



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING, EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y MANTENIMIENTO, PARA REDUCIR COSTOS EN EL PROCESO DE PACKING DE UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autores:**

Bach. Jonathan Murga Guzmán  
Bach. Junior André Guaylupo Rodríguez

**Asesor:**

Ing. Miguel Ángel Rodríguez Alza

Trujillo – Perú  
2020

## DEDICATORIA

*A Dios, por darme la vida y no dejarme solo en ninguna etapa, por permanecer siempre  
fiel y darme paz en medio de cualquier situación de conflicto.*

*A mis padres, por su apoyo incondicional, por todas las palabras sabias, por todo el  
esfuerzo que hacen día a día para que yo pueda culminar esta etapa profesional.*

***Junior André Guaylupo Rodríguez***

*Esta tesis está dedicada a mis padres: porque me inspiran todos los días, porque me  
ayudaron a ser profesional, porque representan el equilibrio perfecto en mi vida, porque  
dejaron todo para apostar por mí y porque son mis héroes de toda la vida.*

***Jonathan Murga Guzmán***

## AGRADECIMIENTO

*A mi familia, por su paciencia y apoyo, por comprenderme y tratar de ayudarme de una u otra manera durante este proceso.*

***Junior André Guaylupo Rodríguez***

*Agradezco a Dios por la vida, a mis padres por su apoyo incondicional, a mi familia por su cariño, a mis amigos cercanos por su fraternidad, a mis profesores por sus grandes enseñanzas, a mi club Universitario de Deportes por enseñarme lo que es la pasión.*

***Jonathan Murga Guzmán***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad Problemática	15
1.2. Formulación del problema	29
1.3. Objetivos	29
1.3.1. Objetivo General	29
1.3.2. Objetivos Específicos	29
1.4. Hipótesis	29
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	30
2.1. Tipo de investigación	30
2.2. Métodos	30
2.3. Procedimiento	31
2.3.1. Diagnóstico del área problemática	31
2.3.2. Identificación de indicadores	44
2.3.3. Desarrollo SMED	47
2.3.4. Desarrollo 5S	64
2.3.5. Desarrollo Jidoka	87

2.3.6.	Desarrollo Poka Yoke	95
2.3.7.	Desarrollo Mantenimiento Planificado (Keikaku Hozen)	107
2.3.8.	Plan de capacitación	119
2.3.9.	Cálculo de inversiones	121
2.3.10.	Evaluación económica - financiera	122
CAPÍTULO III. RESULTADOS		124
3.1.	Resultados de SMED	124
3.2.	Resultados de 5S	125
3.3.	Resultados de Jidoka	128
3.4.	Resultados de Poka Yoke	130
3.5.	Resultados de Mantenimiento Planificado (Keikaku Hozen)	132
3.6.	Resumen de resultados	134
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		136
4.1.	Discusión	136
4.2.	Conclusiones	137
REFERENCIAS		139
ANEXOS		142

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología empleada para la presente investigación	30
Tabla 2. Tiempos promedios de preparación en cada máquina	34
Tabla 3. Pérdida monetaria mensual de CR1 - Producción	36
Tabla 4. Pérdida monetaria mensual de CR2 - Producción	38
Tabla 5. Pérdida monetaria mensual de CR3 - Producción	40
Tabla 6. Pérdida monetaria mensual de CR1 - Mantenimiento	42
Tabla 7. Pérdida monetaria mensual de CR2 - Mantenimiento	44
Tabla 8. Cuadro de indicadores - Área de producción	45
Tabla 9. Cuadro de indicadores - Área de mantenimiento	46
Tabla 10. Incidencias de los tipos de errores en el montaje de maquinaria	96
Tabla 11. Descripción y análisis de los principales errores de montaje	97
Tabla 12. Resumen de inversiones y beneficios de cada herramienta	121
Tabla 13. Resumen de resultados obtenidos de propuesta SMED	125
Tabla 14. Resumen de resultados obtenidos de propuesta de 5S	127
Tabla 15. Resumen de resultados obtenidos de propuesta de Jidoka	129
Tabla 16. Resumen de resultados obtenidos de propuesta de Poka Yoke	131
Tabla 17. Resumen de resultados obtenidos de propuesta de Mantenimiento	133
Tabla 18. Resumen de resultados de implementación de mejoras en Producción	134
Tabla 19. Resumen de resultados de implementación de mejoras en Mantenimiento	135

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del consumo y precio de arándanos frescos en Norteamérica	15
Figura 2. Evolución de importaciones y precios de arándanos frescos en Europa	16
Figura 3. Evolución de importaciones y precios de arándanos frescos	16
Figura 4. Costos y sobrecostos de producción mensual – Año 2019	18
Figura 5. Índice de productividad mensual - Año 2019	19
Figura 6. Casa del sistema de producción Toyota	23
Figura 7. Etapas de implementación de SMED	24
Figura 8. Metodología de implementación de 5S	25
Figura 9. Metodología de implementación de JIDOKA	26
Figura 10. Procedimiento de implementación de Poka Yoke	27
Figura 11. Procedimiento de implementación de Mantenimiento Planificado	28
Figura 12. Diagrama de Ishikawa - Problemática del área de producción	32
Figura 13. Diagrama de Ishikawa - Problemática del área de mantenimiento	33
Figura 14. Número y tiempos de cambio de formato mensual – Año 2019	35
Figura 15. Horas de paradas mensuales por limpiezas no programadas	37
Figura 16. Incumplimientos de trabajos de limpiezas programados	37
Figura 17. Horas de paradas por errores en el proceso	39
Figura 18. Toneladas de arándano desperdiciadas por errores en el proceso	39
Figura 19. Incidencias mensuales de errores en el montaje de maquinaria	41
Figura 20. Horas de paradas por mal montaje de maquinaria	41

Figura 21. Incidencias mensuales de retrasos en los trabajos de mantenimiento	43
Figura 22. Horas de paradas por retrasos de mantenimiento	43
Figura 23. Procedimiento de implementación de SMED	47
Figura 24. Formato para la identificación de las operaciones de cambio de formato	48
Figura 25. Procedimiento para el desarrollo de la primera etapa de SMED	49
Figura 26. Formato de lista de chequeo de operación	50
Figura 27. Formato de lista de chequeo funcional	52
Figura 28. Formato de mejora de transportes de materiales y herramientas	53
Figura 29. Procedimiento para el desarrollo de la segunda etapa de SMED	54
Figura 30. Formato de preparación anticipada de operaciones	55
Figura 31. Formato para el registro de las estandarizaciones de las regulaciones	56
Figura 32. Formato de registro para el uso de plantillas intermedias	57
Figura 33. Procedimiento para el desarrollo de la tercera etapa de SMED	58
Figura 34. Formato de registro de operaciones en paralelo	59
Figura 35. Formato de registro de mejoras en parámetros de configuración	60
Figura 36. Formato de registro de referencias visibles	61
Figura 37. Tiempos muestreados de la nueva metodología SMED	62
Figura 38. Curva de aprendizaje del método SMED	62
Figura 39. Formato de Diagrama de Gantt para la implementación de SMED	63
Figura 40. Procedimiento establecido para implementar 5S	64
Figura 41. Procedimiento para desarrollar SEIRI	65



Figura 42. Formato para hacer el registro fotográfico de evidencias	66
Figura 43. Criterios para clasificación y evaluación de elementos	67
Figura 44. Formato de registro de aplicación de tarjetas rojas	68
Figura 45. Formato para informe de notificación de desechos y reubicaciones	69
Figura 46. Procedimiento para desarrollar SEITON	70
Figura 47. Formato de registro de evidencia del primer paso de SEITON	71
Figura 48. Formato de registro de evidencia del segundo paso de SEITON	72
Figura 49. Formato de registro de evidencia del tercer paso de SEITON	73
Figura 50. Procedimiento para desarrollar SEISO	74
Figura 51. Formato de registro de zonas que requieren limpieza constante	75
Figura 52. Formato de programa de limpieza	76
Figura 53. Formato de Check List de limpieza	77
Figura 54. Procedimiento para implementar SEIKETSU	78
Figura 55. Formato para realizar verificaciones de las primeras 3S	79
Figura 56. Formato para establecer medidas preventivas mediante los 5 porqué	79
Figura 57. Formato para estandarizar trabajo de limpieza	80
Figura 58. Procedimiento para implementar SHITSUKE	81
Figura 59. Formato de registro de evidencias de actividades 5S	82
Figura 60. Formato de registro de implantación de disciplina	83
Figura 61. Formato de plan de sostenimiento de 5S	84
Figura 62. Fechas de evaluación de incidencias tras aplicar 5S en una línea de pón	85

Figura 63. Medición de la eficiencia en la línea de producción tras aplicar 5S	85
Figura 64. Diagrama de Gantt para la implementación de 5S	86
Figura 65. Procedimiento para la implementación de JIDOKA	87
Figura 66. Formato para la identificación de los principales errores en el proceso	88
Figura 67. Formato de registro de implementación de dispositivos de detección	89
Figura 68. Formato de registro de protocolo de parada de línea	90
Figura 69. Formato para registro de procedimientos para corregir errores en el proceso	91
Figura 70. Formato de registro de procedimiento para la revisión de mejoras	92
Figura 71. Medición de horas de paradas después de aplicar mejoras	93
Figura 72. Medición de incidencias después de aplicar mejora de JIDOKA	93
Figura 73. Diagrama de Gantt para la implementación de JIDOKA	94
Figura 74. Procedimiento para la implementación de Poka Yoke	95
Figura 75. Diagrama de Pareto de los tipos de errores en el montaje de maquinaria	96
Figura 76. Formato de diseño de Poka Yoke para montajes de bielas	99
Figura 77. Formato de diseño de Poka Yoke para montaje de engranajes	100
Figura 78. Formato de diseño de Poka Yoke para distinguir engranajes	101
Figura 79. Formato de diseño de Poka Yoke para montaje de estribos	102
Figura 80. Formato de diseño de vástagos de Poka Yoke	103
Figura 81. Procedimiento de mejora continua de Poka Yoke	104
Figura 82. Medición de incidencias por errores en montaje después de mejora	105
Figura 83. Medición de horas de paradas por mal montaje después de mejora	105

Figura 84. Diagrama de Gantt para la implementación de Poka Yoke	106
Figura 85. Procedimiento de implantación de Poka Yoke	107
Figura 86. Formato para el registro de los equipos	108
Figura 87. Diagrama de flujo para seleccionar equipos para mantenimiento planificado	109
Figura 88. Formato de informe de fallo inesperado	110
Figura 89. Diagrama de flujo para evitar repeticiones de fallos inesperados	111
Figura 90. Diagrama de flujo del sistema de gestión de información del mantenimiento	112
Figura 91. Diagrama de flujo del sistema de mantenimiento periódico	113
Figura 92. Diagrama de flujo del sistema de mantenimiento predictivo	115
Figura 93. Diagrama de flujo para revisión periódica de Mantenimiento Planificado	116
Figura 94. Medición de incidencias de retrasos en trabajos de mantenimiento	117
Figura 95. Medición de horas de paradas por retrasos de mantenimiento	117
Figura 96. Diagrama de Gantt del plan de implementación de Mantenimiento	118
Figura 97. Formato de plan de capacitación para cada herramienta de mejora	120
Figura 98. Formato de análisis económico de la propuesta de mejora	123
Figura 99. Impacto sobre el tiempo promedio para realizar cambio de formatos	124
Figura 100. Impacto sobre el porcentaje de actividades de cambio de formato	124
Figura 101. Ahorro esperado de CR1	125
Figura 102. Impacto sobre el porcentaje de cumplimiento de trabajos de limpieza	126
Figura 103. Impacto sobre el tiempo mensual de paradas por trabajos de limpieza	126
Figura 104. Ahorro esperado de CR2	127

Figura 105. Impacto sobre las toneladas de arándano desperdiciados por errores	128
Figura 106. Impacto sobre el tiempo mensual de paradas por errores en el proceso	128
Figura 107. Ahorro esperado de CR3 - Producción	129
Figura 108. Impacto sobre el porcentaje de errores en trabajos de mantenimiento	130
Figura 109. Impacto sobre el tiempo de paradas por errores de montaje de las máquinas	130
Figura 110. Ahorro esperado de CR1- Mantenimiento	131
Figura 111. Impacto sobre el porcentaje de retrasos en trabajos de mantenimiento	132
Figura 112. Impacto sobre el tiempo de paradas por demoras de mantenimiento	132
Figura 113. Ahorro esperado de CR2 - Mantenimiento	133

## RESUMEN

Se realizó un trabajo de investigación con el propósito de determinar el impacto de la propuesta de mejora mediante la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en las áreas de producción y mantenimiento, sobre los costos de una empresa agroindustrial; con el supuesto de que los costos se reducirán. La presente investigación por su diseño es diagnóstica y propositiva.

En la primera etapa se diagnosticó la situación problemática en las áreas de producción y mantenimiento calculándose una pérdida monetaria de S/. 3,365,985.50

Las herramientas seleccionadas para eliminar los despilfarros en el área de producción fueron: SMED, 5S y Jidoka; mientras que para el área de mantenimiento se seleccionaron: Poka Yoke y Mantenimiento planificado, con la implementación de estas herramientas se redujeron hasta en un 53,45% de los despilfarros,

Finalmente, se realizó un análisis económico determinándose que el ahorro semestral de la mejora es de S/. 2,566,156.60, el VAN es S/. 1,598,862.04, el TIR es de 69.54%, B/C de S/.1.33. Finalmente se llegó a la conclusión que la propuesta de mejora es técnica y económicamente viable permitiendo reducir los costos de la empresa.

**Palabras claves:** SMED, 5S, Jidoka, Poka Yoke, Mantenimiento Planificado

## ABSTRACT

A research work was carried out in order to determine the impact of the improvement proposal through the application of Lean Manufacturing tools in the production and maintenance areas, on the costs of an agro-industrial company; with the assumption that costs will be reduced. The present investigation by its design is diagnostic and purposeful.

In the first stage, the problematic situation in the production and maintenance areas was diagnosed, calculating a monetary loss of S / . 3,365,985.50

The tools selected to eliminate waste in the production area were: SMED, 5S and Jidoka; while for the maintenance area the following were selected: Poka Yoke and Planned Maintenance, with the implementation of these tools it was expected to reduce waste by up to 53.45%

Finally, an economic analysis was carried out, determining that the half-yearly savings from the improvement is S / . 2,566,156.60, the NPV is S / . 1,598,862.04, the IRR is 69.54%, B / C of S / .1.33. Finally, it was concluded that the improvement proposal is technically and economically feasible, allowing the company's costs to be reduced.

**Keywords:** SMED, 5S, Jidoka, Poka Yoke, Planned Maintenance

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

Es de conocimiento público que la industria del arándano se encuentra en pleno auge desde que se convirtió en una fruta conocida a nivel mundial durante la última década. Características como el sabor y la frescura son factores determinantes en el éxito de su exportación a destinos más demandantes como es el caso de Asia y Medio Oriente. Cruz (2018) realizó un análisis de la última campaña de cosecha de arándanos y destaca como nuevos líderes de producción y exportación a Sudáfrica y Perú, que han incrementado significativamente su producción en poco tiempo, mientras que otros países con más tiempo en la cosecha de arándanos como son Estados Unidos o Chile mantienen importantes volúmenes de su respectiva producción y comercialización internacional, y pese a la creciente competencia, siguen enfocados en el objetivo de dominar mercados tan codiciados como el chino, el cual cada vez se muestra más interesado por el arándano. Cabe resaltar que los tres principales mercados donde se comercializa los arándanos frescos son Estados Unidos, Europa y mercados emergentes como China, Brasil, Japón, entre otros (Diéguez, 2019).

En las Figuras 1, 2 y 3 se muestra la gráfica de cómo ha ido evolucionando la demanda y el precio en estos mercados.

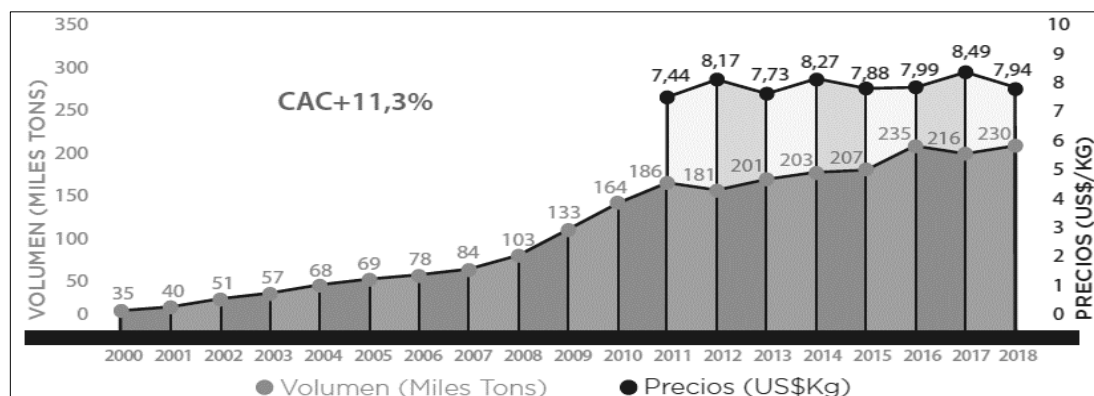


Figura 1. Evolución del consumo y precio de arándanos frescos en Norteamérica

Fuente: U.S. Department of Agriculture

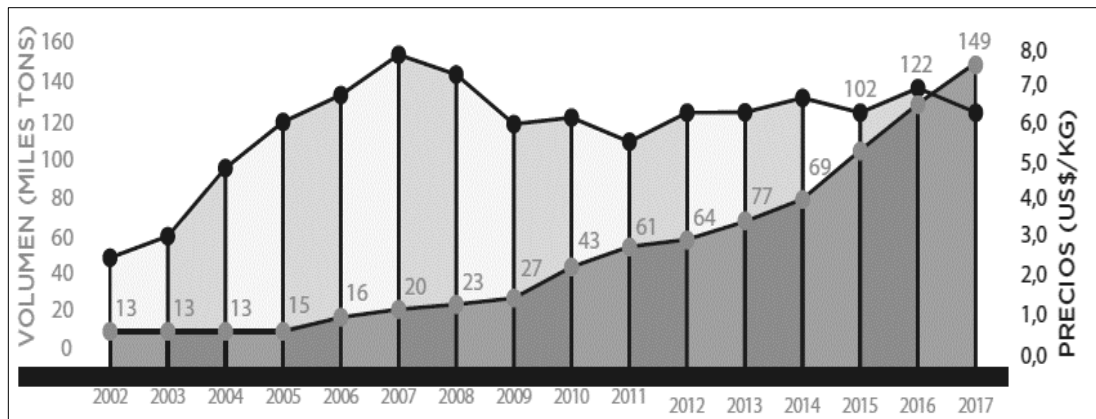


Figura 2. Evolución de importaciones y precios de arándanos frescos en Europa

Fuente: UN Comtrade, importaciones de Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Holanda, Irlanda, Italia, Noruega, Suecia, Suiza y Reino Unido.

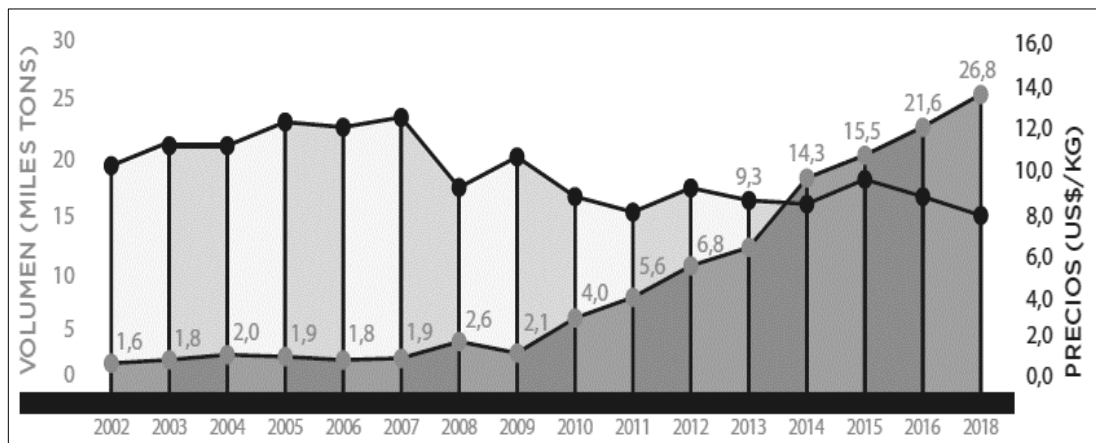


Figura 3. Evolución de importaciones y precios de arándanos frescos en nuevos mercados de consumo

Fuente: UN Comtrade, importaciones de Brasil, China, Hong Kong, Japón, Corea del Sur y Singapur.

Como se puede observar en las anteriores figuras existe una tendencia al incremento de la demanda de arándano fresco, pero el aumento en la demanda abrió una gran puerta de desafíos para quienes se han dedicado a la producción de uno de los berries más destacados del momento. Es por ello que resulta importante aplicar metodologías, técnicas y herramientas en las operaciones de las distintas áreas para lograr reducir costos ya que, si bien es cierto que la demanda incrementa anualmente, pero el precio del kilogramo de arándano bajará o se mantendrá, es por ello que al reducir costos se busca compensar esta situación de los precios.



La clave para reducir costos en cualquier empresa exportadora de arándanos que quiera optimizar y mejorar sus procesos de producción es reducir los despilfarros de tiempos por cualquier tipo de incidencias (Aguirre, 2015). Pero ante esta situación surgen las siguientes interrogantes: ¿qué metodología, técnica y/o herramienta permite eliminar o disminuir estas incidencias? ¿de qué manera puede reducirse estos despilfarros? ¿aplicando técnicas y herramientas de mejora en la gestión se puede tener un impacto significativo sobre los costos en una empresa? Estas y otras preguntas pueden ser respondidas con el concepto de Lean Manufacturing. Socconini (2019) lo define como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero sí costo y trabajo. Por otro lado, Tejada (2011) añade que el Lean Manufacturing debe entenderse como un esfuerzo incansable y continuo para crear empresas más efectivas, innovadoras y eficiente.

Conociendo esto y retomando el tema sobre la realidad de la industria del arándano, se debe agregar que si esta vez observamos solo la realidad del arándano a nivel local podemos resaltar que la producción de arándanos en el Perú creció a una tasa promedio de 206% anual entre el 2012 al 2018. Solo el año pasado, la producción de ese fruto registró más de 89,700 toneladas, siendo las regiones más productoras del país La Libertad y Lambayeque (Salazar, 2019). Es evidente que, ante esta perspectiva de crecimiento de la producción y exportación, las empresas deben de analizar si el Lean Manufacturing les puede generar un impacto significativo sobre sus costos y de esta manera poder competir de manera internacional.

En la planta de empaque de arándanos estudiada en la presente investigación, si analizamos la realidad durante esta última temporada de cosecha de arándanos (2019) se ha presentado un gran problema, el aumento del costo de sus operaciones, que

genera en las áreas de producción y mantenimiento, se estima que al cierre de la campaña de este año se ha tenido que trabajar una sumatoria acumulada de más de 936 horas-máquina extras cada mes entre todas las líneas de producción y en dos turnos, para poder procesar todas las toneladas de fruta que van llegando de la cosecha.

Y estas horas extras repercute considerablemente sobre los costos, si analizamos la evolución de los costos de producción mensuales de la última campaña (ver Figura 4) se puede observar que se ha generado un sobrecosto promedio de S/. 477,554.19 comparado con el costo estándar presupuestado por la empresa resulta ser muy significativo ya que reduce el margen de ganancias de la empresa y la productividad.

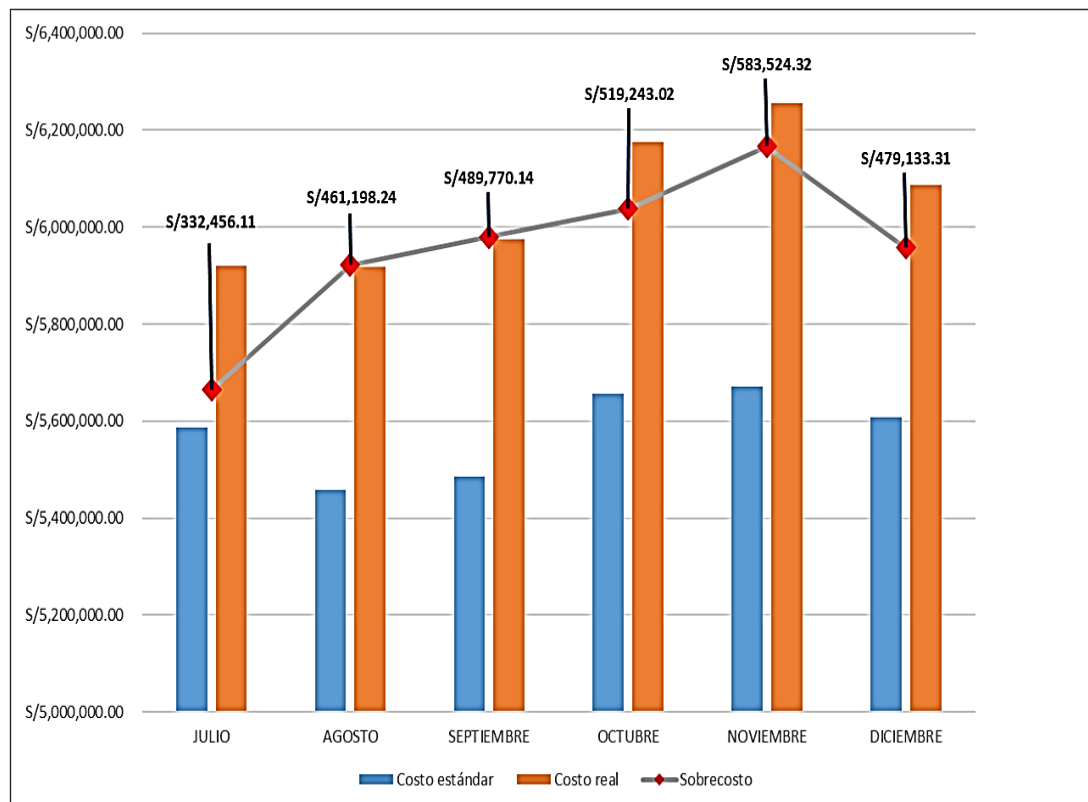


Figura 4. Costos y sobrecostos de producción mensual – Año 2019

Fuente: Empresa agroindustrial

Por otro lado, como ya se había mencionado, al generarse sobrecostos o pérdidas monetarias, la productividad se ve disminuido como se aprecia en la Figura 5, donde claramente al compararse con la productividad estándar existe un déficit promedio de

0.89, que significa que se está obteniendo menos toneladas de arándano por cada sol utilizado en los costos de fabricación, esto refleja claramente que existen problemas en la gestión de la empresa que no permite tener los costos bajo control y son los indicadores que dejan en descubierto la gran problemática presente.

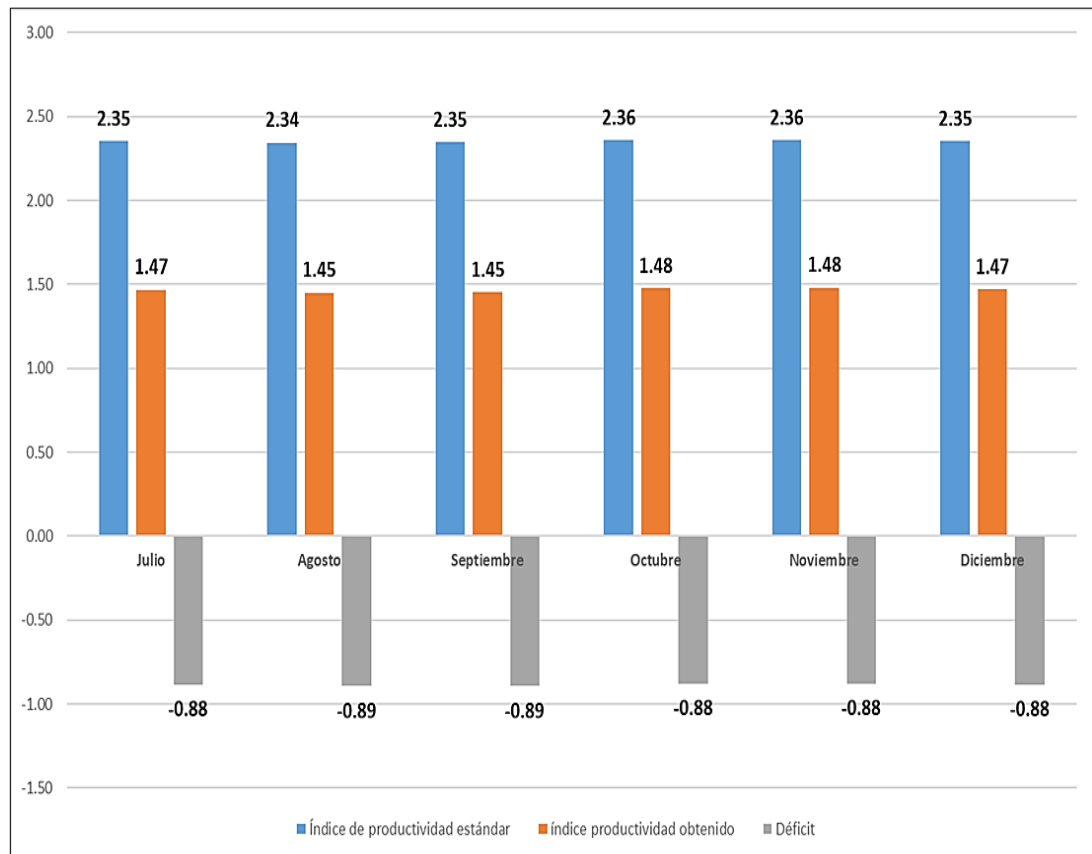


Figura 5. Índice de productividad mensual - Año 2019

Fuente: Empresa agroindustrial

Como se sabe el proceso de empaque del arándano es continuo, debido a que el flujo de entrada de los arándanos es constante mientras dura el proceso de packing y es por lo que cada hora que pasa es vital. Conociendo la situación actual de la industria donde los competidores empiezan a escalar posiciones no se puede dar ventajas y se debe buscar la manera de reducir los costos de sus operaciones. Es por ello la necesidad de saber si una propuesta de mejora mediante la aplicación de herramientas Lean Manufacturing en las áreas de producción y mantenimiento permitirá reducir los costos en el proceso de packing.

## ANTECEDENTES

### **Internacional**

Se encontró el estudio realizado por Uмба & Duarte (2017) titulado: *“Propuesta para implementar herramientas Lean Manufacturing para la reducción del tiempo de ciclo en la fábrica de Almojábanas El Goloso”*. Cuyo objetivo fue el de reducir los tiempos de ciclo mediante la implementación de herramientas Lean Manufacturing. El diagnóstico que realizaron pudo determinar que existían grandes despilfarros de tiempos por cambio de formatos, falta de reaprovisionamiento oportuno, falta de orden y limpieza. La metodología utilizada fue el desarrollo de las herramientas SMED y 5S. Entre los principales resultados obtenidos fueron la reducción de un 40% de despilfarros de tiempos y un 35% los costos de fabricación. Los investigadores concluyen que la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing no solo lograron mejoras cualitativas sino cuantitativas reduciendo sobre los despilfarros de costos de fabricación. Para la presente investigación se toma como referencia la metodología de implementación de las técnicas SMED y 5’S ya que su aplicación son prácticas y efectivas.

Por otro lado, Gacharná & González (2013), en su trabajo: *“Propuesta de mejoramiento del sistema productivo en la empresa de confecciones Mercy empleando herramientas de Lean Manufacturing”*. Logran plantear una metodología particular para diagnosticar los despilfarros que se dan en el proceso productivo y lo relaciona con las herramientas utilizadas mediante un Mapa de Flujo de Valor (VSM). Esta investigación usó las siguientes herramientas: 5S, SMED, TPM, KAIZEN, VSM y POKA YOKE. La recolección de datos se realizó a través de los formatos de partes de incidencias planteadas. Concluyen que aplicar herramientas Lean Manufacturing se pueden lograr un ahorro significativo del 30% en los costos de fabricación.

Este estudio es pertinente porque se describen paso a paso el desarrollo de herramientas de Lean Manufacturing, comparando la situación actual con la situación con mejora. Estos elementos se desarrollaron en este proyecto.

### **Nacional**

Palomino (2012) realizó la investigación titulada: *“Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes”*. Tuvo como finalidad mejorar la eficiencia de las líneas de envasado de una planta de fabricación de lubricantes mediante la aplicación de las herramientas SMED, 5S y JIT. Cada una de estas herramientas logra una reducción del 73%, 27% y 80% en cada uno de los tiempos a los cuales se es direccionada. Los resultados del estudio realizado concluyen se obtuvo una mejora del 20% en el indicador OEE y un ahorro de horas hombres, una mayor capacidad productiva, mejor tiempo de respuesta y cumplimiento de entregas, mayores ventas, y mejor rentabilidad. Esta investigación encuentra en el trabajo antes mencionado un aporte significativo por argumentar como se puede adecuar las herramientas de Lean Manufacturing a cualquier tipo de industria o proceso.

Por otro lado, Hualla & Cárdenas (2017), en su trabajo: *“Mejora de procesos en las áreas de mezclado y molienda de una empresa manufacturera de tubosistemas PVC y PEAD aplicando herramientas de calidad y Lean Manufacturing”*. Realizó un estudio donde desarrolló un análisis de la situación actual de la empresa detectando los principales problemas, una vez seleccionados se aplicó las herramientas lean: 5S, SMED, TPM y Benchmarking, estas herramientas fueron adaptadas a la realidad de la empresa con el fin de mejorar y optimizar los procesos de mezclado compuestos y molienda scrap y de reducir el inventario de scrap mediante el incremento de su consumo y la reducción de su generación.

Se concluyó que la aplicación de las herramientas Lean permitió la estandarización de actividades, incremento de rendimientos, reducción de tiempos muertos trayendo como consecuencia la reducción del inventario de scrap de 323 toneladas en agosto del 2013 a 52 toneladas en julio del 2015, además la disminución de la generación de scrap de 9% en agosto del 2013 a 5.7% en julio del 2015. De esta investigación se toma las metodologías del diagnóstico como referencia para nuestra investigación.

### **Local**

Se encontró el estudio realizado por Castro (2016) titulado: *“Propuesta de implementación de la metodología Lean Manufacturing para la mejora del proceso productivo en la línea de envasado pet de la empresa Ajeper S.A.”*. En el cual se abordó la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para optimizar tanto los procesos productivos, uso de equipos y recurso humano a través de la eliminación de los desperdicios y problemas presentes en dicho proceso, con la finalidad de asegurar la competitividad de la empresa en el mercado de bebidas.

El diagnóstico permitió determinar cada oportunidad de mejora y a su vez con ayuda de un análisis de Pareto seleccionó las herramientas que conllevaron a contrarrestar gran parte de problemas. Las herramientas seleccionadas fueron: SMED, Mantenimiento autónomo y OEE. Los investigadores concluyen que, para la implementación de las propuestas de mejora planteadas, es necesario la participación de toda la organización desde la gerencia hasta los operarios. Cabe resaltar, que es importante la cooperación de los operarios, ya que gracias a la experiencia que ellos transmiten se pudo realizar el levantamiento de información acompañado de entrevistas cortas, entre otras. Para la presente investigación se toma para que sea un antecedente para realizar diagnósticos que permitan identificar los principales desperdicios que se dan en un proceso productivo.

**BASES TEÓRICAS**

**Lean Manufacturing**

Según Socconini (2019) sostiene que la metodología Lean Manufacturing es una estrategia de producción, que está constituida por algunas herramientas, cuyo propósito principal es eliminar todas las operaciones que no agregan valor al producto final (producto y/o servicio).

Por otro lado, Hernández y Vizán (2013) afirman que de forma tradicional la “Casa del Sistema de Producción Toyota” permite comprender rápidamente la filosofía que encierra el Lean Manufacturing y las técnicas disponibles para su aplicación. La forma de la casa hace referencia a lo estructural que es el sistema Lean ya que su fuerza recae en los cimientos y columnas que de encontrarse estas en mal estado debilitarían el sistema. En la Figura 6 se muestra la representación.

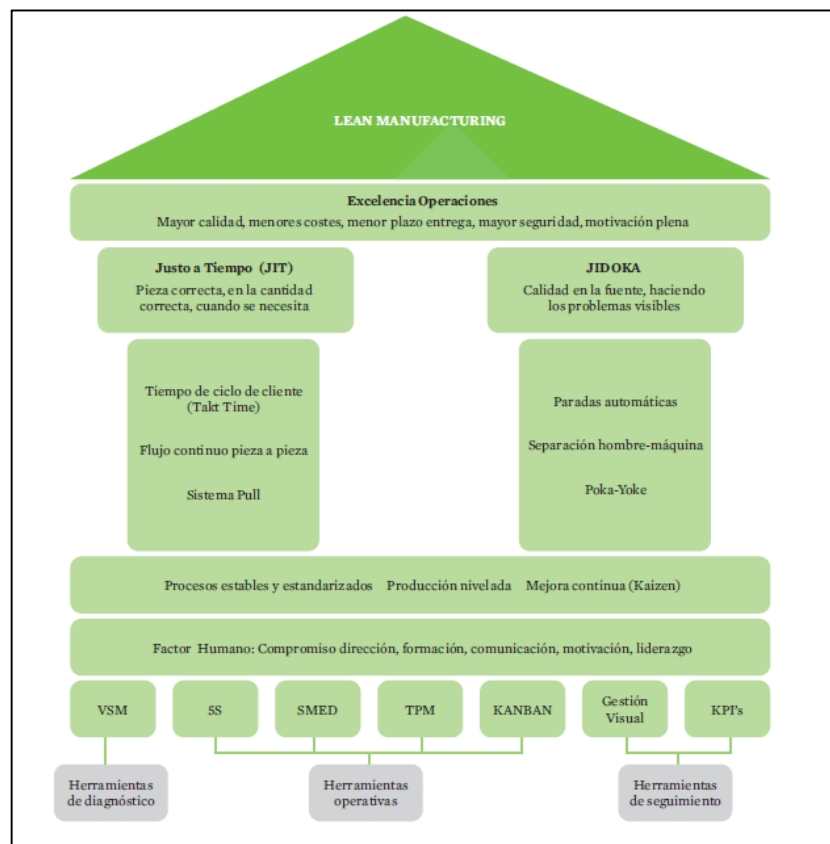


Figura 6. Casa del sistema de producción Toyota

Fuente: Hernández, J., & Vizán, A. (2013)

## SMED

Shingo (2001) define al término SMED como un grupo de conceptos y técnicas que permiten realizar operaciones de preparación de máquinas o cambios de formatos en menos de diez minutos. Nos explica también que en los orígenes de SMED el propósito era solo para mejorar las preparaciones y montajes para producción de prensas, pero con el tiempo ahora se ha extendido para todo tipo de máquinas en toda clase de procesos. Por otro lado, Hernández y Vizán (2013) complementan el concepto de SMED afirmando que los cambios se realizan en esta técnica implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación, retirada, ajuste, centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales.

Finalmente, en base a lo afirmado por los autores citados se puede decir que SMED se utiliza cuando urge reducir tiempos de preparación o cambios para poder tener mayor disponibilidad para el trabajo y flexibilizando la producción.

A continuación, en la Figura 7 se muestra la metodología de desarrollo de SMED.

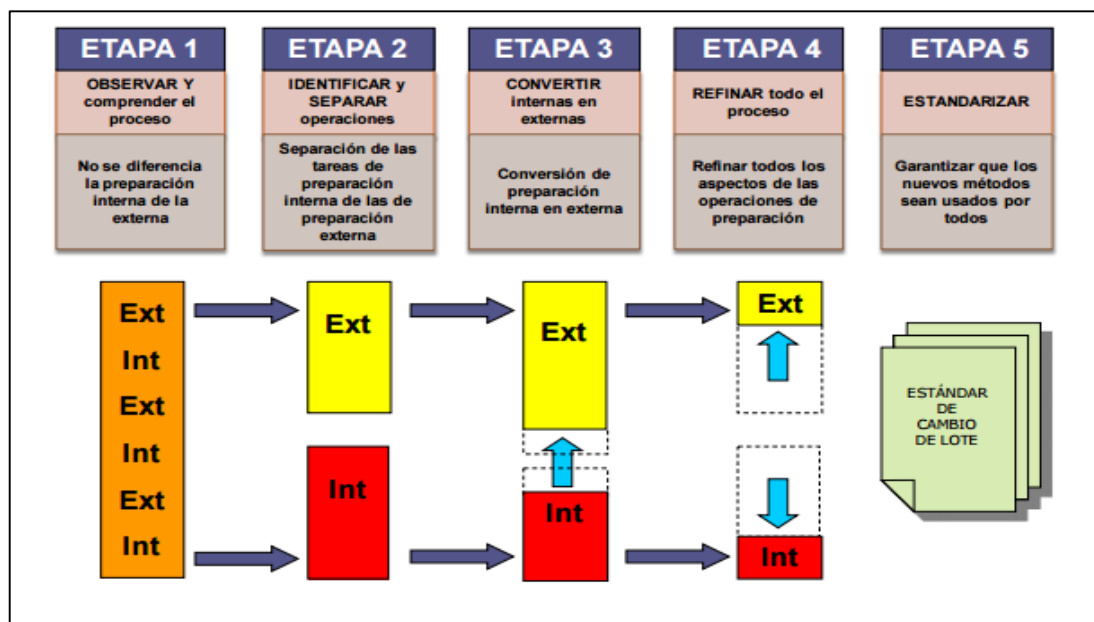


Figura 7. Etapas de implementación de SMED

Fuente: Shingo (2001)



## METODOLOGÍA 5S

Según Rodríguez (2010) lo define como una metodología eficaz para mantener de manera organizada, ordenada y limpia de los lugares de trabajo con el fin de mejorar las condiciones de seguridad, calidad en el trabajo y en la vida diaria.

Cruz (2010) complementa la definición de las 5S sosteniendo que, para encaminar a una organización hacia la calidad, bajos costos, entregas oportunas, optimización de tiempos e imagen íntegra hacia el cliente, es fundamental comenzar por lograr en ella un ambiente de trabajo que se caracterice por el orden, la limpieza y la disciplina, es decir es necesarios implementar las 5S. En la Figura 8 se muestra la metodología de implementación propuesta por el autor.

Pero cabe resaltar que para mantener altos estándares de desempeño bajo normas de orden y disciplina se necesita que el personal acepte sus responsabilidades y se involucre de manera comprometida en procesos de mejora continua.



Figura 8. Metodología de implementación de 5S

Fuente: Cruz 2010

## JIDOKA

Según Carreras (2010) lo define como un sistema de control autónomo de defectos, basado en que un empleado puede parar la máquina si algo va mal. En base esto se puede deducir e inferir que la finalidad no es reemplazar al empleado, puesto que automatizar todo un proceso implica grandes inversiones, sino a facilitar el trabajo al empleado haciendo al proceso cada vez más independiente de responsabilidad del empleado. Por otro lado, Madariaga (2014) añade que Jidoka resalta las anomalías, hace visibles los defectos y permite fabricar calidad en cada uno de los procesos de la corriente de valor. Una máquina automática realiza un proceso sin la intervención de la persona, sin embargo, necesita vigilancia para detectar cualquier situación anómala. A continuación, en la Figura 9 se muestra la metodología para implementar Jidoka.

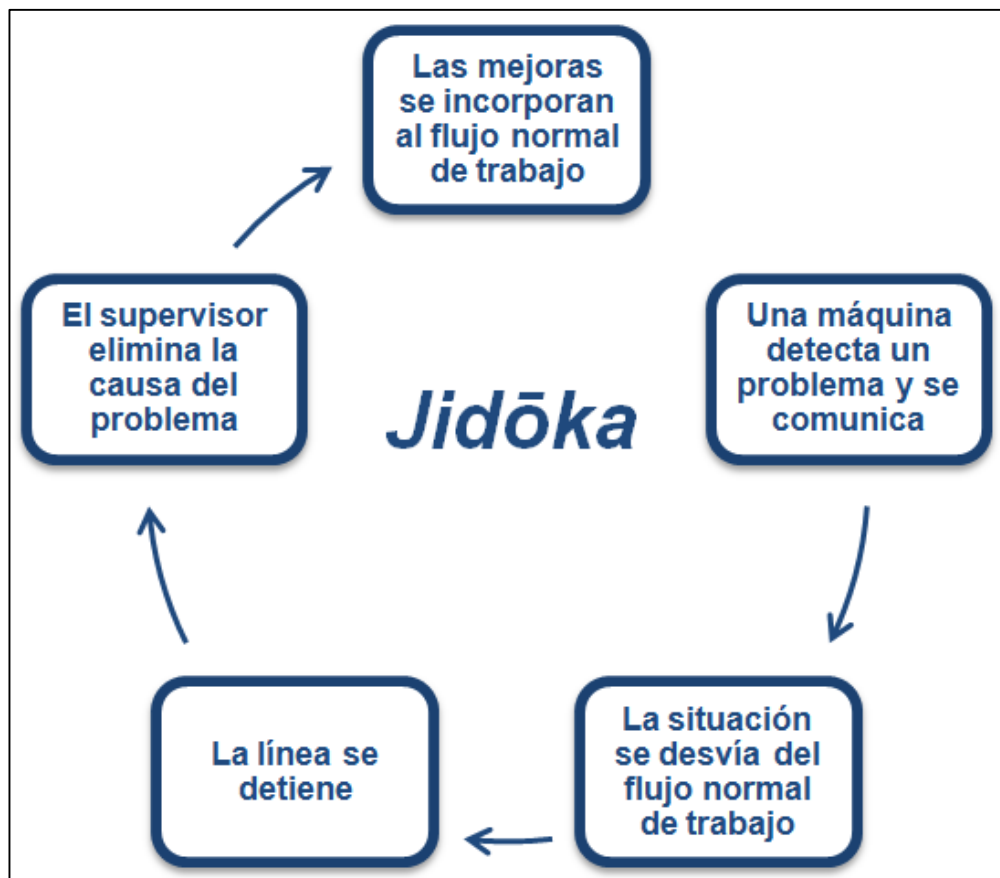
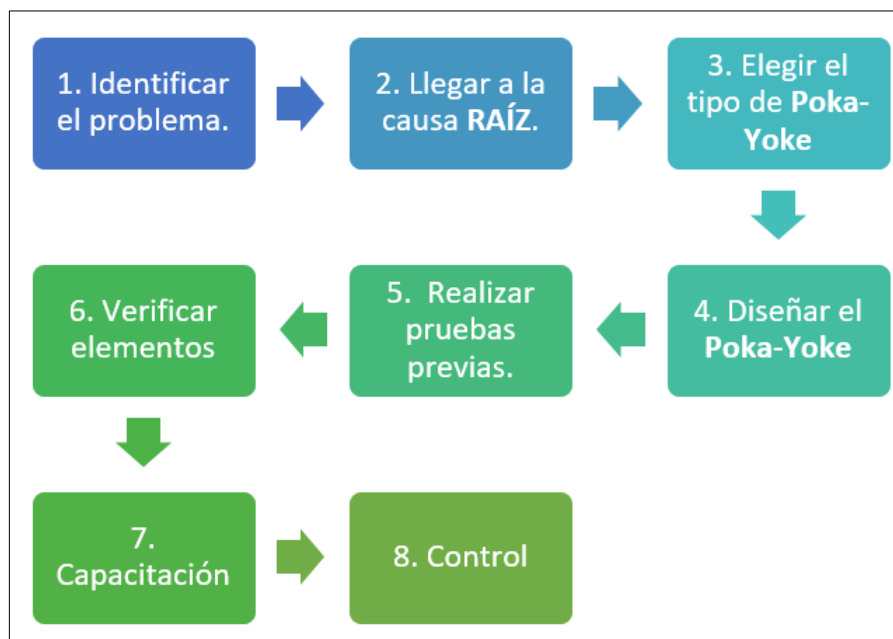


Figura 9. Metodología de implementación de JIDOKA

Fuente: Carreras (2010)

## POKA YOKE

Madariaga (2014) define al Poka Yoke como es una técnica de calidad que se aplica con el fin de evitar errores en la operación de un sistema. Lo que se puede inferir que con el Poka Yoke se busca imposibilitar de algún modo el error humano y en los casos que se no pueda, resaltar el error cometido de tal manera que sea obvio para el que lo ha cometido y pueda corregir lo más pronto posible. Del mismo modo Carreras (2010) lo define como un mecanismo que evita que los errores humanos en los procesos se materialicen en defectos. Su principal ventaja consiste en que puede considerarse como un recurso de inspección al 100% de las unidades del proceso, lo cual permite retroalimentación y toma de acciones de forma inmediata, incluso, dependiendo de la naturaleza del mecanismo, este puede generar una medida correctiva. La eliminación de defectos mediante el uso de Poka-yokes es parte fundamental del Lean Manufacturing, ya que para esta filosofía es de vital importancia que ninguna operación envíe productos defectuosos a la operación siguiente, ya que se vería afectado el flujo continuo del proceso.



