UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Propuesta de mejora mediante la implementación de una política de abastecimiento en el almacén de repuestos de una empresa del sector lácteo

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Paredes Padilla, Holger Sergio (0000-0002-8171-4990)

ASESOR

Alvarado Pércovich, Jorge Enrique (0000-0003-0503-3728)

Lima, 03 de mayo del 2022

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo generar una propuesta de mejora para la gestión del inventario de repuestos en la empresa Leche Gloria S.A, empresa peruana orientada al consumo masivo y líder en el mercado nacional.

En el primer capítulo, se citarán los conceptos de mantenimiento, gestión de inventario y herramientas de calidad para el diagnóstico y mejora del proceso de abastecimiento de repuestos en la organización.

En el segundo capítulo, se realizará el diagnóstico de la situación actual de la organización, se plantearán y validarán las causas raíz del problema del nivel de inventario. Para ello, se tomará como referencia de diagnóstico al centro de emplazamiento con el mayor inventario valorizado de repuestos.

En el tercer capítulo, se abordarán las causas bajo el alcance del presente proyecto y se planteará una política de abastecimiento de repuestos, alineada al contexto de la organización, con el objetivo de la reducción del nivel de inventario destinado a la ejecución de actividades de mantenimiento.

En el cuarto capítulo, se evaluará el impacto del modelo planteado seleccionando una línea piloto para su implementación, se compararán los resultados contra la data maestra actual y se determinará si se tiene una mejora en el inventario valorizado. Por último, en el capítulo final, se presentarán las conclusiones y recomendaciones del proyecto basados en los resultados obtenidos.

Palabras clave: mantenimiento; inventario; repuestos; demanda; política de abastecimiento.

Proposal for improvement through the implementation of a supply policy in the spare parts warehouse of a company in the dairy sector

ABSTRACT

This professional sufficiency work aims to generate an improvement proposal for the management of the spare parts inventory in the company Leche Gloria S.A, a Peruvian company oriented to mass consumption and leader in the national market.

In the first chapter, the concepts of maintenance, inventory management and quality tools for the diagnosis and improvement of the spare parts supply process in the organization will be cited.

In the second chapter, the diagnosis of the current situation of the organization will be carried out, the root causes of the inventory level problem will be proposed and validated. To do this, the location center with the largest valued inventory of spare parts will be taken as the diagnostic reference.

In the third chapter, the causes under the scope of this project will be addressed and a spare parts supply policy will be proposed, aligned with the context of the organization, with the objective of reducing the level of inventory destined for the execution of maintenance activities.

In the fourth chapter, the impact of the proposed model will be evaluated by selecting a pilot line for its implementation, the results will be compared against the current master data, it will be determined if there is an improvement in the valued inventory. Finally, the last chapter, will present the conclusions and recommendations of the project based on the results obtained.

Keywords: maintenance; inventory; spare parts; demand; supply policy.

TABLA DE CONTENIDOS

1 Marco teórico 1

1.1 Historia del mantenimiento 1

1.2 Actividades de mantenimiento 4

1.3 Clasificación de actividades de mantenimiento 5

1.3.1 Mantenimiento correctivo 5

1.3.2 Mantenimiento preventivo 6

1.4 Gestión del inventario 13

1.4.1 Inventario 13

1.4.2 Variables de impacto en el inventario 14

1.4.3 Tipo de inventario 14

1.4.4 Costos de inventario 17

1.5 Política de inventario 18

1.5.1 Clasificación del inventario 18

1.5.2 Demanda 21

1.5.3 Parámetros críticos para la política del inventario 26

1.6 Herramientas de análisis, mejora y calidad 30

1.6.1 Diagrama de Flujo 30

1.6.2 Mapa de procesos 31

1.6.3 Diagrama Causa – efecto 31

1.6.4 Diagrama de Pareto 34

1.6.5 Estandarización de procesos 36

1.7 Casos de éxito 37

1.7.1 Caso 1: Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva (Gonzales, 2020 p. 133-142) 37

1.7.2 Caso 2: Gestión de inventarios en la empresa Soho Color salón & spa en Trujillo (Pérez & Wong, 2018 p. 1 - 20) 39

1.7.3 Caso 3: Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos (Contreras et al., 2016 p. 387–396) 40

1.8 Normativa 41

1.8.1 Norma internacional de contabilidad [NIC] 2: Inventarios 41

2 Diagnóstico de la situación actual 46

2.1 Organización objetivo 46

2.1.1 Reseña histórica 46

2.1.2 Principales plantas de producción 48

2.1.3 Misión 49

2.1.4 Visión 50

2.1.5 Productos 50

2.1.6 Mapa de procesos 52

2.2 Situación actual 53

2.2.1 Actividades de mantenimiento implementadas en la organización 53

2.2.2 Participación en el mercado 60

2.2.3 Ventas 61

2.3 Planteamiento del problema 62

2.3.1 Situación problemática 62

2.3.2 Enfoque del problema 66

2.3.3 Identificación de causas 70

3 Metodología de solución al problema 91

3.1 Planteamiento de la solución 91

3.2 Estrategia de abordaje 94

3.3 Propuesta de mejora en el inventario de repuestos 94

3.3.1 Política de abastecimiento 95

4 Selección del piloto e implementación del modelo. 112

4.1 Selección del piloto 112

4.2 Implementación del modelo 114

4.2.1 Determinar alcance de SKU´s 114

4.2.2 Análisis de criticidad 116

4.2.3 Análisis de rotación 117

4.2.4 Determinación de parámetros 118

4.2.5 Evaluación de obsolescencia 144

4.3 Impacto económico 149

4.3.1 Valorización de nuevos parámetros en repuestos de alta y media rotación 149

4.3.2 Valorización de reposiciones a solicitud de usuario 151

4.3.3 Valorización obsoletos 152

4.3.4 Recursos para la implementación del modelo 154

4.3.5 Evaluación financiera 157

5 Conclusiones y recomendaciones 164

5.1 Conclusiones 164

5.2 Recomendaciones 168

6 Referencias 170

7 Anexos 175

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Ejemplos de variables de medición para el CBM* 9

Tabla 2. *Actividad de mantenimiento vs tipo de inventario según demanda* 16

Tabla 3. *Clasificación de inventario por rotación* 19

Tabla 4. *Actividad de mantenimiento vs dependencia de la demanda* 22

Tabla 5. *Equivalencia de nivel y factor de servicio* 28

Tabla 6. *Simbología más frecuente en diagramas de flujo* 30

Tabla 7. *Alcance de clasificación de causas en diagrama causa efecto* 32

Tabla 8. *Resultados del nivel de servicios tras la implementación de la metodología* 38

Tabla 9. *Impacto económico del sistema de gestión de inventario* 39

Tabla 10. *Demanda y error de estimación* 40

Tabla 11. *Identificación de costos del inventario según la NIC 2* 42

Tabla 12. *Valorización del inventario según la NIC 2* 43

Tabla 13. *Resumen de centros* 49

Tabla 14. *Productos por categoría* 51

Tabla 15. *Estrategias de mantenimiento y demanda de SKU´s en la organización objetivo* 60

Tabla 16. *Índice repuestos y suministros sobre nivel de inventario* 64

Tabla 17. *Stock valorizado repuestos en todos los centros* 67

Tabla 18. *Stock valorizado en almacenes del centro 100* 68

Tabla 19. *Indicadores del área de mantenimiento* 71

Tabla 20. *SKU´s por debajo del stock mínimo* 72

Tabla 21. *Proceso contra fabricante de maquinaria* 74

Tabla 22. *SKU´s con stock superior al máximo* 76

Tabla 23. *Repuestos según último año consumo* 77

Tabla 24. *Priorización de SKU´s bajo el principio de Pareto* 79

Tabla 25. *Extracto de 80-20 y determinación de la categoría* 79

Tabla 26. *Extracto de agrupación por categorías* 80

Tabla 27. *Comparativo de 40 denominaciones para el repuesto O-ring* 81

Tabla 28. *Muestra de SKU´s que deben ser retirados del almacén 1000* 82

Tabla 29. *Stock 0 durante el horizonte de evaluación* 83

Tabla 30. *Activos según vida útil* 85

Tabla 31. *Resumen y validación de causas* 87

Tabla 32. *Acciones de solución para causas identificadas* 91

Tabla 33. *Alcance de la política de abastecimiento* 95

Tabla 34. *Medidas de control contra riesgos en el inventario* 96

Tabla 35. *Criterios frecuencia y criterios para la revisión del inventario* 97

Tabla 36. *Consecuencias por falta de repuesto* 98

Tabla 37. *Matriz de criticidad de repuestos* 99

Tabla 38. *Selección de clasificación por rotación* 100

Tabla 39. *Aplicación directa del criterio de rotación en la organización* 101

Tabla 40. *Clasificación por rotación según los criterios finales establecidos* 102

Tabla 41. *SKU´s identificados como obsoletos según la descripción* 102

Tabla 42. *Clasificación final de SKU´s sin considerar obsoletos* 103

Tabla 43. *Lead time registrado a nivel de SKU* 104

Tabla 44. *Criterio de reposición en función a la rotación* 105

Tabla 45. *Nivel de servicio en función a la criticidad del SKU* 106

Tabla 46. *Total de SKU´s promedio a revisar según frecuencia* 107

Tabla 47. *Centro de costo a considerar para las variables del EOQ* 109

Tabla 48. *Tiempo total trabajado en el centro 100* 113

Tabla 49. *Tiempo total trabajado en el centro 100* 113

Tabla 50. *Calificación de criterios a nivel de SKU* 116

Tabla 51. *Resumen de SKU´s en función a la criticidad definida* 117

Tabla 52. *Clasificación según rotación* 118

Tabla 53. *Comparación de error en los modelos de pronóstico para el SKU 5033154* 121

Tabla 54. *Comparación de error en los modelos de pronóstico para los SKU de alta rotación* 122

Tabla 55. *Selección del modelo pronóstico para los SKU´s de alta rotación* 123

Tabla 56. *Consolidación de SKU´s según modelos de pronósticos* 125

Tabla 57. *Cálculo de parámetros para SKU´s de alta y media rotación* 126

Tabla 58. *SKU´s con el stock de seguridad en cero* 127

Tabla 59. *Punto de pedido de SKU´s con stock de seguridad en cero* 128

Tabla 60. *Comparativa del stock máximo con los nuevos parámetros calculados* 129

Tabla 61. *Cantidad de pedidos generados.* 134

Tabla 62. *Resultados del cálculo de EOQ* 135

Tabla 63. *EOQ con más de 2 años de inventario* 137

Tabla 64. *Casos más representativos con EOQ mayor a 2 años* 137

Tabla 65. *Casos con EOQ igual a cero* 139

Tabla 66. *Puntos clave para determinar la reposición de los SKU´s de baja rotación* 141

Tabla 67. *Registros de consumo según tipo de orden de mantenimiento* 143

Tabla 68. *Resumen de SKU´s a reponer según los criterios de reposición establecidos* 144

Tabla 69. *SKU´s sujetos a reposición según los parámetros en datos maestros* 144

Tabla 70. *SKU´s clasificados como cero rotaciones en el horizonte de evaluación* 145

Tabla 71. *Resumen de SKU´s identificados como obsoletos* 146

Tabla 72. *SKU´s obsoletos clasificados según la última salida* 146

Tabla 73. *Consolidación de clases catalogadas como obsoletas* 147

Tabla 74. *SKU´s con opción de traslado a otro centro* 148

Tabla 75. *Valorización del stock máximo* 149

Tabla 76. *Valorización del PP + EOQ* 150

Tabla 77. *Nivel de reducción de inventario según rotación* 151

Tabla 78. *Necesidad de reposición según parámetros en el inventario de baja rotación* 152

Tabla 79. *Valorización de SKU´s obsoletos* 152

Tabla 80. *Valorización de SKU´s con opción de traslado a otro centro* 153

Tabla 81. *Necesidad de horas hombre en cada etapa del piloto* 154

Tabla 82. *Costo total de recursos para la implementación en el centro 100* 156

Tabla 83. *Ahorro proyectado en el centro 100 tras la implementación del modelo* 156

Tabla 84. *Cálculo del WACC con valores actualizados de riesgo país e inflación* 158

Tabla 85. *Ahorro según los escenarios de evaluación* 159

Tabla 86. *Flujo de caja económico según escenario pesimista* 160

Tabla 87. *Flujo de caja económico según escenario esperado* 161

Tabla 88. *Flujo de caja económico según escenario optimista* 162

Tabla 89. *Resumen de evaluación de escenarios* 163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Tendencias en la gestión del mantenimiento* 3

Figura 2. Mantenimiento correctivo: Probabilidad de falla vs Tiempo 6

Figura 3. *Mantenimiento preventivo: Probabilidad de falla vs Tiempo* 7

Figura 4. *Mantenimiento basado en condición: Probabilidad de falla vs Tiempo* 8

Figura 5. *Clasificación de actividades de mantenimiento* 12

Figura 6. *Fórmula para la tasa de rotación* 19

Figura 7. *Actividades de mantenimiento y su impacto en la demanda* 21

Figura 8. *Expresión matemática para el cálculo del promedio móvil* 24

Figura 9. *Expresión matemática para el cálculo del promedio móvil ponderado* 24

Figura 10. *Expresión matemática para el cálculo del suavizado exponencial* 24

Figura 11. Expresión matemática para el cálculo del error 25

Figura 12. *Expresión matemática para el cálculo del error absoluto* 25

Figura 13. *Expresión matemática para el cálculo de la señal de rastreo* 25

Figura 14. *Expresión matemática para el cálculo del EOQ* 26

Figura 15. *Expresión matemática para el cálculo del stock de seguridad* 27

Figura 16. *Expresión matemática para el cálculo del nivel de servicio* 27

Figura 17. *Expresión matemática para el cálculo del punto de reorden* 28

Figura 18. *Expresión matemática para el cálculo del stock mínimo* 29

Figura 19. *Expresión matemática para el cálculo del stock máximo* 29

Figura 20. *Expresión matemática para el cálculo del stock medio* 29

Figura 21. *Diagrama de metodología de las 5 M* 33

Figura 22. *Ejemplo de gráfico diagrama causa – efecto* 34

Figura 23. *Ejemplo de gráfico Pareto* 35

Figura 24. *Etapas de implementación del modelo planteado* 38

Figura 25. *Alcance de la NIC 2* 41

Figura 26. *Infografía de Leche Gloria S.A.* 47

Figura 27. *Plantas de producción a nivel nacional* 48

Figura 28. *Marcas producidas por Leche Gloria S.A* 50

Figura 29. *Mapa de procesos Leche Gloria S.A.* 52

Figura 30. *Diagrama de flujo para el mantenimiento correctivo programado* 53

Figura 31. *Diagrama de flujo para el mantenimiento correctivo de emergencia* 54

Figura 32. *Diagrama de flujo para el mantenimiento preventivo* 55

Figura 33. *Diagrama de flujo para el mantenimiento mayor* 56

Figura 34. *Diagrama de flujo para el mantenimiento de overhaul* 57

Figura 35. *Diagrama de flujo para el mantenimiento de calibración* 58

Figura 36. *Diagrama de flujo para el mantenimiento predictivo* 59

Figura 37. *Participación en el Mercado* 61

Figura 38. *Ventas anuales* 62

Figura 39. *Nivel de inventario valorizado* 63

Figura 40. *Inventario valorizado en cuenta suministros y repuestos* 63

Figura 41. *Detalle de cuenta suministros y repuestos en el segundo trimestre del 2021* 65

Figura 42. *Tendencia del stock valorizado de repuestos en la organización* 66

Figura 43. *Tendencia de stock valorizado de repuestos* 69

Figura 44. *Diagrama Ishikawa* 70

Figura 45. *Gasto real de mantenimiento 2011-2021* 73

Figura 46. *Demanda de repuestos e inventario valorizado en el almacén 1000 del centro 100* 74

Figura 47. *Ratio de repuestos vs activos* 86

Figura 48. *Árbol de problemas* 90

Figura 49. *Modelo gráfico de solución al problema* 93

Figura 50. *Diagrama de flujo para abordar el problema* 94

Figura 51. *Fórmula determinar la criticidad de repuestos* 97

Figura 52. *Fórmula determinar la criticidad de repuestos* 99

Figura 53. *Diagrama de flujo para determinar los parámetros de reposición* 106

Figura 54. *Diagrama de flujo para determinar la reposición de SKU´s de baja y cero rotaciones* 108

Figura 55. *Cálculo del costo por mantener inventario* 109

Figura 56. *Composición del inventario en los estados financieros* 110

Figura 57. *Índice de repuestos respecto al área de compras* 110

Figura 58. *Cálculo del costo por ordenar* 111

Figura 59. *Distribución de tiempos en sistema TVC* 112

Figura 60. *Estructura técnica en línea Uniloy 2* 114

Figura 61. *Criterios de búsqueda de órdenes de mantenimiento* 115

Figura 62. *Movimiento de materiales* 116

Figura 63. *Gráfica para promedio móvil (2) para el SKU 5033154* 118

Figura 64. *Gráfica para promedio móvil (3) para el SKU 5033154* 119

Figura 65. *Gráfica para promedio exponencial simple del SKU 5033154* 120

Figura 66. *Gráfica para promedio exponencial doble del SKU 5033154* 120

Figura 67. *Soporte con transacción MCBA para el determinar el inventario promedio* 130

Figura 68. *Resultados MCBA, inventario promedio de repuestos* 131

Figura 69. *Extracto de carga fabril en el centro de costo de almacenes* 131

Figura 70. *Costo por mantener inventario* 132

Figura 71. *Inventario al cierre del tercer trimestre 2021, en miles de soles* 133

Figura 72. *Cálculo del índice de compra de repuestos* 133

Figura 73. *Extracto de carga fabril en el centro de costo logística Lima* 134

Figura 74. *Cálculo del costo por emisión de pedidos* 135

Figura 75. *Cabecera de una orden de mantenimiento* 140

Figura 76. *Valorización de horas hombre notificadas en la OT 23958195* 155

Figura 77. Total de horas hombre notificadas en la OT 23958195 155

Figura 78. *WACC según valorización de Leche Gloria S.A.* 157

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. *Impacto* en la parada de líneas de producción ante la falta de repuestos para mantenimiento correctivo 175

Anexo 2. *Política* para el abastecimiento de repuestos 177

Anexo 3. *Procedimiento* para la evaluación de la criticidad de repuestos 178

Anexo 4. *Procedimiento* para la evaluación de la rotación de repuestos 184

Anexo 5. *Ficha* técnica de indicador propuesto 194

Anexo 6. *Resultados* de nuevos parámetros de abastecimiento en el inventario de alta y media rotación de la línea piloto seleccionada 197

Anexo 7. *Resultados* de la evaluación de obsolescencia en los centros 100, 101 y109 201

Anexo 8. *Resultados* de la evaluación de traslados entre centros 204

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Historia del mantenimiento

El área de mantenimiento tiene el mayor impacto en la mantención y control gestión de activos de una organización, con el fin de entregar la mayor disponibilidad a un costo óptimo; por ello, viene tomando protagonismo al largo de los años.

En la historia del mantenimiento se identifican, claramente, cuatro generaciones o etapas de evolución en el mantenimiento. La primera generación, surge en siglo XIX, donde ya se tiene indicios de la industrialización de las empresas contando con un 10% de procesos realizados por maquinaria, debido a ello, surgen las primeras necesidades de reparación ya que la maquinaria solo era reparada en caso de fallas (Gonzáles, 2011; Medrano, Gonzales & Díaz, 2017)

Mantenimiento fue una actividad secundaria, hasta la aparición de procesos productivos en serie; por ende, los programas u objetivos de producción. Así surgió, la necesidad de contar con personas dedicadas a reparar la maquinaria en el menor tiempo posible, este sería el origen del área de mantenimiento y sus inicios en los años 40 bajo un enfoque de mantenimiento correctivo (Medrano et al. ,2017; Ben-Daya, Kumar & Prabhakar, 2016).

La segunda generación aparece posterior a la segunda guerra mundial, esta es impulsada por los avances de la industria y la aviación; Se identifica otra ideología, no solo dedicada a reparar fallas, si no que se caracteriza por incluir tareas de inspección, planificación de actividades preventivas enfocadas al incremento de la disponibilidad y reducción de costos. En esta etapa se tiene un enfoque a evitar fallas probables mediante la implementación de actividades de mantenimiento, con una frecuencia determinada, basadas en la operación de los

activos[1] o tiempo calendario, que puede tomar como referencia días, semanas, meses o años (González, 2011).

En la segunda generación, aparecen los primeros conceptos de optimización de mantenimiento, realizando gestión sobre los tiempos de trabajo u horas hombre invertidas, tiempos de parada, repuestos utilizados y centros de coste que viene a ser el impacto de mantenimiento en las operaciones o de una organización (Gonzáles, 2011).

En la década de los 80, se marca la tercera generación, ante los buenos resultados con las actividades preventivas y la necesidad de optimización de la industria se fijan tres objetivos claros: disponibilidad, fiabilidad y costes. Por ello, se marca la ideología de intervenir los equipos solo cuando fuese necesario, y establecer estrategias de mantenimiento en función a la criticidad de la maquinaria es aquí, donde aparece el mantenimiento según condición o CBM, por sus siglas en inglés, para después ser conocido como mantenimiento predictivo, que centró su acción en el desarrollo, utilización e interpretación de la información tomada por sensores para determinar el deterioro del componente evaluado. Sumado a lo anterior, aparece el concepto outsourcing o tercerización de mantenimiento (Gonzáles, 2011; Ben-Daya et al., 2016).

En consecuencia, se tiene una evolución lenta del mantenimiento hasta la década de los 80, posterior a ello, se marca un hito y se da la implementación de nuevas estrategias y filosofías de mantenimiento marcadas por la necesidad de la industria y el nivel de competencia.

En la cuarta generación del mantenimiento, tenemos las filosofías TPM, RCM y el método MSG-3, desarrollado por la ATA como principales referentes. Así mismo, se

[1] Activo: Según la Norma Técnica Peruana ISO 55000 (2015) se denomina activo a todo elemento, objeto o entidad que tiene un valor potencial o real para la organización. Este puede ser tangible o intangible.

complementas las normas ISO 9001, 14001, 45001 y de forma específica la ISO 55001, que lanzo su primera versión en el 2014, con el objetivo de lograr una integración con sistemas de gestión implementados en la organización en búsqueda de la generación de valor (Gonzáles, 2011; Medrano et al., 2017).

Figura 1

Tendencias en la gestión del mantenimiento

Nota. El gráfico representa las etapas de evolución en la gestión del mantenimiento y evidencia la inclusión de nuevas técnicas. Tomado de F. Gonzáles, 2011. p.32.

En la figura 1 se muestra que en la cuarta generación resaltan los conceptos de RCM, TPM, evaluación de riesgos y la tendencia la implementación y/o certificación de normas gestión.

El enfoque del análisis y evaluación del riesgo, en la cuarta generación, brinda un mayor enfoque sobre la importancia del mantenimiento en el cumplimiento de los objetivos organizacionales.

1.2 Actividades de mantenimiento

Debido al entorno competitivo de la industria actual las organizaciones tienen un claro enfoque en la maximización de la disponibilidad de maquinaria y equipo con el objetivo de cumplir el programa de producción. Así mismo, la disponibilidad de un activo o rendimiento de este no solo depende del diseño, contexto operacional o régimen de trabajo; el mantenimiento es un factor clave para lograr un trabajo dentro del estándar del usuario (Marín, Antero, Otero, León, Arias & Enrique, 2020; Ben-Daya et al., 2016).

Así mismo, Ben-Daya et al. (2016), definen que el mantenimiento *"es la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión durante el ciclo de vida de un activo con el objetivo de conservar o restaurar su condición a un estado en el que pueda realizar la función requerida"* (p.3). Tal como mencionan los autores, el mantenimiento es la interacción de actividades técnicas administrativas y gestión para lograr mantener o recuperar la función que requiere el usuario en su proceso productivo.

Adicional ello, los autores Ben-Daya et al. (2016) indican que la acción más básica de mantenimiento o ejecución de actividades alineadas a la política de mantenimiento de una organización pueden ser:

- Inspecciones: Revisar la conformidad de parámetros definidos mediante mediciones, observar la operación, pruebas. Las inspecciones pueden ser realizadas antes, durante o después de otra actividad de mantenimiento.
- Prueba de cumplimiento: Tiene el objetivo de demostrar el cumplimiento de una características o propiedad.
- Monitoreo: Actividad que tiene como objetivo realizar seguimiento al estado de un activo mediante alguna variable física definida. Se realiza con el equipo en operación.

- Mantenimiento de rutina: Actividades de mantenimiento básicas con ciclos definidos (horas de operación o tiempo calendario).
- Overhaul: Conjunto de acciones que buscan mantener el nivel de disponibilidad y seguridad requerido, los overhaul se realizan en intervalos de tiempo definidos e implican un desmontaje parcial o total del activo.
- Reparación: Acción que busca restaurar la condición o función perdida en un activo.
- Parada de mantenimiento: Parada periódica y planificada para realizar actividades de revisión, reparación, inspección, prueba y reemplazo de componentes (repuestos).

1.3 Clasificación de actividades de mantenimiento

Durante el ciclo de vida de todo activo se identifican 3 etapas. La primera etapa, es la fase de diseño o especificaciones, la segunda etapa es la utilización o tiempo operativo; por último, la disposición de los activos cuando estos son obsoletos. Haciendo énfasis en la etapa de operación se cuentan con variables medibles como rendimiento, condición y propiedades que pueden sufrir variación con el tiempo. Por ello, las actividades de mantenimiento, que buscan ampliar este periodo de utilización, se clasifican en preventivo y correctivo (Ross, 2019).

1.3.1 Mantenimiento correctivo

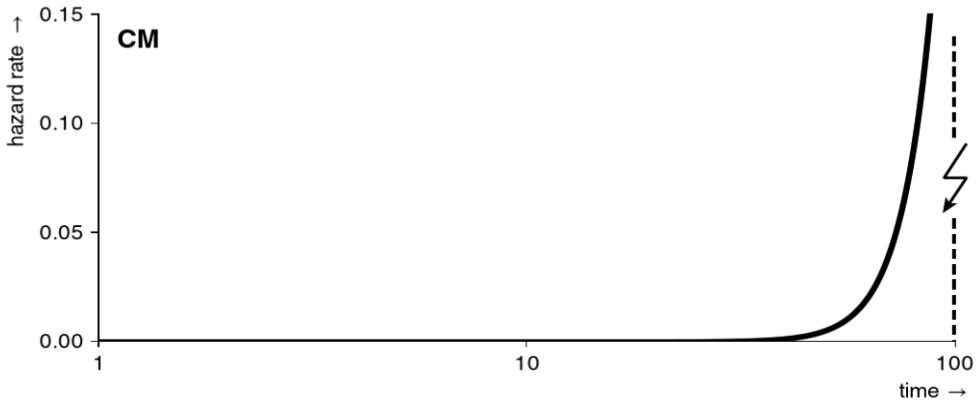
El mantenimiento correctivo tiene como objetivo mitigar el efecto de una falla[2] en un activo, no se realiza ninguna acción hasta que el activo presenta un defecto. La figura 2 muestra

[2] Falla: Pérdida total o parcial de una función operacional. Por ejemplo: para una bomba encargada de trasladar un fluido del punto A al punto B a una razón de 50m3/hr; pérdida total de la función: traslado de 0 m3/hr de fluido; pérdida parcial de la función: traslado de 25m3/hr.

la probabilidad de falla de un componente en el tiempo hasta la ejecución del mantenimiento correctivo (Ross, 2019).

Figura 2

Mantenimiento correctivo: Probabilidad de falla vs Tiempo



Nota. El gráfico muestra el incremento de la probabilidad de falla en función al tiempo de operación. Tomado de R. Ross, 2019, p. 6.

Correctivo de emergencia. El mantenimiento correctivo de emergencia es aquel que se ejecuta de forma inmediata debido a la criticidad de la falla o las consecuencias, tales como: seguridad, medio ambiente y productividad, con el fin de evitar daños mayores (Ben-Daya et al, 2016).

Correctivo programado. Es aquel mantenimiento correctivo que no requiere de una atención inmediata ya que la corrección de la falla puede ser programada, no es una falla crítica y el activo puede seguir operando (Ben-Daya et al, 2016).

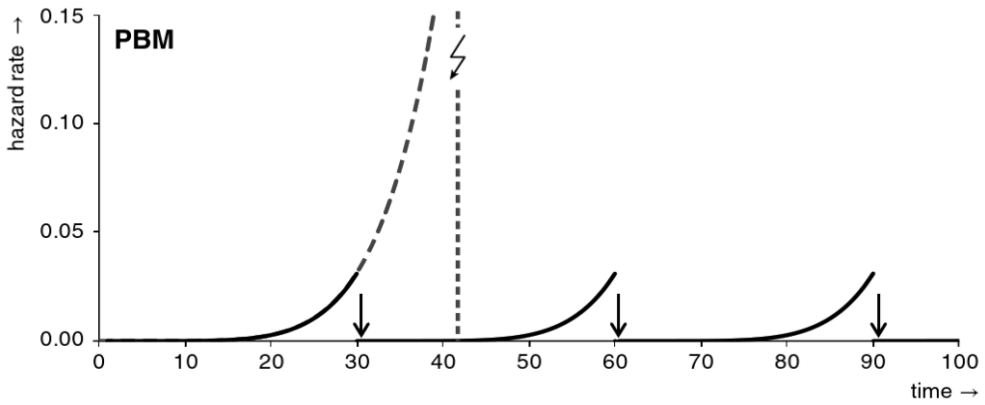
1.3.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo tiene el enfoque de la prevención de una posible falla con acciones de mantenimiento en periodos o ciclos definidos, estos intervalos para ejecución de las actividades pueden ser: días calendario, horas de trabajo, cantidad o volumen producido. La ejecución de estas actividades implica una suspensión en la operación del activo que es coordinada y programada con anticipación para la planificación de los recursos. En la figura

3 se muestra la probabilidad de falla versus el tiempo y el impacto de cada ciclo de mantenimiento preventivo reduciendo la probabilidad de falla (Ross, 2019; Arango, Rosero & Montoya, 2020).

Figura 3

Mantenimiento preventivo: Probabilidad de falla vs Tiempo



Nota. La gráfica busca explicar el principio del mantenimiento preventivo, en el cual los cambios de rutina buscan mitigar la probabilidad de falla en una fase temprana. Tomado de R. Ross, 2019, p. 8.

Mantenimiento preventivo de rutina. Es el mantenimiento preventivo estándar, como se revisó en la sección 1.1, tiene sus orígenes posteriores a la segunda guerra mundial. Como indican los autores Ben-Daya et al. (2016) y Ross (2019), el mantenimiento de rutina puede subdividirse en las siguientes categorías:

Mantenimiento basado en el tiempo: En función al tiempo se tiene tres enfoques para la referencia del tiempo en la ejecución de las actividades de mantenimiento.

- Tiempo calendario: Son todas las actividades por realizar con el tiempo calendario fijo, esto quiere decir que, el calendario, es la fuente para realizar las actividades de mantenimiento de forma masiva a todos los activos.
- Tiempo de uso: Se toma como referencia el tiempo de uso de un componente en específico de cada activo, es decir, las actividades de mantenimiento en todo el activo serán ejecutadas en función a un componente.

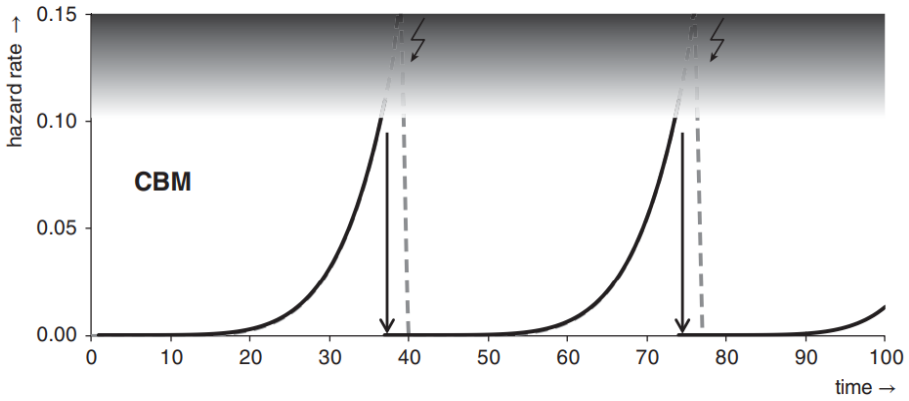
- Tiempo de trabajo: Es una variante del tiempo de uso, la diferencia radica en que el tiempo se detiene cuando el activo no está en uso.

Mantenimiento basado en uso: Las actividades de mantenimiento toman como referencia el uso del activo, el uso se mide bajo las diferentes formas de producción; por ejemplo: toneladas producidas, m3 de agua tratada, etc. Tomando como referencia el uso, se tiene una mejor referencia del deterioro o desgaste en función a los productos conformes (Ross, 2019).

