 PROVEEDORES

La siguiente tabla indica a los principales proveedores nacionales de la empresa:

Tabla 2. Principales proveedores

Proveedor	Producto
Colca del Perú	Polipropileno
Polinplast	LDPE (Polietileno)
Mastercol	Masterbatch

Fuente: Elaboración propia

2.5 CLIENTES

La siguiente tabla clasifica a los principales clientes de la empresa en estudio:

Tabla 3. Clientes según sector

Sector Farmacéutico	Sector Industrial	Sector Alimentos
RoxFarma	Qroma (Ex CPPQ)	Ajinomoto
Farmindustria	Alusud	
IQFarma	Silvestre	
Instituto Bioquímico	Isopetrol	
Laboratorio Fitogreen		

Fuente: Elaboración propia

El sector farmacéutico, es de gran importancia para la empresa, pues además de contar con gran número de clientes, las especificaciones técnicas y los límites permisibles asociados a la calidad son de mayor nivel. Es por ello que el proceso de producción debe ajustarse a los parámetros establecidos por los clientes. En este sentido la empresa cuenta con acreditación ISO 9001:2015, con miras a certificarse en ISO 14001 y así poder generar mayor valor a su cadena productiva decantando en aumentar la satisfacción de sus compradores. La empresa se encuentra en búsqueda de nuevos clientes que puedan incrementar la cantidad de compradores pertenecientes al sector alimentos; sumado a esto está en constante búsqueda de nuevos nichos de mercado dentro de la agroindustria.

2.6 INSTALACIONES

La planta principal posee un área de aproximadamente 7000 m², dentro de esta se encuentran las dos líneas de producción: de soplado y de inyección, el almacén central, las oficinas administrativas, área de control de calidad y mantenimiento, etc.

2.7 MÁQUINAS Y EQUIPOS

La planta cuenta con 9 máquinas sopladoras y 8 inyectoras de origen italiano y japonés. Se cuenta también con tolvas de alimentación, matrices, moldes, molino, tambores rotativos de mezclado, etc.

2.8 MATERIA PRIMA

La materia prima consta básicamente de dos tipos de resinas: de polietileno y de polipropileno; sin embargo, el primero representa el 95% del total de materia prima utilizada en la empresa. También se utiliza el material Masterbatch, el cual es una mezcla concentrada de pigmentos que se presenta en forma de granos como sistema de coloración y que permite otorgar propiedades físicas, estéticas y funcionales a los artículos de plástico, textiles y cables.

2.9 PROCESO DE PRODUCCIÓN

Dentro de la empresa se distinguen dos grandes líneas de producción: la línea de producción de moldeo por inyección y la de moldeo por soplado. Cada una se dedica a la fabricación de distintos tipos de productos; a continuación, se explicará brevemente cada caso.

2.9.1 Proceso de Producción de moldeo por inyección

El proceso de inyección se lleva a cabo mediante la incorporación de la materia prima en forma de gránulos a través del dosificador o tolva de alimentación hacia el cilindro que se encuentra calentado por una resistencia eléctrica la cual funde los gránulos de plásticos para convertirlos en un líquido espeso. En el interior del cilindro existe un tornillo sin fin cuya misión es la de transportar este líquido hacia los espacios o cavidades huecas del molde para formar así el producto. Una vez enfriada la pieza a moldear, se abre el molde y la pieza es expulsada al exterior.

Seguidamente se presenta un diagrama de flujo sobre el proceso de moldeo por inyección (Figura 14), que abarca desde el ingreso del input hasta la salida del output atravesando las operaciones dentro de la máquina y las realizadas por los operarios de manera resumida.

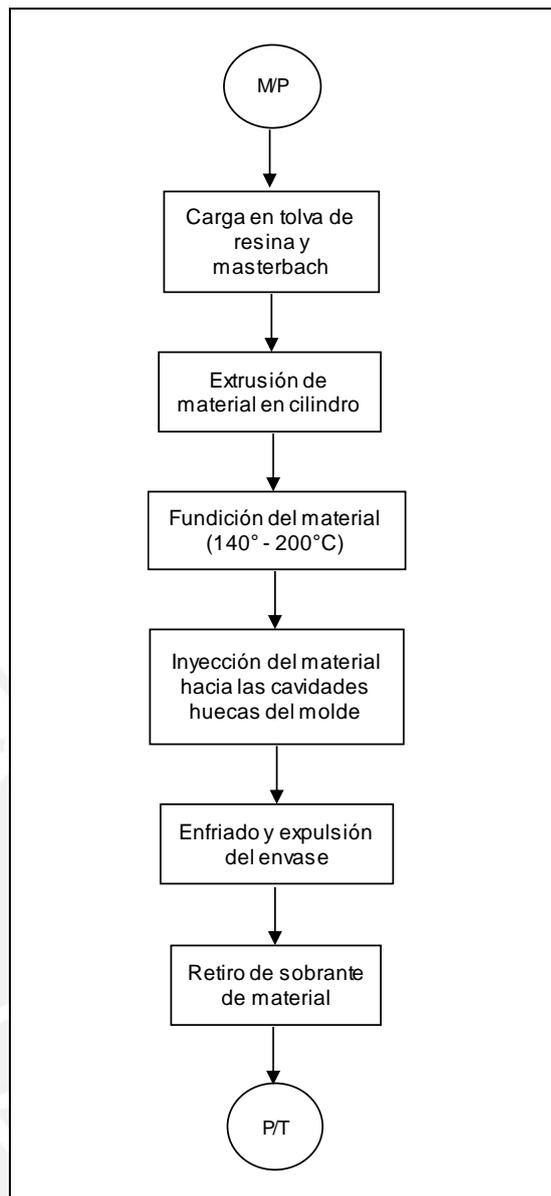


Figura 14. Diagrama de flujo de la línea de moldeo por inyección. Fuente: Elaboración propia

2.9.2 Proceso de Producción de moldeo por soplado

En referencia al proceso de soplado, se puede aseverar que en principio se realiza la extrusión, la cual es similar al proceso previamente descrito y se realiza al introducir el material al cilindro, sometido a un programa de temperatura, en donde el tornillo sin fin impulsa al material una vez reblandecido hacia la salida que tiene acoplada una boquilla de forma cilíndrica, así el resultado es un tubo extruido. Posteriormente se realiza el proceso de soplado, la cual es una técnica acoplada a la extrusión, en donde se dirige el tubo extruido al interior de un molde de dos paredes, se cierra este pinzando uno de los extremos del tubo y se calienta. Cuando el material está reblandecido se insufla una corriente de aire al interior que obliga al material a adoptar la forma del molde en el que se encuentra.

A continuación, al igual que en el caso anterior, se presenta un diagrama de flujo del proceso de moldeo por soplado.

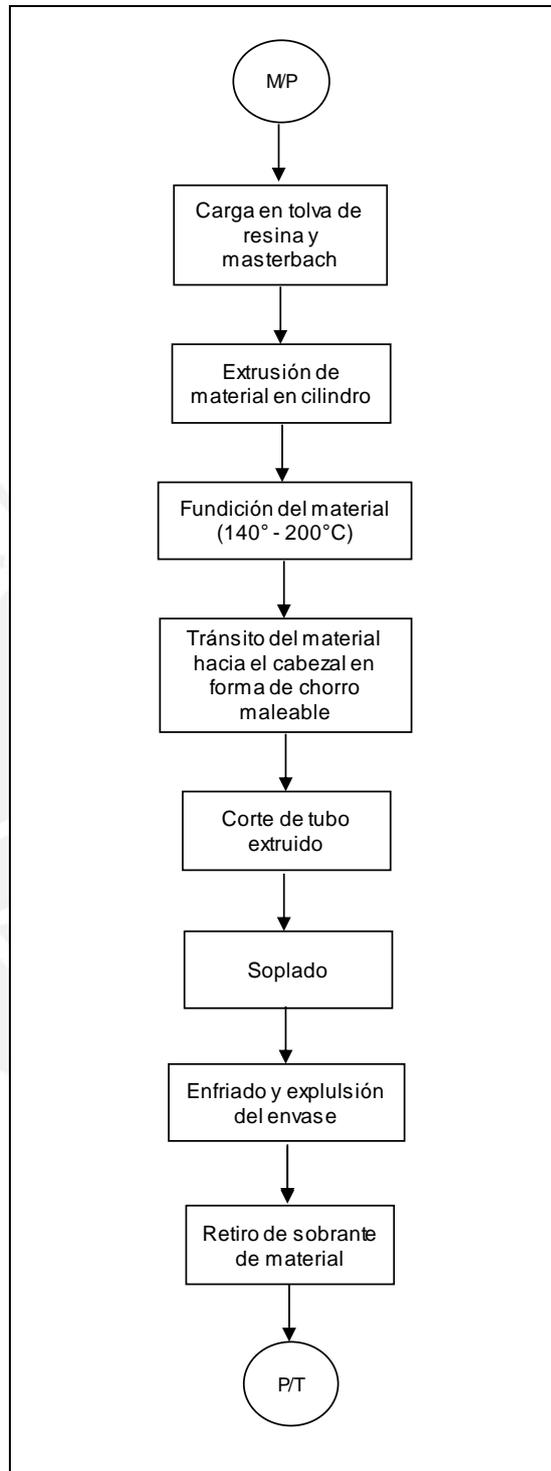


Figura 15. Diagrama de flujo de la línea de moldeo por soplado. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la figura 16 presenta el diagrama analítico de proceso de la fabricación de envases incluyendo la producción y almacenamiento llevados a cabo en la empresa

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO						
Proceso: Fabricación de envases			Operación: Producción			
Actividad: Producción y almacenamiento			Maquinaria: Sopladora e Inyectora			
Método: Actual			Hombre: Operario			
DESCRIPCIÓN	Símbolos					Observación
	●	➔	■	◐	▼	
1 Mezclar resina, masterbatch y pigmentos	●					
2 Trasladar la mezcla a la zona de producción		➔				
3 Preparar la máquina	●					
4 Cargar la mezcla en tolva de alimentación	●					
5 Inspeccionar el producto obtenido				◐		
6 Clasificar el producto	●					
7 Retirar con cuchilla el remanente	●					
8 Transporte a almacén intermedio		➔				
9 Controlar parámetros a muestra aleatoria				◐		
10 Empaquetar y pesar producto	●					
11 Almacenar producto				◐		
12 Transportar a ensamble		➔				
TOTAL	6	3	2	-	1	

Figura 16. Diagrama Analítico de Procesos del proceso de Fabricación de envases - Fuente: Elaboración propia.

2.10 PRODUCTO

En la planta se producen frascos desde 1/8 hasta 1 L, galoneras hasta 5 L, tapas hasta 10 g y potes hasta 68 g.



Figura 17. Productos fabricados en la empresa.

Fuente: Brochure de la empresa

A continuación, las tablas 4 y 5 dan cuenta de los principales productos fabricados en las respectivas líneas de producción

Tabla 4. Principales productos fabricados en la línea de inyección

Código	Descripción del Producto	Peso (gr.)
F300006	TAPA B50 NATURAL 10GR-FC	10
F300024	TAPA B50 BLANCO 10GR-FC	10
F300149	TAPA B69 BLANCO PARA CAPSULERO 120GR	10
F300030	TAPA/B50/ROJO/10GR-FC	10
F300031	TAPA/B50/VERDE/10GR-FC	10
F300036	TAPA/B50/AZUL TEKNO/10GR-FC	10
F300011	TAPA/B50/NEGRO/10GR-FC	10
F300004	TAPA/B36 NEGRO/5.4GR-FC	5.4
F300156	TAPA B38 ROJO 4.1 GR	4.1
F300158	TAPA B38 AZUL 4.1 GR	4.1
F300206	TAPA CAPSULERO/LA MILENARIA/ROJO/3.2GR-FC	3.2
F300011	TAPON/B36/NATURAL/1.5GR-FC	1.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Principales productos fabricados en la línea de soplado

Código	Descripción del Producto	Peso (gr.)
F100169	F//RED 1LT B50 BLANCO 120GR P/LAINA	120
F100137	F/RED 1LT B50 BLANCO 120GR TP/TPN	120
F100026	F/CAM2 VIS 1LT B38 CL PLATEADO 120GR	120
F100155	F/RED 1LT B50 BLANCO 80GR P/LAINA	80
F100166	F/RED 1/4LT B50 BLANCO 60GR P/LAINA	60
F100191	F/RED 1/4LT B50 BLANCO 60GR Tp/Tpn	60
F100324	F/STANDAR BLANCO 1/2LT B36 SL 50GR LAINA	50
F100304	F/ITALIANO BLANCO SL 1/2LT B36 45GR TPA-TPN	45
F100321	F/ITALIANO 1/4 LT B28 SL BLANCO 25 GR	25
F100162	G/SW 4LT B36 BLANCO 220GR Tp/Tpn	220
F100271	G/COMBI BLANCO 5 LT B36 285 GR TPA/TPN	285
F100275	G/COMBI BLANCO 5 LT B36 265 GR TAPON	265

Fuente: Elaboración propia

3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A continuación, se presenta un outline secuencial (figura 18), en el cual se puede apreciar la sucesión de herramientas utilizadas a través del Análisis y Diagnóstico (presente capítulo) y del Desarrollo de la Metodología (capítulo posterior). Es necesario aclarar que muchas de estas herramientas presentan, a su vez, una serie de pasos a seguir que son desarrollados en su respectivo momento. La fase de “Actuar”, se menciona resumidamente en el texto, pues su despliegue dependerá de la aplicación exitosa del conjunto de propuestas aquí expuesto.

Por otro lado, la metodología ‘5S’ ha sido referida de manera breve ya que es expuesta con mayor amplitud a lo largo del capítulo 4, evidenciando incluso su vinculación con el ciclo PDCA, metodología central en la que se basa el presente documento.

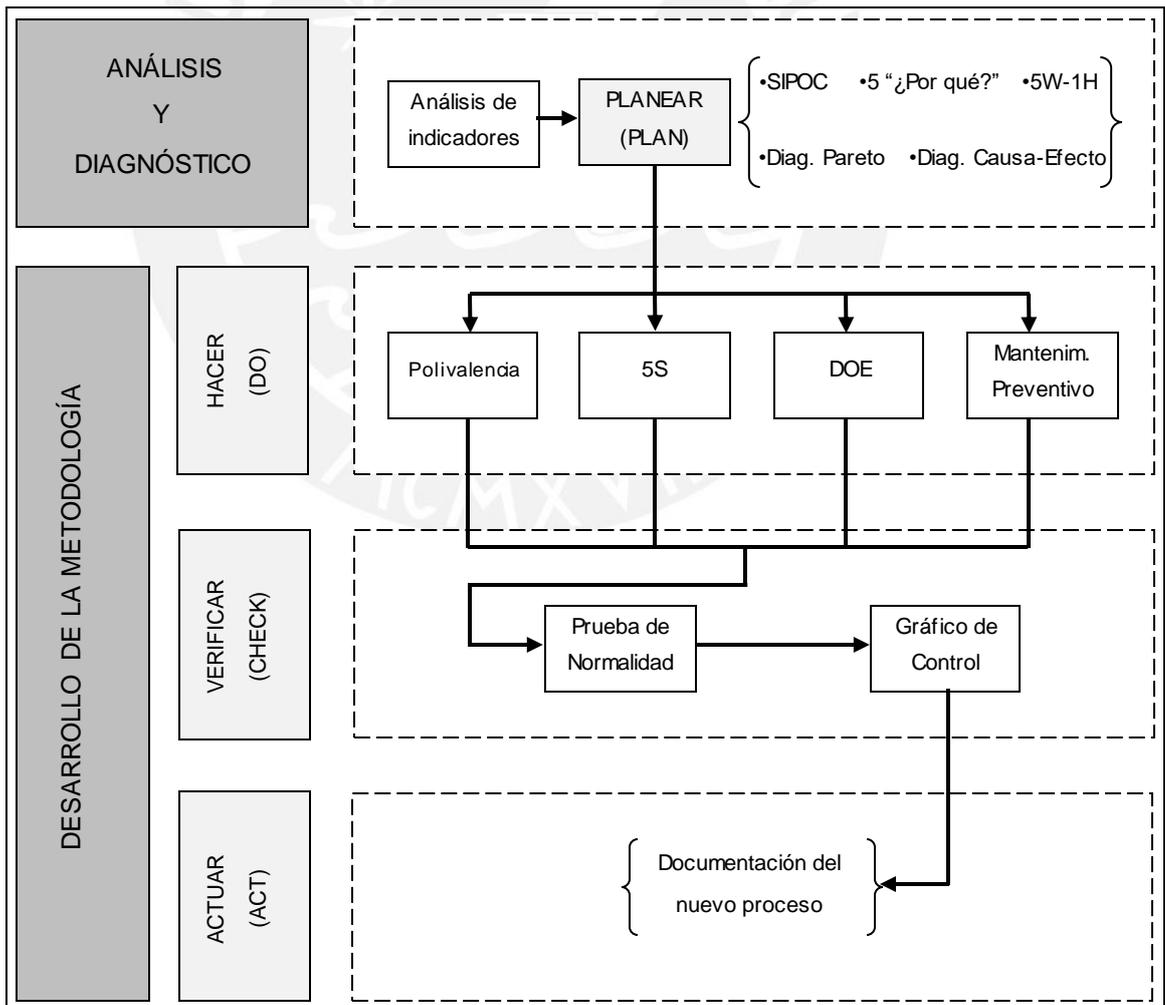


Figura 18. Outline secuencial de los capítulos centrales. Fuente: Elaboración propia.

Para obtener una visión más clara de la situación y determinar el foco de la evaluación se recurrirá a los indicadores con los que cuenta la empresa, esto permitirá visualizar mejor los problemas que presenta el área de producción. Asimismo, con esta información se procederá a desplegar la primera fase del ciclo PDCA, la cual permitirá la determinación de causas raíces.

3.1 ANÁLISIS DE INDICADORES

La siguiente tabla muestra los indicadores que se manejan en el área de producción, su descripción, la categoría a la que pertenecen y su forma de cálculo.

Tabla 6. Indicadores de Producción - 2018

Indicador	Categoría	Descripción	Cálculo
% de Utilización	Productividad	Indica el porcentaje, del total de horas, en que la máquina se encuentra produciendo envases	$\frac{\text{Horas Trabajadas}}{\text{Total de Horas}} \times 100$
Rendimiento Efectivo (%)	Productividad	Se refiere al porcentaje de cumplimiento de la cantidad de envases producidos sobre lo ideal	$\frac{\text{Producción Real por H-M}}{\text{Producción ideal por H-M}} \times 100$
No conformidad (%)	Calidad	Indica el porcentaje de envases defectuosos con respecto al total de la producción	$\frac{\text{Cantidad Productos Defectuosos}}{\text{Cantidad de Producción Total}} \times 100$
Defectuosisdad en remolido (%)	Calidad	Indica el porcentaje de kg de remolido a causa de productos defectuosos con respecto al total de remolido	$\frac{\text{Kg de remolido por prod. defect.}}{\text{kg total de remolido}} \times 100$

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los indicadores de productividad, estos están referidos a mediciones de eficiencia con respecto al recurso humano y máquina; por otro lado, los indicadores de calidad están vinculados directamente a mermas y/o desperdicios. En el caso de la defectuosidad en el material remolido, se puede asegurar que su medición representa un indicador importante pues brinda un indicio del grado de aprovechamiento de la materia prima sobrante del proceso de producción además de la cantidad de producto conforme, los recursos utilizados para su reprocesamiento, etc.

A continuación, se presentan gráficas de los indicadores anteriormente mencionados, cabe indicar que estas han sido separadas en las dos líneas de producción presentes en la planta, de tal manera que al finalizar su análisis se pueda determinar cuál de las dos supone mayor trascendencia y es más relevante para la mejora.

La siguiente gráfica muestra la evolución mensual del porcentaje de utilización de las máquinas. Se puede notar que este indicador es bajo para ambos casos; sin embargo, existe una diferencia de aproximadamente 7% entre ambas líneas pues para inyección el promedio es de 87% mientras que para soplado es de 79%, siendo la meta de 90%.