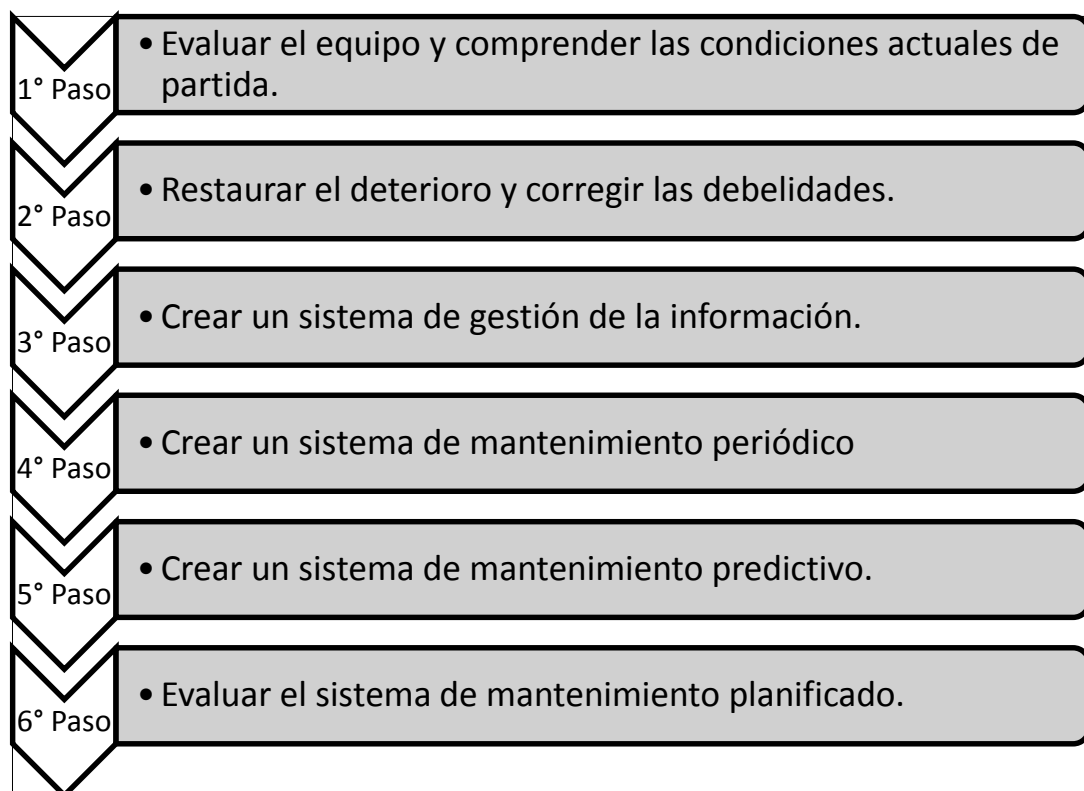
*Figura 10.* Procedimiento de implementación de Poka Yoke

Fuente: Carreras (2010)

### **Mantenimiento Planificado (KEIKAKU HOZEN)**

Tokutaro (1996) define como el pilar del TPM que establece actividades metodológicamente estructuradas con el fin de lograr dos objetivos: mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas y lograr eficacia y la eficiencia de los costos. Por otro lado, Arbós y Martínez (2010) lo definen como un mantenimiento progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. El propósito de este pilar consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta “cero averías” para una planta industrial.

El enfoque del mantenimiento planificado, como pilar del TPM, dista en gran medida del enfoque tradicional del mantenimiento preventivo, aportando una metodología estratégica de mejora basada en actividades para prevenir y corregir averías en equipos e instalaciones a través de rutinas diarias, periódicas y predictivas.



*Figura 11.* Procedimiento de implementación de Mantenimiento Planificado

Fuente: Tokutaro (1996)

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las áreas de producción y mantenimiento, sobre los costos en el proceso de packing de una empresa agroindustrial?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar el impacto de la propuesta de mejora, mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las áreas de producción y mantenimiento, sobre los costos en el proceso de packing de una empresa agroindustrial

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la situación problemática de las áreas de producción y mantenimiento.
- Cuantificar las pérdidas monetarias en las áreas de producción y mantenimiento.
- Desarrollar la propuesta de mejora mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las áreas de producción y mantenimiento.
- Evaluar la viabilidad económica de la propuesta de mejora en las áreas de producción y mantenimiento.

## **1.4. Hipótesis**

La propuesta de mejora mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las áreas de producción y mantenimiento reduce costos en el proceso de packing de una empresa agroindustrial.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Por la orientación: investigación basada en ciencia formal y matemáticas

Por el diseño: diagnóstica y propositiva

### 2.2. Métodos

La metodología establecida para la presente investigación está dividida en tres etapas como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.

*Metodología empleada para la presente investigación*

ETAPA	PROCEDIMIENTO
Diagnóstico	En esta primera etapa se busca identificar los principales despilfarros que se presentan en las áreas estudiadas para luego cuantificar las pérdidas y costear las causas raíz que generan el problema investigado, con esto se podrá identificar las herramientas de mejoras requeridas.
Desarrollo de la propuesta de mejora	En esta etapa se busca el diseño y desarrollo de las metodologías de las herramientas de mejora seleccionadas y calculas los principales resultados obtenidos.
Análisis económico financiero	En esta última etapa se calcula el presupuesto, el periodo de evaluación y la tasa para evaluar el proyecto. Con esto se podrá realizar el análisis económico calculándose los principales indicadores (VAN, TIR y RBC) que a través de sus resultados se podrá concluir si el proyecto es económicamente viable.

Fuente: Elaboración propia

## 2.3. Procedimiento

### 2.3.1. Diagnóstico del área problemática

Como se mencionó en la realidad problemática la empresa agroindustrial analizada en la presente investigación se enfrenta al incremento de los costos de producción en el proceso de packing, esto debido a los grandes despilfarros generados en las áreas de producción y mantenimiento. Para analizar a profundidad el problema general se elaboraron dos Diagramas de Ishikawa (ver figuras 12 y 13) para identificar los principales despilfarros y las causas raíz que los generan.

En el área de producción son tres los despilfarros que generan el incremento de los costos estos son: elevado tiempo de cambio de formatos, tiempos improductivos por desorganización en las líneas de producción y tiempos improductivos por errores en el proceso. Y las causas raíz que generan cada despilfarro respectivamente son: falta de estandarización del método para los cambios de formatos, falta de orden y limpieza y falta de sistemas para detección y prevención de errores en el proceso.

Por otro lado, en el área de mantenimiento son solo dos los despilfarros que generan el incremento de los costos estos son: tiempos improductivos por errores en los trabajos de mantenimiento y tiempos improductivos por retrasos en la ejecución de los trabajos de mantenimiento. Y las causas raíz identificadas que generan cada despilfarro respectivamente son: falta de dispositivos para prevenir errores de montaje y falta de planificación, organización y coordinación de las actividades de mantenimiento.

Con este análisis se tiene un mejor panorama de la problemática y hacia donde se tiene que mejorar el siguiente paso será cuantificar cada causa raíz.

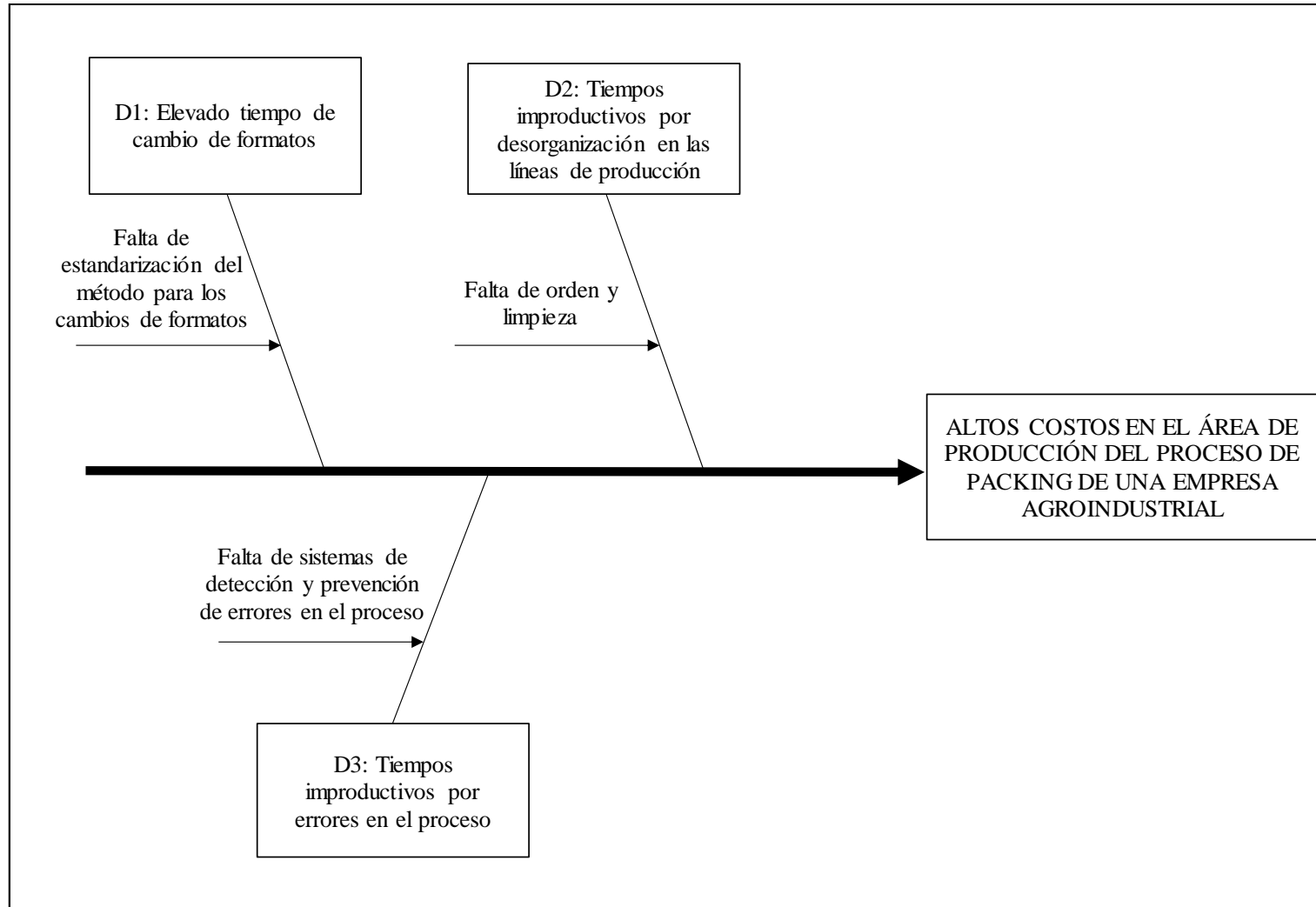


Figura 12. Diagrama de Ishikawa - Problemática del área de producción

Fuente: Elaboración propia



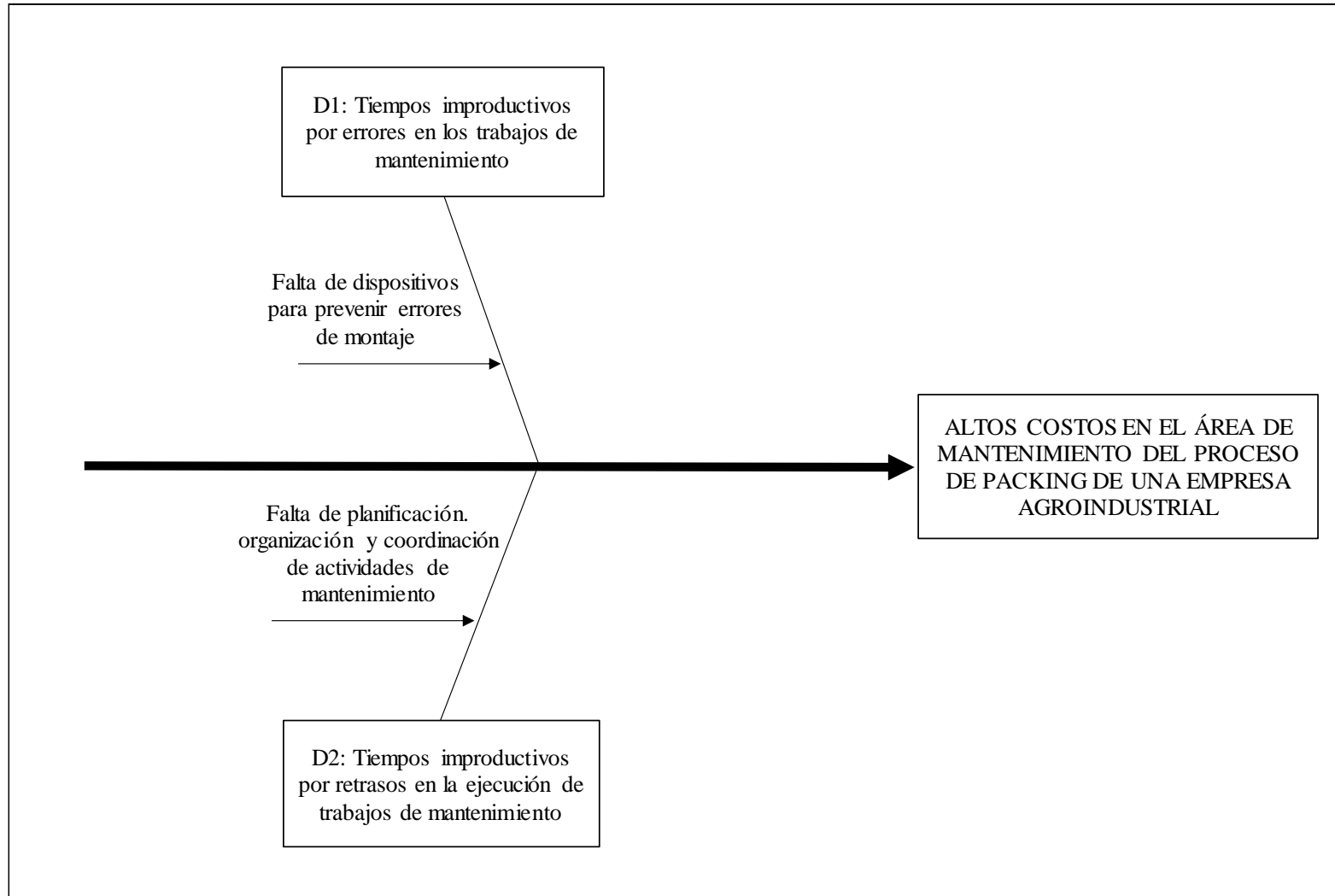


Figura 13. Diagrama de Ishikawa - Problemática del área de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

## **PRODUCCIÓN CR1: Falta de estandarización del método para los cambios de formatos**

La primera causa raíz identificada es la falta de estandarización del método para los cambios de formatos, actualmente existe muchas desviaciones en los tiempos de cambios de formato que varía entre los 26 a 29 minutos, generando retrasos y paradas en las líneas. El cambio de formato se realiza en la máquina envasadora de arándano, la empresa cuenta con dos tipos de estas envasadoras que son las BBC y las A & B. En la Tabla 2 se puede observar los tiempos promedios que emplean en el cambio de cada formato en los dos tipos de máquinas que hay en la planta, donde se puede observar claramente que son los formatos más grandes lo que toman mayor tiempo de preparación, esto le quita flexibilidad a la producción lo que es incongruente ya que la empresa maneja una gran variedad de productos.

Tabla 2.  
*Tiempos promedios de preparación en cada máquina*

Formato	BBC	A & B
4 oz	27.36 min	28.45 min
6 oz	28.47 min	27.41 min
11 oz	29.14 min	28.19 min
18 oz ladrillo	27.45 min	28.63 min
18 oz plato	28.41 min	29.35 min
punnet 4 oz	27.41 min	26.98 min
punnet 6 oz	27.15 min	27.41 min
punnet 18 oz	27.89 min	28.15 min

Fuente: Empresa agroindustrial

En promedio se realizan 94 cambios de formatos entre las doce líneas de producción y los dos turnos que tiene la planta lo que en tiempo significa que se emplean 46.06 horas dedicadas a realizar cambios de formatos. A continuación, en la Figura 14 se presentan los datos recolectados de cada mes sobre los tiempos de cambio de formato.

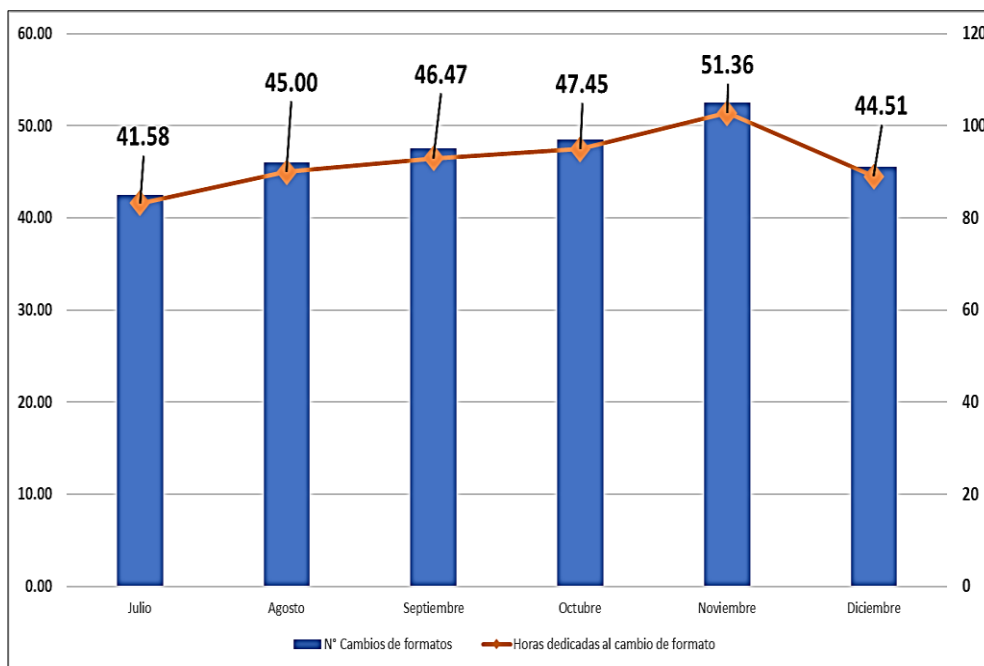


Figura 14. Número y tiempos de cambio de formato mensual – Año 2019

Fuente: Empresa agroindustrial

Todas las horas acumuladas realizando cambios de formatos generan pérdidas monetarias, es decir que por todas estas horas que se dedican a los cambios de formato se está desperdiciando horas de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación, además se puede decir que por estas horas se está dejando de procesar varios kilogramos de arándanos lo que se transforma en costo de oportunidad, de mismo modo también se puede afirmar que estas horas acumuladas se transformarían en horas extras para poder terminar de procesar los kilogramos de arándano. En la Tabla 3 se muestra a detalle la pérdida monetaria mensual.

Tabla 3.  
*Pérdida monetaria mensual de CR1 - Producción*

Mes	Costo de mano de obra directa	Costos indirectos de fabricación	Costo de horas extras	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
Julio	S/6,704.97	S/12,926.13	S/8,381.22	S/87,062.83	S/115,075.16
Agosto	S/7,257.15	S/13,990.64	S/9,071.44	S/94,232.71	S/124,551.93
Septiembre	S/7,493.79	S/14,446.85	S/9,367.24	S/97,305.52	S/128,613.41
Octubre	S/7,651.56	S/14,751.00	S/9,564.45	S/99,354.06	S/131,321.06
Noviembre	S/8,282.61	S/15,967.57	S/10,353.27	S/107,548.21	S/142,151.66
Diciembre	S/7,178.27	S/13,838.56	S/8,972.83	S/93,208.45	S/123,198.11
<b>Total</b>	<b>S/44,568.36</b>	<b>S/85,920.76</b>	<b>S/55,710.44</b>	<b>S/578,711.78</b>	<b>S/764,911.34</b>

Fuente: Elaboración propia

### **PRODUCCIÓN CR2: Falta de orden y limpieza**

La desorganización en las áreas de trabajo es el segundo despilfarro que presenta mayor frecuencia de ocurrencia en el área de producción, genera una gran cantidad de horas de paradas, es decir tiempos improductivos, conforme se trabaja durante el día las líneas se ensucian de arándanos que se caen al suelo o las jabas que recolectan el descarte se van acumulando y no se les coloca en orden. El desorden y la falta de limpieza se acumula tanto que hay necesidad de parar la línea para limpiar y ordenar todo para poder continuar, ya que cabe recordar que el proceso debe ser inocuo en todo momento debido a la

naturaleza del producto que se está procesando. En la Figura 15 se muestran las incidencias mensuales por falta de limpieza y las horas de paradas acumuladas que en promedio es de 25.95 horas.

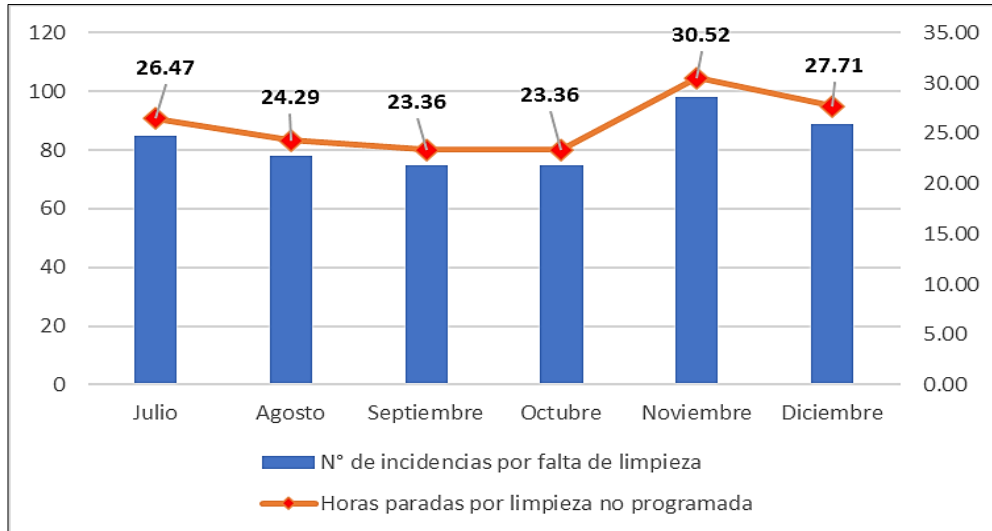


Figura 15. Horas de paradas mensuales por limpiezas no programadas

Fuente: Empresa agroindustrial

Paralelamente podemos comparar las incidencias presentadas por incumplimientos de trabajos de limpieza programados, que puede explicar en parte el origen de las horas de paradas. En la Figura 16 se pueden observar los trabajos incumplidos mensualmente que en promedio es 9.

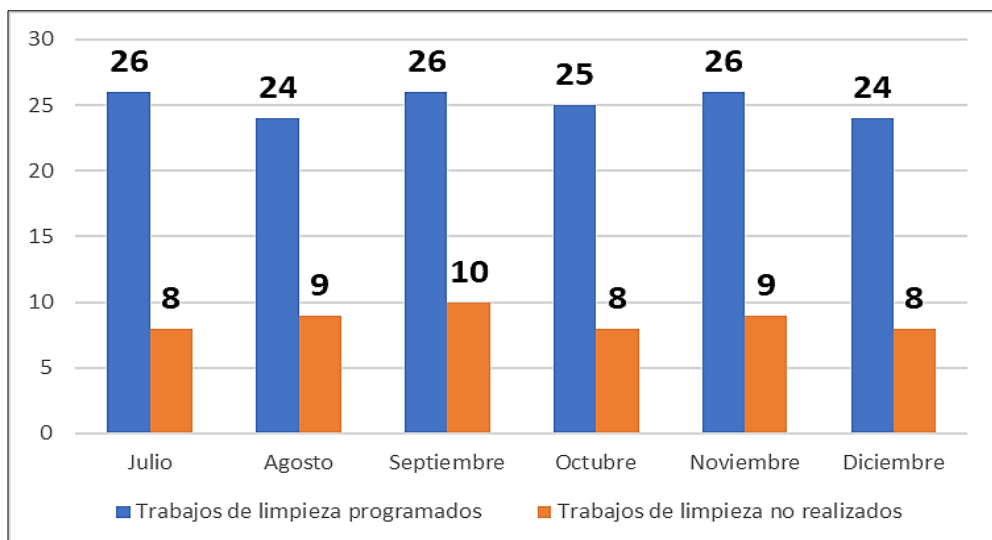


Figura 16. Incumplimientos de trabajos de limpiezas programados

Fuente: Empresa agroindustrial

Conociendo esto corresponde realizar la cuantificación de las pérdidas monetarias generadas por las horas de paradas, para este caso los factores desperdiciados durante las paradas son la mano de obra directa, los costos indirectos de fabricación, costo de horas extras de mano de obra y el costo de oportunidad. En la Tabla 4 se detallan los montos calculados.

Tabla 4.  
*Pérdida monetaria mensual de CR2 - Producción*

Mes	Costo de mano de obra directa	Costos indirectos de fabricación	Costo de horas extras de mano de obra	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
Julio	S/4,268.34	S/8,228.68	S/5,335.42	S/55,423.58	S/73,256.02
Agosto	S/3,916.83	S/7,551.03	S/4,896.04	S/50,859.28	S/67,223.17
Septiembre	S/3,766.18	S/7,260.60	S/4,707.73	S/48,903.16	S/64,637.67
Octubre	S/3,766.18	S/7,260.60	S/4,707.73	S/48,903.16	S/64,637.67
Noviembre	S/4,921.14	S/9,487.19	S/6,151.43	S/63,900.12	S/84,459.88
Diciembre	S/4,469.20	S/8,615.92	S/5,586.50	S/58,031.75	S/76,703.36
<b>Total</b>	<b>S/25,107.87</b>	<b>S/48,404.02</b>	<b>S/31,384.84</b>	<b>S/326,021.04</b>	<b>S/430,917.77</b>

Fuente: Elaboración propia

### **PRODUCCIÓN CR3: Falta de sistemas de detección y prevención de errores en el proceso**

El tercer gran despilfarro en el área de producción son los tiempos improductivos por errores en el proceso, de acuerdo con el análisis de Ishikawa la causa raíz que genera este despilfarro es la falta de sistemas de detección y prevención de errores en el proceso. Para poder entender mejor este despilfarro vale aclarar que los errores que generan las paradas son: sobrepeso en los clamshells envasados, fruta aplastada dentro de los clamshells y clamshells mal sellados. El inconveniente surge que el proceso al ser continuo se mantiene una velocidad de procesamiento que en muchas ocasiones dificulta detectar a tiempo las ocurrencias, entonces cuando estos errores son detectados por el tiempo prolongado que permanecieron los fallos el problema se agrava, no

quedando remedio que parar la línea de producción para poder enmendar estos errores. En la Figura 17 se pueden observar las horas de paradas mensuales por errores en el proceso que en promedio se calcula es de 32.48 horas.

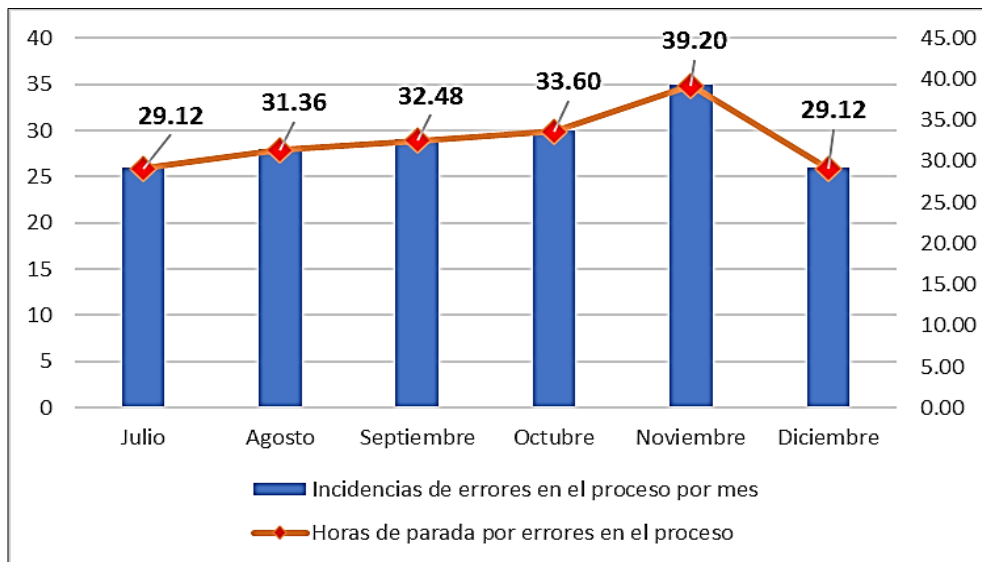


Figura 17. Horas de paradas por errores en el proceso

Fuente: Empresa agroindustrial

Por otro lado, en la Figura 18 se muestran las toneladas mensuales de arándano desperdiciadas por errores en el proceso que en promedio se estima es de 19.64 toneladas.

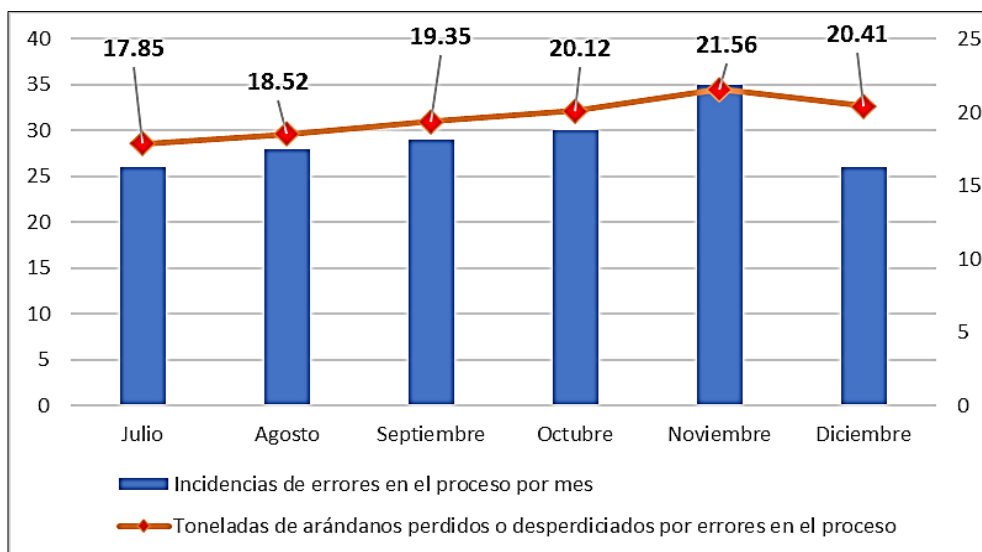


Figura 18. Toneladas de arándano desperdiciadas por errores en el proceso

Fuente: Empresa agroindustrial

Finalmente, la cuantificación de esta causa raíz se muestra en la Tabla 5 donde se aprecia los montos calculados de pérdida monetaria mensual originados por esta causa raíz.

Tabla 5.  
*Pérdida monetaria mensual de CR3 - Producción*

Mes	Costo de materia prima directa	Costo de mano de obra directa	Costo de horas extras de mano de obra	Costos indirectos de fabricación	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
Julio	S/29,907.18	S/4,695.83	S/5,869.79	S/9,052.83	S/96,855.68	S/146,399.16
Agosto	S/31,029.75	S/5,057.05	S/6,321.31	S/9,749.20	S/102,892.83	S/155,068.66
Septiembre	S/32,420.39	S/5,237.66	S/6,547.08	S/10,097.38	S/106,906.42	S/161,228.28
Octubre	S/33,710.50	S/5,418.27	S/6,772.84	S/10,445.57	S/110,799.41	S/167,166.71
Noviembre	S/36,123.18	S/6,321.31	S/7,901.64	S/12,186.50	S/125,419.90	S/187,974.09
Diciembre	S/34,196.39	S/4,695.83	S/5,869.79	S/9,052.83	S/102,001.66	S/155,836.91
<b>Total</b>	<b>S/197,387.39</b>	<b>S/31,425.96</b>	<b>S/39,282.45</b>	<b>S/60,584.30</b>	<b>S/644,875.90</b>	<b>S/973,673.82</b>

Fuente: Elaboración propia

### **MANTENIMIENTO CR1: Falta de dispositivos para prevenir errores de montaje**

Cuando los trabajadores realizan el mantenimiento son susceptibles a cometer errores ya que las máquinas envasadoras de arándanos cuentan con más de 450 piezas que necesitan ser revisadas. Al momento de volver a ensamblar las partes se cometen errores o se olvidan de algunas piezas. Esto genera evidentemente problemas al momento de comenzar la producción ya que hay que volver a revisar la máquina hasta que todo quede en orden. Es evidente que faltan mecanismos y alarmas que indiquen o prevengan estos errores y de esta forma evitarían los retrasos o paradas de las líneas de producción. En la Figura 19 se puede apreciar las incidencias mensuales de errores en el montaje de la maquinaria que en promedio se estima es de 8 incidencias.



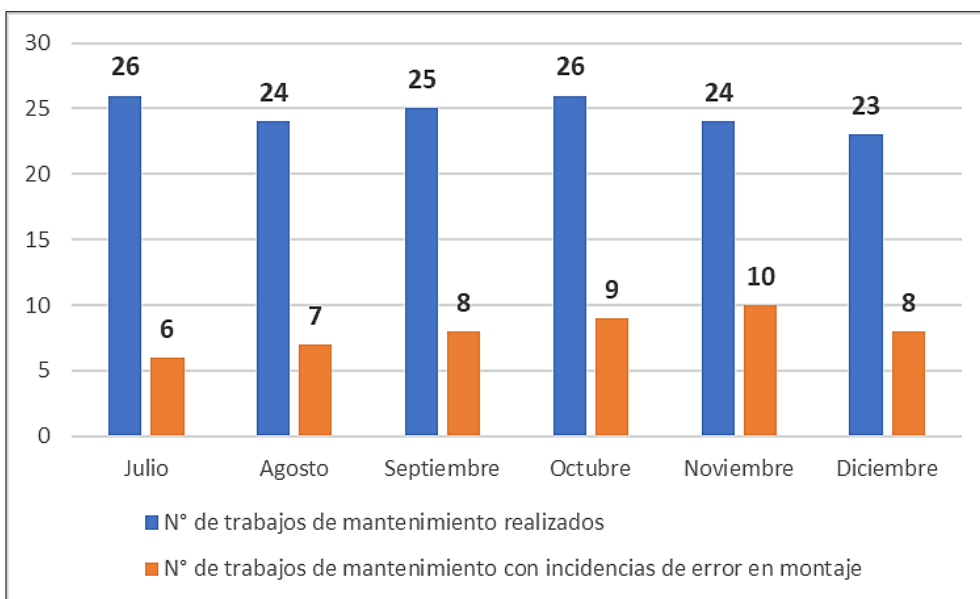


Figura 19. Incidencias mensuales de errores en el montaje de maquinaria

Fuente: Empresa agroindustrial

Por otro lado, en la Figura 20 se muestran las horas de paradas ocasionados por las incidencias debido al mal ensamblaje de las maquinarias, se estima que son 44.33 horas en promedio las que se pierde cada mes.

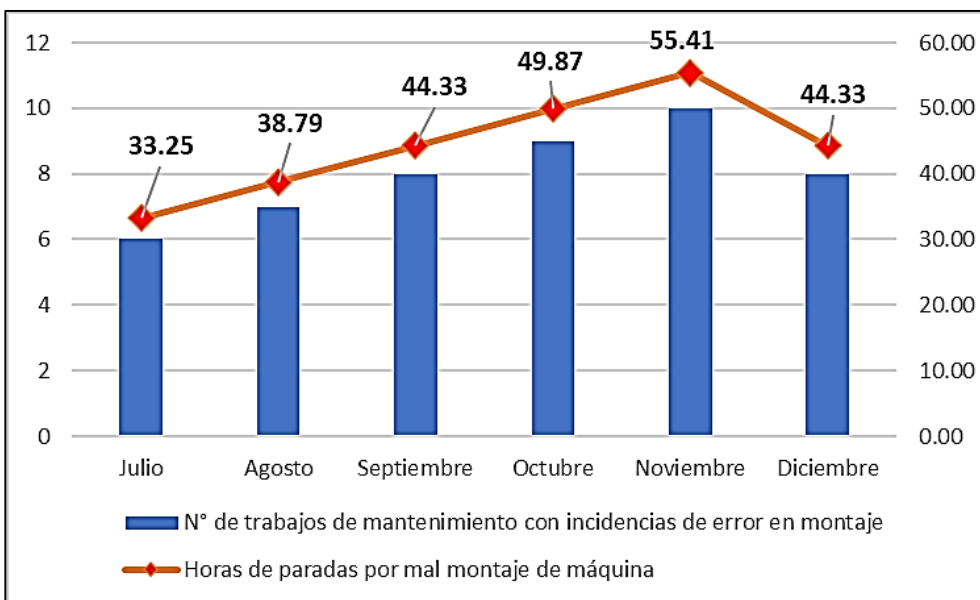


Figura 20. Horas de paradas por mal montaje de maquinaria

Fuente: Empresa agroindustrial

Evidentemente las horas de paradas ocasionadas por el mal montaje generan pérdidas monetarias en mano de obra, costos indirectos, también costo de

oportunidad porque cada hora que no se esté procesando arándano se deja de percibir ganancia. En la Tabla 6 se muestra los montos mensuales de cada factor generado como pérdida monetaria.

Tabla 6.  
*Pérdida monetaria mensual de CR1 - Mantenimiento*

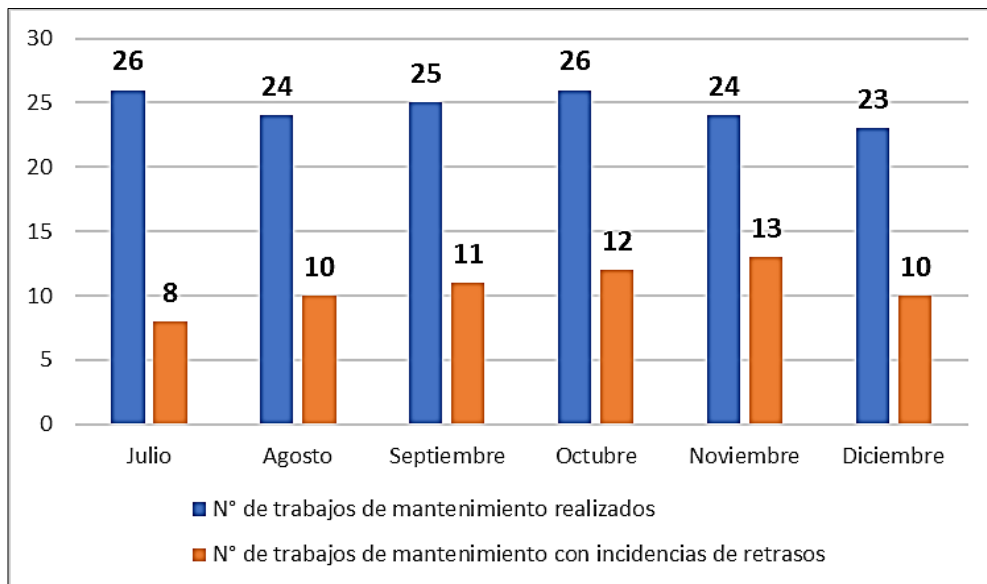
MES	Costo de mano de obra directa	Costo de horas extras de mano de obra	Costos indirectos de fabricación	Costo de insumos	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
Julio	S/5,361.38	S/6,701.72	S/10,335.89	S/5,425.00	S/69,616.49	S/97,440.47
Agosto	S/6,254.94	S/7,818.68	S/12,058.54	S/4,254.00	S/81,219.23	S/111,605.39
Septiembre	S/7,148.50	S/8,935.63	S/13,781.19	S/3,245.00	S/92,821.98	S/125,932.30
Octubre	S/8,042.07	S/10,052.58	S/15,503.83	S/4,524.00	S/104,424.73	S/142,547.21
Noviembre	S/8,935.63	S/11,169.54	S/17,226.48	S/5,452.00	S/116,027.48	S/158,811.12
Diciembre	S/7,148.50	S/8,935.63	S/13,781.19	S/6,542.00	S/92,821.98	S/129,229.30
<b>Total</b>	<b>S/42,891.02</b>	<b>S/53,613.77</b>	<b>S/82,687.12</b>	<b>S/29,442.00</b>	<b>S/556,931.88</b>	<b>S/765,565.80</b>

Fuente: Elaboración propia

### **MANTENIMIENTO CR2: Falta de planificación, organización y coordinación de actividades de mantenimiento**

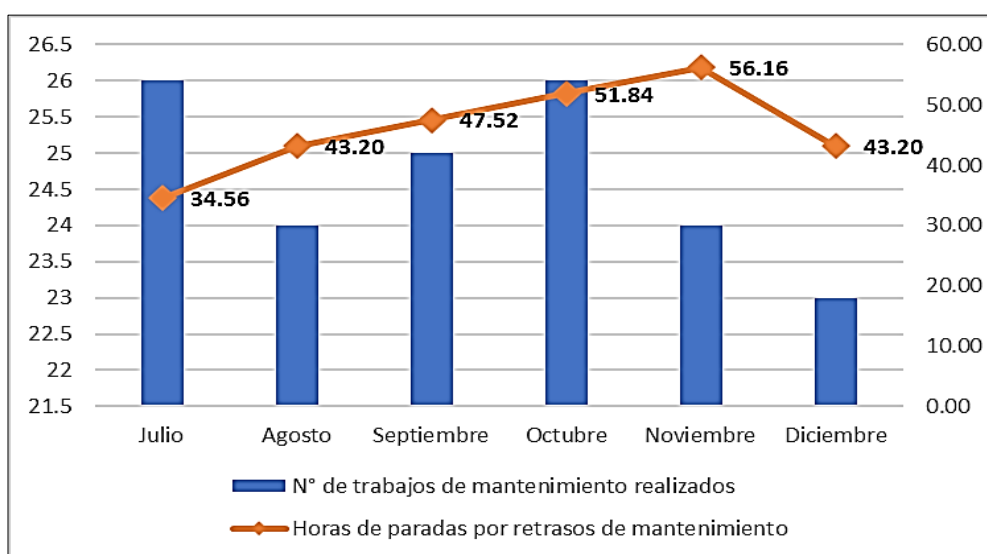
El segundo gran despilfarro en el área de mantenimiento son los tiempos improductivos por retrasos en la ejecución de los trabajos de mantenimiento, de acuerdo con el análisis de Ishikawa realizado es la falta de planificación, organización y coordinación de actividades de mantenimiento que genera este despilfarro. Los problemas surgen que los trabajos de mantenimiento se programan sin previa coordinación con producción, o en muchos casos se programan los trabajos, pero sin supervisión y sin asignar responsables, generando que cuando inicia la producción estos trabajos están por la mitad o sin comenzar generando los retrasos, haciendo que las líneas asignadas permanezcan detenidas inhabilitadas.

En la Figura 21 se muestran las incidencias mensuales por retrasos en los trabajos de mantenimiento, se estima que se presentan hasta 11 incidencias en promedio por cada mes.



*Figura 21.* Incidencias mensuales de retrasos en los trabajos de mantenimiento  
Fuente: Empresa agroindustrial

En la Figura 22 se muestran las horas de paradas generadas por el retraso de los trabajos de mantenimiento, en promedio se calcula se pierden hasta 46.08 horas.



*Figura 22.* Horas de paradas por retrasos de mantenimiento  
Fuente: Empresa agroindustrial

Finalmente, en la Tabla 7 se muestra los montos correspondientes a cada factor desperdiciado y convertido en pérdida monetaria.

Tabla 7.  
*Pérdida monetaria mensual de CR2 - Mantenimiento*

Mes	Costo de mano de obra directa	Costo de horas extras de mano de obra	Costos indirectos de fabricación	Costos de insumos	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
Julio	S/5,573.08	S/6,966.35	S/10,744.01	S/12,478.00	S/72,365.36	S/108,126.80
Agosto	S/6,966.35	S/8,707.93	S/13,430.02	S/12,547.00	S/90,456.71	S/132,108.00
Septiembre	S/7,662.98	S/9,578.73	S/14,773.02	S/13,548.00	S/99,502.38	S/145,065.10
Octubre	S/8,359.62	S/10,449.52	S/16,116.02	S/14,255.00	S/108,548.05	S/157,728.20
Noviembre	S/9,056.25	S/11,320.31	S/17,459.02	S/16,874.00	S/117,593.72	S/172,303.30
Diciembre	S/6,966.35	S/8,707.93	S/13,430.02	S/11,422.00	S/90,456.71	S/130,983.00
<b>Total</b>	<b>S/44,584.62</b>	<b>S/55,730.77</b>	<b>S/85,952.10</b>	<b>S/81,124.00</b>	<b>S/578,922.92</b>	<b>S/846,314.40</b>

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2. Identificación de indicadores

Teniendo costeadado cada causa raíz lo que corresponde es establecer indicadores para poder medir el desempeño actual, así como también para sintetizar la información sobre la eficacia y productividad de las acciones que se van a plantear en la propuesta de mejora. Con estos indicadores se espera que permitan informar, controlar, evaluar y por último ayudar a que se tomen decisiones dentro de las áreas de producción y mantenimiento. Para el caso de la empresa agroindustrial analizada los indicadores estarán relacionados a medir los diferentes despilfarros que se generan en el proceso.

En las Tabla 8 y 9 se establecen los cuadros de indicadores donde se especifica el nombre del indicador, su fórmula, el valor actual obtenido, el valor objetivo que se desea alcanzar, la pérdida monetaria y la herramienta de mejora seleccionada.

Tabla 8.  
*Cuadro de indicadores - Área de producción*

Área	Cri	Causa raíz	Indicador	Fórmula	Valor actual	Valor objetivo	Pérdida monetaria en campaña	Herramienta de mejora
PRODUCCIÓN	CR1	Falta de estandarización del método para los cambios de formatos	Tiempo promedio para realizar cambio de formatos (minutos)	$T_c = \frac{\sum \text{Tiempo de cambio de formato en cada línea de producción}}{\text{Total de número de cambios}}$	29.39	10.00	S/ 764,911.34	Single Minute Exchange of Die (SMED)
			Porcentaje de actividades de cambio de formato con la máquina encendida	$A_e = \frac{N^\circ \text{ total de actividades con la máquina encendida}}{\text{Total de actividades para cambio de formato}}$	66.67%	83.34%		
	CR2	Falta de orden y limpieza	Tiempo mensual de paradas por trabajos de limpieza no programados (horas)	$T_L = \sum \text{Tiempo de paradas por limpiezas no programadas en cada línea de producción}$	25.95	12.98	S/ 430,917.77	5S
			Porcentaje de cumplimiento de trabajos de limpieza	$C_l = \frac{\text{Trabajos de limpiezas realizados}}{\text{Trabajos de limpiezas programadas}} \times 100\%$	65.56%	82.78%		
	CR3	Falta de sistemas de detección y prevención de errores en el proceso	Tiempo mensual de paradas por errores en el proceso (horas)	$T_E = \sum \text{Tiempo de paradas por errores en el proceso en cada línea de producción}$	32.48	16.24	S/ 973,673.82	Jidoka
			Toneladas de arándano desperdiciados por errores en el proceso	$D_A = \sum \text{Toneladas desperdiciadas en cada línea de producción por errores en el proceso}$	19.64	9.82		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9.

*Cuadro de indicadores - Área de mantenimiento*

Área	Cri	Causa raíz	Indicador	Fórmula	Valor actual	Valor objetivo	Pérdida monetaria en campaña	Herramienta de mejora
MANTENIMIENTO			Porcentaje de errores en trabajos de mantenimiento	$E_m = \frac{N^{\circ} \text{ incidencias de errores en trabajos de mantenimiento}}{\text{Total de trabajos de mantenimiento realizados}} \times 100\%$	32.43%	16.22%		
	CR1	Falta de dispositivos para prevenir errores de montaje					S/ 765,565.80	Poka Yoke
			Tiempo de paradas por errores de montaje de las máquinas	$T_m = \sum T$ tiempo de paradas por limpiezas no programadas en cada línea de producción	44.33	22.16		
	CR2	Falta de planificación, organización y coordinación de actividades de mantenimiento	Porcentaje de retrasos en trabajos de mantenimiento	$E_R = \frac{N^{\circ} \text{ incidencias de retrasos en trabajos de mantenimiento}}{\text{Total de trabajos de mantenimiento realizados}} \times 100\%$	43.24%	21.62%		
			Tiempo de paradas por demoras de trabajos de mantenimiento	$T_m = \sum T$ tiempo de paradas por limpiezas no programadas en cada línea de producción	46.08	23.04	S/ 846,314.40	Mantenimiento planificado (Keikaku Hozen)

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.3. Desarrollo SMED

Como se mencionó el primer problema que se identificó en el área de producción fueron los elevados tiempos de cambio de formato y la causa raíz que originaba este problema era la falta de un método estandarizado, para ello se desarrolló la herramienta SMED con el que se buscó reducir los tiempos de cambio de formato y establecer un método eficiente. Para el desarrollo de esta herramienta se estableció el procedimiento que se muestra en la Figura 23.

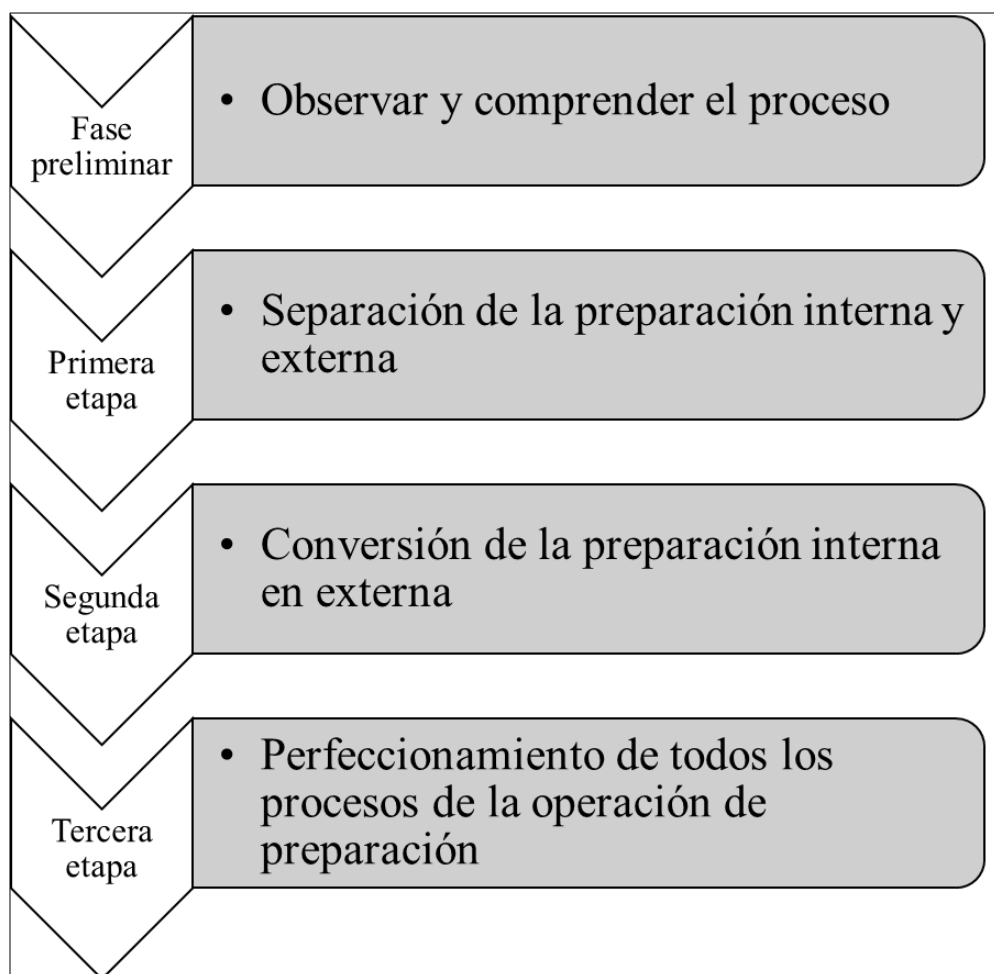


Figura 23. Procedimiento de implementación de SMED

Fuente: Carreras (2010)

La fase preliminar se basó en la observación y comprensión del proceso del cambio de formato, con esto se buscó tener identificado cada una de las operaciones que se realizan para un cambio de formato y medir su tiempo.