Mantenimiento basado en condición. El mantenimiento basado en condición o CBM por sus siglas en inglés, también conocido como mantenimiento predictivo, tiene como enfoque el extender la ejecución de las actividades de mantenimiento de rutina hasta el punto máximo antes de la falla, mediante el seguimiento a un parámetro físico y la aplicación de técnicas de diagnóstico especializadas para determinar la probabilidad de fallo (Ross, 2019; Arango et al., 2020; Ben-Daya et al., 2016). En la figura 4 se muestra que la intervención al activo se amplía con respecto a la figura 3.

Figura 4

Mantenimiento basado en condición: Probabilidad de falla vs Tiempo



Nota. El gráfico muestra una variante optimizada del mantenimiento preventivo ya que realiza la intervención antes de la falla potencial en el activo. Tomado de R. Ross, 2019, p. 10.

Para la aplicación y eficiencia del CBM es clave la selección del parámetro adecuado a evaluar ya que, nos brindará una medición directa o indirecta del deterioro de un componente seleccionado. En función a la criticidad, este parámetro puede ser avaluado de forma continua o periódica (Ben-Daya et al., 2016).

El CBM puede dividirse en dos tipos, por un lado, las pruebas o test y; por otro lado, el monitoreo de condición. En ambos casos, los datos son analizados para determinar la condición del componente y dimensionar la probabilidad de fallo (Ben-Daya et al., 2016). Como ejemplo de parámetros de medición se tiene las siguientes variables:

Tabla 1

Ejemplos de variables de medición para el CBM

Variable medida	Energía
Vibración	Mecánica
Ruido	Acústica
Temperatura	Térmica
Partículas de desgaste	Química

Nota. En la tabla se consolidan ejemplos de variables de control en el mantenimiento predictivo. Adaptado de M. Ben-Daya et al., 2016.

Mantenimiento oportuno. El mantenimiento oportuno o de oportunidad se realiza en un momento que no es predecible y está relacionado a un evento interno o externo al activo. El mantenimiento oportuno relacionado a un evento interno solo tiene como enfoque el activo a intervenir; por ejemplo, una falla permite realizar actividades de mantenimiento preventivas en componentes que no sufrieron falla o la ejecución de un mantenimiento de rutina permite identificar acciones de mantenido adicionales. Por otro lado, el mantenimiento oportuno relacionado a un evento externo tiene el enfoque de ejecutar actividades de mantenimiento debido a la ocurrencia de eventos en otros procesos o etapas de transformación; por ejemplo, falta de materia prima, cumplimiento del plan de producción (Ben-Daya et al., 2016).

Detección de fallas. Esta actividad de mantenimiento está orientada para activos que no son utilizados de forma frecuente y el objetivo es identificar posibles fallas mediante pruebas antes que activo entre en servicio. Por ello, también podrían ser calificadas como pruebas de pre-arranque (Ben-Daya et al., 2016).

Overhaul. El mantenimiento de Overhaul está orientado al desmontaje total o parcial de un activo para la inspección, reemplazo o reparación sistemática de componentes con el fin de ampliar la vida útil del activo. Este mantenimiento finaliza con el montaje y pruebas de funcionamiento que validan la restauración de la capacidad de servicio bajo los requisitos operaciones; por otro lado, debido al alcance de actividades a realizar, este mantenimiento resulta ser el de mayor costo (Ben-Daya et al., 2016).

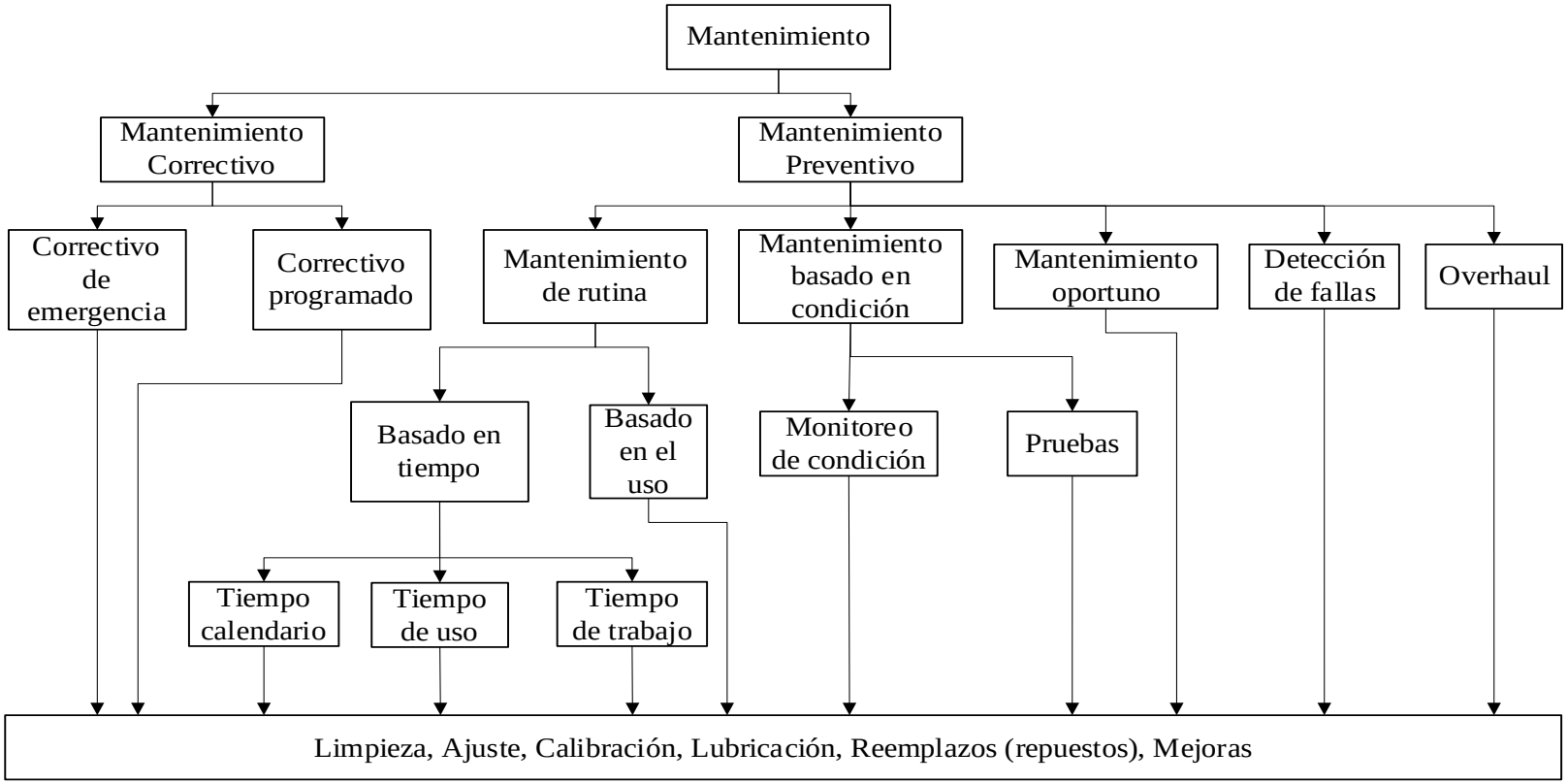
Tal como muestra la figura 5, sin importar la actividad de mantenimiento a realizar en el activo, resulta en lo siguiente:

- Limpieza
- Ajuste
- Calibración

- Lubricación
- Reemplazos
- Mejoras

Figura 5

Clasificación de actividades de mantenimiento



Nota. Tomado de M. Ben-Daya et al., 2016, p. 77.

1.4 Gestión del inventario

La gestión de inventario decanta en una serie de estándares, procedimientos y normas que brindan los lineamientos para la planificación, control y abastecimiento de las existencias en una organización. Por ello, su importancia ya que, la rotación o movimiento de las existencias se traduce en dinero desde la compra de materia prima hasta la venta de producto terminado (Vásconez, Mayorga, Moreno, Arellano & Pazmiño, 2020; Asencio, Gonzales & Lozano, 2017)

El objetivo de la gestión de inventario es lograr una estructura organizacional que permita controlar los niveles de existencias para así determinar el cuándo y cómo comprar, optimizando uno de los principales recursos de toda organización (Asencio et al., 2017).

1.4.1 Inventario

El inventario está presente en toda la cadena de suministro de una organización; quiere decir que, va desde la materia prima (producción) hasta el producto terminado (distribuidores mayoristas y minoristas). Debido al comportamiento del mercado, los niveles de inventario altos pueden causar que una organización sea vulnerable a la variación de la demanda, esto sumado a los costos de almacenamiento hacen que el objetivo sea mantener niveles de inventario bajo. Por ello, constituyen uno de los principales componentes del capital de trabajo de una organización y las decisiones sobre los niveles de inventario se deben tomar en función al costo, rendimiento y riesgo (Asencio et al., 2017).

Así mismo, se define como inventario al listado ordenado, detallado y valorado de los bienes de una organización, los cuales deben ser agrupados y valorados ya que forman parte del patrimonio de una organización (Pérez & Wong, 2018).

Como indica Cruz (2017), los objetivos, básicos, de todo inventario son los siguientes:

- “Reducir riesgos manteniendo los stocks de seguridad en la empresa.

- Reducir los costes, ya que permite programar las adquisiciones y la producción de la empresa de forma más eficiente.
- Reducir las variaciones entre la oferta de la empresa y la demanda de los clientes.
- Reducir costos de distribución del producto, ya que permite programar el transporte." (p. 8).

1.4.2 Variables de impacto en el inventario

Cruz (2017) indica que la gestión del inventario en una organización se ve influenciada, de forma directa, principalmente por las siguientes variables:

- Tiempo: Es la cuantización del tiempo, principalmente, el tiempo de entrega de los proveedores.
- Demanda: Tener un alcance de la demanda futura hace que la gestión del inventario sea eficiente.
- Costos: Aquí se consideran todos los todos los costos asociados al inventario, tales como: adquisición o compra a proveedores, almacenamiento, demanda no cubierta por falta de stock.

1.4.3 Tipo de inventario

Hugos (2020) clasifica el inventario en función al comportamiento de la demanda. Identificando tres tipos, definiéndolos de la siguiente manera:

- Inventario cíclico: Es la cantidad necesaria para satisfacer la demanda, es común la compra de lotes grandes para lograr una mejor negociación y precio final; sin embargo, se debe considerar los costos de almacenamiento, manejo, aseguramiento del inventario para llegar a un valor óptimo.
- Inventario de seguridad: Es aquel inventario que está presente ante la incertidumbre de la demanda, a pesar de incrementar los costos es necesario

debido a que este costo es compensado con la posibilidad de perder ventas debido a un inventario insuficiente.

- Inventario estacional: Es el inventario que se genera debido a un aumento predecible de la demanda en una determinada época del año.

Por otro lado, Cruz (2017) plantea una clasificación del inventario según su función de la siguiente manera:

- Materias Primas: Todo aquel material o elemento que sufrirá una trasformación en el proceso productivo de la organización para convertirse en un componente o producto final.
- Componentes: Son aquellos que formarán parte de un producto terminado o en proceso, de forma independiente son incapaces de ser un producto final.
- Repuestos: Son equillos elementos cullo objetivo es reemplazar alguna pieza de la maquinaria o equipo que se encarga de transformar la materia prima.
- Suministros: Toda maquinaria, equipo o sistema productivo requieren de los suministros para su funcionamiento o proceso de transformación, en función al rubro de la empresa los suministros pueden variar
- Productos terminados: Son el output o salida de los procesos productivos, es decir, aquellos que cumplen con todos los estándares de calidad definidos por la organización.
- Productos en curso: Son aquellos que se encuentran en alguna de las etapas del proceso productivo esperando convertirse en producto final.
- Subproductos: Son aquellos productos que resultan de algún proceso productivo y no forman parte del producto terminado; sin embargo, presentan utilización

en otros procesos (dentro o fuera de la organización) y pueden ser comercializados.

- Residuos: Son aquellos subproductos que deben ser dispuestos, respetando las normal medio ambientales correspondientes ya que no tienen una reutilización económicamente viable.

El alcance del presente proyecto tiene como referencia solo el inventario clasificado como repuestos para mantenimiento. Por ello, en la tabla 2 se resume el comportamiento de los repuestos en mantenimiento aterrizando los conceptos de tipo de inventario en función a las actividades de mantenimiento que se puede ejecutar una organización.

Tabla 2

Actividad de mantenimiento vs tipo de inventario según demanda

Actividad de mantenimiento	Inventario según demanda
Correctivo de emergencia	Inventario de seguridad
Correctivo programado	Inventario de seguridad
Mantenimiento de rutina	Inventario cíclico
Mantenimiento basado en condición	Inventario cíclico
Mantenimiento oportuno	Inventario de seguridad
Detección de fallas	Inventario de seguridad
Overhaul	Inventario estacional

Nota. En la tabla se consolidan los conceptos de actividades de mantenimiento e inventario según la frecuencia de rotación.

1.4.4 Costos de inventario

En la Norma Internacional Contable [NIC] 2 (2005), se define que "el costo de los inventarios comprenderá todos los costos derivados de su adquisición y transformación, así como otros costos en los que se haya incurrido para darles su condición y ubicación actuales" (p. 3).

Tal como se indica en la norma, los costos del inventario no solo implican la adquisición de las existencias; sino también, la transformación, acondicionamiento y almacenamiento. Así mismo, el propósito de la gestión del inventario tiene como objetivo la reducción del costo total en los que incurre la organización para su administración (Oramas, Ortiz & Márquez, 2020; Peña & Silva, 2016). Los autores Ortiz y Márquez (2015) definen los siguientes costos:

- Costos de Adquisición: Comprende los costos de adquisición, aranceles y otros impuestos relacionados de forma directa a la nacionalización en caso de las importaciones.
- Costos de lanzamiento de pedido u orden: Comprende los costos directos e indirectos, fijos y variables relacionados a la compra tales como: personal de compras, transporte precepción, comunicaciones entre otros.
- Costo de conservación: También conocido como costos de almacenamiento, en el cual se involucra los impuestos relacionados, mantenimiento de edificios, alquileres entre otros.
- Costo de faltante: El costo o impacto de la ruptura de stocks. Aterrizando el concepto a mantenimiento, sería el costo de una parada por mantenimiento correctivo, debido a no contar con el repuesto para cambio inmediato.

1.5 Política de inventario

En una política de inventario se definen todas las estrategias para administración eficiente de los recursos de la organización, la política definida por los líderes de la organización debe garantizar la satisfacción del cliente y la reducción de costos (Pérez & Wong, 2018; Gonzales, 2020). Por ello, Gonzáles (2020) menciona que la política de inventario, definida en la organización, debe responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuándo revisar el inventario?
- ¿Cuándo ordenar?
- ¿Cuánto ordenar?

1.5.1 Clasificación del inventario

La clasificación del inventario tiene como objetivo diferenciar los bienes o existencias que conforman el inventario, según los criterios definidos por la organización. De este modo, es posible determinar o establecer la política de abastecimiento óptima en función a la importancia, de tal manera que los esfuerzos y costos sean proporcionales a la importancia definida por la organización (Peña & Silva, 2016).

Clasificación por rotación. La clasificación por rotación o movimiento busca determinar las estrategias para reducir el impacto de la variabilidad de la demanda (Gonzáles, 2020). En la tabla 3 se muestra un resumen de la clasificación según los niveles de rotación de los SKU o códigos únicos destinados a las existencias en la organización a evaluar, siendo la clasificación D la de mayor enfoque puesto que representa al inventario que no presenta movimiento en el horizonte de evaluación establecido, resultado en capital de trabajo inmovilizado; además, de representar el mayor riesgo de obsolescencia; por ello, requiere una continua evaluación de las bajas.

Tabla 3

Clasificación de inventario por rotación

Clasificación	Rotación	Acciones
A	80%	Control estricto, con revisiones periódicas
B	15%	Control intermedio, con revisiones continuas
C	5%	Control menos rígido, con revisiones continuas
D	0%	Determinar el reimpulso de ventas o baja

Nota. Tomando de A. González, 2020, p.136.

Por otro lado, una manera práctica, para determinar el ratio de rotación de un SKU, es calcular la relación entre las existencias del almacén y las salidas de este, se traduce en la siguiente expresión (Cruz, 2017):

Figura 6

Fórmula para la tasa de rotación

$$R = \frac{\sum S}{\sum I}$$

Nota. R: rotación, $\sum S$: total de salidas en el periodo, $\sum I$: promedio de ingresos en el periodo a evaluar. Tomando de A. Cruz, 2017, p. 101.

Clasificación por criticidad. Los autores Alfonso, Rodríguez, García y Hourné (2019), indican que "el análisis de criticidad se aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieren ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. (…)" (p. 225). Como indican los autores, el análisis de criticidad también puede ser aplicado a componentes del equipo; por ende, al inventario de repuestos y así determinar el impacto de no contar con stock estos.

El análisis de criticidad es una metodología semicuantitativa que está directamente relacionada con el riesgo. Dimensionando el riesgo, será posible establecer la jerarquía de

acción sobre el alcance de los procesos, sistemas, equipos o componentes evaluados. Al ser el riesgo una variable naturaleza probabilística, se define como la consecuencia de la probable ocurrencia de un evento no deseado, el cual se define de la siguiente manera (Daquinta, Pérez, Águila, Pérez & García, 2018):

Criticidad (Riesgo) = Probabilidad x Consecuencia

Se define como probabilidad a la incidencia de un evento no deseado y como consecuencia al impacto del evento en el contexto evaluado.

Para establecer la consecuencia, en la ejecución de un análisis de criticidad se debe definir el alcance y propósito; así mismo, establecer los criterios en función al contexto de la organización (Alfonso, Rodríguez, García y Hourné, 2019). Por ello, Alfonso et al. (2019) consideran como principales criterios a los siguientes:

- Seguridad
- Medio ambiente
- Impacto en la producción
- Costos
- Frecuencia
- Tiempos

Aterrizando los tres últimos criterios al contexto de la gestión del inventario ser tendría lo siguiente:

- Costos: Costo del punto de pedido o lote, ya que resultarán en capital de trabajo inmovilizado.
- Frecuencia: Rotación del inventario

- Tiempo: Lead time[3] o tiempo de entrega de los pedidos.

Con los resultados del análisis de criticidad, se establecerá una estructura que facilite la toma de decisiones, direccionado los esfuerzos y recursos sobre las existencias de mayor impacto (Enriques, Díaz, Villar, Del Castillo, Rodríguez & Alfonso, 2016).

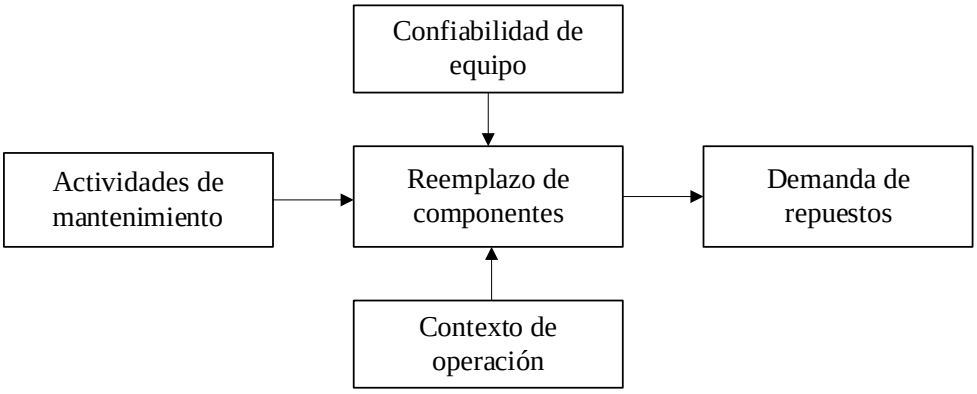
1.5.2 Demanda

La demanda y el comportamiento de esta son claves para determinar el modelo más apropiado para la gestión del inventario, más aún en las existencias que ven afectado su comportamiento por las condiciones del mercado y cuentan con un alto grado de incertidumbre (Oramas et al., 2016).

Tal como indica el resumen de la figura 7, la ejecución de las actividades de mantenimiento, son la fuente, que genera la demanda de repuestos y la necesidad de estos impacta directamente la disponibilidad de los activos.

Figura 7

Actividades de mantenimiento y su impacto en la demanda



Nota. Tomado de M. Ben-Daya et al., 2016, p. 483.

[3] Traducción propia “Tiempo de ciclo”.

Por otro lado, Peña y Silva (2016) indican que el análisis de la demanda debe tener un enfoque según el nivel de dependencia de cada SKU, considerando ello, citan dos tipos de demanda:

- Demanda dependiente: Es aquella demanda que está sujeta directamente a la demanda de otro SKU o proceso (programa de producción o mantenimiento preventivo).
- Demanda independiente: Es aquella demanda que está gobernada por el comportamiento del mercado y tiene un nivel de incertidumbre o aleatoriedad; por ejemplo, producto terminado o repuestos para mantenimiento correctivo de emergencia.

En la tabla 4 se define el tipo de demanda según la actividad de mantenimiento a realizar.

Tabla 4

Actividad de mantenimiento vs dependencia de la demanda

Actividad de mantenimiento	Demanda
Correctivo de emergencia	Independiente
Correctivo programado	Independiente
Mantenimiento de rutina	Dependiente
Mantenimiento basado en condición	Dependiente
Mantenimiento oportuno	Independiente
Detección de fallas	Independiente
Overhaul	Dependiente

Nota. En la tabla se resume la consolidación de conceptos entre las actividades de mantenimiento y el tipo de demanda.

Proyección de la demanda También conocido como pronóstico de la demanda, tiene como base el comportamiento aleatorio de la demanda y la complejidad de anticiparse a su comportamiento. Por ello, el pronóstico de demanda tiene como objetivo la estimación de una variable y la certeza o exactitud de esta estimación, decanta en las decisiones dentro de la organización (Gonzáles, 2020).

Entre los diversos métodos o modelos utilizados para el pronóstico de la demanda, es posible realizar una clasificación en 3 grupos: cualitativos, proyección histórica y causales. Los métodos cualitativos toman como referencia el juicio de expertos, intuición y encuestas (Contreras, Atziry, Martínez & Sánchez, 2016)

Contreras et al. (2016) concluyen que entre los modelos más utilizados se tiene:

- Expectativas de usuario.
- Opinión de la fuerza de ventas.
- Método Delphi.

Por ello, la utilización de estos modelos se basa en la ausencia de datos históricos y la dificultad de establecer tendencias en la demanda (Contreras et al., 2016).

Por otro lado, Gonzales (2020) considera entre los principales modelos de pronóstico de la demanda, que utilizan los datos históricos, a los siguientes:

- Promedio Simple
- Promedio Móvil
- Promedio móvil ponderado
- Suavizamiento exponencial
- Método de índices de estacionalidad

En las figuras 8,9 y 10 se muestran las principales fórmulas o métodos de cálculo para la proyección de la demanda.

Figura 8

Expresión matemática para el cálculo del promedio móvil

$$M_t = \frac{1}{N}\ (d_{t-N+1} + d_{t-N+2} + d_t = \frac{1}{N}$$

Nota. M_t: valor del promedio móvil, N: cantidad de periodos a considerar, d_t: demanda histórica en el periodo T, T: proceso en el que encuentra el periodo. Tomado de A. Contreras et al., 2016, p. 390.

Figura 9

Expresión matemática para el cálculo del promedio móvil ponderado

$$X_t = \frac{\sum_{t=1}^{n} C_i * X_{t-1}}{\sum_{t=1}^{n} C_i}$$

Nota. X_t: promedio móvil ponderado en el periodo T, C_i: factor de ponderación, X_{t-1}: demanda real en unidades en los periodos anteriores a T. Tomado de A. Contreras et al., 2016, p. 390.

Figura 10

Expresión matemática para el cálculo del suavizado exponencial

$$\dot{X}_t = \ \dot{X}_{t-1} + (\alpha\ (X_{t-1} - \dot{X}_{t-1})$$

Nota. $\dot{X}_t$: promedio de ventas en unidades en el periodo t, $\dot{X}_{t-1}$: pronóstico de ventas en unidades en el periodo t-1, X_{t-1}: ventas reales en unidades en el periodo t-1, α: coeficiente de suavización (entre o y 1). Tomado de A. Contreras et al., 2016, p. 390.

Con el alcance de todos los modelos de pronóstico, se debe seleccionar el modelo óptimo según el contexto de la organización en base a la información disponible de cada SKU. De este modo, un método para seleccionar el modelo más adecuado al contexto de la organización es tomar como referencia el error del pronóstico, el error porcentual medio absoluto y la señal de rastreo. Ello quiere decir que, el modelo con el menor valor brindará el pronóstico más exacto en función al histórico de la demanda (Contreras et al., 2016; Gonzales, 2020).

En la figura 11 se tiene la expresión matemática para determinar el error del pronóstico realizado.

Figura 11

Expresión matemática para el cálculo del error

$$E_i = \quad Dr_i - \; Dp_i$$

Nota. E_i: error en el periodo i, Dr_i: demanda real en el periodo i, Dp_i: demanda proyectada en el periodo i. Tomado de A. Contreras et al., 2016, p. 391.

Para el error medio absoluto o DMA se tiene la siguiente expresión:

Figura 12

Expresión matemática para el cálculo del error absoluto

$$DMA = \quad \sum_{i-1}^{n} \frac{|Dr_i - Dp_i|}{n}$$

Nota. DMA: deviación media absoluta, Dr_i: demanda real en el periodo i, Dp_i: demanda proyectada en el periodo i, n: cantidad de periodos considerados. Tomado de A. Contreras et al., 2016, p. 391.

Para la señal de rastreo, la cual nos indica una media de desempeño que permite dimensionar la desviación del pronóstico con respecto a la variación de la demanda, se expresa mediante lo siguiente (Contreras et al., 2016):

Figura 13

Expresión matemática para el cálculo de la señal de rastreo

$$SR = \quad \frac{\sum_{i=1}^{n} Dr_i - Dp_i}{DMA}$$

Nota. SR: señal de rastreo, DMA: desviación media absoluta, Dr_i: demanda real en el periodo i, Dp_i: demanda proyectada en el periodo i. Tomado de A. Contreras et al., 2016, p. 391.

Por último, los métodos causales, consideran que la variable a ser pronosticada tiene una relación causa-efecto con una o más variables; con ello, se utiliza la relación entre estas variables para proyectar el valor futuro de la variable dependiente (Contreras et al., 2016).

Contreras et al. (2016) consideran entre los métodos más utilizados a los siguientes:

- Regresión.

- Técnicas econométricas.

1.5.3 Parámetros críticos para la política del inventario

Como se revisó en el acápite 1.5, una política para la gestión del inventario debe ser capaz de responder las siguientes preguntas: ¿Cuándo ordenar? y ¿Cuánto ordenar?; para ello, es necesario definir los parámetros críticos de reorden como el stock de seguridad y el punto de pedido.

Determinación del lote óptimo. También denominada, en inglés, como EOQ "Economic Order Quantity" se utiliza para reducir el costo de reordenamiento, tomando como referencia los datos históricos de la demanda haciendo que el volumen o cantidad a pedir se adapte en cada pedido (Wanti, Maharrani, Adi, Tripustikasari & Ikhtiagung, 2020).

Para el cálculo del EOQ, Cruz (2017) define que, la organización debe considerar lo siguiente:

- Costos de mantenimiento de los SKU en el almacén.
- Costos en la adquisición y/o realización del pedido.

Figura 14

Expresión matemática para el cálculo del EOQ

$$EOQ = \sqrt{\frac{2\ x\ D\ x\ A}{C\ x\ I}}$$

Nota. D: demanda anual, A: costo de emisión de orden de compra, C: costo unitario del SKU, I: costo anual de posesión de inventario. Tomado de A. Carreño, 2017, p. 37.

Stock de seguridad. El stock o inventario de seguridad tiene como objetivo proteger a la organización contra situaciones no esperadas tales como: variaciones en la demanda, escasez en el suministro, incumplimiento en el tiempo de entrega (Wanti et al.,2020).

El stock de seguridad se puede definir mediante la siguiente expresión en la figura 15

Figura 15

Expresión matemática para el cálculo del stock de seguridad

$$SS = \sqrt{\sigma D^2 L + \sigma L^2 D^2 x\ FS}$$

Nota. SS: stock de seguridad, σD: desviación estándar de la demanda, L: lead time en días, σL: desviación estándar del lead time, D: promedio de la demanda diaria, FS: factor de servicio. Tomado de L. Mora, 2016, p. 50.

El nivel de servicio viene a ser el cumplimiento de la entrega o abastecimiento del SKU y tiene impacto directo en el nivel de inventario ya que incrementará el stock de seguridad para garantizar el abastecimiento. Así mismo, se deduce que, también puede ser denominado como la probabilidad de éxito del cumplimiento de la demanda en una distribución normal; sin embargo, es necesario que este valor se exprese mediante un factor que brinde una equivalencia a una variable entera para su impacto directo en el nivel de stock de seguridad. Dado que se cita el contexto de distribución normal, el factor de servicio, utilizado como equivalencia para el nivel de servicio de un SKU, está dado por el número de desviaciones estándar o valor Z (Carreño 2017 & Mora, 2016 & Santamaría, 2012).

Figura 16

Expresión matemática para el cálculo del nivel de servicio

$$Ns = \frac{Ce}{Cp}\ x100\%$$

Nota. Ns: nivel de servicio, Ce: cantidad entregada, Cp: cantidad planificada. Tomando de A. González, 2020, p.135.

Dado que en la figura 15 se considera solo el factor de servicio, en la tabla 5 se definen las equivalencias de los niveles de servicio más utilizados y su respectivo factor de conversión en función a distribución de probabilidad normal.

Tabla 5

Equivalencia de nivel y factor de servicio

Nivel de servicio (%)	Factor de servicio
75	0.70
85	1
90	1.3
95	1.7
98	2.1
99	2.3
99.99	3.1

Nota. Tomado de L. Mora, 2016, p.50.

Punto de reorden. El punto de reorden también se conoce como punto de pedido (PP), el stock en este punto se interpreta como momento oportuno para solicitar la reposición, quiere decir que es el momento en el que debe reordenar. El punto de reorden tiene relación directa con lead time o plazo de entrega y el stock seguridad según el contexto de la organización (Wanti et al., 2020).

El punto de reorden se determina con la siguiente expresión:

Figura 17

Expresión matemática para el cálculo del punto de reorden

$$PP = (D\ x\ L\ ) + SS$$

Nota. PP: punto de pedido o punto de reorden, D: demanda diaria del SKU, L: lead time, SS: stock de seguridad. Tomado de L. Wanti et al., 2020, p. 4995.

Otros parámetros críticos.

Stock mínimo. Es la cantidad mínima que permite satisface la demanda de un SKU, sin tener eventos de ruptura de stock, el cálculo se da por la siguiente expresión (Cruz, 2017):

Figura 18

Expresión matemática para el cálculo del stock mínimo

$$S_{min} = D\ x\ L$$

Nota. S_{min}: stock mínimo, D: demanda promedio, L: lead time. Tomando de A. Cruz, 2017, p. 92.

Stock máximo. El stock máximo se considera como cantidad máxima de existen en el almacén para lograr un equilibrio entre la rentabilidad y control de costos, el cálculo se da por la siguiente expresión (Cruz, 2017):

Figura 19

Expresión matemática para el cálculo del stock máximo

$$S_{max} = D\ x\ L + SS$$

Nota. S_{max}: stock máximo, D: demanda promedio, L: lead time, SS: stock de seguridad. Tomando de A. Cruz, 2017, p. 93.

Stock medio. El stock medio representa la media de las existencias del almacén en el SKU evaluado, quiere decir que es la inversión promedio de la organización, el cálculo se da por la siguiente expresión (Cruz, 2017):

Figura 20

Expresión matemática para el cálculo del stock medio

$$S_{med} = SS + \frac{Q}{2}$$

Nota. S_{med}: stock medio, SS: stock de seguridad, Q: cantidad almacenada. Tomando de A. Cruz, 2017, p. 99.

1.6 Herramientas de análisis, mejora y calidad

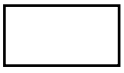
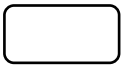
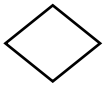
La organización debe ser capaz de medir y evaluar la eficiencia de los procesos internos para la gestión del inventario y definir las estrategias o planes de acción que aporten a la mejora de esta; además, un correcto seguimiento y medición de los inventarios permitirá tomar medidas oportunas en caso se presenten desviaciones o deficiencias en la gestión (Peña & Silva, 2016). Por ello, la política de inventario debe ir de la mano con herramientas de diagnóstico y mejora.

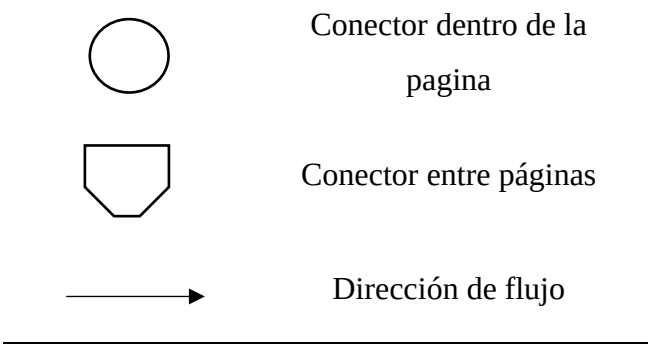
1.6.1 Diagrama de Flujo

Los diagramas de flujo son la representación gráfica que brinda el alcance sobre la serie de actividades presentes en un proceso; así mismo, permite visualizar la interacción entre estas para realizar la evaluación e identificar mejoras (Gutiérrez, 2014).