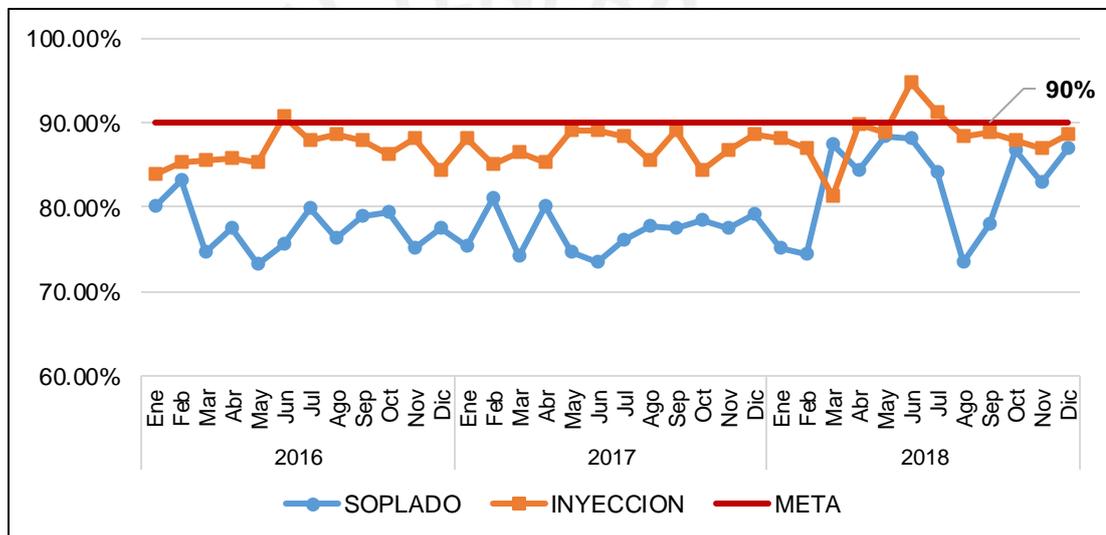


Figura 19. Porcentaje de Utilización 2016 - 2018.- Fuente: Elaboración propia

Cabe indicar que las paradas de máquina que afectan al porcentaje de utilización se deben a diferentes factores como productos defectuosos, mantenimientos no programados, problemas de materia prima, de moldes, etc. Se puede observar que la meta del 90% no está siendo alcanzada en ninguna línea de producción; sin embargo, la línea de inyección se encuentra mucho más cerca de ella.

El siguiente indicador se presenta en la figura 20. Se muestra la tendencia de rendimiento efectivo, se puede apreciar que la línea de inyección presenta mayor rendimiento que la de soplado, tal es así que en promedio alcanza el 91% de su meta de producción (144 productos/HM), mientras que del otro lado obtenemos un rendimiento de 80% de manera mensual (80 productos/HM), teniendo como referencia los productos de mayor comercialización en cada línea de producción.

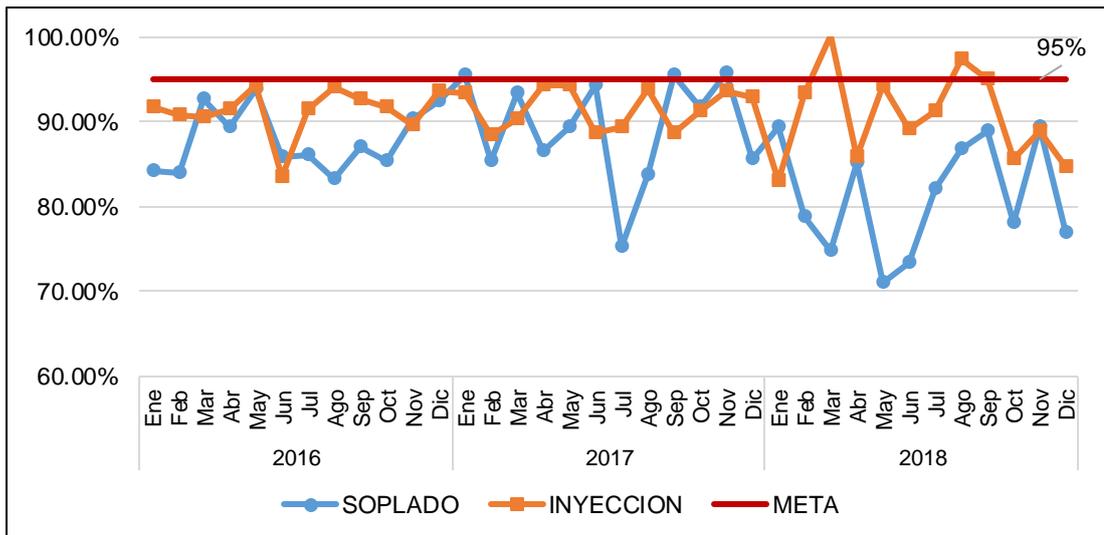


Figura 20. Rendimiento Efectivo 2016 - 2018. - Fuente: Elaboración propia

La figura 21 presenta la evolución mensual del indicador de no conformidad, en el cual se evidencia el porcentaje de productos defectuosos con relación al total de producción, tanto para la línea de soplado como para la de inyección, durante los años 2016, 2017 y 2018.

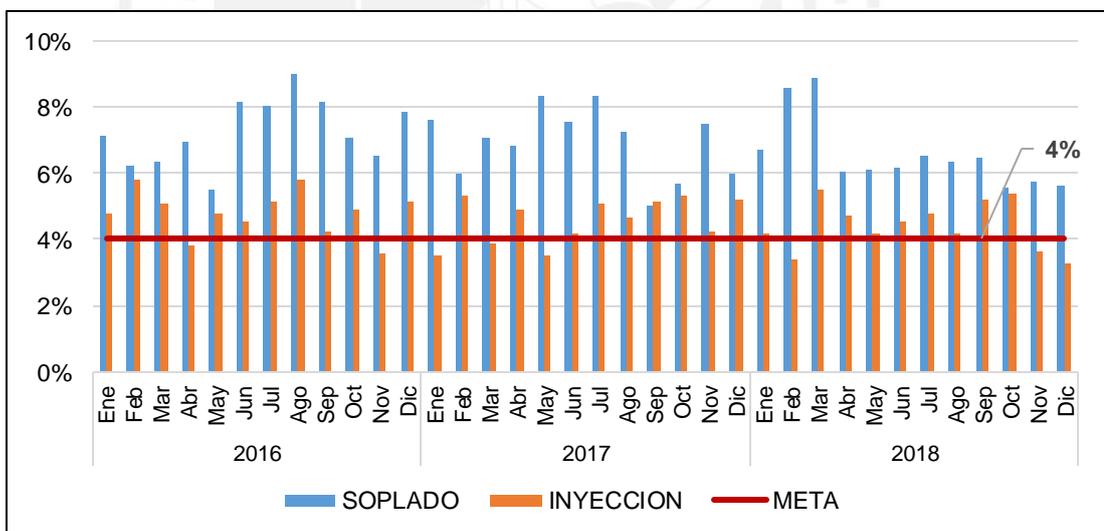


Figura 21. No Conformidad 2016 - 2018. Fuente: Elaboración propia

En referencia a la línea de inyección, se puede apreciar que los productos defectuosos representan en promedio el 4.60% del total de producción; mientras que para la línea de soplado este número aumenta a 6.92% lo cual brinda un indicio de dónde focalizar la estrategia de mejora.

La siguiente gráfica muestra la cantidad de material remolido proveniente de las líneas de inyección y soplado, los datos arrojan promedios mensuales de 18,485 y 5,892 kg; y cantidades acumuladas de 212,121 y 665,479 kg, respectivamente.

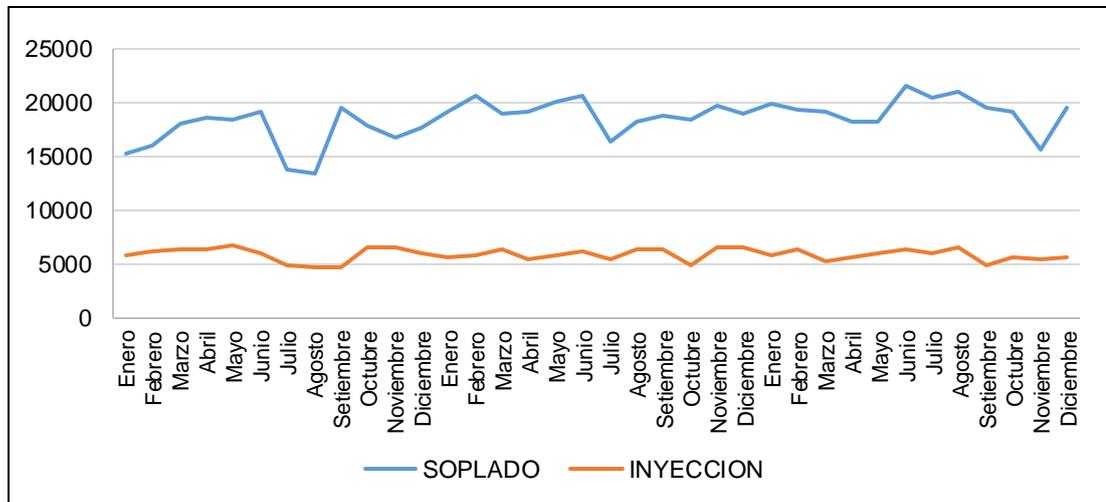


Figura 22. Material Remolido 2016-2018. Fuente: Elaboración propia.

Como parte natural del proceso de fabricación, alrededor del 25% en peso de la cantidad de materia prima ingresada a las tolvas de alimentación resulta ser producto remanente o también llamado “colada”, el cual posteriormente es llevado a la zona del molino en donde se tritura, denominándose así material “remolido”. Este material se vuelve a ingresar a las máquinas en una segunda mezcla, de tal manera que se recupera prácticamente en su totalidad. Sin embargo, para el caso en estudio, las cifras de remolido (figura 22) también incluyen la molienda proveniente de productos defectuosos obtenidos del proceso productivo, esto no es parte prevista del proceso y más bien representa un desperdicio de tiempo y recursos.

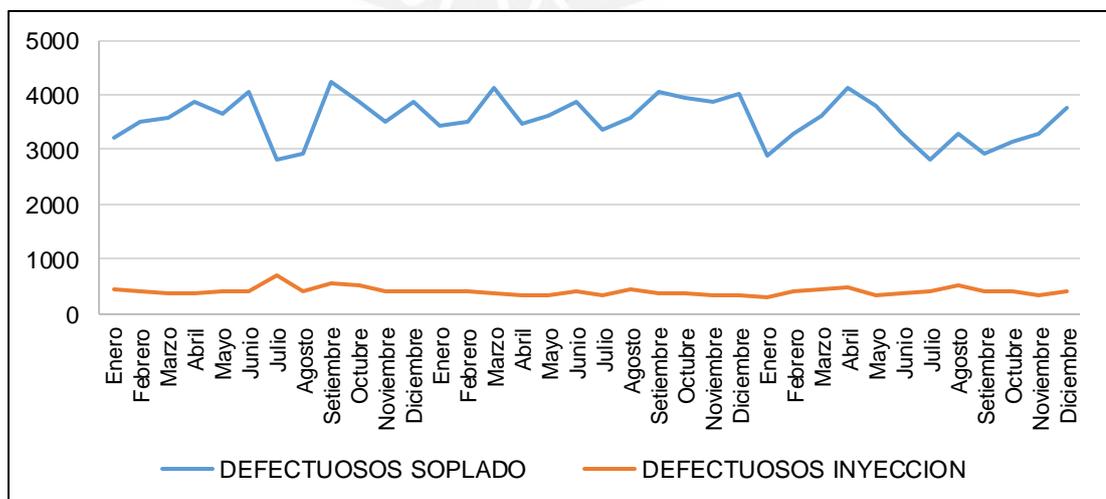


Figura 23. Kilogramos de material remolido por producto defectuoso 2016-2018.

La figura 23 presenta el total en peso de material remolido debido a productos defectuosos que para el proceso de inyección el total es de 14,738 kg y para soplado llega a ser 128,177 kg (2016-2018), estas cifras representan en promedio, respectivamente, el 6.95% y 19.26% del total de kilogramos (tal y como se grafica en las figuras 24 y 25.)

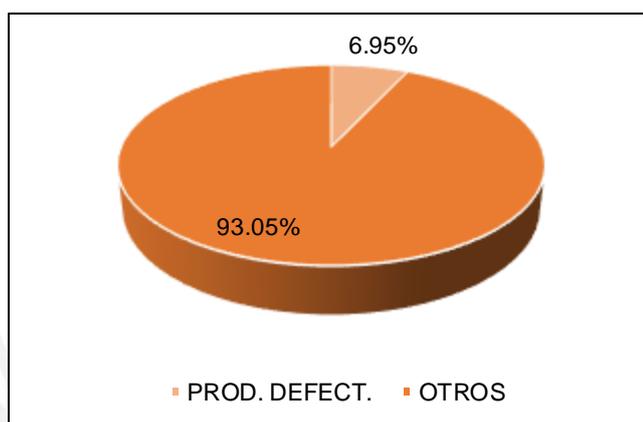


Figura 24. Composición del material remolido de la línea de inyección 2016 -2018.
Fuente: Elaboración propia

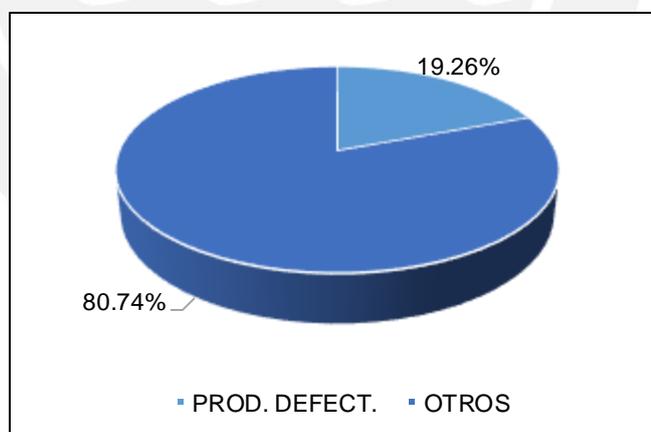


Figura 25. Composición del material remolido de la línea de soplado 2016-2018.
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, la figura 26 da cuenta del despliegue evolutivo del nivel de defectuosidad en remolido, esto es, el porcentaje del total de remolido que está asignado a productos defectuosos; dividido según línea de producción a través de los años 2016, 2017 y 2018; asignando una meta del 5% para ambos casos.

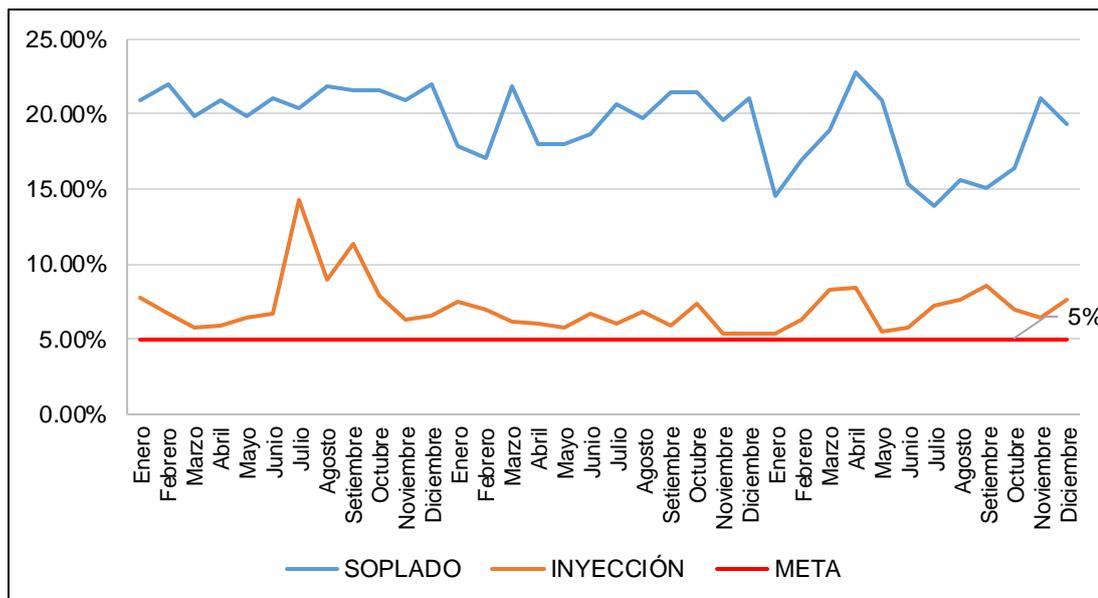


Figura 26. Defectuosiad en remolido 2016- 2018.
Fuente: Elaboración propia

La tabla 7 resume los valores actuales de los indicadores anteriormente mencionados para cada línea de producción. Con ayuda de la clasificación ABC multicriterio se realizarán las respectivas ponderaciones con el fin de determinar la importancia de los productos y así concluir en donde focalizar la estrategia de mejora. Para este fin se seleccionarán a los productos de mayor demanda en toda la planta, además de ser los más representativos en cuestión financiera.

Tabla 7. Resumen de indicadores 2016-2018 por línea de producción

Indicador	Línea de inyección	Línea de soplado
% de Utilización	87%	79%
Rendimiento efectivo (%)	91%	86%
No Conformidad (%)	4.60%	6.92%
Defectuosiad en remolido (%)	6.95%	19.26%

Fuente: Elaboración propia

Se pueden visualizar cuatro indicadores expresados de manera porcentual, los mismo serán verificados posteriormente para corroborar el impacto de la mejora sobre ellos. Esto será expuesto en una sección posterior, correspondiente a la tercera fase del ciclo PDCA.

La tabla 8 muestra un resumen de los productos de mayor rotación en la empresa, junto a sus costos de producción, y precios de venta, datos que servirán de input para la clasificación multicriterio a realizar.

Tabla 8. Principales productos comercializados por la empresa

Producto	Descripción	Tiempo de ciclo (s)	Demanda Mensual (unids.)	Precio (mil unids. US\$)	Costo de Producción (mil unids. US\$)
F100169	F/REDONDO 1LT B50 SL BLANCO 120GR LAINA	45	111,500	22.50	13.50
F100137	F/REDONDO 1LT B50 SL BLANCO 120GR TPA-TPN	45	96,430	21.30	12.50
F100026	F/CAM2 VIS 1LT B38 CL PLATEADO 120GR	45	92,430	20.20	12.20
S100166	F/GOTERO 30ML B13 SL BLANCO 5.9 GR-VH P TP	35	85,800	23.50	11.90
F300006	TAPA B50 NATURAL 10GR-FC	29.5	60,000	15.00	8.70
F300024	TAPA B50 BLANCO 10GR-FC	28	50,500	17.00	7.90

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo el procedimiento expuesto por Castro, Vélez & Castro (2011), empezaremos normalizando cada ítem con respecto a la demanda mensual:

$$(yn)_{21} = \frac{96,430 - 50,500}{111,500 - 50,500} = 0.75$$

$$(yn)_{31} = \frac{92,430 - 50,500}{111,500 - 50,500} = 0.69$$

$$(yn)_{41} = \frac{85,800 - 50,500}{111,500 - 50,500} = 0.58$$

$$(yn)_{51} = \frac{60,000 - 50,500}{111,500 - 50,500} = 0.16$$

Se realizará el mismo cálculo con relación al precio:

$$(yn)_{12} = \frac{22.50-15.00}{23.50-15.00} = 0.88$$

$$(yn)_{22} = \frac{21.30-15.00}{23.50-15.00} = 0.74$$

$$(yn)_{32} = \frac{20.20-15.00}{23.50-15.00} = 0.61$$

$$(yn)_{62} = \frac{17.00-15.00}{23.50-15.00} = 0.24$$

Finalmente se llevan a cabo los mismos pasos en referencia al costo:

$$(yn)_{23} = \frac{12.50-7.90}{13.50-7.90} = 0.82$$

$$(yn)_{33} = \frac{12.20-7.90}{13.50-7.90} = 0.77$$

$$(yn)_{43} = \frac{11.90-7.90}{13.50-7.90} = 0.71$$

$$(yn)_{53} = \frac{8.70-7.90}{13.50-7.90} = 0.14$$

Para el caso de la demanda la mayor cantidad corresponde al producto F100169 con 111,500 unidades mensuales, por ende, se le asigna un valor de 1.00. Por el contrario, el producto F300024 tiene la menor demanda: 50,500 unidades mensuales, así que obtiene un valor de 0.00. Análogamente se realizan las mismas asignaciones para el criterio de precio y costo de producción.

Posteriormente se arma una nueva tabla con los valores asignados y los valores obtenidos en los cálculos previos, teniendo en consideración que los valores cercanos a 1 son aquellos de gran importancia, mientras que los cercanos a 0 son los menos importantes. Este resumen se presenta en la tabla 9.

Tabla 9. Tabla de valores normalizados – Clasificación ABC Multicriterio

Producto	Descripción	Demanda Mensual (unids.)	Precio (mil unids. US\$)	Costo de Producción (mil unids. US\$)
F100169	F/REDONDO 1LT B50 SL BLANCO 120GR LAINA	1.00	0.88	1.00
F100137	F/REDONDO 1LT B50 SL BLANCO 120GR TPA-TPN	0.75	0.74	0.82
F100026	F/CAM2 VIS 1LT B38 CL PLATEADO 120GR	0.69	0.61	0.77
S100166	F/GOTERO 30ML B13 SL BLANCO 5.9 GR-VH P TP	0.58	1.00	0.71
F300006	TAPON B50 NATURAL 10GR-FC	0.16	0.00	0.14
F300024	TAPA B50 BLANCO 10GR-FC	0.00	0.24	0.00

Fuente: Elaboración propia

Luego se realiza un promedio ponderado de los valores normalizados para cada criterio, se considera un 70% para la demanda, 10% para el precio y 20% para el costo con lo que se obtiene la tabla 10, en donde se incluye la clasificación ABC.