Para el registro y ordenamiento de lo observado se utilizó el formato de registro mostrado en la Figura 24, donde se identificó las 12 operaciones para el cambio de formato con un tiempo de 29.35 minutos de duración en promedio considerando aspectos técnicos y estadísticos, al mismo tiempo el formato de registro permitió poder apuntar algunas observaciones que resultaron importantes para las siguientes etapas.


FORMATO N° 01 - IDENTIFICACIÓN DE OPERACIONES DE CAMBIO DE FORMATO						
Parámetros técnicos				Parámetros estadísticos		
Desapiladores disponibles:	5					
Peso desapiladora	2 kg				N° de rollos de etiquetas a cambiar	1
Velocidad de faja	1 m/s				Clamshells por fajas	15
Calibración de balanzas	29 sg				Posicionamiento transversal	12.5 m
Tarea	Descripción de la operación	Tipo de operación	Distancia (Metros)	Tiempo (min)	N° de operadores	Observaciones
CAMBIO DE FORMATO	Inspección y orden del área de trabajo	<input type="checkbox"/>		1.23	1	Siempre se realiza esta operación para mantener las BPM.
	Transporte de rollo de etiquetas y caja de clamshells de almacén a pesadora		40	2.58	1	Muchas veces los cambios de formato se realizan de manera inesperada y se tiene que traer de almacén los materiales que se utilizarán.
	Revisión de velocidades de fajas de transporte y pulsadores de emergencia desde la zona de lanzado hasta el empaque de fruta	<input type="checkbox"/>		1.15	1	Esta revisión lo hacen por protocolo de normas de Seguridad y salud ocupacional
	Ajuste de chutes	<input type="radio"/>		1.98	1	
	Regulación de línea de proceso, lineamiento (centrado)	<input type="radio"/>		3.21	1	
	Calibración de pesadoras	<input type="radio"/>		3.25	1	No existen parámetros estandarizados para la calibración de las pesadoras, se hacen prueba de acierto y error.
	Regulación de la cinta de clamshell según el formato a trabajar	<input type="radio"/>		3.97	1	
	Regulación y ajuste de desapilador según formato	<input type="radio"/>		3.24	1	
	Ajuste de faja de etiquetado y codificado	<input type="radio"/>		2.87	1	
	Digitación y actualización de código de trazabilidad	<input type="radio"/>		1.23	1	
	Cambio de rollo de etiqueta según cliente	<input type="radio"/>		1.40	1	
	Purga final (al finalizar el proceso)	<input type="radio"/>		3.24	1	
<b>TOTAL</b>				<b>29.35</b>		

Figura 24. Formato para la identificación de las operaciones de cambio de formato

Fuente: Elaboración propia



De acuerdo con la teoría, la primera etapa del SMED es la diferenciación entre las operaciones de preparación interna y externa. Según Correa (2015) la preparación de piezas, el mantenimiento de los útiles y herramientas u operaciones análogas no deberían realizarse con la maquinaria apagada.

Sin embargo, en la empresa agroindustrial esto ocurre con frecuencia. Carreras (2010) agrega que es necesario hacer un esfuerzo científico y a la vez técnico para tratar lo mayor posible que las operaciones de preparación se realicen como externas. Se consideró realizar tres pasos para llevar a cabo esta primera etapa como se muestra en la Figura 25.

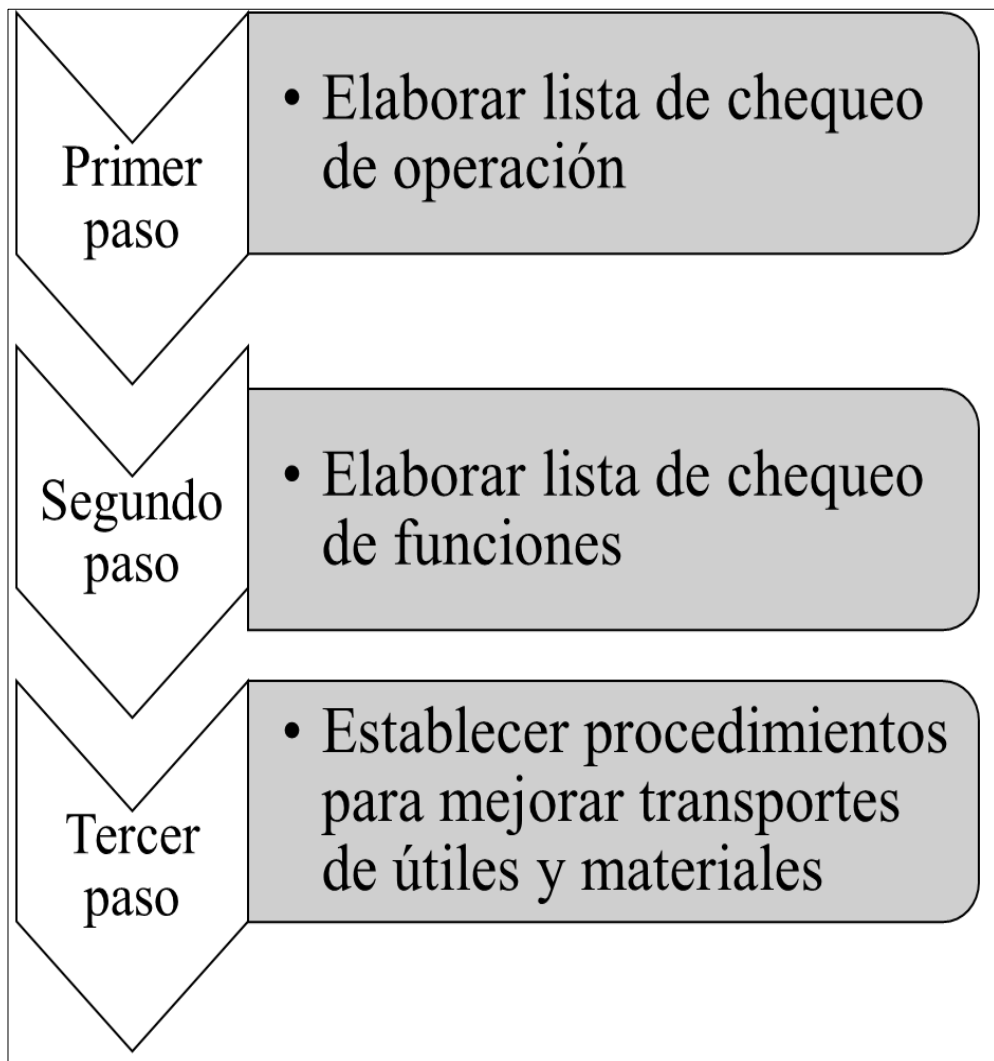


Figura 25. Procedimiento para el desarrollo de la primera etapa de SMED

Fuente: Elaboración propia

El primer paso fue la elaboración de una lista de chequeo de operación, con esto se buscó relacionar todos los elementos que se requieren para la preparación de la máquina principal donde se realiza el cambio de formato. La lista incluye elementos tales como: útiles, herramientas, especificaciones y trabajadores requeridos (ver Figura 26).

<b>Formato N° 2: Lista de chequeo de operación</b>			
Máquina:	Estándar Evolution 12 Scale A&B	Foto referencial: 	
Operación:	Cambio de clamshells de 18 oz		
Fecha:	23/03/2020		
<b>Empleados entrenados para preparación y operación (necesarios 2)</b>			
✓	Kenji Cano		Dilmer Ortiz
	Kevin Betancourt	✓	Carlos Yengle
<b>Herramientas necesarias</b>			
✓	Aprietatuercas automático		
✓	Llave exagonal		
<b>Piezas y materiales necesarios</b>			
✓	Desapilador ajustado al formato de 18 oz		
✓	Codificadora inkjet parametrizado		
✓	Caja de clamshells formato 18 oz		
✓	Rollo de etiqueta nature pride sentido 2		
✓	Manguera de aire comprimido		
✓	Cepillos de limpieza		
<b>Procedimientos estándares a seguir</b>			
✓	Formato 01 (cambio de formato)	✓	BPA 003 (limpieza)

Figura 26. Formato de lista de chequeo de operación

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso fue elaborar una lista de chequeo de funciones que permitió comprobar el tiempo de las operaciones y también poder clasificarlas de

acuerdo con la teoría tanto en internas como en externas. Con el desarrollo de este formato se busca tener claro la relevancia de cada operación. En la Figura 27 se muestra el formato elaborado para la realización de este paso.

Para el tercer paso de esta primera etapa se buscó mejorar el transporte de piezas y útiles. Cabe resaltar que los útiles, moldes, herramientas, plantillas, calibres y demás elementos utilizados para el cambio de formato se deben siempre trasladarse desde las áreas de almacenaje hasta las máquinas, y devolverse después al almacenaje una vez acabado un lote. Para acortar el tiempo de para de la máquina, se estableció que el transporte de estos elementos se debe hacer durante la preparación externa. Es decir que las cajas de clamshells, la codificadora inkjet, el desapilador, el rollo de etiquetas, la manguera de aire comprimido y los cepillos de limpiezas debe transportarse hasta la máquina antes de que esta se pare para el cambio de formato. Las máquinas empacadoras son automáticas y esto permite al operario manejar el transporte de las herramientas y materiales por sí solo, pero también otras ocasiones el transporte de útiles, herramientas, plantillas y otros elementos puede requerir la colaboración de otro trabajador que se asigna a las tareas de transporte.

Para concretar esta mejora, se elaboró el formato para el registro de la mejora de la primera etapa (ver Figura 28) donde los principales resultados obtenidos es la reducción del tiempo de cambio de formato de 29.35 a 26.04 minutos lo que representa 3.31 minutos de ahorro. Las dos mejoras principales establecidas es el establecimiento de un operador auxiliar, para reducir el tiempo de inspección, y el abastecimiento por anticipado de los materiales, con esto se elimina el transporte durante el cambio de formato.

FORMATO N° 3: CLASIFICACIÓN Y CHEQUEO DE FUNCIONES						
Máquina: Estándar Evolution 12 Scale A&B		N° Hoja: 1	Fecha: 31/01/2020	Analista: Jonathan Murga		
DATOS		TIEMPO MEDIDO			CLASIFICACIÓN DE OPERACIONES	
N°	Operaciones	Horas	Minutos	Segundos	Interno	Externo
1	Inspección y orden del área de trabajo	00	01	14	X	
2	Transporte de rollo de etiquetas y caja de clamshells de almacén a pesadora	00	02	35	X	
3	Revisión de velocidades de fajas de transporte y pulsadores de emergencia desde la zona de lanzado hasta el empaque de fruta.	00	01	09	X	
4	Ajuste de chutes	00	01	59	X	
5	Regulación de línea de proceso, lineamiento (centrado)	00	03	13		X
6	Calibración de pesadoras	00	03	15		X
7	Regulación de la cinta de clamshell según el formato a trabajar	00	03	58		X
8	Regulación y ajuste de desafilador según formato	00	03	14		X
9	Ajuste de faja de etiquetado y codificado	00	02	52		X
10	Digitación y actualización de código de trazabilidad	00	01	14		X
11	Cambio de rollo de etiqueta según cliente	00	01	24		X
12	Purga final (al finalizar el proceso)	00	03	14		X
<b>TIEMPO TOTAL</b>		00	24	321		

Figura 27. Formato de lista de chequeo funcional

Fuente: Elaboración propia

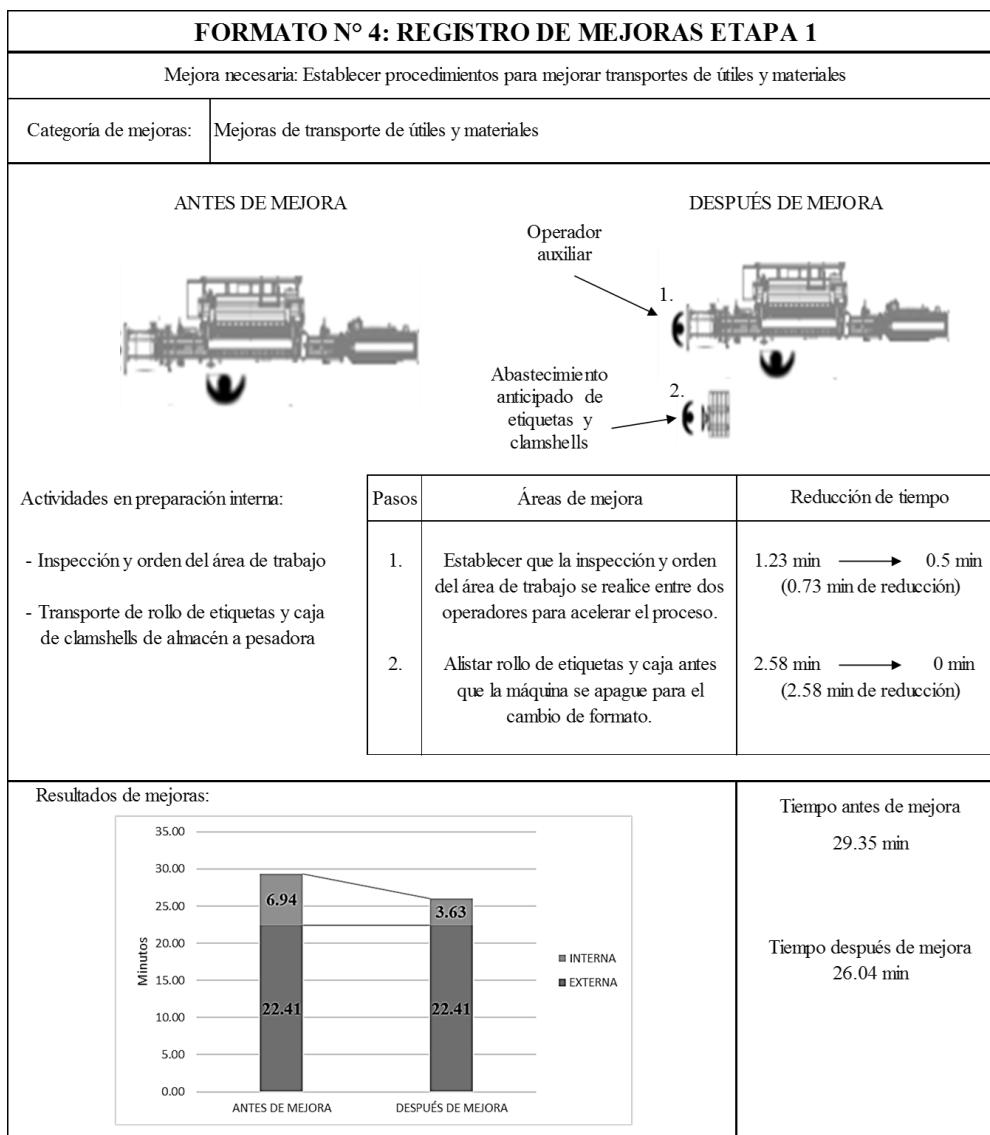


Figura 28. Formato de mejora de transportes de materiales y herramientas

Fuente: Elaboración propia

Para la segunda etapa se buscó convertir las preparaciones internas en externas, para ello se establecieron dos criterios: la reevaluación de las operaciones, para ver si algunos pasos estaban erróneamente considerados como internos, y la búsqueda de formas, para convertir esos pasos en externos.

Según Correa (2015), sostiene que en la mayoría de los casos muchas operaciones que se llevan a cabo como preparación interna pueden a menudo ser convertidas en externas al examinar su verdadera función. Es por lo que para la presente investigación fue muy importante adoptar los distintos puntos

de vistas de los trabajadores para buscar consenso y un método eficiente que se adecue las características de los trabajadores. En la Figura 29 se muestra el procedimiento que se estableció para el desarrollo de esta etapa.

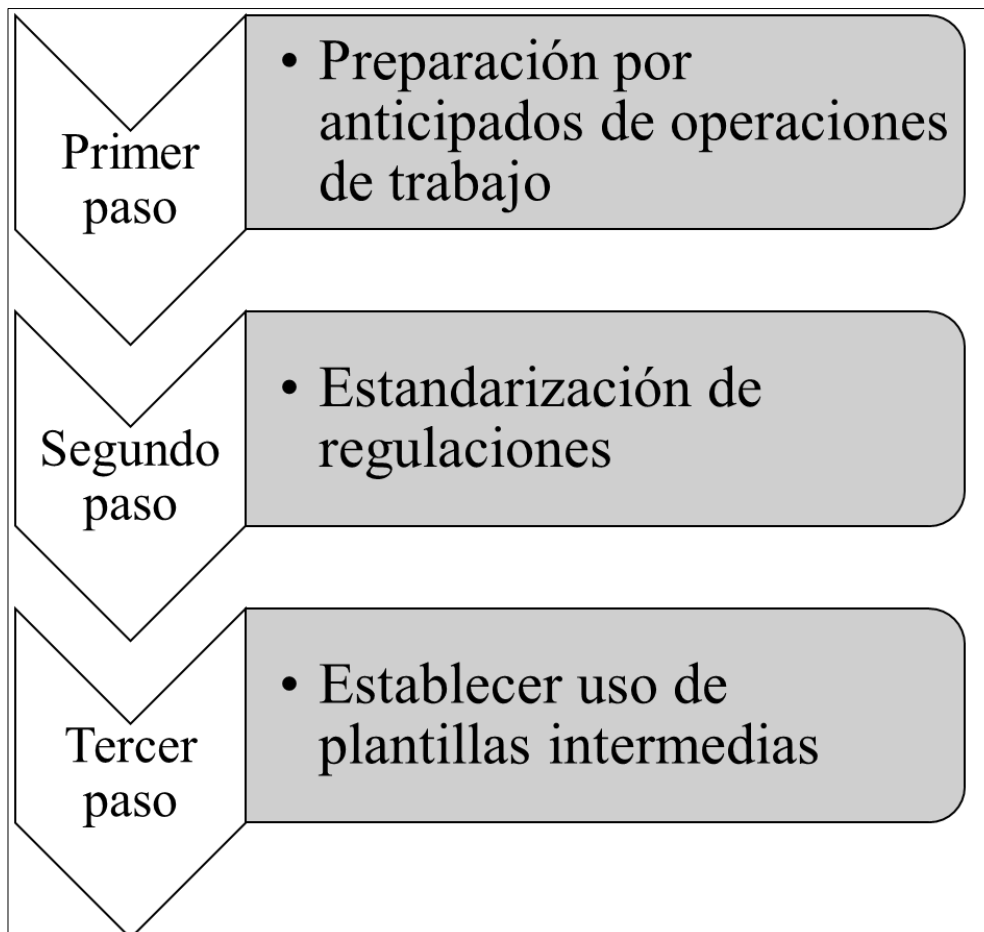


Figura 29. Procedimiento para el desarrollo de la segunda etapa de SMED

Fuente: Elaboración propia

El primer paso realizado para la segunda etapa, fue establecer la preparación por anticipado de algunas operaciones del cambio de formato y para este caso se identificó dos operaciones, una interna y otra externa. La primera es el ajuste de los chutes, que después de observar y consultar con los expertos, se llegó a la conclusión que este ajuste se puede realizar sin problemas por el operador de manera anticipada antes del cambio de formato por la parte posterior de la máquina; la segunda operación es el cambio de rollo de etiquetas, este cambio

se venía realizando después de varias operaciones, pero con la instalación de otra rotadora que se coloca en paralelo se puede lograr ahorrar tiempo. En la Figura 30 se muestra el formato donde se registra estas mejoras.

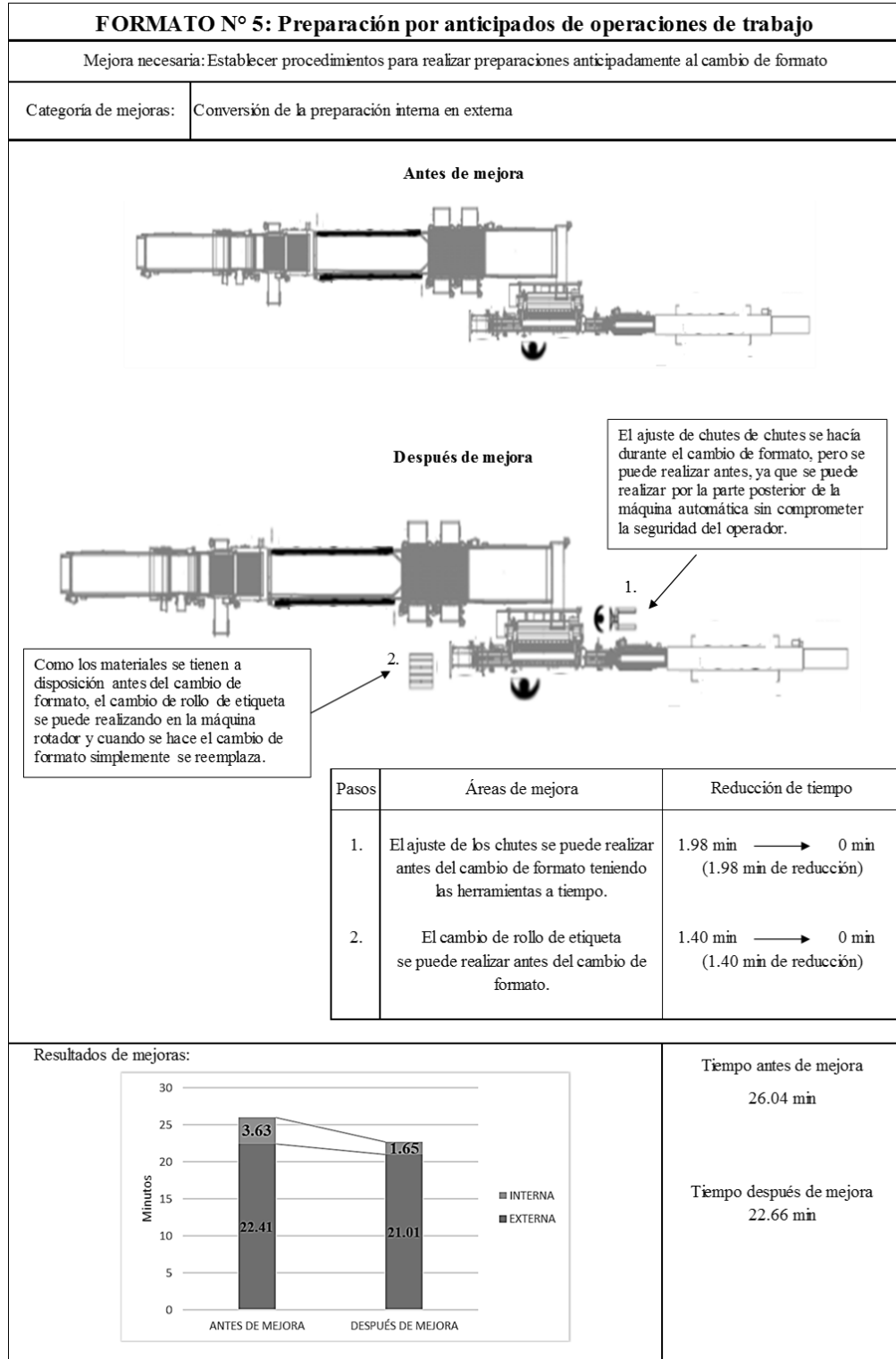


Figura 30. Formato de preparación anticipada de operaciones

Fuente: Elaboración propia

Para el segundo paso de esta etapa fue necesario reducir el tiempo de las regulaciones, buscando mecanismos que permita estandarizarlas acelerando el tiempo empleado. A continuación, en la Figura 31 se muestra el registro de estas mejoras.

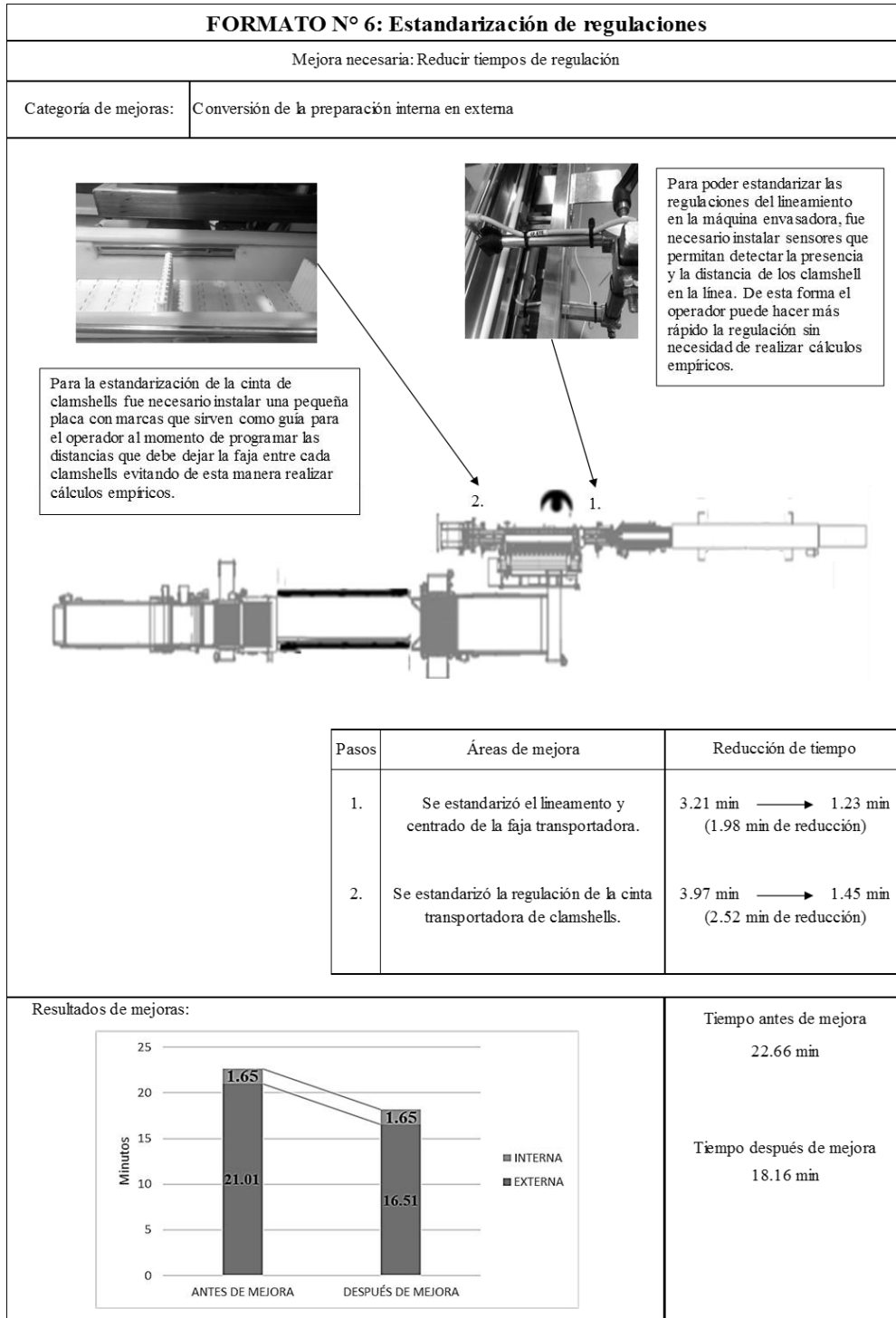


Figura 31. Formato para el registro de las estandarizaciones de regulaciones  
Fuente: Elaboración propia



El último paso de esta segunda etapa, consistió en el establecimiento del uso de plantillas intermedias, al consultar con los operadores de máquina, afirmaron que una de las operaciones que les toma mucho tiempo es la regulación del desapilador, este se tiene que ajustar de acuerdo con el tamaño de clamshell a utilizar, la solución pasa por tener desapiladores listos y configurados para cada tamaño de clamshell. En la Figura 32 se muestra el formato donde se registra la mejora establecida.

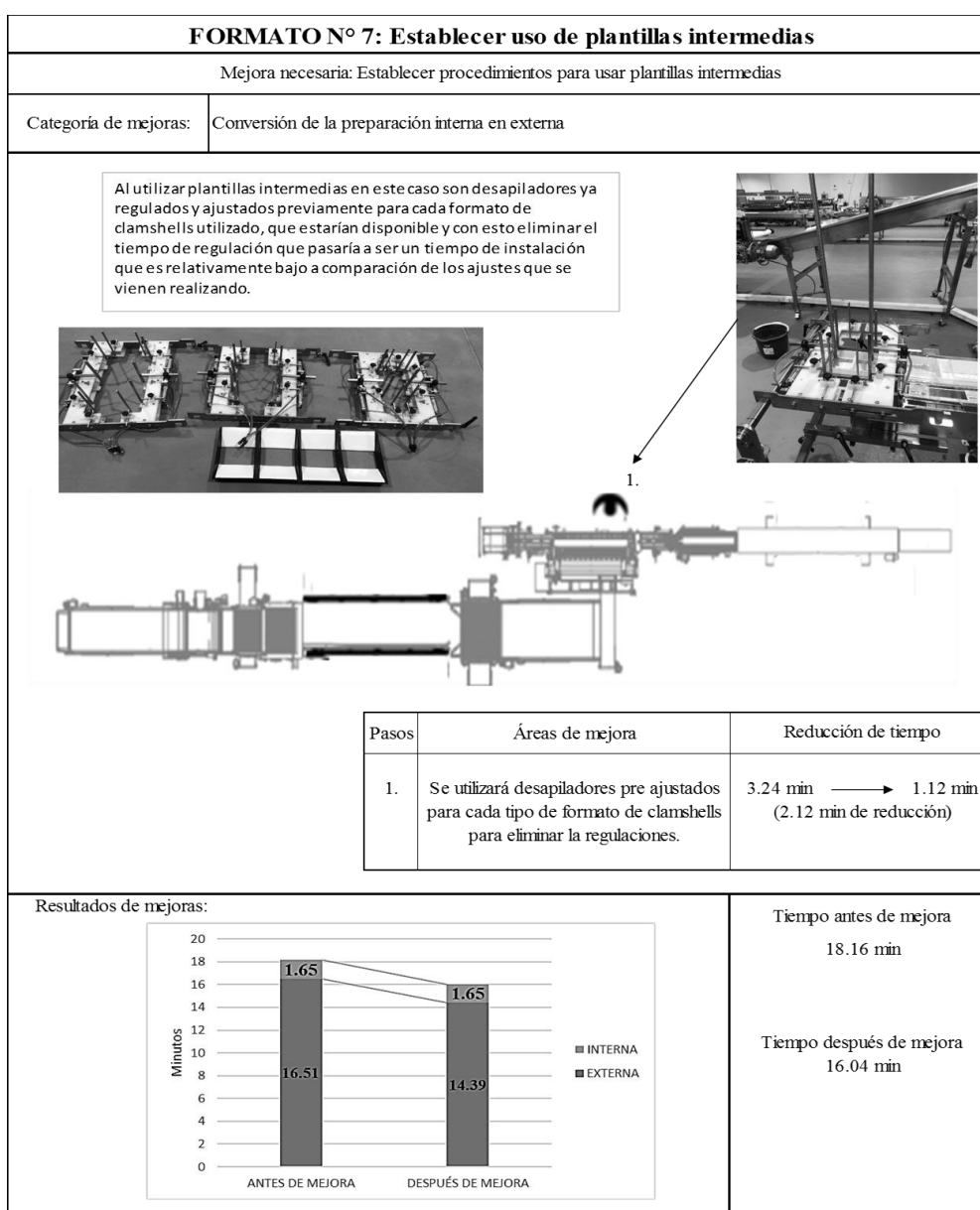


Figura 32. Formato de registro para el uso de plantillas intermedias

Fuente: Elaboración propia

En la última etapa del SMED se buscó el perfeccionamiento de todo lo anterior, concentrando esfuerzos para perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen el cambio de formato. Consecuentemente Carreras (2010) afirma que para el desarrollo de esta etapa se necesita un análisis detallado de cada operación. El procedimiento que se estableció para llevar a cabo esta etapa se muestra en la Figura 33.

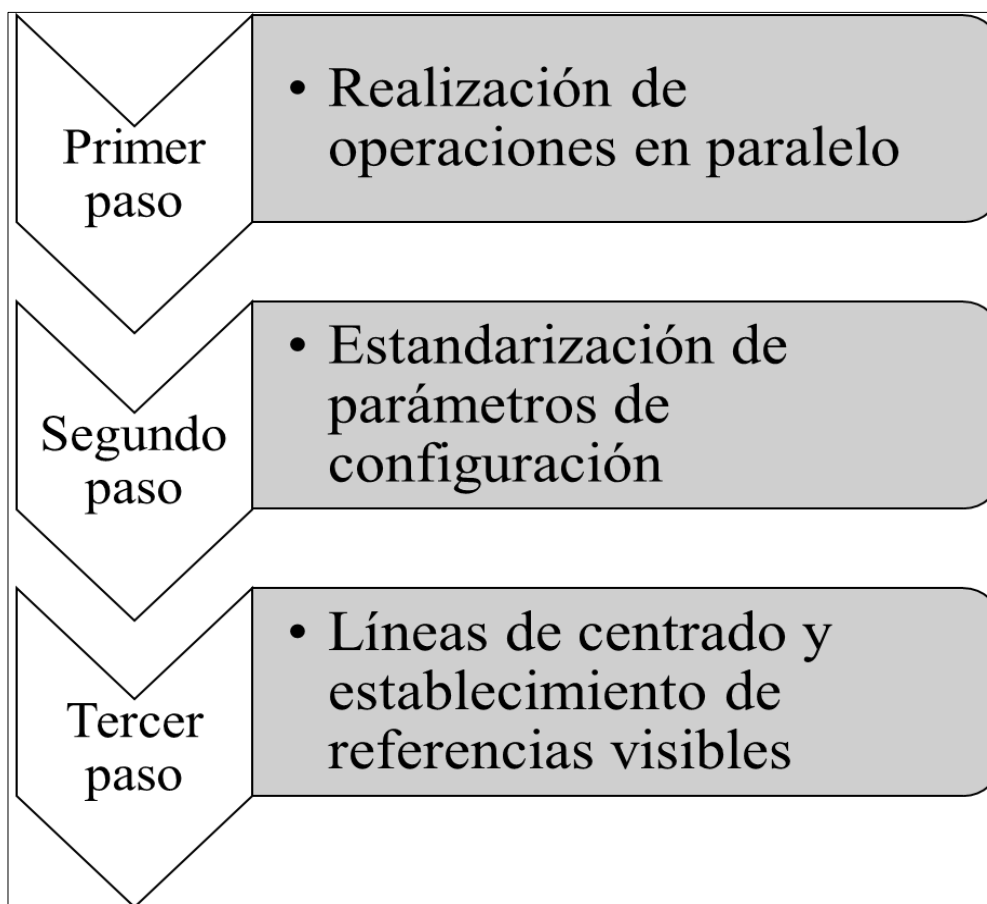


Figura 33. Procedimiento para el desarrollo de la tercera etapa de SMED

Fuente: Elaboración propia

Para el primer paso de la tercera etapa del SMED, se buscó establecer operaciones en paralelo, ya que previamente se había establecido el apoyo de un operador auxiliar, entonces entre ambos operadores se puede alternar las funciones, ya que se venían realizándose los trabajos de cambio de formato por un solo operador que significaba un gran derroche de tiempo.

Era la misma persona que tenía que estar constantemente desplazándose de un extremo a otro de la máquina, por delante y por detrás. Con las operaciones en paralelo se dividen las tareas entre dos, una a cada extremo de la máquina reduciendo considerablemente el tiempo. Cabe resaltar también que la comunicación y la coordinación entre ambos operadores es importante para poder seguir con el cambio de formato sin problemas. En la Figura 34 se muestra el registro de la mejora establecida.

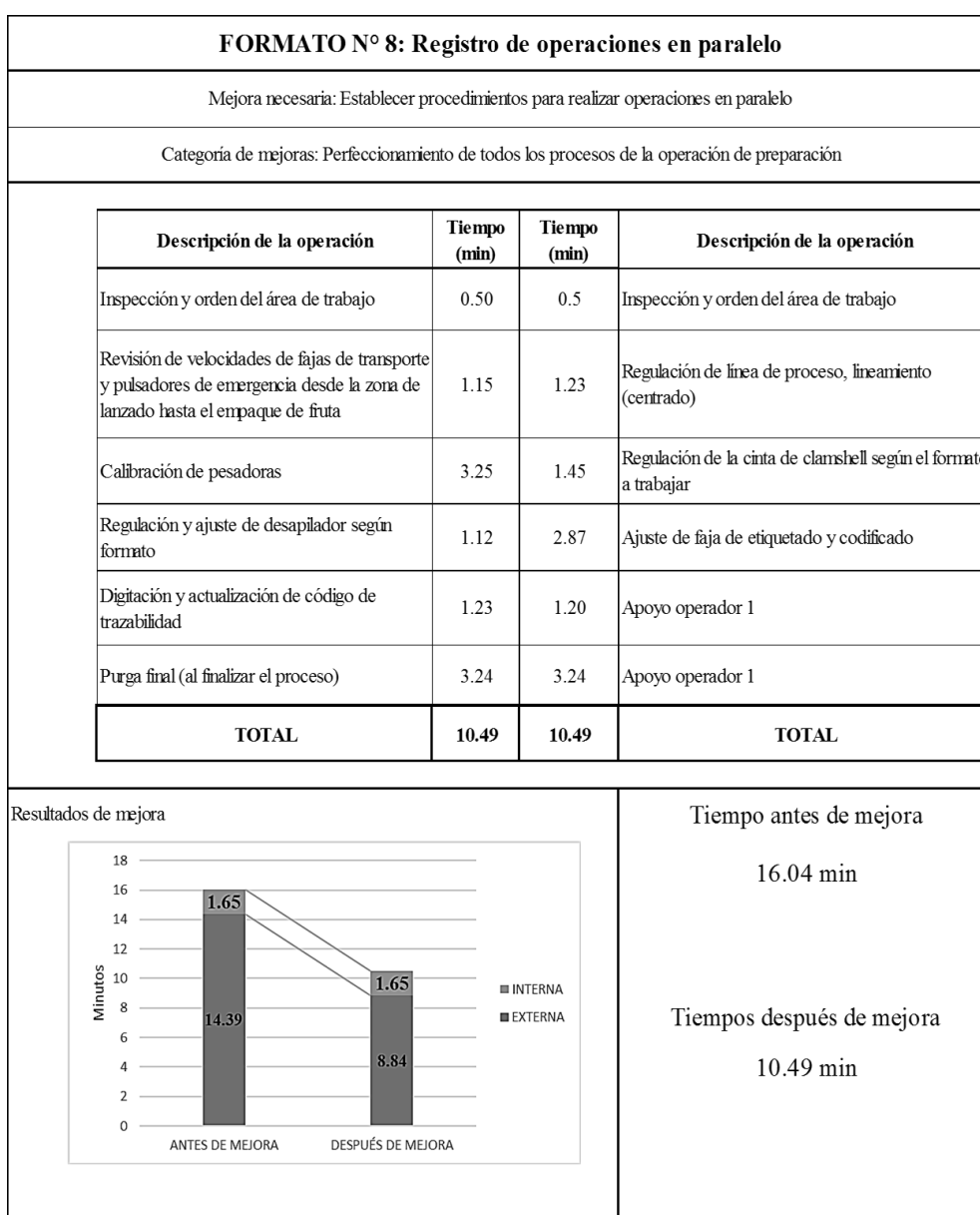


Figura 34. Formato de registro de operaciones en paralelo

Fuente: Elaboración propia

Para el segundo paso de esta tercera etapa, se buscó estandarizar los parámetros de configuración, porque la forma como se realizaba era de manera totalmente empírica, basado en el ensayo y error. Pero con los parámetros estandarizados la configuración se hace de manera rápida y con la seguridad de que no fallará. En la Figura 35 se muestra el formato donde se registra la mejora establecida.

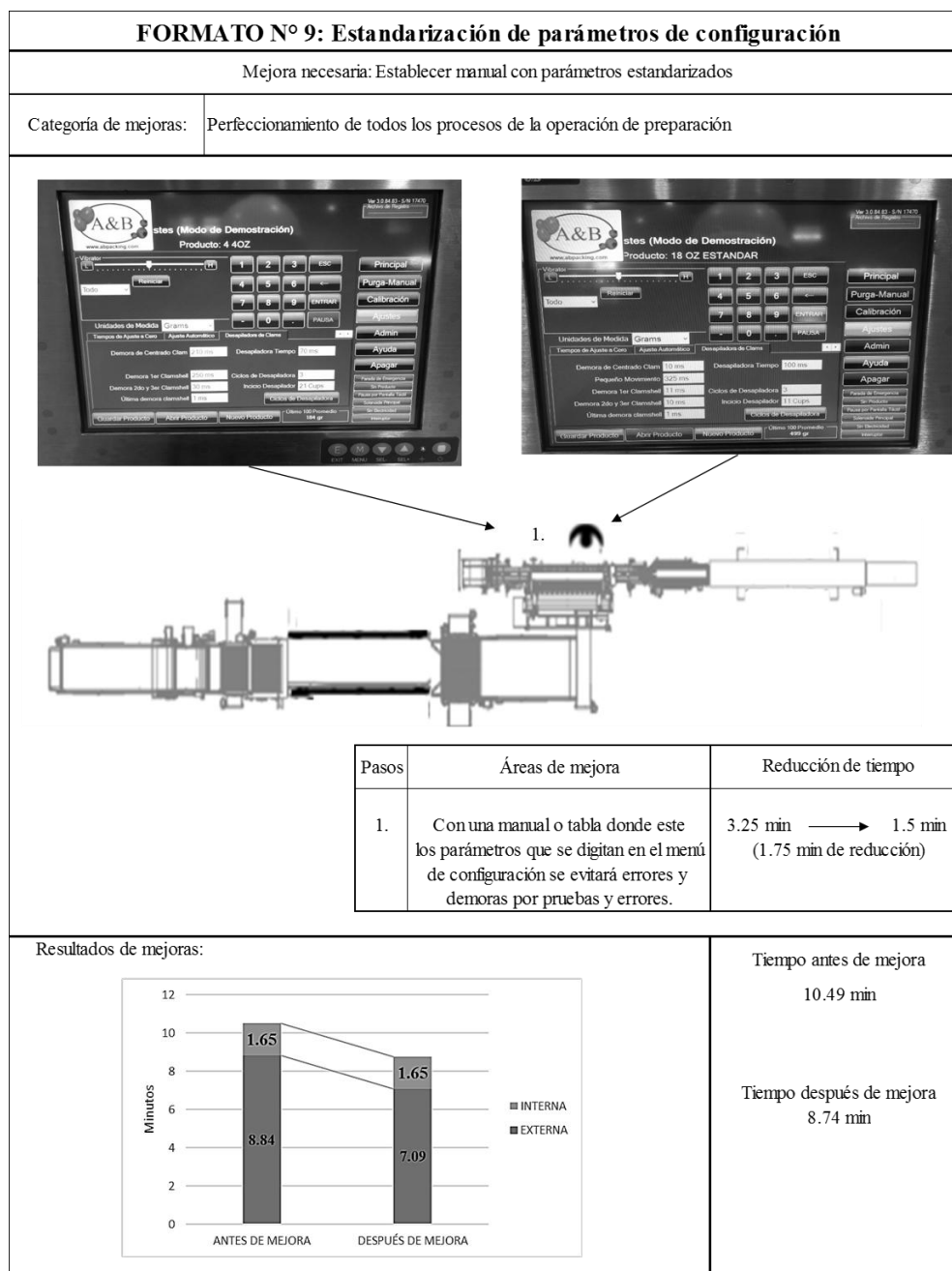


Figura 35. Formato de registro de mejoras en parámetros de configuración

Fuente: Elaboración propia

Para el último paso de esta tercera etapa, se decidió utilizar lámparas de colores, parecidos a los semáforos, instalándolos en la línea de producción, con el propósito de comunicar si los parámetros de velocidad y la condición de los pulsadores de emergencia se encuentra dentro de lo establecido. El color verde significaría que está todo bien, la luz amarilla alerta de una posible desconfiguración y la luz roja indica alguna inconsistencia en los parámetros. Con esto se busca que el operador con una simple observación de estas lámparas pueda decidir si revisar o no los motores de las fajas y pulsadores de emergencia, al no existir estas lámparas el operador tenía que acercarse a cada punto a revisar de manera visual para poder continuar con el cambio de formato. En la Figura 36 se muestra el registro de esta mejora.

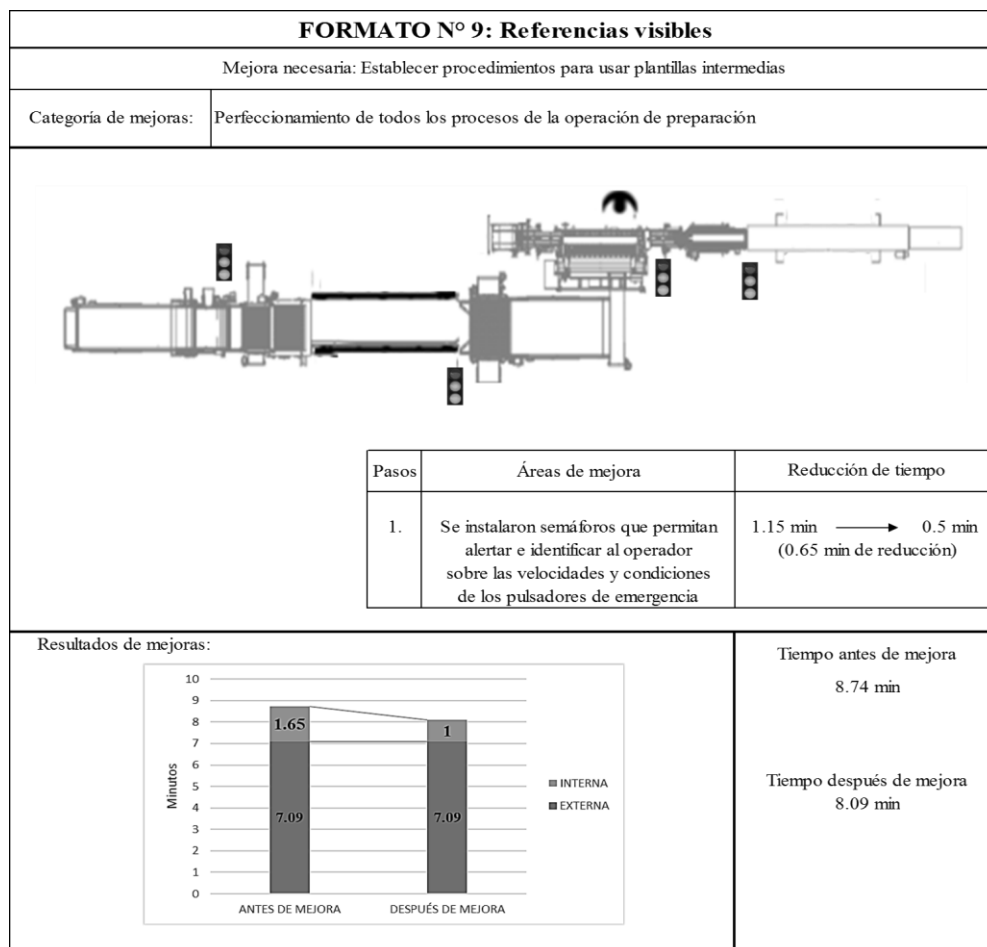
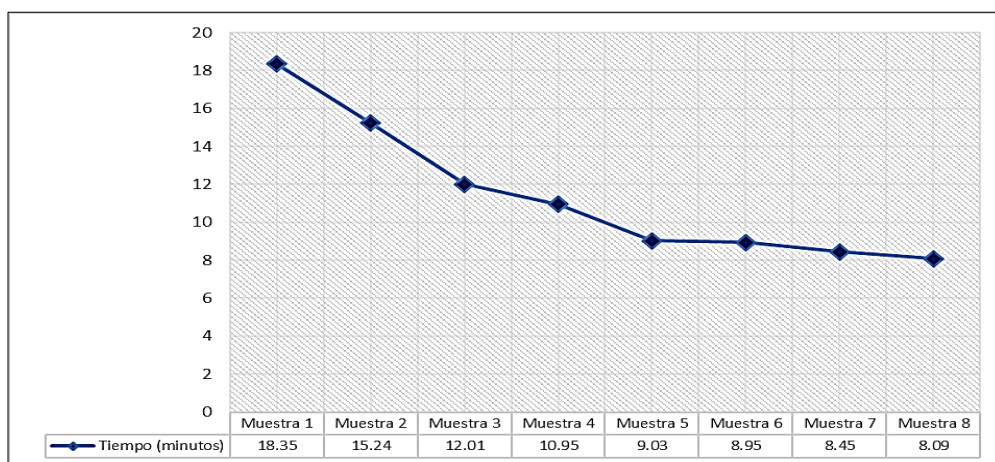


Figura 36. Formato de registro de referencias visibles

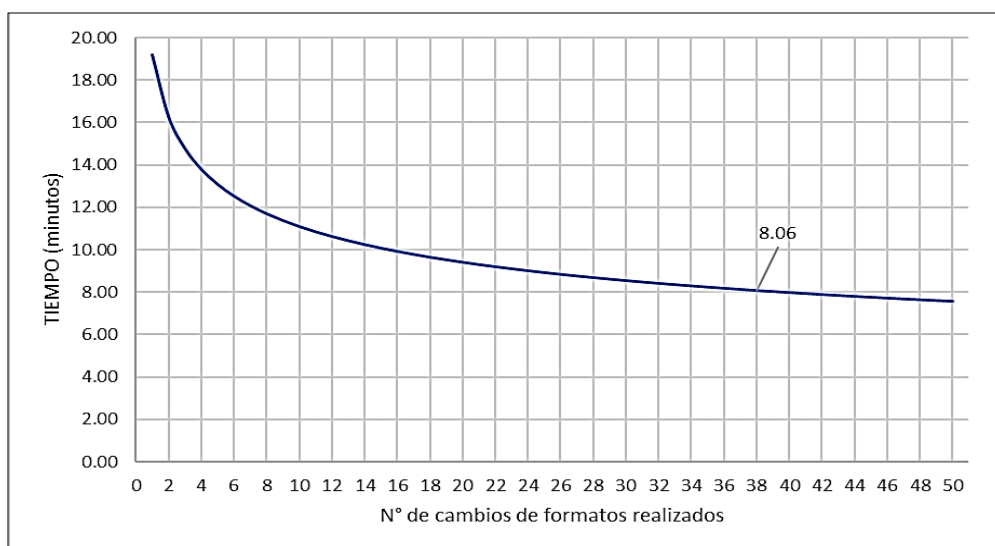
Fuente: Elaboración propia

Luego de haberse realizado las mejoras a través de las etapas de implementación del SMED, era importante realizar mediciones para poder corroborar la mejora, se realizaron ocho observaciones de tiempos (ver Figura 37) para poder a partir de estos resultados encontrar la curva de aprendizaje (ver Figura 38) que permitió encontrar que el porcentaje de aprendizaje es de 84.77% y se sabe ahora que los operadores en 15 días aproximadamente habrán alcanzado la adaptación al nuevo método de cambio de formato.