Tabla 6

Simbología más frecuente en diagramas de flujo

Simbología	Utilización
	Actividad u operación
	Inicio / Fin de un proceso
	Decisión o pregunta
	Almacenamiento
	Demora
	Inspección



Nota. En la gráfica se muestra la utilización de la simbología. Tomado de M. Pérez, 2013, p. 30-31.

1.6.2 Mapa de procesos

Son la representación gráfica de los procesos en una organización, en los que se tiene un alcance de la interacción entre los mismos y el enfoque u orientación al cliente. Quiere decir que, el input de los procesos de la organización son las necesidades y exceptivas del cliente y el output es la satisfacción del cliente (Carmona & Flórez, 2020).

Carmona y Flórez (2020) indican que, los procesos definidos en la organización pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Procesos estratégicos: Son los procesos que brindas los lineamientos o políticas de la organización
- Procesos operativos: Son los procesos que están directamente relacionados con la misión y visión de la organización, tienen un impacto directo con el cliente.
- Procesos de apoyo: Son los procesos que brindan soporte a los procesos operativos, no tienen un impacto directo con el cliente.

1.6.3 Diagrama Causa – efecto

El diagrama causa – efecto o también conocido como “Las 5M”, espina de pescado o diagrama de Ishikawa es una herramienta de clasificación de causas o hipótesis que originan un problema, esta herramienta es eficiente si se combina con la herramienta de los 5 porques para así identificar la causa raíz del problema (Gillet-Goinard & Seno, 2014).

Según Gillet-Goinard & Seno (2014) durante la lluvia de ideas las causas pueden agruparse de las siguientes categorías:

- Mano de obra
- Entorno
- Método
- Materias primas
- Medios

Tabla 7

Alcance de clasificación de causas en diagrama causa efecto

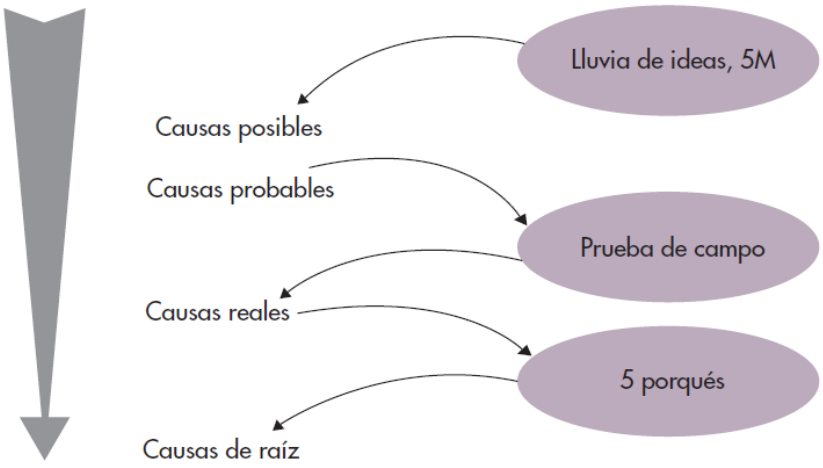
Clasificación	Contexto
Mano de obra	Competencia, motivación del personal
Entorno	Condiciones o ambiente de trabajo (iluminación, estaciones de trabajo, etc.)
Método	Política, procedimientos e instructivos
Materias primas	Insumos del proceso sujetos a transformación
Medios	Maquinaria y herramientas utilizados en el proceso

Nota. Tomado de Gillet-Goinard y Seno, 2014, p. 107

En la figura 21, se grafica el desarrollo de la herramienta para la identificación de la causa raíz, partiendo con la lluvia de ideas de las 5M y finalizando con la aplicación de los 5 porque a las causas reales, de esta forma es posible identificar la causa raíz de un problema a evaluar.

Figura 21

Diagrama de metodología de las 5 M

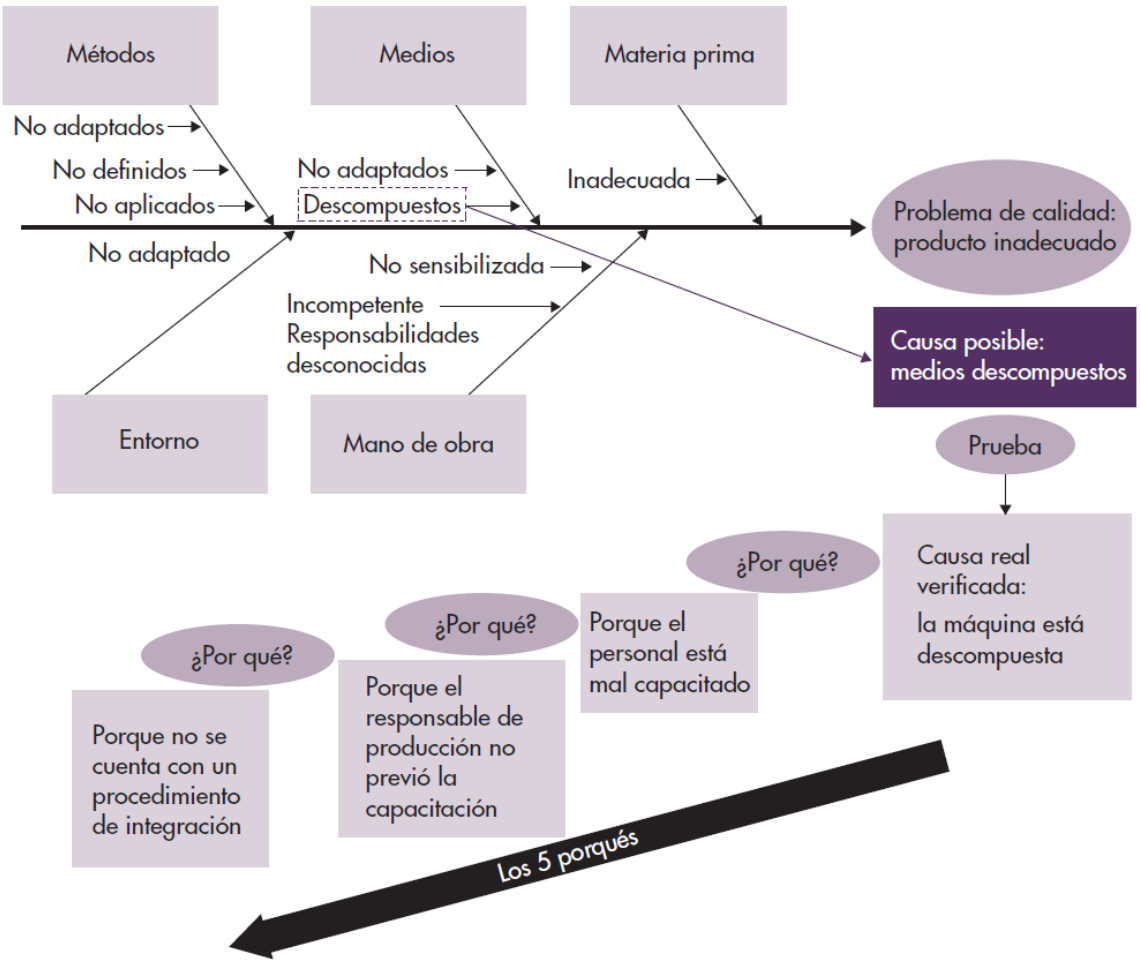


Nota. En la gráfica se muestra la interacción de la metodología de las 5M y los 5 porqués. Tomado de Gillet-Goinard y Seno, 2014, p. 108.

En la figura 22, se cuenta con un ejemplo del a combinación del diagrama causa – efecto y la aplicación de los 5 porqués el diagnóstico de la causa raíz al evento o problema de calidad en un producto evaluado.

Figura 22

Ejemplo de gráfico diagrama causa – efecto



Nota. Tomado Gillet-Goinard y Seno, 2014, p. 109

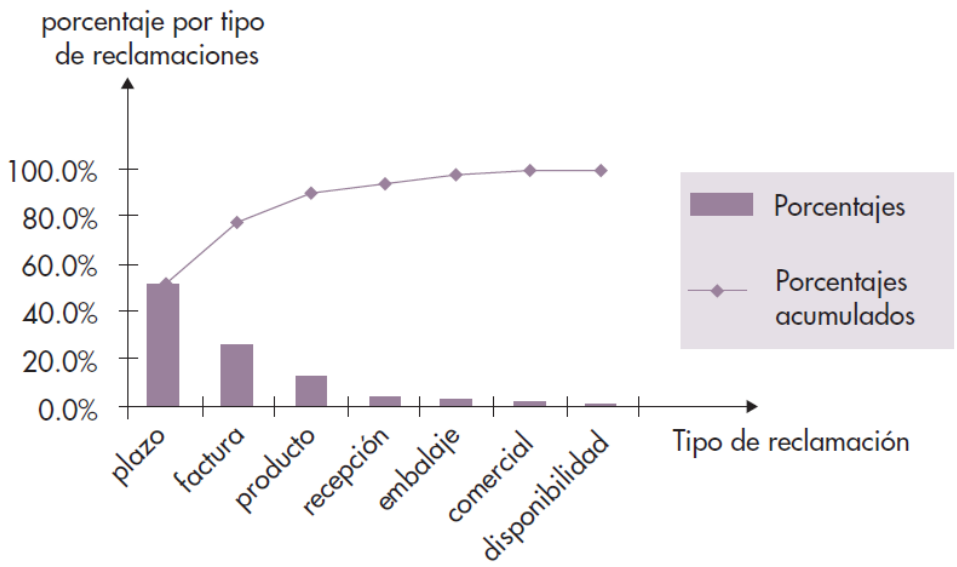
1.6.4 Diagrama de Pareto

El objetivo de un diagrama Pareto es determinar, visualmente, los problemas más representativos o de mayor impacto en una base de datos, tiene como base la ley del 80-20 que se traduce en el 20% de eventos que generan el 80% de los problemas en una organización (Gillet-Goinard & Seno, 2014). Por ello, al aplicarlo en una organización, hace que concentre sus recursos a los problemas que generan más desviaciones en el proceso que se está evaluando.

En la figura 23 se nuestra un ejemplo de un gráfico de Pareto de la evaluación de los reclamos recibidos por una empresa en un horizonte de 6 meses.

Figura 23

Ejemplo de gráfico Pareto



Nota. Tomado de Gillet-Goinard y Seno, 2014, p. 100.

Según Gillet-Goinard & Seno (2014) para realizar un diagrama de Pareto se deben seguir los siguientes pasos:

- Consolidar los datos, validar la información.
- Realizar un orden decreciente (de mayor a menor).
- Calcular el porcentaje cada evento con referencia a la suma total de la muestra, también realizar el porcentaje acumulado.
- Trazar el grafico. El acumulado por cada evento será representador por barras y el porcentaje acumulado por una línea hasta el 100%.
- Interpretar el gráfico.

1.6.5 Estandarización de procesos

Políticas. Son las normas generales de una organización que orientan en la toma de decisiones a múltiples niveles, en ellas se establece el contexto, ámbito y límites dentro de los cuales es posible ejecutar una acción que se encuentra en el alcance de política definida; por ello, deben ser claras y no estar sujetas a interpretaciones (Louffat, 2015).

Según Louffat (2015), la información mínima que debe tener una política es la siguiente:

- Denominación.
- Propósito o alcance.
- Definiciones.
- Contenido.
- Unidad organizativa responsable.

Procedimientos. Es aquel documento en la organización que tiene como objetivo brindar las etapas y secuencias, descritas de forma general, que deben realizarse al ejecutar una función o proceso específico. Así mismo, su implementación permite garantizar la homogeneidad en los productos, sean bienes y/o servicios, ofertados por la organización (Louffat, 2015; Gillet-Goinard & Seno, 2014).

Según Louffat (2015), la información mínima que debe tener un procedimiento es la siguiente:

- Denominación
- Finalidad o alcance
- Flujograma
- Texto explicativo
- Unidad organizativa responsable.

Instructivos. Es aquel documento en la organización que se encarga de explicar y detallar, de forma específica, el uso o secuencia para la ejecución de una actividad dentro de un proceso definido. Por ende, los instructivos son los documentos que complementan a los procedimientos definidos ya que se detalla la ejecución de las tareas más críticas descritas en el procedimiento (Louffat, 2015; Gillet-Goinard & Seno, 2014).

Según Louffat (2015), la información mínima que debe tener un instructivo es la siguiente:

- Denominación
- Finalidad o alcance
- Ayuda gráfica
- Texto explicativo

1.7 Casos de éxito

1.7.1 Caso 1: Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva (Gonzales, 2020 p. 133-142)

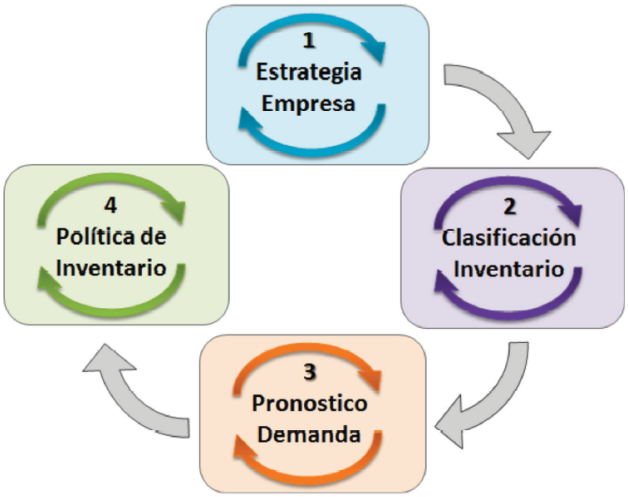
El presente caso expone una metodología para la gestión de inventarios en una empresa con el enfoque de multi productos y con variación en la demanda. El desarrollo del proyecto se realiza de la siguiente manera:

- Etapa 1: Identificación de la estrategia competitiva de empresa
- Etapa 2: Evaluación del nivel de servicio.
- Etapa 3: Clasificación del inventario.
- Etapa 4: Pronóstico de la demanda.
- Etapa: 5: Política de inventarios de la empresa.

En la figura 24 se resumen las principales etapas para la implementación del modelo, que parten desde la estrategia competitiva de la organización hasta definir la política de inventarios que este alineada a la estrategia.

Figura 24

Etapas de implementación del modelo planteado



Nota. Tomando de A. González, 2020, p.138.

En la tabla 8 se resume el incremento del nivel de servicio promedio para los materiales según la clasificación ABC del inventario, posterior a la aplicación del modelo de pronóstico de la demanda, ello demuestra que los modelos de pronóstico de la demanda y la definición de una política son capaces de incrementar el nivel de servicio de un almacén.

Tabla 8

Resultados del nivel de servicios tras la implementación de la metodología

Clasificación	% Rotación	Antes	Después
A	80%	70.43%	79.81%
B	15%	11.87%	14.95%
C	5%	2.04%	2.96%

Clasificación	% Rotación	Antes	Después
Total	100%	84.33%	97.72%

Nota. Tomando de A. González, 2020, p.138.

1.7.2 Caso 2: Gestión de inventarios en la empresa Soho Color salón & spa en Trujillo (Pérez & Wong, 2018 p. 1 - 20)

El caso propone una metodología para la mejora en la gestión del inventario de una empresa de servicios de belleza, en el cual se realiza el cálculo para redefinir los parámetros de reorden con el objetivo de una reducción de costos. El proyecto se desarrolla en las siguientes etapas:

- Etapa 1: Diagnóstico de la situación actual.
- Etapa 2: Diseño del modelo de gestión de inventarios
- Etapa 3: Análisis ABC y definición de parámetros de reorden en función a datos históricos.
- Etapa 4: Comparación de costos

Los resultados del sistema de gestión de inventariaros se resumen en la tabla 9, mostrado un ahorro acumulado de S/174,065 equivalente a un 45% en costos de inventario, este ahorro libera capital de trabajo en la organización que fue objeta del estudio.

Tabla 9

Impacto económico del sistema de gestión de inventario

Producto	Lote óptimo	Costo óptimo	Lote actual	Costo actual	Diferencia
Tinte evolution	27	S/ 72,726	450	S/ 179,044	S/ 106,319
Blondor	11	S/ 43,224	74	S/ 52,854	S/ 9,631
Tinte color essense	27	S/ 31,235	438	S/ 75,722	S/ 44,487

Producto	Lote óptimo	Costo óptimo	Lote actual	Costo actual	Diferencia
Aceite propelos	10	S/ 25,425	60	S/ 29,875	S/ 4,450
Wellastrate Intenso	15	S/ 19,554	137	S/ 28,162	S/ 8,608
Keratina	6	S/ 12,730	20	S/ 13,301	S/ 571

Nota. Tomado de M. Pérez y H. Wong, 2018, p. 17.

1.7.3 Caso 3: Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos (Contreras et al., 2016 p. 387–396)

El caso propone la utilización del pronóstico de la demanda en función a datos históricos para determinar los ingresos y salidas una cámara de frío destinada a alimentos perecederos, con el fin de determinar los recursos necesarios en función a la demanda. El proyecto se desarrolla en las siguientes etapas:

- Diagnóstico de la organización objetivo.
- Priorización de la cámara con la mayor rotación para la aplicación del modelo.
- Clasificación ABC de los SKU.
- Proyección de ingresos y egresos de SKU priorizados
- Selección del modelo de pronóstico más adecuado en función a los datos históricos

Tabla 10

Demanda y error de estimación

	Semana 53	Error		Semana 54	Error	
Técnica	Ingresos (kg)	DMA	ST	Ingresos (kg)	DMA	ST
Promedios móviles	15.694	17.209	1,33	9.579	16.865	1,36
Promedios móviles ponderados	11.474	17.127	0,97	9.364	16.784	0,99
Suavización exponencial	18.721	15.437	4,04	18.721	15.140	4,12
Suavización exponencial ajustada	81.572	20.132	18,62	83.550	19.753	18,91

Nota. Tomado de A. Contreras et al., 2016, p. 393.

En la tabla 10, resume los modelos de pronóstico de los ingresos a la cámara de un SKU seleccionado; así mismo, se muestra el criterio de selección del modelo óptimo en función al error del pronóstico. Entre la principal conclusión del proyecto tenemos que los modelos de pronóstico y el análisis de los resultados permiten plantear estrategias para satisfacer la demanda de los SKU ya que se minimiza la incertidumbre en la operación y la planificación de los recursos necesarios para la mejora del costo operativo.

Como se evidencia en los tres casos citados, la implementación de un sistema o política para la gestión del inventario genera una mejora en los costos de la organización ya que con estas es posible realizar una planificación oportuna de los recursos permitiendo liberar capital de trabajo

1.8 Normativa

1.8.1 Norma internacional de contabilidad [NIC] 2: Inventarios

La Norma internacional contable 2 o NIC 2, como también se le conoce, tiene como objetivo brindar un estándar internacional para el tratamiento contable del inventario en una organización (NIC 2, 2005). Esta norma también es puesta en práctica por el estado peruano y es una referencia para el Ministerio de Economía y Finanzas – MEF.

Así mismo, el Instituto nacional de contadores públicos de Colombia, interpreta el alcance de la norma según la figura 25. Por ello, se infiere que, la organización se encuentra dentro del alcance de la norma.

Figura 25

Alcance de la NIC 2

Nota. Tomado de Instituto Nacional de Contadores Públicos de Colombia, 2022.

Adicional a ello, en la NIC 2 (2005) se deja una perspectiva clara para identificar los costos del inventario indicando que "comprenderá todos los costos derivados de su adquisición y transformación, así como otros costos en los que se haya incurrido para darles su condición y ubicación actuales" (p.3). En la tabla 11 se brinda una guía de los costos que deben ser considerados y excluidos del valor del inventario, se debe recalcar que los costos que no forman parte del inventario deben ser tratados como gastos dentro del periodo.

Tabla 11

Identificación de costos del inventario según la NIC 2

Dentro del alcance del costo del inventario	Fuera del alcance del costo del inventario
- Todos los costos asociados a la adquisición, transporte y almacenamiento del inventario, incluyendo impuestos no recuperables. - Costos de asociados a la transformación del inventario, los cuales están relacionados	- Desperdicios o mermas. - Costos de almacenamiento que no sean necesarios en el proceso de producción. - Costos administrativos que no contribuyan en la condición o ubicación del inventario. - Gasto de ventas.

directamente con la producción. Además, se considerarán los costos indirectos de fabricación sean fijos o variables. - Según la NIC 23, algunos costos por préstamos. - Otros costos destinados a la condición y ubicación del inventario.	- Costos financieros o por intereses que no están incluidos en el alcance de la NIC 23.

Nota. Adaptado de NIC 2, 2005.

Por otro lado, para determinar el costo del inventario, según la NIC 2, se presenta una diferenciación en función a la intercambiabilidad del inventario, esta clasificación para le valorización del inventario se define en la tabla 12.

Tabla 12

Valorización del inventario según la NIC 2

Inventario intercambiable	Inventario no intercambiable
Primera entra primera salida (FIFO) Costo promedio ponderado	Identificación específica de costos individuales

Nota. Adaptado de NIC 2, 2005.

Además, se define el término de valor neto realizable como el valor de recupero cuando el costo del inventario no puede ser recuperable debido a casos de daño, obsolescencia o reducción de precio en el mercado (NIC 2, 2005). Según la NIC 2 (2005), estas estimaciones se "basarán en la información más fiable de que se disponga, en el momento de hacerlas, acerca del importe por el que se espera realizar los inventarios." (p. 6). Así mismo, la NIC 2 (2005) indica las siguientes prácticas para este fin:

- Reducir los importes hasta llegar al valor neto realizable ya que, no se pueden registrar en los libros contables, montos que superan el valor esperado al momento de la venta.

- Trabajar con partidas, en función al contexto de la organización, se podría agrupar partidas que guarden relación.
- Al ejecutar la reducción del valor neto realizable se debe considerar el propósito del inventario.
- El valor neto realizable no debe aplicarse a las materias primas y otros suministros del proceso de producción a menos que el costo del producto este por debajo del mismo. Cuando ocurre este fenómeno, el costo de reposición del inventario es el mejor valor neto realizable.
- La evaluación del valor neto realizable se debe ejecutar al cierre de cada periodo, en el cual se modificaron las causas que ocasionaron la rebaja o al contar con una evidencia clara del incremento del valor en el mercado la acción ejecutada para reducir el valor debe ser revertida.

Por otro lado, cuando el inventario sea vendido, el importe en los libros contables será reconocido como un gasto del periodo, en el cual se presentaron los ingresos por esta operación. Así mismo, las rebajas debido a la necesidad de alcanzar el valor neto realizable, obsolescencias u otras pérdidas deben reconocerse en el periodo de ocurrencia, así como las reservas ejecutadas cuando se presente una recuperación del valor (NIC 2, 2005).

Por último, según la NIC 2 (2005), toda organización debe mostrar en sus estados financieros la siguiente información:

- Políticas contables y fórmulas de determinar el costo del inventario.
- Importe en libros contables de los inventarios totales y parciales según la clasificación que la organización considere pertinente.
- Importe de los inventarios que se llevan a valor realizable.
- Importe de inventario reconocido como gasto.

- Importe de las rebajas el inventario.
- Importe de las revisiones a las rebajas del inventario.
- Causas que originaron la reducción del valor del inventario.
- Inventario en garantía para el cumplimiento de deudas.

2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el presente capítulo se desarrollará el diagnóstico de la situación actual en la organización objetivo, para ello, se tomará como referencia la visión, la misión y datos históricos del comportamiento del inventario. La finalidad de este capítulo identificar posibles oportunidades de mejora basándose en el análisis de registros y la identificación de los problemas.

2.1 Organización objetivo

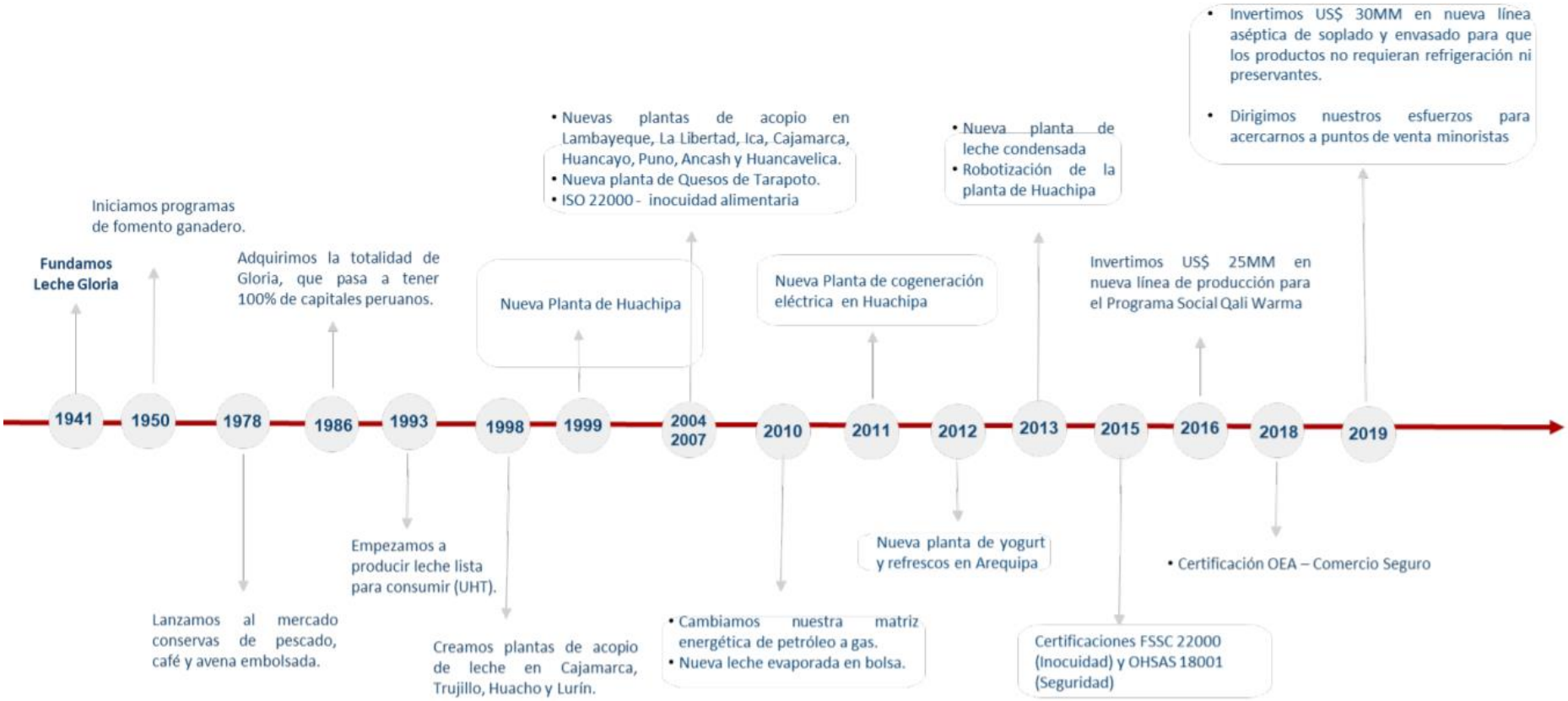
2.1.1 Reseña histórica

Leche Gloria S.A., es una empresa de capitales peruanos que fue fundada en el año 1941, en la región de Arequipa (Gloria, 2021). En el año 1942 lanzó sus operaciones a un ritmo de producción de 166 cajas de leche por día, iniciando una historia de éxito en el mercado nacional. Por ello, en 1978 fue vendida a Carnation Company cambiando su razón social a Gloria S.A. Ya en capitales extranjeros, en 1978, Gloria S.A. fue adquirida por Nestlé Suiza tras la compra de Carnation Company a nivel internacional (Gloria, 2021).

En 1986, la empresa local, José Rodríguez Banda S.A. compró la mayoría de las acciones de Gloria S.A., regresando a capitales peruanos. Así mismo, debido a que el mayor mercado se encontraba en la capital, se construye el completo industrial Huachipa e inicia operaciones en 1999. Este incremento en la capacidad de producción permitió expandir sus operaciones a nivel internacional abasteciendo, actualmente, a 39 países (Gloria, 2021). En la figura 26 se muestran los principales hitos en la organización.

Figura 26

Infografía de Leche Gloria S.A.



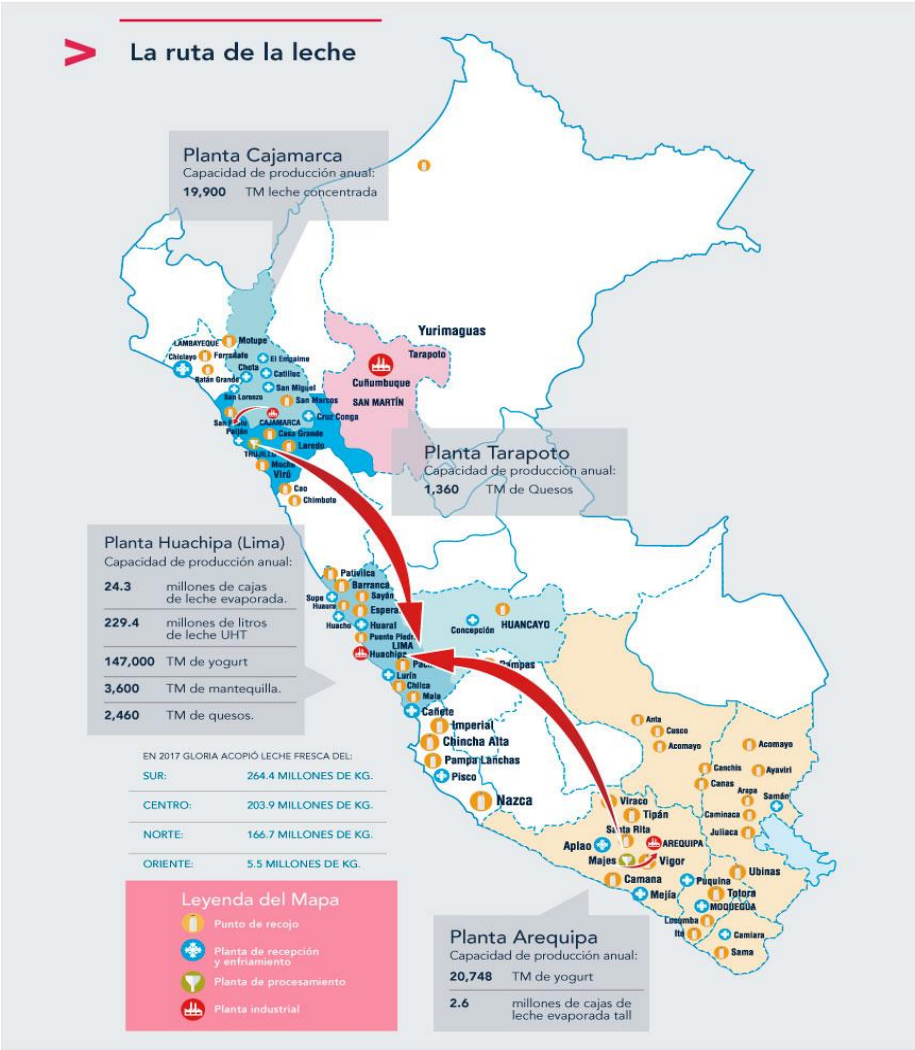
Nota. En el gráfico se define, mediante una línea de tiempo, los principales hitos en la organización. Tomado de Leche Gloria S.A., 2019, p.9.

2.1.2 Principales plantas de producción

La organización tiene su producción descentralizada a nivel nacional, como se muestra en la figura 27, cuenta con 4 principales plantas de producción, las cuales se codifican como centros en la estructura del ERP SAP, siendo Huachipa la principal debido a los índices de producción.