Tabla 10. Puntaje total ponderado - Clasificación ABC Multicriterio

Producto	Descripción	Demanda Mensual (unids.)	Precio (mil unids. US\$)	Costo de Producción (mil unids. US\$)	Puntaje total	ABC
F100169	F/REDONDO 1LT B50 SL BLANCO 120GR LAINA	1.00	0.88	1.00	0.99	A
F100137	F/REDONDO 1LT B50 SL BLANCO 120GR TPA-TPN	0.75	0.74	0.82	0.76	A
F100026	F/CAM2 VIS 1LT B38 CL PLATEADO 120GR	0.69	0.61	0.77	0.70	A
S100166	F/GOTERO 30ML B13 SL BLANCO 5.9 GR-VH P TP	0.58	1.00	0.71	0.65	B
F300006	TAPON B50 NATURAL 10GR-FC	0.16	0.00	0.14	0.14	C
F300024	TAPA B50 BLANCO 10GR-FC	0.00	0.24	0.00	0.02	C

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en base a la clasificación ABC Multicriterio podemos concluir que los productos de mayor importancia son los de código F100169, F100137 y F100026 seguidos por los de código S100166 y F300006; y finalmente el de menor importancia resulta ser el F300024. Los tres primeros productos se realizan en la línea de soplado y resultan ser frascos de 1 L comercializados para el sector industrial por lo que podemos determinar, reforzados por la comparación de indicadores y la clasificación realizada, que el foco de estudio se centrará en la línea de soplado.

3.2 PLANEAR (PLAN)

La primera fase del PDCA se desarrolla a continuación utilizando algunas de las herramientas anteriormente definidas que facilitan su ejecución, logrando así obtener información que sirva de input para las fases posteriores.

3.2.1 Identificar la oportunidad de mejora o problema

La identificación del problema fue desarrollada con anterioridad en el capítulo anterior y se centra en la alta cantidad de productos defectuosos, lo cual impacta en el exceso de remolido, baja eficiencia de las máquinas, etc. Es por ello que el objetivo de la empresa luego de implementar la mejora continua es el de reducir número de productos defectuosos en la planta, y con ello disminuir también la cantidad de material remolido a causa de estos defectos, buscando así que la mayor cantidad de kilos de remolido se deba a sobrantes propios del proceso de producción.

3.2.2 Comprender el problema y documentar el proceso

Para este fin se hará uso de la herramienta SIPOC para la línea de producción de soplado (figura 27). A partir de este gráfico se puede entender que el producto obtenido de la línea de soplado debe cumplir parámetros específicos para poder ser aceptados por los clientes de los diferentes tipos de industria con las que la empresa comercializa. Desde este punto, los productos defectuosos van en contra al objetivo planteado, por lo que es imperativo determinar la solución a esta problemática.

3.2.3 Determinar las causas potenciales y críticas del problema para crear una visión del proceso mejorado

Para poder tener un panorama más claro, se realiza una estratificación mediante un Diagrama de Pareto (figura 28) en los que se puede visualizar los principales problemas asociados a productos defectuosos. De esta manera se podrá determinar mediante la regla del 80-20, cuáles son los principales para poder realizar el análisis de causas y proponer las acciones futuras que puedan mejorar la situación actual.

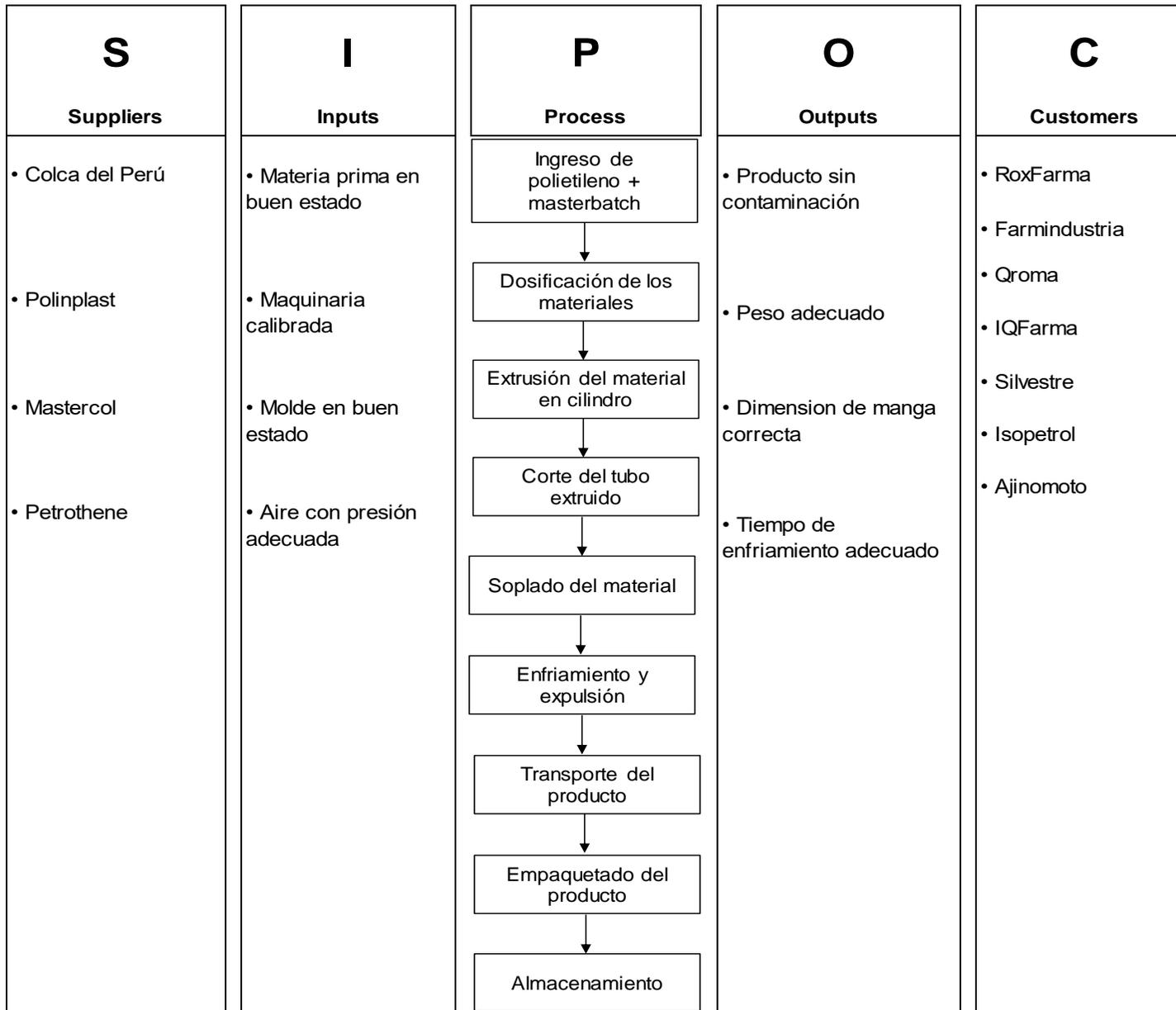


Figura 27. Diagrama SIPOC para el proceso de la línea de soplado. Fuente: Elaboración propia

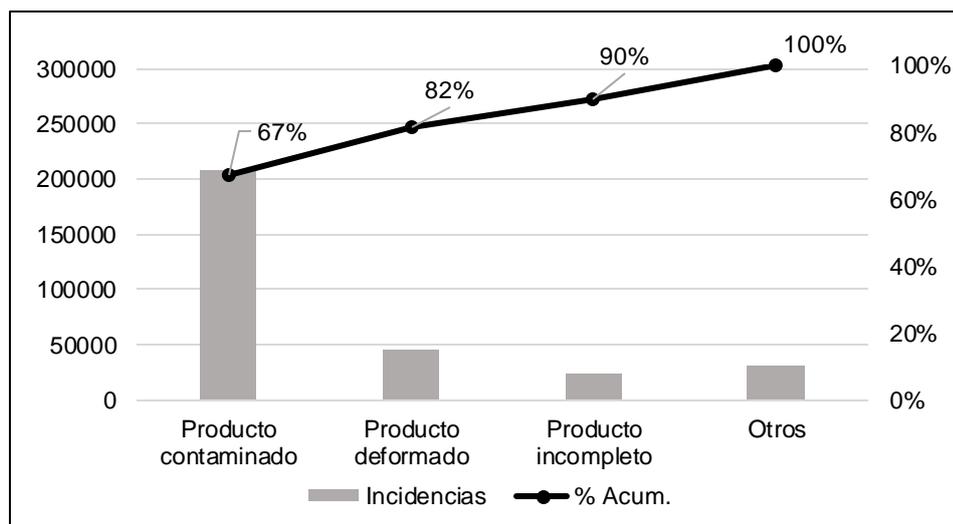


Figura 28. Diagrama de Pareto - Productos defectuosos. Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de Pareto se puede identificar los principales ítems sobre productos defectuosos: producto contaminado, el cual se refiere a la presencia de partículas indeseables; producto deformado, cuando el cuerpo del envase está desproporcionado; producto incompleto, cuando el envase no logra constituirse en forma completa; entre otros. Se puede concluir que casi el 70% de productos defectuosos son productos contaminados, en este caso por “puntos negros”; y el otro grupo que completa más del 80% está asignado a productos deformados.

A partir de estas conclusiones se procede a utilizar la técnica de los “5 ¿Por qué?” para determinar las causas raíces de los grupos detectados previamente (figuras 29 y 30). Posteriormente se vierte esta información en los diagramas causa-efecto o de Ishikawa (figuras 31 y 32), en donde se puede apreciar, en cada una de las figuras, que los rubros de métodos y mano de obra son cruciales para el buen desarrollo de un producto que cumpla todas las especificaciones técnicas y de calidad.

3.2.4 Determinar acciones correctivas con objetivos alcanzables dentro de un plazo definido

Mediante el uso de la herramienta 5W-1H (tabla 13) y la participación del equipo de trabajo conformado por el jefe de producción y mantenimiento, el analista de producción, el asistente de producción, los inspectores de calidad, y personal operativo (reguladores y operarios de máquina) se puede determinar las acciones a realizar en cada caso, de tal manera que se definan los medios de ejecución de las soluciones propuestas apuntando así hacia el objetivo ya establecido.

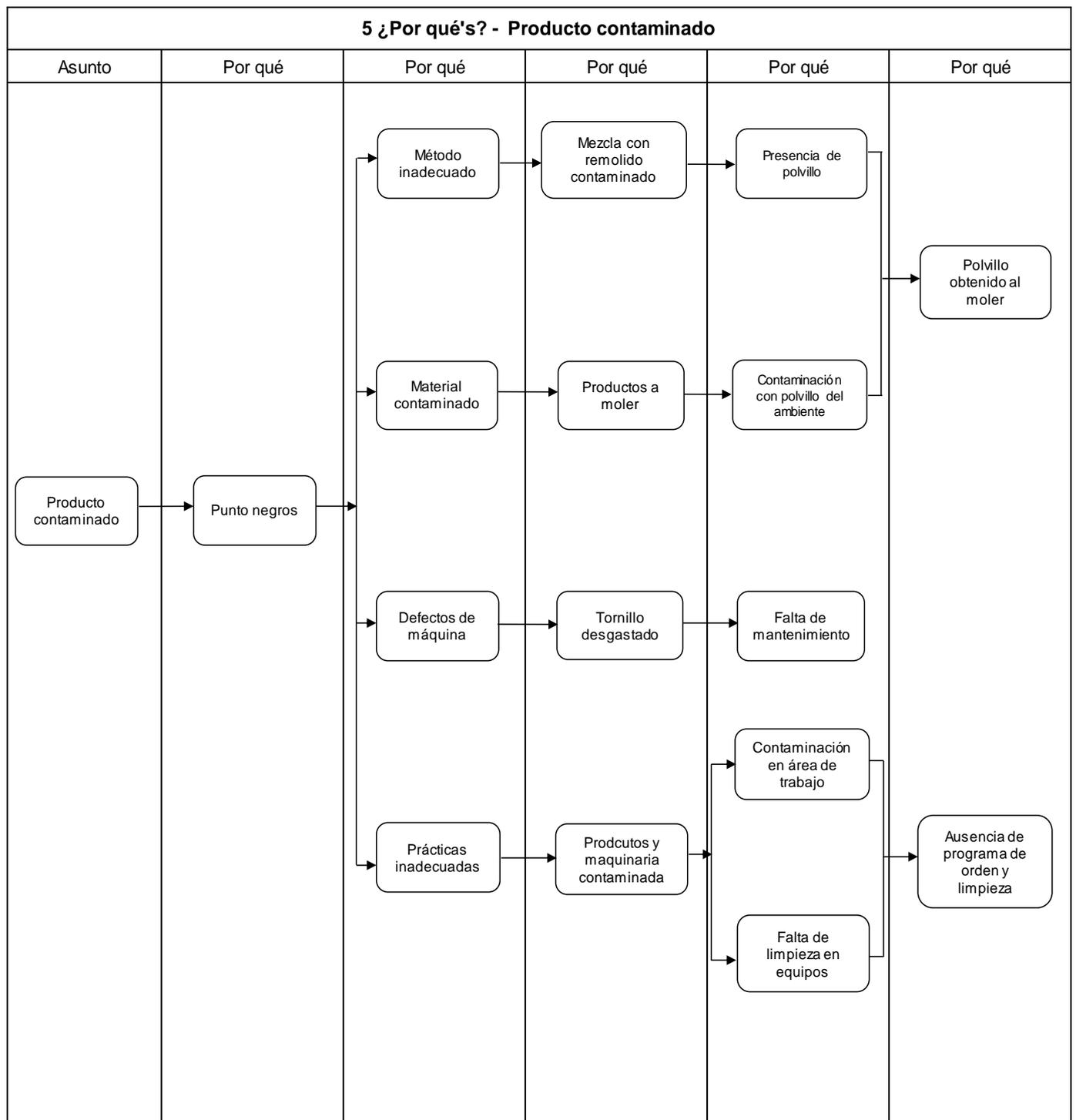


Figura 29. 5 ¿Por qué? sobre producto contaminado. Fuente: Elaboración propia

A partir de la figura 29 se puede concluir que las causas raíces del problema de producto contaminado corresponden al polvillo obtenido durante el proceso de molienda y la ausencia de un programa de orden y limpieza que dé soporte a las actividades realizadas durante los operarios en el proceso de producción.

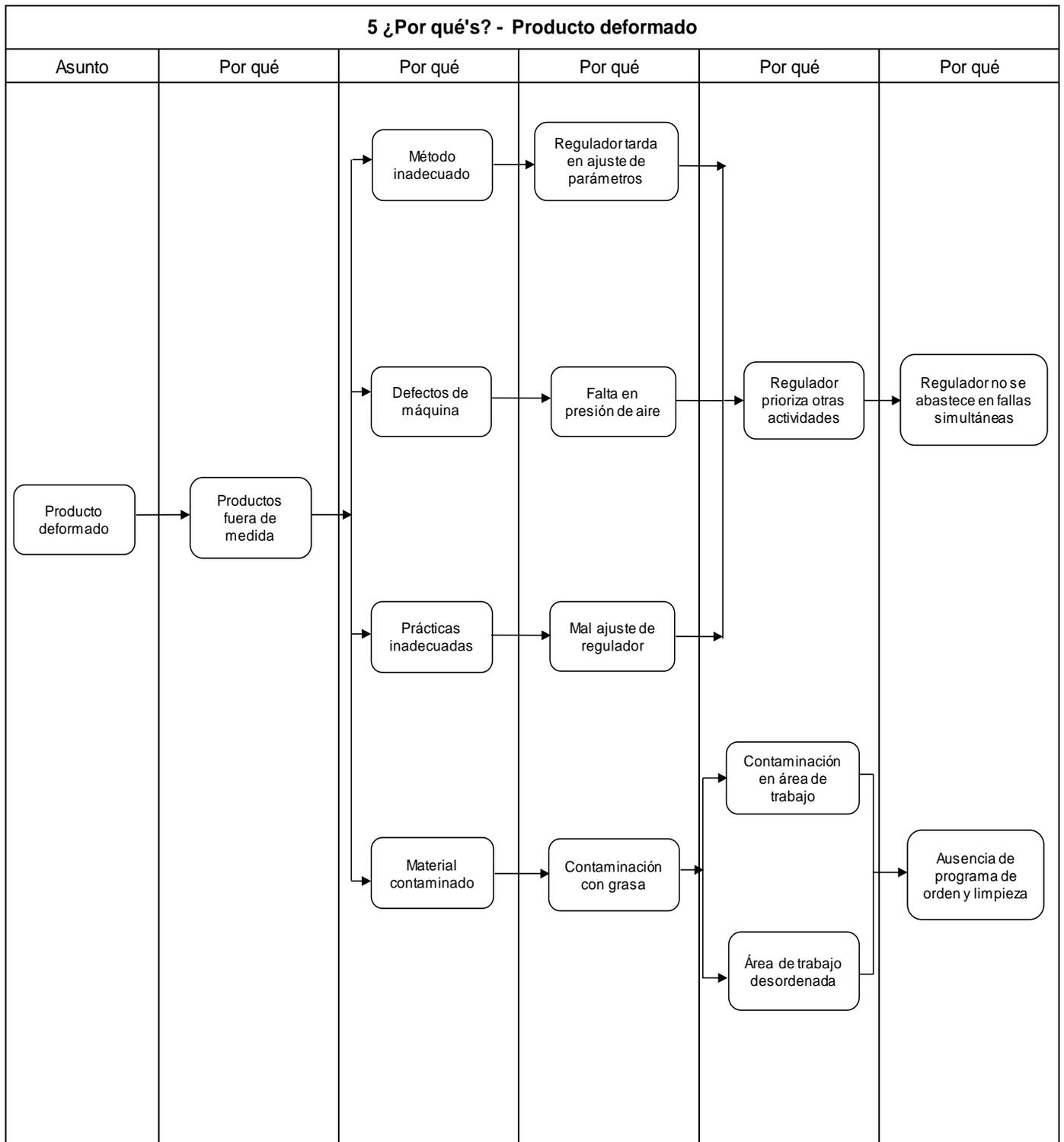


Figura 30. 5 ¿Por qué? sobre producto deformado. Fuente: Elaboración propia

A partir de la figura 30 se puede concluir que las causas raíces del problema de producto deformado corresponden a las fallas originadas durante el tiempo que el regulador permanece realizando su labor principal, esto es: no se abastece en fallas simultáneas, además de que no se cuenta con un programa de orden y limpieza.