Finalmente, en la Figura 39 se muestra la programación de las actividades para la implementación del SMED a través de un Diagrama de Ishikawa.



*Figura 37.* Tiempos muestreados de la nueva metodología SMED  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 38.* Curva de aprendizaje del método SMED  
Fuente: Elaboración propia

CARTA GANTT				2021																
				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				
Proyecto: Implementación SMED				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Partes interesadas: Área de Producción				E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Fecha de inicio: 01 de Julio 2021				M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Fecha de término: 29 de Octubre 2021				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
ETAPAS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	DURACIÓN																	
<b>FASE PRELIMINAR</b>	Observar y comprender el proceso	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																	
<b>ETAPA I: Separación de la preparación interna y externa</b>	Elaborar lista de chequeo de operación	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																	
	Elaborar lista de chequeo de funciones	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																	
	Establecer procedimientos para mejorar transportes de útiles y materiales	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																	
<b>ETAPA II: Conversión de la preparación interna en externa</b>	Preparación por anticipados de operaciones de trabajo	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																	
	Estandarización de regulaciones	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																	
	Establecer uso de plantillas intermedias	Investigadores y supervisores de producción	2 semanas																	
<b>ETAPA III: Perfeccionamiento de todos los procesos de la operación de preparación</b>	Realización de operaciones en paralelo	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																	
	Estandarización de parámetros de configuración	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																	
	Referencias visibles	Investigadores y supervisores de producción	2 semanas																	

Figura 39. Formato de Diagrama de Gantt para la implementación de SMED

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.4. Desarrollo 5S

La segunda herramienta desarrollada en el área de producción son las 5S, con esto se buscó contrarrestar la falta de orden y limpieza, estableciendo un orden en las líneas de producción y una programación mejorada de los trabajos de limpieza sin tener que parar las líneas de producción de manera repentina. Resultó un reto grande coordinar los trabajos de limpieza, ya que el tiempo disponible fuera del horario de producción es limitado. Las 5S tienen una metodología de implementación ya establecida que se aplicará de igual manera en la presente investigación como se muestra en la Figura 40.



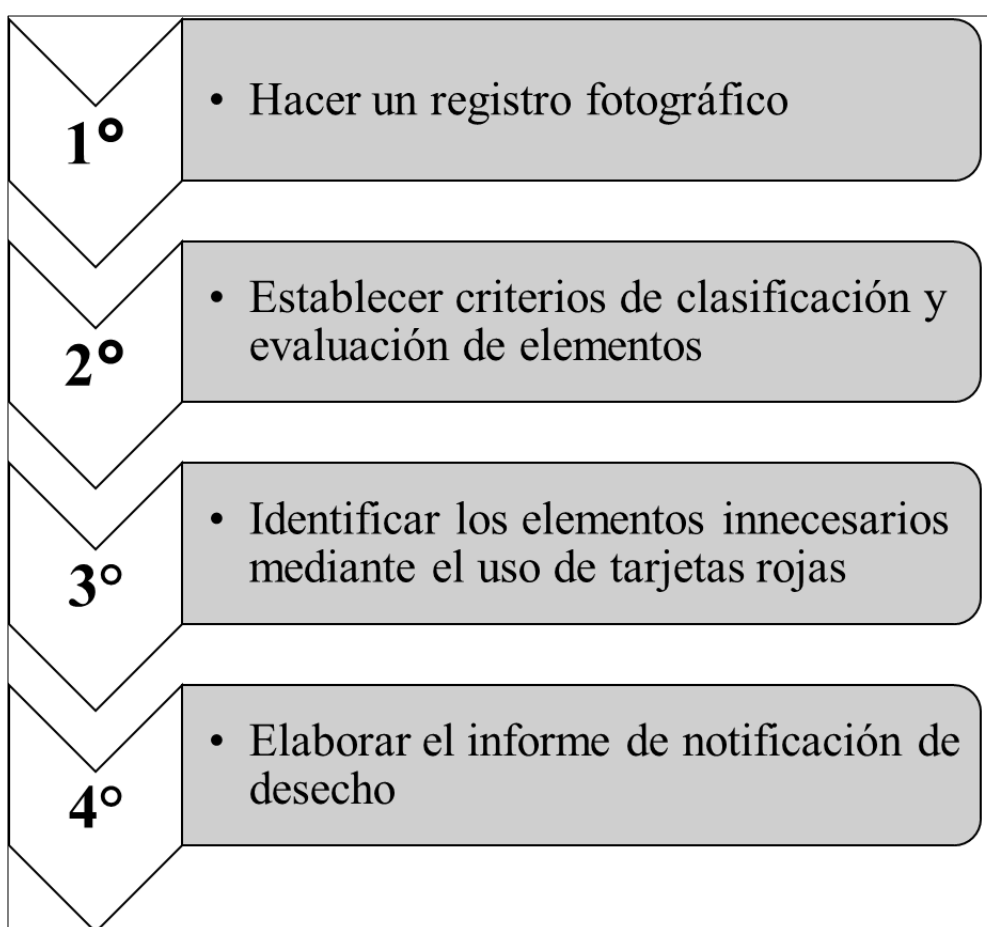
Figura 40. Procedimiento establecido para implementar 5S

Fuente: Elaboración propia



### Implementación de SEIRI

En la planta de packing se presentan situaciones donde no se puede trabajar con comodidad, debido a la presencia de múltiples objetos que impiden tener una mejor visión y movilización, o bien se ve frecuentemente en las líneas de producción cajas u objetos que obstaculizan el paso o imposibilitan el tránsito de los operadores, entonces ante estas situaciones es oportuno desarrollar SEIRI. En la Figura 41 se muestra los cuatro pasos establecidos para aplicar.



*Figura 41.* Procedimiento para desarrollar SEIRI

Fuente: Elaboración propia

El primer paso para empezar a implementar SEIRI, es hacer un registro fotográfico dentro de cada línea de producción, con esto se logra graficar mejor la situación real de las áreas de trabajo. A su vez estas son utilizadas como argumento para evidenciar la problemática con respecto al orden y la limpieza.

El análisis de este registro debe conducir a buscar una solución a la situación encontrada, a fin de conocer qué elementos innecesarios ocupan un porcentaje de espacio y limitan la disponibilidad del área de trabajo. En la Figura 42 se puede observar el formato empleado para hacer este paso.

Fecha:	23/04/2020	Código:	2140	Versión:	1	Páginas:	1
Nombre del proceso:	Orden y limpieza			Líder del proceso:	Junio André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Hacer registro fotográfico						

Figura 42. Formato para hacer el registro fotográfico de evidencias

Fuente: Elaboración propia

El segundo paso es establecer criterios de clasificación y evaluación de elementos, en la planta se observa que en las líneas de producción hay un comportamiento de rodearse de cualquier tipo de objeto y esto es una tendencia muy generalizada, justificando en todo momento que será siempre útil y necesario, pero al final no se utilizan más, ya que por la actividad de la empresa se acumulan una serie de elementos de trabajo que después de cierto tiempo se convierten en obsoletos o pierden su valor. Si no se concientiza sobre este problema de seguir almacenando objetos innecesarios y lo que esto ocasiona, seguramente el lugar de trabajo se transformará en otra bodega más, generando

así baja productividad y riesgo laboral debido a la reducción del espacio y la visibilidad. A continuación, en la Figura 43 se puede observar los criterios establecidos.

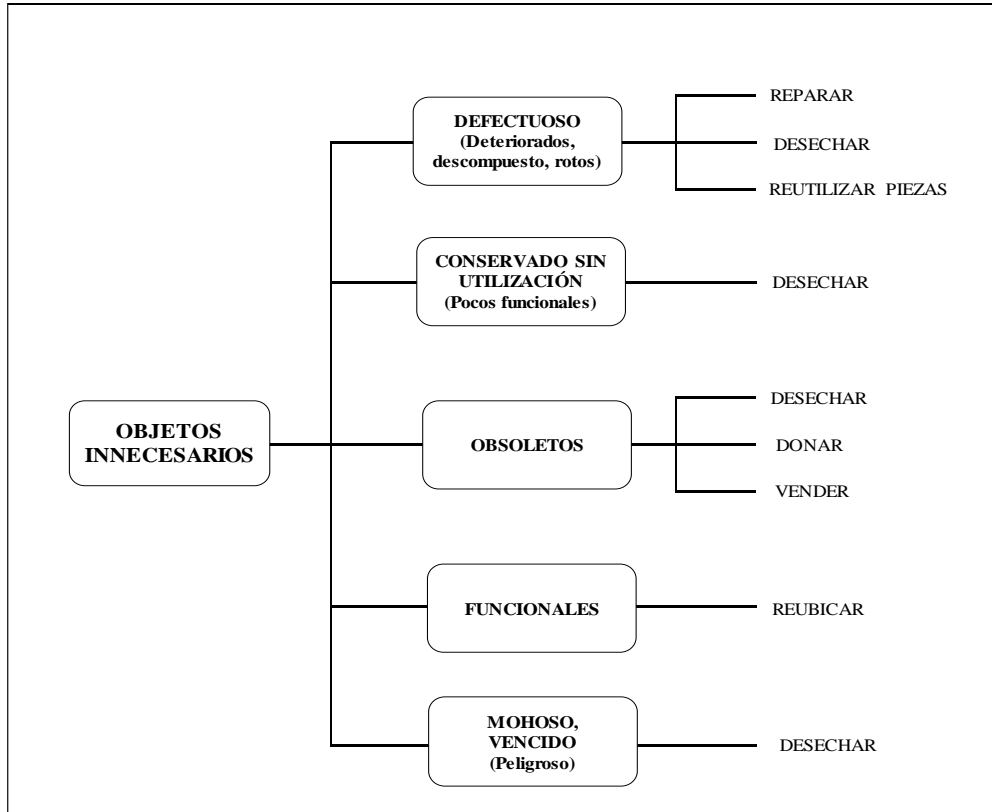


Figura 43. Criterios para clasificación y evaluación de elementos

Fuente: Elaboración propia

Con los criterios para la clasificación estando ya establecidos, era necesario poder identificar los elementos innecesarios en las líneas de producción, para realizar esta tarea es importante que el personal que está evaluándolo, renuncie a toda consideración, es decir que deje de lado la parte subjetiva o sentimental, y se apegue completamente a los criterios para decidir si un elemento es necesario o innecesario. Vale aclarar que puede presentarse en algunos casos una incertidumbre sobre la funcionalidad de algún elemento, para esto se recomienda reportarlo a los responsables del área o técnicos, quienes pueden evaluar y dar una opinión técnica para conocer de esta manera si realmente es

necesario o no. Pero para poder facilitar esta tarea, de identificar lo necesario e innecesario, se empleará las tarjetas rojas, que estará diseñado de tal manera que facilite las decisiones de clasificar, el color rojo facilitará la identificación. Esta tarjeta puede ser completada por el operario o supervisor del área, describiendo lo siguiente: nombre del elemento, cantidad, motivo de retiro, área, fecha, evaluador y la disposición final sugerida. Las tarjetas rojas se colocarán sobre todos los elementos identificados como innecesarios, completando la información requerida, adhiriéndolos en un lugar visible y evitar que se desprendan fácilmente. Es preferible que la aplicación de las tarjetas se realice lo más rápido posible, se considera que entre tres o cuatro días como máximo a partir de la divulgación de los criterios de SEIRI. A continuación, en la Figura 44 se muestra la aplicación de tarjeta roja.

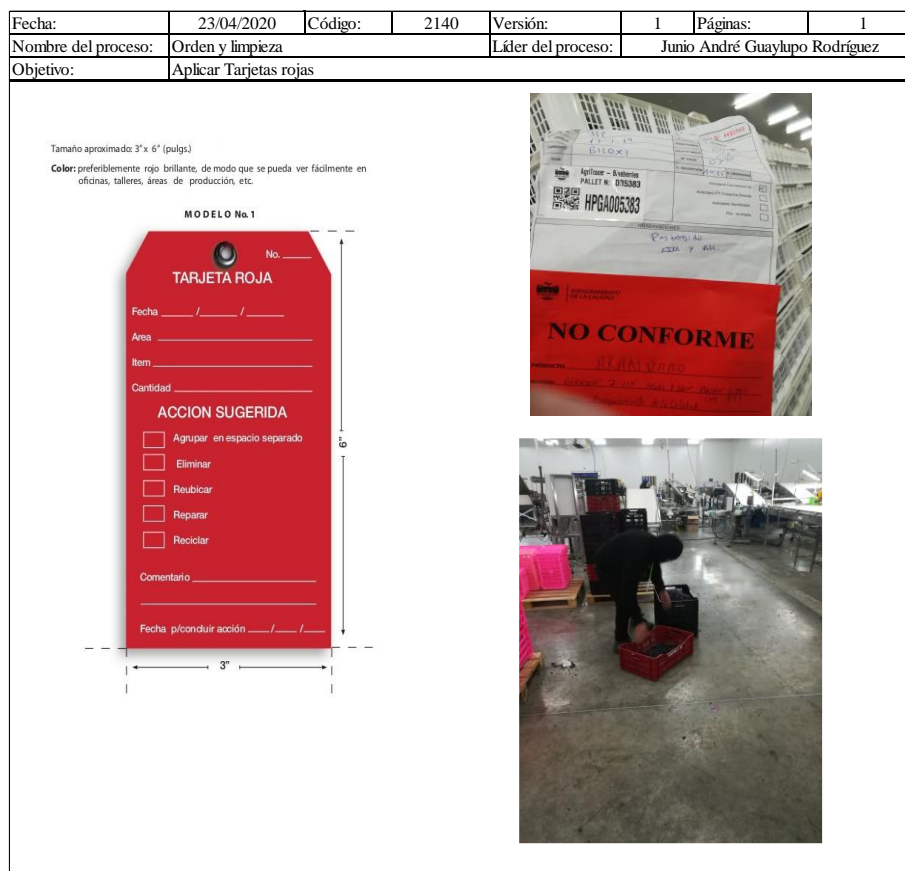


Figura 44. Formato de registro de aplicación de tarjetas rojas  
 Fuente: Elaboración propia

El último paso es elaborar el informe de notificación de desecho, todo lo realizado debe documentarse, es decir, cada supervisor de producción de las diferentes líneas de producción elabora y registra el listado de los elementos innecesarios, especificando: responsable, fecha, nombre del elemento, cantidad, estado, ubicación, motivo del retiro y acción sugerida, de acuerdo a formato mostrado en la Figura 45. Sin embargo, la última columna “Decisión final” será completada por el jefe de planta ya que es el máximo responsable en la planta de packing.

Fecha:	23/04/2020	Código:	2140	Versión:	1	Páginas:	1
Nombre del proceso:	Orden y limpieza			Líder del proceso:	Junio André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Aplicar Tarjetas rojas						
Nombre del elemento	Cantidad	Estado	Ubicación	Motivo del retiro	Acción sugerida	Decisión final	
CAJA DE CLAMSHELLS	4	OBSOLETOS	Línea 8	NO ES UTILIZABLE	DESECHAR		
PARIHUELAS MARÍTIMA	3	FUNCIONALES	Línea 8	NO ES UTILIZABLE FRECUENTEMENTE	REUBICAR		
PARIHUELAS WALMART	1	MOHOSO	Línea 8	NO ES UTILIZABLE	DESECHAR		
LLAVE INGLESA	1	FUNCIONAL	Línea 8	NO ES UTILIZABLE FRECUENTEMENTE	REUBICAR		
TORNILLOS	35	FUNCIONALES	Línea 8	NO ES UTILIZABLE FRECUENTEMENTE	REUBICAR		
ESTOCA MANUAL	1	FUNCIONAL	Línea 8	NO ES UTILIZABLE FRECUENTEMENTE	REUBICAR		
DESENTORNILLADOR MANUAL	1	FUNCIONAL	Línea 8	NO ES UTILIZABLE FRECUENTEMENTE	REUBICAR		
BOLSA DE PRECINTOS	1	FUNCIONAL	Línea 8	NO ES UTILIZABLE FRECUENTEMENTE	REUBICAR		
MÁQUINA REBOBINADORA DE ETIQUETAS	1	DEFECTUOSO	Línea 8	NO ES UTILIZABLE FRECUENTEMENTE	REPARAR Y REUBICAR		
WALKER TAPE	6	CONSERVADO SIN UTILIZACIÓN	Línea 8	NO ES UTILIZABLE FRECUENTEMENTE	REUBICAR		

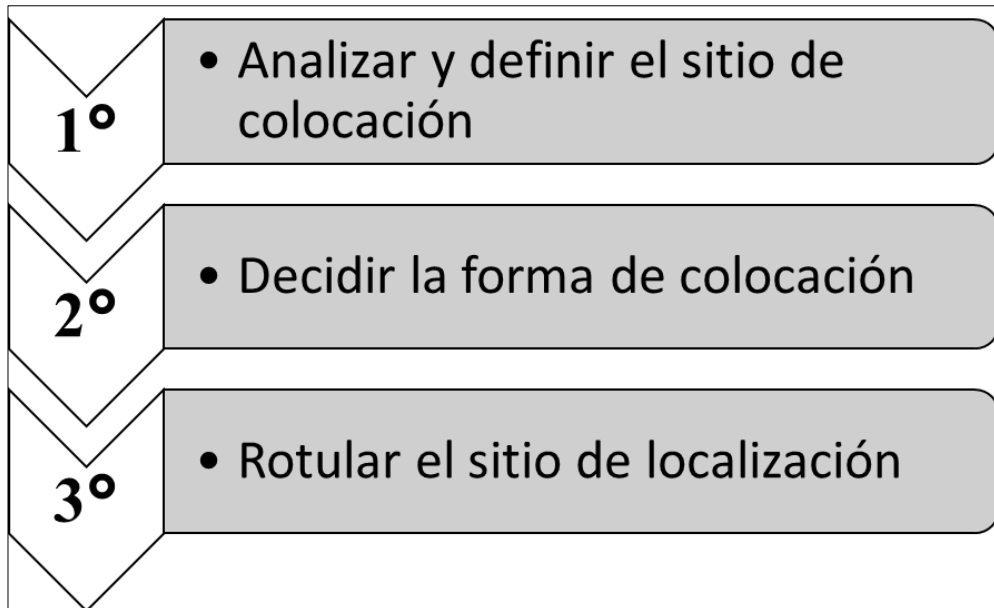
Figura 45. Formato para informe de notificación de desechos y reubicaciones

Fuente: Elaboración propia

### Implementación de SEITON

Una vez culminada la etapa de implementar SEIRI, los primeros resultados se verán reflejado al ver una mayor disponibilidad de espacio físico, facilitando de esta manera el inicio de actividades de SEITON. En la planta se presentan casos donde los colaboradores desconocen el sitio correcto para colocar las

cosas, o alguna rotulación que les permita la fácil ubicación de las cosas, se pierde tiempo buscando algún elemento. Es a partir de esta necesidad de tener un lugar para cada elemento, donde es importante aplicar SEITON. Para implementar esta etapa se estableció el siguiente procedimiento mostrado en la Figura 46.



*Figura 46.* Procedimiento para desarrollar SEITON

Fuente: Elaboración propia

El primer paso para empezar a desarrollar SEITON, es realizar el análisis para maximizar el espacio liberado, es decir, estas zonas disponibles deben ser empleadas para acomodar o reubicar de manera adecuada y efectiva los elementos identificados como útiles, pero teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de espacio
- Facilidad de obtención y retorno a su lugar correspondiente
- Periodicidad de uso, utilidad, relevancia y cantidad

- Un mismo sitio para aquellos elementos destinados para tareas específicas o consecutivas.

Para esto es necesario realizar una inspección a todas las instalaciones de la planta, en equipo revisar cada detalle y observar de manera panorámica los lugares. En Figura 47 se puede observar el formato empleado para hacer un registro de evidencias.

Fecha:	23/04/2020	Código:	2140	Versión:	1	Páginas:	1
Nombre del proceso:	Orden y limpieza			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Analizar y definir el sitio de colocación						

*Figura 47.* Formato de registro de evidencia del primer paso de SEITON

Fuente: Elaboración propia

El segundo paso es decidir la forma de colocación de cada elemento, y esto resulta importante ya que en el caso que se le coloque en algún lugar que no le corresponde, generaría posteriormente errores involuntarios, que incidirán negativamente en la realización del trabajo, por ejemplo: utilizar cosas parecidas (tamaño, forma o color) pero con contenido o aplicaciones distintas.

Un caso específico en la planta de packing es la colocación de recipientes para

poner el descarte de fruta durante la selección, es importante colocarlas en una posición que los encargados puedan colocar allí rápidamente lo que van descartando, sin estar preocupándose por buscar donde colocar, así como también todas las jabs deben tener un lugar pecífico. En el caso de las líneas cada uno tiene las rejillas de despacho en el lugar donde corresponde. En la Figura 48 se puede observar cómo se realiza este procedimiento.

Fecha:	23/04/2020	Código:	2140	Versión:	1	Páginas:	1
Nombre del proceso:	Orden y limpieza			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Decidir la forma de colocación						



*Figura 48.* Formato de registro de evidencia del segundo paso de SEITON

Fuente: Elaboración propia

El tercer paso de SEITON es la rotulación del sitio de localización, esta rotulación es una herramienta visual, que facilita la identificación del lugar donde se colocan los distintos elementos y las áreas de trabajo, lo que ayuda a disminuir el tiempo en la búsqueda de los mismos en cualquier momento, ésta



debe diseñarse para que sea entendible y visible. Por ejemplo, en la Figura 49 se puede apreciar el formato empleado para realizar este paso.

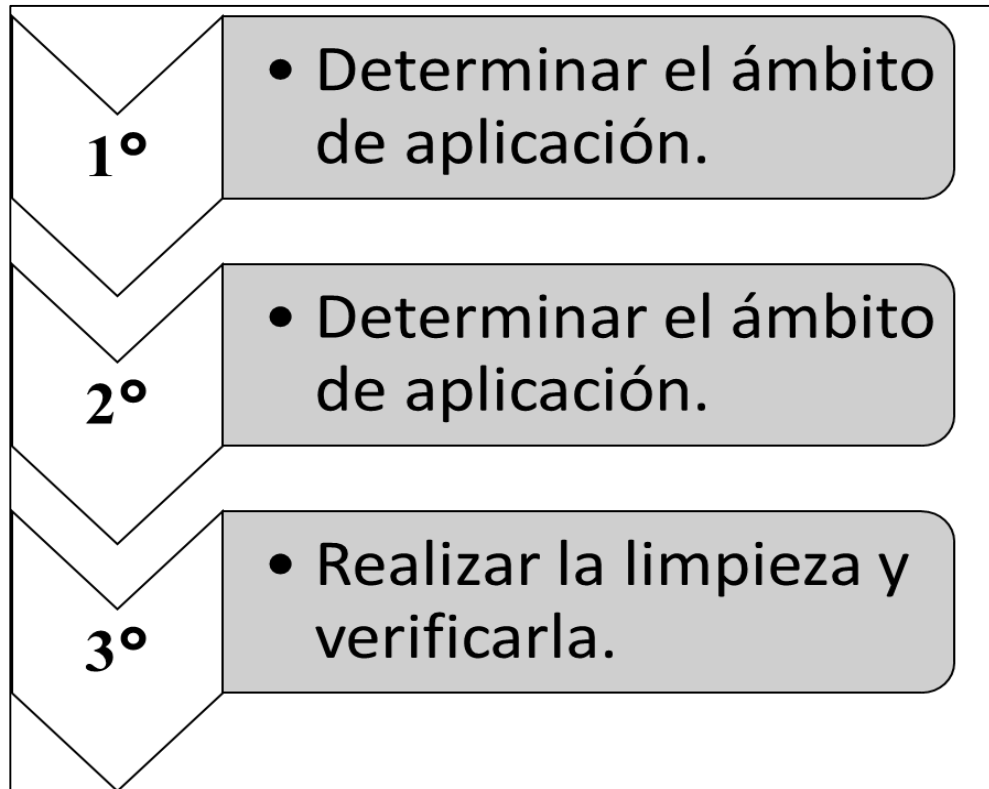


Figura 49. Formato de registro de evidencia del tercer paso de SEITON  
Fuente: Elaboración propia

### Implementación de SEISO

Continuando con la siguiente etapa que es la limpieza, como se mencionó en el diagnóstico, se ha encontrado situaciones en la planta donde el piso de las áreas de trabajo permanece con residuos, desperdicios o suciedad debido al proceso natural del packing de arándanos; el polvo, la grasa o suciedad se adhiere frecuentemente en productos terminados, herramientas, maquinaria y otros. Entonces ante estas situaciones es importante que la limpieza deba

convertirse en parte esencial en las actividades diarias en el trabajo, procurando mediante ella alcanzar un mayor grado de seguridad. Para esto se estableció el siguiente procedimiento en la Figura 50.



*Figura 50.* Procedimiento para desarrollar SEISO

Fuente: Elaboración propia

En la planta de packing hay muchas áreas en donde el mobiliario y demás elementos de trabajo permanecen sucios, rotos o deteriorados; esto desaniman a los trabajadores y generan una mala percepción ante los visitantes. De esta manera, con SEISO se busca mejorar el aspecto físico al mismo tiempo que se evitan pérdidas y accidentes de trabajo causados por la suciedad. El ámbito de aplicación para la limpieza debe realizarse en lo siguiente:

- Áreas físicas: pisos, paredes, ventanas, áreas verdes, alrededores y otros.
- Elementos de trabajo: herramientas, mobiliario, repuestos, etc.
- Máquinas y equipos

A continuación, en la Figura 51 se muestra las principales áreas que requieren de una limpieza constante.

Fecha:	23/04/2020	Código:	2140	Versión:	1	Páginas:	1
Nombre del proceso:	Orden y limpieza			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Determinar el ámbito de aplicación						



*Figura 51.* Formato de registro de zonas que requieren limpieza constante

Fuente: Elaboración propia

La acumulación de polvo, aceite y desperdicios de cualquier tipo son algunos de los factores que afectan en el rendimiento y la eficiencia de los equipos, maquinaria y elementos de trabajo, a la vez de deteriorarlos con el paso del tiempo. Debido a lo anterior es muy importante identificar las posibles causas que generan la suciedad en el lugar de trabajo, de lo contrario la limpieza se volvería en una actividad cada vez más laboriosa, difícil de mantener y requeriría de mayor tiempo.

Pero el siguiente paso es poder organizar a la gente y los tiempos disponibles, dentro del horario de producción, para poder mantener siempre en las mejores condiciones cada línea de producción. Con esto será importante poder establecer un programa de limpieza donde se especifique la zona a limpiar, el

responsable, la frecuencia, la metodología de limpieza, los productos a utilizar y el lugar de registro. En la Figura 52 se muestra el formato empleado para el programa de limpieza.

Zona / maquinaria	Responsable Ejecución	Frecuencia	Operación	Productos	Lugar de Registro
Fábrica	Operario Fábrica	Diario	Barrido, Enjuague con agua caliente, Fregado con Desengrasante y Enjuague final.	Agua y desengrasante	Registro de Limpieza de Fábrica
Empacadora		Al menos una vez por semana	Limpieza con agua caliente a presión y desengrasante		
Transportadores		Al menos una vez al mes	Rascado de residuos con espátula, aplicación de agua y desengrasante y aclarado final con agua a presión		
Termobatoras		Al menos una vez a la semana	Rascado de residuos con espátula, aplicación de agua a presión, desengrasante y aclarado final.	Agua	
Bombas Volumétricas			Inyección de agua a presión		
Decánteres			Inyección de agua caliente a presión		
Centrífugas Verticales			Desmontar, rascar con una espátula las superficies y ángulos, sumergir las piezas en desengrasante para su limpieza y por último aclarado.	Agua y desengrasante	
Tamices		Aclarado con agua caliente a presión, aplicación de desengrasante, aclarado con abundante agua y secado			
Aclaradores		Inicio, Medios y Final de Campaña	Aclarado con agua caliente a presión, aplicación de desengrasante, aclarado con abundante agua y secado	Agua	
Mangueras de Trasiego		Al menos una vez por semana	Inyección de agua a presión		

Figura 52. Formato de programa de limpieza

Fuente: Elaboración propia

Cuando ya se tiene claro: qué parte se limpiará, de qué manera y cuándo; entonces se ejecuta el último paso, que es realizar la limpieza en sí y la forma como se llevará el control de estas. Es por eso que se debe supervisarse periódicamente el sistema de limpieza y desinfección para verificar su eficiencia, por medio de inspecciones previas empleando un Check List.

Con el Check List, los trabajadores contarán con una ayuda en los trabajos de limpieza, ya que esta herramienta está diseñada para reducir los errores provocados por los potenciales límites de la memoria y la atención. Ayuda a asegurar la consistencia y exhaustividad en la realización de una tarea. En la Figura 53 se muestra el formato empleado para realizar el control de los trabajos de limpieza.


	<b>CHECK LIST DE ORDEN Y LIMPIEZA</b>		Área: Producción	
	<b>AREAS COMUNES</b>		Código: FOR - CALHIME - 01	
			N° Revisión: 0	
<b>Datos de la Inspección</b>				
Fecha y hora: _____		Higienista: _____		
Turno: _____		Coordinador: _____		
<b>1. Infraestructura y Pisos</b>				
	SI	A MEDIAS	NO	
1.1.- Las escaleras , caminerías están limpias, en buen estado y libres de obstáculos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1.2.- Las cestas de producto terminado y producto para reprocesarse encuentra ordenado e identificado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1.3.- Los suelos están limpios, secos, y sin desperdicios ni material innecesario	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1.4.- Se encuentran limpias y libres en su entorno de todo material innecesario	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1.5.- Se encuentran libres de goteos de aceites	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
1.6.- Las máquinas que se encuentran en parada están protegidas de la contaminación del ambiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>2. Manejo de Materiales y Desperdicios</b>				
	SI	A MEDIAS	NO	
2.1.- El material de empaque se encuentra ordenado y en el lugar destinado para ello	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2.2.- Los residuos generados en el área son depositados en contenedor de desechos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2.3.- La zona de alrededor de los contenedores de residuo está limpia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2.4.- No Existe material de empaque, producto terminado en áreas o zonas que no son destinadas para tal material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2.5.- No Existe material sin identificación y debida protección que no esté dentro del cronograma de producción.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2.6.- No Existe materiales como paletas, marcos, plástico stretch, cartones y separadores cercanos a líneas de producción cuyas áreas no son destinadas para tal material.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>3.- Observaciones</b>				

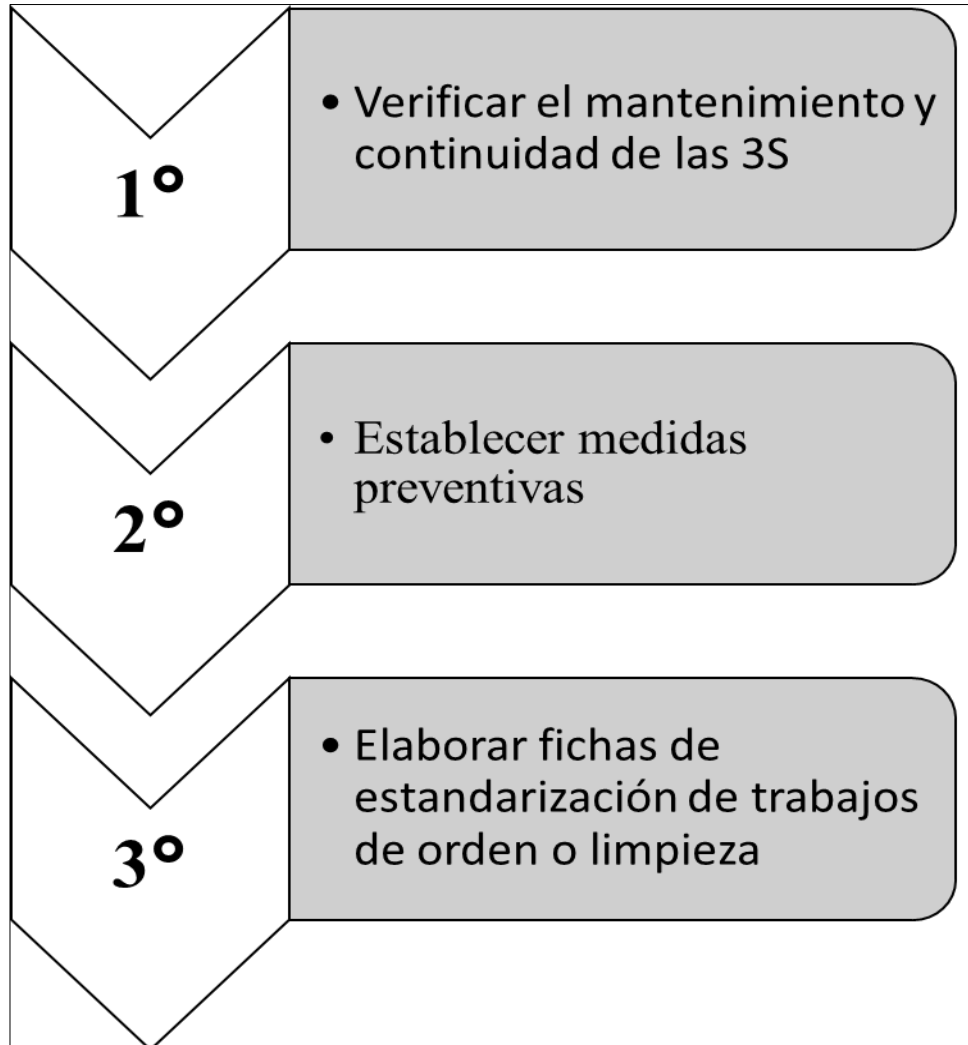
Figura 53. Formato de Check List de limpieza

Fuente: Elaboración propia

### Implementación de SEIKETSU

En esta etapa más que realizar una acción como se desarrolló en las tres “S” anteriores, se refiere a conservar adecuadamente un estado de clasificación, orden y limpieza en un nivel óptimo, es decir, buscar los mecanismos que detecten el origen de la suciedad, para tomar las acciones necesarias con el fin de evitar estar limpiando a cada momento. Mejor dicho, la aplicación de

SEIKETSU es continuar con el desarrollo de SEIRI, SEITON y SEISO en forma permanente, a fin de crear un ambiente saludable al entorno del empleado. En la Figura 54 se muestra el procedimiento establecido.



*Figura 54.* Procedimiento para implementar SEIKETSU

Fuente: Elaboración propia

Para medir la eficiencia de la aplicación de las primeras 3S aplicada sobre las líneas de producción, es necesario realizar evaluaciones periódicas, mediante el uso de una lista de verificación que mida el nivel de aplicación de SEIRI, SEITON y SEISO. Por ejemplo, en la Figura 55 se muestra el formato establecido para poder llevar a cabo las verificaciones.

Fecha:	23/04/2020	Código:	2140	Versión:	1	Páginas:	1
Nombre del proceso:	Orden y limpieza			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Verificar el mantenimiento y continuidad de las 3S						

Departamento	Fecha	
Evaluador(es)		
Aplicación de 3S	Punto de observación	Puntuación (0 – 3)
SEIRI	Se eliminan los objetos innecesarios	
SEITON	Se observa orden y rotulación en el área	
SEISO	Se mantiene limpio el área de trabajo, maquinaria y otros	
	Puntaje total	
Puntaje total	Nivel	
0 – 2	Insatisfactorio	
3 – 5	Regular	
6 – 7	Bueno	
8 – 9	Excelente	

Figura 55. Formato para realizar verificaciones de las primeras 3S

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso radica en la importancia de tomar acciones de prevención con base en los resultados de las evaluaciones de SEIKETSU, para evitar que ocurran nuevamente los problemas relacionados con la no aplicación de las 3S anteriores. Para poder aplicar esto se puede emplear el método de los 5 porqué como se muestra en la Figura 56.

Fecha:	23/04/2020	Código:	2140	Versión:	1	Páginas:	1
Nombre del proceso:	Orden y limpieza			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Establecer medidas preventivas						

N°	Pregunta	Respuesta
<b>5 veces por qué</b>		
1	¿Por qué las herramientas no están disponibles cuando se ocupan?	Porque no son fáciles de encontrar
2	¿Por qué no es posible encontrarlas fácilmente?	Están dispersas en cualquier lugar
3	¿Por qué están dispersas?	No está definido su sitio
4	¿Por qué no está definido el sitio de colocación?	Porque aún existen cosas innecesarias que están ocupando lugar
5	¿Por qué existen cosas innecesarias?	No se había percatado de esto
<b>1 cómo</b>		
1	¿Cómo podemos especificar el lugar?	Eliminar cosas innecesarias, especificar su ubicación y rotular el sitio de colocación

Figura 56. Formato para establecer medidas preventivas mediante los 5 porqué

Fuente: Elaboración propia

El último paso es estandarizar los trabajos de orden y limpieza, mediante fichas o registros, que especifique a detalle los parámetros a considerar para la realización de estos como se muestra en la Figura 57.


<b>MESAS Y ESTANTERIAS</b>		
<b>ALTURA</b>	100	
<b>SERIE</b>	3567	
<b>FUNCIONAMIENTO</b>	Son ideales para trabajar productos colocar balanzas y equipo de soporte del proceso	
<b>COMPOSICIÓN</b>	Sus partes que entran en contacto con los productos están elaborados de acero inoxidable.	
<b>LIMPIEZA</b>	Se realizará antes y después de cada proceso	
<b>PASO A SEGUIR PARA SU ADECUADA LIMPIEZA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recoger toda suciedad grande una vez se hayan terminado las operaciones de producción en la planta.</li> <li>2. Pre lavar la superficie de la mesa arriba y abajo con agua caliente (mayor de 50 °C), y alta presión.</li> <li>3. Recoger del suelo materia orgánica que pudo haberse desprendido del equipo durante el prelavado y colocarla en bolsas especiales.</li> <li>4. Aplicar el limpiador en espuma (frote la superficie) y dejarlo actuar el tiempo que recomiende la ficha técnica.</li> <li>5. Enjuagar la espuma con suficiente agua, preferiblemente caliente y a alta presión.</li> <li>6. aplique el desinfectante y revise ficha técnica del producto.</li> </ol> <p>Registre la realización en el registro de limpieza y desinfección diaria.</p>	
<b>UTENSILIOS</b>	Esponja, agua, desinfectante, limpiador, hidrolavadora	
<b>FLUJOGRAMA</b>		
<pre> graph TD     A[Retirar toda suciedad visible] --&gt; B[Enjuagar con agua]     B --&gt; C[Preenjuagar con agua caliente]     C --&gt; D[Aplicar el limpiador (ver anexo)]     D --&gt; E[Fregar con sabr� toda la superficie de la mesa]     E --&gt; F[Enjuagar]     F --&gt; G[Aplicar el desinfectante (ver anexo)]     G --&gt; H[Enjuagar según ficha tecnica]     H --&gt; I[Registrar]     E --&gt; J[Patas de la mesa, parte baja de la mesa]                     </pre>		
<b>CONTROL DE DATOS</b>		
<b>N° DE COPIAS</b>	<b>ENCARGADO</b>	<b>FIRMA</b>
1	Jefe de calidad	/
2	Supervisor	

Figura 57. Formato para estandarizar trabajo de limpieza

Fuente: Elaboración propia



### Implementación de SHITSUKE

La última etapa de las 5S es la que le da la sostenibilidad permitiéndole asegurar el éxito, porque está basado en fomentar el cumplimiento de los procedimiento y reglas establecidas, pero logrando convicción y compromiso.

Esta etapa es considerada como el motor que hace girar todos los engranajes de las 4S anteriores, por lo que se debe hacer mucho énfasis en la autodisciplina, mediante la capacitación en temas afines, de manera que el personal adquiera una actitud de desarrollar y cumplir con lo estipulado con las 5S de manera voluntaria. En la Figura 58 se muestra el procedimiento.

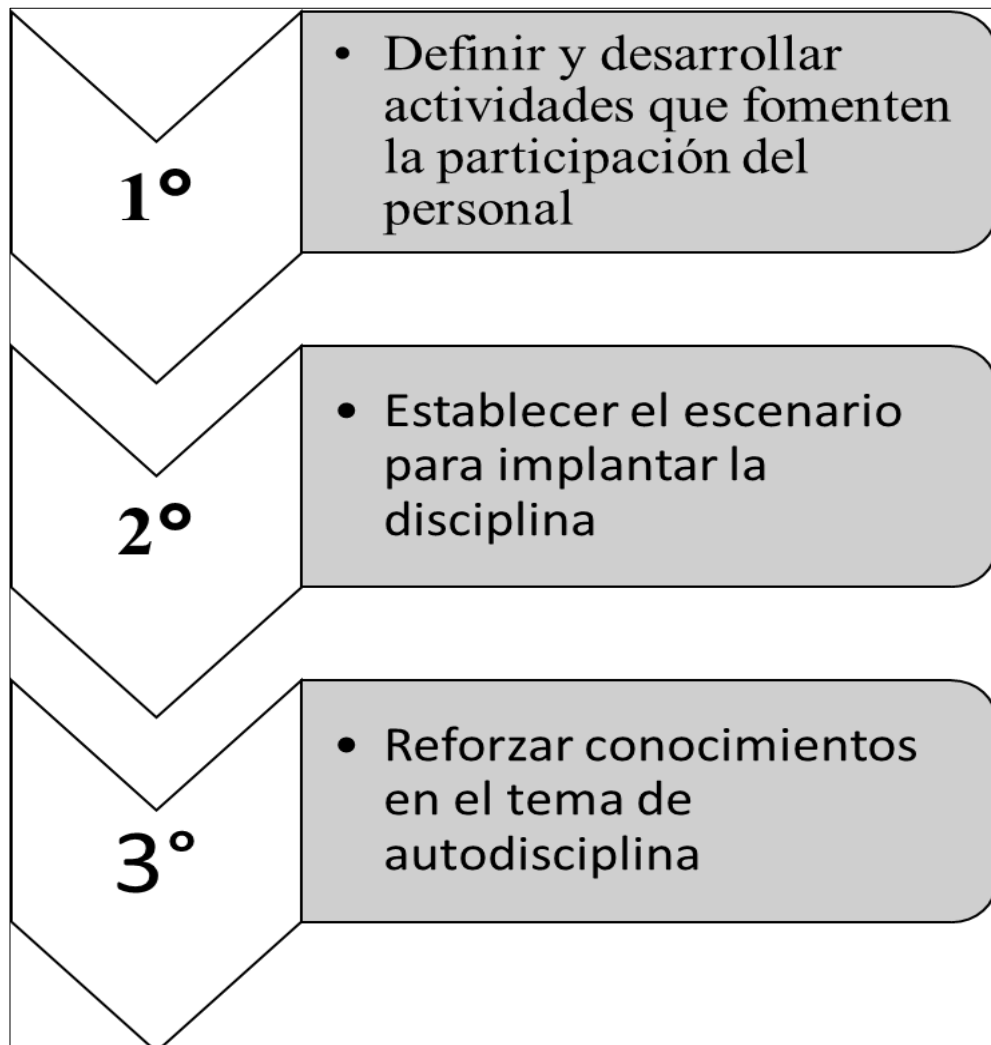



Figura 58. Procedimiento para implementar SHITSUKE


Fuente: Elaboración propia

El primer paso se basa en definir y desarrollar actividades que fomenten la participación del personal a través de comunicados, avisos y tableros, que incentiven la disciplina de respetar las reglas establecidas con 5S. En la Figura 59 se puede observar algunos ejemplos de aplicación.

Fecha:	23/04/2020	Código:	2140	Versión:	1	Páginas:	1
Nombre del proceso:	Orden y limpieza			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Definir y desarrollar actividades que fomenten la participación del personal						



Fotografía 17 – Como costumbre se depositan los discos compactos en su respectivo lugar según su numeración



Fotografía 18 – Normas a cumplir después de finalizar alguna reunión en la sala de juntas

*Figura 59.* Formato de registro de evidencias de actividades 5S

Fuente: Elaboración propia

Es necesario establecer el escenario que incentive la disciplina respecto a la estrategia de las 5S. Un lugar donde se observa la disciplina se distingue de los demás porque las personas demuestran el conocimiento adquirido durante su implantación. Al desarrollar la quinta S podemos decir que estamos desarrollando una nueva disciplina de trabajo, que consiste en aplicar coherente y sistemáticamente las actividades anteriores. Se pasa paulatinamente del esfuerzo consciente de pensar y aplicar nuevas prácticas laborales, así como también de desaprender viejos hábitos. Si la empresa estimula a que cada uno de los integrantes se comprometa en cada una de las actividades diarias, será bastante seguro que la práctica de esta última etapa no tendría ninguna dificultad. Los hábitos desarrollados con la práctica se constituyen en un buen

modelo para lograr que la disciplina sea un valor fundamental en la forma de realizar un trabajo. En la Figura 60 se puede observar ejemplos de aplicación.

Fecha:	23/04/2020	Código:	2140	Versión:	1	Páginas:	1
Nombre del proceso:	Orden y limpieza			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Establecer el escenario para implantar la disciplina						



*Figura 60.* Formato de registro de implantación de disciplina

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el último paso consiste en fomentar las buenas costumbres e interrelación con el personal, se debe establecer periódicamente (mensual o bimensual) un tema a promocionar, de manera que se reforzarán los valores que se quieren destacar y resaltar dentro de la empresa, manteniendo una buena imagen hacia afuera. También es ideal poder establecer un plan de sostenimiento, que busque mediante reuniones con el personal y en conjunto revisar todas las actividades 5S, identificando los aspectos positivos y aquellos que han sido los negativos, de esta manera saber cuáles deben ser revisados para su aclaración o mejora. Por ejemplo, en la Figura 61 se puede observar el plan de sostenibilidad propuesto.


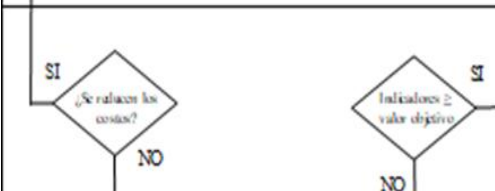

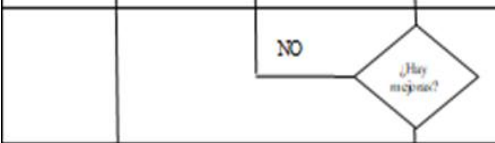

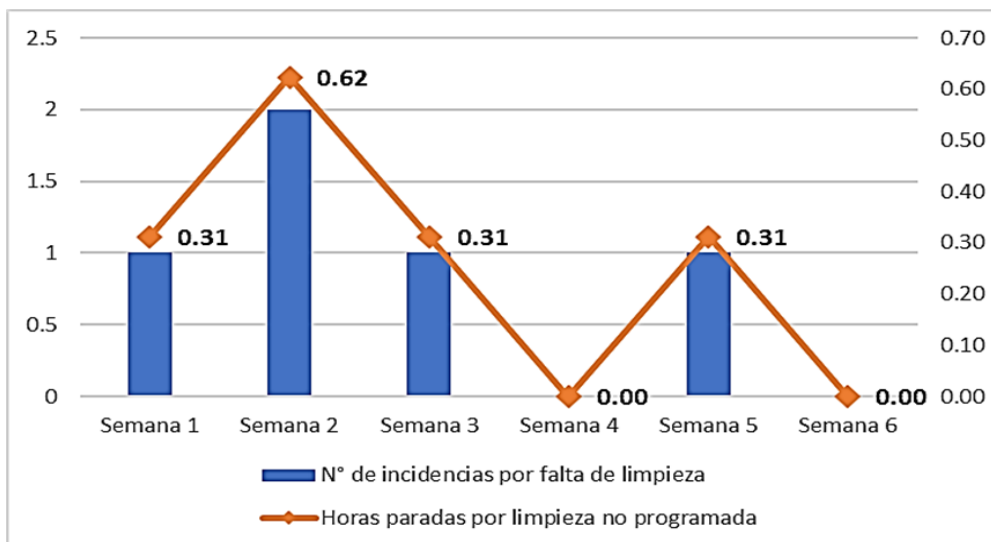
DIAGRAMA DE PROCESO	QUIÉN	DOCUMENTACIÓN QUE ANALIZA E INDICADORES	CUÁNDO	POSIBLES ACCIONES	DOCUMENTACIÓN QUE SE GENERA
	Jefe de producción	Matriz de indicadores	Revisión mensual	Activar órdenes de acción y solicitar presupuesto para implementar mejoras.	Informe técnico para administración
		Tablas resumen Evaluación			
	Supervisor y técnicos	Diagramas de 5S, programa de limpieza, tarjetas rojas, inventario.	Revisión semanal	Evaluar mediante diagrama de Ishikawa las posibles causas que generan los nuevos problemas	Cuadros 5S, documentación de mejora 5s
		Tablas resumen Evaluación			
	Supervisor y técnicos	Diagramas de 5S, programa de limpieza, tarjetas rojas, inventario.	Diario	Emitir acciones correctivas sobre las incidencias	Documentos de medidas correctivas y propuesta mejora

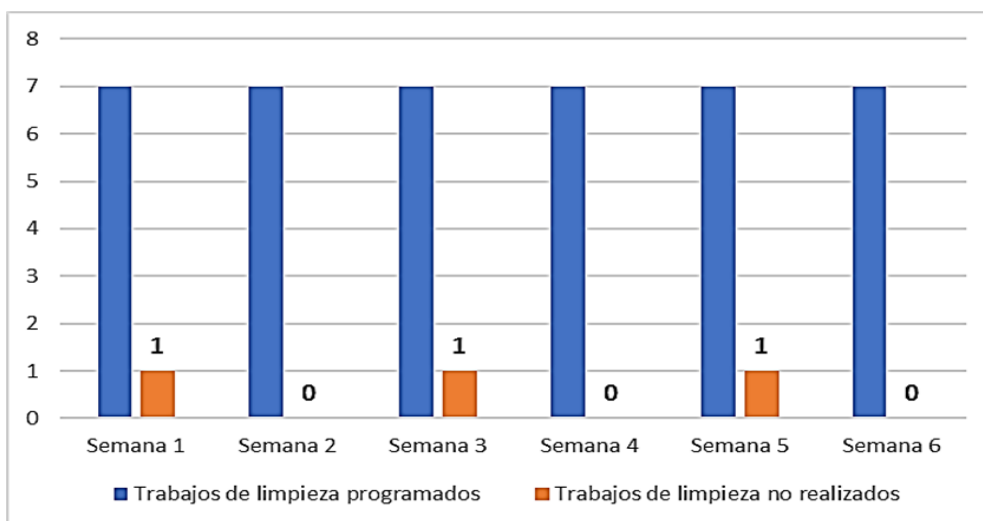
Figura 61. Formato de plan de sostenimiento de 5S

Fuente: Elaboración propia

Para poder proyectar los resultados esperados con las 5S, se realizaron pruebas pilotos de cada etapa en una línea de producción, donde se registraron las incidencias presentadas, obteniendo resultados muy favorables en comparación a la realidad (ver Figura 62 y 63). Por ejemplo, en seis semanas se presentaron apenas cinco incidencias.