Figura 27

Plantas de producción a nivel nacional


La ruta de la leche
Planta Cajamarca
Capacidad de producción anual:
19,900 TM leche concentrada
Planta Tarapoto
Capacidad de producción anual:
1,360 TM de Quesos
Planta Huachipa (Lima)
Capacidad de producción anual:
24.3 millones de cajas de leche evaporada.
229.4 millones de litros de leche UHT
147,000 TM de yogurt
3,600 TM de mantequilla.
2,460 TM de quesos.
EN 2017 GLORIA ACOPIÓ LECHE FRESCA DEL:
SUR: 264.4 MILLONES DE KG.
CENTRO: 203.9 MILLONES DE KG.
NORTE: 166.7 MILLONES DE KG.
ORIENTE: 5.5 MILLONES DE KG.
Leyenda del Mapa
Punto de recojo
Planta de recepción y enfriamiento
Planta de procesamiento
Planta industrial
Planta Arequipa
Capacidad de producción anual:
20,748 TM de yogurt
2.6 millones de cajas de leche evaporada tall
Yurimaguas
Tarapoto
Cuñumbuque
SAN MARTÍN
CAJAMARCA
HUANCAYO
Imperial
Chincha Alta
Pampa Lanchas
Pisco
Nazca
AREQUIPA
Vigor
Camana
Mejía
Majes
Aplao
Tipán
Viraco
Juliaca
Ubinas
Tolora
MOQUEGUA
Sama
Acomayo
Ayaviri
Sandia
Cusco
Anta
Chimbote
Huarmey
Huacho
Huaral
Chilca
Mala
Cañete
Lurín
Chiclayo
Lambayeque
Motupe
Jaén
Cajamarca
Cajabamba
Celendín
Cutervo
Chota
Bagua Grande
Tocache
Tingo María
Huánuco
Cerro de Pasco
Tarma
Jauja
Ica
Nasca
Puquina
Camaná
Caravelí
Chuquibamba
Ilo
Moquegua
Tacna
Puno
Juliaca
Sandia
Ayacucho
Abancay
Andahuaylas
Huancayo
Concepción
Tarma
Junín
Pucallpa
Tocache
Tingo María
Huánuco
Cerro de Pasco
Huaraz
Chimbote
Huarmey
Huacho
Huaral
Chilca
Mala
Cañete
Lurín
Pachacámac
Huachipa
Puente Piedra
Lima
Huaral
Huacho
Huarmey
Supe
Barranca
Pativilca
Sayán
Espera
Chimbote
Cao
Virú
Trujillo
Chiclayo
Lambayeque
Motupe
Jaén
Cajamarca

Así mismo, en la tabla 13 se resumen los principales centros de la organización contando con un total de 4 plantas de producción, 2 concentradoras de leche y una fábrica he hojalata a nivel nacional.

Tabla 13

Resumen de centros

Centro	Denominación	Característica
100	Planta Huachipa	Producción
101	Planta Arequipa	Producción
105	Planta Majes	Concentración
106	Planta Trujillo	Concentración
109	Planta Cajamarca	Producción
121	Planta Tarapoto	Producción
129	Planta Virú	Hojalata

Nota. En la tabla de resume el código del centro según el ERP de la organización, la ubicación física y el "core" de cada planta.

2.1.3 Misión

"Desarrollar los mercados de alimentos con productos ricos, nutritivos y accesibles, de forma eficiente y sustentable, asegurando la calidad, el cuidado de las personas y un futuro más saludable." (Leche Gloria S.A., 2021)

2.1.4 Visión

"Ser la mejor empresa de alimentos en Latinoamérica, reconocida por nuestro aporte a la nutrición, sustentabilidad, innovación y desarrollo de talento de nuestros colaboradores" (Leche Gloria S.A., 2021)

2.1.5 Productos

En la figura 28 se muestra todas las marcas elaboradas en los complejos industriales de Huachipa, Arequipa y Cajamarca.

Figura 28

Marcas producidas por Leche Gloria S.A

Nota. Tomado de Leche Gloria S.A., 2019 p.21

Tabla 14

Productos por categoría

Lácteos	Derivados lácteos
Bebidas	**Alimentos**

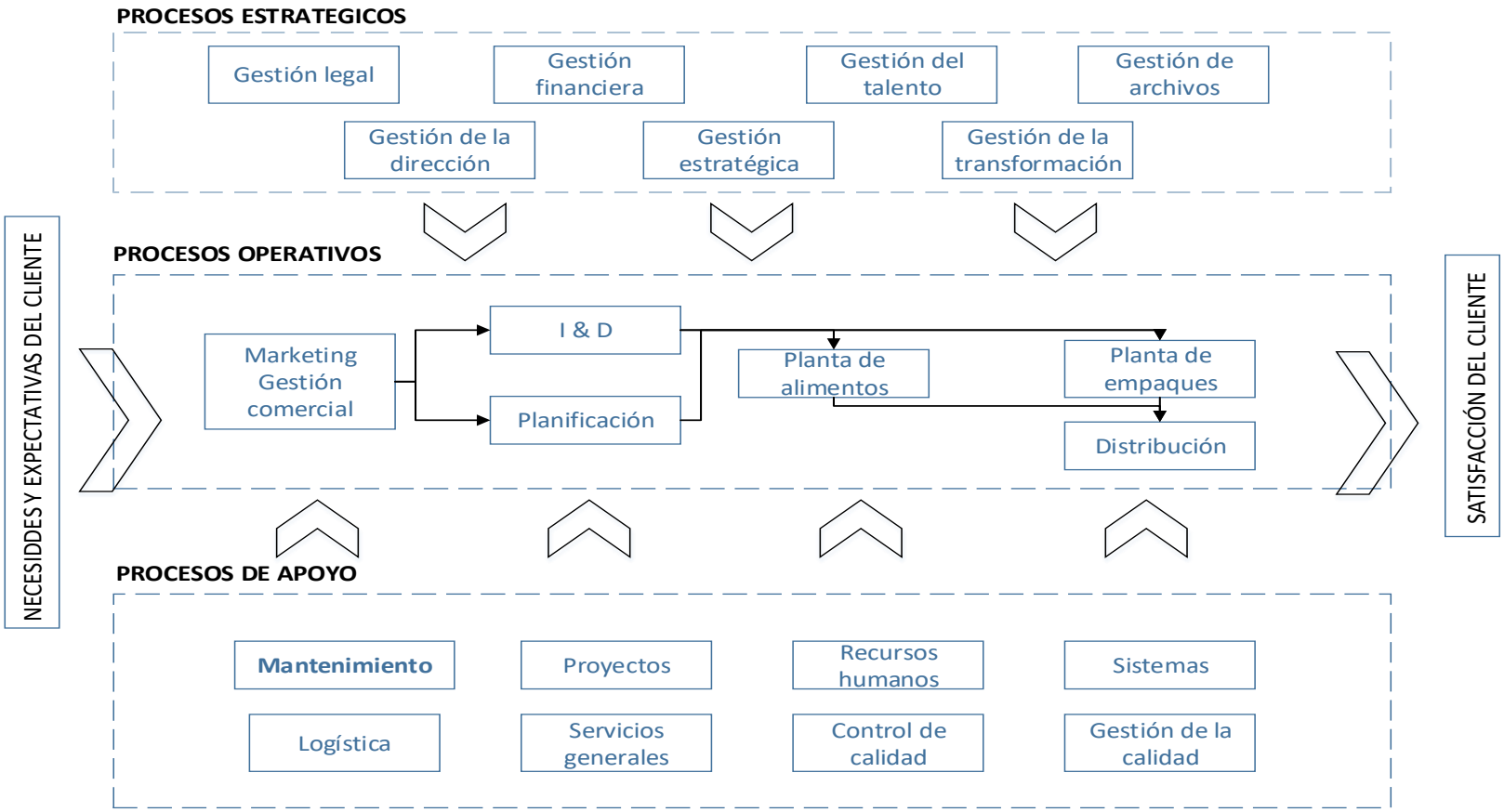
Nota. Tomado de Leche Gloria S.A., 2019 p.21

Como se resume en la tabla 14, la organización no solo está orientada a la comercialización de productos lácteos sino también a los alimentos o productos no lácteos como los panetones Gloria.

2.1.6 Mapa de procesos

Figura 29

Mapa de procesos Leche Gloria S.A.



2.2 Situación actual

2.2.1 Actividades de mantenimiento implementadas en la organización

Figura 30

Diagrama de flujo para el mantenimiento correctivo programado

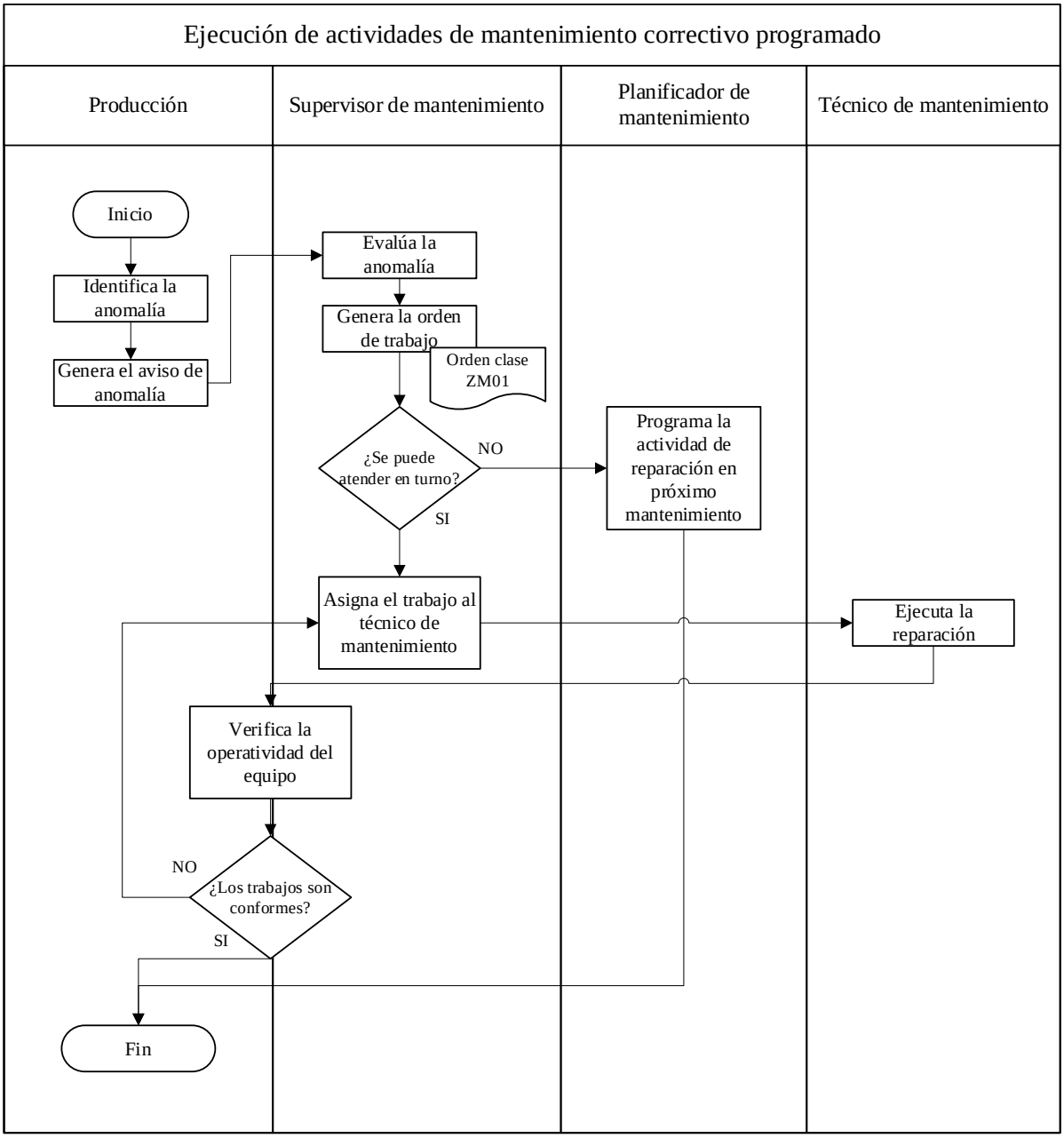


Figura 31

Diagrama de flujo para el mantenimiento correctivo de emergencia

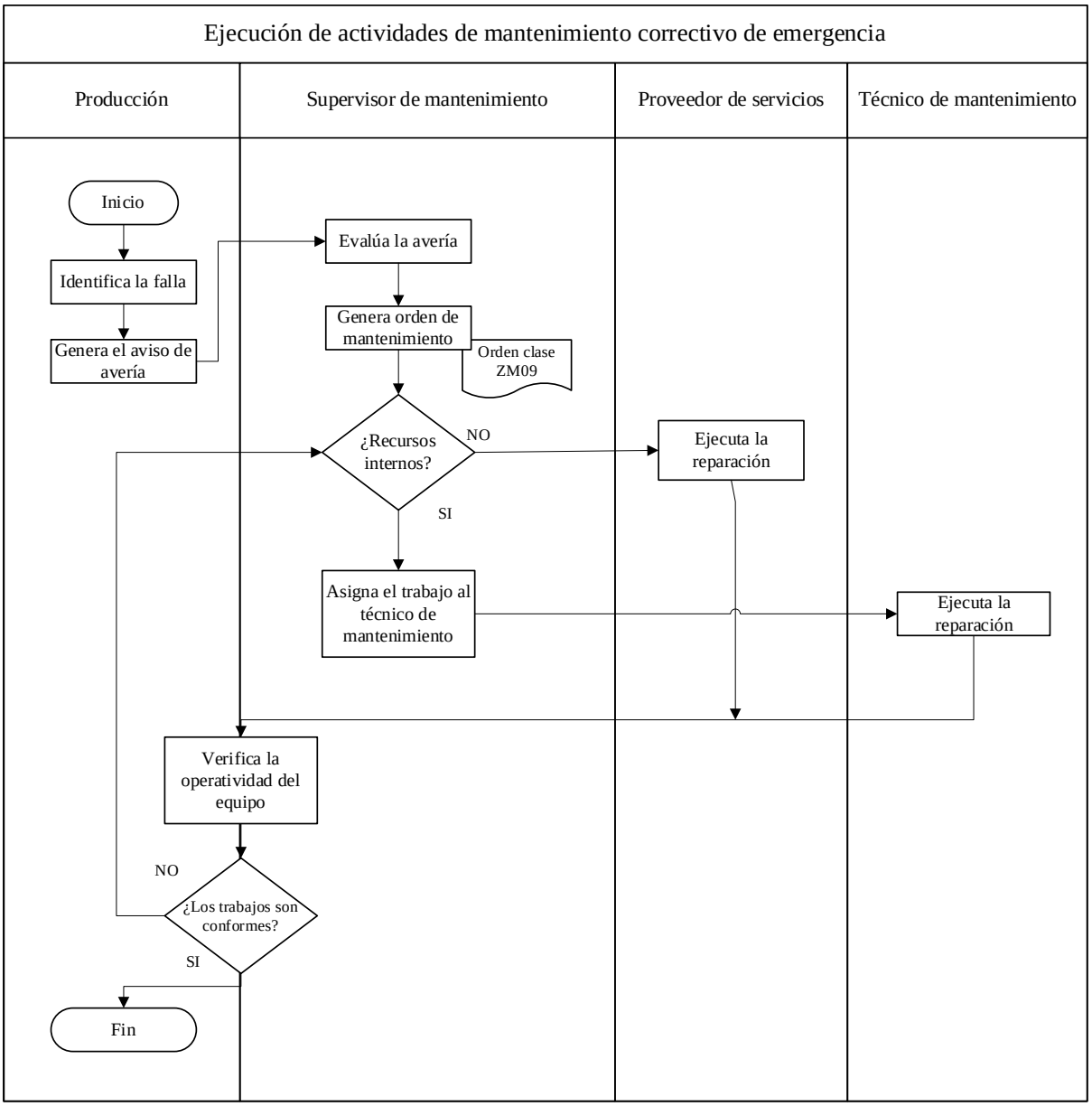


Figura 32

Diagrama de flujo para el mantenimiento preventivo

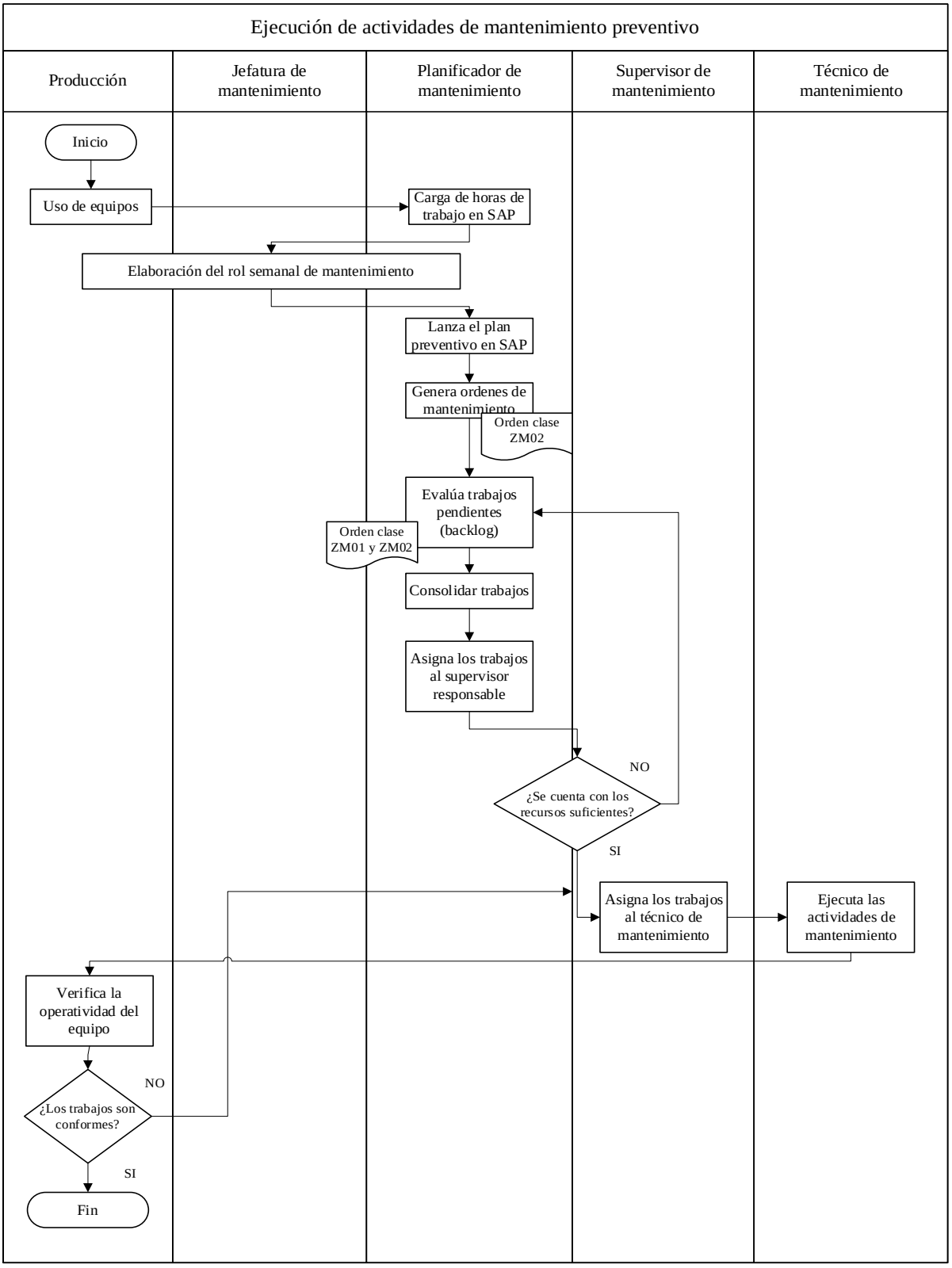


Figura 33

Diagrama de flujo para el mantenimiento mayor

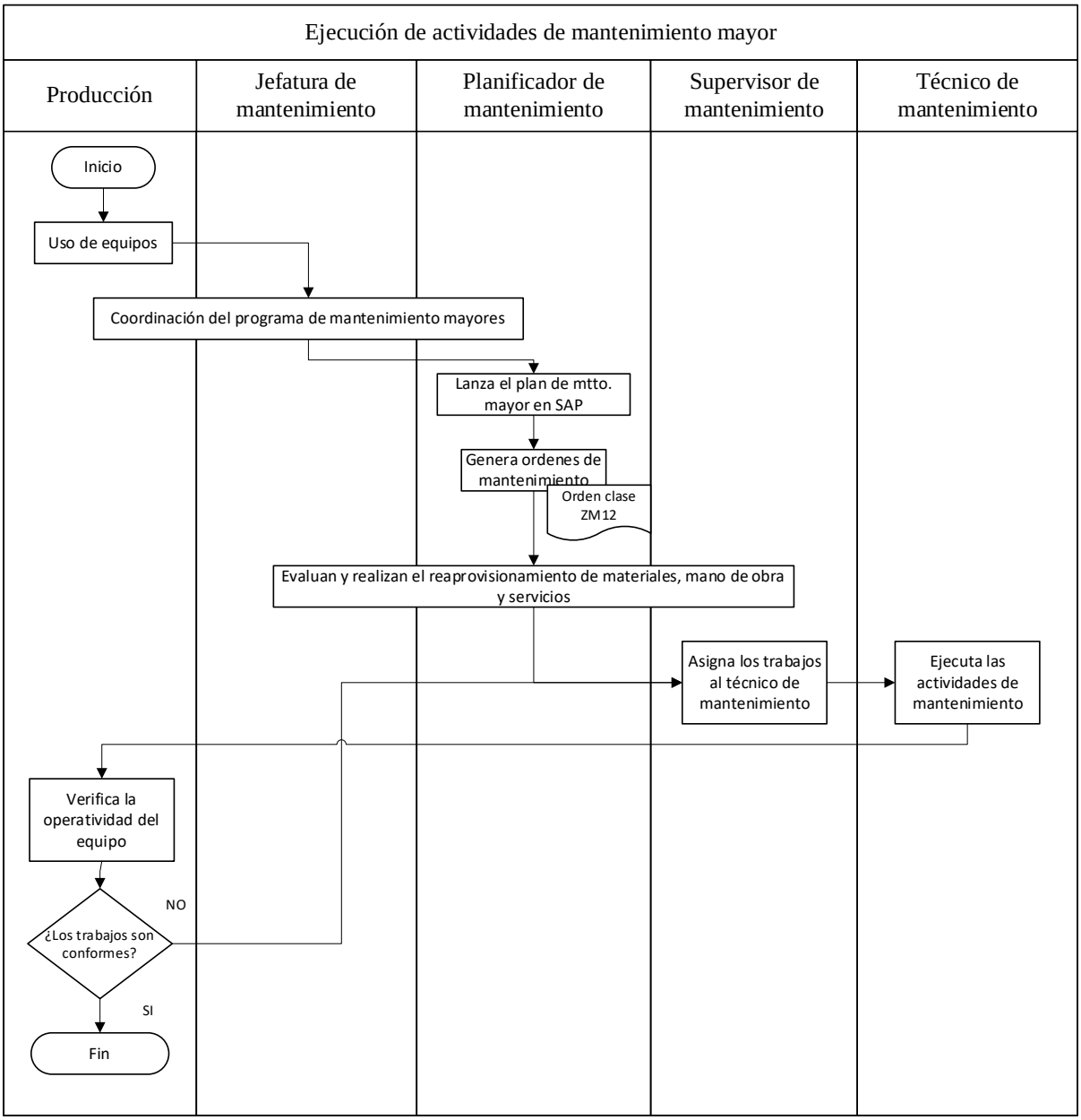


Figura 34

Diagrama de flujo para el mantenimiento de overhaul

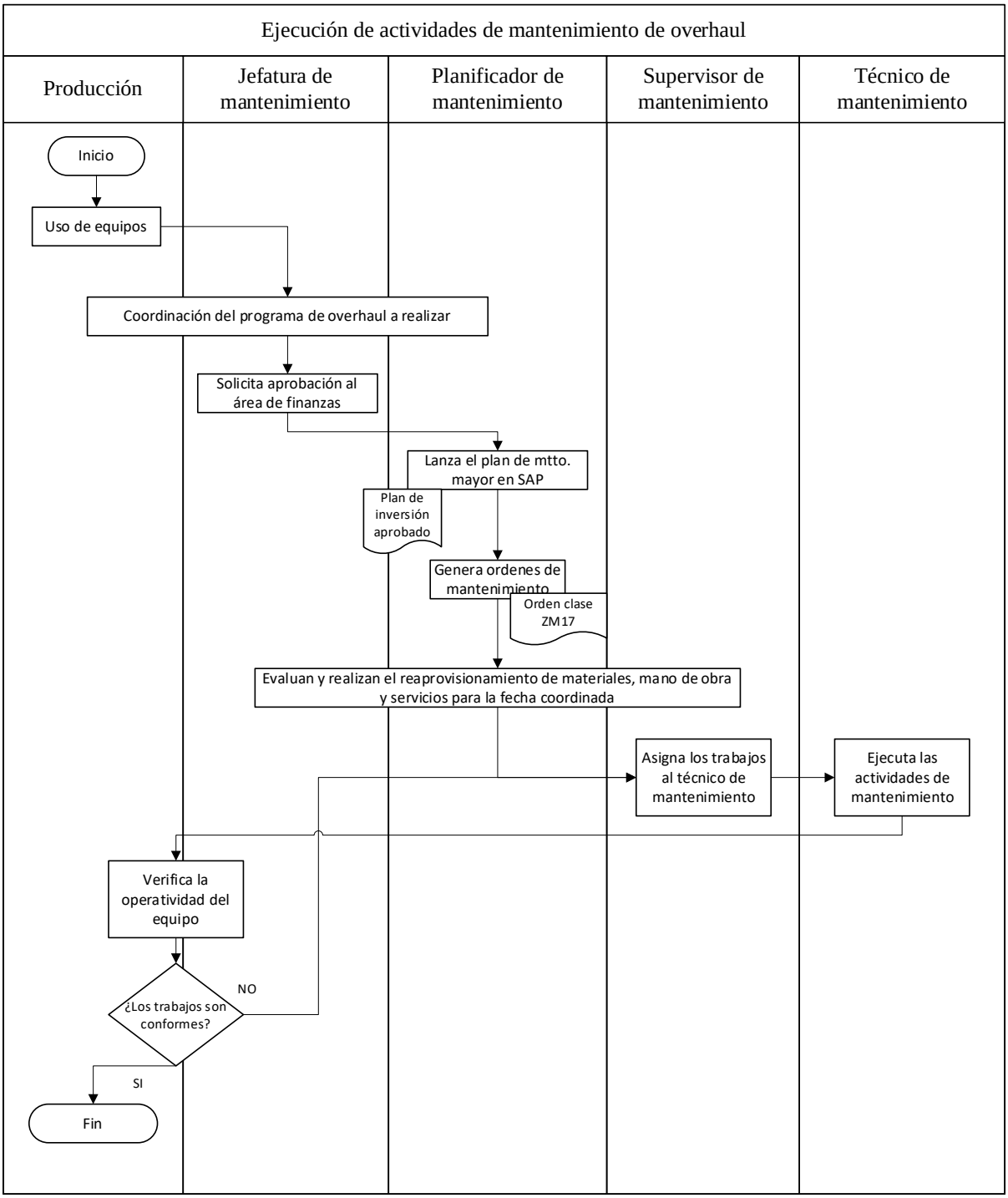


Figura 35

Diagrama de flujo para el mantenimiento de calibración

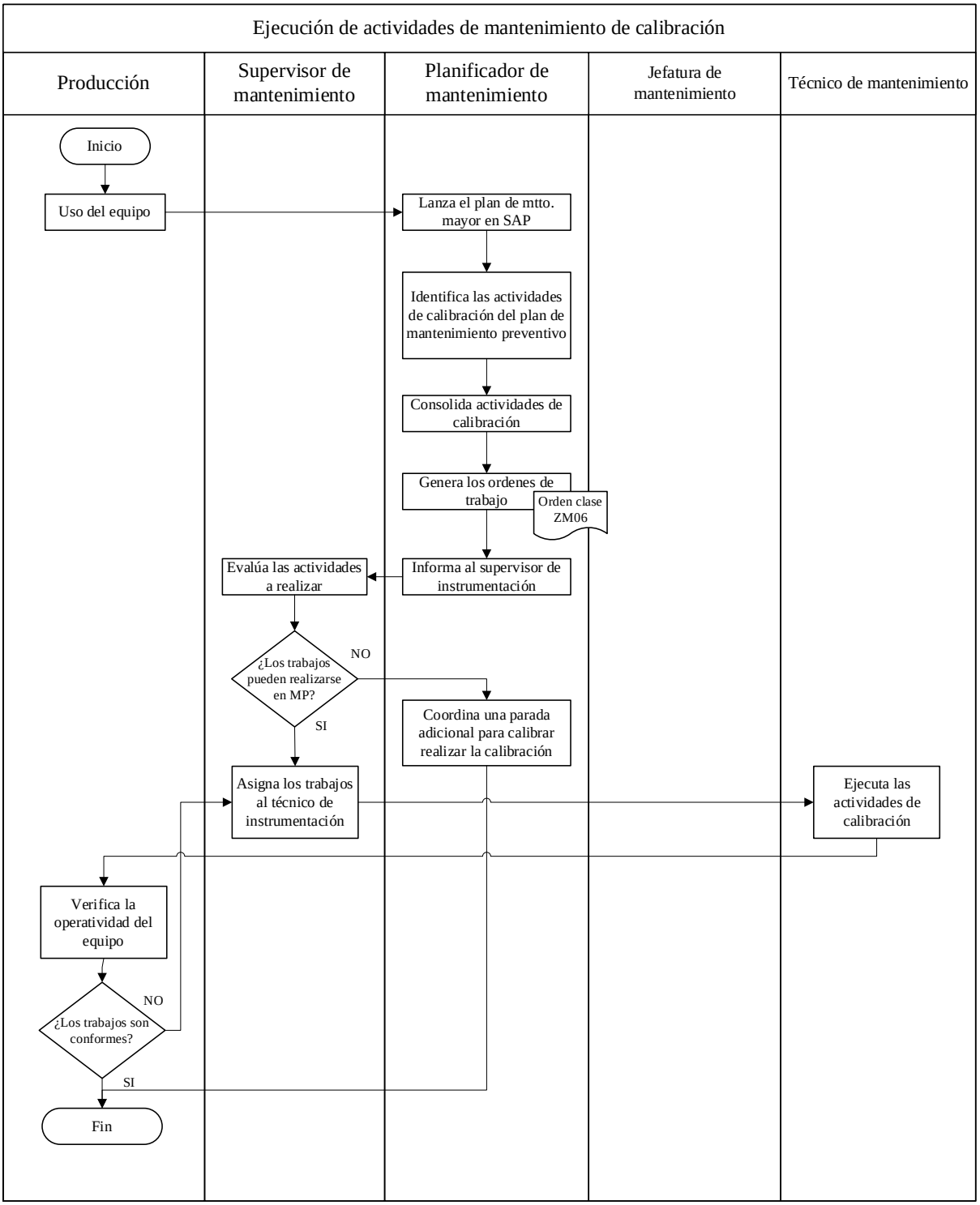


Figura 36

Diagrama de flujo para el mantenimiento predictivo

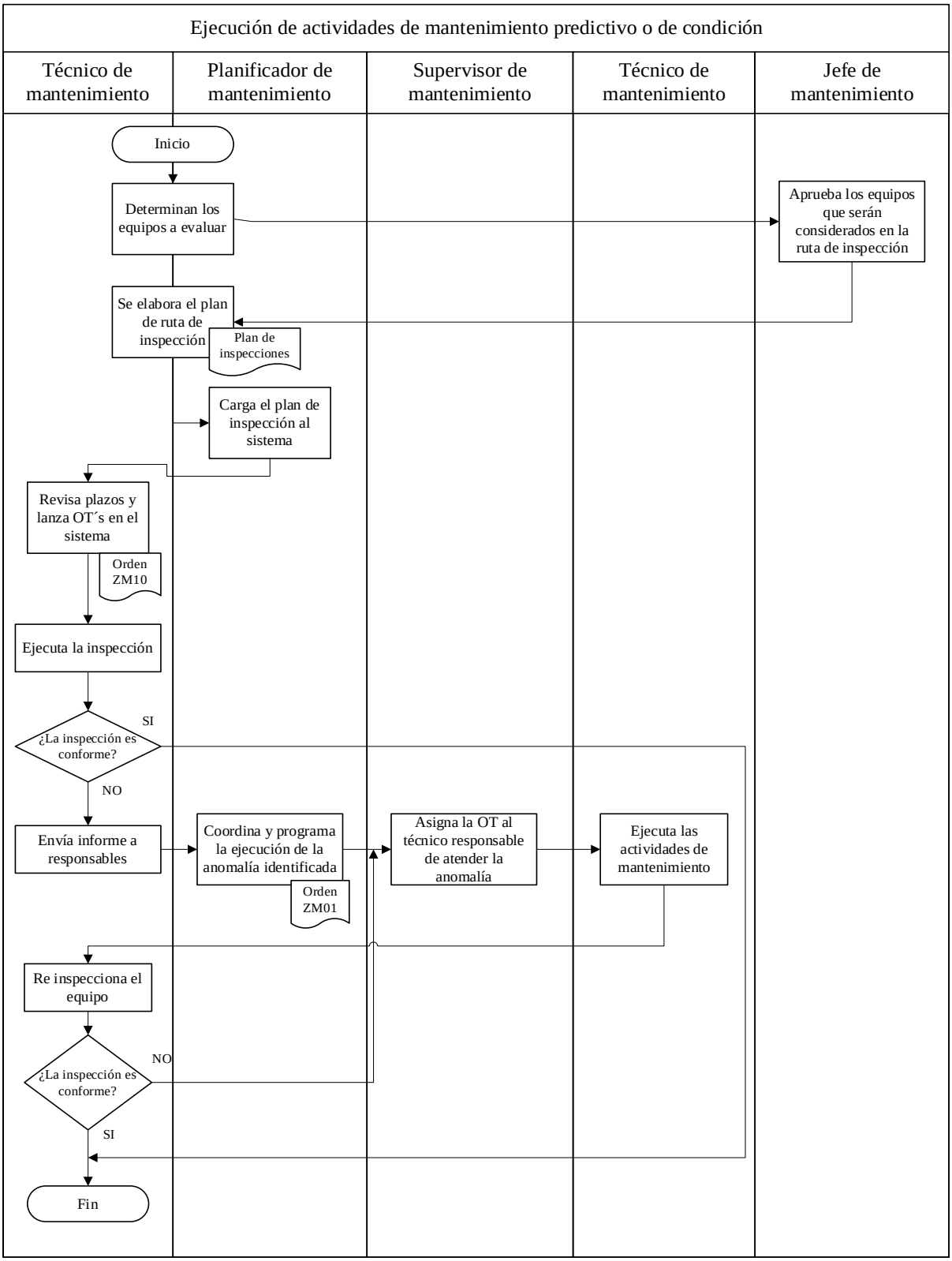


Tabla 15

Estrategias de mantenimiento y demanda de SKU´s en la organización objetivo

Actividad de mantenimiento	Demanda de SKU´s
Mantenimiento preventivo	Inventario cíclico
Mantenimiento mayor	Inventario estacional
Mantenimiento de overhaul	Inventario estacional
Mantenimiento correctivo programado	Inventario de seguridad
Mantenimiento correctivo de emergencia	Inventario de seguridad
Mantenimiento de calibración	Inventario cíclico
Mantenimiento predictivo	Inventario cíclico

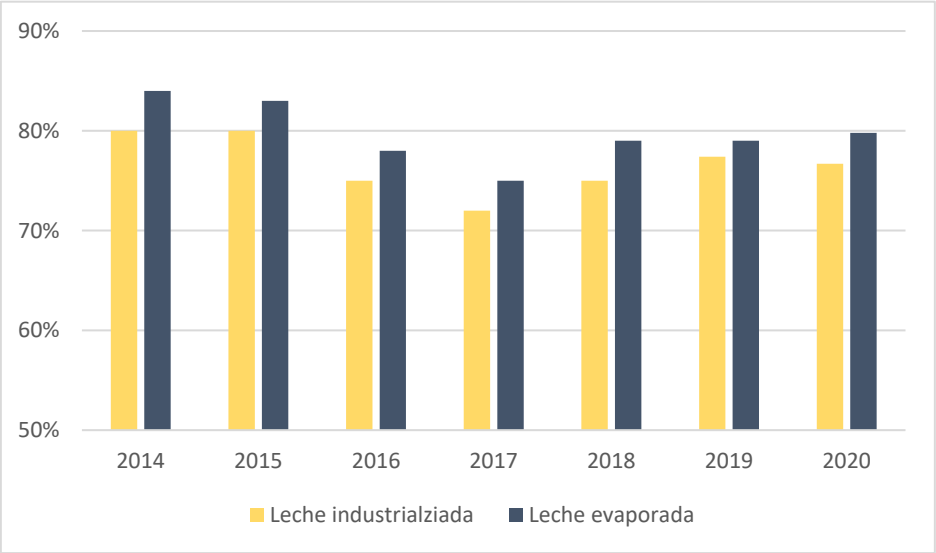
Como se resume en la tabla 15, en la organización se presentan tres tipos de inventario, en función al comportamiento de la demanda de repuestos, producto de la ejecución de actividades de mantenimiento.