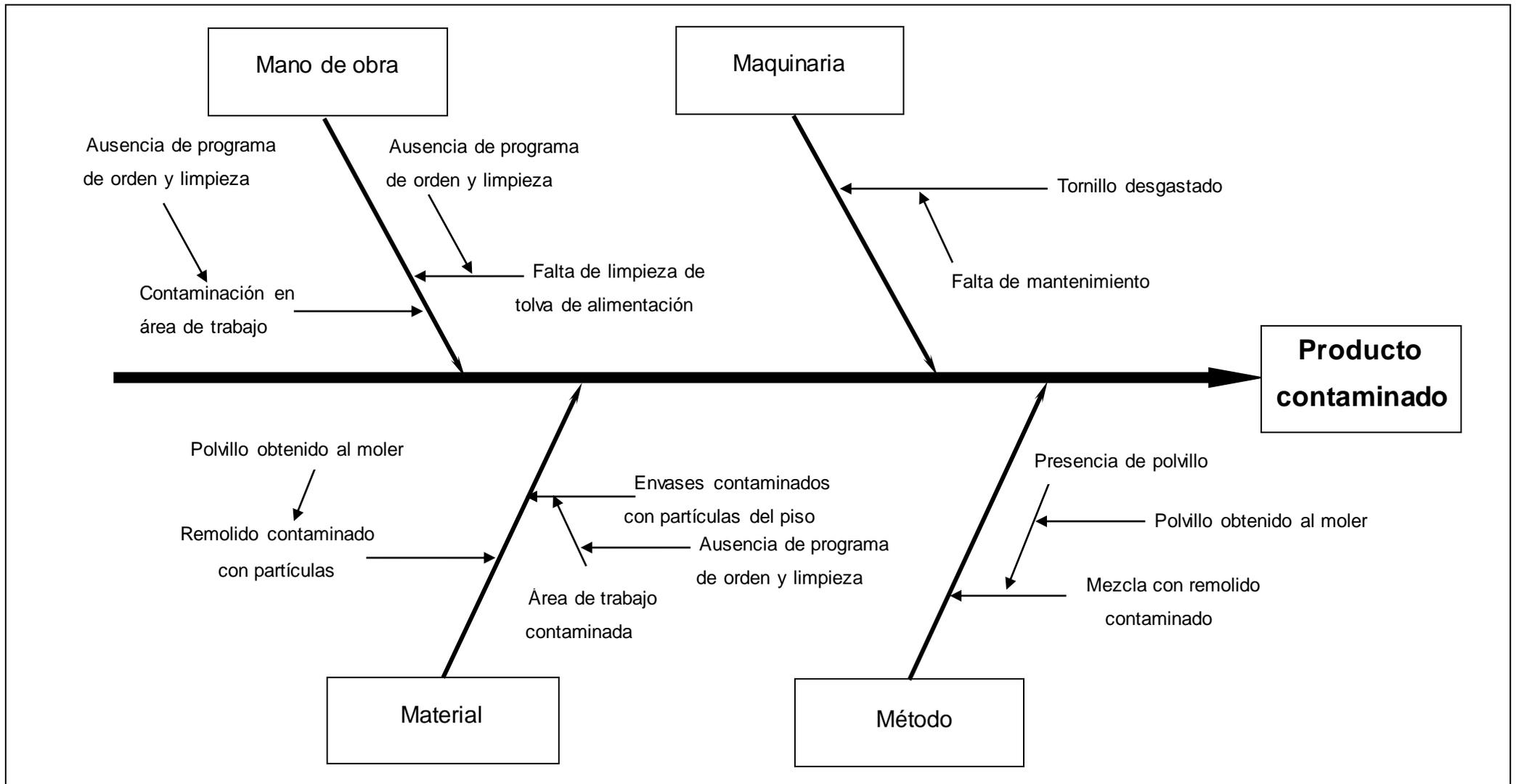


Figura 31. Diagrama de Ishikawa para producto contaminado. Elaboración propia

Se puede evidenciar, a partir de la figura 31, que las causas encuentran lugar en los rubros de mano de obra, material, método y maquinaria.

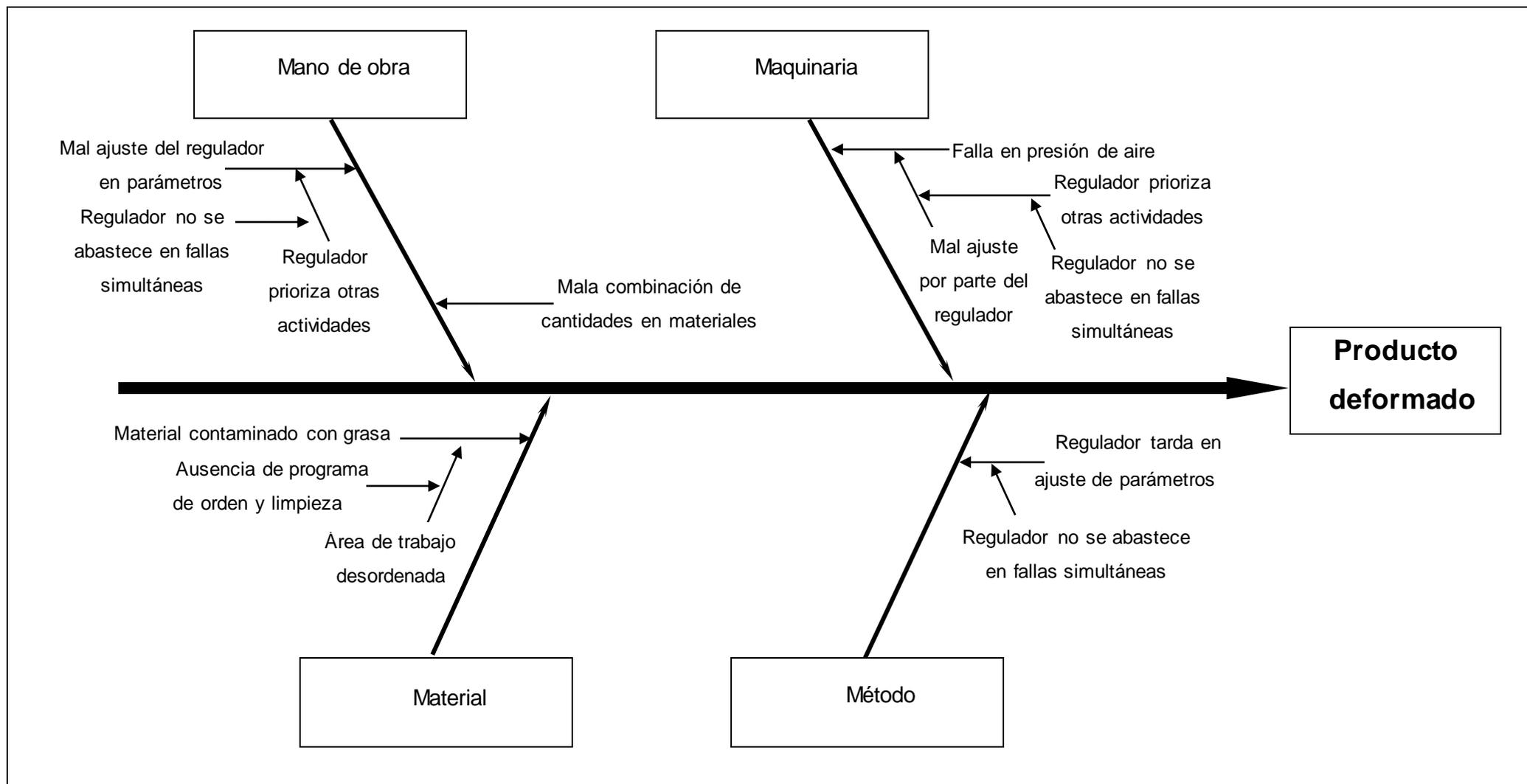


Figura 32. Diagrama de Ishikawa para producto deformado. Elaboración propia.

Se puede evidenciar, a partir de la figura 32, que las causas encuentran lugar en los rubros de mano de obra, material, método y maquinaria.

Tabla 11. 5W-1H de producto contaminado y deformado

Problema	What?	Why?	Who?	When?	Where?	How?
Polvillo obtenido al moler	Inclusión del cernido previo a la alimentación de la tolva	Separar el polvillo del remolido	Operarios	Luego del proceso de remolido	Área de cernido	Cerniendo el remolido para separar el polvillo
Ausencia de programa de orden y limpieza	Implementación de programa 5S	Asegurar un área de trabajo ordenada y limpia	Jefe/Analista/Inspector	Oct 2019	Área de producción	Cumpliendo las etapas del programa
Mala combinación de cantidades en materiales	Estandarización de combinaciones de remolido y material virgen	Reducir los problemas de marcas de agua y veteado	Jefe/Analista/Operario	Oct 2019	Área de producción	Determinando los porcentajes adecuados de mezcla
Regulador no se abastece en fallas simultáneas	Inclusión de personal de apoyo	Atender los cambios de molde y el ajuste de parámetros a la vez	Operarios	Oct 2019	Área de producción	Asignando funciones de respuesta inmediata ante fallas presentadas en simultáneo
Falta de mantenimiento	Actualización y seguimiento del programa de mantenimiento	Asegurar un mantenimiento y funcionamiento óptimo	Jefe/Analista/Asistente	Oct 2019	Oficina de Producción	Cumpliendo el programa de mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

Se puede notar que algunas de las contramedidas están vinculadas a la mano de obra y otras netamente al método de trabajo. De esta manera, las acciones a realizar en la segunda fase del ciclo PDCA apuntarán a brindar las condiciones necesarias que garanticen un efecto directo sobre los problemas presentados.

4. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se va a desarrollar la propuesta de mejora para el proceso de producción realizado en la línea de soplado. En el capítulo anterior ya se desarrolló la primera fase del ciclo PDCA que corresponde a Planear; ahora, se continuará con las fases posteriores que permiten exponer las acciones que impacten en las causas identificadas, verificar que la propuesta cumpla la función de mejora del proceso, y finalmente proponer medidas para asegurar la sostenibilidad de lo puesto en marcha previamente.

4.1 HACER (DO)

En esta fase se realizará el despliegue de las principales contramedidas determinadas en la tabla 11. Esto permitirá realizar los cambios necesarios para luego evaluar su impacto dentro del proceso de producción, a fin de documentar los nuevos métodos o desarrollar nuevos.

4.1.1 Incorporación de la operación de cernido

Parte de los problemas a atacar consistía en la necesidad de retirar el polvillo presente luego de la operación de remolido; es por ello que se propone la incorporación de una fase previa a la alimentación de la tolva: el cernido automático. Esta etapa permitirá la separación del material remolido, obteniendo sólo las partículas de mayor tamaño que son las ideales para el proceso de producción, evitando así la proliferación por puntos negros.



*Figura 33. Cernidora. Imagen referencial
Fuente: Web*

De la mano del programa 5S, el cual se mencionará después, se independizará la labor de limpieza, de manera tal que los operarios puedan dedicarse a atender su zona de trabajo y esta labor quede en manos del molinero.

Además, de manera que también se pueda utilizar como unas de las contramedidas propuestas, se propondrá crear un ambiente de trabajadores polivalentes, esto permitirá que diferentes personas puedan aprender la nueva operación y atender otras que sean necesarias durante el desarrollo normal del proceso de producción, tales como el ajuste de parámetros en las máquinas; donde se resolverán situaciones generales y no especializadas, pues estas últimas corresponden el área de mantenimiento.

Actualmente se tiene, para la línea de soplado, un aproximado de 15 operarios por turno: 12 maquinistas (operarios de máquina), 1 regulador, 1 ayudante de regulación y 1 molinero (encargado de operar el molino). En base a este escenario puede calcularse una tasa de polivalencia de la sección, utilizando el criterio de la tabla siguiente:

Tabla 12. Criterios de ponderación para polivalencia.

Nivel	Definición
Nivel 1	Necesita capacitación para dicha tarea
Nivel 2	Está capacitado básicamente para dicha tarea
Nivel 3	Está calificado y no necesita ayuda
Nivel 4	Experto en la tarea y puede capacitar

Fuente: Elaboración propia.

Excluyendo del conteo la función de mantenimiento propia del regulador, obtenemos los procesos de remolido, cernido, operación de máquina y ajuste de parámetros. Además, para el cálculo sólo se consideran a los operarios de las máquinas y al de remolido, pues los encargados de regulación poseen un plan de trabajo compartido con el área de mantenimiento por lo que su inclusión deberá ser materia de acuerdo entre ambas áreas. De tal manera que para el análisis se tendrán en cuenta un total de cuatro procesos y trece trabajadores. A continuación, se procede a realizar la ponderación de polivalencia, individualmente, a efecto de determinar la puntuación total y trabajar sobre esta. La tabla 13 lo resume.

Tabla 13. Matriz de polivalencia

Operario	Operación de máquina	Remolido	Cernido	Ajuste de parámetros	Puntuación Total
Operario 1	3	2	3	3	11
Operario 2	3	2	3	2	10
Operario 3	3	2	1	1	7
Operario 4	4	1	1	2	8
Operario 5	3	1	1	1	6
Operario 6	3	1	2	2	8
Operario 7	3	1	3	1	8
Operario 8	3	2	3	1	9
Operario 9	4	2	2	1	9
Operario 10	3	3	2	2	10
Operario 11	2	3	2	2	9
Operario 12	2	2	3	2	9
Operario 13	1	4	3	3	11
Puntuación Total	37	26	29	23	115

Fuente: Elaboración propia.

Por ejemplo, para el operario 4 se evidencia que el proceso de operación de máquina es el que más domina, teniendo muy poca experiencia en los demás, de lo que se desprende su puntuación total de 8 puntos. Se puede calcular la puntuación media, y el porcentaje de procesos para los que está calificado cada operario; como también, el porcentaje de operarios calificados para cada proceso (tabla 14 y 15).

Tabla 14. Porcentaje de calificación por operario.

Operario	Puntuación media	N° procesos para los que está calificado	% procesos para los que está calificado
Operario 1	2.75	3	75%
Operario 2	2.50	2	50%
Operario 3	1.75	1	25%
Operario 4	2.00	1	25%
Operario 5	1.50	1	25%
Operario 6	2.00	1	25%
Operario 7	2.00	2	50%
Operario 8	2.25	2	50%
Operario 9	2.25	1	25%
Operario 10	2.50	2	50%
Operario 11	2.25	1	25%
Operario 12	2.25	1	25%
Operario 13	2.75	3	75%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Porcentaje de operarios calificados por proceso.

Proceso	Puntuación media	Nº operarios calificados para el proceso	% operarios calificados para el proceso
Operación de Máq.	2.85	10	77%
Remolido	2.00	3	23%
Cernido	2.23	6	46%
Ajuste de parámetros	1.77	2	15%

Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo anterior, se puede calcular:

$$TP = \frac{(3+2+1+1+1+1+2+2+1+2+1+1+3)}{13 \times 4} = 0.40$$

$$\% \text{Trab. Poliv.} = \frac{6}{13} = 0.46$$

Actualmente se cuenta con una polivalencia de 40% en la línea de soplado, esto es un buen indicio y se explica debido a que la mayoría de los trabajadores tienen bastante tiempo en la compañía y han pasado por diferentes puestos a lo largo de su trayectoria.

2019 - I		Línea de Soplado												
C: Puede realizarlo con ayuda B: Puede realizarlo solo A: Puede enseñar a otros		Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5	Operario 6	Operario 7	Operario 8	Operario 9	Operario 10	Operario 11	Operario 12	Operario 13
Operación de máquina	Llenado de tolva	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	B	B	C
	Retiro de sobrante	B	A	A	A	A	B	B	B	A	B	B	B	C
	Identificación de defectos	B	B	B	A	B	A	B	B	A	A	B	B	C
	Clasificación de envases	A	B	B	A	B	B	B	A	A	B	B	A	B
Remolido	Clasificación de material	B	B	B	B		C	C	B	B	A	A	B	A
	Remolido de material	B	B	B	C	C	C		B	B	A	A	B	A
	Aislamiento de material de diferente color	A	B	B		C			B	B	B	B	B	A
Cernido	Selección de material	A	A	B	C	C	B	A	A	B	B	B	B	A
	Cernido de material	B	B		C	C	B	B	B	B	B	B	A	B
Ajuste de parámetros	Inspección de líneas de agua	A	B	B	B	C	B	B	B	C	B		B	A
	Inspección de estado de la cabina	A	B	B	B	C	B	B	C	C	B	B	B	A
	Inspección de conexiones en general	B	A	C	B		B	C	C		B	B	B	B
	Inspección de armario del tablero	B	B	B		C	B	B				B	B	B
	Revisión de conexiones	B	B		C		C		C	C	B		C	B

Figura 34. Tablero de polivalencia. Fuente: Calidad y Soldadura (2019). Elaboración propia.

Además, casi la mitad de los trabajadores son polivalentes, lo cual es una ventaja para reducir el tiempo de la curva de aprendizaje en la incorporación de nuevas operaciones, como el caso del cernido, que realmente es una tarea de poca complejidad. A partir de estos datos se puede construir un tablero de polivalencia, el cual muestra un mapeo general de la situación de polivalencia en la línea de soplado. El tablero de polivalencia (figura 34) muestra una visión global del estado de capacitación de los trabajadores en la línea de soplado para cada proceso y subproceso. Es importante considerar que los trabajadores calificados como A deberán ser los líderes en la enseñanza de las diferentes operaciones que dominan; además, los que se encuentran con calificación B pueden ser la segunda línea de fuerza para el impulso de la enseñanza de las nuevas destrezas; finalmente, los calificados como C serían, principalmente, los seleccionados a recibir la inducción de las nuevas tareas a realizar y podrán ascender a las otras escalas. Un punto importante a tener en cuenta es que no es necesario poner la mira en un 100% de polivalencia en la sección. También se debe reconocer el aumento de la presión al tener los trabajadores mayor responsabilidad, por lo cual, deben existir medidas que compensen esta situación y no representen una disconformidad para ellos. Estas dos medidas, la inclusión del cernido y la polivalencia, deben ir de la mano para garantizar la sostenibilidad de la propuesta en pro de la reducción de productos defectuosos.

4.1.2 Implementación del modelo 5S

Es importante mencionar que la implementación de esta herramienta servirá para sentar un precedente en la empresa; además de ayudar a forjar las bases de la aplicación de otras metodologías de mejora, al ser pieza fundamental de la manufactura esbelta. La herramienta se aplicará al área de trabajo de cada operario en la línea de soplado.

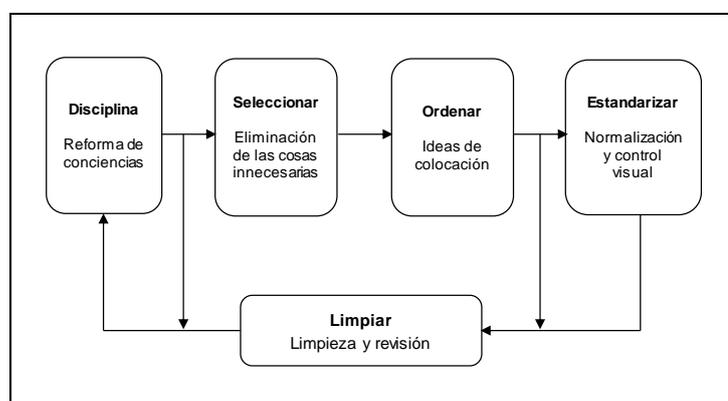


Figura 35. Despliegue de las 5S. Fuente: Elaboración Propia

La figura 36 da cuenta de la relación entre el ciclo PDCA y las 5S, ambas metodologías iterativas en pro de la mejora continua. Esta figura representa una buena referencia para una consecución de pasos directamente vinculados a cada fase del ciclo utilizado en este trabajo. Es importante que se integre un equipo de 5S conformado por personas de diferentes rangos, por lo que se sugiere en primera instancia al Jefe de Producción y Mantenimiento, Analista de Producción, Asistente de Producción, Asistente de Calidad y dos operarios (uno con mucha experiencia dispuesto a aportar con la mejora y otro con poco tiempo dentro de la empresa); en general, personas con el compromiso de cambiar el estado actual de las cosas en beneficio de su propio trabajo y del de los demás.

Se puede apreciar que la fase de “Planificar” está vinculada a una estrategia de implementación, educación, evaluación y definición de un área sobre la cual lanzar las 5S. Todo esto involucra un plan de concientización y lineamientos generales, previos a la toma de acción. En segundo lugar, “Hacer” ocupa el desarrollo y/o puesta en marcha de las 5S: Seleccionar o Clasificar (Seiri), Ordenar (Seiton), Limpiar (Seiso), Limpieza (Seiketsu) y Disciplina (Shitsuke). Cada una de estas etapas se disgrega en múltiples pasos expuestos posteriormente. A continuación, la fase “Verificar” plantea una vinculación directa con la mejora continua presente en las 5S, e invita a la medición y análisis, así como a la comparación, con otras áreas de la empresa. Además, el benchmarking con empresas líderes podría ser una opción a seguir una vez la implementación sea sostenible y presente avances palpables dentro de cierto horizonte de tiempo. Sumado a esto, se incita a que la empresa intercambie experiencias con otras, generando una suerte de valor compartido en materia de 5S. Finalmente, “Actuar” involucra una creación de cultura de orden y limpieza apoyada en la interiorización de los hábitos desarrollados cada día de trabajo, así como la celebración del éxito de la instauración de este modelo.

Otra manera de conectar las 5S con el ciclo PDCA es generando la iteración del ciclo para cada una de las etapas de las 5S, tal como lo desarrolla Parrado (2016) en su tesis “Aplicación de la metodología LEAN 5S en la mejora de los niveles de seguridad de un laboratorio industrial”. En este trabajo despliega cada una de las S y a partir de ellas recorre toda la rueda del ciclo de mejora continua. Esta forma de trabajo, si bien ocupa mayor cantidad de tiempo, puede ser muy útil para garantizar la efectividad del método en espacios donde el orden y la limpieza ocupan un papel crucial, como es el caso de un laboratorio industrial.