*Figura 62.* Fechas de evaluación de incidencias tras aplicar 5S en una línea de producción  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 63.* Medición de la eficiencia en la línea de producción tras aplicar 5S  
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 64 se muestra el Diagrama de Gantt donde se programaron todas las actividades requeridas para implementar las 5S.

CARTA GANTT				2021															
				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
Proyecto: Implementación 5S				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Partes interesadas: Área de Producción				E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Fecha de inicio: 01 de Julio 2021				M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Fecha de término: 29 de octubre 2020				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
				N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ETAPAS	ACTIVIDADES	Responsables	Duración																
IMPLEMENTACIÓN DE SEIRI	Hacer un registro fotográfico	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
	Establecer criterios de clasificación y evaluación de elementos	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
	Identificar los elementos innecesarios mediante el uso de tarjetas rojas	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
	Elaborar el informe de notificación de desecho	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
IMPLEMENTACIÓN DE SEITON	Analizar y definir el sitio de colocación	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
	Decidir la forma de colocación	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
	Rotular el sitio de localización	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
IMPLEMENTACIÓN DE SEISO	Determinar el ámbito de aplicación	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
	Determinar el ámbito de aplicación	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
	Realizar la limpieza y verificarla	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
IMPLEMENTACIÓN DE SEIKETSU	Verificar el mantenimiento y continuidad de las 3S	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
	Establecer medidas preventivas	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
	Elaborar fichas de estandarización de trabajos de orden o limpieza	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
IMPLEMENTACIÓN DE SHITSUKE	Definir y desarrollar actividades que fomenten la participación del personal	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
	Establecer el escenario para implantar la disciplina	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																
	Reforzar conocimientos en el tema de autodisciplina	Investigadores y supervisores de producción	1 semana																

Figura 64. Diagrama de Gantt para la implementación de 5S

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.5. Desarrollo Jidoka

La tercera herramienta a implementar en el área de producción es JIDOKA, como se mencionó en el diagnóstico durante el proceso de empaque se presentan errores que conllevan a paradas de línea, para realizar arreglos y reprocesos para corregir pesos. Lo que se busca con JIDOKA en base a la naturaleza de esta herramienta, es automatizar el control y supervisión para detectar a tiempo estos errores, los errores son inevitables, pero si se detectan a tiempo se pueden obtener grandes ahorros. En la Figura 65 se muestra el procedimiento establecido para implementar esta herramienta.



*Figura 65.* Procedimiento para la implementación de JIDOKA  
Fuente: Elaboración propia

El primer paso es identificar los principales errores en el proceso de producción, para esto es necesario realizar observaciones y un registro fotográfico, que evidencien estos problemas. A continuación, en la Figura 66 se muestra el formato empleado para realizar este paso.

Fecha:	23/05/2020	Código:	2140	Versión:	1	Páginas:	1
Nombre del proceso:	Detección de errores en el proceso			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Identificar los principales errores en el proceso de producción						

**FRUTA APLASTADA:**



**PESOS BAJOS**




Figura 66. Formato para la identificación de los principales errores en el proceso

Fuente: Elaboración propia

El segundo paso, es quizás el más fundamental del JIDOKA, y se requiere bastante innovación e ingenio, ya que se debe instalar dispositivos para detectar errores, en este caso se busca detectar fruta aplastada en los clamshells y



controlar el bajo peso de estos también. Al consultar con los técnicos de la empresa sobre la posibilidad de adaptar dispositivos a la faja, para detectar los clamshells con problemas, se logró concretar la idea de emplear sensores de peso y color, ya que estas son las principales variables y características en un clamshells con defectos. De esta manera se logró diseñar el sistema para detectar errores en el proceso, esto se registró en el formato que se muestra en la Figura 67.


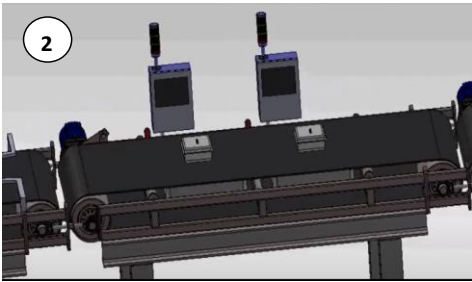
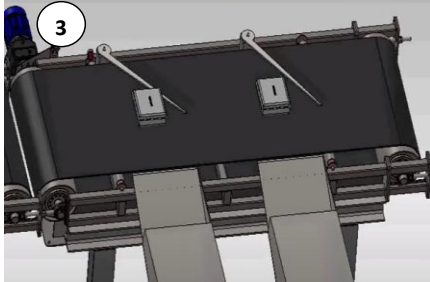

Fecha:	23/05/2020	Código:	2140	Versión:	1	Páginas:	1
Nombre del proceso:	Detección de errores en el proceso			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Implementar dispositivos para detectar los errores en el proceso						
				<p>1. Se coloca dos sensores: El primero un sensor de color CONTROL ACS7000 disponible en la empresa para las líneas UNITEC, este sensor emiten luz (roja, verde, azul) sobre los clamshells y los analiza, calcula las coordenadas cromáticas a partir de la radiación reflejada y las comparan con los valores cromáticos de referencia guardados. Si los valores cromáticos se encuentran dentro de la banda de tolerancia de ajustada, se activa una salida conmutada. Es decir podrá distinguir si un clamshell tiene arándanos aplastados o no.</p> <p>El segundo sensor instalado es una celda de carga o sensor de peso, este dispositivos electrónicos detecta los cambios eléctricos provocados por una variante en la intensidad de un peso aplicado sobre la báscula o balanza, información que a su vez transmite hacia un indicador de peso o controlador de peso, que en este caso es la el sistema A&amp;B de la empacadora, de igual forma clamshells con sobrepeso o peso bajo será detectado y movido hacia otra faja.</p>			
							
				<p>2. Se aprecia los sensores adaptados a la faja inclusive se le instala un pequeño sistema de luces que indique si el clamshell que pasa se encuentra en condiciones adecuadas, es decir sin fruta aplastada y con el peso dentro de los parámetros establecidos.</p> <p>3. El sistema adaptado incluye brazos que se activan al detectar incogruencias en los sensores instalados previamente, de esta manera se asegura que solo pasen clamshells aceptables.</p> <p>4. Se aprecia el sistema completo donde los clamshells que pasan y no se encuentran con los parámetros correctos son apartados hacia otra faja.</p>			

Figura 67. Formato de registro de implementación de dispositivos de detección de errores

Fuente: Elaboración propia

El tercer paso, es establecer el protocolo para realizar las paradas de línea, como se mencionó la intención de aplicar JIDOKA es tener un sistema de autocontrol de errores, para esto es importante que los trabajadores de las líneas de producción puedan parar la línea en caso de presentarse errores, es por ello que se debe instalar botones de fácil acceso y ubicación, para que al ser presionados la línea se pare. Como toda mejora nueva, es necesario unificar criterios para que todos los trabajadores apliquen este mismo criterio al momento de tener que parar la línea de producción, evitando generar distorsiones que ocasionen discrepancias.

Para esto se estableció un diagrama de flujo (ver Figura 68), donde se muestra el protocolo para parar la línea de producción ante la presencia de errores en el proceso.

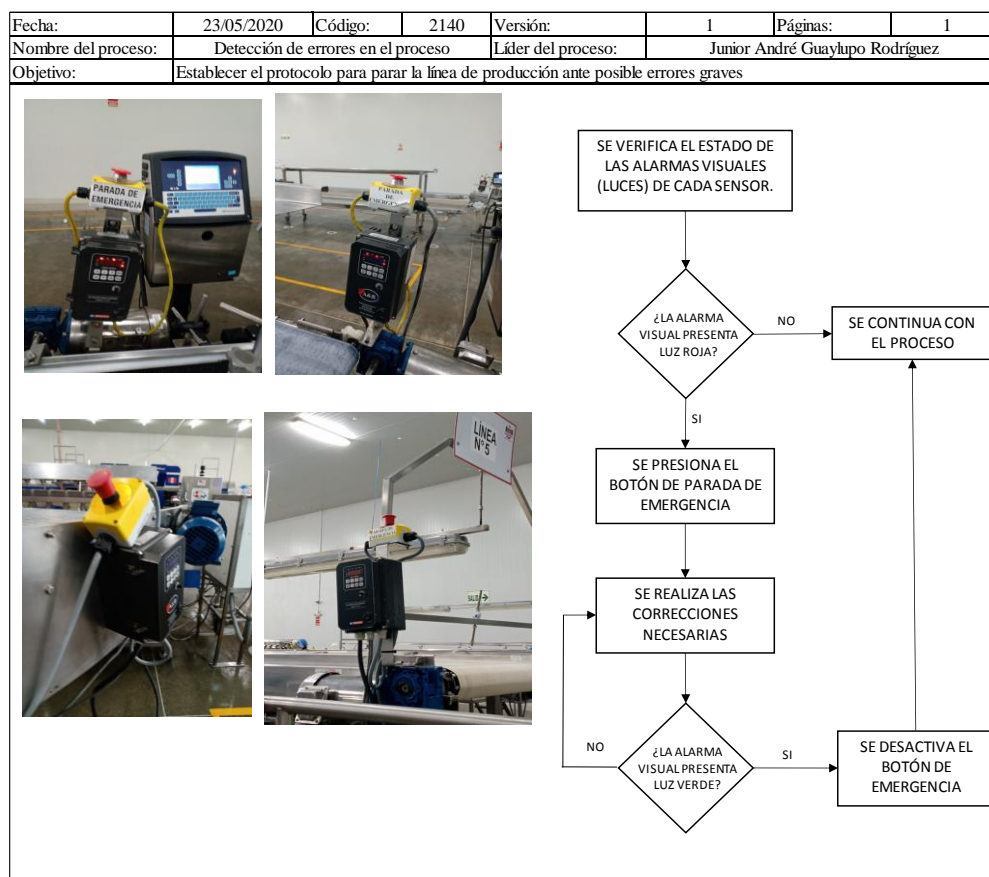


Figura 68. Formato de registro de protocolo de parada de línea  
Fuente: Elaboración propia

El cuarto paso es establecer procedimientos para corregir los problemas detectados. Ya se tiene la manera de detectar errores y el protocolo para parar la línea en caso de incidencias, ahora lo que es necesario es establecer la manera como se debe de actuar para poder solucionar los problemas. Por ejemplo, cuando se detecta fruta aplastada en los clamshells, el primer paso es verificar si esta fruta aplastada proviene de la materia prima recepcionada, por eso se debe verificar primero las jabs de materia prima puestas al comienzo de la línea de producción, descartado lo primero se debe verificar si el problema se origina en la máquina envasadora, el operador procede de acuerdo a su preparación en realizar esta verificación, en caso de no solucionar el problema se procede derivar la incidencia al área de mantenimiento, que cuenta con especialistas. El procedimiento se puede observar en la Figura 69.

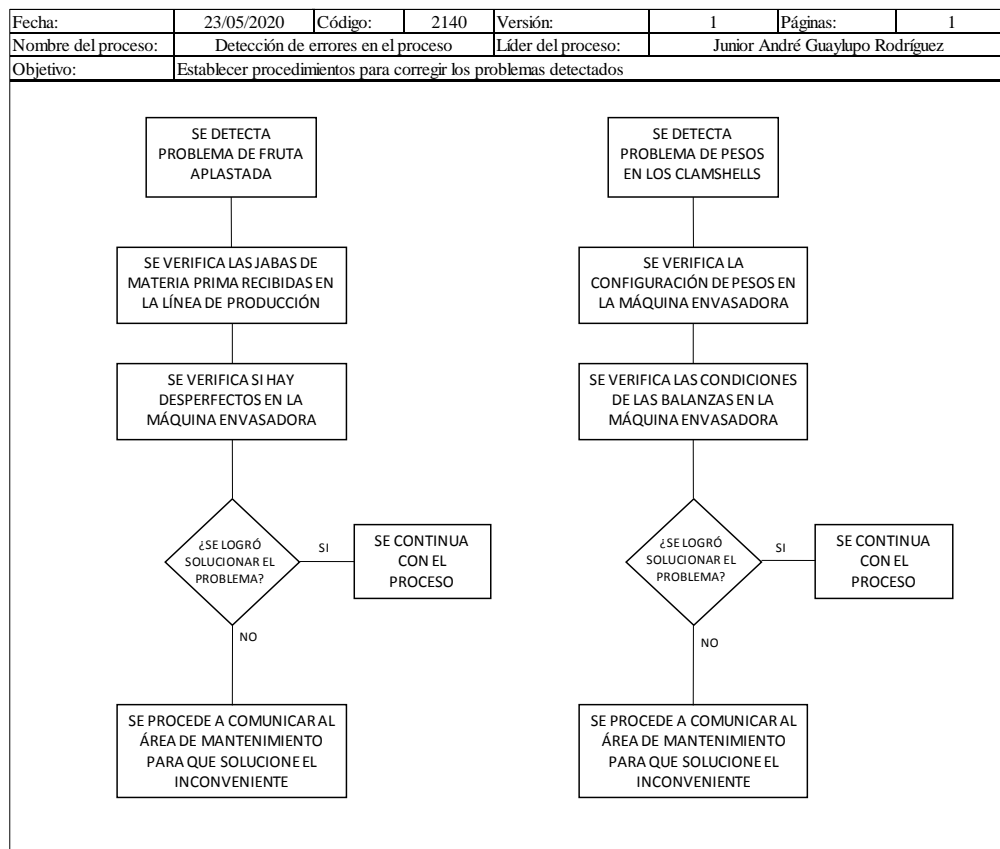


Figura 69. Formato para registro de procedimientos para corregir errores en el proceso  
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el último paso para implementar JIDOKA, es establecer el procedimiento para revisión de mejoras, este paso es el que le dará la sostenibilidad a la herramienta implementada, ya que establecerá la manera cómo se deben revisar y actuar periódicamente las mejoras establecidas. Como se sabe, cada día las circunstancias y necesidades pueden cambiar repentinamente, esto conlleva necesariamente a tener que revisar si la forma como se viene trabajando con las mejoras requieren de un cambio o no, basados en los indicadores que mostrarán de manera objetiva los resultados obtenidos. De igual forma es necesario registrar todas las mejoras, para que cuando el personal tenga que buscar cambios, puedan partir su análisis en base a lo ya experimentado anteriormente, en la Figura 70 se muestra el formato empleado.

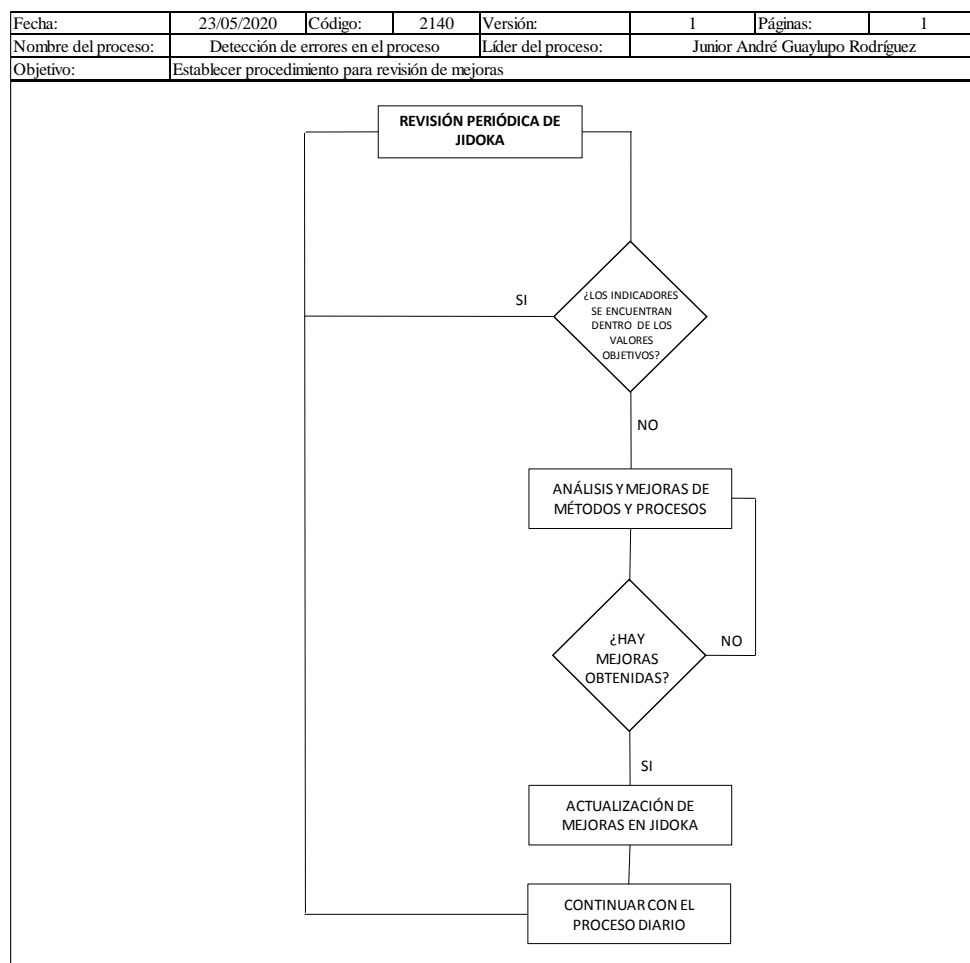
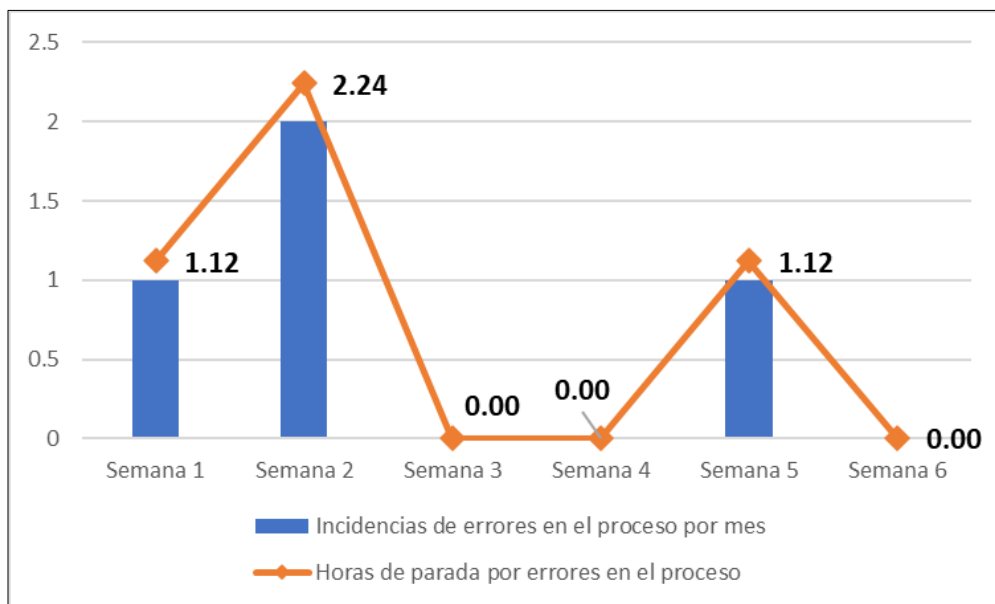
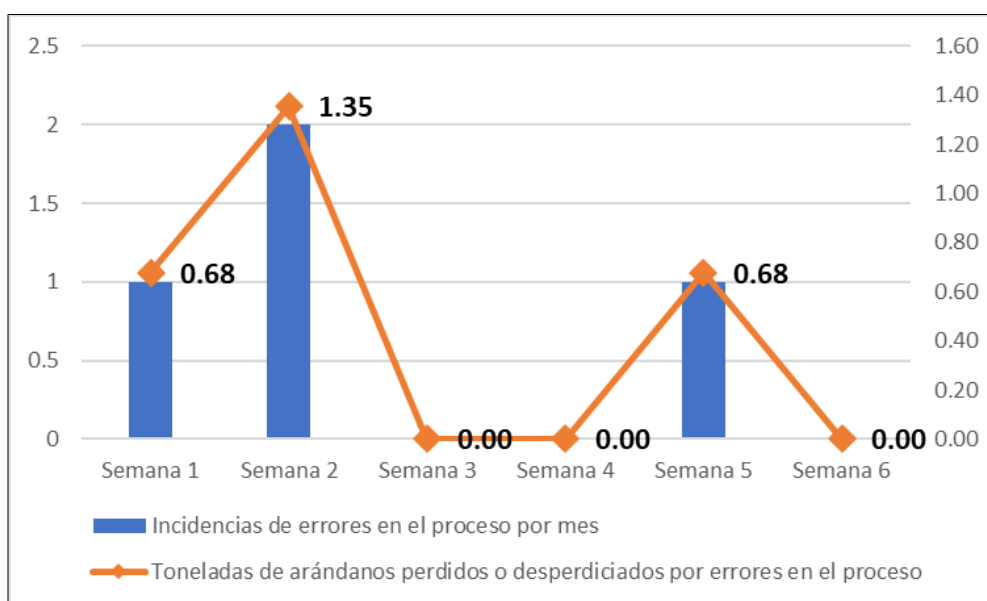


Figura 70. Formato de registro de procedimiento para la revisión de mejoras  
Fuente: Elaboración propia

Después de desarrollar los pasos para implementar JIDOKA, es importante poder realizar mediciones de los principales indicadores, para esto se realizaron pruebas piloto en una de las líneas de producción durante seis semanas y los resultados obtenidos son los que se muestran en la Figuras 71 y 72. Del mismo modo se elaboró un Diagrama de Gantt (ver Figura 73) para poder programar las actividades a realizar para implementar JIDOKA.



*Figura 71.* Medición de horas de paradas después de aplicar mejoras  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 72.* Medición de incidencias después de aplicar mejora de JIDOKA  
Fuente: Elaboración propia

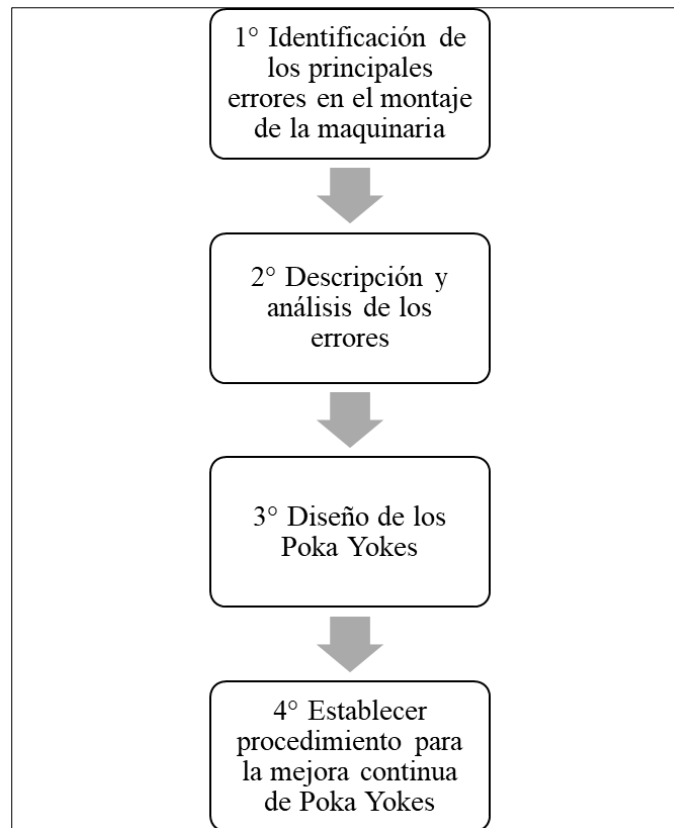
CARTA GANTT				2021															
				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
Proyecto: Implementación JIDOKA				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Partes interesadas: Área de Producción				E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Fecha de inicio: 01 de julio 2020				M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Fecha de término: 29 de octubre 2020				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
				N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ETAPAS	ACTIVIDADES	Responsables	Duración																
SOLUCIONES INMEDIATAS	Identificar los principales errores en el proceso de producción	Investigadores y supervisores de producción	2 semanas																
	Implementar dispositivos para detectar los errores en el proceso	Investigadores y supervisores de producción	7 semana																
IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS	Establecer los protocolos para parar la línea de producción ante posible errores graves	Investigadores y supervisores de producción	5 semana																
	Establecer procedimientos para corregir los problemas detectados	Investigadores y supervisores de producción	4 semana																
SOSTENIBILIDAD	Establecer un plan de sostenibilidad	Investigadores y supervisores de producción	3 semana																

Figura 73. Diagrama de Gantt para la implementación de JIDOKA

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.6. Desarrollo Poka Yoke

La primera herramienta desarrollada en el área de mantenimiento, es Poka Yoke, con esto se busca disminuir significativamente los errores ocasionados al momento de realizar el montaje de las maquinarias. Para esto se estableció el procedimiento de implementación de Poka Yoke (ver Figura 74).



*Figura 74.* Procedimiento para la implementación de Poka Yoke

Fuente: Elaboración propia

El primer paso para implementar Poka Yoke, es identificar los principales errores en el montaje de maquinaria, es decir, aquellos que tienen una mayor frecuencia de incidencias y concentrar el análisis en estos, para el desarrollo de mecanismos contra errores. En la Tabla 10 se muestra la relación de errores registrados durante la última campaña, posteriormente mediante un Diagrama de Pareto (Figura 75) se logra identificar aquellos errores que representan más del 80% de incidencias.

Tabla 10.  
*Incidencias de los tipos de errores en el montaje de maquinaria*

<b>Tipos de errores en el montaje de maquinaria</b>	<b>Incidencias en la campaña</b>	<b>Frecuencia relativa (%)</b>	<b>Frecuencia acumulada (%)</b>
Errores en montaje bielas derecha e izquierda en eje	12	22.22%	22.22%
Alineación incorrecta de eje y engranaje	11	20.37%	42.59%
Confusión entre dos engranajes similares	8	14.81%	57.41%
Montaje de estribos usando agujero equivocado	7	12.96%	70.37%
Piezas montadas en dirección equivocada	7	12.96%	83.33%
Confusión entre placas de circuitos de detección y las de circuito de control	2	3.70%	87.04%
Piezas de trabajo montadas incorrectamente en el útil	2	3.70%	90.74%
Piezas montadas a la inversa o con los lados inversos	2	3.70%	94.44%
Carcasas montadas en plantillas al revés	1	1.85%	96.30%
Piezas de trabajo montadas en posición invertida	1	1.85%	98.15%
Inserción en plantilla del extremo equivocado del tubo	1	1.85%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

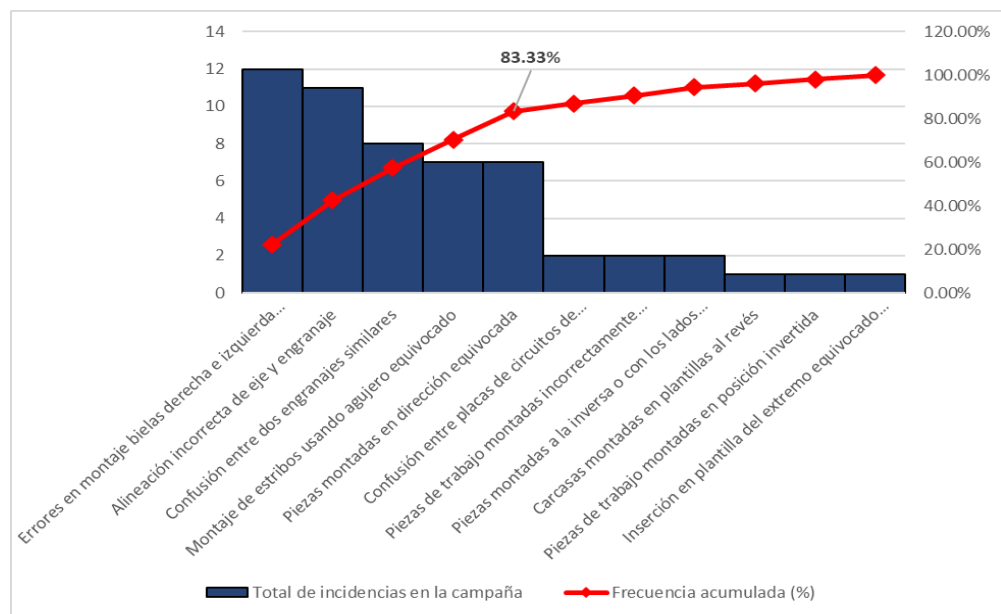


Figura 75. Diagrama de Pareto de los tipos de errores en el montaje de maquinaria

Fuente: Elaboración propia



El segundo paso consiste en la descripción y comprensión de los principales errores, ya que al momento de hacer el análisis, se debe encontrar las principales causas que ocasionan estos problemas y también identificar el tipo de Poka Yoke requerido para cada situación. A continuación, en la Tabla 11 se muestra a detalle la descripción de los principales errores de montaje.

Tabla 11.  
*Descripción y análisis de los principales errores de montaje*

PROCESOS	PROBLEMA	DESCRIPCIÓN DE ERROR	TIPO DE POKA YOKE REQUERIDO
Montaje de subconjuntos ejes-bielas	Errores en montaje bielas derecha e izquierda en eje	Aunque los núcleos de montaje para los lados derecho e izquierdo estaban angulados en direcciones diferentes, las bielas tenían una apariencia similar y a veces se colocan en posición inversa, causando defectos.	Prevención de error y control
Montaje de un engranaje en un eje	Alineación incorrecta de eje y engranaje	Se producen errores en la alineación de las marcas, obligando a tener que desmantelar las unidades después de que se habían completado las cajas de transmisiones de los servomotores de las fajas.	Prevención de error y control
Montaje de engranajes	Confusión entre dos engranajes similares	Resulta difícil distinguir al ojo humano la diferencia entre los engranajes, como ajustaban intercambiabilmente en el eje, se producen a menudo errores de montaje.	Prevención de error y control
Montaje de estribos de bloqueo forjado	Montaje de estribos usando agujero equivocado	Se une la placa lateral al estribo de bloqueo en un agujero erróneo de este último.	Prevención de error y control

Montaje de piezas de unión	Piezas montadas en dirección equivocada	Las escuadras y bridas montadas por error a veces al revés sobre travesaños.	Detección de error y control
----------------------------	---	--	------------------------------

Fuente: Elaboración propia

El tercer paso y el más importante del Poka Yoke, es el diseño de los dispositivos para prevención de errores, para el diseño de estos dispositivos es importante recolectar la opinión y experiencia de los técnicos de mantenimiento. Por ejemplo, para el error en montajes de bielas en los ejes, se diseñó plantillas que se pueden insertar al momento del montaje, de tal forma que el técnico pueda diferenciar correctamente los núcleos de montaje de cada biela, en la Figura 76 se muestra el formato empleado para establecer esta mejora, mostrando un antes y después de la mejora.

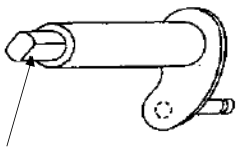
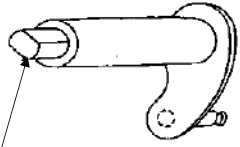
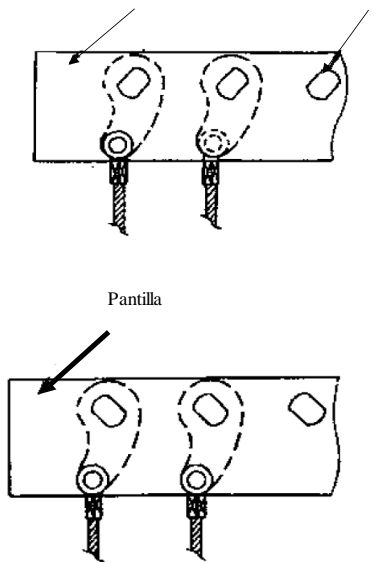
<b>Proceso:</b> Montaje de subconjuntos ejes-bielas <b>Error:</b> Errores en montaje bielasa derecha e izquierda en eje <b>Solución:</b> Plantilla mejorada <b>Mejora clave:</b> Plantilla utilizada para garantizar posicionamiento correcto		<b>Prevención error:</b> Sí <b>Detección error:</b> No <b>Control:</b> Sí <b>Alarma:</b> No
<b>Descripción del proceso:</b> las bielasa derecha e izquierda para ejes con cables incorporados se montaban en una máquina envasadora		
<b>Antes de mejora</b>	<b>Después de mejora</b>	
<p>Aunque los núcleos de montaje para los lados derecho e izquierdo estaban angulados en direcciones diferentes, las bielasa tenían una apariencia similar y a veces se colocaban en posición inversa, causando defectos.</p> <p><b>Conexión eje (derecho)</b></p>  <p>núcleo para montaje</p> <p><b>Conexión eje (izquierdo)</b></p>  <p>ángulo diferente apropiado para eje izquierdo</p>	<p>Las bielasa se insertan en plantillas de soporte separadas para ejes a derecha e izquierda de forma que se seleccionan fiablemente al terminar el trabajo de montaje de la máquina envasadora.</p> <p style="text-align: center;">           Pantilla para sostener ejes      agujeros         </p>  <p style="text-align: center;">Pantilla</p>	

Figura 76. Formato de diseño de Poka Yoke para montajes de bielasa

Fuente: Elaboración propia

Para los errores de alineación incorrecta de los ejes y engranajes, que resulta un gran problema, ya que, para corregir el error, se debe desmantelar de nuevo toda la máquina UNITEC para corregir el error, entonces para evitar esto se diseñó una plantilla que asegure la alineación correcta de los engranajes y ejes. La plantilla diseñada se coloca sobre el eje y se posiciona utilizando uno de los agujeros de la placa, para que de esta manera el vástago largo de la plantilla guíe el engranaje a lo largo del eje y se logre la orientación correcta. A continuación, en la Figura 77 se muestra el formato empleado para el diseño.

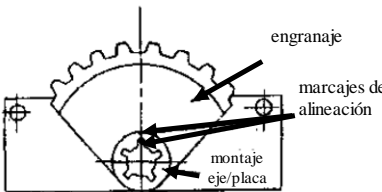
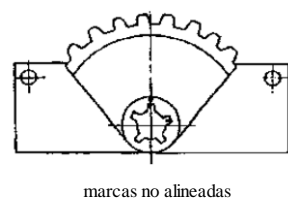
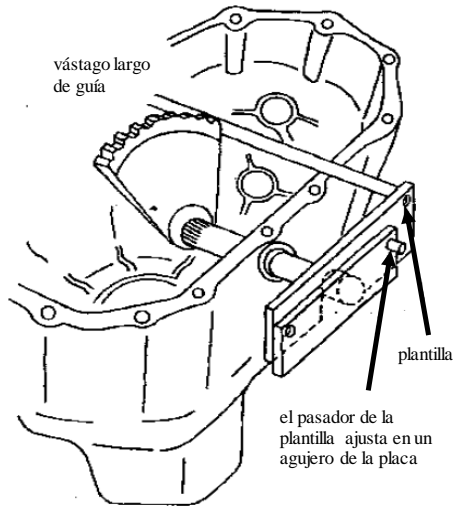
<p><b>Proceso:</b> Montaje de un engranaje en el eje</p> <p><b>Error:</b> Alineación incorrecta de eje y engranaje</p> <p><b>Solución:</b> La plantilla asegura la alineación correcta</p> <p><b>Mejora clave:</b> Plantilla utilizada para garantizar posicionamiento correcto</p>		<p><b>Prevención error:</b> Sí</p> <p><b>Detección error:</b> No</p>	<p><b>Parada:</b> No</p> <p><b>Control:</b> Sí</p> <p><b>Alarma:</b> No</p>
<p><b>Descripción del proceso:</b> se montaba un engranaje en un montaje de eje y placa en el interior de la caja de transmisiones de la máquina principal UNITEC que emplea servomotores para hacer girar diferentes fajas en el interior. Se punzonaban marcas de alineación en el montaje de eje y engranaje y las mismas deberían alinearse correctamente.</p>			
<p><b>Antes de mejora</b></p>		<p><b>Después de mejora</b></p>	
<p>En algunas ocasiones ocurrían errores en la alineación de las marcas. Era necesario desmantelar las unidades después de que se habían completado las cajas de transmisiones.</p> <p><b>Correcto</b></p>  <p><b>Defectuoso</b></p> 		<p>Se ha construido una plantilla para asegurar que el montaje del eje y el engranaje se alinean correctamente. La plantilla se coloca sobre el eje y se posiciona utilizando uno de los agujeros de la placa. El vástago largo de la plantilla (mostrado en el dibujo) guía el engranaje a lo largo del eje en la orientación correcta.</p> 	

Figura 77. Formato de diseño de Poka Yoke para montaje de engranajes

Fuente: Elaboración propia

Para errores por confusión de engranajes, se propuso hacer pequeñas modificaciones en los agujeros de engranajes, para poder distinguir mejor la diferencia entre los engranajes, ya que estos al ojo no son fáciles de distinguir y como se ajustaban intercambiamente en el eje, se producía a menudo errores de montaje, ya que la diferencia entre los engranajes de 50 Hz y 60 Hz es de tan solo tres dientes. Se realizó la modificación de los agujeros de los engranajes de 60 Hz de tal forma que, aunque el operario decida colocar deliberadamente un engranaje de 50 Hz en la posición de un engranaje de 60

Hz, este no podrá ser insertado por tener el agujero menos profundo. A continuación, en la Figura 78 se muestra el formato empleado para el diseño.


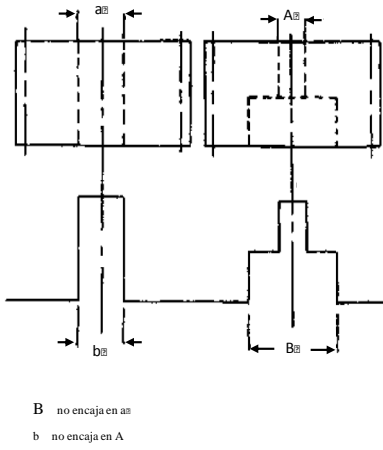
<b>Proceso:</b> Montaje de un engranajes		<b>Prevención error:</b> Sí	<b>Parada:</b> No
<b>Error:</b> Confusión entre dos engranajes similares		<b>Detección error:</b> No	<b>Control:</b> Sí
<b>Solución:</b> Cambiar método de montaje y diferenciar los engranajes por el color			<b>Alarma:</b> No
<b>Mejora clave:</b> Pieza modificada para garantizar posicionamiento correcto			
<b>Descripción del proceso:</b> un temporizador se equipaba con un mecanismo de selección de la frecuencia de la línea de energía de forma que podía emplearse en áreas con fuente de potencia de 50 a 60 Hz. Los engranajes para 50 y 60 Hz se instalan cerca el uno del otro en el mismo eje. La única diferencia entre estos dos tipos de engranajes es de tres dientes.			
<b>Antes de mejora</b>		<b>Después de mejora</b>	
<p>Era difícil a ojo los engranajes, y como ajustaban intercambiamente en el eje, se producía a menudo errores de montaje.</p> 		<p>Se ha hecho una pequeña modificación en los agujeros de los engranajes y el eje que se ajusta en los mismos, como se muestra en los dibujos. Adicionalmente, como estos engranajes se hacen de plástico blanco, el engranaje de 50 Hz ahora se hace de plástico blanco y el de 60 Hz de plástico azul, de forma que pueden identificarse de una ojeada. Los errores de instalación se han eliminado completamente.</p> <p style="text-align: center;">engranaje 50 Hz                      engranaje 60 Hz</p>  <p style="text-align: center;">B no encaja en a b no encaja en A</p>	

Figura 78. Formato de diseño de Poka Yoke para distinguir engranajes

Fuente: Elaboración propia

Uno de los errores más frecuentes en los trabajos de mantenimiento es el montaje de estribos en los agujeros equivocados. El error surge al unir la placa lateral al estribo de bloqueo por un agujero erróneo de este último generando que la máquina no arranque correctamente y por ende no se pueda iniciar la producción. La solución se basa en el uso de vástagos de guía en plantilla para posicionar correctamente, el diseño de la plantilla usa vástagos de referencia para el agujero de enganche del montaje principal y con reborde apropiado para

mantener el estribo de bloqueo en la posición apropiada para el montaje. A continuación, en la Figura 79 se muestra el formato utilizado.

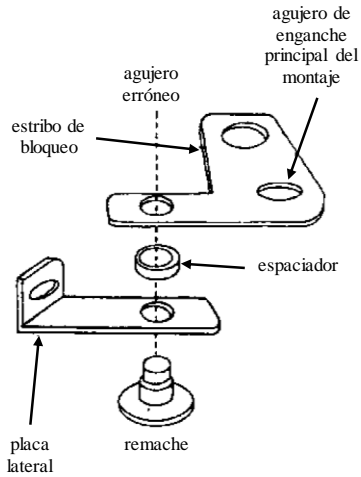
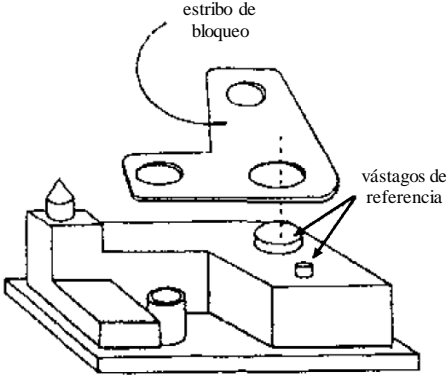
<b>Proceso:</b> Montaje de estribos de bloqueo forjados		<b>Prevención error:</b> Sí	<b>Parada:</b> No
<b>Error:</b> Montaje de estribos usando agujero equivocado		<b>Detección error:</b> No	<b>Control:</b> Sí
<b>Solución:</b> Uso de vástagos de guía en plantilla para posicionar			<b>Alarma:</b> No
<b>Mejora clave:</b> Uso de plantilla para garantizar posicionamiento correcto			
<b>Descripción del proceso:</b> placas laterales se fijaban a estribos de bloqueo utilizando un remache y un espaciador.			
<b>Antes de mejora</b>		<b>Después de mejora</b>	
<p>Era posible unir la placa lateral al estribo de bloqueo en un agujero erróneo de éste último.</p> 		<p>Se ha diseñado una plantilla con vástagos de referencia para el agujero de enganche del montaje principal y con reborde apropiado para mantener el estribo de bloqueo en la posición apropiada para el montaje. Si la posición de colocación sobre la plantilla es inapropiada, la inserción completa es imposible.</p> 	

Figura 79. Formato de diseño de Poka Yoke para montaje de estribos  
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el último error de montaje son las piezas de unión instaladas en direcciones equivocadas, esto se da por que las escuadras y bridas son montadas al revés sobre travesaños. Para solucionar este problema se diseñó un dispositivo de hierro en ángulo en la plantilla del siguiente montaje, para lograr identificar claramente los travesaños con escuadras montadas al revés. A continuación, en la Figura 80 se muestra el formato empleado para el diseño.

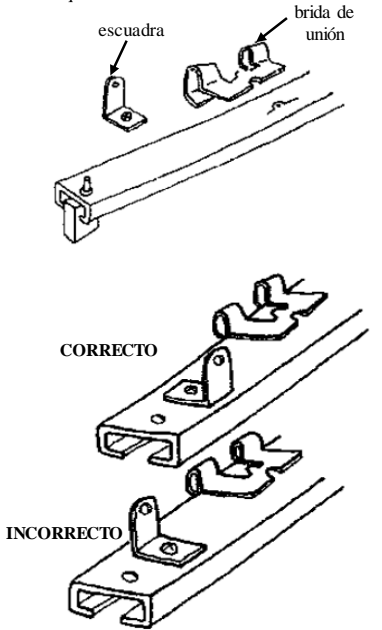
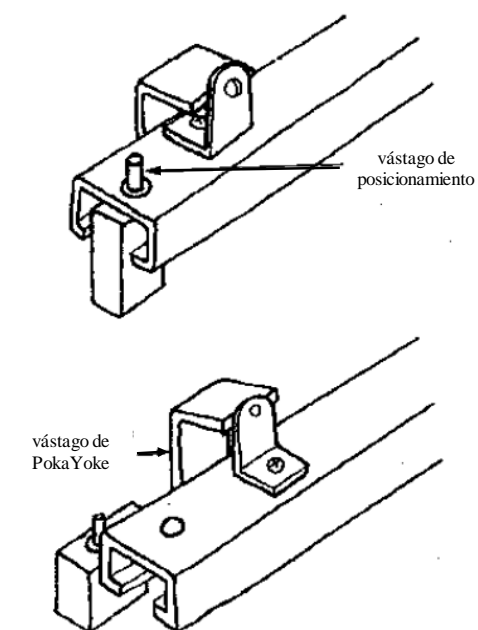
<b>Proceso:</b> Montaje de piezas de unión		<b>Prevención error:</b> Sí	<b>Parada:</b> No
<b>Error:</b> Piezas de unión montadas en dirección equivocada		<b>Detección error:</b> No	<b>Control:</b> Sí
<b>Solución:</b> Detector para evitar proceso posterior si las piezas están montadas al revés		<b>Alarma:</b> No	
<b>Mejora clave:</b> Plantilla modificada para detectar piezas defectuosas			
<b>Descripción del proceso:</b> las piezas de unión se montaban en travesaños y se soldaban por puntos.			
<b>Antes de mejora</b>		<b>Después de mejora</b>	
<p>Las escuadras y bridas se montaban a veces al revés sobre travesaños. Si estas piezas no se detectaban, podían ensamblarse, conduciendo a defectos que tenían que rehacerse más tarde.</p> 		<p>Se ha instalado un poka yoke de hierro en ángulo en la plantilla del siguiente montaje para identificar claramente los travesaños con escuadras montadas al revés impidiendo que la pieza se asiente en la plantilla.</p> 	

Figura 80. Formato de diseño de vástagos de Poka Yoke

Fuente: Elaboración propia

El cuarto paso de Poka Yoke establecer un proceso de mejora continua, que pretenda mejorar progresiva y constantemente las primeras mejoras implantadas, la cual configura la base para asegurar la estabilización de los dispositivos y una continuada detección de errores o áreas de mejora.

Para lograr la sostenibilidad en el tiempo de las mejoras, se deben establecer acciones de forma sistemática y recurrente, permitiendo revisar todos los procesos del sistema de mejora implantado, con el objeto de mejorar la gestión

y reducir los despilfarro. A continuación, en la Figura 81 se muestra el procedimiento establecido para este paso.