2.2.2 Participación en el mercado

Leche Gloria S.A. presenta más de 700 SKU´s para venta al público distribuidos en las categorías del punto 2.1.4. El mercado nacional de productos lácteos se encuentra concentrado al 90% con 3 principales empresas (Gloria, Laive y Nestlé). Como se muestra en la figura 37, en el marco de la leche industrializada, Gloria lidera el mercado con una participación del 76.6% y si se toma como referencia solo el mercado de leche evaporada supera el 79.8% al cierre del ejercicio 2020 (Zapata, 2020).

Figura 37

Participación en el Mercado



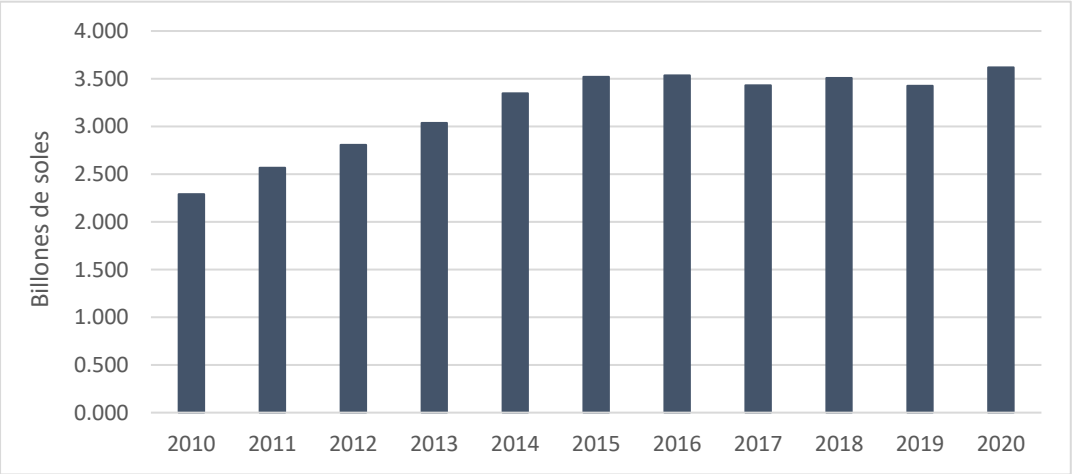
Nota. Tomado de r N. Zapata, 2020, p.8.

2.2.3 Ventas

Leche Gloria S.A. es una empresa consolidada en el mercado peruano; ante ello, presenta un incremento constante en sus ventas anules. Como se muestra en la figura 38, el reporte a la Superintendencia de Mercado Valores muestra ventas por 3.61 billones de soles en el 2020 el cual representa un incremento del 58.0% respecto al año 2010.

Figura 38

Ventas anuales



2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2.290	2.566	2.807	3.037	3.347	3.520	3.535	3.431	3.507	3.425	3.619

Nota. Valores reportados a la Superintendencia de Mercado Valores.

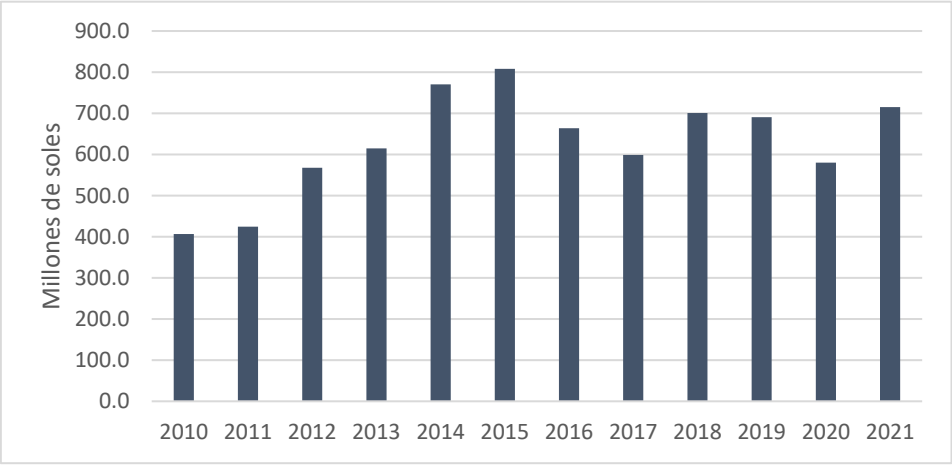
2.3 Planteamiento del problema

2.3.1 Situación problemática

En la figura 39 se muestra la evolución del nivel de inventario valorizado a partir del año 2010, como muestran los estados financieros reportados a la superintendencia de mercado valores (SMV) Leche Gloria S.A. incrementó su nivel de inventario en un 70% con respecto al 2010, al cierre del segundo trimestre del 2021 se reportó 715.0 millones de soles en inventario.

Figura 39

Nivel de inventario valorizado

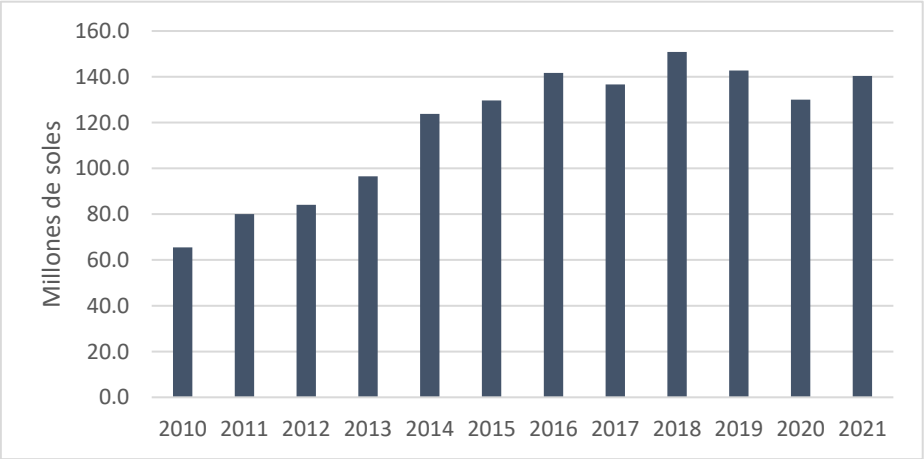


2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
406.6	424.3	567.5	614.6	770.4	808.1	663.7	598.8	700.7	690.5	580.1	715.0

Nota. Valores reportados a la Superintendencia de Mercado Valores.

Figura 40

Inventario valorizado en cuenta suministros y repuestos



2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
65.5	80.0	84.1	96.5	123.8	129.6	141.7	136.7	150.8	142.8	130.0	140.4

Nota. Valores reportados a la Superintendencia de Mercado Valores.

El inventario valorizado en la cuenta asignada para los SKU´s de mantenimiento muestra un incremento constante a lo largo de los años, como se muestra en la figura 40, la cuenta de suministros y repuestos presenta un incremento del 114% con respecto al 2010 y con referencia al 2020, un incremento del 8%. Además, tomando la información de las figuras 39 y 40 se llega a lo siguiente:

Tabla 16

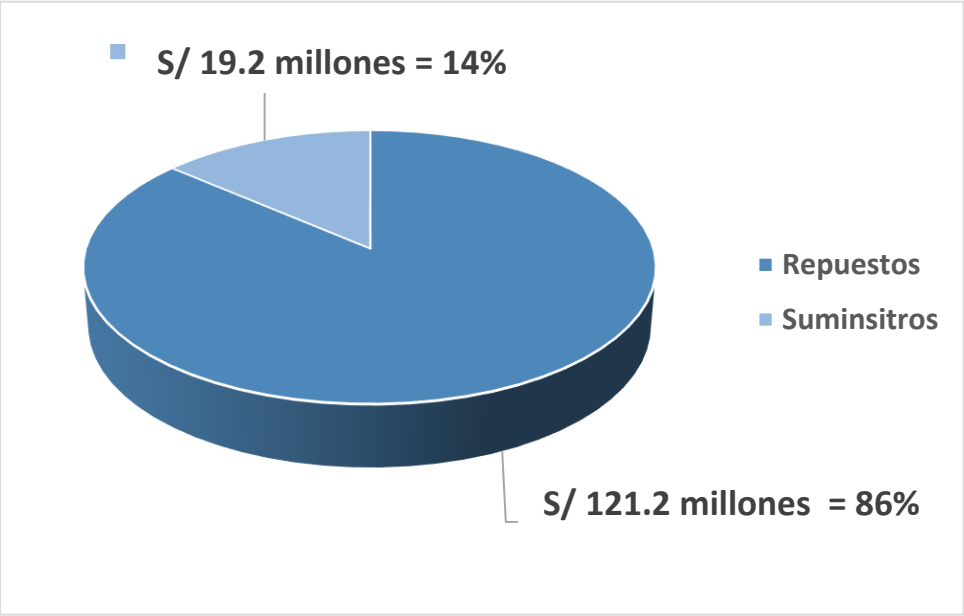
Índice repuestos y suministros sobre nivel de inventario

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Total de inventario	406.6	424.3	567.5	614.6	770.4	808.1	663.7	598.8	700.7	690.5	580.1	715.0
Repuestos y suministros	65.5	80.0	84.1	96.5	123.8	129.6	141.7	136.7	150.8	142.8	130.0	140.4
Porcentaje	16%	19%	15%	16%	16%	16%	21%	23%	22%	21%	22%	20%

En la tabla 16 se observa que el porcentaje a la cuenta asignada a repuestos representa, en promedio, el 19.0% del total de inventario reportado en los estados financieros. El inventario en la cuenta de suministros y repuestos ha superado el 20% en los últimos 6 años.

Figura 41

Detalle de cuenta suministros y repuestos en el segundo trimestre del 2021

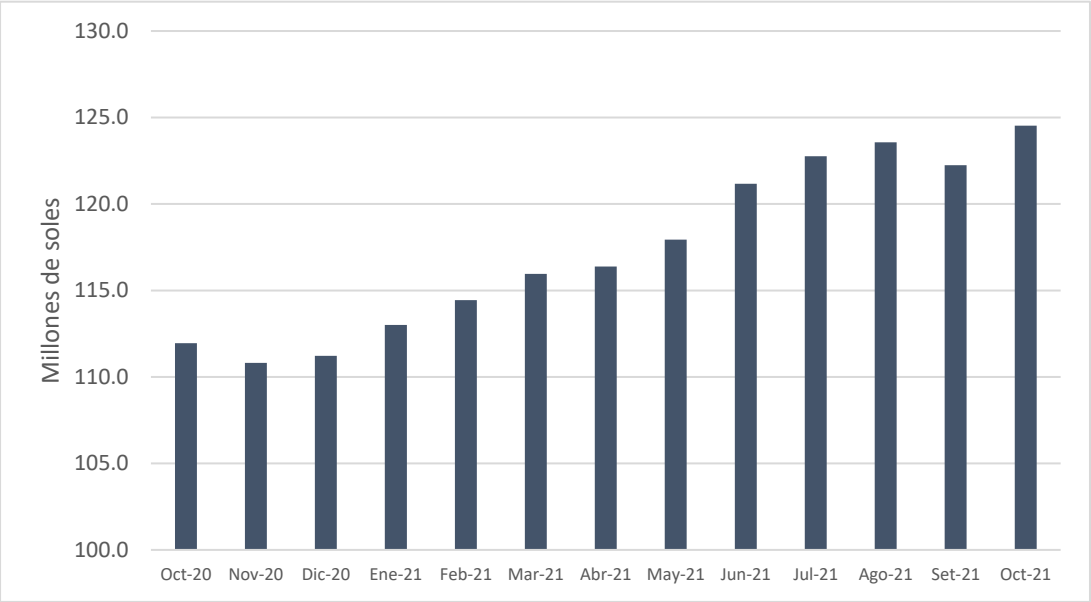


Nota. Valores según ERP de la organización.

Como se muestra en la figura 41, considerando el total de la cuenta de suministros y repuestos al cierre del segundo trimestre del 2021, el cual asciende a S/140.4 millones de soles, se tiene un monto que ascienden a un total de stock valorizado de S/ 121.2 millones de soles que, según datos maestros, corresponde al inventario de repuestos los cuales. Por ello, se infiere que, los repuestos equivalen al 86% del total de la cuenta repuestos y suministros.

Figura 42

Tendencia del stock valorizado de repuestos en la organización



Oct-20	Nov-20	Dic-20	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21
111.9	110.8	111.2	113.0	114.4	116.0	116.4	117.9	121.2	122.8	123.6	122.2	124.5

Nota. Valores según ERP de la organización.

Así mismo, como se muestra en la figura 42, en los últimos 12 meses los repuestos necesarios para la ejecución de actividades de mantenimiento en la organización incrementaron en 12.6 millones de soles

2.3.2 Enfoque del problema

Para limitar el alcance del proyecto se priorizará sobre el centro que represente el mayor inventario de repuestos.

Tabla 17

Stock valorizado repuestos en todos los centros

Centro	Stock Valorizado
100	91,153,168
101	29,523,122
105	54,559
106	466
109	2,748,589
121	670,715
129	379,625
Total	124,530,244

Nota. Valores según ERP de la organización.

En la tabla 17 se evidencia que, a la fecha de corte del reporte, solo los repuestos equivalen a más de S/ 124 millones, que representan el 88.6% del total de la cuenta de repuestos y suministros. Por otro lado, en el centro 100 se tiene más de S/ 91 millones, que representan el 73.2% del total de repuestos en la organización al cierre de octubre del 2021.

Así mismo, en la tabla 18 se identifica que el almacén 1000 o almacén general está valorizado en más de S/ 83 millones, que representan el 91.9% del total de repuestos en el centro 100. Así mismo, se infiere que, el almacén 1000 del centro 100 representa el 67.3% de repuestos a nivel nacional en la organización objetivo.

Tabla 18

Stock valorizado en almacenes del centro 100

Almacén	Stock Valorizado
100	2,732
1000	83,795,610
1001	-
1002	17,171
1003	14,243
1006	-
1007	-
100B	-
100E	4,026,087
100P	444
100V	166,357
1010	-
1013	13,406
1016	585,964
AOVH	2,531,155

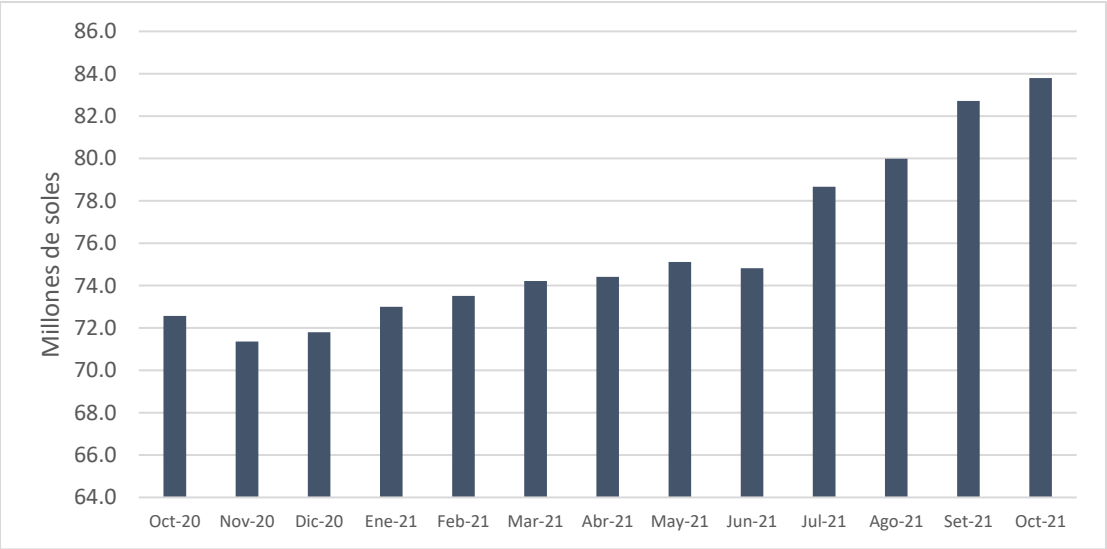
Almacén	Stock Valorizado
Total	91,153,168

Nota. Valores según ERP de la organización.

Como se muestra en la figura 43, en los últimos 12 meses, el inventario valorizado de repuestos en el almacén 1000 incrementó en 11.2 millones, ello representa un incremento del 15.5%. Por ello, el problema que abordará el presente proyecto será el incremento de 11.2 millones de soles en el stock valorizado de repuestos destinado para la ejecución de actividades de mantenimiento en el almacén general del centro 100.

Figura 43

Tendencia de stock valorizado de repuestos



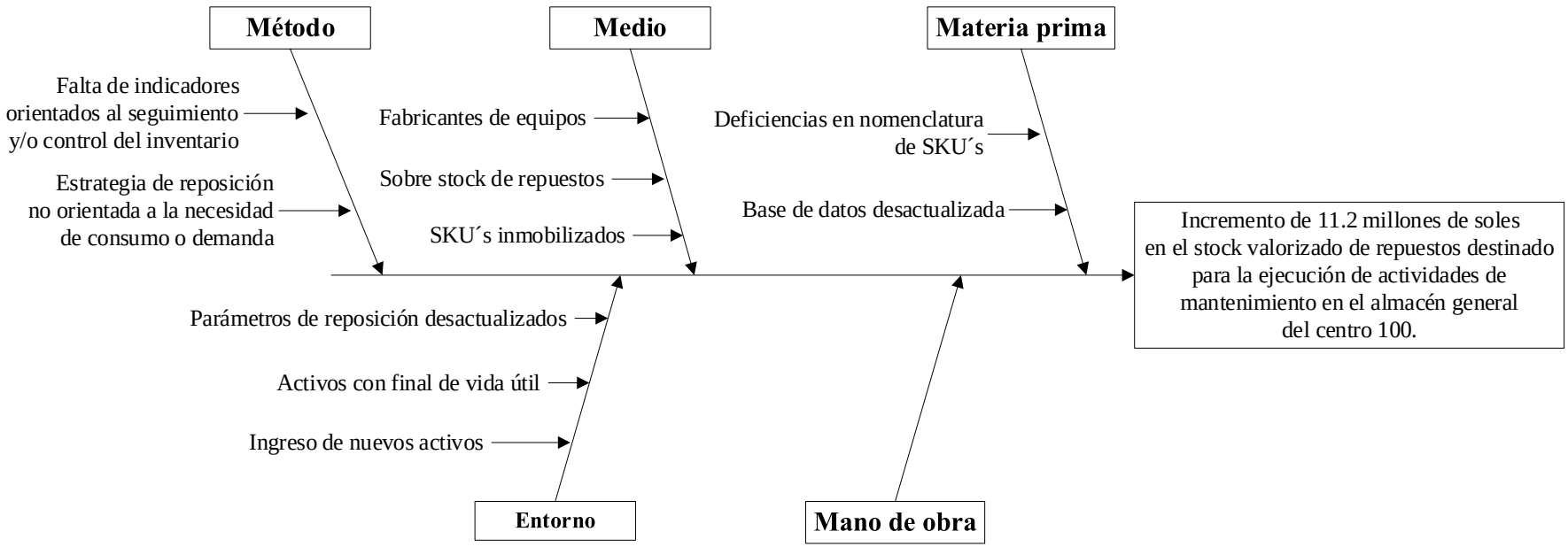
Oct-20	Nov-20	Dic-20	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21
72.6	71.4	71.8	73.0	73.5	74.2	74.4	75.1	74.8	78.7	80.0	82.7	83.8

Nota. Valores según ERP de la organización.

2.3.3 Identificación de causas

Figura 44

Diagrama Ishikawa



Como se muestra en la figura 44, la evaluación preliminar resulta con las siguientes causas:

Método.

Falta de indicadores orientados al seguimiento y/o control del inventario. En la tabla 19, se consolidan los indicadores del área de mantenimiento, a los que se brinda un seguimiento continuo a los resultados, entre los indicadores establecidos no se identifica alguno relacionado al comportamiento o variación del inventario repuestos.

Tabla 19

Indicadores del área de mantenimiento

Indicador	Alcance
Porcentaje de correctivo	Porcentaje de tiempo por paradas correctivas del total de tiempo efectivo trabajado en la línea
Atención de solicitudes	Cumplimiento en la atención de avisos generados por el área usuaria (cliente interno).
Cumplimiento presupuestal	Cumplimiento del OPEX asignado al área de mantenimiento en el periodo y/o ejercicio.
Costo de generación de servicios	Costo unitario para la generación de servicios tales como: Vapor, frío, aire comprimido, tratamiento de agua.
Índice de frecuencia	Cantidad de accidentes con referencia al total de horas trabajadas en el área de mantenimiento.

Indicador	Alcance
Índice de gravedad	Total de días de descanso médico producto de un accidente con referencia al total de horas trabajadas.
MTBF	Tiempo promedio entre paradas no programadas por mantenimiento (correctivo).
MTTR	Tiempo promedio para la reparación

Estrategia de preposición no orientada a la necesidad de consumo o demanda. En la figura 41 se muestra un incremento constante en el inventario valorizado en los últimos 12 meses. Por otro lado, en la tabla 20 se muestra un total de 700 SKU´s que se encuentran por debajo del stock mínimo, concepto definido por Antonia Cruz (2017) en la figura 18 ello quiere decir que con el nivel de inventario actual se presentan SKU´s con riesgo de quebrar stock. Adicional a ello, este riesgo de stock cero se complementa con la información de la tabla 29.

Tabla 20

SKU´s por debajo del stock mínimo

Tipo de compra	SKU´s
Importado	547
Local	153
Total	700

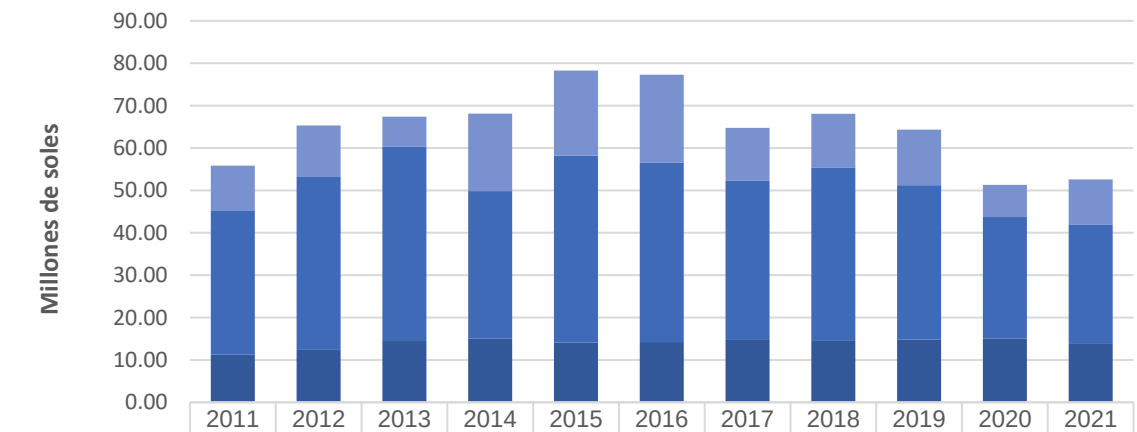
Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Así mismo, en la figura 45 se muestra el gasto real de mantenimiento en las partidas de mano de obra, materiales que viene a ser la utilización o demanda de repuestos y la compra de

servicios por terceros. Se observa una reducción en la demanda real de repuestos del 2.2% respecto al año 2020 y del 17.7% respecto al 2011. Estos valores evidencian una reducción en la demanda de repuestos.

Figura 45

Gasto real de mantenimiento 2011-2021



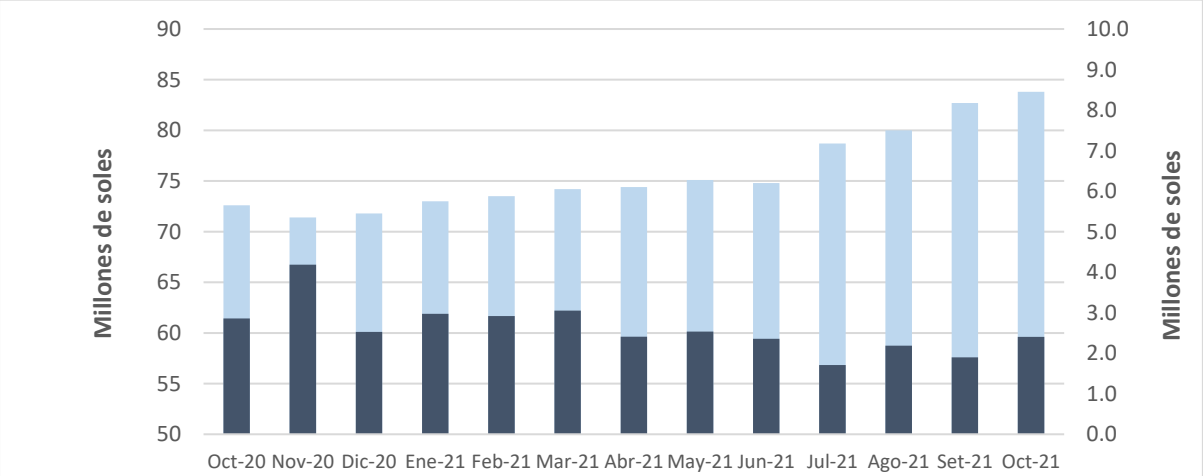
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Servicios	10.54	12.15	7.04	18.31	20.10	20.75	12.49	12.64	13.07	7.60	10.62
Materiales	34.06	40.81	45.67	34.79	44.10	42.31	37.37	40.94	36.48	28.68	28.04
Mano de Obra	11.23	12.36	14.70	15.03	14.07	14.22	14.89	14.50	14.77	15.03	13.95
Total	55.83	65.32	67.41	68.13	78.26	77.28	64.75	68.08	64.32	51.31	52.61

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Como complemento, en la figura 46 se muestra el valor real del consumo de repuestos, en el horizonte de evaluación del stock valorizado de repuestos, evidenciando que, el incremento de 15.5% en el stock valorizado de repuestos, no está alineado con un incremento en la demanda puesto que, se evidencia, una reducción aproximada del 16%.

Figura 46

Demanda de repuestos e inventario valorizado en el almacén 1000 del centro 100



	Oct-20	Nov-20	Dic-20	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21
Stock Valorizado	72.6	71.4	71.8	73	73.5	74.2	74.4	75.1	74.8	78.7	80	82.7	83.8
Demanda real	2.9	4.2	2.5	3.0	2.9	3.1	2.4	2.5	2.4	1.7	2.2	1.9	2.4

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Medio.

Fabricantes de equipos. Para determinar el impacto de los fabricantes de maquinaria y/o equipo en los procesos productivos, en la tabla 21, se citarán los principales fabricantes en cada proceso. Debido a las políticas y objetivos de mantenimiento, para garantizar la disponibilidad de los activos, se debe contemplar un stock de repuestos para cada fabricante.

Tabla 21

Proceso contra fabricante de maquinaria

Proceso	Fabricantes
Elaboración Yogurt / UHT	Tetra Pak Gea

Proceso	Fabricantes
Envasado Yogurt	Serac Dawson
Envasado UHT Cajas	Tetra Pak
Envasado UHT Bolsas	Thimonier
Soplado de envases plásticos	Uniloy Techne Beckum
Elaboración evaporada	Tetra Pak APV Alfa laval GEA
Barnizado de Hojalata	KBA Billhöfer LTG
Cuerpos	Soudronic
Elaboración de tapas y fondos	End o mat
Envasado de leche evaporada	Angelus JBT
Embalaje	Cermex
Paletizado	Kuka

Sobre stock de repuestos. Para evaluar el sobre stock, se hará uso del concepto de stock máximo, definido por Antonia Cruz (2017) y expresado con la fórmula en la figura 22. Evaluando los resultados, se identificó un total de 5,137 SKU´s en los que el stock actual supera al stock máximo, calculado con referencia al lead time, demanda promedio y stock de seguridad. Estos 5,137 SKU´s presentan un sobre stock de 138,816 unidades, según la unidad de medida, los cuales equivalen a S/ 11,406,698. En la tabla 19, resume los resultados en función a la procedencia del SKU.

Tabla 22

SKU´s con stock superior al máximo

Unidad de Medida	SKU´s	Sobre stock en unidades	Sobre stock valorizado
Importado	2,676	92,085	S/ 8,351,623
bolsa	1	12	S/ 1,308
caja	1	7	S/ 1,948
juego	41	266	S/ 182,899
libra	1	8	S/ 166
metro	54	3,770	S/ 298,730
par	2	15	S/ 7,095
pie	45	6,195	S/ 408,464
pulgada	13	26,151	S/ 120,080
unidad	2,518	55,661	S/ 7,330,933
Local	2,461	46,731	S/ 3,055,075
centímetros	1	114	S/ 95

Unidad de Medida	SKU´s	Sobre stock en unidades	Sobre stock valorizado
galón	1	7	S/ 341
juego	26	266	S/ 39,573
kilogramo	2	45	S/ 1,170
metro	64	3,757	S/ 146,953
pie	14	1,504	S/ 77,391
pulgada	2	443	S/ 1,142
unidad	2,351	40,595	S/ 2,788,411
Total	5,137	138,816	S/ 11,406,698

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

SKU´s inmovilizados. Para determinar la existencia de repuestos inmovilizados, se descargará la información de SAP tomando como referencia a la última salida de cada SKU, se considerará el último año en el que se registró una salida.

Tabla 23

Repuestos según último año consumo

Última rotación	SKU´s
Ninguna	9,832
2002	153
2003	150
2004	180
2005	276
2006	763

Última rotación	SKU´s
2007	506
2008	694
2009	570
2010	972
2011	989
2012	816
2013	1,791
2014	1,063
2015	1,269
2016	1,987
2017	1,843
2018	2,448
2019	3,715
2020	4,929
2021	9,567
Total	44,513

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 23 se muestra un total de 14,022 SKU´s que no presentaron rotación en los últimos 15 años (2002 – 2017). Así mismo, se tiene 9,832 SKU´s que no registraron ninguna salida desde su creación o ingreso a almacén. Por ello, se infiere que, el almacén de repuestos si presenta problemas de SKU´s inmovilizados.