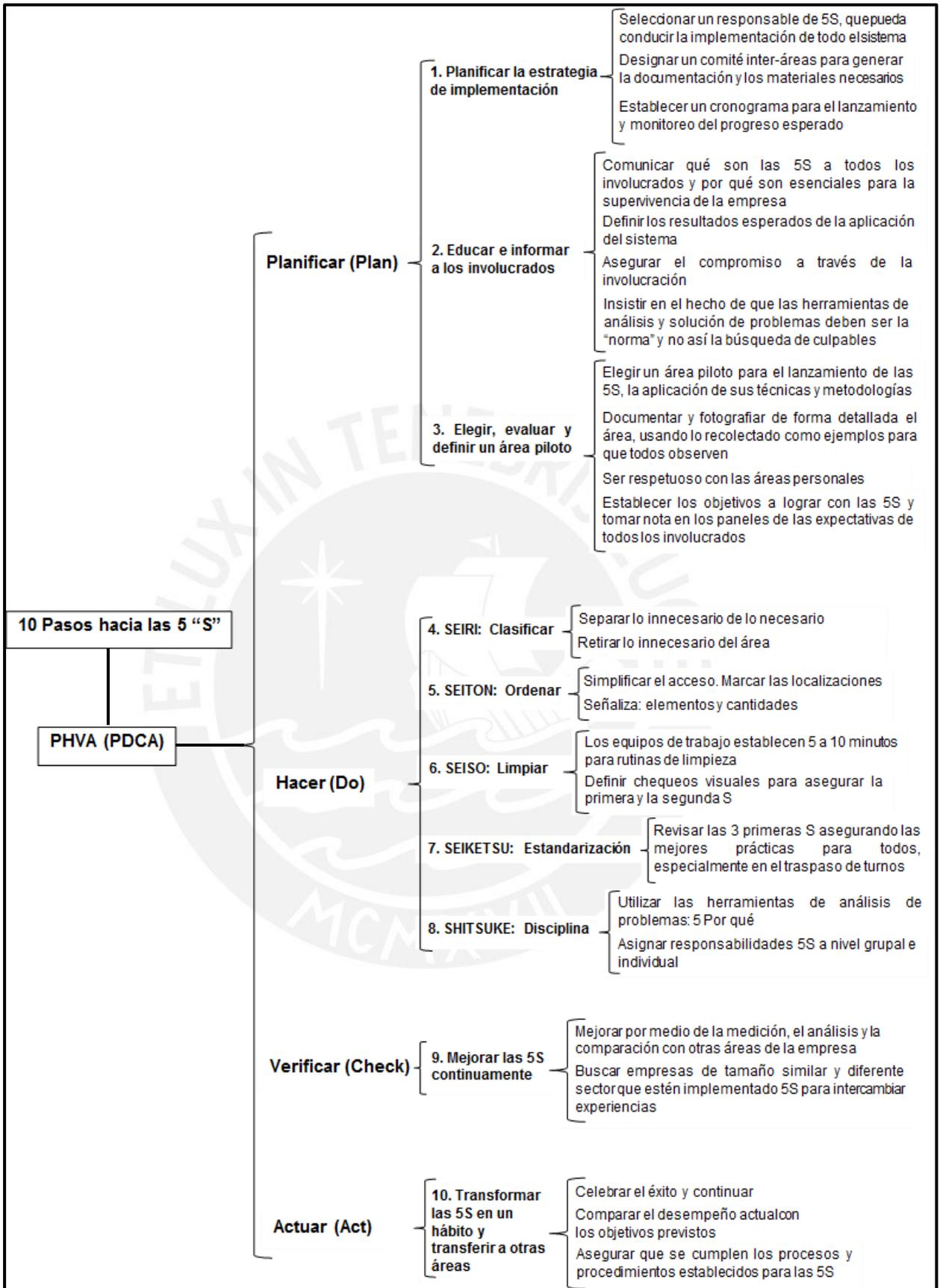


Figura 36. Relación entre el ciclo PDCA y las 5S. Elaboración propia.
Fuente: www.actiongroup.com.ar

4.1.2.1 Diagnóstico Inicial

Antes de la aplicación se sugiere un diagnóstico de la situación actual, en donde lo más resaltante es la falta de orden en las mesas de trabajo de los operarios, tal como se puede apreciar en la figura 37.



Figura 37. Situación actual de las mesas de trabajo de la línea de soplado.

A efectos de buscar su mayor comodidad, los operarios dejan las bolsas de empaque lo más cerca posible, muchas veces en el piso o en zonas que impiden el paso alrededor de su área de trabajo, pudiendo ocasionar accidentes y contaminando el material que luego es introducido en estos empaques. Además, se puede evidenciar los residuos de material a veces regados por el piso, esto debido a que no se realiza de manera planificada una adecuada limpieza del área de trabajo, sino más bien una vez que este se acumula. La disposición de las mesas de trabajos tampoco es la más adecuada ya que nuevamente compromete la seguridad de los trabajadores pudiendo sufrir un accidente por atrapamiento ante un eventual sismo o estado de emergencia en la planta.

El aumento de la demanda, los reajustes en las máquinas, la inclusión de nuevo personal y el crecimiento en general de la empresa han repercutido en el estado de la planta, descuidando la disposición de esta, el mantenimiento de las máquinas, la limpieza y el orden de las zonas de trabajo en las líneas de producción. Debido a todo esto, se ha propiciado el ambiente necesario para que se den fallas de calidad, paradas de máquina, y otras circunstancias muy difíciles de medir completamente. Afortunadamente, los productos defectuosos representan la mayoría de estos eventos en planta, por ende, este estudio permite atacar directamente al grueso de los problemas.

Es importante recalcar que antes, durante y después del proceso de implementación de las 5S, se pueden presentar ciertas tendencias de resistencia al cambio por parte de los trabajadores que generalmente priorizarán el funcionamiento de las máquinas y la producción de envases por encima de la metodología correctamente aplicada. Es por ello que en este punto es vital la correcta propagación de las intenciones de la empresa con la instauración de este modelo de mejora, a fin de que todo el personal esté consciente de lo que se busca con esta práctica, de que entiendan de que esta aplicación es en pro de una manera más adecuada y fácil de realizar su trabajo, pese a que en primera instancia necesitarán acostumbrarse al cambio. Por otro lado, es importante también que la gerencia tenga en cuenta que los primeros pasos de la implementación serán complicados y que la cuota de producción podría disminuir levemente; sin embargo, una vez que el modelo sea interiorizado y asumido como parte normal del proceso, la tendencia será hacia el incremento. La concientización persigue el involucramiento en base a evidencias de casos de éxito, como también de accidentes o deficiencia en el trabajo por no tomar conciencia de la importancia de todo esto. Se busca que la metodología sea entendida e interiorizada como un cambio de pensamiento evidenciado en conductas nutritivas al trabajo y la vida cotidiana, con potencialidad en la mejora continua.

4.1.2.2 Seleccionar o Clasificar (Seiri)

Utilizaremos el concepto de “sólo lo necesario, sólo la cantidad necesaria y sólo cuando se necesita”; para ello, se contará con la información proporcionada por el operario sobre el conocimiento del material y así poder decidir de manera adecuada el destino de los objetos. Los enemigos grandes de la selección vienen cuando se utilizan frases como “por si se necesitan”, “por si acaso” o “por mientras”. La siguiente figura, dará cuenta del criterio de selección a utilizar:

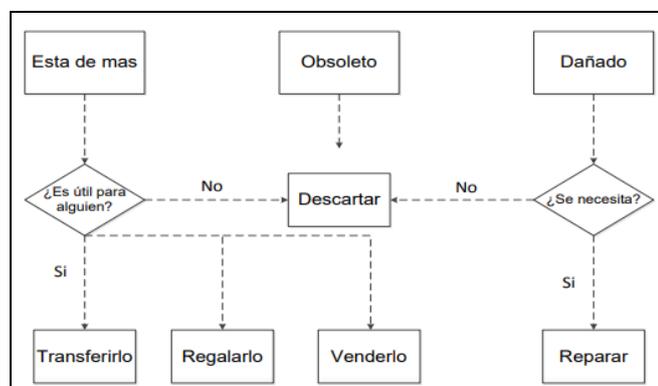


Figura 38. El proceso de las 5's en acción.
Fuente: Socconini & Barrantes

Para fines prácticos de la primera S, se designará un líder de la labor que será el Analista de Producción, quien recogerá toda la información trasladada por los colaboradores. Se procederá a hacer uso de las *tarjetas naranjas* (figura 39) para asignárselas a los elementos innecesarios de las zonas de trabajo. De esta manera el procedimiento a seguir será el siguiente:

- Asignar un lugar temporal para colocar los objetos innecesarios. “Zona de Innecesarios”
- Colocar Tarjeta naranja al objeto y describirlo, por el colaborador.
- Trasladar los objetos a la Zona de innecesarios, por el colaborador o líder
- Registrar en un listado de Innecesarios, por el líder.
- Indicar la disposición, por la jefatura.
- Realizar seguimiento de la disposición del innecesario, por el líder.
- Comunicar el avance, por el líder.

TARJETA DE INICIATIVA	
FECHA DE CREACIÓN: De acuerdo a lo que indica	Nº DE SOLICITUD:
DESCRIPCIÓN: Breve descripción del por qué se está colocando la tarjeta	
UBICACION: Dónde está ubicado	
REPORTANTE: Quién reporta la tarjeta	
CODIGO: Código de la persona	
FECHA DE CREACIÓN: De acuerdo a lo que indica	Nº DE SOLICITUD: De acuerdo a lo que indica
DESCRIPCIÓN: Breve descripción del porque se está colocando la Tarjeta	
UBICACION: Dónde está ubicado	
REPORTANTE: Quién reporta la tarjeta	
CODIGO: Código de la persona	
SUBCATEGORÍA	
SEGURIDAD	X
SS	
MEJORA (AHORROS Y PRODUCTIVIDAD)	
RAZÓN	
NO SE NECESITA	
NO SE NECESITA PRONTO	
ESTRUCTURA O MATERIAL CON DEFECTO	
ESTRUCTURA O MATERIAL DESCOMPUESTO	
RIESGO ELÉCTRICO	X
RIESGO MECÁNICO	
RIESGO DE INCENDIO	
DERRAMES O FUGAS	
ATRAPAMIENTO	
RUIDO	
VIBRACIONES	
RADIACIONES	
OTRO (ESPECIFIQUE)	

Figura 39. Tarjeta Naranja.
Tomado de Qroma.

posición que indiquen en qué máquinas, donde se desempeñan mejor, se deben acoplar. Este proceso de ordenamiento se realizará siguiente el criterio de ordenación exhibido en la figura 41.

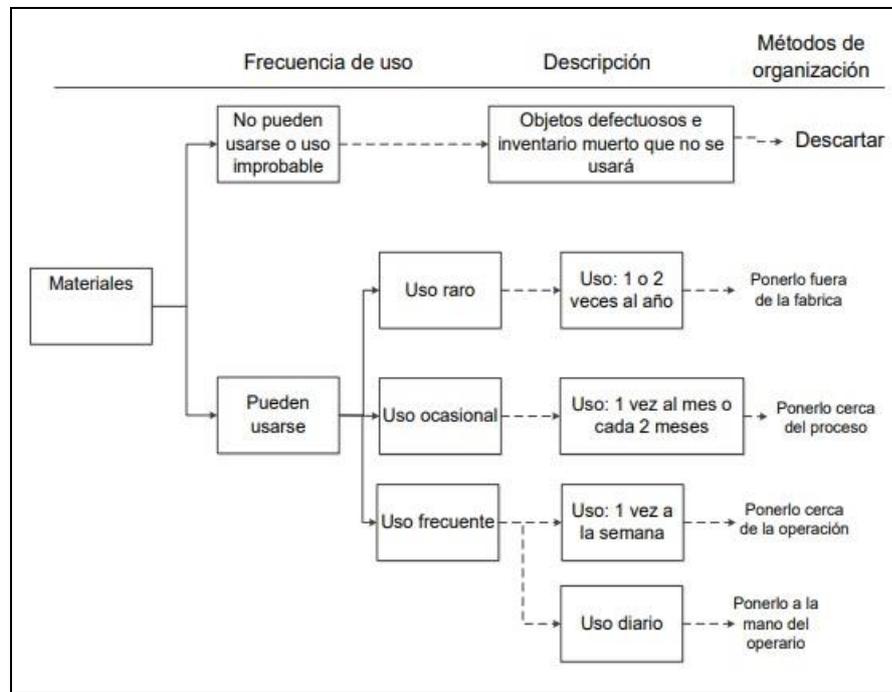


Figura 41. Criterios de ordenamiento - El proceso de las 5's en acción.
Fuente: Socconini & Barrantes (2005)

Los principios que aplicar para encontrar las mejores ubicaciones para plantillas, herramientas y útiles deben considerar:

- Lo que más se usa, más cerca; lo que menos se usa, puede estar más lejos.
- Lo más pesado, abajo; lo más liviano, arriba.
- Almacenar juntos los elementos que se usan juntos y aquellos que tienen función similar
- Identificar o demarcar el lugar donde se va a ubicar
- Garantizar su disposición y retorno al mismo lugar luego de ser usadas

Es importante estudiar cómo guardas las cosas funcionalmente, es decir tomando en cuenta la calidad, seguridad, eficiencia y conservación, debe haber facilidad para ser localizado por cualquiera, extraer y devolver a su lugar, así como poder detectar faltantes y quién lo tiene. Se debe cuidar, además, el aspecto de poder definir nombre y/o números que indiquen la ubicación para cada elemento, así como definir sistemas

sencillos que se encuentren al alcance del entendimiento de todos. Para esto se recomienda el uso de etiquetas visibles, códigos de colores, luces diagramas, etc.

Otra forma de ordenamiento corresponde al principio de las 3R (right thing, right place y right quantity) que señalan, correspondientemente, el objeto correcto que se va a emplear en la tarea, el sitio correcto, así como el método, manera y lugar; y la cantidad correcta necesaria para el artículo en cuestión.

4.1.2.4 Limpiar (Seiso)

Basada en el concepto de “es mejor no ensuciar que limpiar”. El objetivo de este paso es identificar y eliminar las fuentes de suciedad, realizando al mismo tiempo una inspección. Se realiza la limpieza para facilitar las labores propias y las de los demás, manteniendo un ambiente de trabajo seguro y agradable. La tercera S puede parecer bastante simple: limpiar; pero en la práctica comprende muchas actividades. Significa eliminar del lugar del trabajo el polvo, suciedad y todo lo que no debe estar allí, manteniendo todo en las mejores condiciones posibles en un constante control y cuidado pues es justo el control la esencia de la limpieza. Mediante la identificación de los focos de contaminación se procede a generar un plan de acción para eliminarlos o reducirlos, que luego debe desencadenar en un programa de limpieza. Para lograrlo se quiere listar lo que se debe limpiar, definir métodos de limpieza y establecer frecuencias y responsables. En el área de trabajo de cada operario de soplado se puede observar generalmente resto de material o de masterbatch (figura 42) que permanecen allí hasta el cambio de turno e incluso un día completo. Se debe trabajar sobre procedimientos que promuevan al trabajador el constante mantenimiento adecuado de su zona de trabajo.



Figura 42. Residuos en piso, área de soplado - Fuente: Empresa en estudio

La limpieza de la máquina debe realizarse por el operario según el turno de trabajo, previa aprobación del regulador del óptimo funcionamiento de la máquina:

- Apagar y bloquear la máquina durante la limpieza de tal manera que se eviten accidentes
- Limpiar la tolva de alimentación
- Limpiar la cabina de la máquina
- Barrer y recoger los residuos de material que caen al piso producto del proceso de remolido y colocarlos en tachos destinados para dicho fin
- Retirar la suciedad o contaminantes del material a procesar

La documentación del programa de limpieza se muestra en la figura 44, y deberá ir siendo actualizado conforme a las necesidades reales evidencias en las labores diarias de trabajo. Además, se deberá realizar seguimiento a la situación de limpieza que se presente en el área según cada intervalo de tiempo asignado. Será importante realizar la rotación de personal a todas las máquinas; además, para efectos de verificación, se hará uso de un formato de hoja de verificación de orden y limpieza para revisar el avance en la concientización de la tercera S.

4.1.2.5 Estandarizar (Seiketsu)

Esta S se basa en el concepto de “Di lo que haces, haz lo que dices y demuéstalo”, y su objetivo es lograr que los procedimientos, prácticas y actividades antes mencionadas se ejecuten consistentemente y de forma regular para asegurar que la 1S, 2S y 3S sean mantenidas en el área de trabajo. También se puede buscar consolidar las tres primeras etapas mediante el sistema visual de control considerando que un estándar debe colocarse en un lugar visible y debe ser fácil de entender por todos.

Tabla 16. Colores para partes de máquina.

Parte	Color
Cuerpo de máquina, partes fijas y guardas	Verde pálido
Partes peligrosas de la máquina	Naranja
Esquinas o bordes expuestos sin guardas	Amarillo
Controles o fuentes de poder	Azul
Superficies metálicas	Aluminio

Fuente: American Standard Association. Elaboración propia

Se utilizarán los colores recomendados por la American Standard Association (ASA) para máquinas y equipos según la tabla 16.

Para esta etapa, además, se cree conveniente las reuniones semanales de cinco minutos que sean de carácter informativo y den cuenta de los avances en la implementación, así como la necesidad del compromiso de los trabajadores. En estas reuniones los integrantes podrán comentar acerca de los impedimentos que encuentren para la correcta realización de las 5S dejando constancia de ello en un acta de reunión de 5S (figura 43).

Estas problemáticas se podrán subdividir en medio ambiente, método, material, mano de obra (cuando se refiera a personas) y maquinaria; lo cual generará un nuevo diagrama causa-efecto exclusivo de 5S. En base a esta información y a su trazabilidad se podrán determinar las causas y tomar medidas correctivas para seguir garantizando el correcto despliegue de la metodología.

ACTA DE REUNIÓN 5S	
Fecha	
MEDIO AMBIENTE	
MATERIAL	
MANO DE OBRA	
MÉTODO	
MAQUINARIA	
FIRMANTES	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Figura 43. Acta de reunión 5S.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se adopta la idea de otros casos de estudio, en donde el involucramiento de un agente ajeno al área puede derivar en observaciones y recomendaciones a la labor hecha por los operarios, y así, poder comentar posibles errores o fallos que quienes se encuentran laborando años en las mismas actividades, no pueden notar.

4.1.2.6 Disciplina (Shitsuke)

Basada en el precepto de “convertir las 4S en un hábito”, su objetivo es lograr que las actividades de las 4S en conjunto se vuelvan parte normal del desarrollo de las actividades cotidianas de los trabajadores e incluso logren integrar parte de su vida fuera del trabajo pues trabajar permanentemente con este programa en la vida diaria, con compromiso y dedicación, da cuenta de la disciplina de cada uno. En el momento en que se logra convertir a las 4S en una forma natural de actuar, el proceso y las personas se encuentran caminando hacia la mejora continua. La metodología 5S es un estilo de vida, una cultura de hábitos y actitudes hacia el orden y limpieza en nuestra vida cotidiana. En la empresa si bien se tienen horarios específicos para el desarrollo de actividades del programa 5S, este se desarrolla en forma permanente, en todo momento.

Se proponen muchas formas de mantener la disciplina:

- Campañas de promoción
- Proporcionar capacitación continua
- Asegurar el entendimiento
- Promover la filosofía de que todo puede hacerse mejor

Algunos de los beneficios son:

- Menos movimientos y traslados inútiles
- Menor tiempo para el cambio de herramientas
- Orgullo del lugar en el que se trabaja
- Mayor cooperación y trabajo en equipo
- Mayor compromiso y responsabilidad
- Mayor conocimiento del puesto

Parte de esta etapa consiste en organizar las auditorías y el sistema de evaluación constante. Las auditorías propuestas se deben llevar a cabo cada 15 días, será importante considerar dentro del grupo evaluador tanto a jefes, asistente y operarios; además de la inclusión de personas que no pertenezcan al área para de esta manera poder tener una visión objetiva de la situación. A continuación, se presenta una propuesta de formato de auditoría para la evaluación del programa 5S (figura 45), así como un cronograma tentativo de la implementación de las 5S (figuras 46 y 47).

4.1.3 Diseño de experimentos (DOE)

Se procede a identificar los factores relacionados a los productos defectuosos (deformados y contaminados), los cuales son: presión de aire, temperatura, diseño del molde, destreza del operario, y cantidad de remolido. En muchos casos de productos deformados se procede a regular la presión de aire para contrarrestar los defectos, además de ajustar la temperatura.

Además, la cantidad de remolido añadida al material virgen, desempeña un papel fundamental dentro de las causas de productos contaminados; por esto se consideran estos tres factores para la aplicación del DOE. No se puede incluir el diseño del molde por tratarse de una variable cuyo cambio implica inversiones significativas de dinero.

Finalmente, la destreza del operario es tratada en la aplicación de programas de entrenamiento en base a la polivalencia y las 5S ya comentadas, esto se resumen a continuación.