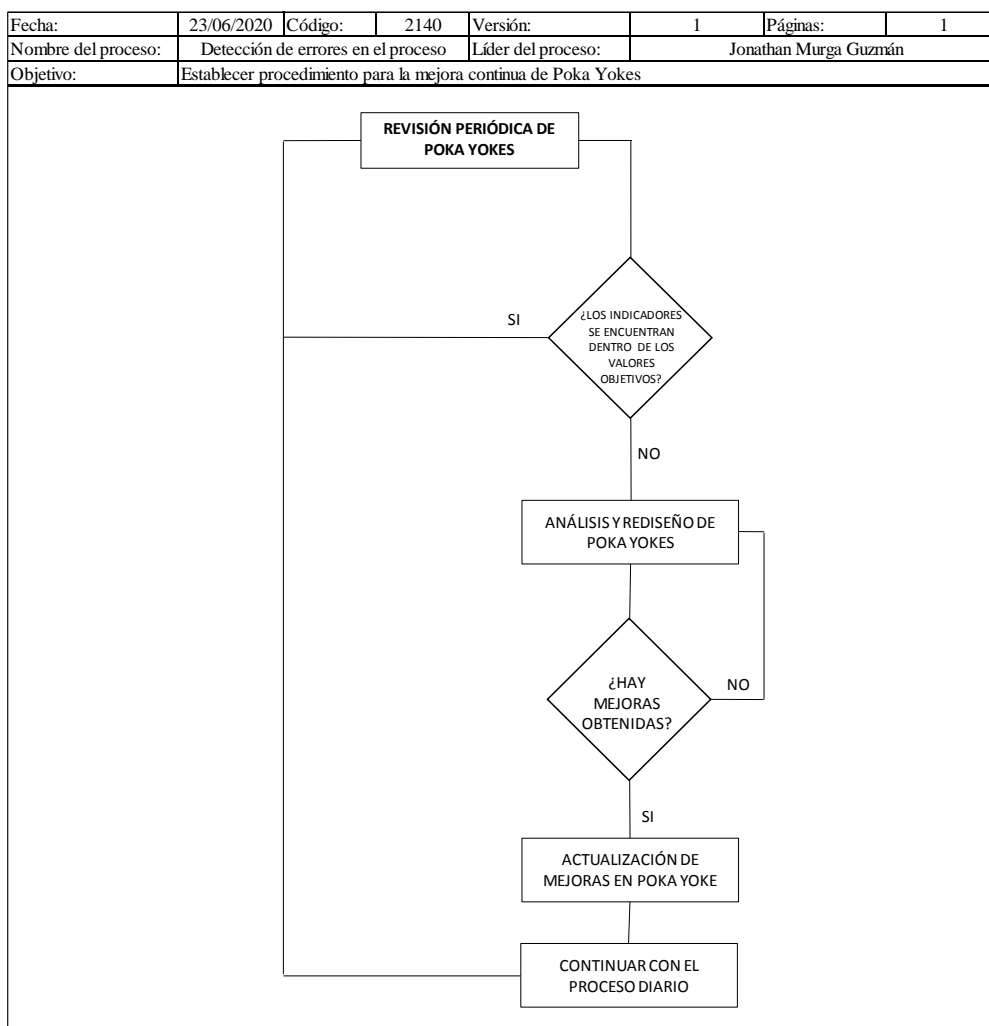


Figura 81. Procedimiento de mejora continua de Poka Yoke

Fuente: Elaboración propia

Con el Poka Yoke desarrollado correctamente, se procedió a realizar mediciones, recolectando la información de los partes de incidencias y hojas de observación durante seis semanas en un piloto de Poka Yoke desarrollado en una de las líneas de producción y los resultados se pueden observar en las Figuras 82 y 83. Posterior a esto, resulta importante poder planificar todas las actividades, así como también planificar de acuerdo a los tiempos requeridos y



empleados, para esto se elaboró un plan de implementación mediante un Diagrama de Gantt mostrado en la Figura 84.

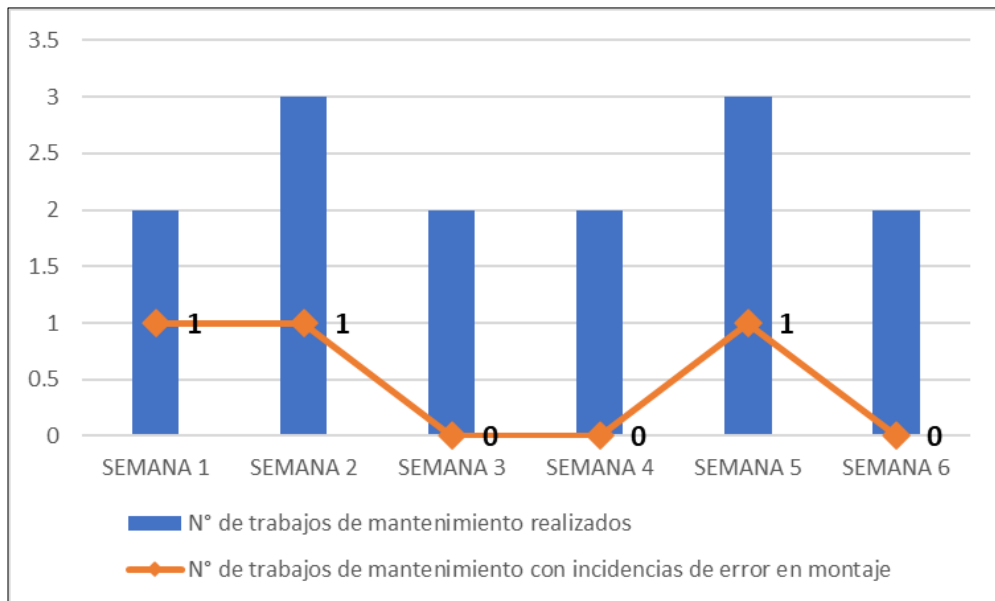


Figura 82. Medición de incidencias por errores en montaje después de mejora

Fuente: Elaboración propia

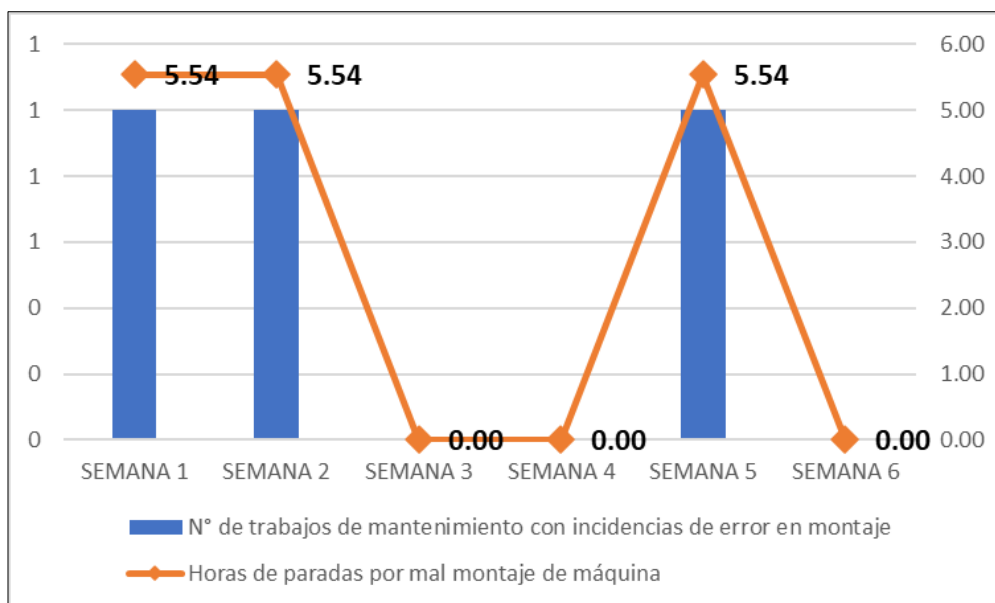


Figura 83. Medición de horas de paradas por mal montaje después de mejora

Fuente: Elaboración propia

CARTA GANTT				2021															
				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
Proyecto: Implementación Poka Yoke				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Partes interesadas: Área de Producción				E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Fecha de inicio: 05 de julio 2021				M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Fecha de término: 29 de octubre 2021				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
				N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ETAPAS	ACTIVIDADES	Responsables	Duración																
Diagnóstico de requerimiento de dispositivos	Identificación de los principales errores en el montaje de la maquinaria	Investigadores y personal del área de mantenimiento	2 semanas																
	Descripción y análisis de los errores	Investigadores y personal del área de mantenimiento	2 semanas																
Diseño de Poka Yokes	Diseño Poka Yoke - Error N°1	Investigadores y personal del área de mantenimiento	2 semanas																
	Diseño Poka Yoke - Error N°2	Investigadores y personal del área de mantenimiento	2 semanas																
	Diseño Poka Yoke - Error N°3	Investigadores y personal del área de mantenimiento	2 semanas																
	Diseño Poka Yoke - Error N°4	Investigadores y personal del área de mantenimiento	2 semanas																
	Diseño Poka Yoke - Error N°5	Investigadores y personal del área de mantenimiento	2 semanas																
Sostenibilidad	Establecer procedimiento para la mejora continua de Poka Yokes	Investigadores y personal del área de mantenimiento	2 semanas																

Figura 84. Diagrama de Gantt para la implementación de Poka Yoke

Fuente: Elaboración propia

### 2.3.7. Desarrollo Mantenimiento Planificado (Keikaku Hozen)

La segunda herramienta implementada en el área de mantenimiento, es uno de los pilares del TPM, nos referimos al Mantenimiento Planificado o Keikaku Hozen, con esta herramienta se busca eliminar la falta de planificación, organización y coordinación de las actividades de mantenimiento, que está generando muchos tiempos improductivos por retrasos en la ejecución de los trabajos de mantenimiento. A continuación, en la Figura 85 se puede observar el procedimiento establecido para desarrollar esta herramienta.

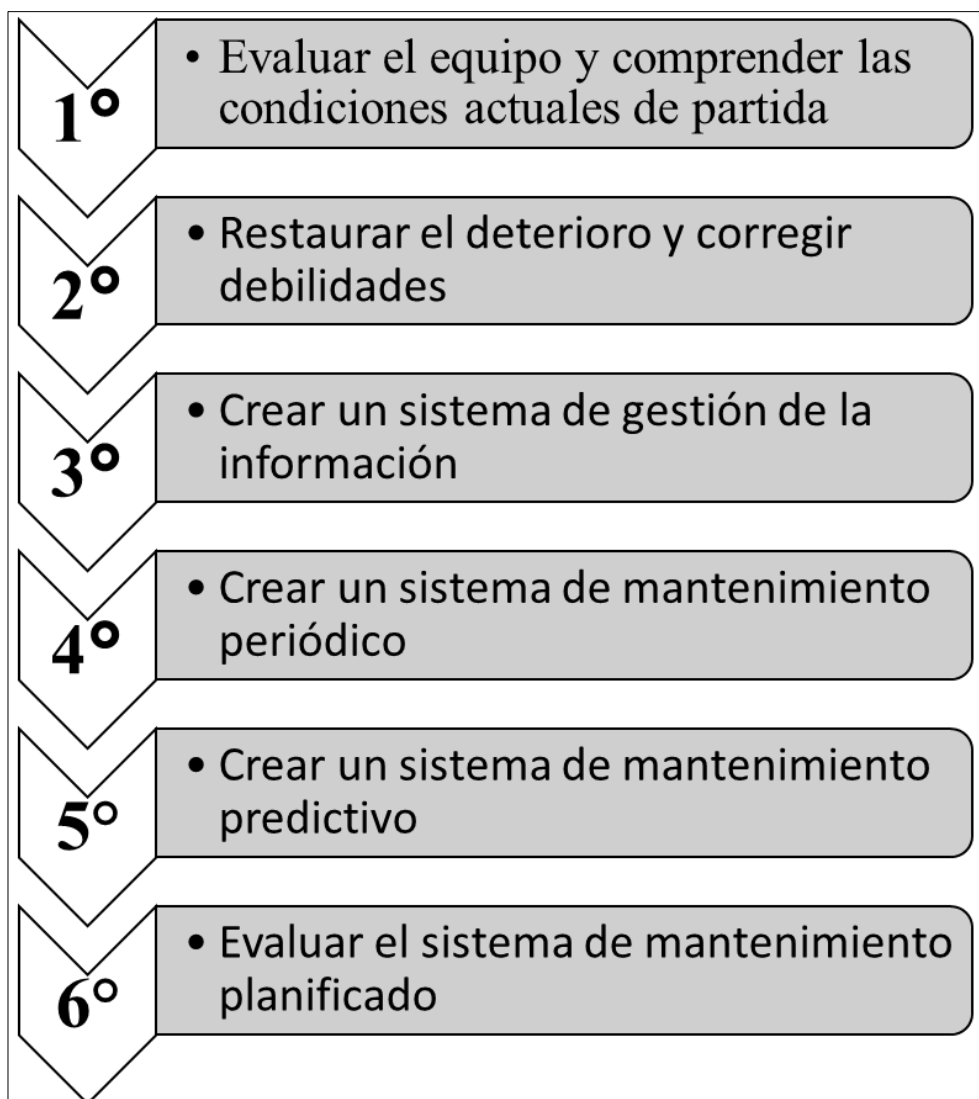


Figura 85. Procedimiento de implantación de Poka Yoke

Fuente: Elaboración propia

El primer paso es evaluar los equipos y comprender la situación actual, la planta de producción estudiada en la presente investigación usa muchos tipos diferentes de equipos. Incluso se tiene varios equipos iguales o similares, pero a pesar de esto, pueden diferir en importancia, dependiendo exclusivamente de su función en el proceso. Sin embargo, resulta importante poder discernir cuáles son los equipos que necesitan recibir un mantenimiento planificado, para lograr esto se debe preparar registros de los equipos y priorizar éstos de acuerdo con criterios preestablecidos. Los registros son importantes ya que son estos los que proporcionan datos en bruto para el análisis correspondiente, en la Figura 86, se muestra el formato diseñado que permitirá realizar el trabajo de recolectar la información necesaria como: los datos del diseño del equipo, el historial de operación y mantenimiento.

1.- Activo#: \_\_\_\_\_

2.- Equipo: \_\_\_\_\_ Modelo#: \_\_\_\_\_ Plano#: \_\_\_\_\_ Espec.#: \_\_\_\_\_

3.- Situación: \_\_\_\_\_ Fábrica: \_\_\_\_\_ Planta: \_\_\_\_\_ Proceso: \_\_\_\_\_ Registro de movimientos: \_\_\_\_\_

4.- Fabricante: \_\_\_\_\_ Fecha fabr. : \_\_\_\_\_ Fecha instalac.: \_\_\_\_\_  
Fecha de test: \_\_\_\_\_ Fecha de arranque: \_\_\_\_\_

5. Registro de especificaciones de cambios

Fecha	Especificaciones del equipo	Condiciones de operación

6. Registro de mantenimiento

Fecha	Servicio periódico	Mantenimiento correctivo	Fallos principales

7. Especificaciones del principal equipo auxiliar

Figura 86. Formato para el registro de los equipos

Fuente: Elaboración propia

Con el registro obtenido, hay que evaluar cada equipo en función de varios factores como: la seguridad, calidad, operabilidad, mantenibilidad, etc. Los equipos se clasifican y se decide que clases se deben incluir en el mantenimiento planificado, es por ello que es necesario establecer un procedimiento para realizar esta evaluación como se muestra en la Figura 87.

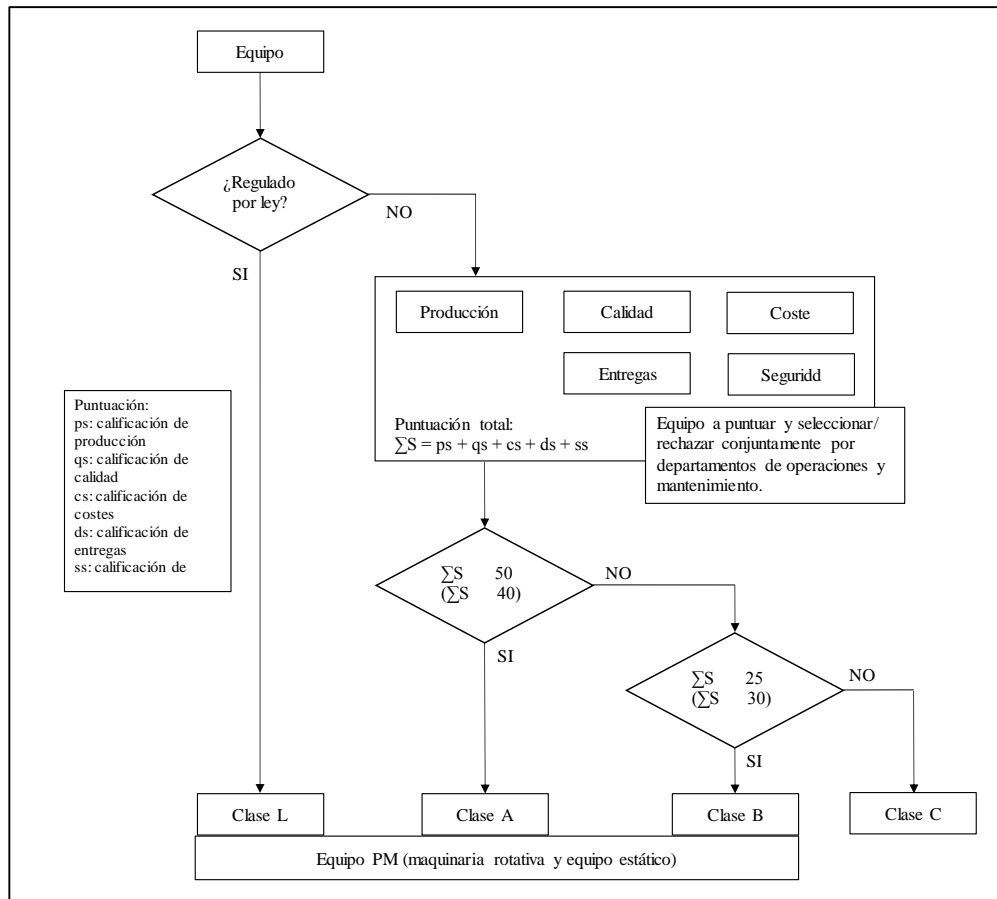


Figura 87. Diagrama de flujo para seleccionar equipos para mantenimiento planificado

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso para implementar el Mantenimiento Planificado, es restaurar el deterioro y corregir debilidades, para restaurar el deterioro se basará en las 5S implementada en el área de producción, es decir mediante trabajos de limpieza y refacción. Por otro lado, para corregir las debilidades inherentes generadas por su diseño se recurre al análisis P.M., para estudiar los fallos debidos a tales debilidades y a continuación corregirlas, de otro modo, los fallos

inesperados anularán cualquier beneficio que puedan deducirse del mantenimiento planificado. Entonces ante esta situación, hay que evitar repetir los fallos, por eso como se comentó al comienzo, la importancia de registrar los fallos es fundamental, ya que esto permitirá que en próximos análisis en el futuro se parta de premisas ya probadas y estudiadas. Para lograr esto se diseñó un formato (ver Figura 88) para realizar informes adecuados de fallos.

<b>INFORME DE FALLO INESPERADO N° 005</b>							
Director división : _____				Director división: _____			
Supervisor : _____				Supervisor : _____			
Líder de equipo : _____				Líder de equipo : _____			
Equipo del fallo: <u>Compresor de refrigeración</u>		Modelo N° <u>P-45721</u>		Tiempo total <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>			
Fecha: ____/____/____		Tiempo ____ (min.)					
Fecha: ____/____/____		Tiempo ____ (min.)					
<b>Descripción:</b>							
Se paró el compresor para reemplazar el cierre mecánico. Cuando se hizo arrancar el compresor, se rompió el acoplamiento, de modo que el compresor paró de nuevo.							
El compresor P-45721 comprime el refrigerante en estado gaseoso elevando su temperatura y presión. Como el mecanismo de estanqueidad mecánico tenía un fuga, se paró el compresor para reemplazarlo después de primeramente conectar el compresor de reserva P-54125. El acoplamiento se rompió cuando se hizo arrancar de nuevo el compresor después de reemplazar el mecanismo de estanqueidad.							
<b>Análisis del fallo: (Causas directas, causas indirectas, causas reales).</b>							
1. El acoplamiento se ha calentado mientras el mecanismo de estanqueidad se estaba reemplazando. El compresor se hizo arrancar después de conectar el acoplamiento al eje de la bomba, que estaba aún caliente.							
2. No se chequeó el estado del acoplamiento.							
<b>Acción y contramedidas</b>							
1. Precalentar un acoplamiento de repuesto y montarlo cuando la diferencia de temperatura entre él y el eje del compresor esté dentro de un rango especificado.							
2. Especificar un método para verificar el estado de la unión del acoplamiento después de la instalación, e incluir esto dentro de los estándares de trabajo.							
<b>Acción para evitar fallos similares</b>							
Situación	Equipo	Plan de acción	Acción ejec.	Situación	Equipo	Plan de acción	Acción ejec.
		/	/			/	/
		/	/			/	/
		/	/			/	/
		/	/			/	/
		/	/			/	/

Figura 88. Formato de informe de fallo inesperado

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, en base a los registros obtenidos y con la premisa de mantener una mejora continua para eliminar los despilfarros, se estableció un procedimiento para evitar repeticiones de fallos inesperados, que busca solucionar los problemas que se presenten en base a los registrado como se ve en la Figura 89.

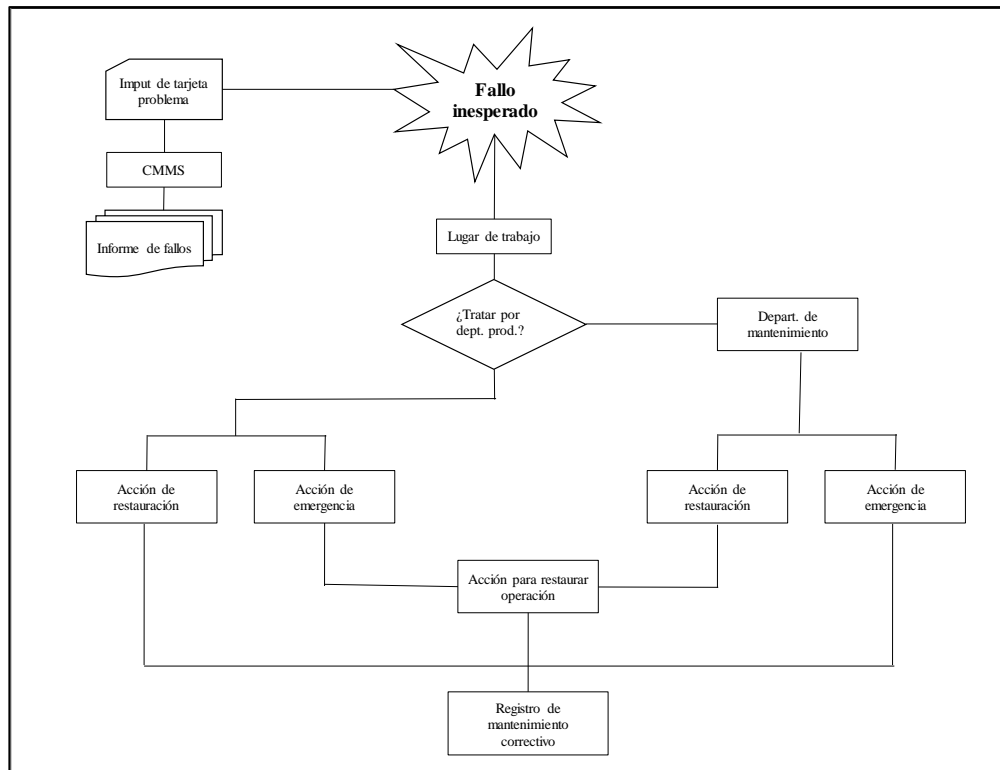


Figura 89. Diagrama de flujo para evitar repeticiones de fallos inesperados

Fuente: Elaboración propia

El tercer paso, es crear un sistema de gestión de la información, en la planta de la empresa investigada se necesita dar mantenimiento a una enorme variedad de equipos, y en diferentes procesos requieren diferentes regímenes de mantenimiento, esta colosal cantidad de información es imposible de controlar. Entonces ante esta circunstancia es importante montar un sistema de proceso de datos informatizado, y sobre este punto hay que considerar los siguiente aspectos claves:

- Antes de decidir el tipo de sistema, se debe evaluar y mejorar el sistema de mantenimiento existente y decidir cuáles son los datos necesarios.
- Determinar el grado de mecanización informática requerido.
- Diseñar métodos simples de entrada de datos para los responsables del mantenimiento.

Para entender como funcionaría el sistema de gestión de información de los trabajos de mantenimiento, se elaboró el siguiente diagrama de flujo (Figura 90) para poder ver como se procesa la información.

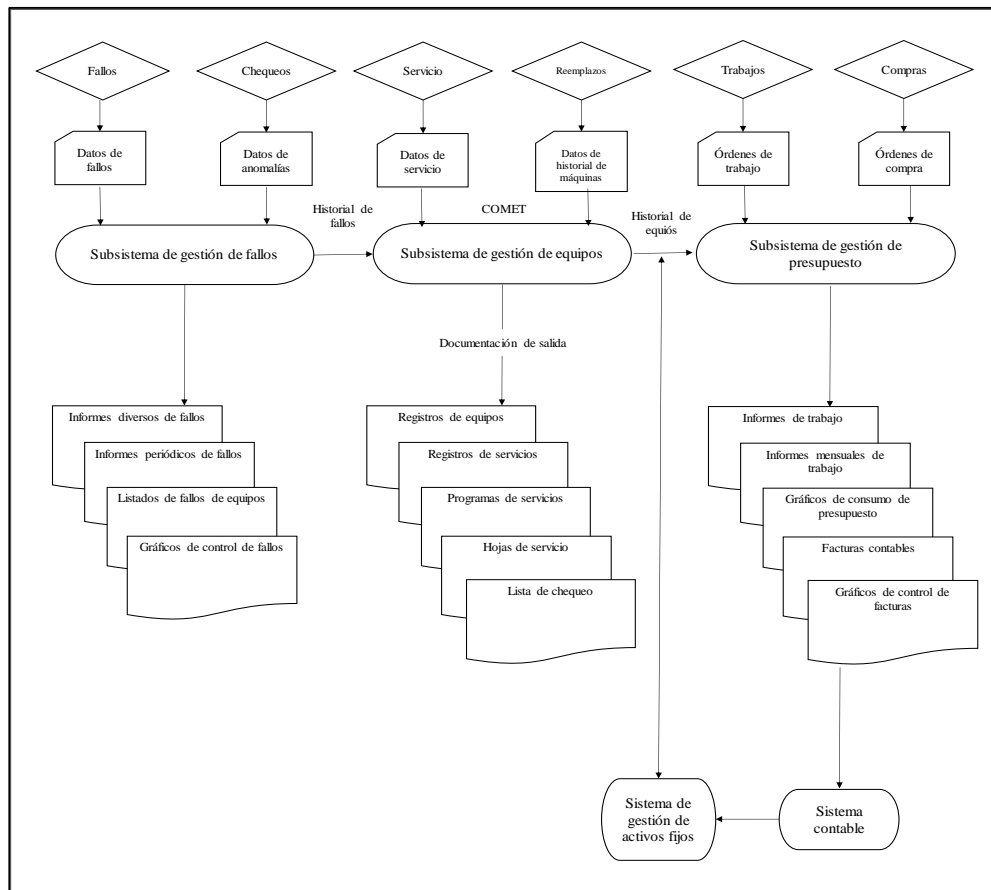


Figura 90. Diagrama de flujo del sistema de gestión de información del mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

El cuarto paso, es crear un sistema de mantenimiento periódico, para realizar el trabajo programado, es de vital importancia tener preparado por anticipado las maquinarias de reserva, piezas de repuestos, equipo de inspección, lubricantes y sobre todo la información técnica necesaria como planos de detalles. Solamente con esta preparación anticipada el trabajo de mantenimiento podrá proceder gradualmente. Como se puede observar en la Figura 91 se muestra la forma como funcionaría este sistema de mantenimiento periódico.



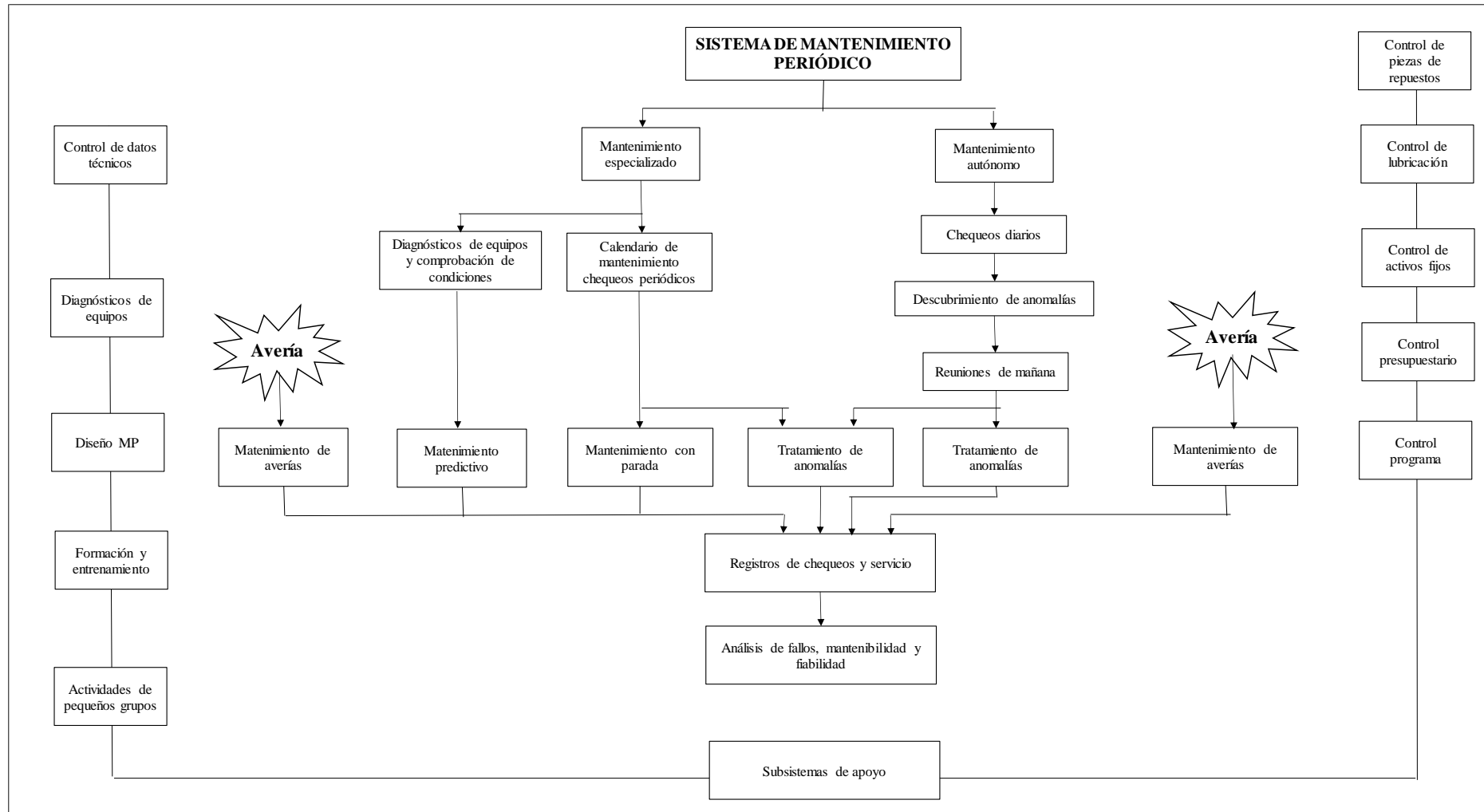


Figura 91. Diagrama de flujo del sistema de mantenimiento periódico

Fuente: Elaboración propia

El quinto paso, es crear un sistema de mantenimiento predictivo, a pesar de los fallos inesperados, estos se pueden reducir considerablemente con el mantenimiento periódico, aunque realmente no se ha logrado eliminar del todo estos fallos. Esto surge porque el mantenimiento periódico se base en el tiempo y asume una tasa hipotética de deterioro del equipo. Sin embargo, no pueden establecerse intervalos de servicio óptimos sin medir la extensión del deterioro real de las diferentes unidades del equipo. Esto requiere un enfoque basado en condiciones, en el que el “timing” y la naturaleza del mantenimiento necesario, se basa en el deterioro real confirmado a través de diagnósticos del equipo. Para poner en práctica el mantenimiento predictivo o basado en condiciones, debe ser posible medir las características que indican fiablemente el deterioro, conocidas como “características sustitutivas”. Tales características pueden incluir la vibración, temperatura, presión, tasa de flujo, contaminación de lubricantes, reducción del espesor de paredes, crecimiento de defectos metalúrgicos, tasa de corrosión y resistencia eléctrica.

Es por eso, que se debe implementar a la par del mantenimiento periódico un mantenimiento predictivo, que incluya el uso de diagnósticos de los equipos. En estas circunstancias, lo ideal es empezar con los diagnósticos basados en vibraciones, ya que esta es una técnica desarrollada en industrias similares de la empresa analizada en la presenta investigación. Primero, se debe establecer la metodología para realizar el diagnóstico de las maquinarias, con motores rotativos y la aplicación del método se extiende después al equipo estático.

Par comprender mejor la metodología establecida, en la Figura 92 se muestra el diagrama de flujo, diseñado para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento predictivo.

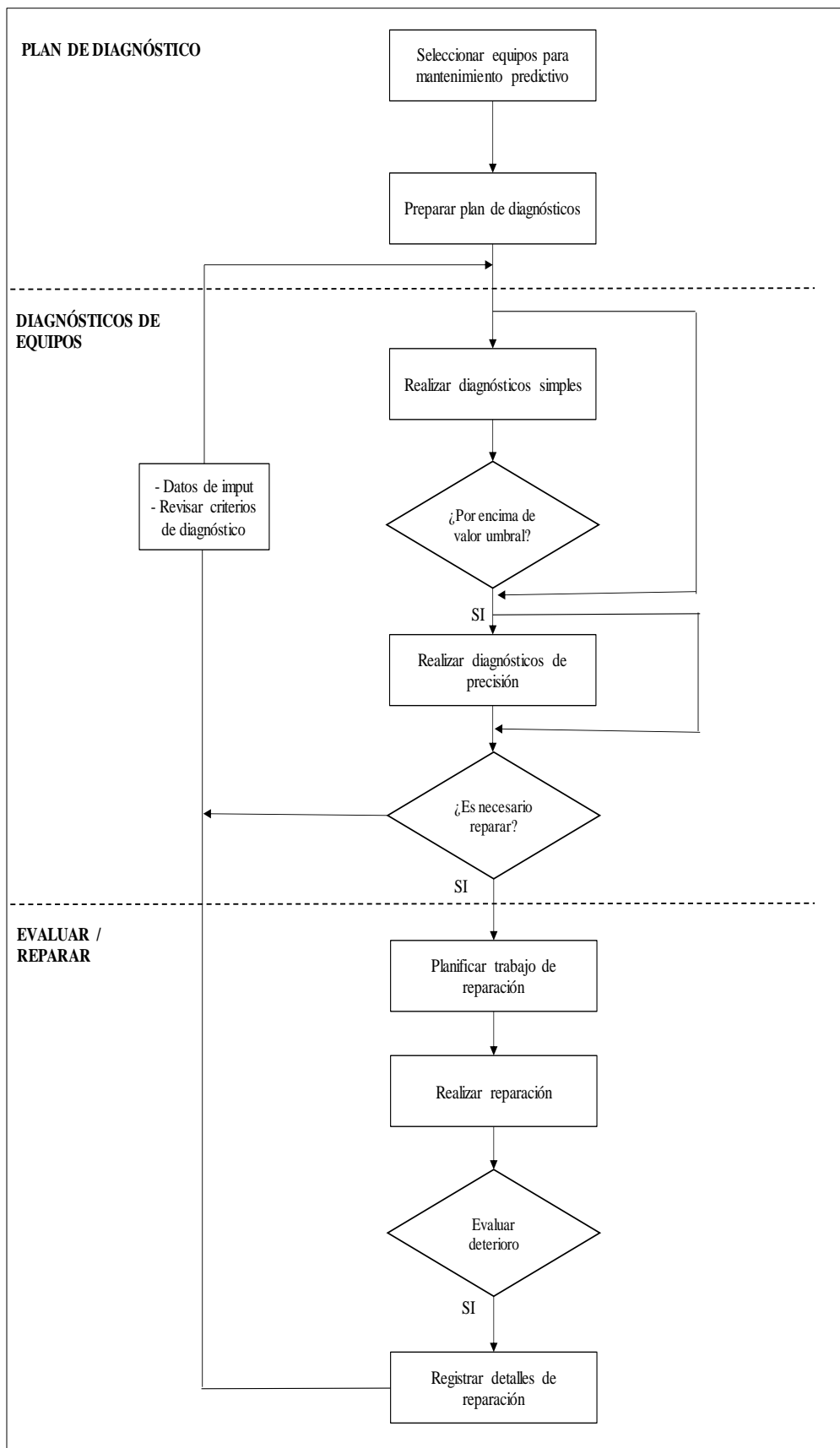
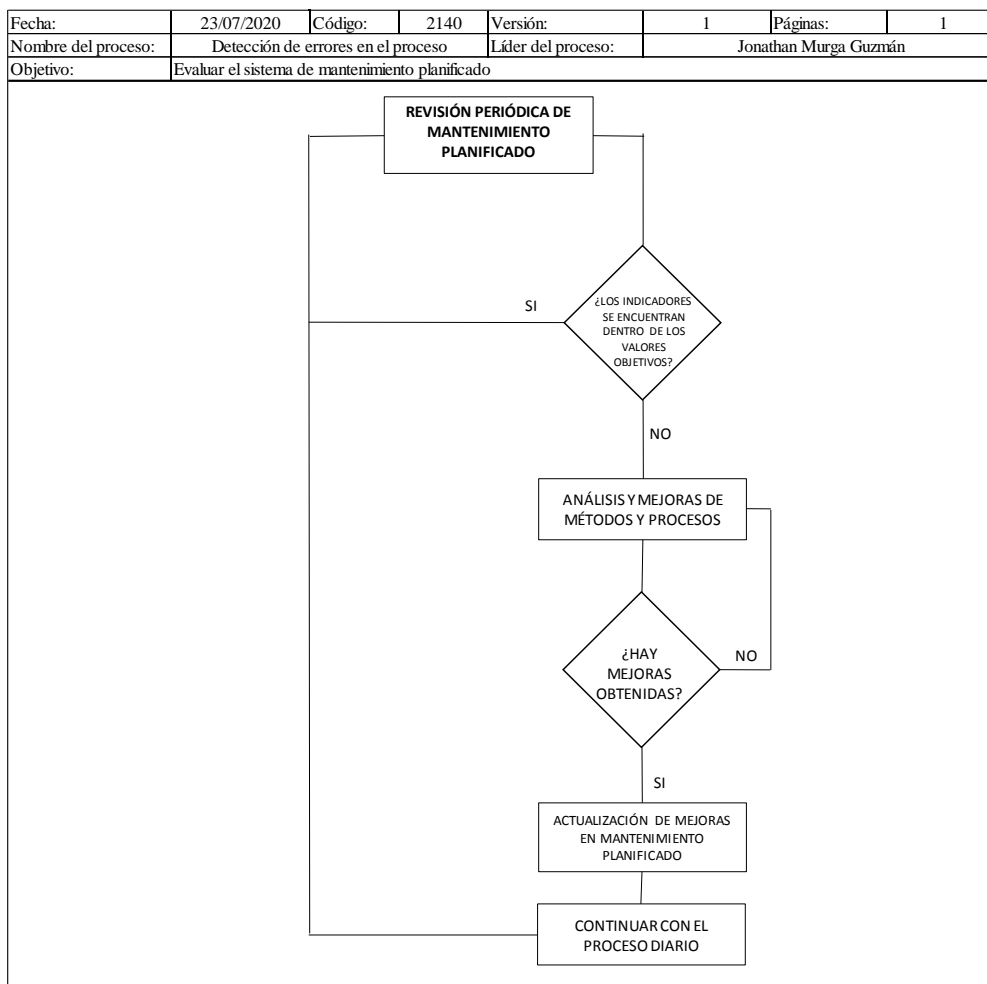


Figura 92. Diagrama de flujo del sistema de mantenimiento predictivo

Fuente: Elaboración propia

El último paso, es evaluar el sistema de mantenimiento planificado, para esto se estableció un procedimiento para indicar cómo se llevará a cabo las evaluaciones y revisiones a las mejoras establecidas con el Mantenimiento Planificado. En la Figura 93 se muestra el diagrama de flujo elaborado.



*Figura 93.* Diagrama de flujo para revisión periódica de Mantenimiento Planificado

Fuente: Elaboración propia

Con los pasos desarrollados, lo que corresponde es realizar las mediciones correspondientes de los resultados esperados, para esto se decidió realizar programas pilotos para aplicar el Mantenimiento planificado en ciertos procesos y en una línea de producción. A continuación, en las Figuras 94 y 95 se muestra los resultados de las mediciones realizadas.

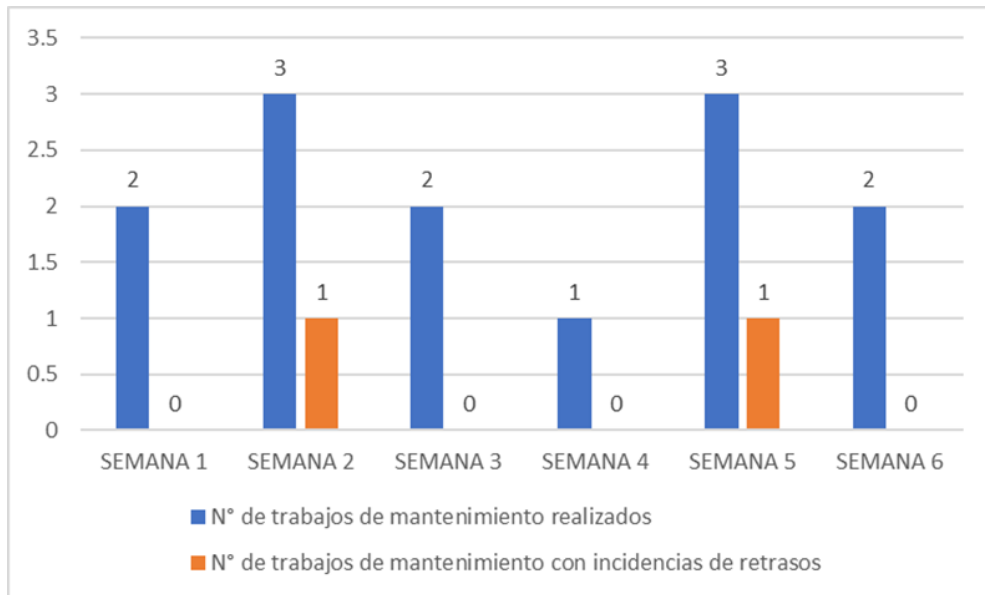


Figura 94. Medición de incidencias de retrasos en trabajos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

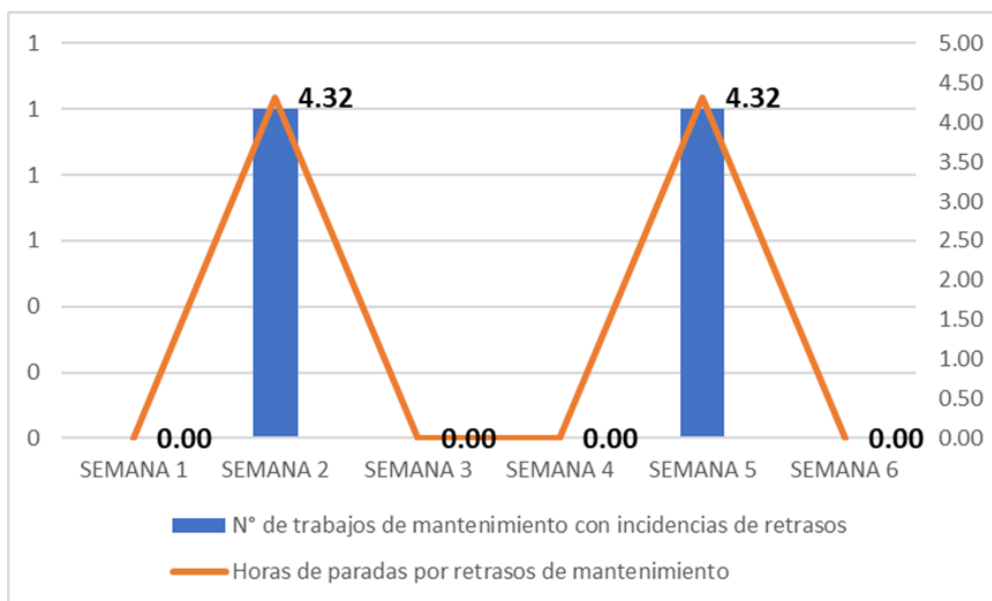


Figura 95. Medición de horas de paradas por retrasos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para poder implementar el Mantenimiento Planificado mediante una Diagrama de Gantt (ver Figura 96) se organizaron todas las actividades requeridas, asignándose tiempos y responsables para cada etapa de la implementación.

CARTA GANTT					2021																			
					JULIO				AGOSTO				SEPTIEMB				OCTUBRE							
Proyecto: Implementación TPM					S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Partes interesadas: Área de Mantenimiento					M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Fecha de inicio: 01 de abril 2020					A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fecha de término: 31 de julio 2020					N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
ETAPAS					A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ACTIVIDADES					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Responsables																								
Duración																								
1. Evaluar el equipo y comprender las condiciones actuales de partida	Preparar y actualizar los registros de los equipos	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	1 semana																					
	Evaluar los equipos: establecer criterios de evaluación, priorizar los equipos y seleccionar equipos y componentes para PM	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	1 semana																					
	Definir rangos de fallos	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	1 semana																					
	Comprender la situación: medir el número, frecuencia y severidad de fallos y pequeñas paradas: MTBO; costos de mantenimiento; tasas de mantenimiento, etc.	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Establecer objetivos de mantenimiento (indicadores, métodos de medir resultados).	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
2. Restaurar el deterioro y corregir debilidades	Establecer condiciones básicas, revertir el deterioro y abolir los entornos que causan deterioro acelerado (apoyar el mantenimiento autónomo).	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Poner en práctica actividades de mejora orientada para corregir debilidades y ampliar los períodos de vida.	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Tomar medidas para impedir la ocurrencia de fallos idénticos o similares	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	5 semana																					
	Introducir mejoras para reducir los fallos de proceso	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	5 semana																					
3. Crar un sistema de gestión de información	Crear un sistema de gestión de datos de fallor	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Crear un sistema de gestión del mantenimiento de equipos (control de historiales de máquinas, planificación del mantenimiento, planificación de inspecciones, etc.)	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Crear un sistema de gestión de presupuestos de equipos	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Crear sistemas para controlar piezas de repuestos, planos, datos técnicos, etc.	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
4. Crear un sistema de mantenimiento periódico	Preparación del mantenimiento periódico (control de unidades de reserva, piezas de repuestos, instrumentos de medida, lubricantes, planos, datos técnicos, etc.)	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Preparar diagrama de flujo del sistema de mantenimiento periódico	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Seleccionar equipos y componentes a mantener, y formular un plan de mantenimiento	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Preparar o actualizar estándares (estándares de materiales, de trabajo de inspección, de aceptación, etc.)	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Mejorar la eficiencia del mantenimiento con parada general y reforzar el control del trabajo subcontratado.	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
5. Crear un sistema de mantenimiento predictivo	Introducir técnicas de diagnóstico de equipos (formar a diagnosticadores, comprar equipo de diagnóstico, etc.)	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Preparar diagrama de flujo del sistema de mantenimiento predictivo.	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Seleccionar equipo y componentes para mantenimiento predictivo, y ampliar gradualmente el sistema.	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Desarrollar equipos y tecnologías de diagnóstico.	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
6. Evaluar el sistema de mantenimiento planificado	Evaluar el sistema de mantenimiento planificado	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Evaluar la mejora de la fiabilidad: número de fallos y pequeñas paradas	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Evaluar la mejora de la mantenibilidad: tasa de antenimiento periódico.	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					
	Ecaluar los ahorros de costos, reducción en los gastos de mantenimiento, mejora en la distribución de los fondos para mantenimiento,	Investigadores y técnicos del área de mantenimiento	2 semana																					

Figura 96. Diagrama de Gantt del plan de implementación de Mantenimiento Planificado

Fuente: Elaboración propia

### **2.3.8. Plan de capacitación**

Con las herramientas desarrolladas, es importante hacer entender a los trabajadores como se va implementar las mejoras, pero previo a esto, es importante que los trabajadores conozcan ciertos conceptos y términos que les permita entender y comprender a profundidad la propuesta de mejora, entonces será importante capacitarlos en los temas desarrollados en la propuesta de mejora.

Es importante aclarar, que, por transparencia en la contabilidad de la empresa, los investigadores no pueden realizar las capacitaciones, en este caso se contratará los servicios de una empresa tercera, especialista en Lean Manufacturing, para poder encargarse de las capacitaciones.

Por otro lado, para establecer el plan de capacitación, primero se debe definir el contenido temático del curso, taller o seminario a desarrollar, debe existir coherencia entre los objetivos de la capacitación y los temas que serán abordados. Luego se debe prever los medios y recursos didácticos, de igual forma contar con los materiales y el soporte tecnológico idóneo para desarrollar la capacitación de la mejor manera posible. En este caso la empresa cuenta con la infraestructura y recursos necesarios para poder llevar a cabo las capacitaciones. Por otro lado, se debe determinar la duración y el cronograma, procurando que las sesiones no sean muy extensas.

Finalmente es importante seleccionar a los participantes: establecer los conocimientos previos, la experiencia u otros requisitos que deben cumplir.

En la Figura 97 se muestra el formato de plan de capacitación para cada herramienta de mejora.