Materia prima.

Deficiencias en la nomenclatura de SKU´s. Como se muestra en la tabla 24, la base de datos a revisar tiene un total de 44,513 SKU´s debido al alcance la evaluación se realizará una primera priorización con los repuestos que presentaron más salidas bajo el principio de Pareto, según la siguiente tabla:

Tabla 24

Priorización de SKU´s bajo el principio de Pareto

Porcentaje de SKU	Cantidad de SKU´s
80-20	4,268

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Como se muestra en la tabla 25, el 80-20 equivale a 4,268 SKU´s, esta base de datos aún es extensa; por ello, se utilizarán agrupadores. Por fines prácticos, se considerará como agrupador de categoría a la primera palabra, ya que viene a ser la primera característica con la que se nombra a un repuesto. El resumen del criterio utilizado se muestra en la tabla 22

Tabla 25

Extracto de 80-20 y determinación de la categoría

Material	Descripción de material	Consumo total	UM[4]	Categoría
5604736	Filtro cartucho flúor II mcy4440dflph4 0.2µ	469	unidad	filtro
5501178	Repuesto cuchilla olfa 10 juego x 10 mm	1,070	juego	repuesto

[4] UM: Unidad de medida

Material	Descripción de material	Consumo total	UM[5]	Categoría
5604737	Filtro cart ul. gfplus mcy4440u010zph4 1mm	420	unidad	filtro
5518323	Sufridera plana 1110083-0002	1,979	unidad	sufridera
5516335	Electrodo (lengüeta) sensor roldana	410	unidad	electrodo
5030538	Abrazadera pres.t/gusano 13/16 a 1.1/2 pulgadas	2,016	unidad	abrazadera
5034061	Disco limpiador alambre	1,052	unidad	disco

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Ya definidas las categorías, se procederá con la agrupación de las similares, en la tabla 26 se muestra un extracto de agrupación por categorías para aplicar, nuevamente, el principio de Pareto e identificar los más utilizados. Se identifica que el 7.5% de los SKU´s inician con el termino o-ring; por ello, será una de las categorías a revisar para identificar deficiencias en la nomenclatura o denominación de los repuestos.

Tabla 26

Extracto de agrupación por categorías

Etiquetas de fila	Cantidad SKU´s	%	% Acumulado
O-ring	320	7.5%	7.5%
Rodaje	298	7.0%	14.5%
Faja	177	4.1%	18.6%
Anillo	166	3.9%	22.5%
Empaque	138	3.2%	25.7%
Reten	128	3.0%	28.7%

[5] UM: Unidad de medida

Etiquetas de fila	Cantidad SKU´s	%	% Acumulado
Sensor	100	2.3%	31.1%
Válvula	94	2.2%	33.3%
Kit	92	2.2%	35.4%
Sello	87	2.0%	37.5%
Filtro	85	2.0%	39.5%

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Como se observa en la tabla 27, se tiene un contaste entre la sección izquierda y derecha de la tabla. Por un lado, la sección izquierda no define características específicas que permitan identificar el o-ring tales como: dimensiones, material u otros. En contraste, la sección derecha, en su mayoría, brinda información para identificación específica del componente, con este tipo de denominación resulta más práctico determinar opciones de compatibilidad o utilización en el universo de activos de la organización.

Tabla 27

Comparativo de 40 denominaciones para el repuesto O-ring

Denominación del SKU	Denominación del SKU
O-ring - 351517-2018	O-ring 15.54x20.78x2.62 mm epdm 2-114
O-ring 5 x 1.5 61 301011720	O-ring 15.54x20.78x2.62 mm nitrilo 2-114
O-ring 5 x 1 Nordson	O-ring 15.54x20.78x2.62 mm viton 2-114
O-ring 83x90x3.5 -457139-	O-ring 15.60X19.16X1.78 mm silicona 2-016
O-ring anillo 80x10 p/n rbs1-3-000	O-ring 155 x 5 mm - cigüeñal
O-ring estrella descarga envases	O-ring 16.3x2.4 mm homogenización ta30
O-ring k000025	O-ring 17.12x22.36x2.62 mm nitrilo 2-115
O-ring k000040	O-ring 17.12x22.36x2.62 mm silicona 2-115

Denominación del SKU	Denominación del SKU
O-ring P.N. 17l615	O-ring 17.17x1.78mm 3152050705
O-ring vástago P.N. v70210	O-ring 17.17x20.73x1.78 mm nitrilo 2-017
O-ring 17-17	O-ring 1.75x4.25x0.125 mm P.N. 14s815
O-ring 0.375 x 0.500 x 0.070 12s815	O-ring 18.42x29.08x5.33 silicona 2-314
O-ring 0007-1944-390	O-ring 18.72x23.96x2.62 mm viton 2-116
O-ring 0007-2014-390	O-ring 18.77x22.33x1.78 mm nitrilo 2-018

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Base de datos desactualizada. Con referencia a los SKU´s que se encuentra en stock cero, a la fecha de corte del reporte descargado de SAP, se realizó un barrido de descripciones, encontrando SKU´s en stock cero que hacen referencia a otro código, indican que se deben utilizar hasta agotar el stock o incluyen el término “obsoleto” en su descripción, en la tabla 28 se muestran algunos de los casos identificados

Tabla 28

Muestra de SKU´s que deben ser retirados del almacén 1000

SKU	Descripción
5742085	/Junta tórica P.N. 9531407*hasta agotar*
5742089	/Junta tórica P.N. 953141*hasta agotar*
5742091	/Junta tórica P.N. 95314206-use 5622631
5742088	/Junta tórica P.N. 953140*hasta agotar*
5742104	/Junta P.N. 95357004403*hasta agotar*
5493901	//Rodaje 6004-2rsh (6004 2rs1) skf-agot
5794950	/Musculo neumática 20-1300n-aa-use 5829283

SKU	Descripción
5494339	/Tuerca M6M8 RFR -usar 5451231
5542285	/Sello mecánico. frontal molino - use 5542246
5615483	/Membrana silicona (pk x10) -use 5450687
5453854	Llave de boca 44 24x26 *OBSOLETO*
5453855	Llave de boca 44 25x28 *OBSOLETO*

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Entorno.

Parámetros de reposición desactualizados. Para determinar si los parámetros de reposición son los correctos, se utilizará la base de datos SAP con un horizonte de 24 meses, en este periodo definido se utilizará el campo "stock cero" el cual registra la cantidad de oportunidades en el cual los SKU´s registraron stock 0.

Tabla 29

Stock 0 durante el horizonte de evaluación

Veces Stock 0	SKU´s	Veces Stock 0	SKU´s
0	31,327	15	9
1	7,062	16	10
2	2,940	17	4
3	2,069	18	6
4	441	19	4
5	217	20	4
6	121	21	4
7	83	22	1

Veces Stock 0	SKU´s	Veces Stock 0	SKU´s
8	68	23	2
9	45	25	1
10	33	26	1
11	17	29	2
12	14	33	1
13	14	34	1
14	12		
Total	44,463	Total	50

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 29 se tiene un total de 13,186 SKU´s que llegaron a tener stock cero, en más de una oportunidad, en el periodo de evaluación. Además, como punto a resaltar, se tiene 50 SKU´s que presentaron stock cero en más de 15 oportunidades. Debido a los resultados, se tiene que el 29.7% de SKU´s registraron valor cero en más de una oportunidad causando un posible impacto en la ejecución de actividades de mantenimiento. Por ello, considerando el nivel de inventario, se infiere que los parámetros de reposición no se encuentran actualizados.

Activos con final de vida útil. Como se revisó en el capítulo 1, las actividades de mantenimiento decantarán en una necesidad o demanda de repuestos para mantener las condiciones operacionales; ante ello, un equipo con un tiempo de operación elevado tendrá una demanda mayor de repuestos para mantener los estándares de operación definidos por el usuario. En la tabla 30 se muestra que el 30% de los activos, clase maquinaria y equipo, a la fecha de corte del informe, llegaron al final de su vida útil.6 Este índice de depreciación nos puede brindar una referencia de la antigüedad de los activos en la organización y la necesidad o demanda de repuestos que se presentará.

Tabla 30

Activos según vida útil

Vida útil	Cantidad de activos
En Depreciación	4,866
Depreciados	2,131
Total	6,997

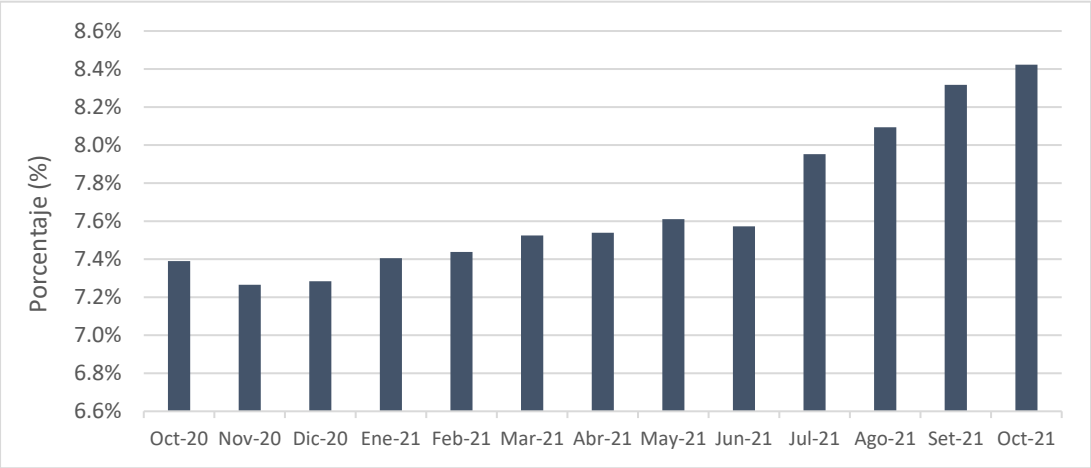
Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Ingreso de nuevos activos. En la figura 47 se representa el comportamiento del nivel de inventario en función a los activos fijos de la organización, clase maquinaria y equipo, para determinar la relación entre el nivel de inventario de repuestos y el valor capitalizado de los activos. Como se observa, el ratio presentó un incremento del 1% en los últimos 12 meses, dado que el incremento en el inventario valorizado equivale al 87% del incremento en activos.

[6] Según la Norma Internacional de Contabilidad [NIC] 16 (2005), la vida útil está definida por el periodo de tiempo en el que la organización espera utilizar el activo.

Figura 47

Ratio de repuestos vs activos



	Oct-20	Nov-20	Dic-20	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21
Activos	981.9	982.2	985.7	985.7	988.3	986.3	987.0	987.0	988.0	989.2	988.2	994.5	994.9
Repuestos	72.6	71.4	71.8	73.0	73.5	74.2	74.4	75.1	74.8	78.7	80.0	82.7	83.8
Ratio	7.4%	7.3%	7.3%	7.4%	7.4%	7.5%	7.5%	7.6%	7.6%	8.0%	8.1%	8.3%	8.4%

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Mano de obra No se identificaron causas, representativas, asociadas a la mano de obra que estén relacionados al incremento del inventario.

Como cierre del capítulo, en la tabla 31 se consolida el resumen de las causas iniciales y la validación de las hipótesis mediante los registros del inventario de repuestos. Por un lado, se descarta la hipótesis relacionada al ingreso de nuevos activos debido a que el ratio no se mantiene y; por otro lado, se descartan las causas que no están dentro del alcance del presente proyecto. Por ello, en la figura 44 se muestra el diagrama causa-efecto final con las causas que fueron validadas y se encuentran en el alcance de la propuesta de mejora a plantear.

Tabla 31

Resumen y validación de causas

Causa	Hallazgo	Validación	Alcance del proyecto
Falta de indicadores	Entre los principales indicadores del área de mantenimiento, se evidencia que no se hace seguimiento a la gestión de inventario para el análisis y planteamiento de contramedidas oportunas.	Se valida hipótesis	Sí
Estrategia de reposición no orientada a la necesidad de consumo o demanda	Con base en los resultados de incremento de stock valorizado se evidencia el no cumplimiento de los conceptos de stock mínimo y máximo, Adicional a ello, el quiebre de inventario, ello indica que la estrategia de abastecimiento actual no está alineada al comportamiento de la demanda.	Se valida hipótesis	Sí
Fabricantes de equipos	En los procesos citados, se evidencia a más de un fabricante, ello genera una necesidad de repuestos por cada marca reduciendo la oportunidad de compatibilidad de repuestos.	Se valida hipótesis	No
Sobre stock de repuestos	Se comprueba que más de 10,000 SKU´s superan el concepto de stock máximo generando un sobre inventario	Se valida hipótesis	Sí

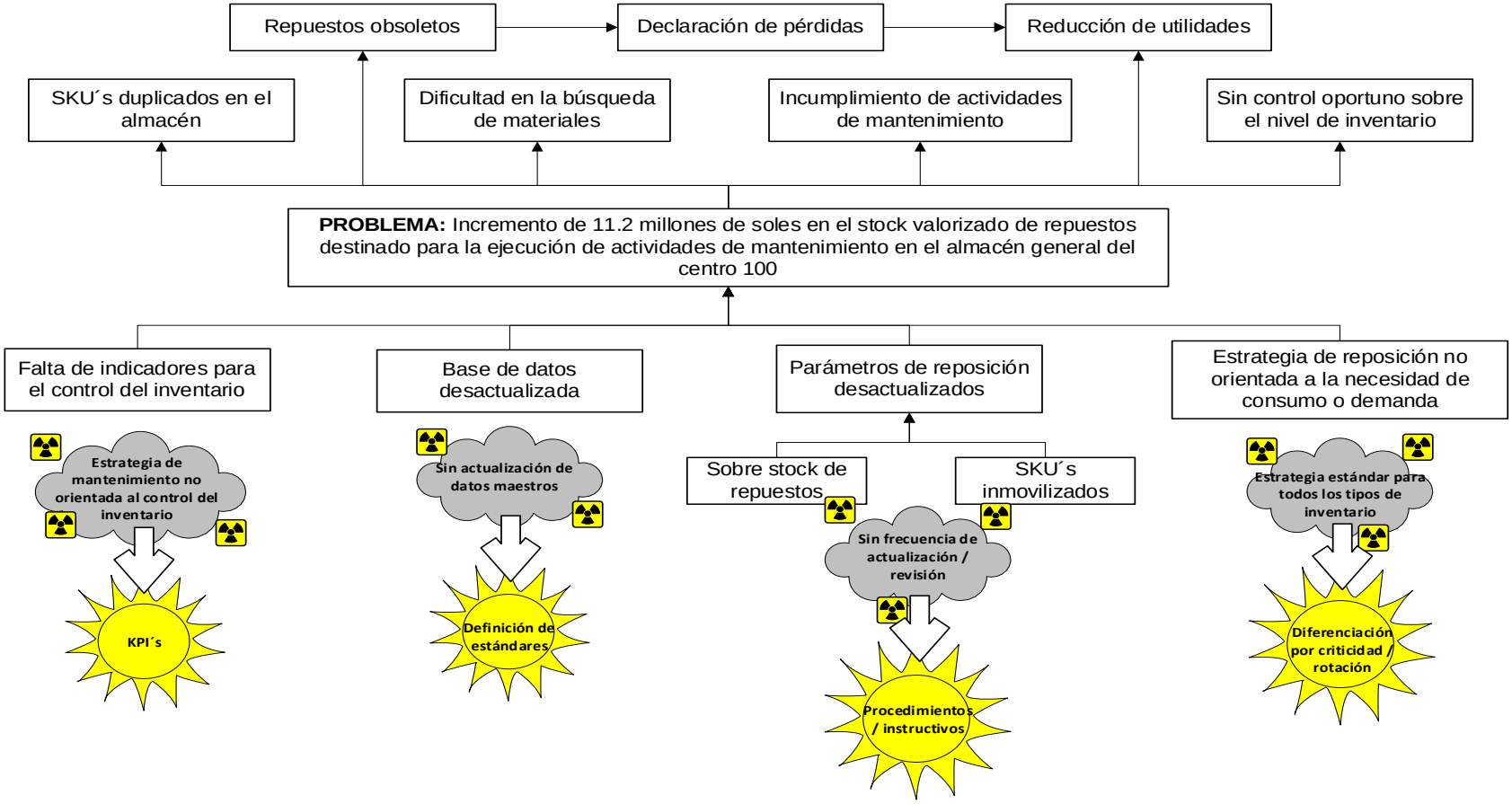
Causa	Hallazgo	Validación	Alcance del proyecto
SKU´s inmovilizados	En el horizonte de evaluación, se identifica que durante los últimos 15 años no presentaron rotación 14,022 SKU´s. Además, se tiene un grupo de 9 mil SKU´s que no han registrado salidas de almacén desde la fecha de creación del repuesto.	Se valida hipótesis	Sí
Deficiencias en la nomenclatura de SKU´s	Se tomó como muestra los SKU´s que compartían el prefijo o-ring, evidenciando que no se tiene un estándar en la nomenclatura o descripción de los códigos generados con datos maestros; por ello, se dificulta las opciones con compatibilidad con otros activos de la organización.	Se valida hipótesis	No
Base de datos desactualizada	Se identifican descripciones de SKU´s que deben ser retiradas del almacén 1000 debido a que hacen referencia a un material que ya no debe ser utilizado.	Se valida hipótesis	Sí
Parámetros de reposición desactualizados	Sumado a los eventos relacionados a los conceptos de stock mínimo y máximo, durante el horizonte de evaluación e 24 meses, se observa que 13,186 SKU´s llegaron a estar en cero en más de una oportunidad.	Se valida hipótesis	Sí

Causa	Hallazgo	Validación	Alcance del proyecto
Activos con final de vida útil.	La organización realiza sus operaciones con el 30% de sus activos, maquinaria y equipo, en valor residual. Ello está alineado al año de inicio de operaciones; sin embargo, un equipo con un alto índice de antigüedad requerirá más actividades de mantenimiento para garantizar su operación y ello decanta, como se revisó en capítulo uno, en una mayor necesidad de repuestos.	Se valida hipótesis	No
Ingreso de nuevos activos	No se tiene una relación directa entre el ingreso de nuevos activos y el incremento del inventario, la ratio incrementó en 1%.	Se descarta hipótesis	No

Así mismo, tomando como referencia las causas validadas, en la figurea 48 se define el árbol de problemas identificando los efectos de lasa cusas raíces identificadas, brechas técnicas (representadas por nubes grises) y las herramientas de solución las cuales fueron representadas por un sol.

Figura 48

Árbol de problemas



3 METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA

En el presente capítulo, se planteará la solución al problema presentado en el capítulo anterior. Para ello, se tomarán las causas finales del capítulo precedente y se hará uso de las herramientas planteadas en el capítulo 1.

3.1 Planteamiento de la solución

Para abordar las causas identificadas en el capítulo 2, es necesario plantear las contramedidas orientadas a la solución o mitigación de estas. En la tabla 32 se consolidan las acciones para la solución del problema identificado bajo los conceptos revisados en el capítulo uno.

Tabla 32

Acciones de solución para causas identificadas

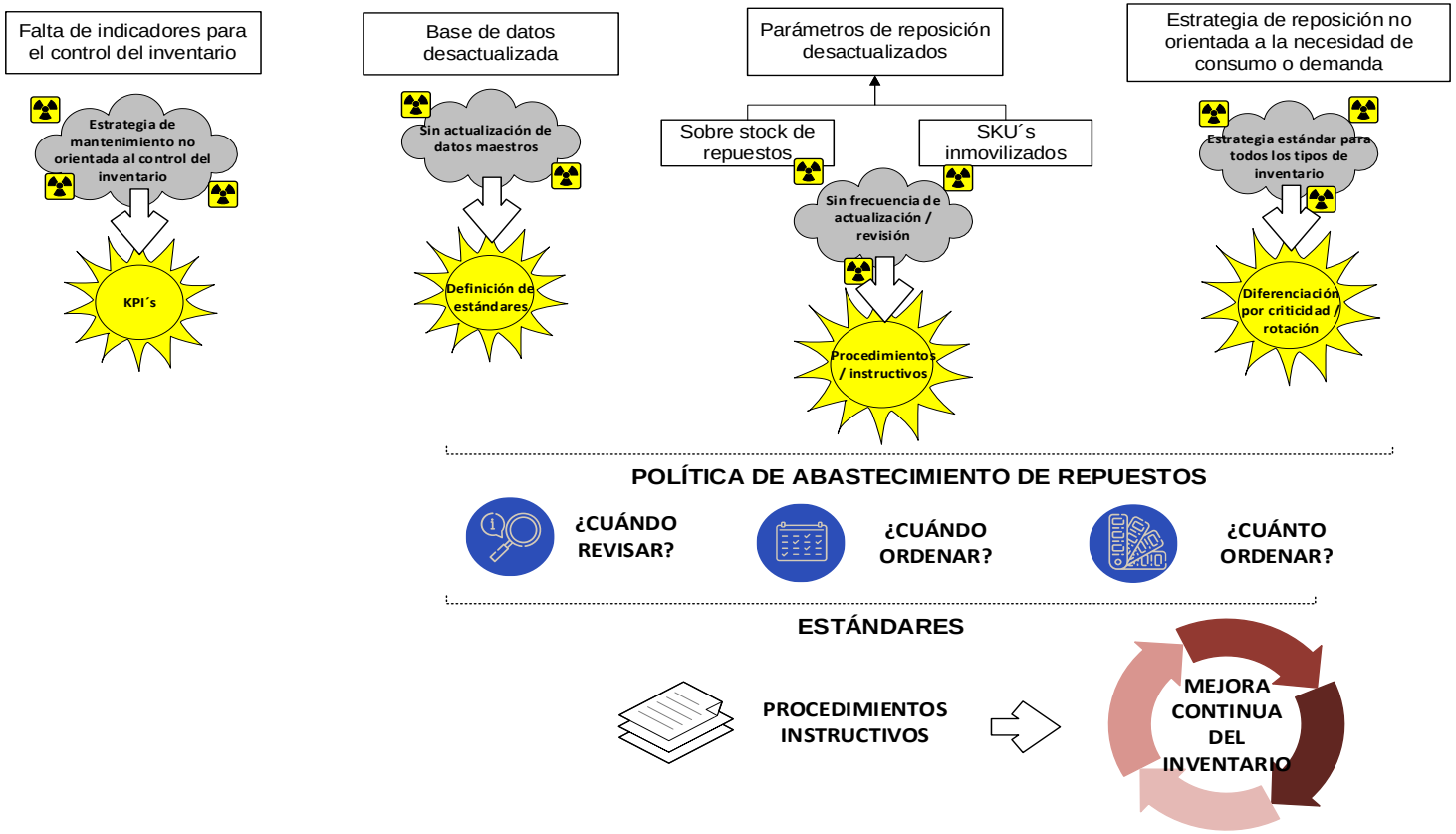
Causa	Solución específica
Falta de indicadores	Implementación de indicadores para acciones oportunas sobre el nivel de inventario
Estrategia de reposición no orientada a la necesidad de consumo o demanda	Alinear la estrategia de abastecimiento de repuestos al contexto de la organización
Sobre stock de repuestos	Análisis de la demanda y rotación
SKU´s inmovilizados	Evaluación de obsolescencia y criticidad de SKU´s
Parámetros de reposición desactualizados	Actualización de parámetros de reposición con base en la política de abastecimiento
Base de datos desactualizada	Descartar todos los SKU´s identificados como obsoletos en la base de datos para su posterior actualización con data maestra.

En función a lo citado en capítulo uno, las soluciones previstas y consolidadas en la tabla 29, se encuentran dentro del alcance de la implementación de una política de abastecimiento que será aterrizada al contexto de repuestos para la ejecución de actividades de mantenimiento en la organización.

Así mismo, en la figura 49 se muestra el modelo gráfico de la propuesta de mejora para la solución al problema identificado, se esquematiza que la para las causas dentro del alcance de este proyecto se diseñará una política de abastecimiento la cual será estandarizada mediante instructivos y procedimientos que resultará en la mejora continua de los niveles de inventario.

Figura 49

Modelo gráfico de solución al problema

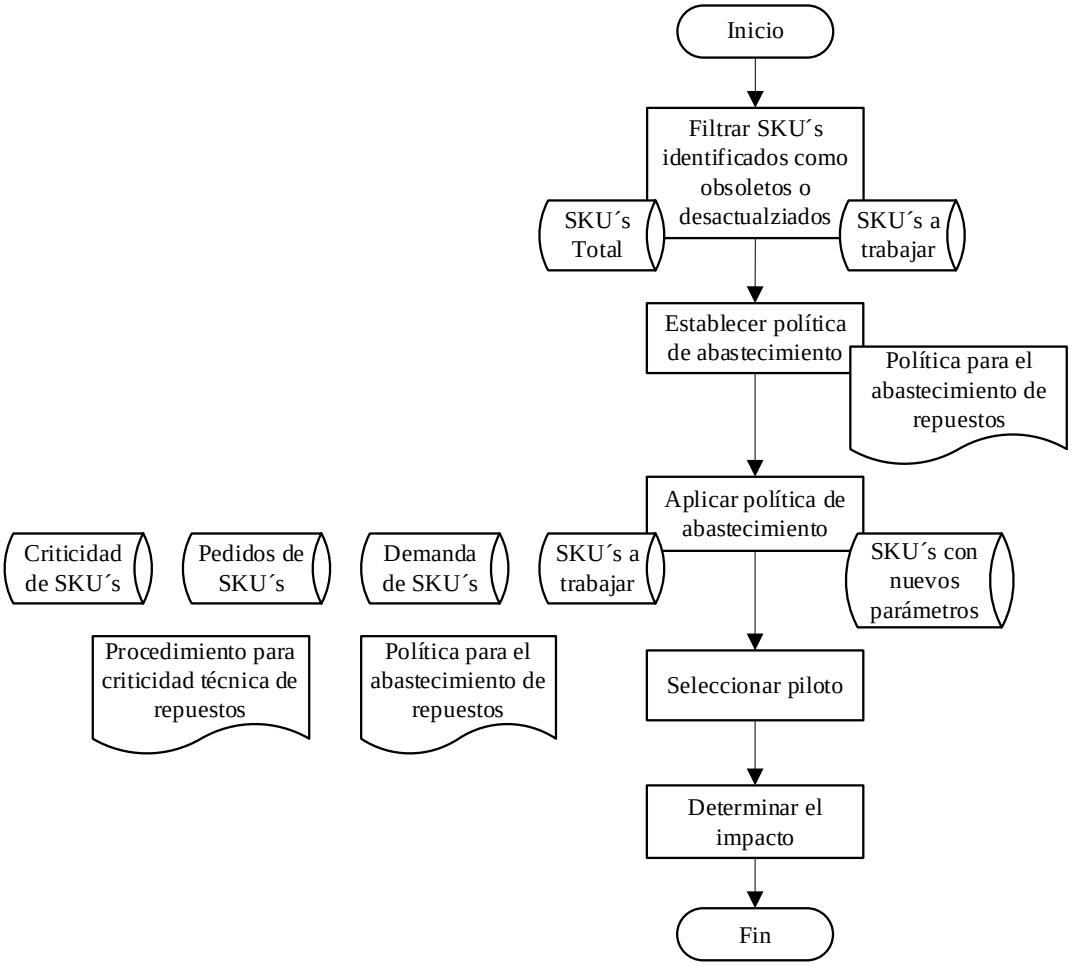


3.2 Estrategia de abordaje

En la figura 50 se muestra, el flujo de la ejecución de actividades para la propuesta de mejora que será planteada en el presente proyecto como para el problema identificado en capítulo 2.

Figura 50

Diagrama de flujo para abordar el problema



3.3 Propuesta de mejora en el inventario de repuestos

Como se trató en la sección anterior, la solución que engloba a las causas que serán tratadas en el presente proyecto, es la implementación de una política abastecimiento, en la cual se brinde el alcance del tratamiento de las necesidades de reposición, evaluación y seguimiento a los repuestos bajo el contexto de la organización.

3.3.1 Política de abastecimiento

Según lo revisado en el capítulo uno, la política definida por la organización debe brindar la capacidad de responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuándo revisar el inventario?
- ¿Cuándo ordenar?
- ¿Cuánto ordenar?

Debido a los resultados de rotación, es necesario que la política cuente con tratamiento diferenciado para cada grupo de SKU´s, ya que, como se revisó en el capítulo dos, se tiene SKU´s que no registran consumos desde el año 2002.

En la tabla 33 se muestra el alcance de política, segmentada en función a los cuatro niveles de clasificación por rotación revisados. Se opta por este tratamiento diferenciado debido al contexto de la organización con referencia a la incertidumbre de consumo de los repuestos destinados a la atención del mantenimiento correctivo programado y de emergencia.

Tabla 33

Alcance de la política de abastecimiento

	Alta y media rotación	Baja y cero rotaciones
¿Cuándo revisar el inventario?	Evaluación de rotación Evaluación de criticidad Actualización de parámetros	Evaluación de obsolescencia. Evaluación de deterioro físico.
¿Cuándo ordenar?	Bajo parámetros, en función a la variabilidad del consumo y tiempo de entrega PP y SS.	Por indicación de usuario, con alertas de consumo para determinar la reposición.

	Alta y media rotación	Baja y cero rotaciones
¿Cuánto ordenar?	Bajo parámetros EOQ.	Por indicación de usuario, en función a la alerta de consumo.

Nota. La necesidad de mantener el inventario de baja y cero rotación se evidencia en el anexo 1 debido al impacto en el proceso productivo.

¿Cuándo revisar el inventario? La revisión periódica del inventario debe estar asociada a los riesgos identificados en el capítulo 2 puesto que buscarán su mitigación. En la tabla 34 se muestran las causas asociadas al nivel de inventario y las medidas de control planteadas.

Tabla 34

Medidas de control contra riesgos en el inventario

Causa	Riesgo	Medida de control
Parámetros de reposición desactualizados	Stock cero Sobre inventario	Revisión de rotación y criticidad de inventario.
SKU´s inmovilizados	Obsolescencia	Revisión de la opción de instalación con equipos en operación en la organización.
	Deterioro	Revisión de la condición física de SKU´s

Ya establecidas las medidas de control para los principales riesgos en el inventario, es necesario definir la frecuencia y criterio de evaluación o revisión, en la tabla 35 se muestran los criterios de evaluación en función a la frecuencia promedio de overhaul.

Tabla 35

Criterios frecuencia y criterios para la revisión del inventario

Medida de control	Frecuencia	Criterio
Revisión de criticidad de repuestos	Anual	Actualizar la criticidad en función al contexto de la organización
Revisión de rotación y actualización de parámetros	Trimestral	Evaluar consumos en los últimos 24 meses
Revisión de obsolescencia	Anual	Evaluar SKU´s inmovilizados en los últimos 24 meses
Revisión de deterioro físico	Anual	Evaluar bajo el principio de Pareto con referencia a la última salida (SKU´s inmovilizados).

Matriz de criticidad para repuestos. Como se revisó en capítulo uno, la criticidad tiene como principio evaluar el riesgo de un evento no deseado, considerando la probabilidad de ocurrencia y el impacto. Sin embargo, bajo el enfoque la gestión de inventario la probabilidad de ocurrencia, en este caso la demanda, será tratada por el índice de rotación; por ello, el riesgo de no contar con el repuesto será determinador por la siguiente ecuación:

Figura 51

Fórmula determinar la criticidad de repuestos

$$Criticidad_{(repuesto)} = Criticidad_{(activo)}\ x\ Consecuencia_{(repuesto)}$$

Nota: $\text{Criticidad}_{(\text{repuesto})}$: impacto general de no contar con el repuesto, $\text{Criticidad}_{(\text{activo})}$: criticidad de líneas y/o activos definidos por la organización, $\text{Consecuencia}_{(\text{repuesto})}$: consecuencia de no contar con el SKU.

Con base a lo revisado en el capítulo uno, para evaluar la consecuencia ante la falta del repuesto, la tabla 36 consolida los principales parámetros que serán evaluados en la organización.

Tabla 36

Consecuencias por falta de repuesto

Consecuencia	Variables para determinar la consecuencia en la organización
Impacto en la producción	Consecuencia de parada en línea o equipo relacionado
Costos	El costo del SKU no sería una variable que determina la criticidad técnica del repuesto; por ello, se reemplazará por la opción de reparación mediante mano de obra propia o de terceros.
Frecuencia	No considerado en esta matriz, la frecuencia se tratará con el índice o clasificación por rotación
Tiempos	Tiempo de reposición o Lead Time
Seguridad	Impacto en la seguridad de activos o personas
Medio ambiente	Impacto en el medio ambiente

Tomando la fórmula de la figura 51 y las consecuencias listadas en la tabla 36, la evaluación de la criticidad, bajo el contexto de la organización, se expresará con la siguiente expresión matemática:

Figura 52

Fórmula determinar la criticidad de repuestos

$$Criticidad = CE\ x\ [(IPxTR) + RE + IS + IM]$$

Nota. CE = criticidad de equipo o línea de proceso, IP: impacto en la producción, TR = tiempo de reposición, RE = recuperación del repuesto, IS = impacto en la seguridad, IM = impacto en el medio ambiente.