Tabla 17. Factores utilizados para DOE

Factor	Asignación
Porcentaje de remolido	A
Temperatura	B
Presión de aire	C

Fuente: Elaboración propia

AUDITORIA DE CUMPLIMIENTO - PROGRAMA 5S						
Área:		Fecha auditoría:		Hora inicio:		Hora final:
Zona:		Responsable:				
ETAPA	FACTORES A EVALUAR	PUNTAJE		ITEM	OBSERVACIONES	
		FACTOR	%			
SELECCIONAR	¿No existen artículos, equipos, materiales, etc. malogrados?					
	¿No existen artículos, equipos, materiales, etc. obsoletos?					
	¿No existen artículos, equipos, materiales, etc. innecesarios?					
	¿Faltan artículos necesarios?					
ORGANIZAR	¿Hay un lugar para cada cosa?					
	¿Está cada cosa en su lugar?					
	¿Las cosas están ubicadas en base a su frecuencia de uso?					
	¿Están todas las cosas identificadas?					
	¿Están señalizadas las áreas, letreros de emergencia, etc.?					
LIMPIAR	¿Está todo fácilmente accesible?					
	¿No hay residuos de polvo en los equipos, materiales, escritorios, etc.?					
	¿No hay basura, papeles, residuos, plásticos, etc.?					
	¿Las máquinas, mesas y tachos están pintados?					
ESTANDARIZAR	¿El personal está aseado, sus uniformes limpios?					
	¿Están limpios los pisos, paredes, tuberías, ventanas, techos?					
	¿Se realizan periódicamente actividades de selección de artículos, equipos, materiales, etc. sobrantes, defectuosos, inservibles y obsoletos?					
	¿Se realizan periódicamente actividades de ordenamiento de los artículos en uso?					
	¿Se realizan periódicamente actividades de limpieza y mantenimiento de pintura?					
	¿Existe el control visual para herramientas, equipos, archivos, etc.?					
	¿El trabajador participa en la elaboración de los estándares a cumplir en el Programa 5S?					
DISCIPLINA	¿Se cuenta con responsables de mantener y verificar el cumplimiento de Estandarizar?					
	¿Se realizan las actividades del Programa 5S de acuerdo a lo planificado, de manera natural sin necesidad que el Jefe esté recordándolo?					
	¿El personal usa correctamente el uniforme?					
	¿El personal conoce el Programa 5S, sus etapas y cómo se planifica su Área al respecto (preguntar a dos personas del área para verificar)?					
	¿Se tiene menos observaciones en esta Auditoría con respecto a la anterior?					
	¿Se ha cumplido, en las fechas planificadas inicialmente, los levantamientos de las observaciones de la última auditoría?					
	¿El Jefe del área participa activamente del Programa 5s y da el ejemplo con sus acciones?					
TOTAL PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO						

Puntaje y base de calificación para evaluar cada factor	
0	No evidencia avance en el factor evaluado
2	Muestra avances iniciales en el proceso y/o lo avanzado tiene muchos aspectos por mejorar
3	Se han realizado las actividades correspondientes pero con algunos aspectos por mejorar
4	El factor evaluado está suficientemente cumplido
5	El factor evaluado se ha cubierto en un nivel óptimo y muestra una situación superior

Peso relativo de las etapas del Programa 5S	
0.1666	Seleccionar
0.1666	Organizar
0.1666	Limpiar
0.2500	Estandarizar
0.2500	Disciplina

Audidores

Responsable

Figura 45. Modelo para auditoría de programa 5S. Fuente: Elaboración propia

Actualmente el rango de la presión es de 4 a 8 Bar, el de la temperatura de 180 a 220°C y la cantidad de remolido varía entre 40% y 60% del total de material ingresado en cada alimentación de la tolva. Se determina realizar dos réplicas y 40 envases por réplica; asimismo, se realizan ensayos y se evalúan los productos obtenidos con un puntaje desde el 1 (producto con excesivos defectos) al 10 (producto sin defectos) por parte de un panel de 10 personas: el jefe de producción y mantenimiento, jefe de calidad, analista de producción y dos operarios por turno; además de un regulador de máquina, con lo que se obtiene los valores promedios de la siguiente tabla:

Tabla 18. Valores obtenidos por factores de diseño.

Combinaciones de Tratamientos	Factores de Diseño			Valores observados	
	A	B	C	Replica I	Replica II
-1	-1	-1	-1	88	90
a	1	-1	-1	93	89
b	-1	1	-1	58	56
ab	1	1	-1	30	30
c	-1	-1	1	70	74
ac	1	-1	1	57	56
bc	-1	1	1	85	74
abc	1	1	1	65	66

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el DOE, se hará uso del software Minitab, el cual luego de ingresar los datos y realizar las operaciones necesarias arroja lo siguiente:

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	6659.44	951.35	65.89	0.000
Lineal	3	6184.69	2061.56	142.79	0.000
Remolido	1	2280.06	2280.06	157.93	0.000
Temperatura	1	2626.56	2626.56	181.93	0.000
Presión	1	1278.06	1278.06	88.52	0.000
Interacciones de 2 términos	3	460.69	153.56	10.64	0.004
Remolido*Temperatura	1	105.06	105.06	7.28	0.027
Remolido*Presión	1	22.56	22.56	1.56	0.247
Temperatura*Presión	1	333.06	333.06	23.07	0.001
Interacciones de 3 términos	1	14.06	14.06	0.97	0.353
Remolido*Temperatura*Presión	1	14.06	14.06	0.97	0.353
Error	8	115.50	14.44		
Total	15	6774.94			

Figura 48. Resultados Análisis de Varianza I. Remolido, Temperatura, Presión.
Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que el valor p (p-value) de la interacción “Remolido*Presión” es mayor que 0.05 por lo cual podemos retirarla (y a las interacciones donde aparezcan) ya que no son estadísticamente significativas. Luego de hacer esto, se vuelve a correr el modelo y se obtiene:

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	6622.81	1324.56	87.07	0.000
Lineal	3	6184.69	2061.56	135.52	0.000
Remolido	1	2280.06	2280.06	149.88	0.000
Temperatura	1	2626.56	2626.56	172.66	0.000
Presión	1	1278.06	1278.06	84.01	0.000
Interacciones de 2 términos	2	438.13	219.06	14.40	0.001
Remolido*Temperatura	1	105.06	105.06	6.91	0.025
Temperatura*Presión	1	333.06	333.06	21.89	0.001
Error	10	152.12	15.21		
Falta de ajuste	2	36.62	18.31	1.27	0.332
Error puro	8	115.50	14.44		
Total	15	6774.94			

Figura 49. Resultados Análisis de Varianza II. Remolido, Temperatura, Presión.
Fuente: Elaboración propia.

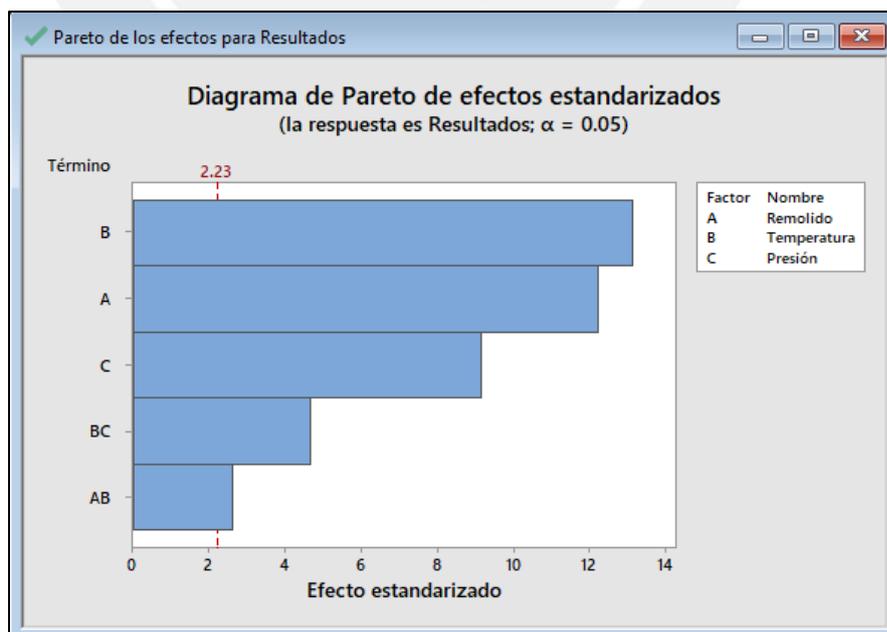


Figura 50. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.
Fuente: Elaboración propia.

El Diagrama de Pareto obtenido da cuenta de la significancia de cada factor y sus interacciones, las barras que sobresalen de la línea de referencia implican elementos y combinaciones que son más significativas. En este caso la temperatura y el remolido son de gran importancia de manera individual, pero su interacción prácticamente no genera impacto. Ahora, se realiza el gráfico de interacciones:

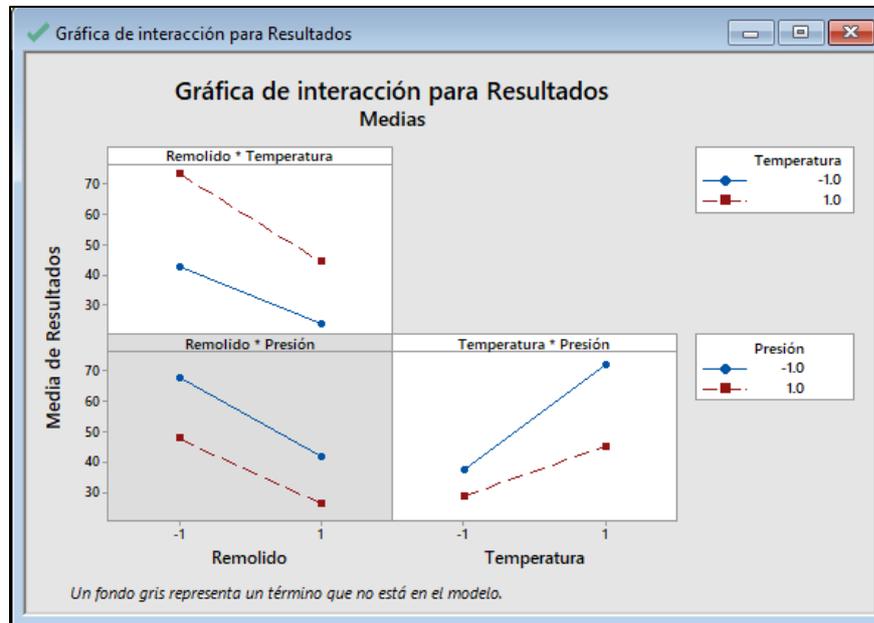


Figura 51. Gráfico de interacciones. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar las interacciones “Remolido*Temperatura” y “Temperatura*Presión” no son paralelas, por lo cual se demuestra su relevancia. Luego, se realiza el gráfico de efectos principales como se aprecia en la figura 52.

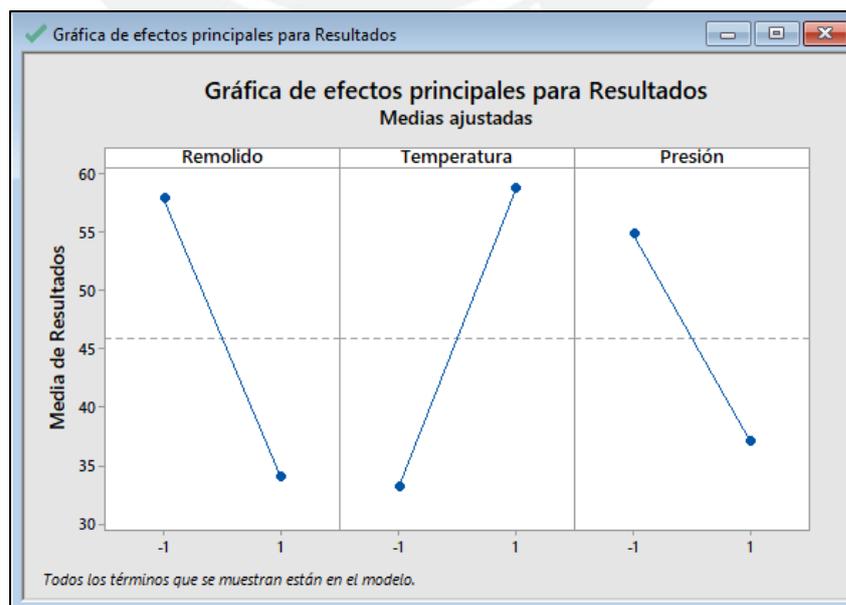


Figura 52. Gráfico de efectos principales. Fuente: Elaboración propia.

Según se puede apreciar, ninguna línea es paralela al eje x por lo cual se puede determinar que en cada caso hay un efecto principal. Finalmente, se realizará la optimización del modelo, teniendo en cuenta que al tratarse de puntajes dados lo que se busca es maximizar este valor con lo cual se obtiene la siguiente figura:

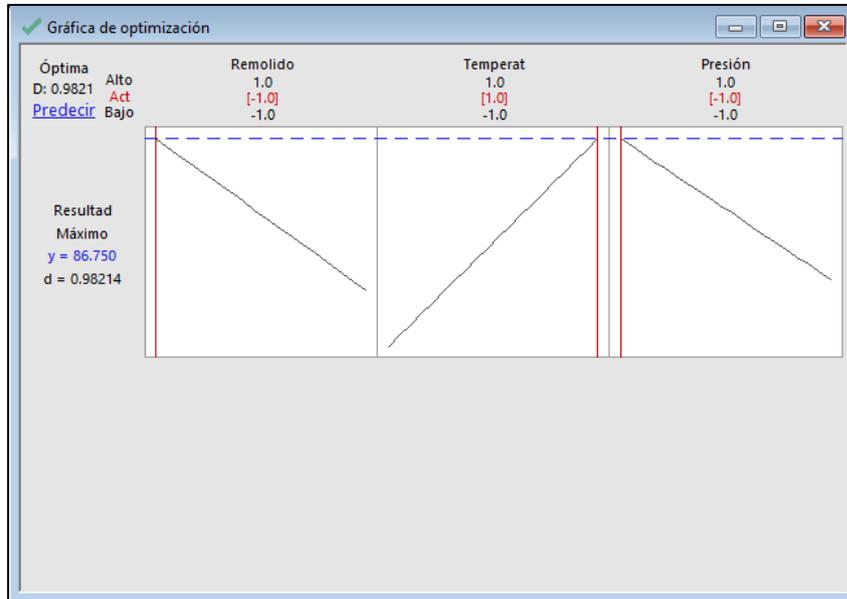


Figura 53. Gráfico de optimización. Fuente: Elaboración propia.

Se concluye a partir de la figura 53, que, para maximizar el resultado de los puntajes dados a los productos obtenidos, es decir, aquellos que presentan menos defectos, se debe usar un bajo porcentaje de remolido en la mezcla, alta temperatura y baja presión. Bajo este punto, se sugiere utilizar como máximo el 40% de remolido en la mezcla vertida a las tolvas de alimentación. Cabe recalcar que esta configuración obtenida mediante el diseño de experimentos es referencial y dependerá de la situación de la empresa luego de implementadas las mejoras mencionadas anteriormente; sin embargo, da cuenta de la combinación de factores que minimizan los productos defectuosos. Además, se debe realizar otra corrida del DOE si se quiere desplegar esta iniciativa a la línea de inyección, pues pese a tratarse del mismo material a ser usado, el modo de funcionamiento de la maquinaria es distinto y los indicadores difieren en cantidad de los de la línea de soplado estudiada en el presente trabajo.

4.1.4 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo mantiene en funcionamiento los equipos mediante la supervisión de planes a realizarse en puntos específicos. Este mantenimiento

también es conocido como mantenimiento planificado, mantenimiento proactivo o mantenimiento basado en el tiempo pues se trabaja con datos de los fabricantes o con estadísticas sobre las fallas más comunes en los equipos, aquí el término “planificado” es la base del significado del mantenimiento preventivo (Smith & Hinchcliffe, 2005, pp. 55-56). Se realiza con la finalidad de otorgarle mayor tiempo de vida útil a la maquinaria y equipos, asegurando la minimización de paradas de máquina no planificadas y maximizando el tiempo productivo.

Según Souris (1990), el mantenimiento preventivo es una función que se puede subcontratar y puede presentarse de varias formas:

- Se define por un período determinado
- Los equipos están claramente identificados
- Se especifican las horas de intervención
- Se definen claramente las relaciones entre los responsables del mantenimiento correctivo
- La sustitución de piezas y productos de consumo efectuada por fuera del programa debe estar justificada, ya que no se incluye en el contrato.

Para el caso estudiado, el mantenimiento preventivo se llevará a cabo por el personal de la propia empresa. Se procede al despliegue de un plan de mantenimiento preventivo para la máquina sopladora, expuesto en las tablas 19 y 20.

4.2 VERIFICAR (CHECK)

En esta fase se procede a la verificación de los efectos de la aplicación de la mejora. Se tomará de base una muestra de 20 lotes de producción de tamaño 250 para cada producto de la clasificación A expuesto en la tabla 10; y, mediante el uso de hojas de control, se llenarán registros identificando productos defectuosos (contaminados o deformados). La compilación de estos registros de inspección se muestra en las tablas 21, 22 y 23. Posteriormente se determinará el límite de control superior (LCS), límite de control inferior (LCI) y la línea central (LC) para cada caso, y así poder realizar los gráficos de control de cada presentación. Esta sección viene acompañada de los cálculos necesarios para calcular los valores de estos límites, además de utilizar las pruebas de normalidad respectivas para determinar la consistencia de los datos.

Tabla 19. Plan de mantenimiento preventivo - I.

Código de actividad	Descripción de actividad 2019	Frecuencia
EE01	Verificación y limpieza del sistema electrónico de variadores de velocidad de motores eléctricos síncronos y asíncronos	Anual
EE02	Mantenimiento de tarjeta / panel electrónico de máquinas	Anual
EE03	Limpieza de transductor electrónico en máquinas plastificadoras	Anual
EL01	Inspección de conexiones eléctricas en equipo y tablero. No roturas y no recalentados de cables eléctricos	Semanal
EL02	Lectura y registro de corriente de motores eléctricos de extrusora y/o bombas hidráulicas compresoras, Chiller, torre	Semanal
EL03	Limpieza de filtros de ventilación de motor de extrusora y/o tablero eléctrico	Semanal
EL04	Verificación de temperaturas zonas calefacción	Semanal
EL05	Mantenimiento de circuito eléctrico de fuerza y control y reajuste de sus conexiones. Limpieza de tablero	Semestral
EL06	Verificación de operación del transformador eléctrico de cuchillas de corte	Semanal
EL07	Medición de la resistividad de pozo a tierra de máquinas plásticas	Anual
EL08	Mantenimiento a electrobombas (agua)	Anual
EL09	Mantenimiento a motores eléctricos asíncronos extrusores y bombas hidráulicas	Bimestral
EL10	Mantenimiento de 19000 horas: Mantenimiento motor eléctrico compresor	Bimestral
EL11	Mantenimiento preventivo a la subestación eléctrica	Anual
GE01	Verificación de presiones (generada) y temperatura (de aceite), de compresoras de aire	Semanal
GE02	Verificación de temperatura Chiller y niveles en sus tanques de agua	Semanal
GE03	Verificación de niveles de tanque de agua de Torres de enfriamiento	Semanal
GE04	Verificación de niveles de aceite de lubricadores automáticos y su funcionamiento	Semanal
GE05	Verificación de temperaturas y nivel de aceite hidráulico	Semanal
GE06	Limpieza de radiador o condensadores	Semanal
GE07	Limpieza, ordenamiento y área despejada de máquina o equipo (exterior) a cargo de operario	Semanal
GE08	Mantenimiento a pozo a tierra	Trimestral
GE09	Pintado de máquinas y/o equipos	Quincenal
GE10	Limpieza, ordenamiento y área despejada de máquina o equipo (interior) a cargo de operario	Mensual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Plan de mantenimiento preventivo - II.