TEMA DE CAPACITACIÓN	MÓDULO	DIRIGIDO	DURACIÓN	OBJETIVO	CRONOGRAMA																				EXPOSITOR	INVERSIÓN	
					ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO						
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
IMPLEMENTACIÓN DE SMED	Introducción a la metodología SMED	Personal del área de producción	36 HORAS	Explicar la metodología y el plan de implementación de SMED a los operadores de máquina	■																			INDUSER ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL S.L.	S/ 95,450.00		
	Desarrollo de las fases de SMED para la reducción de los cambios de formato		36 HORAS			■																					
	Análisis de casos de éxito tras implementación de SMED		36 HORAS				■																				
	Explicación de la propuesta de implementación de SMED en la planta		48 HORAS					■																			
IMPLEMENTACIÓN DE 5S	Introducción a la metodología de 5S	Personal del área de producción	36 HORAS	Explicar la metodología y el plan de implementación de 5S al personal de producción																				INDUSER ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL S.L.	S/ 79,540.00		
	Desarrollos de las etapas de 5S para la disciplina en orden y limpieza		36 HORAS																								
	Análisis de casos de éxito tras implementación de 5S		36 HORAS																								
	Explicación de la propuesta de implementación de 5S en la planta		48 HORAS																								
IMPLEMENTACIÓN DE JIDOKA	Introducción a la metodología Jidoka	Personal del área de producción	36 HORAS	Explicar la metodología y el plan de implementación de Jidoka al personal de producción																				INDUSER ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL S.L.	S/ 98,500.00		
	Desarrollo del procedimiento Jidoka para consolidar mejoras automatización con toque humano		36 HORAS																								
	Análisis de casos de éxito tras implementación de JIDOKA		36 HORAS																								
	Explicación de la propuesta de implementación de JIDOKA en la planta		48 HORAS																								
IMPLEMENTACIÓN DE POKA YOKE	Introducción a la metodología Poka Yoke	Personal del área de mantenimiento	36 HORAS	Explicar la metodología y el plan de implementación de Poka Yoke al personal de mantenimiento																				INDUSER ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL S.L.	S/ 97,450.00		
	Desarrollo del procedimiento para diseñar Poka Yokes para eliminar defectos en los procesos		36 HORAS																								
	Análisis de casos de éxito tras implementación de POKA YOKE		36 HORAS																								
	Explicación de la propuesta de implementación de POKA YOKE en la planta		48 HORAS																								
IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO	Introducción a la metodología de Mantenimiento Planificado	Personal del área de mantenimiento	36 HORAS	Explicar la metodología y el plan de implementación de Mantenimiento Planificado al personal de mantenimiento																				INDUSER ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL S.L.	S/ 98,540.00		
	Desarrollo de la metodología del Mantenimiento Planificado		36 HORAS																								
	Análisis de casos de éxito tras implementación de Mantenimiento Planificado		36 HORAS																								
	Explicación de la propuesta de implementación de MANTENIMIENTO PLANIFICADO en la planta		48 HORAS																								

Figura 97. Formato de plan de capacitación para cada herramienta de mejora

Fuente: Elaboración propia



### 2.3.9. Cálculo de inversiones

Para calcular el valor de la inversión se deberá sumar: el valor total de los recursos, el valor total de las actividades, el valor de los imprevistos, el costo de las capacitaciones, los honorarios de los trabajadores, ente otros valores.

La inversión considerada para cada herramienta está conformada por tres fases: fase de planificación, fase de implementación y la fase de sostenibilidad. Cabe aclarar que el monto calculado para el proyecto es considerando lo correspondiente a toda la planta industrial, y la empresa cuenta con políticas destinadas al desarrollo de mejoras, así como recursos económicos para financiar proyectos de mejora de hasta S/. 2,500,000.00

A continuación, en la Tabla 12 se muestra la inversión total requerida para poner en marcha la propuesta de mejora, para más detalles del presupuesto calculado para la inversión de cada herramienta ver los anexos del 15 al 19.

Tabla 12.

*Resumen de inversiones y beneficios de cada herramienta*

<b>Herramienta implementada</b>	<b>Ahorro por campaña</b>	<b>Inversión requerida</b>
SMED	S/554,444.91	S/349,980.00
5S	S/379,273.98	S/419,890.00
JIDOKA	S/706,809.27	S/421,910.00
POKA YOKE	S/396,681.59	S/333,400.00
MANTENIMIENTO PLANIFICADO	S/528,946.81	S/278,900.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/2,566,156.56</b>	<b>S/1,804,080.00</b>

Fuente: Elaboración propia

### **2.3.10. Evaluación económica - financiera**

Con la inversión calculada el siguiente paso es establecer el horizonte de tiempo a evaluar y la tasa con la cual se evaluará la propuesta de mejora. Para el horizonte de tiempo se ha considerado un tiempo de vida de cinco años para el presente proyecto, esto basado en los estudios semejantes tomados como referencias que señalan que cinco años es un tiempo adecuado para que se desarrolle las tres fases de la inversión. Por otro lado, se ha considerado una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) del 28.26% los cálculos detallados se encuentran disponibles en el Anexo 20.

El flujo de caja desarrollado para el análisis solo considera los ingresos y egresos generados por la propuesta de mejora con la finalidad de no distorsionar el análisis como podría ocurrir si se consideraba el análisis a partir del estado de resultados de la empresa.

Entre los principales resultados obtenidos en el análisis económico se tiene que el proyecto se capitalizará en S/. 1,598,862.04 (VAN) a lo largo de los cinco años, con un rendimiento del 69.54% (TIR), una relación Beneficio-Costo de 1.33, esto indica que por cada sol invertido la empresa obtendrá 1.33 soles de ganancia. Finalmente se sabe que el periodo de recuperación de la inversión es de un año y cuatro meses.

Con estos valores queda en evidencia que la propuesta de mejora es económicamente viable y con una alta probabilidad de éxito, lo que significa que la empresa podrá eliminar los despilfarros y ser más competitivo.

En la Figura 98 se muestra el formato empleado para el análisis económico financiero.

<b>Tarea:</b>	Análisis económico financiero	<b>Empresa:</b>				
<b>Fecha:</b>	16/08/2020	<b>Proceso:</b>	Packing de arándanos			
<b>Analistas:</b>	Jonathan Murga Guzmán	<b>Áreas:</b>	Mantenimiento			
	Junior André Guaylupo Rodríguez		Producción			

<b>Inversión Total</b>	S/.1,804,080.00
<b>TMAR</b>	28.26%

**FLUJO DE CAJA**

AÑOS	0	2021	2022	2023	2024	2025
<b>INGRESOS DE LA PROPUESTA</b>	-					
AHORRO ESPERADO		S/.2,566,156.6	S/.2,566,156.6	S/.2,566,156.6	S/.2,566,156.6	S/.2,566,156.6
<b>EGRESOS DE LA PROPUESTAS</b>						
INVERSIÓN REQUERIDA	-S/.1,804,080.0					
PÉRDIDA MONETARIA		S/.1,215,226.6	S/.1,215,226.6	S/.1,215,226.6	S/.1,215,226.6	S/.1,215,226.6
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-S/.1,804,080.0</b>	<b>S/.1,350,930.0</b>	<b>S/.1,350,930.0</b>	<b>S/.1,350,930.0</b>	<b>S/.1,350,930.0</b>	<b>S/.1,350,930.0</b>

**INDICADORES ECONÓMICOS**

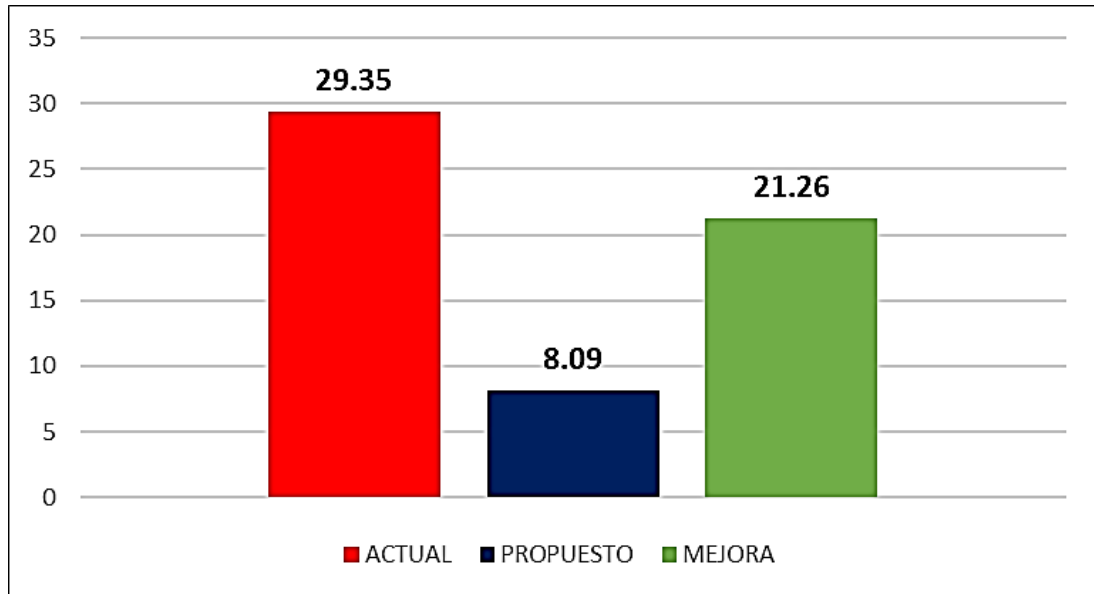
<b>VAN</b>	<b>S/.1,598,862.04</b>	El proyecto se capitalizará en S/. 1,598,862.04 generando un valor atractivo para la empresa
<b>TIR</b>	<b>69.54%</b>	El proyecto cuenta con una rentabilidad del 69.54% superior a la TMAR calculada.
<b>RBC</b>	<b>1.33</b>	Por cada sol invertido en el proyecto se obtendra 1.33 de ganancia
<b>PRI (BENEFICIO)</b>	<b>1.34</b>	De acuerdo al flujo de ahorro obtenido la inversión se recuperará en un año con cuatro meses

*Figura 98. Formato de análisis económico de la propuesta de mejora*

Fuente: Elaboración propia

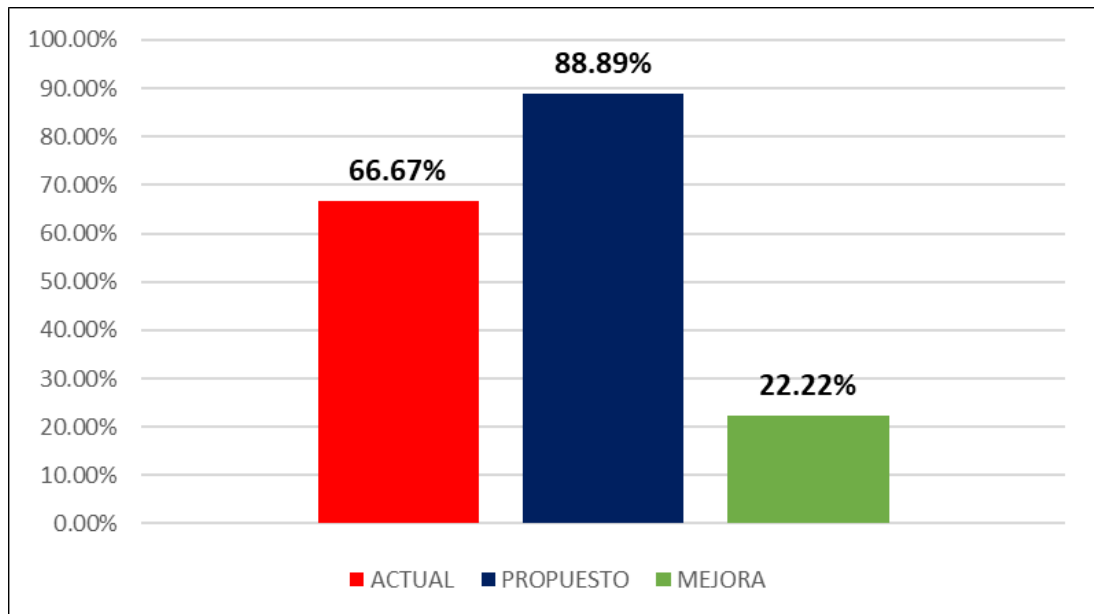
### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados de SMED



*Figura 99.* Impacto sobre el tiempo promedio para realizar cambio de formatos (minutos)

Fuente: Elaboración propia



*Figura 100.* Impacto sobre el porcentaje de actividades de cambio de formato con la máquina encendida

Fuente: Elaboración propia

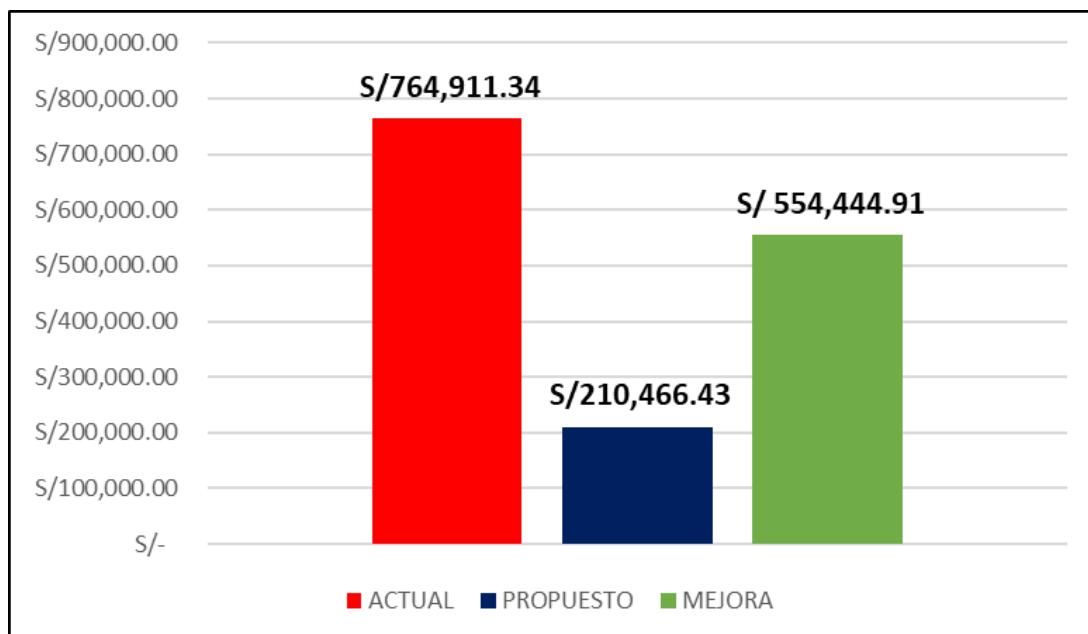


Figura 101. Ahorro esperado de CR1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13.

Resumen de resultados obtenidos de propuesta SMED

Indicadores	Actual	Propuesto	Mejora	Porcentaje de mejora
Tiempo promedio para realizar cambio de formatos (minutos)	29.35	8.09	21.26	72%
Porcentaje de actividades de cambio de formato con la máquina encendida	66.67%	88.89%	22.22%	33%
Pérdida monetaria generada por CR1	S/764,911.34	S/210,466.43	S/554,444.91	72%

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Resultados de 5S

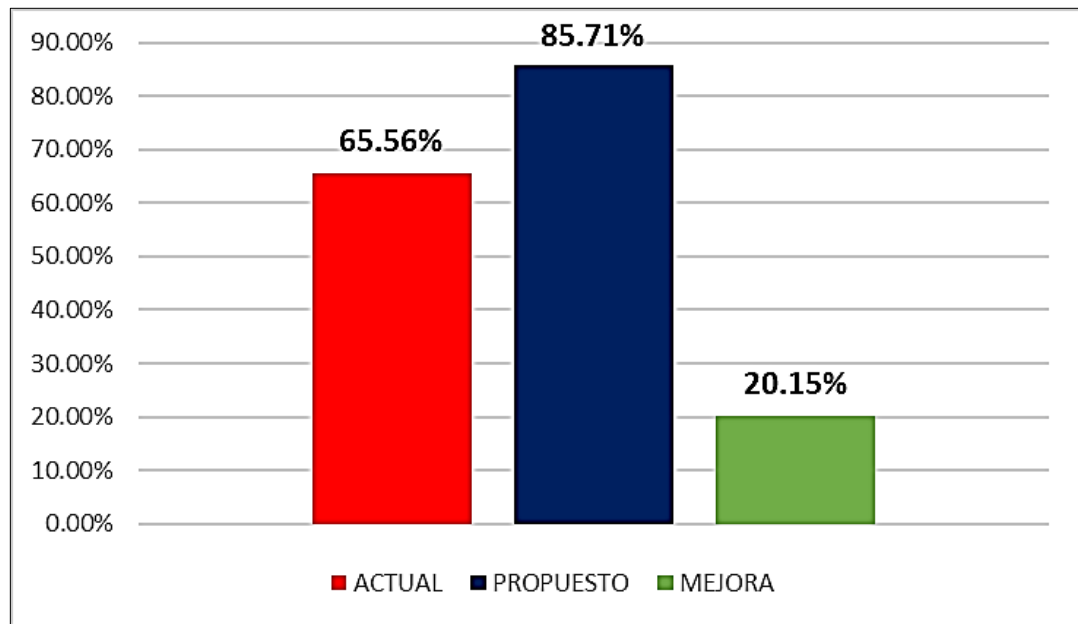


Figura 102. Impacto sobre el porcentaje de cumplimiento de trabajos de limpieza

Fuente: Elaboración propia

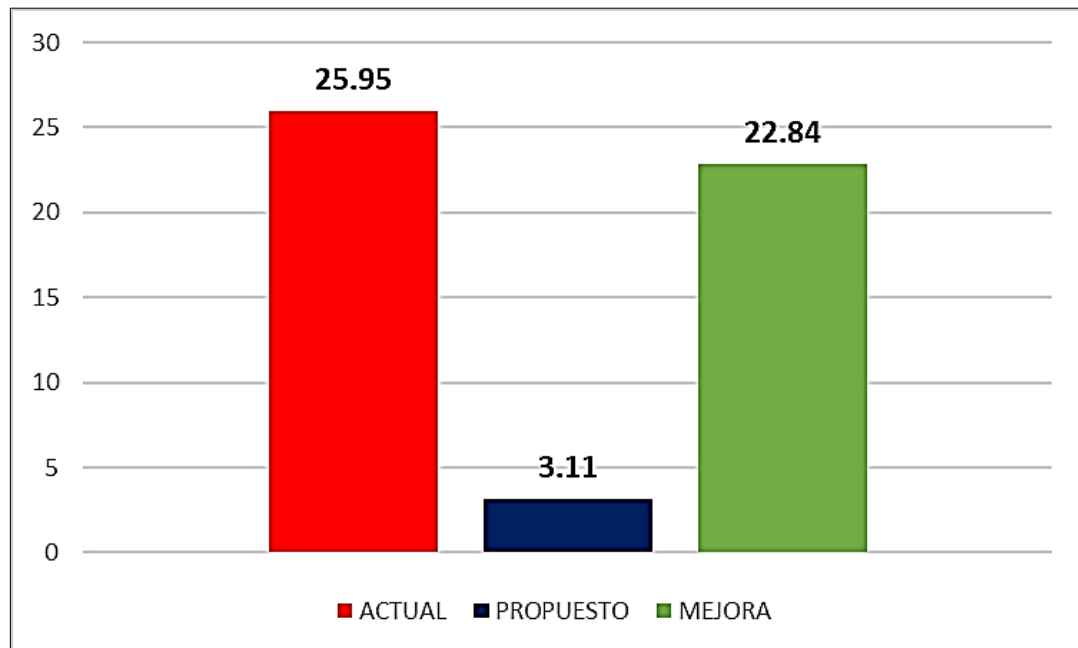


Figura 103. Impacto sobre el tiempo mensual de paradas por trabajos de limpieza no programados (horas)

Fuente: Elaboración propia

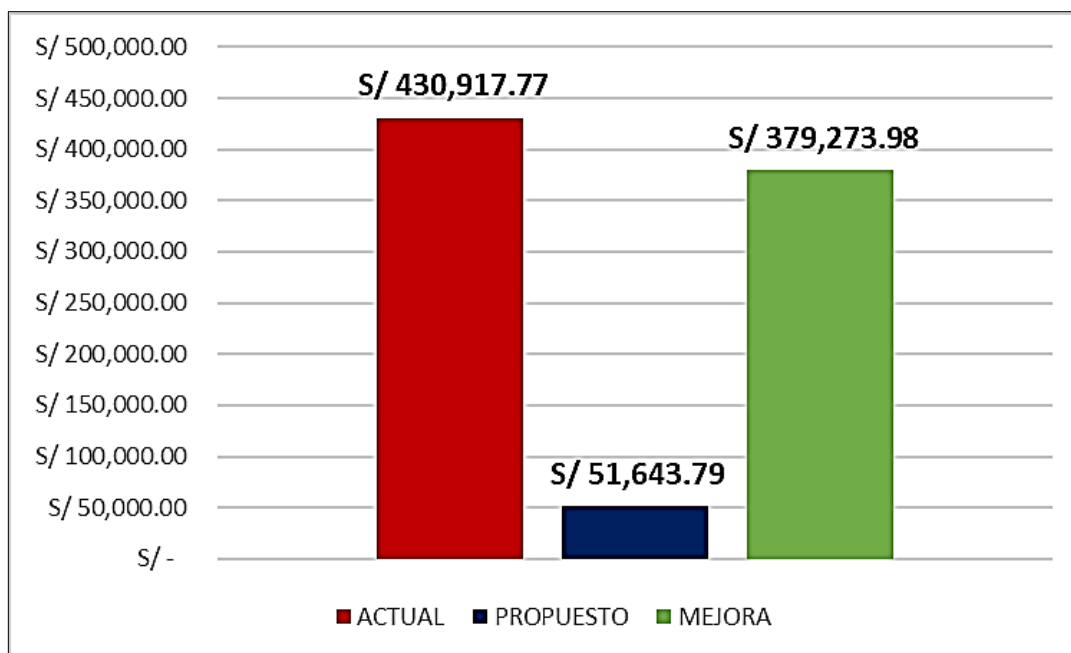


Figura 104. Ahorro esperado de CR2

Fuente: Elaboración propia

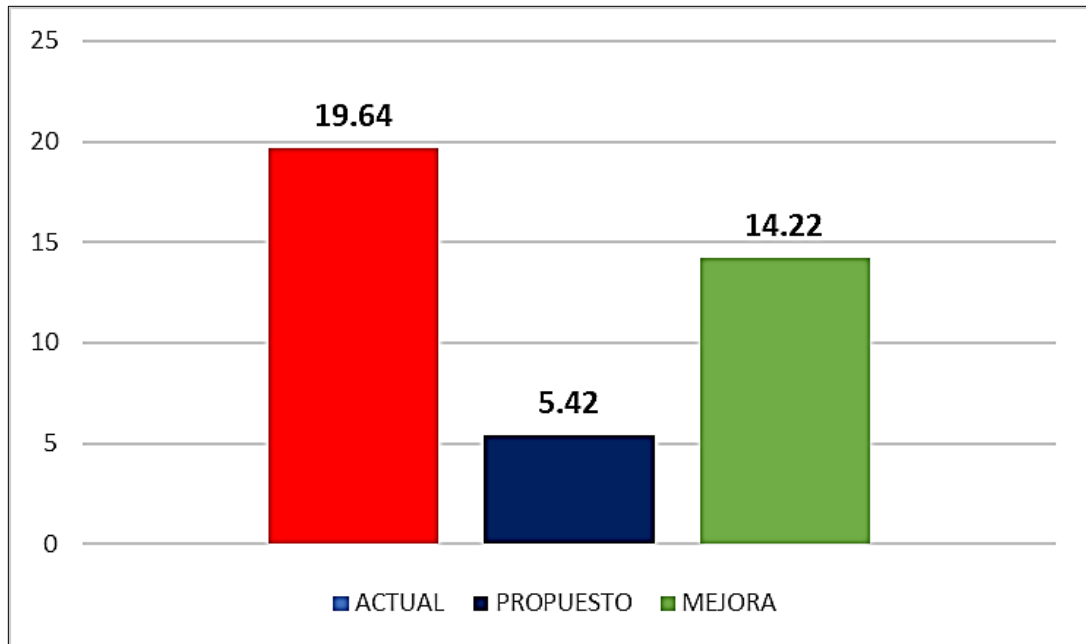
Tabla 14.

Resumen de resultados obtenidos de propuesta de 5S

Indicadores	Actual	Propuesto	Mejora	Porcentaje de mejora
Porcentaje de cumplimiento de trabajos de limpieza	65.56%	85.71%	20.15%	30.74%
Tiempo mensual de paradas por trabajos de limpieza no programados (horas)	25.95	3.11	22.84	88%
Pérdida monetaria generada por CR2	S/430,917.77	S/51,643.79	S/379,273.98	88%

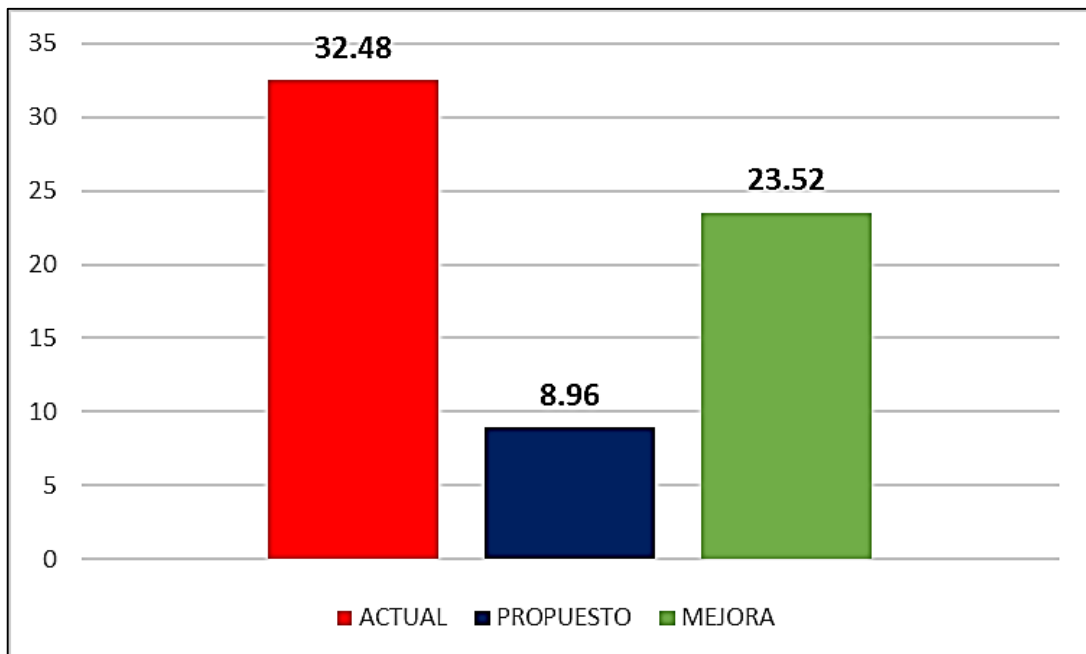
Fuentes: Elaboración propia

### 3.3. Resultados de Jidoka



*Figura 105.* Impacto sobre las toneladas de arándano desperdiciados por errores en el proceso

Fuente: Elaboración propia



*Figura 106.* Impacto sobre el tiempo mensual de paradas por errores en el proceso (horas)

Fuente: Elaboración propia



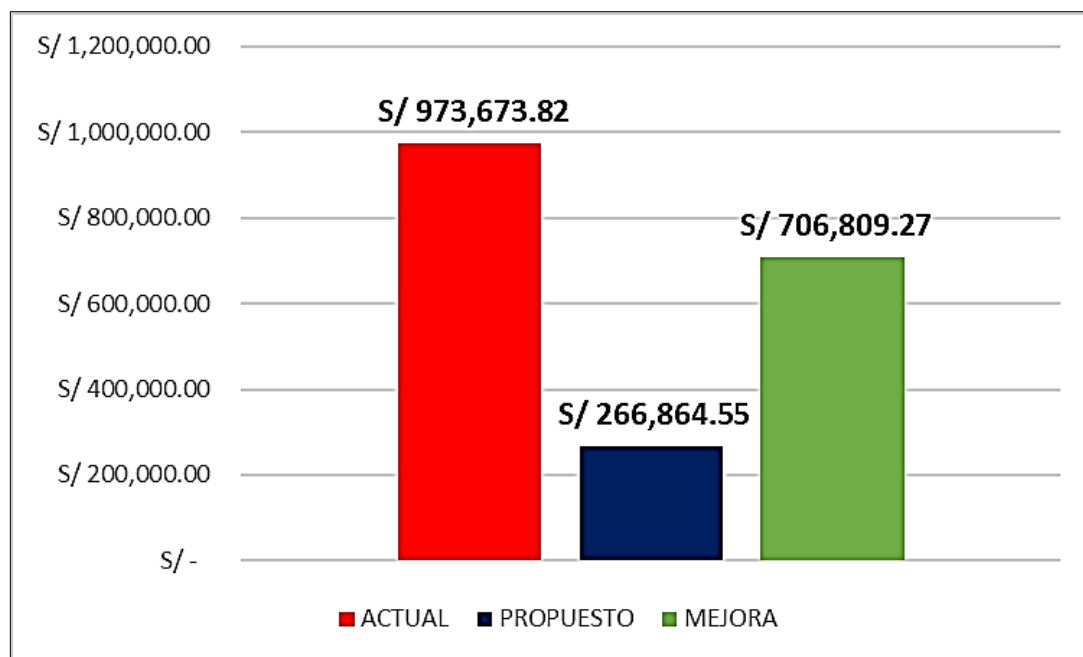


Figura 107. Ahorro esperado de CR3 - Producción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15.

Resumen de resultados obtenidos de propuesta de Jidoka

Indicadores	Actual	Propuesto	Mejora	Porcentaje de mejora
Toneladas de arándano desperdiciados por errores en el proceso	19.64	5.42	14.22	72%
Tiempo mensual de paradas por errores en el proceso (horas)	32.48	8.96	23.52	72%
Pérdida monetaria generada por CR3	S/.973,673.82	S/.266,864.55	S/.706,809.27	73%

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Resultados de Poka Yoke

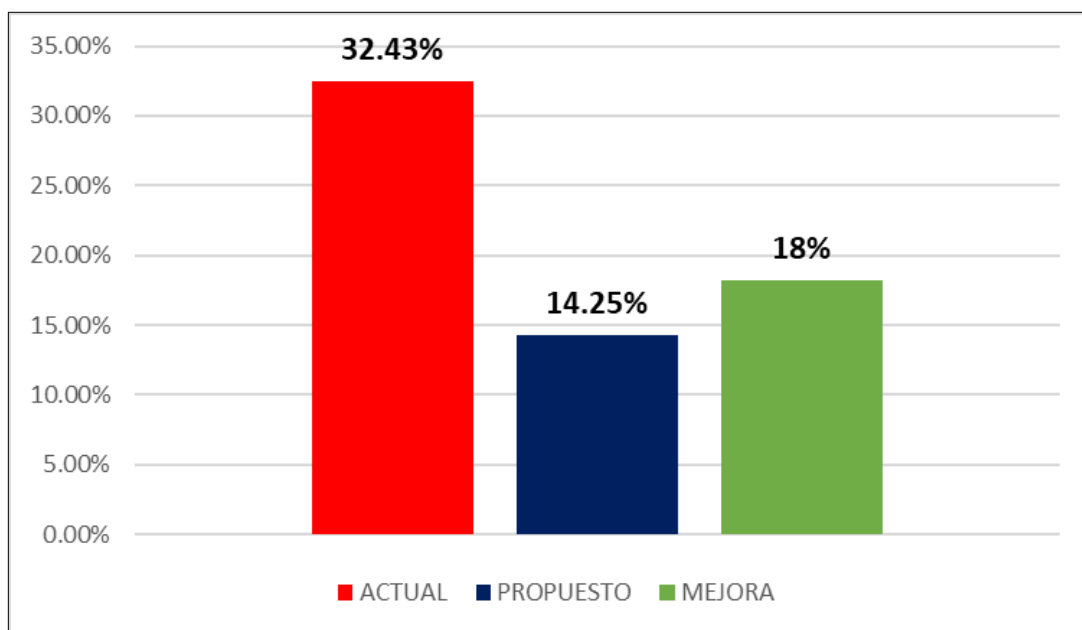


Figura 108. Impacto sobre el porcentaje de errores en trabajos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

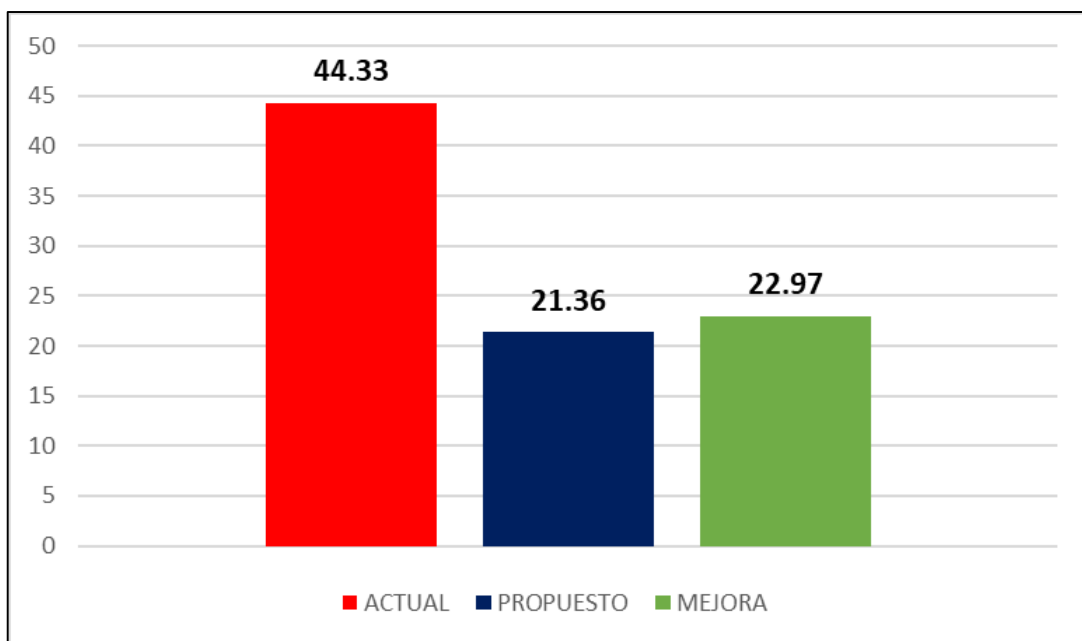


Figura 109. Impacto sobre el tiempo de paradas por errores de montaje de las máquinas

Fuente: Elaboración propia

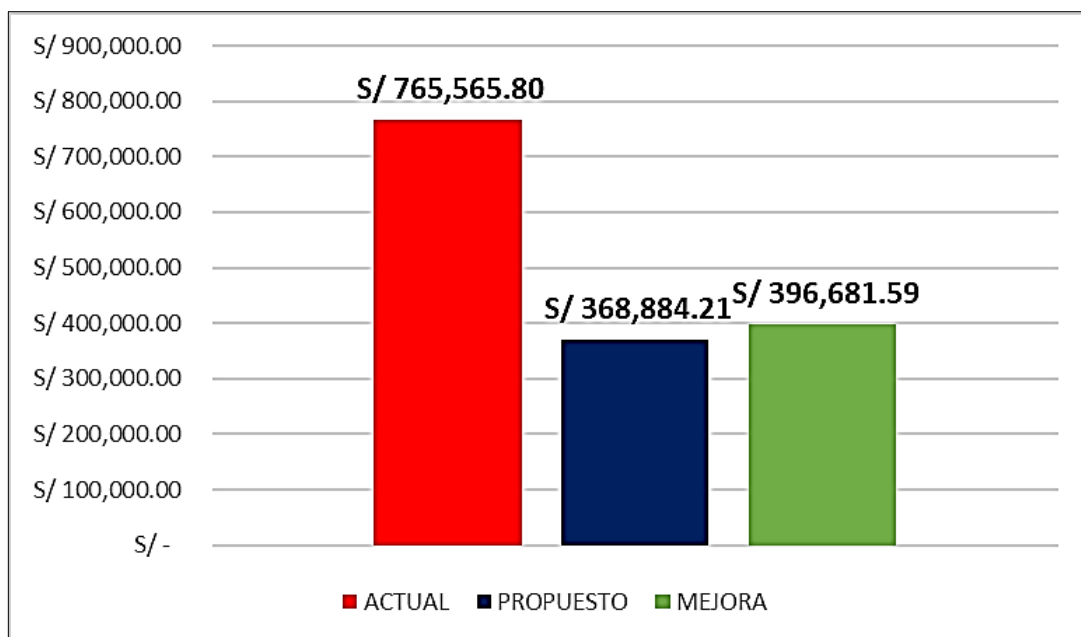


Figura 110. Ahorro esperado de CR1- Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

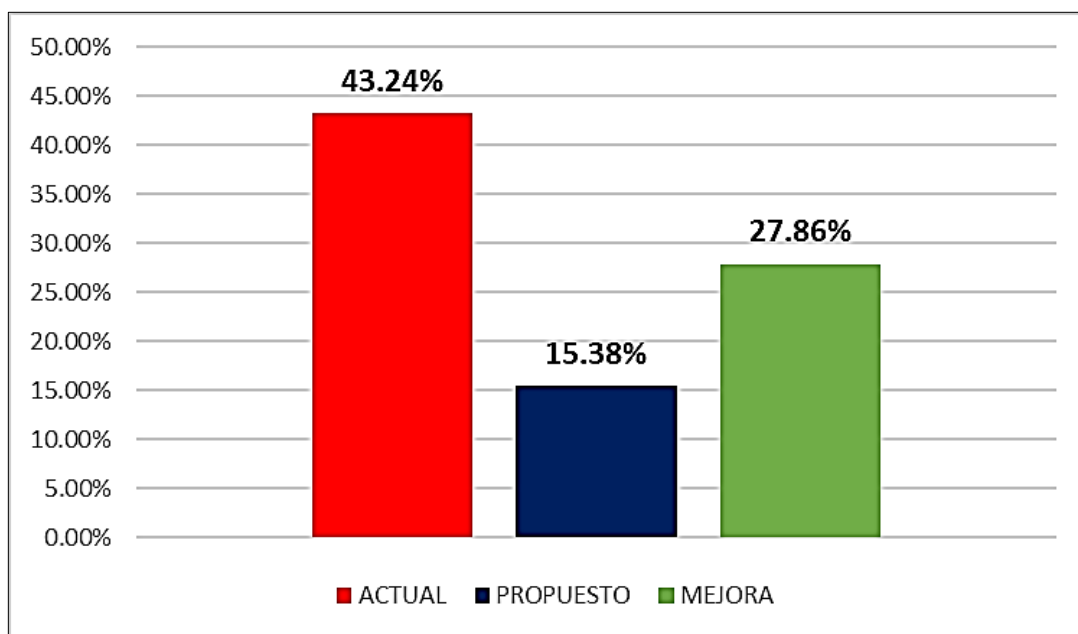
Tabla 16.

Resumen de resultados obtenidos de propuesta de Poka Yoke

Indicadores	Actual	Propuesto	Mejora	Porcentaje de mejora
Porcentaje de errores en trabajos de mantenimiento	32.43%	14.25%	18%	56.06%
Tiempo de paradas por errores de montaje de las máquinas	44.33	21.36	22.97	51.82%
Pérdida monetaria generada por CR1 - Mantenimiento	S/.765,565.80	S/.368,884.21	S/.396,681.59	51.82%

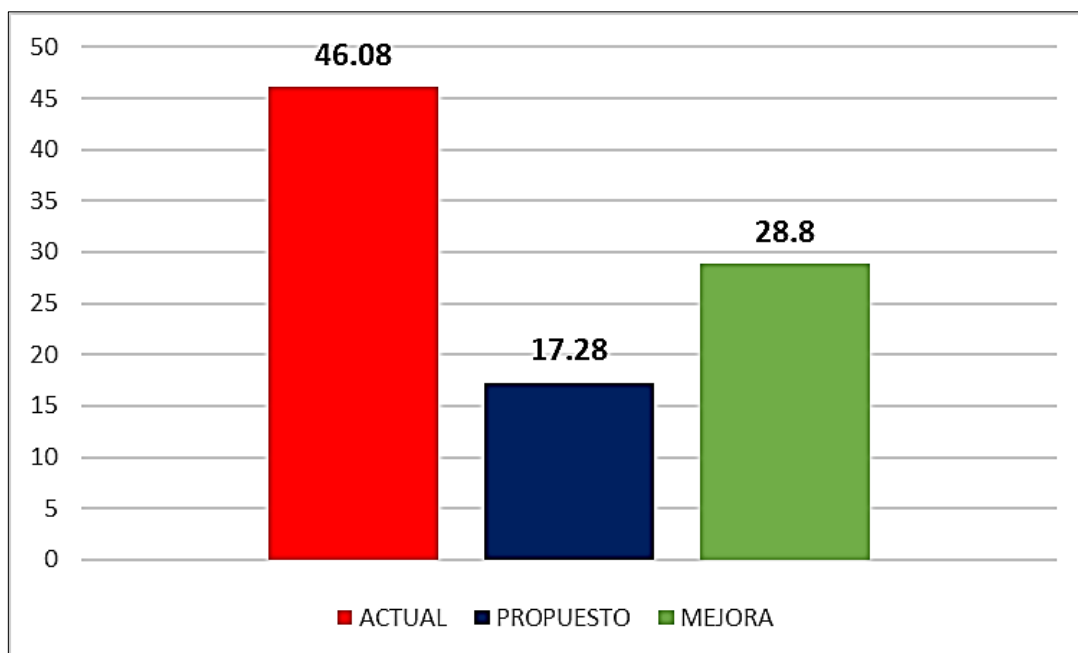
Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Resultados de Mantenimiento Planificado (Keikaku Hozen)



*Figura 111.* Impacto sobre el porcentaje de retrasos en trabajos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia



*Figura 112.* Impacto sobre el tiempo de paradas por demoras de trabajos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

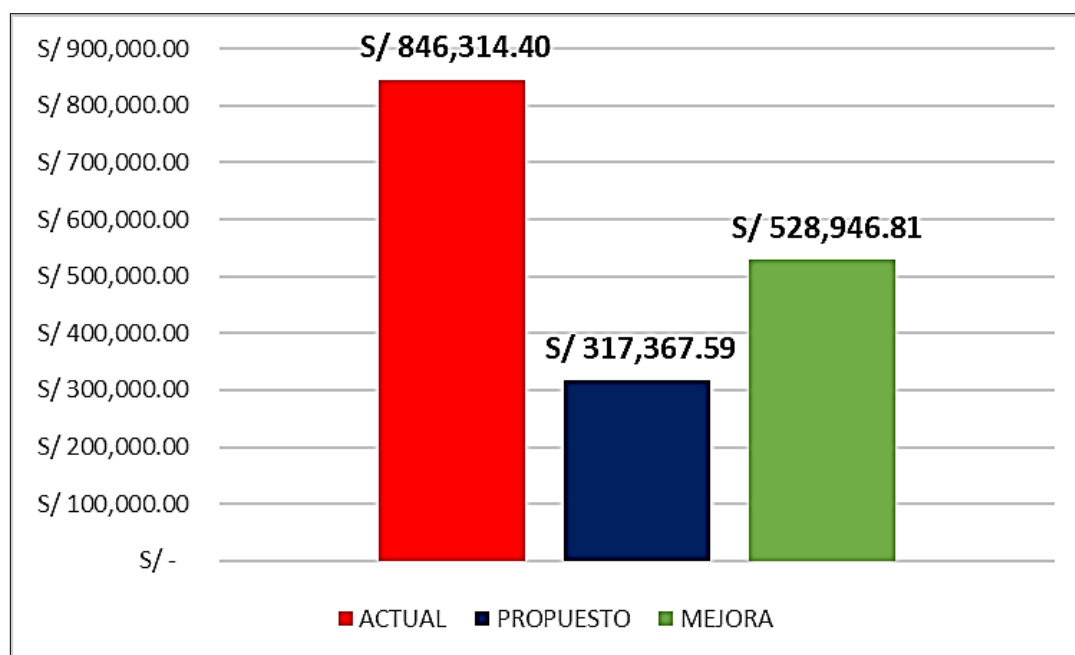


Figura 113. Ahorro esperado de CR2 - Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17.

Resumen de resultados obtenidos de propuesta de Mantenimiento Planificado

Indicadores	Actual	Propuesto	Mejora	Porcentaje de mejora
Porcentaje de retrasos en trabajos de mantenimiento	43.24%	15.38%	27.86%	64.43%
Tiempo de paradas por demoras de trabajos de mantenimiento	46.08	17.28	28.8	62.50%
Pérdida monetaria generada por CR2 - Mantenimiento	S/.764,911.34	S/.317,367.59	S/.447,543.75	58.51%

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Resumen de resultados

Tabla 18.

*Resumen de resultados de implementación de mejoras en Producción*

Área	Cri	Causa raíz	Indicador	Valor actual	Valor objetivo	Pérdida monetaria en campaña	Pérdida monetaria tras mejora	Ahorro	Herramienta de mejora
PRODUCCIÓN	CR1	Falta de estandarización del método para los cambios de formatos	Tiempo promedio para realizar cambio de formatos (minutos)	29.39	8.09	S/ 764,911.34	S/ 210,466.43	S/ 554,444.91	Single Minute Exchange of Die (SMED)
			Porcentaje de actividades de cambio de formato con la máquina encendida	66.67%	88.89%				
	CR2	Falta de orden y limpieza	Tiempo mensual de paradas por trabajos de limpieza no programados (horas)	25.95	3.11	S/ 430,917.77	S/ 51,643.79	S/ 379,273.98	5S
			Porcentaje de cumplimiento de trabajos de limpieza	65.56%	85.71%				
	CR3	Falta de sistemas de detección y prevención de errores en el proceso	Tiempo mensual de paradas por errores en el proceso (horas)	32.48	8.96	S/ 973,673.82	S/ 266,864.55	S/ 706,809.27	Jidoka
			Toneladas de arándano desperdiciados por errores en el proceso	19.64	9.82				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19.  
*Resumen de resultados de implementación de mejoras en Mantenimiento*

Área	Cri	Causa raíz	Indicador	Valor actual	Valor tras mejora	Pérdida monetaria en campaña	Pérdida monetaria tras mejora	Ahorro	Herramienta de mejora
MANTENIMIENTO	CR1	Falta de dispositivos para prevenir errores de montaje	Porcentaje de errores en trabajos de mantenimiento	32.43%	14.25%				
			Tiempo de paradas por errores de montaje de las máquinas	44.33	21.36	S/ 765,565.80	S/ 368,884.21	S/ 396,681.59	Poka Yoke
	CR2	Falta de planificación, organización y coordinación de actividades de mantenimiento	Porcentaje de retrasos en trabajos de mantenimiento	43.24%	15.38%				
			Tiempo de paradas por demoras de trabajos de mantenimiento	46.08	17.28	S/ 846,314.40	S/ 317,367.59	S/ 528,946.81	Mantenimiento planificado (Keikaku Hozen)

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Como se pudo observar en las Figura 99, 100 y 101 se muestran los resultados de la propuesta de SMED, los datos señalan que se puede generar un ahorro de S/. 544,444.91 durante la campaña de arándanos; esto debido principalmente a la reducción de 29.35 horas a 8.09 horas de tiempos improductivos generado; al respecto, Uмба & Duarte (2017) en su investigación señala que con el SMED se logra identificar fácilmente aquellas actividades internas que se pueden eliminar o convertir a externas con esto logra reducir hasta en un 40% los tiempos de preparación o cambio de formatos, mientras que Gacharná & González (2013) explica con SMED se puede lograr flexibilizar la producción al tener tiempos de cambios de formato al mínimo permitiéndole ser más competitivo.

Para la segunda causa raíz del área de producción se obtuvieron resultados favorables que se pudo observar en las Figura 102, 103 y 104, donde se destaca el ahorro en la campaña esperado por la implementación las 5S el cuál es de S/. 379,273.98; con esto se logra generar una cultura de orden y limpieza teniendo las estaciones de trabajo siempre en óptimas condiciones, para esto Palomino (2012) explica que las mejoras establecidas con 5S se logra obtener un método pensado para dar orden y sentido a las dinámicas de trabajo, atendiendo situaciones de desorganización.

Para la tercera causa raíz del área de producción los resultados mostrados en las Figuras 105, 106 y 107 se presenta los resultados obtenidos a través de la implementación de JIDOKA como herramienta base establecer mejoras innovadoras que logran evitar errores en el proceso o en todo caso detectarlos a tiempo para responder a tiempo, el ahorro anual calculado es de S/. 706,809.27; esto debido a que se redujo las incidencias de errores y por consiguiente se reducen a su vez los tiempos



improductivos de 32.48 horas a tan solo 8.96 horas; al respecto, Gacharná & González (2013) en su investigación logran demostrar que cada vez que se detecta un fallo, con Jidoka éste se repara de forma inmediata, con lo que no se generan unidades con defecto, o bien las mínimas

Por otro lado, para la primera causa raíz del área de mantenimiento se obtuvieron resultados favorables que se pueden observar en las Figuras 108, 109 y 110, donde se destaca un ahorro de S/. 396,681.59; este ahorro obtenido con el diseño de los Poka Yokes minimiza el riesgo de cometer errores y generar defectos en los trabajos de mantenimiento, para esto Gacharná & González (2013) explica que las mejoras establecidas con Poka Yoke supone mejorar la calidad actuando sobre la fuente del defecto, en lugar de sobre controles posteriores.

Finalmente, en la segunda causa raíz de mantenimiento se han obtenido resultados importantes que tiene un impacto positivo como se observa en las Figuras 111, 112 y 113, con el Mantenimiento Planificado se tiene una buena recolección de datos y excelente análisis; para luego poder planear los mantenimientos que logran disminuir los costos e incrementar la disponibilidad. Los datos señalan que se puede generar un ahorro de S/. 528,946.81; con esto se puede corroborar lo investigado por Castro (2016) explica que el Mantenimiento Planificado está a cargo exclusivamente del personal de mantenimiento, quienes serán los encargados de organizar de forma cronológica todas las actividades que se llevarán a cabo y el tiempo en el que estas deberán realizarse. Este plan permitirá adelantarse a las averías de la maquinaria y garantizar un mejor proceso de producción.

#### **4.2. Conclusiones**

- Tras realizar el diagnóstico de la situación problemática en las áreas de producción y mantenimiento se identificaron cinco grandes despilfarros que

tras analizarlos con el Diagrama de Ishikawa se encontraron las siguientes causas raíz: falta de estandarización del método para los cambios de formatos, falta de orden y limpieza, falta de sistemas de detección y prevención de errores en el proceso, falta de dispositivos para prevenir errores de montaje y falta de planificación. organización y coordinación de actividades de mantenimiento.