Ya definida la fórmula para el cálculo de la criticidad, al ser un método cuali-cuantitativo, en la tabla 37 se define el valor que debe tomar cada variable en función a los datos de campo.

Tabla 37

Matriz de criticidad de repuestos

Ítem	Campo	Descripción	Valor
CE	Criticidad de equipo	Línea, equipo crítico	2
		Línea, equipo no crítico	1
TR	Tiempo de reposición	Importación	2
		Compra local	1
IP	Impacto operacional	Equipo inoperativo	2
		Reducción de eficiencia, no se tiene una parada inmediata	1
RE	Recuperación del repuesto	No cuenta con opciones de reparación	2
		Cuenta con opciones de reparación ya sea con mano de obra propia o de terceros	1
IS	Impacto en seguridad	Afecta a maquinaria o personas	2
		No afecta	0

Ítem	Campo	Descripción	Valor
IM	Impacto en el medio ambiente	Tiene impacto en el medio ambiente	2
		No afecta	0

Nota. CE = criticidad de equipo o línea de proceso, IP: impacto en la producción, TR = tiempo de reposición, RE = recuperación del repuesto, IS = impacto en la seguridad, IM = impacto en el medio ambiente.

Por último, al realizar la calificación de las variables a evaluar y aplicar la fórmula, serán considerados como los repuestos críticos, aquellos que sean iguales o mayores a ocho.

Clasificación de SKU´s por rotación. La base de datos para el presente proyecto fue descargada con un alcance de 24 mes o 2 años, ya que este horizonte representa a la frecuencia promedio para la ejecución de los mantenimientos mayores en la organización objetivo, siendo la actividad de mantenimiento que demanda un mayor volumen de SKU´s. Las dos referencias de rotación citadas en el capítulo uno será comparadas en siguiente cuadro:

Tabla 38

Selección de clasificación por rotación

Criterio	Principio
Clasificación en función al porcentaje sobre el total del inventario	Toma como base el principio de Pareto, clasificando a los SKU´s en función al porcentaje acumulado.
Clasificación por índice de rotación individual	Compara al total de salidas sobre el inventario promedio, evalúa la rotación individual del SKU.

Como se muestra en la tabla 38, el alcance de ambos criterios tiene diferentes objetivos. Por un lado, el primer criterio se basa en el principio de Pareto para realizar una clasificación con referencia al total del inventario; en contraste, el segundo criterio realiza una evaluación

individual y se tendría que utilizar un criterio adicional para evaluar la rotación del SKU con referencia al total del inventario.

Por lo expuesto en el párrafo precedente, el criterio para la clasificación del inventario rotación será el principio de Pareto, con referencia al total de salidas o reservas generadas para no considerar las diferentes unidades de medida en los datos maestros de cada SKU.

Tabla 39

Aplicación directa del criterio de rotación en la organización

Clasificación	Rotación	SKU´s	Salidas registradas
A	80%	4,268	457 - 4
B	15%	6,507	4 - 1
C	5%	4,836	1
D	0%	28,902	0
Total	100%	44,513	

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 39 se muestran los resultados de la aplicación directa del criterio de rotación seleccionado; sin embargo, realizando un contraste contra el total de salidas, la clasificación B y C comparten SKU´s que solo registraron una salida durante el horizonte de evaluación; por ello, para estandarizar la evaluación, en el proyecto se considerará como como baja rotación los SKU´s que presentaron una salida en el horizonte de evaluación. Así mismo, se realizará el mismo proceso con la clasificación A y B que comparten SKU´s que registraron cuatro salidas, estos serán considerados como medía rotación. En la tabla 40 se muestra los resultados de los cambios en el contexto de la organización.

Tabla 40

Clasificación por rotación según los criterios finales establecidos

Clasificación	Rotación	SKU´s	Salidas registradas
A	80%	4,030	457 - 5
B	15%	5,245	4 - 2
C	5%	6,336	1
D	0%	28,902	0
Total	100%	44,513	

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Como se muestra en la tabla 40, en el contexto de la organización un total de 4,030 SKU´s representan el 80% de la rotación del inventario de repuestos. En contraste, en el horizonte de evaluación, 28,902 SKU´s no registraron salidas, calificando como inventado inmovilizado.

Con el objetivo de no distorsionar la información con SKU´s obsoletos, según lo identificado en la etapa de diagnóstico, se procederá con un filtro general a las descripciones que incluyan los siguientes términos: use, obsoleto, agotar y sus abreviaciones. En la tabla 41 se muestra el total de SKU´s identificados bajo esta condición y la tabla 42 muestra los SKU´s netos sin considerar los obsoletos.

Tabla 41

SKU´s identificados como obsoletos según la descripción

Clasificación	Rotación	SKU´s
A	80%	7
B	15%	12

Clasificación	Rotación	SKU´s
C	5%	22
D	0%	1,948
Total	100%	1,989

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Tabla 42

Clasificación final de SKU´s sin considerar obsoletos

Clasificación	Rotación	SKU´s	Salidas registradas
A	80%	4,023	457 - 5
B	15%	5,233	4 - 2
C	5%	6,314	1
D	0%	26,954	0
Total	100%	42,524	

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

¿Cuándo ordenar? Para que la política pueda determinar cuándo ordenar se deben definir las variables a considerar para el cálculo de los parámetros de reposición revisados en el capítulo uno. Sin embargo, dentro del contexto de la organización, 26,954 SKU´s no presentaron rotación en los últimos 24 meses, es decir, el más del 63% de los SKU´s no registraron salidas. Por ello, considerando la información en la tabla 43, para los SKU´s calificados como baja y cero rotaciones no se considerarán parámetros de reposición automática, dado que ningún SKU tiene un lead time mayor a 730 días.

Tabla 43

Lead time registrado a nivel de SKU

Lead Time	SKU´s	Lead Time	SKU´s	Lead Time	SKU´s
250	3	100	19,190	50	295
195	1	98	1	45	1,613
180	13	96	6	40	26
173	420	95	2	37	3
165	1	90	1,018	36	1
160	4	87	37	35	9
150	23	85	4	30	12,614
140	3	84	12	29	23
137	2	80	32	28	1
135	1	77	1	25	29
130	4	75	41	20	311
124	361	74	1	17	7
120	269	70	574	10	2
117	441	65	81	7	1
115	2	60	256	1	13
113	656	56	2	0	4,061
110	10	55	1		
105	1	52	10		
Total	2,215	Total	21,269	Total General	42,493

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Tabla 44

Criterio de reposición en función a la rotación

Rotación	Criterio de reposición
Alta y media rotación	Reposición automática, bajo parámetros
Baja y cero rotaciones	Reposición por indicación de usuario, alertas de consumo

Como se muestra en la tabla 44, bajo el criterio de reposición a solicitud de usuario también están incluidos los SKU´s de baja rotación ya que, según la tabla 42, son repuestos que solo registraron una salida en el horizonte de 24 meses y este único registro sería insuficiente para determinar un patrón de consumo.

Parámetros de reposición para SKU´s de alta y media rotación. Según lo definido en la tabla 35, la revisión de parámetros se realizará con una frecuencia trimestral y para ello se tomará la evaluación de la criticidad del repuesto definida por el área de mantenimiento; por ello, en la tabla 45 se define el nivel de servicio a considerar en función a la criticidad.

Adicional a ello, en la figura 53 se muestra un diagrama de flujo para definir los parámetros y las referencias a considerar para el cálculo.

Figura 53

Diagrama de flujo para determinar los parámetros de reposición

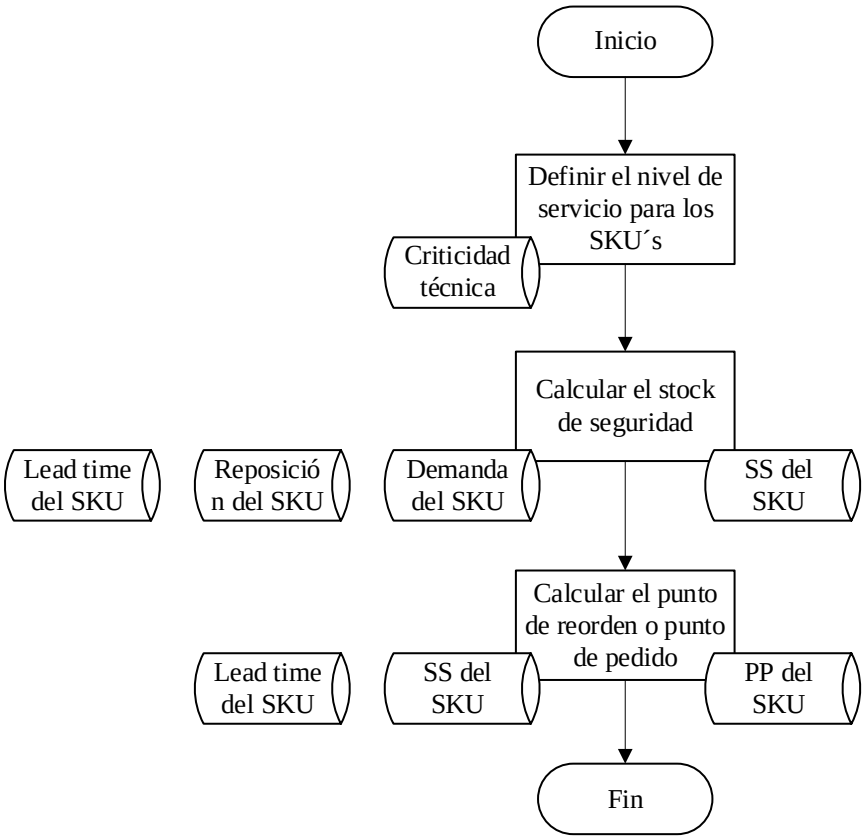


Tabla 45

Nivel de servicio en función a la criticidad del SKU

Nivel de servicio (%)	Factor de servicio	Criticidad
95	1.7	Repuesto no crítico
98	2.1	Repuesto crítico

Nota. Adaptado de L. Mora, 2016, p.50.

Parámetros para baja y cero rotaciones. Para determinar la reposición de los SKU´s de baja y cero rotaciones, según el criterio definido en la tabla 41, será bajo indicación de usuario. Este criterio tiene como base el histórico de rotación de los SKU´s de baja rotación en los últimos 24 meses, como se mostró en la tabla 42, fueron 6,314 códigos los que registraron solo una salida, ello resulta en un promedio semanal de 61 SKU´s.

Tabla 46

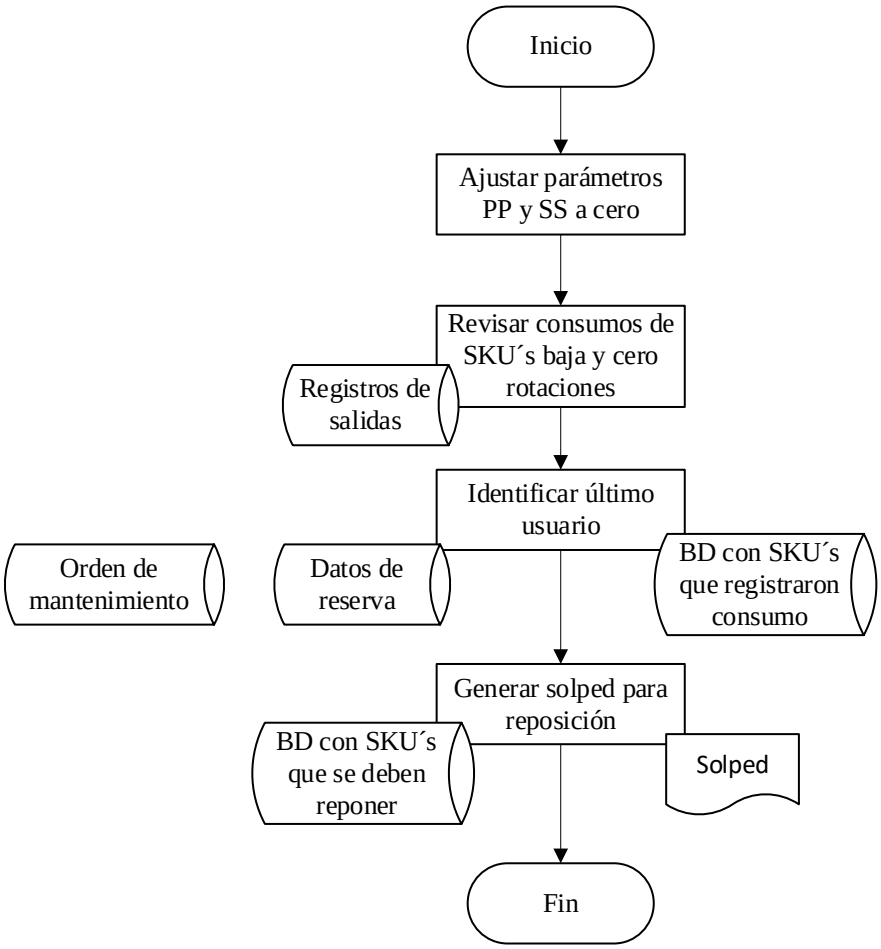
Total de SKU´s promedio a revisar según frecuencia

Total, de SKU´s	Mensual	Quincenal	Semanal
SKU´s por revisar	264	122	61

En la figura 54 se muestra el diagrama de flujo para la reposición de los SKU´s con baja y cero rotaciones. Adicional a ello, en la tabla 43 se plantearon los escenarios de evaluación en función la frecuencia de revisión, siendo la frecuencia óptima, realizar el proceso con un corte semanal ya que la base de datos, con un promedio de 61 SKU´s, se puede trabajar de forma ágil.

Figura 54

Diagrama de flujo para determinar la reposición de SKU´s de baja y cero rotaciones



¿Cuánto ordenar? Para determinar la cantidad a ordenar, se hará uso del modelo EOQ citado en el capítulo uno. Para ello, se requieren las referencias para el cálculo del costo por almacenar y el costo por ordenar, en la tabla 47 se muestran los centros de costo7 y; por ende, la carga fabril8 a considerar para el cálculo a realizar.

[7] En la organización se denomina centro de costo al nivel más macro en la estructura de costos, representa un área o proceso en específico.

[8] En la organización se denomina carga fabril a todos los costos (directos e indirectos) imputados al centro de costo, estos pueden ser: Mano de obra, depreciación, impuestos, mantenimiento, suministros entre otros.

Tabla 47

Centro de costo a considerar para las variables del EOQ

Variable EOQ	Centro de costo
Costo de almacenar	Almacén técnico
Costo de ordenar	Logística Lima

Por un lado, para el costo de almacenar se tomará como referencia la carga fabril imputada en el centro de costo del almacén técnico, considerando el índice de repuestos respecto al total de la cuenta repuestos y suministros mostrados en la tabla 16, dado que el almacén técnico también es responsable de la custodia suministros.

Figura 55

Cálculo del costo por mantener inventario

$$C_m = \frac{i\ x\ CF}{IV_p}$$

Nota. C_m: índice de costo por mantener inventario, i: índice de repuestos sobre el total de la cuenta repuestos y suministros, CF: carga fabril en centro de costo almacén técnico, IV_p: inventario valorizado promedio en el horizonte de evaluación.

Por otro lado, para el costo por ordenar se tomará como referencia los pedidos o reposiciones generadas contra el porcentaje de la carga fabril del centro de costo logística Lima. Para este porcentaje se tomará como referencia a la tabla 17 y el total del inventario que depende del área de compras; para ello, en la figura 56 se muestra la distribución del inventario según el informe de los estados financieros, publicado en la superintendencia de mercado valores, correspondientes al segundo trimestre del 2021.

Figura 56

Composición del inventario en los estados financieros

	30.06.2021 S/(000)	31.12.2020 S/(000)
Productos terminados	140,890	116,997
Mercadería (b)	27,753	31,254
Productos en proceso	36,897	31,268
Materias primas, auxiliares y otros insumos (c)	274,219	208,823
Repuestos y suministros diversos (d)	140,398	130,028
Inventarios por recibir (e)	110,139	61,751
	730,296	580,121
Menos:		
Estimación por desvalorización de inventarios (f)	(15,332)	(14,814)
	714,964	565,307

Nota. Tomado de Superintendencia de mercado valores [SMV], 2021, p. 18.

Como se muestra en la figura 57, para el cálculo del costo relacionado directamente a la reposición de repuestos de utilizará un índice que tome como referencia el total de repuestos contra las cuentas que se encuentren dentro de la gestión del área de compras.

Figura 57

Índice de repuestos respecto al área de compras

$$i = \frac{\sum V_r}{Mp + RS + Ir}$$

Nota. V_r: inventario valorizado de repuestos, M_p: materias primas, auxiliares y otros suministros, RS: repuestos y suministros, : inventario por recibir.

Por último, en la figura 58 se muestra la expresión matemática para el cálculo del costo por emisión de una orden de compra.

Figura 58

Cálculo del costo por ordenar

$$C_p = \frac{i\ x\ CF}{\sum P_g}$$

Nota. C_p*:* costo por emisión de pedido, i: índice de repuestos respecto al área de compras, CF: carga fabril en el centro de costo logística Lima, P_g: pedidos generados en el horizonte de evaluación

La política de abastecimiento planteada se encuentra detallada en el anexo 2. Así mismo, dado que se requiere un mayor detalle de los lineamientos se plantearon los procedimientos para la evaluación de criticidad y la metodología de abastecimiento en los anexos 3 y 4 respectivamente. Por otro lado, para realizar el seguimiento a los resultados de la política se planteo el indicador de ratio de repuestos planteado en el anexo 5.

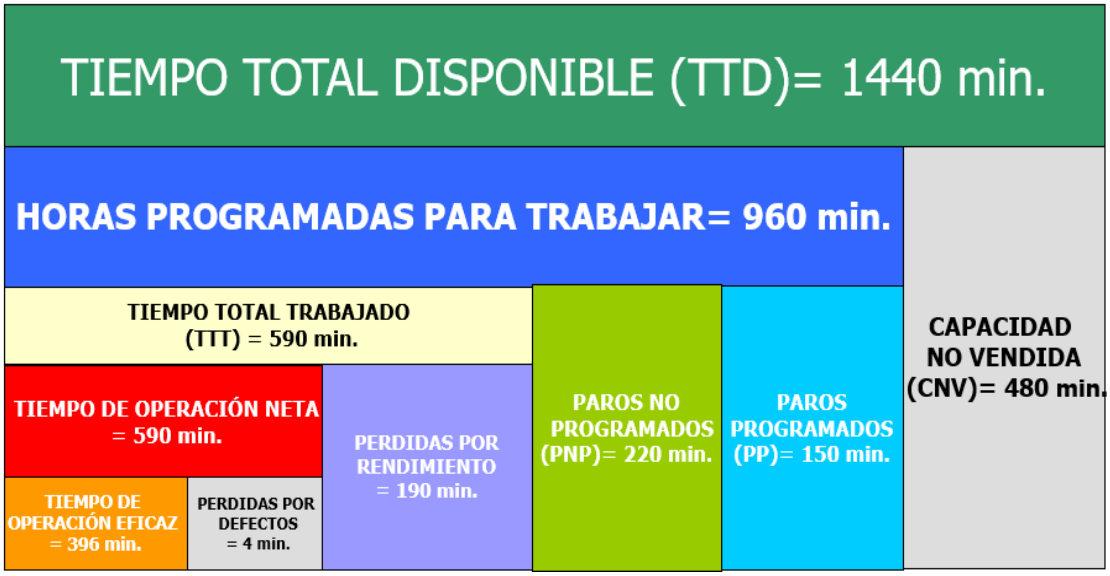
4 SELECCIÓN DEL PILOTO E IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

4.1 Selección del piloto

Para determinar la línea objetivo se priorizará la línea y/o equipo que registre el mayor TTT o Tiempo Total Trabajado, para ello, se tomará como referencia el software de producción SysTVC en el cual se registran todos los tiempos de una línea de producción. En la figura 59 se muestra un ejemplo de la distribución de tiempos en el sistema TVC tomando como referencia un día calendario en una línea de producción de la organización.

Figura 59

Distribución de tiempos en sistema TVC



Nota. La figura muestra un ejemplo de la distribución de tiempos en un día de trabajo en la organización.

En la tabla 48 se muestra el total del tiempo trabajado en las tres áreas de producción, siendo el área de derivados la más representativa con un total de 89,893 horas trabajadas, equivalente al 43% del tiempo total trabajado de las áreas productivas en la organización.

Tabla 48

Tiempo total trabajado en el centro 100

Área	Tiempo total trabajado (hora)
Derivados Lácteos	89,893
Fábrica de envases	64,146
Fábrica de leche	53,274
Total, general	207,313

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 49 se muestran las cinco líneas que acumulan en el mayor tiempo total trabajado en el área de derivados lácteos. Se observa que la línea Uniloy 2 es la que presenta el mayor TTT al corte del 2021; por ello, será seleccionada como línea piloto para la implementación del modelo.

Tabla 49

Tiempo total trabajado en el centro 100

Línea de producción	Tiempo total trabajado (hora)
Línea Uniloy 2	5,299
Línea Uniloy 3	5,212
Línea de bolsas 01	4,651
Línea de bolsas 02	4,190
Línea de cajas 01	3,495

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

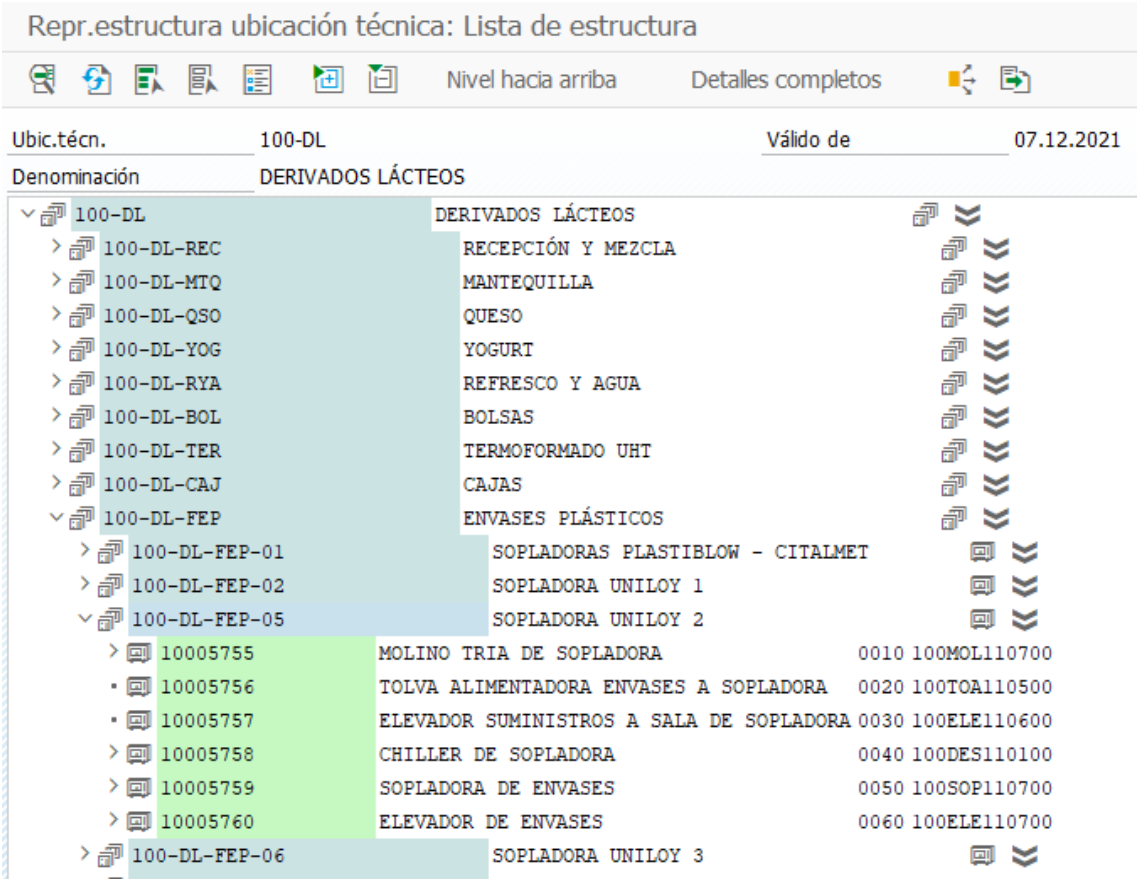
4.2 Implementación del modelo

4.2.1 Determinar alcance de SKU´s

En la figura 60 se muestra la estructura técnica de la línea Uniloy 2, la cual integra seis equipos para su proceso de producción, esta línea corresponde a la subárea de envases plásticos los cuales son destinados a la producción de yogurt.

Figura 60

Estructura técnica en línea Uniloy 2



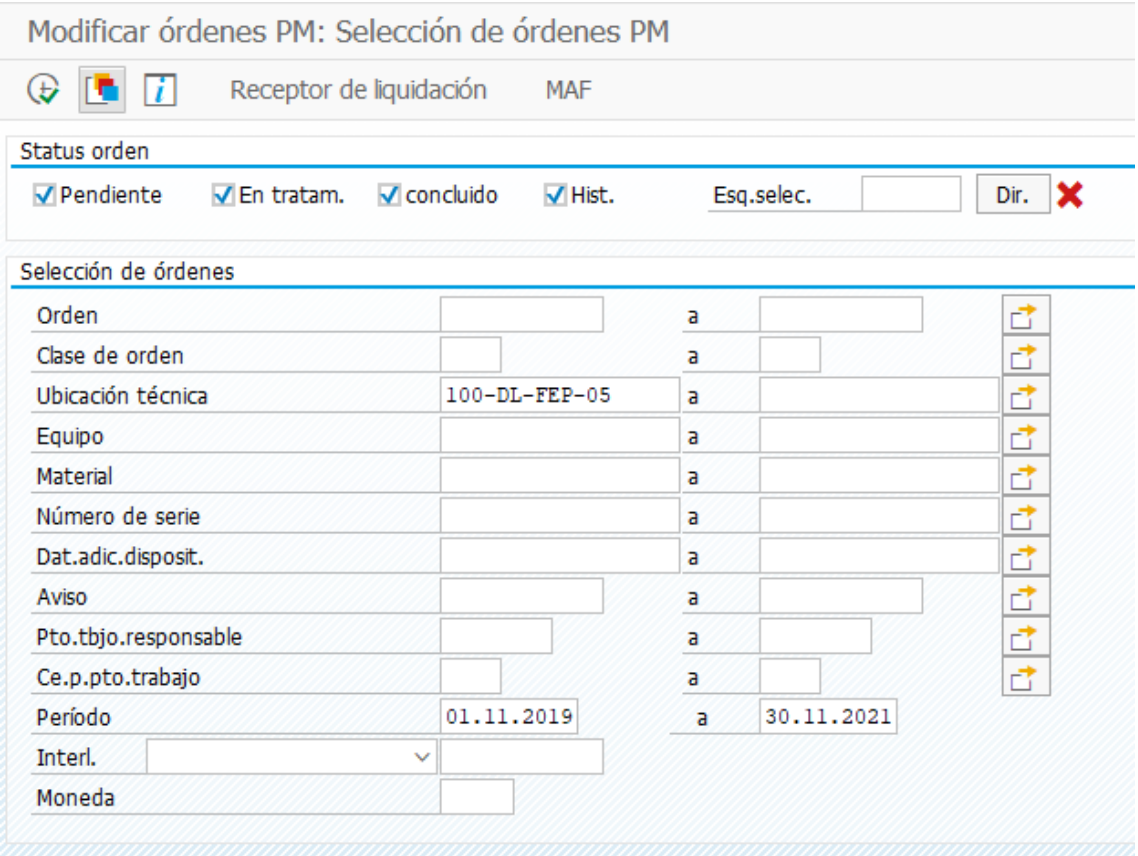
Nota. Captura tomada del ERP de la organización.

Como se muestra en la figura 61 se tomarán todos los estatus de órdenes de mantenimiento en el horizonte de 24 meses, la referencia será la ubicación técnica de la línea

de producción Uniloy 2, que representa a la línea de producción integrada por los seis equipos mostrados en la figura 55.

Figura 61

Criterios de búsqueda de órdenes de mantenimiento



Nota. Captura tomada del ERP de la organización.

En la figura 62 se muestran los movimientos de los materiales de forma parcial, las clases de movimiento 961 y 201 corresponden a las salidas de almacén y el movimiento 101 representa a los ingresos, con referencia al número de pedido, dato que será necesario más adelante para el cálculo de la variabilidad del lead time.

Figura 62

Movimiento de materiales

Lista documentos material

Doc.material	...	Material	Texto breve de material	Can...	UME	Ce.	Alm.	Pedido	Pos.	...	CMv	Texto de clase-mov.
4930514662	2	5031940	CONECTOR RECTO NEUMT. 8/6 CONEX. ...	2-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930520363	1	5451231	TUERCA HEXAGONAL M8 INOX	4-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930539502	1	5031940	CONECTOR RECTO NEUMT. 8/6 CONEX. ...	6-	UND	100	1000				201	SM para CeCo Producc
4930543381	2	5099756	RODAJE 6206-2Z/C3 BOLAS SKF	1-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930549385	2	5501178	REPUESTO CUCHILLA OLFA LB 10 JGO ...	1-	JGO	100	1000				201	SM para CeCo Producc
4930549179	8	5522616	O-RING 10.82X14.38X1.78MM VITON 2-...	3-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930546731	3	5539173	RODAJE 6205-2Z/C3 SKF BOLAS	1-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930543381	1	5539173	RODAJE 6205-2Z/C3 SKF BOLAS	1-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930540254	1	5551079	CONECTOR 90 RAPID QSL-1/8-8 (15304...	2-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930551998	1	5553059	PRISIONERO ALLEN M6-1X10MM INOX	4-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930549179	5	5605837	ANILLO O-RING INT 4.5MM X ESP 1.5MM...	1-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930549179	3	5668899	CUCHILLA PRECORT-UNILOY3 *PLANO*	2-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
5005064153	1	5709794	JGO FILTRO EXTRUSOR UNILOY 3 *PLA...	4	JGO	100	1000	4429...	10		101	EM Entr.mercancías
4930549179	2	5719044	BOQUILLA SOPLADO UNILOY 3 *PLANO*	1-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930549179	6	5721231	ANILLO O-RING INT 12.5MM X 1.5MM EP...	1-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930540958	1	5732239	CABLE CONECT C/LED 90° M12,4P HEM...	1-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten
4930549179	1	5741706	SOPORTE BOQUILLA SOPLADO *PLANO*	1-	UND	100	1000				961	SM para ord. Manten

Nota. Captura tomada del ERP de la organización.

Ejecutado el análisis del historial de mantenimiento de la línea y la revisión de datos maestros se identifica que el alcance de la implementación del modelo son 439 SKU´s están destinados a la ejecución de actividades de mantenimiento en la línea Uniloy 2.

4.2.2 Análisis de criticidad

Bajo los criterios establecidos, en la tabla 50 se muestra un extracto de la calificación a los SKU´s de la línea Uniloy 2. En la columna rotulada como total, muestra el resultado de la aplicación de la formula

Tabla 50

Calificación de criterios a nivel de SKU

Material	CE	TR	IP	RE	IS	IM	Total	Criticidad
5501178	2	1	2	2	0	0	8	Crítico
5030538	2	1	1	1	0	0	4	No crítico

Material	CE	TR	IP	RE	IS	IM	Total	Criticidad
5509193	2	2	1	1	0	0	6	No crítico
5509575	2	1	1	2	0	0	6	No crítico
5509572	2	1	2	2	2	0	12	Crítico
5033154	2	2	1	1	0	0	6	No crítico
5451231	2	2	1	1	0	0	6	No crítico
5033155	2	2	1	1	0	0	6	No crítico
5543080	2	1	1	1	0	0	4	No crítico
5516131	2	1	1	1	0	0	4	No crítico

Nota. CE: criticidad de equipo o línea de proceso, IP: impacto en la producción, TR: tiempo de reposición, RE: recuperación del repuesto, IS: impacto en la seguridad, IM: impacto en el medio ambiente.

En la tabla 51 se muestra el resumen de la evaluación de criticidad a los repuestos de la línea Uniloy 2, siendo el 47% repuestos críticos para el proceso de producción, por ello, estos repuestos tendrán asociado un nivel de servicio del 98%.

Tabla 51

Resumen de SKU´s en función a la criticidad definida

Criticidad	Total SKU´s
Crítico	209
No crítico	230
Total general	439

4.2.3 Análisis de rotación

En la tabla 52 se consolida los resultados de la evaluación de rotación realizada en los repuestos destinados a la línea Uniloy 2. Se observa que, 48 repuestos representan el 80% del

total de consumos. Así mismo, el mayor stock valorizado de repuestos en la línea no registró salidas en el horizonte evaluación, representando más del 50% del inventario.