Código de actividad	Descripción de actividad 2019	Frecuencia
ME01	Dosificación de anticorrosivos a tanque Chiller	Quincenal
ME02	Lubricación a ejes guías deslizantes y/o giratorias	Quincenal
ME03	Lectura de presiones hidráulicas y neumáticas generales	Semanal
ME04	Lubricación de soporte con pie o brida de molino o faja transportadora	Semanal
ME05	Verificación del nivel de aceite en lubricación de unidad de mantenimiento neumático	Semanal
ME06	Verificación de nivel de aceite en caja reducción	Semanal
ME07	Verificación del estado mecánico de cuchillas o paletas de molinos, mezcladoras u otro	Semanal
ME08	Verificación de funcionamiento del sistema mecánico de probadores hermeticidad	Semanal
ME09	Mantenimiento 8000 horas: Mantenimiento y Limpieza de válvulas de compresor de tornillo lubricado.	Anual
ME10	Mantenimiento 2000 horas: Limpieza de válvulas del sistema de control, desmontaje y limpieza de enfriadores de aire y aceite.	Bimestral
ME11	Reajuste de sujeciones mecánicas de partes móviles o articulaciones en máquinas	Semestral
ME12	Verificación de estado y tensión de fajas de transmisión y/o transportadoras	Semanal
ME13	Análisis Físico Químico de aceites lubricantes hidráulicos y caja de reducción	Semestral
ME14	Mantenimiento de 4000 horas: Cambio de filtro de aire + mantenimiento de 2000 horas (compresores)	Semestral
ME15	Limpieza mecánicas de intercambiadores de calor y circuito refrigerado de zona alimentación de máquinas	Semestral
ME16	Limpieza química de circuito de agua de Chiller y torre de enfriamiento	Anual
ME17	Revisión y cambio (si requiere) de filtros de línea de presión y/o descarga de sistema hidráulico de máquinas	Anual
ME18	Verificación de fugas de aceite por empaques y/o sellos hidráulicos de máquinas (pistones, válvulas, mangueras)	Semestral
ME19	Mantenimiento 15000 horas: Cambio de kits de sellos y válvulas de compresor de aire.	Bimestral
ME20	Cambio de elemento filtro coalescente de línea de compresor de aire (8000 horas)	Anual
ME21	Mantenimiento 45000 horas. Mantenimiento unidad compresor de aire Sullair	Quincenal
ME22	Dializado de aceite	Anual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Muestra para la presentación F100169

Número de lote	Número de no conformes	No conformidad (%)
1	4	1.60%
2	6	2.40%
3	4	1.60%
4	2	0.80%
5	6	2.40%
6	4	1.60%
7	8	3.20%
8	5	2.00%
9	2	0.80%
10	4	1.60%
11	5	2.00%
12	5	2.00%
13	4	1.60%
14	6	2.40%
15	3	1.20%
16	5	2.00%
17	3	1.20%
18	6	2.40%
19	7	2.80%
20	4	1.60%

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla muestra los registros de 20 lotes de 250 envases cada uno, obtenidos del proceso de fabricación del producto F100169: F/REDONDO 1LT B50 SL BLANCO 120GR LAINA, producido en las diferentes máquinas sopladoras de la planta. Este producto se encuentra dentro de la clasificación A del análisis multicriterio realizado en capítulos anteriores, por lo cual es relevante y altamente representativo.

En base a la data obtenida se puede determinar que el promedio de los datos es igual a 1.86%, además:

$$LCS = 1.86\% + 3 \sqrt{\frac{1.86\%(1-1.86\%)}{250}} = 4.42\%$$

$$LCI = 1.86\% - 3 \sqrt{\frac{1.86\%(1-1.86\%)}{250}} = -0.70\% \approx 0.00\%$$

Tabla 22. Muestra para la presentación F100137

Número de lote	Número de no conformes	No conformidad (%)
1	2	0.80%
2	4	1.60%
3	1	0.40%
4	3	1.20%
5	2	0.80%
6	1	0.40%
7	4	1.60%
8	6	2.40%
9	2	0.80%
10	7	2.80%
11	1	0.40%
12	1	0.40%
13	3	1.20%
14	5	2.00%
15	0	0.00%
16	5	2.00%
17	0	0.00%
18	0	0.00%
19	5	2.00%
20	5	2.00%

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla muestra los registros de 20 lotes de 250 envases cada uno, obtenidos del proceso de fabricación del producto F100137: F/REDONDO 1LT B50 SL BLANCO 120GR TAP-TPN, producido en las diferentes máquinas sopladoras de la planta. Este producto se encuentra dentro de la clasificación A del análisis multicriterio realizado en capítulos anteriores, por lo cual es relevante y altamente representativo.

En base a la data obtenida se puede determinar que el promedio de los datos es igual a 1.14%, además:

$$LCS = 1.14\% + 3 \sqrt{\frac{1.14\%(1-1.14\%)}{250}} = 3.15\%$$

$$LCI = 1.14\% - 3 \sqrt{\frac{1.14\%(1-1.14\%)}{250}} = -0.87\% \approx 0.00\%$$

Tabla 23. Muestra para la presentación F100026

Número de lote	Número de no conformes	No conformidad (%)
1	5	2.00%
2	4	1.60%
3	4	1.60%
4	5	2.00%
5	2	0.80%
6	2	0.80%
7	6	2.40%
8	6	2.40%
9	7	2.80%
10	3	1.20%
11	0	0.00%
12	3	1.20%
13	5	2.00%
14	4	1.60%
15	5	2.00%
16	4	1.60%
17	5	2.00%
18	7	2.80%
19	8	3.20%
20	6	2.40%

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla muestra los registros de 20 lotes de 250 envases cada uno, obtenidos del proceso de fabricación del producto F100026: F/CAM 2 VIS 1LT B50 B28 PLATEADO 120 GR, producido en las diferentes máquinas sopladoras de la planta. Este producto se encuentra dentro de la clasificación A del análisis multicriterio realizado en capítulos anteriores, por lo cual es relevante y altamente representativo.

En base a la data obtenida se puede determinar que el promedio de los datos es igual a 1.82%, además:

$$LCS = 1.82\% + 3 \sqrt{\frac{1.82\%(1-1.82\%)}{250}} = 4.36\%$$

$$LCI = 1.82\% - 3 \sqrt{\frac{1.82\%(1-1.82\%)}{250}} = -0.72\% \approx 0.00\%$$

Utilizando el software Minitab se procede a realizar la prueba de normalidad para la muestra de la presentación F100169, los resultados se muestran en la figura siguiente:

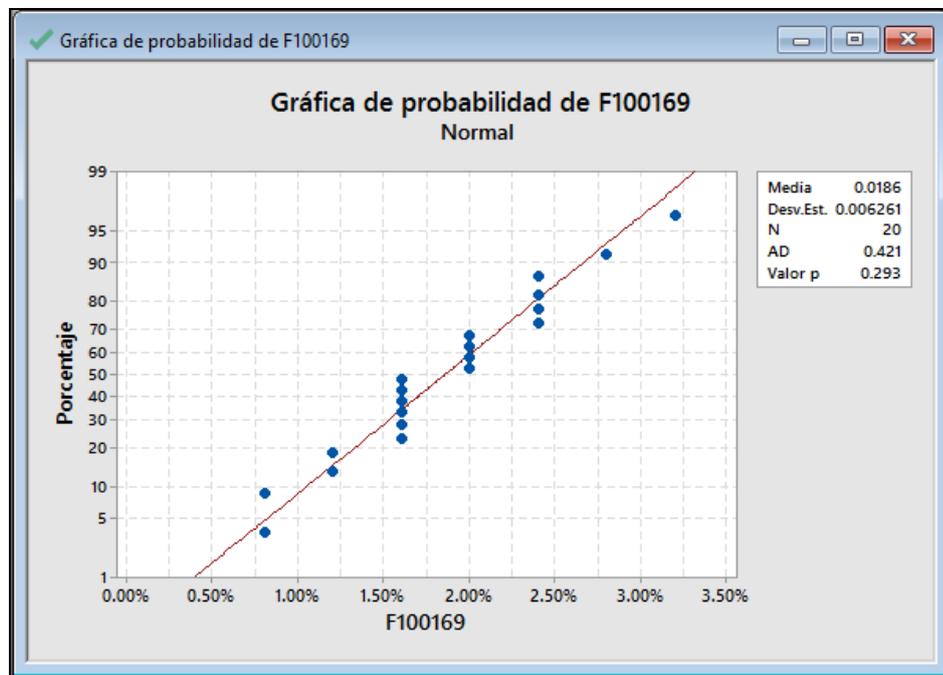


Figura 54. Prueba de normalidad para la presentación F100169.
Fuente: Elaboración propia

Dado que el $p\text{-value} = 0.293 > 0.05$, se puede concluir que los datos son normales, por lo tanto se puede continuar con el análisis. En la figura 55 se presenta la gráfica de control para el indicador de no conformidad. Se puede observar que en la muestra todos los puntos se encuentran dentro de control.

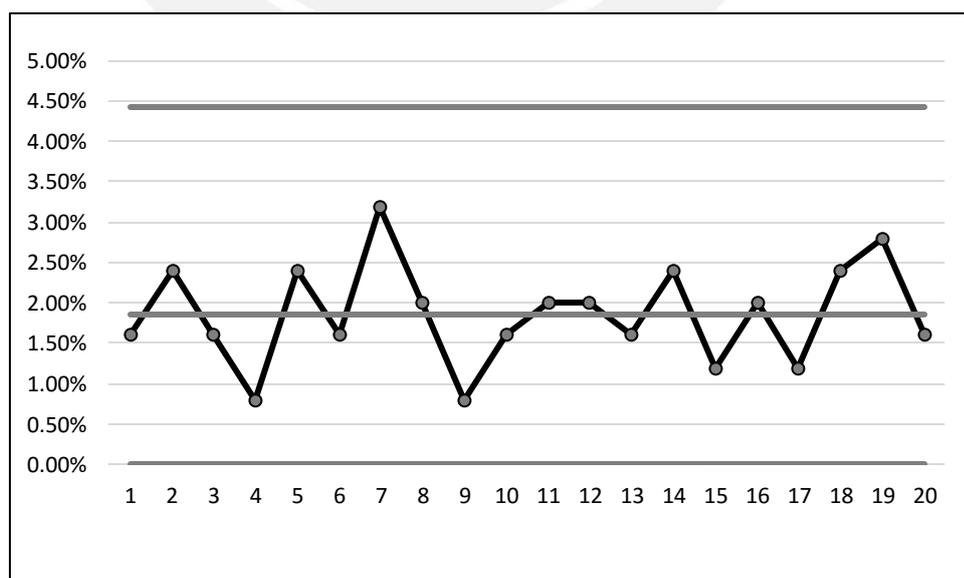


Figura 55. Gráfico de control de no conformidad para la presentación F100169.
Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el software Minitab se procede a realizar la prueba de normalidad para la muestra de la presentación F100137, los resultados se muestran en la figura siguiente:

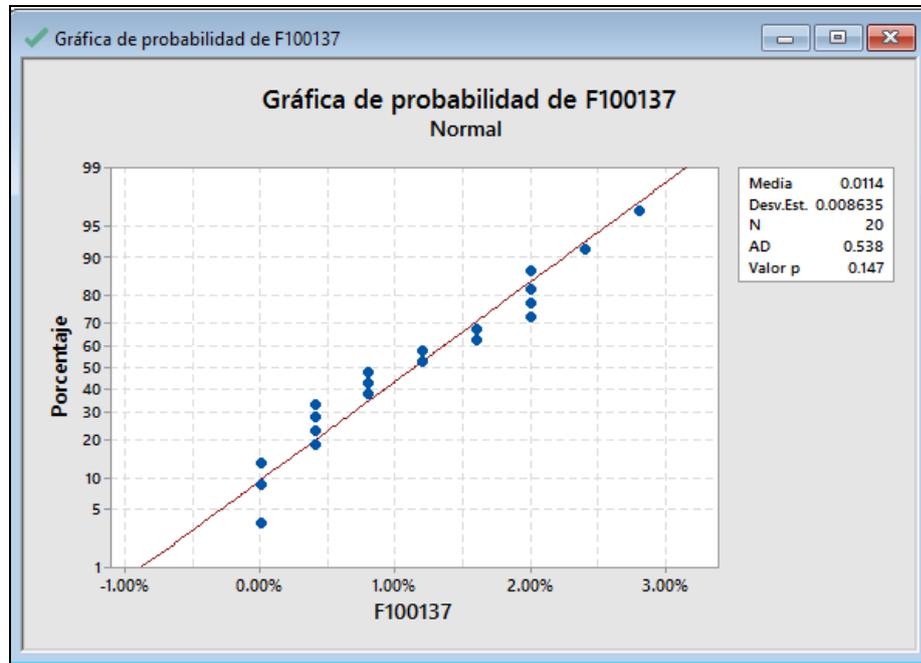


Figura 56. Prueba de normalidad para la presentación F100137.
Fuente: Elaboración propia

Dado que el $p\text{-value} = 0.147 > 0.05$, se puede concluir que los datos son normales, por lo tanto se puede continuar con el análisis. En la figura 57 se presenta la gráfica de control para el indicador de no conformidad. Se puede observar que en la muestra todos los puntos se encuentran dentro de control.

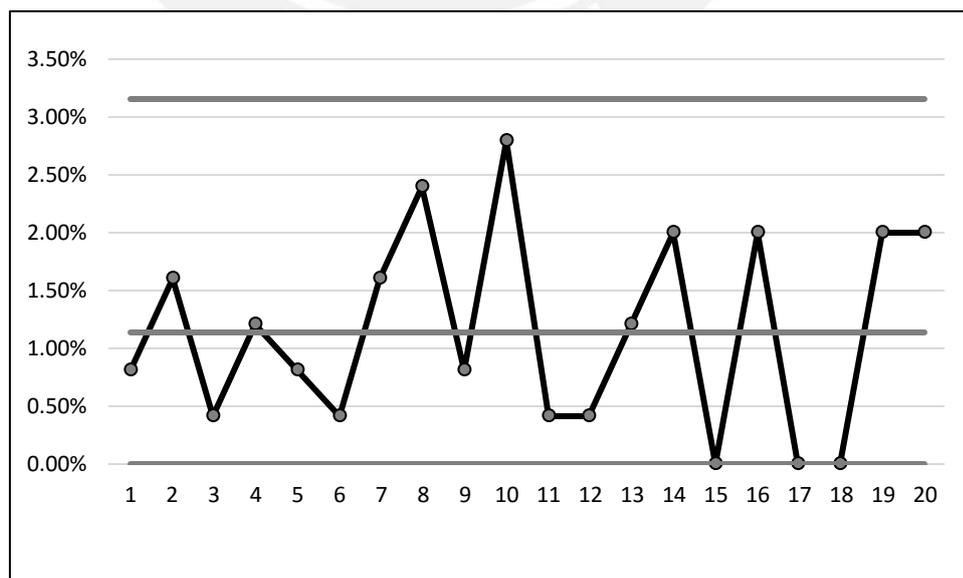


Figura 57. Gráfico de control de no conformidad para la presentación F100137.
Fuente: Elaboración propia

Utilizando el software Minitab se procede a realizar la prueba de normalidad para la muestra de la presentación F100026, los resultados se muestran en la figura siguiente:

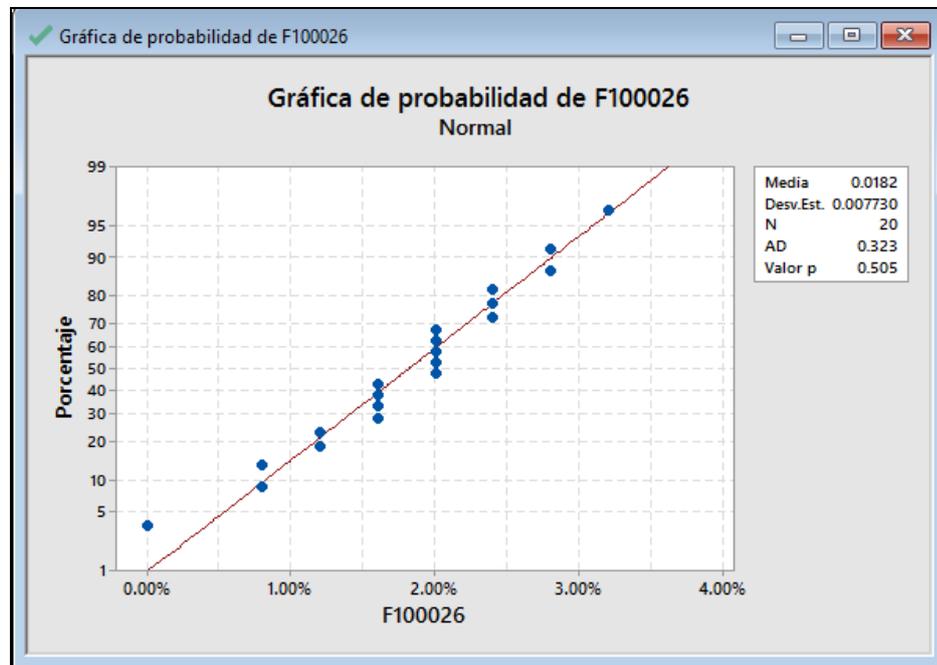


Figura 58. Prueba de normalidad para la presentación F100026.
Fuente: Elaboración propia

Dado que el $p\text{-value} = 0.505 > 0.05$, se puede concluir que los datos son normales, por lo tanto se puede continuar con el análisis. En la figura 59 se presenta la gráfica de control para el indicador de no conformidad. Se puede observar que en la muestra todos los puntos se encuentran dentro de control.

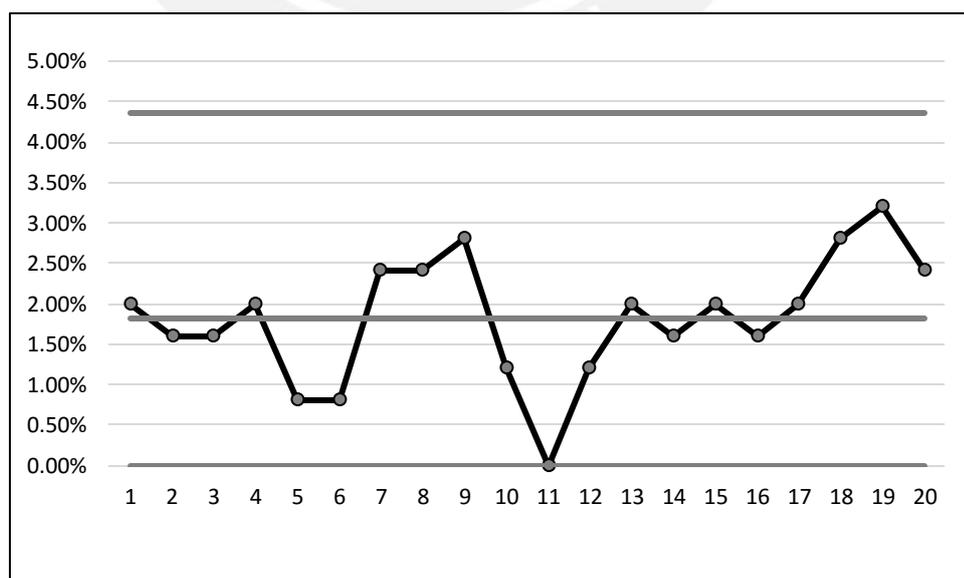


Figura 59. Gráfico de control de no conformidad para la presentación F100026.
Fuente: Elaboración propia.

Para todos los casos, el indicador de no conformidad es cercano al 2% (tabla 21, 22 y 23), teniendo como límite de control superior un promedio del 4% congruente con la meta pretendida. Además, al reducir el nivel de no conformidad, el impacto hacia el indicador de defectuosidad en remolido es directo. Esto se explica de la siguiente manera: al tener menor número de productos no conformes, la necesidad de llevarlos en su totalidad a una operación de remolido se elimina y sólo se muele la colada, que es parte natural del proceso y no es considerada desperdicio por su carácter de recuperación y reprocesamiento.

Es posible calcular la producción diaria de la línea de soplado. Considerando el producto estrella F100169 cuyo tiempo de ciclo es de 45 segundos, las 9 máquinas de la línea de soplado y el 85% de eficiencia en planta se realiza de la siguiente manera:

$$9 \text{ máquinas} \times \frac{\frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hrs}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3,600 \text{ sg}}}{\frac{45 \text{ sg-máq}}{\text{envase}}} \times 0.85 = 14,688 \frac{\text{envases}}{\text{día}}$$

Para este producto, el envase final pesa 120 gr y la colada 35 gr (23% del total), lo cual resulta en un peso total de 155 gr. Utilizando una tasa de producción de 30 días al mes es posible convertir estos valores a producción anual expresada en kilogramos:

$$14,688 \frac{\text{envases}}{\text{día}} \times \frac{155 \text{ gr}}{\text{envase}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ gr}} = 2,276.64 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}}$$

$$= 68,299.20 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 819,590.40 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

Se procede a realizar el mismo cálculo con la colada:

$$14,688 \frac{\text{envases}}{\text{día}} \times \frac{35 \text{ gr}}{\text{envase}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ gr}} = 514.08 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}}$$

$$= 15,422.40 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 185,068.80 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

Con el dato de la tabla 7 (capítulo 3) y el nuevo valor del indicador de no conformidad, se calcula el promedio de productos defectuosos, en cantidad y kilos, antes y después de la implementación de manera diaria, mensual y anual:

Antes:

$$6.92\% \times (14,688 \frac{\text{envases}}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}}) = 30,493 \frac{\text{envases}}{\text{mes}} \times \frac{120 \text{ gr}}{\text{envase}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ gr}}$$

$$= 3,659.16 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 43,909.92 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

Después:

$$2\% \times (14,688 \frac{\text{envases}}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}}) = 8,813 \frac{\text{envases}}{\text{mes}} \times \frac{120 \text{ gr}}{\text{envase}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ gr}}$$

$$= 1,057.56 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 12,690.72 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

Así, la cantidad mensual de colada es igual a 15,422.40 kg en promedio, los cuales se recuperan como parte natural del proceso; en cambio, la parte no recuperable corresponde a los 3,659.16 kg por mes antes de la implementación, frente a los 1,057.56 kg mensuales posteriores.