- Se cuantificó las pérdidas monetarias de cada causa raíz, calculándose una pérdida monetaria de S/. 3,781,383.13 durante la última campaña de arándanos quedando en evidencia la necesidad de buscar mejoras que reduzcan esta pérdida.
- La propuesta de mejora se desarrolló a través de cinco herramientas de mejora las cuales fueron: SMED, 5S, Jidoka, Poka Yoke y Mantenimiento Planificado, obteniéndose resultados significativos entre los principales están la reducción de las horas improductivas en un 59.58% y reduciendo la pérdida monetaria en 67.86%.
- Se evaluó económicamente la propuesta de mejora a través de los principales indicadores como; VAN, TIR y B/C, obteniendo valores de S/1,598,862.04; 69.54% y 1.33 para cada indicador respectivamente, evidenciando que la implementación de las herramientas era factible y rentable para la empresa agroindustrial.
- Finalmente se determinó que la propuesta de mejora mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing tiene un impacto sobre los costos ya que estos se reducen en un 23.24% es decir un ahorro por campaña de S/2,566,156.56

## REFERENCIAS

- Aguirre (2015), *Sistema de Costeo. La asignación del costo total a productos y servicios*. Colección de estudios de Contaduría. Colombia.
- Arango, M., Campuzano, L., & Zapata, J. (2015). *Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 14(27), 221-233.
- Arbós, L. & Martínez, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management: Estrategia competitiva*. Profit Editorial.
- Carreras, M. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Ediciones Díaz de Santos.
- Castro, J. (2016). *Propuesta de implementación de la metodología Lean Manufacturing para la mejora del proceso productivo en la línea de envasado pet de la empresa Ajeper S.A.* Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Correa, F. G. (2015). *Manufactura esbelta (Lean Manufacturing): Principales herramientas*. Revista Raites, 1(2), 85-112.
- Cruz, J. (2010). *Manual para la implementación sostenible de las 5S*. Instituto Nacional de Formación Técnico Profesional (INFOTEP). Santo Domingo. República Dominicana.
- Cruz, O. (2018). *Análisis de la cadena productiva del arándano en México y Chile*. PORTES, revista mexicana de estudios sobre la Cuenca del Pacífico, 12(23), 31-62.
- Diéguez Cuellar, M. (2019). *Estrategias competitivas de la industria del arándano: análisis comparativo entre Chile y Perú* (Doctoral dissertation, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Agronomía.
- Gacharná & González (2013). *Propuesta de mejoramiento del sistema productivo en la empresa de confecciones Mercy empleando herramientas de Lean Manufacturing*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI.
- Hualla, R. & Cárdenas, C. (2017). *Mejora de procesos en las áreas de mezclado y molienda de una empresa manufacturera de tubosistemas PVC y PEAD aplicando herramientas de calidad y Lean Manufacturing*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Madariaga, F. (2014). *Lean manufacturing*. España: Bubok.
- Núñez, H. (2002). *Los sistemas just-in-time/Kanban, un paradigma productivo*. Política y Cultura, (18), 40-60.
- Padilla, L. (2010). *Lean manufacturing manufactura esbelta/ágil*. Revista Electrónica Ingeniería Primero ISSN, 2076, 3166.
- Padilla, L. (2010). *Lean manufacturing manufactura esbelta/ágil*. Revista Electrónica Ingeniería Primero ISSN, 2076, 3166.
- Palomino, M. (2012). *Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Rodríguez, J. (2010). *Manual: Estrategia de las 5S-Gestión para la mejora continua*. Honduras: Nobel.
- Rojas, A., Tello, A., & Morera, A. (2014). *Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual*. Revista de Medicina Veterinaria, (27), 133-148.
- Sacristán, F. (2002). *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. FC Editorial.

- Salazar, K. (2019). *Oportunidades de negocio en el mercado de Estados Unidos para las exportaciones peruanas de arándanos frescos provenientes de la región La Libertad*. Revista científica.
- Shingo, S. (2001). *Preparaciones rápidas de máquinas el sistema SMED*. Productivity Press.
- Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a paso*. Marge Books.
- Suzuki, T. (2017). *TPM en industrias de proceso*. Routledge.
- Tejeda, A. (2011). *Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos*. Ciencia y sociedad.
- Tirado, J. (2018). *Optimización del proceso de impresión de la empresa Ediecuatorial, a través del uso del análisis del modo y efecto de la falla AMEF y planes de control como base para la estandarización del proceso*. Master's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2018.
- Tokutaro, S. (1996). *TPM en industrias de proceso*. Primera edición. Madrid: Portland
- Umba, N., & Duarte, J. (2017). *Propuesta para implementar herramientas Lean Manufacturing para la reducción del tiempo de ciclo en la fábrica de almojábanas El Goloso*. Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
- Villaseñor, A. & Galindo, E. (2007). *Manual de Lean Manufacturing, guía básica*. Editorial Limusa. México.

## ANEXOS

### ANEXO 01: Formato de registro de costos de producción

COSTOS DE PRODUCCIÓN						
Nombre del proceso:	Costeo de la producción			Fecha:	28/10/2019	
Objetivo:	Identificar la estructura de costos			Código:	2145	
Líder del proceso:	Jonathan Murga Guzmán - Junior André Guaylupo Rodríguez			Versión:	1	
MATERIA PRIMA DIRECTA						
PROCESO	INSUMO	CANTIDAD	U.M.	C.U.	TOTAL	
Packing	Arándano	2600	Ton	S/1,500.00	S/3,900,000.00	
	Clamshell 4.4 oz	325	Cajas	S/50.00	S/16,250.00	
	Clamshell 6 oz	201	Cajas	S/60.00	S/12,060.00	
	Clamshell 11 oz	124	Cajas	S/70.00	S/8,680.00	
	Clamshell 18 oz	105	Cajas	S/80.00	S/8,400.00	
	Punnet 4.4 oz	203	Cajas	S/50.00	S/10,150.00	
	Punnet 6 oz	209	Cajas	S/60.00	S/12,540.00	
	Clamshell 18 oz plato	109	Cajas	S/75.00	S/8,175.00	
	Caja 1.5 kg	150	Lote	S/250.00	S/37,500.00	
	Caja 2.4 kg	120	Lote	S/260.00	S/31,200.00	
	Caja 3.3 kg	102	Lote	S/285.00	S/29,070.00	
	Caja 4.8 kg	94	Lote	S/297.00	S/27,918.00	
	Caja 6 kg	59	Lote	S/305.00	S/17,995.00	
	Caja punnet 1.85 kg	106	Lote	S/310.00	S/32,860.00	
	Caja punnet 3.6 kg	90	Lote	S/325.00	S/29,250.00	
	Jabas bulk 3.0 kg	85	Lote	S/318.00	S/27,030.00	
	Jabas basa	90	Lote	S/405.00	S/36,450.00	
	Etiquetas de clamshells	940	Cajas	S/105.00	S/98,700.00	
	Tape poliestireno	200	Cajas	S/60.00	S/12,000.00	
	COSTO TOTAL MENSUAL					S/4,356,228.00
	MANO DE OBRA DIRECTA					
	TIPO DE LÍNEA	Número de Línea	CANTIDAD	U.M.	SUELDO	TOTAL
UNITEC	Línea 1	20	Obrero	S/1,250.00	S/25,000.00	
	Línea 2	20	Obrero	S/1,250.00	S/25,000.00	
	Línea 3	20	Obrero	S/1,250.00	S/25,000.00	
	Línea 4	20	Obrero	S/1,250.00	S/25,000.00	
LÍNEAS CONVENCIONALES	Línea 5	32	Obrero	S/1,250.00	S/40,000.00	
	Línea 6	32	Obrero	S/1,250.00	S/40,000.00	
	Línea 7	32	Obrero	S/1,250.00	S/40,000.00	
	Línea 8	32	Obrero	S/1,250.00	S/40,000.00	
	Línea 9	18	Obrero	S/1,250.00	S/22,500.00	
	Línea 10	32	Obrero	S/1,250.00	S/40,000.00	
	Línea 11	32	Obrero	S/1,250.00	S/40,000.00	
	Línea 12	32	Obrero	S/1,250.00	S/40,000.00	
COSTO TOTAL MENSUAL					S/402,500.00	
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN						
MATERIAL INDIRECTO						
PROCESO	INSUMOS	CANTIDAD	U.M.	C.U.	TOTAL	
Packing	Jabas a granel	145	Lote	S/326.00	S/47,270.00	
	Parihuela marítima	547	Und.	S/35.00	S/19,145.00	
	Parihuela Walmart	645	Und.	S/45.00	S/29,025.00	
COSTO TOTAL MENSUAL					S/95,440.00	
MANO DE OBRA INDIRECTA						
PROCESO	PUESTOS	CANTIDAD	U.M.	SUELDO	TOTAL	
Todos los procesos	Jefe de planta	1	Producción	S/7,500.00	S/7,500.00	
	Administradora de producción	1	Producción	S/3,000.00	S/3,000.00	
	Asistente de planilla y recolección	4	Producción	S/2,000.00	S/8,000.00	
	Supervisores de producción	6	Producción	S/3,000.00	S/18,000.00	
	Controles de producción	15	Producción	S/1,500.00	S/22,500.00	
	Supervisores de operadores	1	Producción	S/2,000.00	S/2,000.00	
	Operadores de máquina	30	Producción	S/1,500.00	S/45,000.00	
	Jefe de calidad	1	Calidad	S/5,000.00	S/5,000.00	
	Supervisores de calidad	4	Calidad	S/2,500.00	S/10,000.00	
	Técnicos de calidad	30	Calidad	S/1,500.00	S/45,000.00	
	Supervisor de frío	1	Frío	S/3,000.00	S/3,000.00	
	Operadores de frío	8	Frío	S/1,250.00	S/10,000.00	
	Supervisión de recepción	1	Recepción	S/3,000.00	S/3,000.00	
	Operadores de recepción	8	Recepción	S/1,250.00	S/10,000.00	
	Supervisor de materiales	2	Almacén	S/3,000.00	S/6,000.00	
	Control de materiales	4	Almacén	S/1,500.00	S/6,000.00	
	Operadores de materiales	8	Almacén	S/1,250.00	S/10,000.00	
	Supervisores de servicios generales	4	Servicios G	S/2,500.00	S/10,000.00	
	Operadores de servicios generales	30	Servicios G	S/1,200.00	S/36,000.00	
	Supervisor de trazabilidad	2	Trazabilidad	S/3,000.00	S/6,000.00	
	Técnicos de trazabilidad	30	Calidad	S/1,800.00	S/54,000.00	
	COSTO TOTAL MENSUAL					S/320,000.00
	OTROS COSTOS INDIRECTOS					
Todos los procesos	Energía Eléctrica	30000	KWh	S/1.50	S/45,000.00	
	Servicio de agua y akantarillado	5405	m <sup>3</sup>	S/12.50	S/67,562.50	
	Predios	1	impuesto	S/15,000.00	S/15,000.00	
	SCTR	1	servicios	S/5,478.00	S/5,478.00	
	Seguro Patrimonial	1	servicio	S/8,547.00	S/8,547.00	
	Celulares	115	servicio	S/95.00	S/10,925.00	
	Refrigerante	750	galon	S/180.00	S/135,000.00	
	GPL	689	galon	S/32.00	S/22,048.00	
	Productos de limpieza	1	servicio	S/15,478.00	S/15,478.00	
Depreciación de máquinas	1	servicio	S/35,478.00	S/35,478.00		
COSTO TOTAL MENSUAL					S/360,516.50	

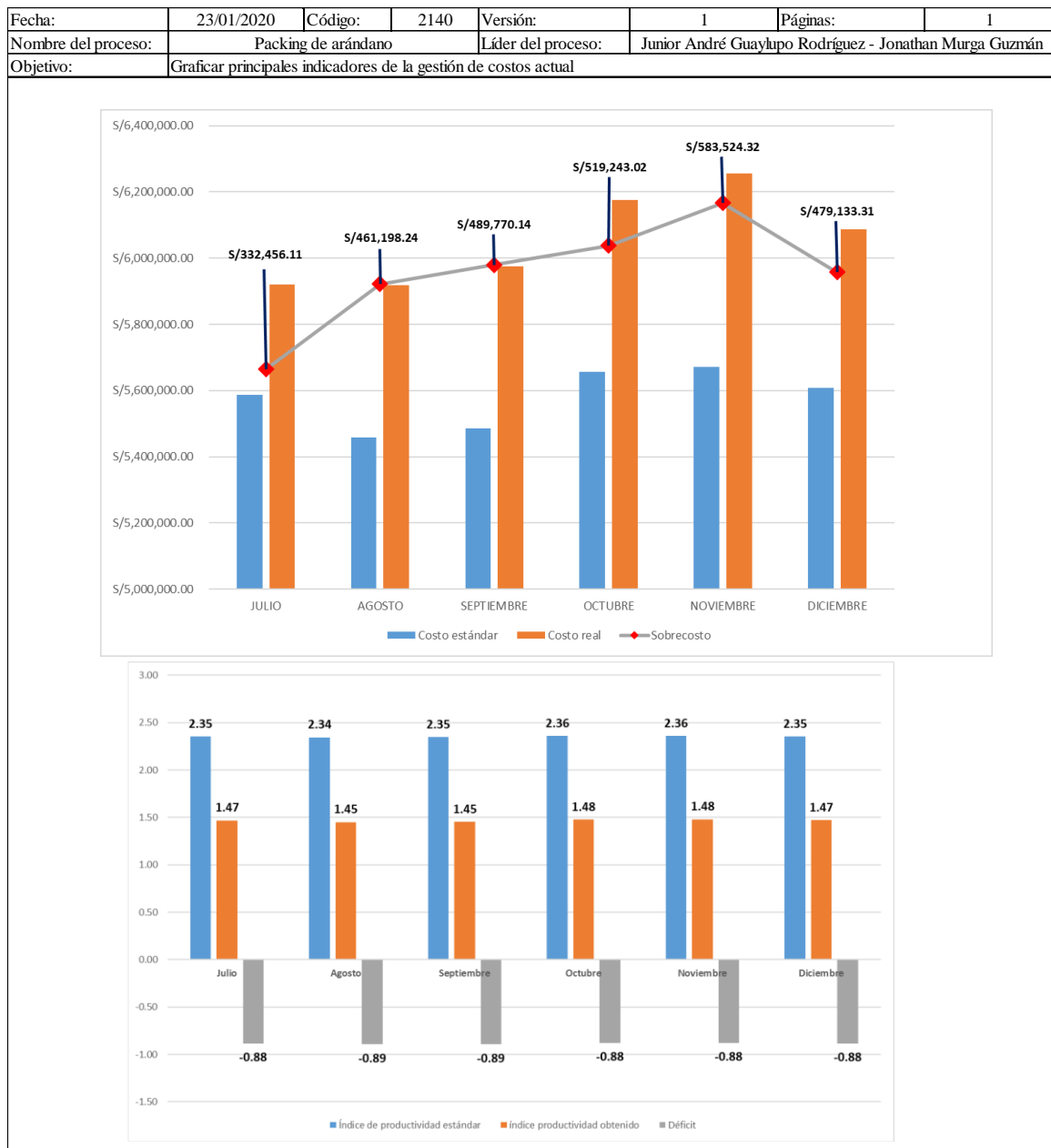
Fuente: Empresa agroindustrial

## ANEXO 02: Estado de resultados mensual

<i>ESTADO DE RESULTADOS MENSUAL</i>							
Descripción	Costo total	Producción (Toneladas procesadas)	Horas- hombre trabajadas	Horas- estaciones trabajadas	Costo por tonelada de arándano	Costo por hora-hombre	Costo por hora-estación
Ingresos por ventas	S/13,000,000.00	2600	66976	2496	S/5,000.00	S/194.10	S/5,208.33
Costo materiales directos	S/4,356,228.00	2600	66976	2496	S/1,675.47	S/65.04	S/1,745.28
Costo mano de obra directa	S/402,500.00	2600	66976	2496	S/154.81	S/6.01	S/161.26
Costos indirectos de fabricación	S/775,956.50	2600	66976	2496	S/298.44	S/11.59	S/310.88
Utilidad Bruta	S/7,465,315.50	2600	66976	2496	S/2,871.28	S/111.46	S/2,990.91
Gastos administrativos y ventas	S/52,000.00	2600	66976	2496	S/20.00	S/0.78	S/20.83
Utilidad antes de impuestos	S/7,413,315.50	2600	66976	2496	S/2,851.28	S/110.69	S/2,970.08
Impuestos	S/2,186,928.07	2600	66976	2496	S/841.13	S/32.65	S/876.17
Utilidad Neta (Costo de oportunidad)	S/5,226,387.43	2600	66976	2496	S/2,010.15	S/78.03	S/2,093.91

Fuente: Empresa agroindustrial

### ANEXO 03: Formato de registro de las gráficas de la problemática general



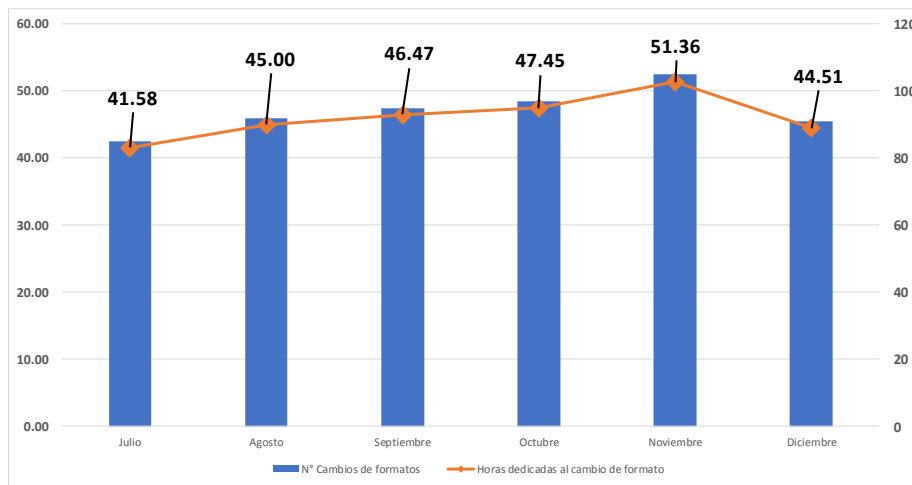
Fuente: Empresa agroindustrial



### ANEXO 04: Formato de registro de los elevados tiempos de cambio de formato

Fecha:	23/01/2020	Código:	2141	Versión:	1	Página:			1
Nombre del proceso:	Diagnóstico de problemas en producción			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez				
Objetivo:	Identificar las horas improductivas por cambio de formatos								

Mes	N° Cambios de formatos	Horas dedicadas al cambio de formato
Julio	85	41.58
Agosto	92	45.00
Septiembre	95	46.47
Octubre	97	47.45
Noviembre	105	51.36
Diciembre	91	44.51



Fuente: Empresa agroindustrial

### ANEXO 05: Formato de registro de pérdida monetaria de CR1 - Producción

Nombre del proceso:	Cálculo de pérdidas económicas	Fecha:	23/01/2020				
Objetivo:	Calcular las pérdidas económicas generadas por CR1 - Área de Producción	Código:	2146				
Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez	Versión:	1				
<b>PÉRDIDA MONETARIA DE CAUSA RAÍZ 1 - ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>							
<b>DATOS (Hr)</b>		<b>FÓRMULA</b>					
Costo de mano de obra directa	S/161.26	$Pérdida\ monetaria = H.D.C.F.x (C.M.O.D. + C.I.F. + C.H.E.M.O.+C.O.)$ H.D.C.F. = Horas dedicadas al cambio de formato C.M.O.D. = Costo por hora de mano de obra directa C.I.F. = Costos indirectos de fabricación por hora C.H.E.M.O. = Costos de horas extras de mano de obra C.O.= Costo de oportunidad por hora					
Costos indirectos de fabricación	S/310.88						
Costo de horas-hombre extras	S/201.57						
Costo de oportunidad	S/2,093.91						
Año	Mes	Horas dedicadas al cambio de formato	Costo de mano de obra directa	Costos indirectos de fabricación	Costo de horas extras	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
2019	Julio	41.58	S/6,704.97	S/12,926.13	S/8,381.22	S/87,062.83	S/115,075.16
	Agosto	45.00	S/7,257.15	S/13,990.64	S/9,071.44	S/94,232.71	S/124,551.93
	Septiembre	46.47	S/7,493.79	S/14,446.85	S/9,367.24	S/97,305.52	S/128,613.41
	Octubre	47.45	S/7,651.56	S/14,751.00	S/9,564.45	S/99,354.06	S/131,321.06
	Noviembre	51.36	S/8,282.61	S/15,967.57	S/10,353.27	S/107,548.21	S/142,151.66
	Diciembre	44.51	S/7,178.27	S/13,838.56	S/8,972.83	S/93,208.45	S/123,198.11
<b>Mensual</b>		<b>46.06</b>	<b>S/7,428.06</b>	<b>S/14,320.13</b>	<b>S/9,285.07</b>	<b>S/96,451.96</b>	<b>S/127,485.22</b>
<b>Semestral</b>		<b>276.38</b>	<b>S/44,568.36</b>	<b>S/85,920.76</b>	<b>S/55,710.44</b>	<b>S/578,711.78</b>	<b>S/764,911.34</b>

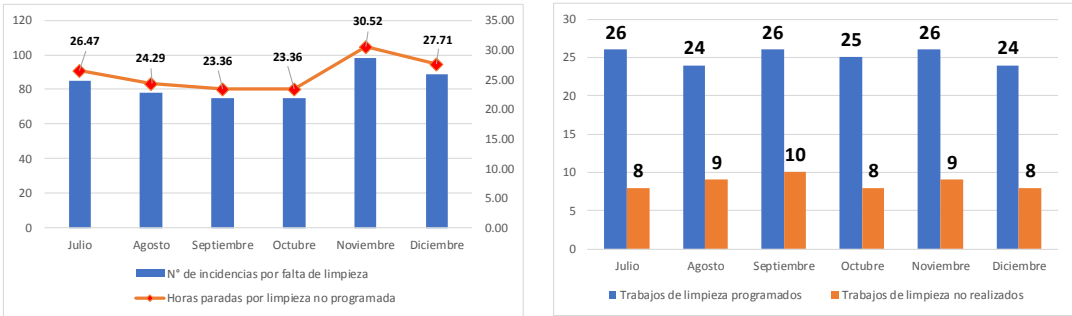
Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 06: Formato de registro de la desorganización en las estaciones de trabajo

Fecha:	23/01/2020	Código:	2142	Versión:	1	Página:	2
Nombre del proceso:	Diagnóstico de problemas en producción			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Identificar las horas improductivas por desorganización en las líneas de producción						

Mes	N° de incidencias por falta de limpieza	Horas paradas por limpieza no programada	Trabajos de limpieza programados	Trabajos de limpieza no realizados
Julio	85	26.47	26	8
Agosto	78	24.29	24	9
Septiembre	75	23.36	26	10
Octubre	75	23.36	25	8
Noviembre	98	30.52	26	9
Diciembre	89	27.71	24	8
<b>Promedio</b>	<b>83</b>	<b>25.95</b>	<b>25</b>	<b>9</b>

The left chart displays the number of incidents (blue bars) and non-programmed stoppage hours (orange line) from July to December. The right chart displays programmed cleaning jobs (blue bars) and non-completed cleaning jobs (orange bars) for the same period.

Fuente: Empresa agroindustrial

### ANEXO 07: Formato de registro de pérdida monetaria de CR2 - Producción

Nombre del proceso:	Cálculo de pérdidas económicas	Fecha:	23/01/2020				
Objetivo:	Calcular las pérdidas económicas generadas por CR2 - Área de Producción	Código:	2147				
Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez	Versión:	2				
<b>PÉRDIDA MONETARIA DE CAUSA RAÍZ 2 - ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>							
<b>DATOS (Hr)</b>		<b>FÓRMULA</b>					
Costo de mano de obra directa	S/161.26	$Pérdida\ monetaria = \text{Horadas paradas por limpieza} \times (\text{C.M.O.D.} + \text{C.I.F.} + \text{C.H.E.} + \text{C.O.})$ C.M.O.D. = Costo de mano de obra directa por hora C.I.F. = Costos indirectos de fabricación por hora C.H.E. = Costos de horas extras de mano de obra C.O. = Costo de oportunidad por hora					
Costos indirectos de fabricación	S/310.88						
Costo de horas extras	S/201.57						
Costo de oportunidad por hora	S/2,093.91						
Año	Mes	Horas paradas por limpieza no programada	Costo de mano de obra directa	Costos indirectos de fabricación	Costo de horas extras de mano de obra	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
2019	Julio	26.47	S/4,268.34	S/8,228.68	S/5,335.42	S/55,423.58	S/73,256.02
	Agosto	24.29	S/3,916.83	S/7,551.03	S/4,896.04	S/50,859.28	S/67,223.17
	Septiembre	23.36	S/3,766.18	S/7,260.60	S/4,707.73	S/48,903.16	S/64,637.67
	Octubre	23.36	S/3,766.18	S/7,260.60	S/4,707.73	S/48,903.16	S/64,637.67
	Noviembre	30.52	S/4,921.14	S/9,487.19	S/6,151.43	S/63,900.12	S/84,459.88
	Diciembre	27.71	S/4,469.20	S/8,615.92	S/5,586.50	S/58,031.75	S/76,703.36
<b>Mensual</b>		<b>25.95</b>	<b>S/4,184.65</b>	<b>S/8,067.34</b>	<b>S/5,230.81</b>	<b>S/54,336.84</b>	<b>S/71,819.63</b>
<b>Semestral</b>		<b>155.70</b>	<b>S/25,107.87</b>	<b>S/48,404.02</b>	<b>S/31,384.84</b>	<b>S/326,021.04</b>	<b>S/430,917.77</b>

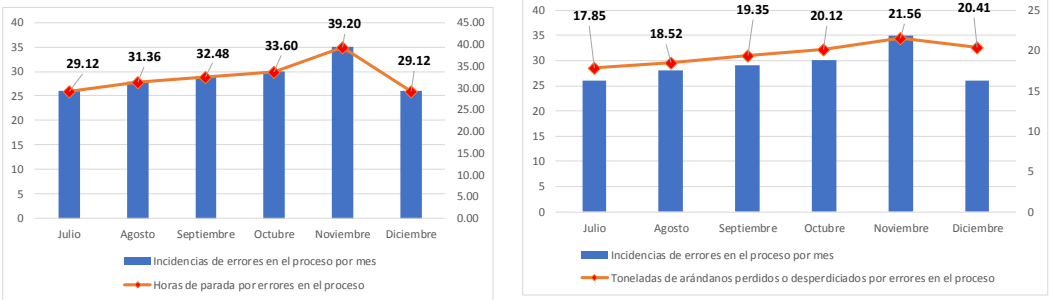
Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 08: Formato de registro de tiempos improductivos por errores en el proceso

Fecha:	23/01/2020	Código:	2143	Versión:	1	Página:	3
Nombre del proceso:	Diagnóstico de problemas en producción			Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez		
Objetivo:	Identificar las horas improductivas por errores en el proceso						

Mes	Incidencias de errores en el proceso por mes	Horas de parada por errores en el proceso	Toneladas de arándanos perdidos o desperdiciados por errores en el proceso
Julio	26	29.12	17.85
Agosto	28	31.36	18.52
Septiembre	29	32.48	19.35
Octubre	30	33.60	20.12
Noviembre	35	39.20	21.56
Diciembre	26	29.12	20.41
<b>Promedio</b>	<b>29</b>	<b>32.48</b>	<b>19.64</b>

Fuente: Empresa agroindustrial

### ANEXO 09: Formato de registro de pérdidas monetarias de CR3 - Producción

Nombre del proceso:	Cálculo de pérdidas monetarias						Fecha:	23/01/2020	
Objetivo:	Calcular las pérdidas económicas generadas por CR3 - Área de Producción						Código:	2148	
Líder del proceso:	Junior André Guaylupo Rodríguez						Versión:	3	
<b>PÉRDIDA MONETARIA DE CAUSA RAÍZ 3 - ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>									
<b>DATOS (Hr)</b>			<b>FÓRMULA</b>						
Costo por tonelada de materia prima	S/1,675.47		$Pérdida\ monetaria = H.P.E * (C.M.O.D. + C.H.E. + C.I.F. + C.O.) + TN * (C.M.P. + C.O.M.)$ H.P.E. = Horas de paradas por errores en el proceso C.M.O.D. = Costo de mano de obra directa por hora C.I.F. = Costos indirectos de fabricación por hora C.H.E. = Costos de horas extras de mano de obra C.O. = Costo de oportunidad por hora TN = Toneladas de arándano perdidos o desperdiciados C.M.P. = Costo por tonelada de materia prima C.O.M. = Costo de oportunidad por tonelada de materia prima						
Costo de mano de obra directa por hora	S/161.26								
Costo de horas extras de mano de obra	S/201.57								
Costos indirectos de fabricación por hora	S/310.88								
Costo de oportunidad por tonelada	S/2,010.15								
Costo de oportunidad por hora	S/2,093.91								
AÑO	MES	Horas de parada por errores en el proceso	Toneladas de arándanos perdidos o desperdiciados	Costo de materia prima directa	Costo de mano de obra directa	Costo de horas extras de mano de obra	Costos indirectos de fabricación	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
2019	Julio	29.12	17.85	S/29,907.18	S/4,695.83	S/5,869.79	S/9,052.83	S/96,855.68	S/146,399.16
	Agosto	31.36	18.52	S/31,029.75	S/5,057.05	S/6,321.31	S/9,749.20	S/102,892.83	S/155,068.66
	Septiembre	32.48	19.35	S/32,420.39	S/5,237.66	S/6,547.08	S/10,097.38	S/106,906.42	S/161,228.28
	Octubre	33.60	20.12	S/33,710.50	S/5,418.27	S/6,772.84	S/10,445.57	S/110,799.41	S/167,166.71
	Noviembre	39.20	21.56	S/36,123.18	S/6,321.31	S/7,901.64	S/12,186.50	S/125,419.90	S/187,974.09
	Diciembre	29.12	20.41	S/34,196.39	S/4,695.83	S/5,869.79	S/9,052.83	S/102,001.66	S/155,836.91
<b>Mensual</b>		<b>32.48</b>	<b>19.64</b>	<b>S/32,897.90</b>	<b>S/5,237.66</b>	<b>S/6,547.08</b>	<b>S/10,097.38</b>	<b>S/107,479.32</b>	<b>S/162,278.97</b>
<b>Semestral</b>		<b>194.88</b>	<b>117.81</b>	<b>S/197,387.39</b>	<b>S/31,425.96</b>	<b>S/39,282.45</b>	<b>S/60,584.30</b>	<b>S/644,875.90</b>	<b>S/973,673.82</b>

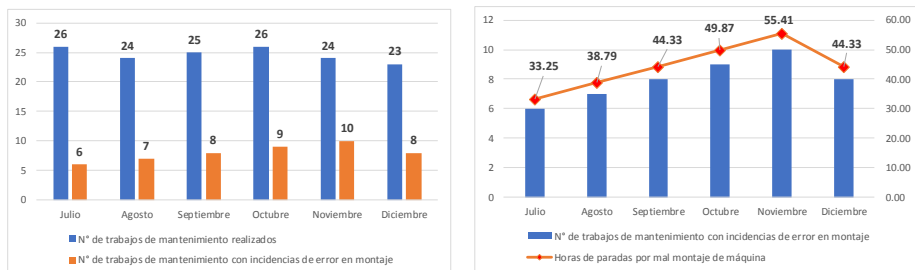
Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 10: Formato de registro de tiempos improductivos por errores en los trabajos de mantenimiento

Fecha:	23/01/2020	Código:	2242	Versión:	1	Páginas:	2
Nombre del proceso:	Mantenimiento de máquinas para packing			Líder del proceso:	Jonathan Murga Guzmán		
Objetivo:	Identificar las horas improductivas por errores en los trabajos de mantenimiento						

Mes	N° de trabajos de mantenimiento realizados	N° de trabajos de mantenimiento con incidencias de error en montaje	Horas de paradas por mal montaje de máquina
Julio	26	6	33.25
Agosto	24	7	38.79
Septiembre	25	8	44.33
Octubre	26	9	49.87
Noviembre	24	10	55.41
Diciembre	23	8	44.33
<b>Promedio</b>	<b>25</b>	<b>8</b>	<b>44.33</b>

The figure contains two charts. The left chart is a grouped bar chart with two series: 'N° de trabajos de mantenimiento realizados' (blue bars) and 'N° de trabajos de mantenimiento con incidencias de error en montaje' (orange bars). The right chart is a combined bar and line chart with two series: 'N° de trabajos de mantenimiento con incidencias de error en montaje' (blue bars) and 'Horas de paradas por mal montaje de máquina' (orange line with diamond markers). Both charts share the same x-axis representing months from July to December.

Fuente: Empresa agroindustrial

### ANEXO 11: Formato de registro de pérdida monetaria de CR1 - Mantenimiento

Nombre del proceso:	Cálculo de pérdidas económicas						Fecha:	23/01/2020	
Objetivo:	Calcular las pérdidas económicas generadas por CR1 - Área de Mantenimiento						Código:	2246	
Líder del proceso:	Jonathan Murga Guzmán						Versión:	2	
<b>PÉRDIDA MONETARIA DE CAUSA RAÍZ 1 - ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>									
<b>DATOS (Hr)</b>			<b>FÓRMULA</b>						
Costo de mano de obra directa por hora	S/161.26		$Pérdida\ monetaria = H.P.E.M. * (C.M.O.D. + C.H.E. + C.I.F. + C.O.) + C.I.$ C.M.O.D. = Costo de mano de obra directa por hora C.H.E. = Costos de horas extras de mano de obra C.I.F. = Costos indirectos de fabricación por hora C.O. = Costo de oportunidad por hora C.I. = Costo de insumos mensuales						
Costo de horas extras por hora	S/201.57								
Costos indirectos de fabricación por hora	S/310.88								
Costo de oportunidad por hora	S/2,093.91								
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>Horas de paradas por mal montaje de máquinas</b>	<b>Costo de mano de obra directa</b>	<b>Costo de horas extras de mano de obra</b>	<b>Costos indirectos de fabricación</b>	<b>Costo de insumos</b>	<b>Costo de oportunidad</b>	<b>Pérdida monetaria</b>	
2019	Julio	33.25	S/5,361.38	S/6,701.72	S/10,335.89	S/5,425.00	S/69,616.49	S/97,440.47	
	Agosto	38.79	S/6,254.94	S/7,818.68	S/12,058.54	S/4,254.00	S/81,219.23	S/111,605.39	
	Septiembre	44.33	S/7,148.50	S/8,935.63	S/13,781.19	S/3,245.00	S/92,821.98	S/125,932.30	
	Octubre	49.87	S/8,042.07	S/10,052.58	S/15,503.83	S/4,524.00	S/104,424.73	S/142,547.21	
	Noviembre	55.41	S/8,935.63	S/11,169.54	S/17,226.48	S/5,452.00	S/116,027.48	S/158,811.12	
	Diciembre	44.33	S/7,148.50	S/8,935.63	S/13,781.19	S/6,542.00	S/92,821.98	S/129,229.30	
<b>Mensual</b>		<b>44.33</b>	<b>S/7,148.50</b>	<b>S/8,935.63</b>	<b>S/13,781.19</b>	<b>S/4,907.00</b>	<b>S/92,821.98</b>	<b>S/127,594.30</b>	
<b>Semestral</b>		<b>265.98</b>	<b>S/42,891.02</b>	<b>S/53,613.77</b>	<b>S/82,687.12</b>	<b>S/29,442.00</b>	<b>S/556,931.88</b>	<b>S/765,565.80</b>	

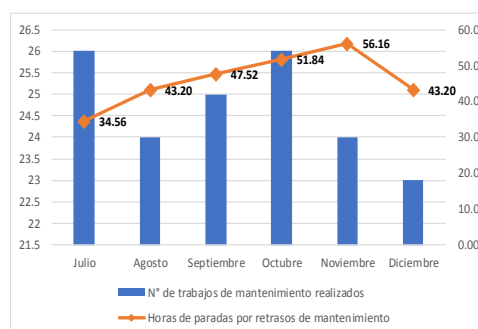
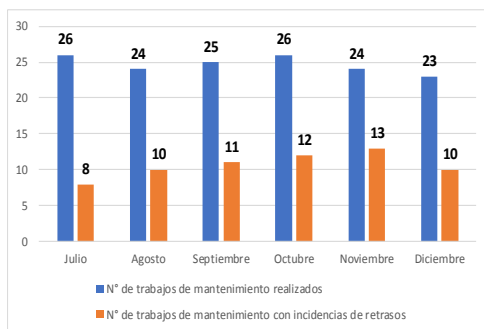
Fuente: Elaboración propia



## ANEXO 12: Formato de registro de tiempos improductivos por retrasos en la ejecución de trabajos de mantenimiento

Fecha:	23/01/2020	Código:	2244	Versión:	1	Páginas:	4
Nombre del proceso:	Mantenimiento de máquinas para packing			Líder del proceso:	Jonathan Murga Guzmán		
Objetivo:	Identificar las horas improductivas por retrasos en la ejecución de trabajos de mantenimiento						

Mes	N° de trabajos de mantenimiento realizados	N° de trabajos de mantenimiento con incidencias de retrasos	Horas de paradas por retrasos de mantenimiento
Julio	26	8	34.56
Agosto	24	10	43.20
Septiembre	25	11	47.52
Octubre	26	12	51.84
Noviembre	24	13	56.16
Diciembre	23	10	43.20
<b>Promedio</b>	<b>25</b>	<b>11</b>	<b>46.08</b>



Fuente: Empresa agroindustrial

### ANEXO 13: Formato de registro de pérdida monetaria por CR2 - Mantenimiento

Nombre del proceso:		Costeo de pérdidas					Fecha:	23/01/2020	
Objetivo:		Calcular las pérdidas económicas generadas por CR2 - Área de Mantenimiento					Código:	2246	
Líder del proceso:		Jonathan Murga Guzmán					Versión:	4	
PÉRDIDA MONETARIA DE CAUSA RAÍZ 2 - ÁREA DE MANTENIMIENTO									
DATOS (Hr)			FÓRMULA						
Costo de mano de obra directa por hora		S/161.26	$Pérdida\ monetaria = H.P.R.M. * (C.M.O.D. + C.H.E. + C.I.F. + C.O.) + C.I.$ H.P.R.M. = Horas de paradas por retrasos en trabajos de mantenimiento C.M.O.D. = Costo de mano de obra directa por hora C.H.E. = Costos de horas extras de mano de obra C.I.F. = Costos indirectos de fabricación por hora C.O. = Costo de oportunidad por hora C.I. = Costos de insumos						
Costo por horas extras de mano de obra		S/201.57							
Costos indirectos de fabricación		S/310.88							
Costo de oportunidad		S/2,093.91							
AÑO	MES	Horas de paradas por retrasos en trabajos de mantenimiento	Costo de mano de obra directa	Costo de horas extras de mano de obra	Costos indirectos de fabricación	Costos de insumos	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria	
2019	Julio	34.56	S/5,573.08	S/6,966.35	S/10,744.01	S/12,478.00	S/72,365.36	S/108,126.80	
	Agosto	43.20	S/6,966.35	S/8,707.93	S/13,430.02	S/12,547.00	S/90,456.71	S/132,108.00	
	Septiembre	47.52	S/7,662.98	S/9,578.73	S/14,773.02	S/13,548.00	S/99,502.38	S/145,065.10	
	Octubre	51.84	S/8,359.62	S/10,449.52	S/16,116.02	S/14,255.00	S/108,548.05	S/157,728.20	
	Noviembre	56.16	S/9,056.25	S/11,320.31	S/17,459.02	S/16,874.00	S/117,593.72	S/172,303.30	
	Diciembre	43.20	S/6,966.35	S/8,707.93	S/13,430.02	S/11,422.00	S/90,456.71	S/130,983.00	
<b>Mensual</b>		<b>46.08</b>	<b>S/7,430.77</b>	<b>S/9,288.46</b>	<b>S/14,325.35</b>	<b>S/13,520.67</b>	<b>S/96,487.15</b>	<b>S/141,052.40</b>	
<b>Semestral</b>		<b>276.48</b>	<b>S/44,584.62</b>	<b>S/55,730.77</b>	<b>S/85,952.10</b>	<b>S/81,124.00</b>	<b>S/578,922.92</b>	<b>S/846,314.40</b>	

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 14: Formato de presupuesto de inversión en SMED

Nombre o título del proyecto:		IMPLEMENTACIÓN SMED		
FASE DE PLANIFICACIÓN		S/190,300.00		
FASE DE IMPLEMENTACIÓN		S/104,180.00		
FASE DE SOSTENIBILIDAD		S/55,500.00		
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>		<b>S/349,980.00</b>		
<b>1. PLANIFICACIÓN :</b>				
<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>	
Honorarios de investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00	
Costo de capacitaciones	S/95,450.00	1	S/95,450.00	
Honorarios operadores de máquina y supervisores	S/1,500.00	40	S/60,000.00	
Honorario de Jefes	S/3,500.00	5	S/17,500.00	
Material didáctico y útiles	S/350.00	1	S/350.00	
	<b>S/109,300.00</b>		<b>S/190,300.00</b>	
<b>2. IMPLEMENTACIÓN :</b>				
<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>	
Honorario investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00	
Honorario trabajadores y supervisores	S/1,500.00	40	S/60,000.00	
Honorario de Jefes	S/3,500.00	5	S/17,500.00	
Materiales para la intervención	S/250.00	1	S/250.00	
Impresión de textos de apoyo (fichas técnicas u otros)	S/215.00	1	S/215.00	
Impresión y circulación de piezas comunicativas y de divulgación	S/135.00	1	S/135.00	
Insumos para adecuación de espacio (pintura, resane u otro)	S/2,540.00	1	S/2,540.00	
Herramientas y acondicionamientos de piezas	S/23,540.00	1	S/23,540.00	
	<b>S/31,680.00</b>		<b>S/104,180.00</b>	
<b>3. SOSTENIBILIDAD :</b>				
<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>	
Honorario de investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00	
Costos de auditorías	S/1,500.00	24	S/36,000.00	
Finalización o edición registro informe final	S/2,500.00	1	S/2,500.00	
	<b>S/12,500.00</b>		<b>S/55,500.00</b>	

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 15: Formato de presupuesto de inversión en 5S

Nombre o título del proyecto:		<b>IMPLEMENTACIÓN 5S</b>	
FASE DE PLANIFICACIÓN	S/255,300.00		
FASE DE IMPLEMENTACIÓN	S/109,090.00		
FASE DE SOSTENIBILIDAD	S/55,500.00		
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>S/419,890.00</b>		
<b>1. PLANIFICACIÓN :</b>			
<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
Honorarios de investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00
Costo de capacitaciones	S/95,450.00	1	S/95,450.00
Honorarios operadores de máquina y supervisores	S/1,500.00	60	S/90,000.00
Honorario de Jefes	S/3,500.00	15	S/52,500.00
Material didáctico y útiles	S/350.00	1	S/350.00
	<b>S/109,300.00</b>		<b>S/255,300.00</b>
<b>2. IMPLEMENTACIÓN :</b>			
<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
Honorario investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00
Honorario trabajadores y supervisores	S/1,500.00	40	S/60,000.00
Honorario de Jefes	S/3,500.00	5	S/17,500.00
Materiales para la intervención	S/250.00	1	S/250.00
Impresión de textos de apoyo (fichas técnicas u otros)	S/215.00	1	S/215.00
Impresión y circulación de piezas comunicativas y de divulgación	S/135.00	1	S/135.00
Insumos para adecuación de espacio (pintura, resane u otro)	S/20,450.00	1	S/20,450.00
Herramientas y acondicionamientos de piezas	S/10,540.00	1	S/10,540.00
	<b>S/36,590.00</b>		<b>S/109,090.00</b>
<b>3. SOSTENIBILIDAD :</b>			
<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
Honorario de investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00
Costos de auditorías	S/1,500.00	24	S/36,000.00
Finalización o edición registro informe final	S/2,500.00	1	S/2,500.00
	<b>S/12,500.00</b>		<b>S/55,500.00</b>

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 16: Formato de presupuesto de inversión en Jidoka

Nombre o título del proyecto:		IMPLEMENTACIÓN JIDOKA		
FASE DE PLANIFICACIÓN		S/190,300.00		
FASE DE IMPLEMENTACIÓN		S/176,110.00		
FASE DE SOSTENIBILIDAD		S/55,500.00		
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>		<b>S/421,910.00</b>		
<b>1. PLANIFICACIÓN :</b>				
	<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
	Honorarios de investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00
	Costo de capacitaciones	S/95,450.00	1	S/95,450.00
	Honorarios operadores de máquina y supervisores	S/1,500.00	40	S/60,000.00
	Honorario de Jefes	S/3,500.00	5	S/17,500.00
	Material didáctico y útiles	S/350.00	1	S/350.00
		<b>S/109,300.00</b>		<b>S/190,300.00</b>
<b>2. IMPLEMENTACIÓN :</b>				
	<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
	Honorario investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00
	Honorario trabajadores y supervisores	S/1,500.00	40	S/60,000.00
	Honorario de Jefes	S/3,500.00	5	S/17,500.00
	Materiales para la intervención	S/250.00	1	S/250.00
	Impresión de textos de apoyo (fichas técnicas u otros)	S/215.00	1	S/215.00
	Impresión y circulación de piezas comunicativas y de divulgación	S/135.00	1	S/135.00
	Insumos para adecuación de espacio (pintura, resane u otro)	S/2,540.00	1	S/2,540.00
	Herramientas y acondicionamientos de piezas	S/95,470.00	1	S/95,470.00
		<b>S/103,610.00</b>		<b>S/176,110.00</b>
<b>3. SOSTENIBILIDAD :</b>				
	<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
	Honorario de investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00
	Costos de auditorías	S/1,500.00	24	S/36,000.00
	Finalización o edición registro informe final	S/2,500.00	1	S/2,500.00
		<b>S/12,500.00</b>		<b>S/55,500.00</b>

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 17: Formato de presupuesto de inversión en Poka Yoke

Nombre o título del proyecto:		<b>IMPLEMENTACIÓN POKA YOKE</b>	
FASE DE PLANIFICACIÓN	S/167,800.00		
FASE DE IMPLEMENTACIÓN	S/110,100.00		
FASE DE SOSTENIBILIDAD	S/55,500.00		
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>S/333,400.00</b>		
<b>1. PLANIFICACIÓN :</b>			
<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
Honorarios de investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00
Costo de capacitaciones	S/95,450.00	1	S/95,450.00
Honorarios operadores de máquina y supervisores	S/1,500.00	25	S/37,500.00
Honorario de Jefes	S/3,500.00	5	S/17,500.00
Material didáctico y útiles	S/350.00	1	S/350.00
	<b>S/109,300.00</b>		<b>S/167,800.00</b>
<b>2. IMPLEMENTACIÓN :</b>			
<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
Honorario investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00
Honorario trabajadores y supervisores	S/1,500.00	25	S/37,500.00
Honorario de Jefes	S/3,500.00	5	S/17,500.00
Materiales para la intervención	S/250.00	1	S/250.00
Impresión de textos de apoyo (fichas técnicas u otros)	S/215.00	1	S/215.00
Impresión y circulación de piezas comunicativas y de divulgación	S/135.00	1	S/135.00
Herramientas y acondicionamientos de piezas	S/54,500.00	1	S/54,500.00
	<b>S/60,100.00</b>		<b>S/110,100.00</b>
<b>3. SOSTENIBILIDAD :</b>			
<b>Concepto del Gasto</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
Honorario de investigadores	S/8,500.00	2	S/17,000.00
Costos de auditorías	S/1,500.00	24	S/36,000.00
Finalización o edición registro informe final	S/2,500.00	1	S/2,500.00
	<b>S/12,500.00</b>		<b>S/55,500.00</b>

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 18: Formato de presupuesto de inversión en Mantenimiento Planificado

Nombre o título del proyecto:		<b>IMPLEMENTACIÓN MANTENIMIENTO PLANIFICADO</b>		
FASE DE PLANIFICACIÓN		S/167,800.00		
FASE DE IMPLEMENTACIÓN		S/55,600.00		
FASE DE SOSTENIBILIDAD		S/55,500.00		
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>		<b>S/278,900.00</b>		
<b>1. PLANIFICACIÓN :</b>				
<b>Concepto del Gasto</b>		<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
Honorarios de investigadores		S/8,500.00	2	S/17,000.00
Costo de capacitaciones		S/95,450.00	1	S/95,450.00
Honorarios operadores de máquina y supervisores		S/1,500.00	25	S/37,500.00
Honorario de Jefes		S/3,500.00	5	S/17,500.00
Material didáctico y útiles		S/350.00	1	S/350.00
		<b>S/109,300.00</b>		<b>S/167,800.00</b>
<b>2. IMPLEMENTACIÓN :</b>				
<b>Concepto del Gasto</b>		<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
Honorario investigadores		S/8,500.00	2	S/17,000.00
Honorario trabajadores y supervisores		S/1,500.00	25	S/37,500.00
Honorario de Jefes		S/3,500.00	5	S/17,500.00
Materiales para la intervención		S/250.00	1	S/250.00
Impresión de textos de apoyo (fichas técnicas u otros)		S/215.00	1	S/215.00
Impresión y circulación de piezas comunicativas y de divulgación		S/135.00	1	S/135.00
		<b>S/5,600.00</b>		<b>S/55,600.00</b>
<b>3. SOSTENIBILIDAD :</b>				
<b>Concepto del Gasto</b>		<b>Valor Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Total</b>
Honorario de investigadores		S/8,500.00	2	S/17,000.00
Costos de auditorías		S/1,500.00	24	S/36,000.00
Finalización o edición registro informe final		S/2,500.00	1	S/2,500.00
		<b>S/12,500.00</b>		<b>S/55,500.00</b>

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 19: Cálculo de la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

<b>Tarea:</b>	Análisis económico financiero	<b>Empresa:</b>	
<b>Fecha:</b>	16/08/2020	<b>Proceso:</b>	Packing de arándanos
<b>Analistas:</b>	Jonathan Murga Guzmán	<b>Áreas:</b>	Mantenimiento
	Junior André Guaylupo Rodríguez		Producción

Año	Inflación acumulada al último día de diciembre	100% + Inflación anual acumulada
2015	4.40	104.40
2016	3.23	103.23
2017	1.36	101.36
2018	2.19	102.19
2019	1.90	101.90
f = inflación media anual =		2.61%

Tipo de riesgo	i = premio al riesgo
Bajo	1 a 10 %
Medio	11 a 20 %
Alto	>20%

**Fuente: Baca (2017)**

**Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (2019)**

Ítem	Concepto	Valor
i	inflación	2.61%
f	premio al riesgo	25.00%
<b>TMAR</b>	<b>Tasa mínima aceptable de rendimiento</b>	<b>28.26%</b>

Fórmula:  $TMAR = i + f + if$

**Fuente: Baca (2017)**

Fuente: Elaboración propia