Se sabe que el acumulado total de material remolido de la línea de soplado de los años 2016, 2017 y 2018 es igual a 665,479 kg, de los cuales 128,177 kg (cercano a lo teórico: $43,909.92 \times 3 = 131,729.76$) tienen como causal a productos defectuosos, representando el 19.26% expuestos en la tabla 7.

Por otro lado, según los cálculos determinados se puede obtener el acumulado de los tres años: $12,690.72 \times 3 = 38,072.16$, que representa el 5.72% del total de remolido. Además, los indicadores de porcentaje de utilización y rendimiento efectivo se verán beneficiados directamente al reducirse las horas paradas de máquina y la cantidad de productos defectuosos por lo que se estima, por juicio experto de los encargados del área, un incremento del 10% para cada caso. Las siguientes figuras resumen los resultados esperados y sus respectivas se encuentran señaladas en línea roja.

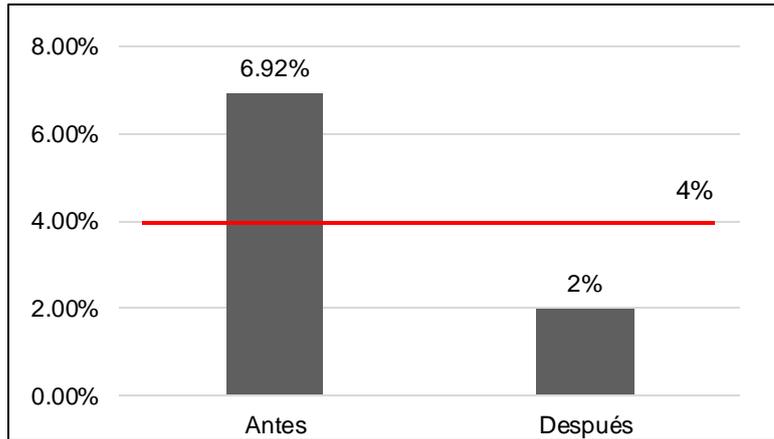


Figura 60. Gráfico comparativo de la no conformidad antes y después de la implementación. Fuente: Elaboración propia.

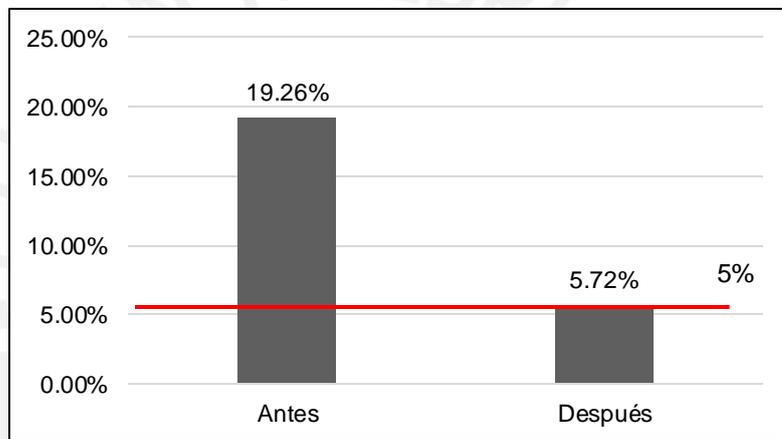


Figura 61. Gráfico comparativo de la defectuosidad en remolido antes y después de la implementación. Fuente: Elaboración propia.

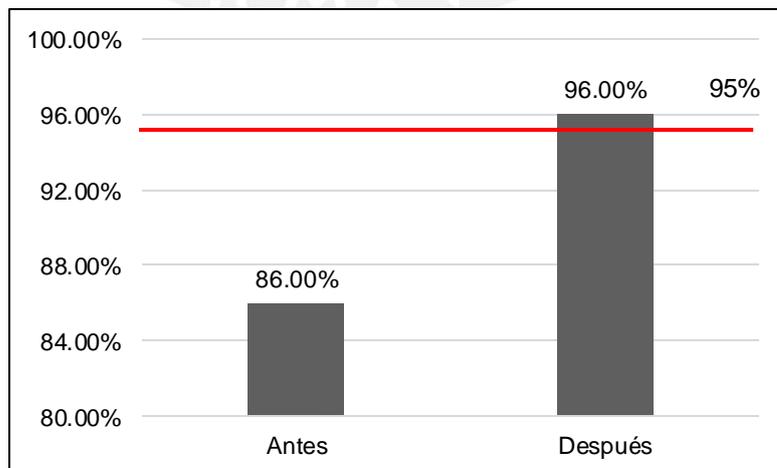


Figura 62. Gráfico comparativo del rendimiento efectivo antes y después de la implementación. Fuente: Elaboración propia.

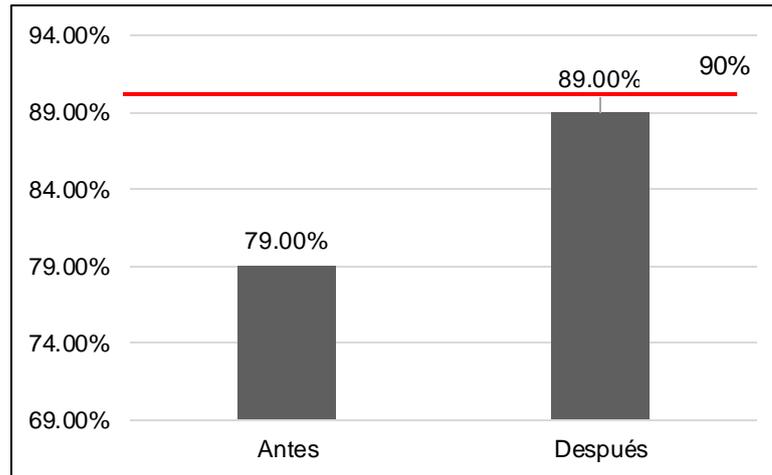


Figura 63. Gráfico comparativo del porcentaje de utilización antes y después de la implementación. Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que los indicadores cumplen con la meta o están muy próximos en su mayoría, con lo cual se evidencia la utilidad de la propuesta. Además, vale la pena precisar que la presente evaluación está destinada al 82% de los productos defectuosos (figura 28), con lo cual al ser corregido el porcentaje restante definitivamente decantará en una mejoría de los ratios.

4.3 ACTUAR (ACT)

Esta última fase del ciclo de mejora continua permite generar retroalimentación sobre la planeación, realización y verificación desarrollados en los pasos anteriores a fin de generar aprendizaje sobre todas las acciones previamente analizadas, esto incluye el análisis, puesta en marcha y control.

Según la información recogida de la estimación se determina necesario incluir las contramedidas dentro del proceso productivo y documentar los procedimientos del nuevo proceso a fin de que las mejoras establecidas sean sostenibles en el tiempo. Es importante interiorizar esta nueva manera de hacer las cosas cuya efectividad ya se encuentra comprobada a lo largo del desarrollo del proyecto. De esta manera se genera una actualización del sistema, la cual en algún momento dará pie a una nueva revisión en el futuro, evidenciando así la esencia pura de la mejora continua.

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Los resultados obtenidos en el capítulo anterior arrojan la información de que el peso de los productos defectuosos por mes se vería reducido aproximadamente en 2600 kg (3,659.16 kg – 1,057.56 kg) luego de la implementación, que equivalen a un total 21,680 envases, cuyo reprocesamiento, tiempo improductivo, energía y costo de oportunidad – según información del área financiera - representa pérdidas económicas mensuales de US\$ 2,500 aproximadamente. Esta cantidad se volvería recuperable luego de la aplicación de la propuesta, por lo cual se considerará como ingreso toda vez que el proyecto se lleve a cabo. A continuación se presentan los costos en los que se incurriría para la aplicación de la propuesta de mejora.

Tabla 24. Costos tentativos de la propuesta de mejora

Descripción	Periodo	Costo (US\$)
Cernidora	0	1,500
Curso de Capacitación 5s (Instituto de la Calidad PUCP)	1	1800
Despliegue de las 5s	2,3,4,5	1,200
Total		4,500

Fuente: Elaboración propia

La cernidora automatizada corresponde el primer paso para la solución del problema de los productos contaminados, paralelamente dos personas del equipo de mejora deben ser capacitados en la aplicación de las 5S para luego compartir estos conocimientos con el resto del equipo.

Finalmente durante los meses siguientes, según cronograma de implementación, se realiza su despliegue acompañándolo con publicidad. La tabla 25 muestra el flujo neto de efectivo para un horizonte de un año.

Tabla 25. Flujo neto de efectivo de la propuesta de mejora – escenario realista.

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingreso (US\$)		2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Egreso (US\$)	-1500	-1800	-400	-400	-200	-200	0	0	0	0	0	0	0
Flujo Neto	-1500	1200	2600	2600	2800	2800	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el panorama normal a desarrollarse si se aplica la propuesta de mejora. Se plantea un análisis de sensibilidad con dos escenarios adicionales enfocados en la meta de productos no conformes: uno pesimista con un valor de 5% y otro optimista que alcanza el 1%; esto hará que la cantidad de ingresos varíe pues los montos recuperables serán distintos. Las tablas 26 y 27 exponen estos casos; y la tabla 28, los resultados.

Tabla 26. Flujo neto de efectivo de la propuesta de mejora – escenario pesimista.

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingreso (US\$)		1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Egreso (US\$)	-1500	-1800	-400	-400	-200	-200	0	0	0	0	0	0	0
Flujo Neto	-1500	1200	2600	2600	2800	2800	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Flujo neto de efectivo de la propuesta de mejora – escenario optimista.

Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingreso (US\$)		3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Egreso (US\$)	-1500	-1800	-400	-400	-200	-200	0	0	0	0	0	0	0
Flujo Neto	-1500	1200	2600	2600	2800	2800	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Análisis de sensibilidad - resultados

Escenario	VAN (US\$)	TIR (%)
Pesimista	1,324.13	35
Realista	6,689.72	96
Optimista	10,817.09	151

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que en cualquiera de los escenarios existe un ahorro debido a la reducción de productos no conformes o defectuosos, confirmando así el objetivo principal. Cabe mencionar que el éxito del desarrollo de la propuesta va a depender del grado de involucramiento y responsabilidad con que se apliquen las metodologías planteadas y el nivel de alcance que la gestión de la empresa le otorgue a las mismas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- La implementación de la propuesta de mejora mediante la metodología PDCA y lean manufacturing - de la mano de las 5S – es útil para la reducción de productos defectuosos y para la mejora de los indicadores tratados. El impacto a generar es de magnitud considerable y la propuesta plantea, en su aplicación, ser sostenible en el tiempo.
- Las personas más preparadas del equipo de trabajo deben capacitar a los demás miembros y asegurar así que todos manejen la misma información y conocimientos. Además, es necesario que los trabajadores conozcan y comprendan la finalidad del proyecto para poder involucrarlos en el mismo, de tal manera que no lo conciban como una especie de control rígido.
- La alta gerencia debe mostrar su compromiso inquebrantable con el proyecto, a fin de que se puedan dar las condiciones necesarias y contar con facilidad de recursos en el proceso de implementación de la propuesta. Este es uno de los principios de Deming, gurú que desarrolló la metodología PDCA que ocupa este texto.
- Es importante contar con iniciativas de incentivos hacia los trabajadores que muestren buen desempeño y predisposición durante las actividades a realizar. Además, se debe ejercer una fuerte concientización haciendo un llamado al cambio de actitud.
- La implementación de las 5S debe venir acompañada de una prédica con el ejemplo por parte de los supervisores y jefes del área, es así que las exigencias hacia los trabajadores se verán reforzadas
- Además de la reducción de productos no conformes, el nivel de servicio presentará mejoras y los tiempos de entrega hacia los clientes también se verán optimizados. Este proyecto debe ser controlado y monitoreado, una vez implementado, a fin de que su sostenibilidad sea evidenciada.

6.2 RECOMENDACIONES

- Replicar la propuesta metodológica en la línea de inyección, determinando las contramedidas propias de ella. De esta manera se estaría optimizando la planta de producción y
- Recurrir a la opinión de expertos para encontrar las causas restantes que afectan al porcentaje no atendido de los productos defectuosos. De esta manera se identificará si estas responden a factores de máquina, material, método, mano de obra o medio ambiente.
- Redefinir las funciones del asistente y analista de producción pues serán las personas que le dedicarán mayor tiempo al proyecto, por lo cual, es importante que sus otras labores sean suplidas temporalmente o en todo caso reducidas.
- Determinar las estrategias del área de producción para con sus trabajadores en base al tablero de polivalencia; y así, poder definir los planes multitasking y de especialización, ya que no es conveniente tener a todos los trabajadores polivalentes.

BIBLIOGRAFIA

ACTION GROUP

s/f *10 pasos hacia las 5 "S"*. Recuperado de:

<http://www.actiongroup.com.ar/download/10-pasos-hacia-las-5S.pdf>

ALEXANDER, Alberto

2002 *Mejora continua y acción correctiva*. México: Pearson Educación de México.

CALIDAD Y SOLDADURA

2019 *Matriz ILUO (Matriz de polivalencia)*. Recuperado de:

<https://www.calidadysoldadura.com/single-post/2019/01/06/MATRIZ-ILUO-matriz-de-polivalencia>

CASTRO, C; VÉLEZ, M & CASTRO, J.

2011 *Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de criterio y efectos en la asignación de pesos*. Colombia.

CUATRECASAS, Lluís

1999 *Gestión Integral de la Calidad: Implantación, Control y Certificación*. Barcelona: Gestión 2000. pp.61

CHINCHILLA, Jose

2009 *Diagrama SIPOC*. 2009.

Recuperado de: <http://engindustrial.blogspot.com/2009/08/modelo-sipoc.html>

DIAZ UFANO, Carlos

1949-1958 *Memorias del Presidente de la S.N.I*. Ediciones S.N.I

DORBESSAN, José

2006 *Las 5s, herramientas de cambio*. Editorial Universitaria de la U.T.N.

FERNANDEZ, Camilo & MAZZIOTTA, Daniel

2005 *Gestión de la calidad en el laboratorio clínico*. Edit. Médica Panamericana. pp.188

GUAJARDO, Edmundo

1996 *Administración de la Calidad Total*. México: Editorial Pax México.

HERNANDEZ, J. & VIZAN, A.

2013 *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de Organización Industrial

HITOSHI, Kume

2002 *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Bogotá: Editorial Norma

INEI

2018 *Informe Técnico– Producción Nacional – N°06 – Junio 2018*, Lima.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/06-informe-tecnico-n06_produccion-nacional-abr2018.pdf

JAGUSIAK, Marta

2017 *PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company- a case study*. Poland: Częstochowa University of Technology, Faculty of Management, Department of Production Engineering and Safety

JIMENEZ, Daniel

2013 *La ISO 9001:2015 y el ciclo PDCA*. Pymes y Calidad 2.0.

<https://www.pymesycalidad20.com/la-iso-90012015-el-ciclo-pdca.html>

KRAJEWSKI, Lee & RITZMAN, L.P

2013 *Administración de Operaciones*. México: Editorial Pearson Prentice Hall

LOPEZ, Orlando. *et al.*

2015 *La mejora continua: objetivo determinante para alcanzar la excelencia en instituciones de educación superior*. Edumecentro.

MANZANO, M & GISBERT, V.

2016 *Lean Manufacturing: Implantación 5S*. 3C Teconología Vol 5 N° 4.

MARIÑO, Hernando

2001 *Gerencia de procesos*. Bogotá

MASAAKI, Imai

2003 *Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba)*. Santafé de Bogotá. Edit. McGraw Hill

MONTGOMERY, Douglas

2004 *Diseño y Análisis de Experimentos - 2da edición*. México. Editorial Limusa. pp. 8.

MONTGOMERY, Douglas

2016 *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería - 2da edición*. México. Editorial Limusa.

MORALES, José

2013 *Serie Técnicas de Resolución de Problemas: "los 5 Por Qué's"*. 5s Consultores. Guatemala

PARRADO, Patricia

2016 *Aplicación de la metodología Lean 5S en la mejora de los niveles de seguridad de un laboratorio industrial*. Madrid. Universidad Pontificia Comillas. pp 39-52

PEZEIRO, Alberto

2004 *Aplicación de Seis Sigma en la industria del plástico de América Latina*. <http://www.plastico.com/temas/Aplicacion-de-Seis-Sigma-en-la-industria-del-plastico-de-America-Latina+3033724>

PINTO, Pablo. *et al.*

2015 *Guía para implementar la normativa de Seguridad y Salud en el Trabajo*. Lima: Asociación Peruana de Prevencionistas de Riesgo.

PITTMAN, W.D & RUSELL, G.R

1998 *The deming cycle extended to software. Production & Inventory Management Journal*. pp 32-37

RÍOS, Cecilia

2012 *Estadística y diseño de experimentos*. Lima, Perú. Editorial Universitaria

SANCHEZ, Juan

2017 *La industria plástica en el Perú*. Lima: Alerta económica.
<http://alertaeconomica.com/la-industria-plastica-en-el-peru/>

SMITH, Anthony & HINCHCLIFFE, Glenn

2005 *Develop good strategies for effective preventive maintenance*, pp- 55-56.

SOCCONINI, Luis & BARRANTES, Marco.

2005 *El proceso de las 5's en acción*. México: Norma Ediciones.

SOURIS, Jean Paul.

1990 *Mantenimiento: Fuente de beneficios*. Madrid. Ediciones Díaz de Santos.
pp.19-20

SUAREZ, José

2007 *El Kaizen: La filosofía de Mejora Continua e Innovación Incremental detrás de la Administración por Calidad Total*. México: Panorama Editorial, pp. 91.

TRIAS, Mónica

2002 *Las 5W+H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos*. Laboratorio tecnológico de Uruguay.

VARGAS, Héctor

2004 *Manual de implementación del programa 5S*.

VILLAFAÑA, Ricardo

s/f *Análisis Causal: Cinco ¿Por qué?*. Lima.

AUTOR DESCONOCIDO

s/f *¿Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve?*. Sinnaps.
<https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/diagrama-gantt-sirve>

AUTOR DESCONOCIDO

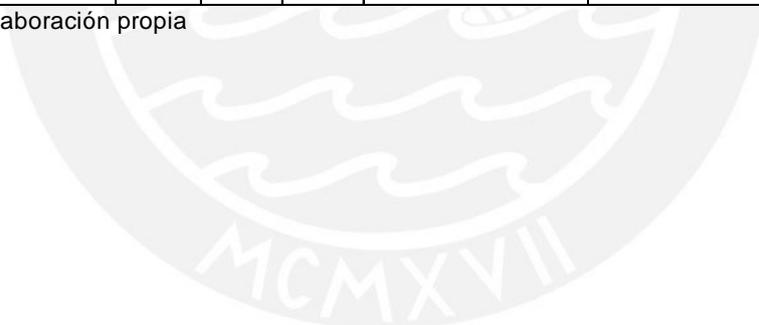
2004 *Cómo implementar un modelo de calidad*. EstructPlan.
<http://estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=815>



Anexo 1. Hoja de Control

EMPRESA XXX		HOJA DE CONTROL				FECHA:
CÓDIGO:					ÁREA:	
DESCRIPCIÓN:					LOTE:	
ITEM	OK	PC	PD	OTROS	OBSERVACION	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
.						
.						
.						

Fuente: Elaboración propia



Anexo 2. Hoja de verificación de Orden y Limpieza - 5S

HOJA DE VERIFICACIÓN DE ORDEN Y LIMPIEZA		
ÁREA	ZONA	FECHA
REALIZADO POR:		

MAQUINARIAS Y EQUIPOS	SI	NO
¿Se encuentran limpias las cabinas de las máquinas?		
¿Se encuentran libres de grasas o manchas de aceite?		
¿Los colores de identificación de las máquinas se distinguen?		
VIAS DE CIRCULACIÓN		
¿Se encuentran los pisos limpios y secos?		
¿Se encuentran libres de obstáculos?		
¿Se encuentran correctamente señalizadas?		
¿Es suficiente el espacio para un adecuado movimiento?		
HERRAMIENTAS Y UTENSILIOS		
¿Las mesas de trabajo se encuentran ordenadas?		
¿Las bolsas se encuentran correctamente dispuestas?		
¿Las herramientas están correctamente almacenadas?		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Acta de reunión -5S

ACTA DE REUNIÓN 5S	
Fecha	
MEDIO AMBIENTE	
MATERIAL	
MANO DE OBRA	
MÉTODO	
MAQUINARIA	
FIRMANTES	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	

Fuente: Elaboración propia