Tabla 52

Clasificación según rotación

Clasificación por Rotación	Stock valorizado	SKU´s
Alta	49,299	48
Media	314,938	136
Baja	198,045	60
Cero	561,269	195
Total general	1,123,550	439

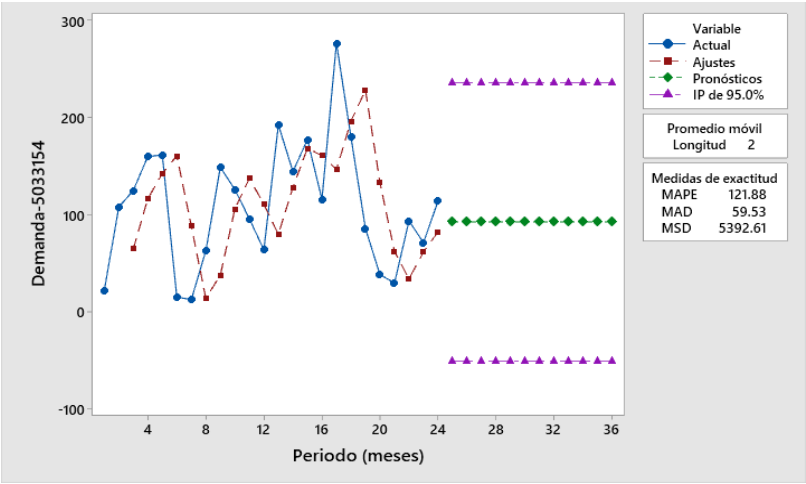
Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

4.2.4 Determinación de parámetros

Proyección de la demanda para SKU´s de alta rotación. Con el soporte del software MINITAB se realizará el pronóstico de la demanda para los repuestos de alta rotación, en las figuras 63,64,65 y 66 se muestra la proyección de consumo de un SKU en los próximos 12 meses con los modelos seleccionados siendo: promedio móvil de orden 2, promedio móvil de orden 3, exponencial simple y exponencial doble respectivamente.

Figura 63

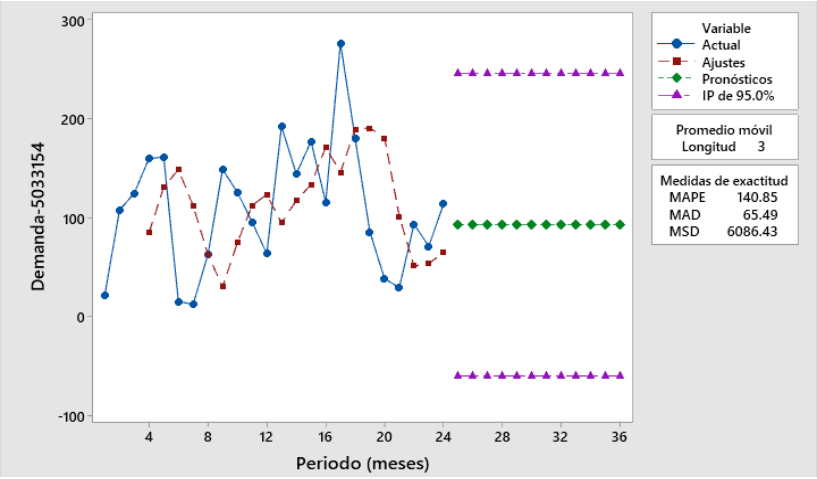
Gráfica para promedio móvil (2) para el SKU 5033154



Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Figura 64

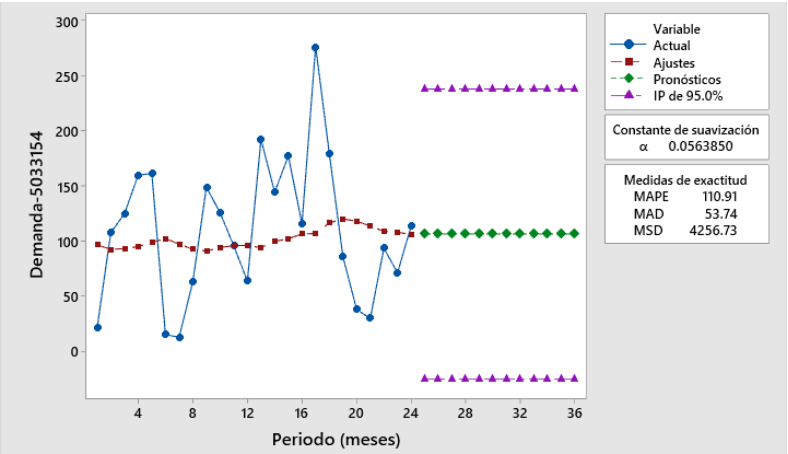
Gráfica para promedio móvil (3) para el SKU 5033154



Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Figura 65

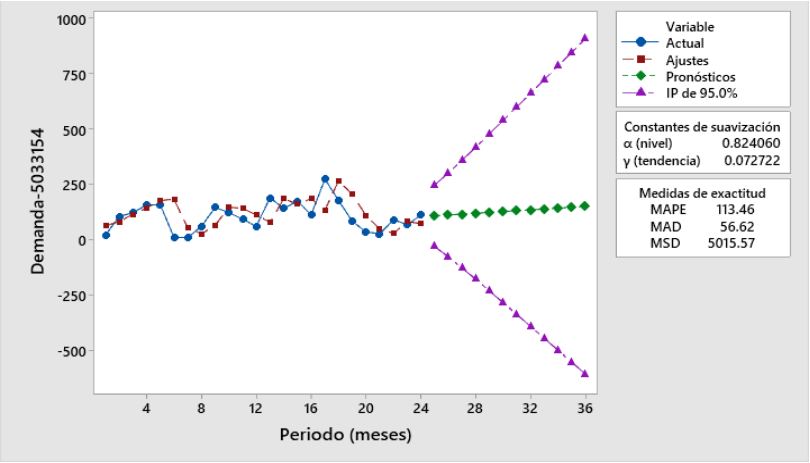
Gráfica para promedio exponencial simple del SKU 5033154



Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Figura 66

Gráfica para promedio exponencial doble del SKU 5033154



Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 53 se muestran las 3 variables que miden el error en el software MINITAB, en la sección de soporte del software, se indica que las medidas de exactitud MAPE, MAD y MSD se utilizan para comparar el ajuste de los modelos de pronóstico utilizados en una serie de datos, indicando que los estadísticos con el menor valor dan como resultado el modelo que tiene el mejor ajuste. Por ello, para el SKU 5033154 el mejor modelo pronóstico es el exponencial simple.

Tabla 53

Comparación de error en los modelos de pronóstico para el SKU 5033154

Modelo de pronóstico	Error		
	MAPE	MAD	MSD
Promedio móvil (2)	121.88	59.53	5,392.61
Promedio móvil (3)	140.85	65.49	6,086.43
Exponencial simple	**110.91**	**53.74**	**4,256.73**
Exponencial doble	113.46	56.62	5,015.57

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Así mismo, en la tabla 54 se muestra un extracto de la comparación de las medidas estadísticas de exactitud o error en los SKU´s de alta rotación, para ello, se realizó el pronóstico de cada SKU con los siguientes modelos:

- Promedio móvil de orden 2
- Promedio móvil de orden 3
- Exponencial simple
- Exponencial doble

Tabla 54

Comparación de error en los modelos de pronóstico para los SKU de alta rotación

SKU	Error	Promedio móvil (2)	Promedio móvil (3)	Exponencial simple	Exponencial doble
5033154	MAPE	121.88	140.85	110.91	113.46
	MAD	59.53	65.49	53.74	56.62
	MSD	5,392.61	6,086.43	4,256.73	5,015.57
5033155	MAPE	67.67	74.79	63.28	79.19
	MAD	44.35	47.90	36.79	43.93
	MSD	3,580.16	3,960.85	2,714.74	3,197.24
5030538	MAPE	105.04	120.13	105.89	94.83
	MAD	36.18	35.98	28.51	34.78
	MSD	1,847.80	1,959.01	1,437.82	1,761.25
5451231	MAPE	162.18	146.38	107.47	134.57
	MAD	41.66	40.63	33.14	36.63
	MSD	2,665.92	2,634.25	1,765.51	1,961.99
5031528	MAPE	354.20	286.20	138.62	332.61
	MAD	64.60	65.90	41.21	60.26
	MSD	12,103.60	11,574.40	6,998.01	8,045.46

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Tabla 55

Selección del modelo pronóstico para los SKU´s de alta rotación

SKU	Modelo	Pronóstico de1 periodo
5033154	Exponencial simple	107
5033155	Exponencial simple	69
5030538	Exponencial simple	82
5451231	Exponencial simple	58
5031528	Exponencial simple	40
5543080	Exponencial doble	42
6022485	Exponencial simple	30
5501178	Exponencial doble	0
5506645	Exponencial simple	13
5509575	Exponencial simple	22
5516131	Promedio móvil orden 3	23
5509572	Exponencial simple	20
5509193	Exponencial simple	16
5031940	Exponencial simple	15
5034739	Promedio móvil orden 3	5
5034654	Exponencial simple	11
5030544	Exponencial simple	10
5553059	Exponencial simple	9
5563424	Exponencial simple	11
6505835	Exponencial simple	10

SKU	Modelo	Pronóstico de1 periodo
5522616	Exponencial simple	7
5518982	Exponencial simple	8
5526436	Exponencial simple	7
5086367	Exponencial simple	7
5539173	Exponencial simple	6
5033937	Exponencial simple	5
5099756	Exponencial simple	6
5546191	Exponencial simple	5
5574864	Exponencial simple	5
5523804	Exponencial simple	4
6013962	Exponencial simple	4
5514452	Exponencial simple	4
5605837	Exponencial simple	4
5539172	Exponencial simple	3
5524057	Exponencial simple	4
5721231	Exponencial simple	3
5797608	Exponencial simple	2
5797609	Exponencial simple	1
5591884	Exponencial simple	1
5719045	Exponencial simple	2
5732239	Exponencial simple	2
5732240	Exponencial simple	2

SKU	Modelo	Pronóstico de1 periodo
5521750	Exponencial simple	2
6031654	Exponencial simple	2
6500532	Exponencial simple	2
5540122	Exponencial simple	1
5719042	Exponencial simple	1
5741707	Exponencial simple	1

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 55 se muestra el modelo de pronóstico seleccionado para los SKU´s de alta rotación y el pronóstico de un periodo, sin considerar decimales, en función a los datos históricos de consumo de los último 24 meses. Por otro lado, en la tabla 56 se resume el total SKU´s en cada modelo, evidenciando que más del 91% se ajustan al modelo exponencial simple evidenciando que la demanda no tiene un comportamiento estacional.

Tabla 56

Consolidación de SKU´s según modelos de pronósticos

Modelo	SKU´s
Exponencial simple	44
Promedio móvil orden 3	2
Exponencial doble	2
Promedio móvil orden 2	0
Total	48

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Cálculo del stock de seguridad y punto de pedido para alta y media rotación. En la tabla 57 se muestran los resultados del cálculo del stock de seguridad y punto de pedido para los SKU´s de alta y media rotación. Para los SKU´s de alta rotación se tomará la demanda proyecta según el modelo óptimo identificado en la tabla 55, por otro lado, para los SKU de media rotación se tomará el promedio histórico.

Tabla 57

Cálculo de parámetros para SKU´s de alta y media rotación

SKU	σD	σL	Lt	D	FS	SS	PP
5033154	43.31	3.06	70	3.57	1.7	363	612
5033155	33.33	20.51	60	2.30	1.7	265	403
5030538	6.01	69.39	30	2.73	1.7	249	331
5451231	19.93	64.35	90	1.93	1.7	249	423
5031528	21.00	0.00	100	1.33	1.7	210	343
5543080	5.88	11.09	30	1.40	1.7	38	80
6022485	15.02	43.13	100	1.00	1.7	160	260
5501178	4.14	3.51	30	0.00	2.1	23	23
5506645	9.05	11.67	100	0.43	1.7	91	134
5509575	4.03	5.86	45	0.73	1.7	28	61
5516131	4.81	8.54	30	0.77	1.7	28	51

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización. Así mismo. El detalle de los nuevos parámetros considerados en el alcance del piloto se muestra en el anexo 6.

Para los resultados se realizó lo siguiente:

σD (Desviación estándar de la demanda): para este cálculo se utilizó la herramienta Office Excel mediante el uso de una tabla dinámica en la cual se consolidaron todas las salidas

del SKU, y en la configuración del campo valor se seleccionó la opción “resumir el campo valor por Desvest”

σL (Desviación estándar del tiempo de entrega): Para el cálculo del tiempo de entrega se tomó como referencia la fecha de ingreso al almacén técnico y la fecha de generación del pedido de compra, con esta diferencia, en días se realizó el cálculo de la desviación estándar en Excel,

Lt (Lead time o tiempo de reposición): Datos maestros de SAP, consulta en el módulo MM

D (Demanda diaria): Para los SKU´s de alta rotación se consolidaron las salidas en periodos resultando un total de 24 con esta información se realizó la proyección en MINITAB, considerando el modelo con el menor error, este valor fue dividido entre 30 para el cálculo de la demanda diaria. Por otro lado, para los SKU´s de media rotación se consideró un promedio simple.

FS (Factor de servicio): El factor se servicio fue asignado en función a la criticidad del SKU según la política definida.

Por otro lado, en la tabla 58 se muestra la cantidad de SKU que podrán trabajar el criterio de reposición automática con el stock de seguridad en cero ya que, debido a la variabilidad de la demanda, lead time y consumo no ameritan contar con stock de seguridad.

Tabla 58

SKU´s con el stock de seguridad en cero

Rotación	Stock de seguridad igual a cero	Total	Porcentaje
Alta	1	48	2%
Media	49	137	36%

Rotación	Stock de seguridad igual a cero	Total	Porcentaje
Total	50	185	27%

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Como se muestra en la tabla 58, se tiene un total 49 SKU´s de media rotación que debido a su consumo histórico y lead time en datos maestros, no deben contar con stock de seguridad, estos representan del 36% de los repuestos de media rotación en la línea piloto.

Así mismo, en la tabla 59 se muestra el punto de pedido calculado para los SKU´s que tienen stock de seguridad igual a cero, evidenciando que el 67% o 33 SKU´s tienen como resultado el punto de pedido igual a cero considerando el redondeo estándar de Excel con la formula "=Redondear" a cero decimales.

Tabla 59

Punto de pedido de SKU´s con stock de seguridad en cero

Rotación	Punto de pedido			
	0	1	2	Total
Alta	1			1
Media	33	15	1	49
Total	34	15	1	50

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Por otro lado, en la tabla 60 se consolidan los resultados tomando como referencia el cálculo del stock máximo citado en el capítulo uno. Aplicando la formula el stock general se reduce en un 4% según la UM (unidad de medida) del SKU, presentado mayor impacto en el

inventario de alta rotación debido a que cuentan con una mayor cantidad de registros de consumo y reposición para una mejor proyección de la demanda.

Tabla 60

Comparativa del stock máximo con los nuevos parámetros calculados

Rotación / UM	Stock máximo antes	Stock máximo después	Diferencia	%
Alta	4,367	3,768	-599	-14%
juego	60	0	-60	-100%
metro	1,349	1,082	-267	-20%
unidad	2,958	2,686	-272	-9%
Media	1,173	1,535	362	31%
juego	37	49	12	32%
kilogramo	11	19	8	73%
metro	87	148	61	70%
unidad	1,038	1,319	281	27%
Total, general	5,540	5,303	-237	-4%

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización. Así mismo, para la comparación de los resultados se tomaron los resultados del anexo 6.

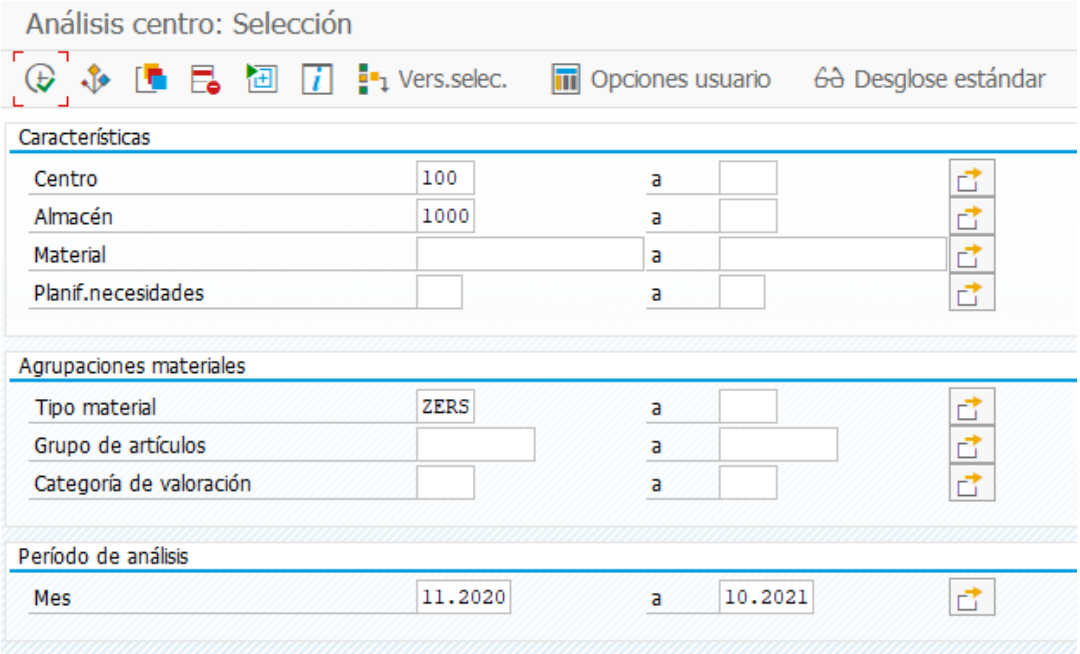
Por último, para cerrar con la presente sección, se resume que no por ser un repuesto que presenta media rotación debe contar con parámetros de reposición diferentes de cero ya que, debido al lead time, criticidad técnica y el consumo promedio diario no se presentará desabastecimiento; sin embargo, al trabajar con datos históricos y la probabilidad de consumo para los repuestos críticos, de gran impacto en el proceso, se podría determinar fijar el parámetro de forma manual.

Cálculo de lote económico o EOQ para los SKU de alta y media rotación.

Costo por mantener. Como se revisó en las secciones precedentes, el factor clave para determinar el costo por mantener inventario es el inventario promedio en el horizonte de evaluación, para efectos prácticos se tomará un año, 12 periodos, tomando como referencia el inventario y gasto en los centros de costo desde noviembre del 2020 hasta octubre del 2021. En la figura 67 se muestra la utilización de la transacción MCBA para determinar el inventario promedio.

Figura 67

Soporte con transacción MCBA para el determinar el inventario promedio

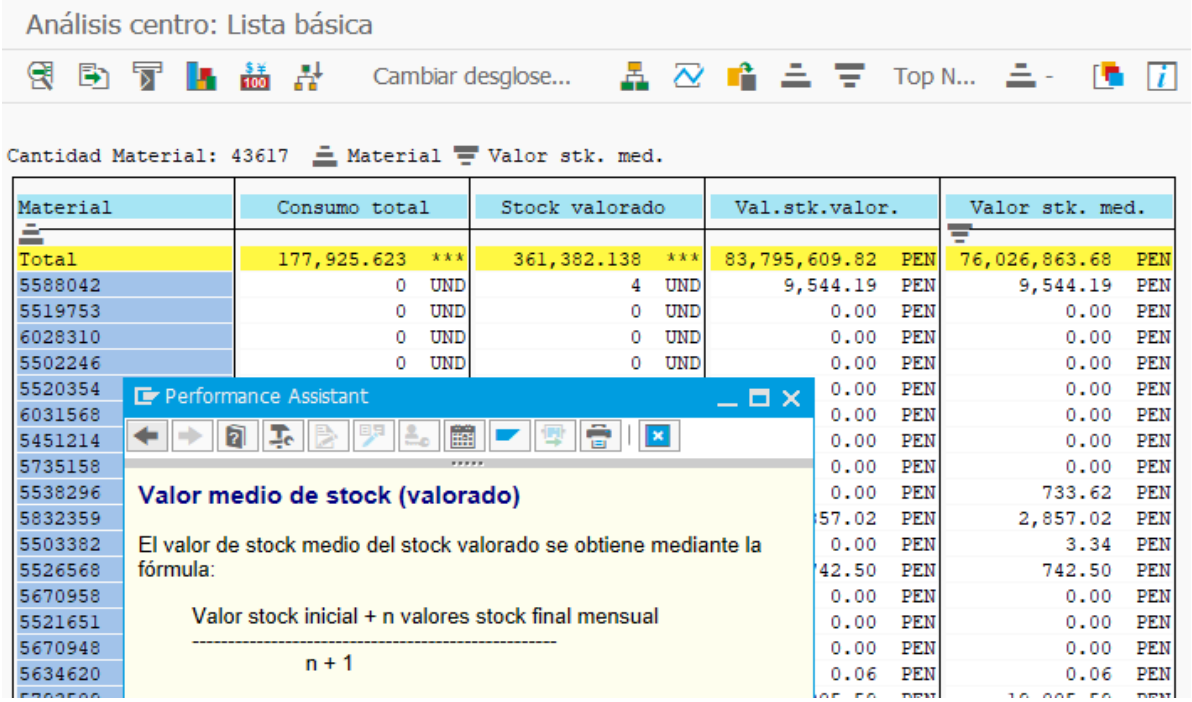


Nota. Captura tomada del ERP de la organización.

En la figura 68 se muestran los resultados con las restricciones fijadas en la figura 67, el cuadro de soporte SAP, valida que la columna cinco corresponde al stock medio en el horizonte de 12 meses consultado, superando los 76 millones de soles.

Figura 68

Resultados MCBA, inventario promedio de repuestos



Nota. Captura tomada del ERP de la organización.

Por otro lado, para determinar la carga fabril se tomará el gasto real de enero a octubre del presente periodo y se complementará con el gasto real de noviembre y diciembre del 2020, como se muestra en la figura 69, el gasto total en el centro de costo durante el horizonte de evaluación se aproximó a los 16 millones de soles.

Figura 69

Extracto de carga fabril en el centro de costo de almacenes

Descripción	Noviembre 20	Diciembre 20	Enero 21	Setiembre 21	Octubre 21	TOTAL
91390999		855.00	855.00-			
91450100	3,360.65	7,012.41-	4,419.44	2,295.96	2,295.96	19,307.85
91450300	34,487.27	130,056.73	50,889.75	141,413.63	141,413.63	1,465,131.29
91460101	1,323.44	1,327.40	1,257.25	1,242.76	1,245.22	15,796.36
91460103	277.85	275.72	276.65	140.98	204.28	2,687.64
91510600	279.51	381.59	231.45	260.47	302.58	3,165.24
91511300	7,072.63	6,907.36	6,971.16	7,858.09	7,577.10	87,963.81
91590300	os					224.33
91590500		1,076.61		41.95		2,003.27
91590550	264.92	264.92-	59.26			
91810100	60,335.96	60,335.99	60,404.42	60,620.77	60,620.82	725,797.86
91810400	44,037.18	43,382.02	43,462.51	44,308.07	48,107.99	528,380.94
91810600	1,903.72	1,903.72	1,922.95	1,922.97	1,922.96	23,037.01
91810800	184.06	184.07	184.40	167.92	163.98	2,152.56
91811300	14,782.24	14,809.90	17,413.07	17,376.71	17,376.53	204,589.15
91812400	1,231.38	1,996.41	2,283.41	1,231.38	1,231.38	19,724.35
91891000	eciación		2,094.00			
92690300	11,495.92-	11,495.91-	44,196.94-	16,856.80	174.97	43,662.28-
92690400	15,083.36-	15,083.36-	57,575.00	17,486.60	59,047.60	26,366.03-
87110000	5,891.68	16,676.56	57,566.46	4,099.58	20,781.41	192,107.61
87110100	25,614.82	6,867.72	9,948.32	5,845.83	18,061.65	138,566.95
87110200	16,463.42	23,187.53	722.80	63,663.49	22,102.49	664,532.84
* 101116003 ALMACENES	1,526,427.34	1,543,731.25	1,227,250.04	1,287,731.16	1,327,467.73	15,991,212.86
** Total	**1,526,427.34**	**1,543,731.25**	**1,227,250.04**	**1,287,731.16**	**1,327,467.73**	**15,991,212.86**

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Por último, con los valores determinados y el índice calculado en la sección de diagnóstico, se aplicará la fórmula definida, mostrando el resultado en la figura 70.

Figura 70

Costo por mantener inventario

$$C_m = \frac{i\ x\ CF}{IV_p} = \frac{86\%\ x\ 15{,}991{,}212.86}{76{,}026{,}863.68} = 0.181 = 18.1\ \%$$

Costo por ordenar. Con el objetivo de tener el índice más actualizado, el cálculo se realizará con la información del tercer trimestre del 2021. En la figura 71 se muestra el stock valorizador de inventario según cada partida.

Figura 71

Inventario al cierre del tercer trimestre 2021, en miles de soles

	30.09.2021 S/(000)	31.12.2020 S/(000)
Productos terminados	149,289	116,997
Mercadería (b)	44,067	31,254
Productos en proceso	39,503	31,268
Materias primas, auxiliares y otros insumos (c)	361,212	208,823
Repuestos y suministros diversos (d)	141,821	130,028
Inventarios por recibir (e)	65,078	61,751
	800,970	580,121
Menos:		
Estimación por desvalorización de inventarios (f)	(14,770)	(14,814)
	786,200	565,307

Nota. Tomado de SMV, 2021, p. 18.

En la figura 72 se muestra el cálculo del índice considerando el reporte del tercer trimestre.

Figura 72

Cálculo del índice de compra de repuestos

$$i = \frac{\sum V_r}{Mp + RS + Ir} = \frac{122{,}245}{361{,}212 + 141{,}821 + 65{,}078} = 0.22$$

Figura 73

Extracto de carga fabril en el centro de costo logística Lima

Descripción	Noviembre 20	Diciembre 20	Enero 21	Setiembre 21	Octubre 21	Total
91460101	1,027.94	1,027.93	1,184.96	1,234.47	1,234.47	14,857.91
91490100	300.97	895.56	38,503.85	192.36	2,644.13	47,471.39
91510600	230.90	231.29	284.57	263.02	254.19	3,142.89
91511300	2,513.78	2,455.02	2,477.70	2,792.93	2,693.07	31,264.22
91540800						2,612.90
91590300	5,546.48-	12,024.95		55,089.38	62,735.79	445,354.71
91590500		33.65		4.24		42.13
91592100	2,580.00	2,151.00	3,094.00	3,965.00	2,205.00	27,811.26
91810100	26,995.80	26,995.82	26,997.26	26,997.30	26,997.26	323,964.41
91810400	18,180.84	13,607.96	13,619.30	11,885.82	11,739.60	163,606.90
91810600	2,655.52	2,655.54	3,003.25	2,674.75	2,271.78	32,011.12
91810800	1,695.00	1,694.36	1,695.71	1,608.72	1,608.91	19,993.92
91811300	7,425.72	7,221.88	7,279.61	7,206.95	7,206.82	87,226.10
91812400	377.19	269.84	261.38	261.38	261.38	3,260.83
91820150	1,150.00	1,150.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	21,300.00
91891000	eciación		323.50			
92690300	4,228.39-	3,671.42	5,496.80	5,592.83	6,652.10	6,847.15
92690400	6,439.36-	10,430.65-	21,280.44	42,235.70-	8,495.92-	24,073.52-
87110000	14,688.22	14,434.02	10,335.59	6,801.72	5,742.45	173,166.34
87110100	15,977.32	11,341.20	12,804.55	5,612.77	14,671.81	145,026.59
87110200	8,102.30	13,541.71	166.80	44,958.58	11,218.80	205,871.20
* 101116002 LOGISTICA LIMA	464,938.77	374,190.46	490,777.13	586,667.10	502,433.73	6,256,008.65
** Total	**464,938.77**	**374,190.46**	**490,777.13**	**586,667.10**	**502,433.73**	**6,256,008.65**

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la figura 73 se muestran los gastos imputados en el centro de costo logística Lima en el horizonte de evaluación, superando los 6 millones de soles.

Tabla 61

Cantidad de pedidos generados.

Periodo	Órdenes de compra
Ene	593
Feb	857
Mar	765
Abr	484
May	511
Jun	707

Periodo	Órdenes de compra
Jul	1,053
Ago	931
Set	1,349
Oct	1,380
Nov	919
Dic	1,668
Total	11,217

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 61 se muestra el total de pedidos generados en el horizonte de evaluación, superando las 11 mil órdenes de compra emitidas. Por último, en la figura 74 se muestra el resultado del cálculo realizado, superando los 120 soles por cada orden de compra emitida.

Figura 74

Cálculo del costo por emisión de pedidos

$$C_p = \frac{i\ x\ CF}{\sum P_g} = \frac{0.22\ x\ 6{,}256{,}008.65}{11{,}217} = 120.70$$

Tabla 62

Resultados del cálculo de EOQ

SKU	Demanda	Demanda anual	Costo unitario (S/)	EOQ	Ratio de consumo
5033154	3.57	1301.83	2.06	927	0.71
5033155	2.30	839.50	2.66	654	0.78
5030538	2.73	997.67	1.86	852	0.85

SKU	Demanda	Demanda anual	Costo unitario (S/)	EOQ	Ratio de consumo
5451231	1.93	705.67	0.32	1720	2.44
5031528	1.33	486.67	0.14	2136	4.39
5543080	1.40	511.00	2.45	532	1.04
6022485	1.00	365.00	0.22	1496	4.10
5501178	0.00	0.00	13.73	0	-
5506645	0.43	158.17	4.81	211	1.33
5509575	0.73	267.67	3.79	309	1.15
5516131	0.77	279.83	8.56	211	0.75
5509572	0.67	243.33	8.06	202	0.83
5509193	0.53	194.67	38.36	83	0.43
5031940	0.50	182.50	5.20	218	1.19
5034739	0.17	60.83	8.11	101	1.66
5034654	0.37	133.83	11.59	125	0.93
5030544	0.33	121.67	2.00	287	2.36

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 62 se consolidan los resultados de forma parcial sobre el alcance de repuestos de alta y media rotación. Se evidencia que, en el caso del SKU 6022485 el EOQ calculado es superior en 4 veces a la demanda anual, ello quiere decir que, en función a la demanda anual, se contará con stock para 4 años. Por ello, en la tabla 63 se consolidarán los SKU´s que superen en 2 veces a la demanda anual.

Tabla 63

EOQ con más de 2 años de inventario

Rotación	> 2	Total	Porcentaje
Alta	30	48	63%
Media	90	137	66%
Total	120	185	65%

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 63 se muestra que el 65% de los SKU´s contarán con un stock mayor a 2 años, según la demanda promedio. Para entender el contexto, la tabla 64 se mostrarán los resultados más representativos.

Tabla 64

Casos más representativos con EOQ mayor a 2 años

Rotación	SKU	Demanda anual	Costo unitario(S/)	EOQ	EOQ/Demanda anual
Alta	5605837	48.67	0.38	414	8.5
Alta	5721231	36.50	0.49	320	8.8
Alta	5797608	24.33	0.59	236	9.7
Alta	5797609	12.17	0.61	164	13.5
Media	5719044	19.00	1.07	155	8.2
Media	5719044	19.00	1.07	155	8.2
Media	5541018	22.50	0.13	485	21.6
Media	5030540	14.00	2.54	86	6.1
Media	5743897	31.50	0.84	225	7.1

Rotación	SKU	Demanda anual	Costo unitario(S/)	EOQ	EOQ/Demanda anual
Media	5506364	7.50	4.61	47	6.3
Media	5529264	4.50	1.17	72	16.0
Media	5029384	7.00	0.69	117	16.7
Media	5522565	5.00	0.19	191	38.2
Media	5528878	24.00	0.13	500	20.8
Media	5522633	3.00	0.57	84	28.0
Media	5451114	3.50	0.71	82	23.4
Media	5513213	4.00	3.03	42	10.5
Media	5025557	5.00	0.38	134	26.8
Media	5523269	1.50	0.56	60	40.0
Media	5759109	1.00	24.98	7	7.0
Media	5791635	2.00	14.00	14	7.0
Media	5816312	1.00	43.15	6	6.0
Media	5522631	1.00	2.40	24	24.0
Media	5535708	2.00	12.57	15	7.5
Media	5569553	3.00	4.06	32	10.7

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Como se muestra en la tabla 64 el factor común en los 25 SKU´s analizados es el bajo costo unitario, llegando a un extremo de adquirir inventario hasta por 40 años, como es el caso del SKU 5523269, solo con el objetivo de reducir la emisión de órdenes de compra. Así mismo, se debe considerar el factor de deterioro físico en el almacén y el riesgo obsolescencia debido a los activos en valor residual identificados en el capítulo dos, más aún, identificando que el

84% de estos casos corresponden a SKU´s de media rotación. Por ello, se considera que el EOQ no debe ser superior a 2 veces la demanda anual proyectada en función a los datos históricos, este criterio estaría alineado a la revisión de rotación en un horizonte de 24 meses.

En contraste con lo anterior, como se muestra en la tabla 65, el elevado costo unitario hace que el EOQ sea igual a cero y ello ocasionará un conflicto en el sistema ya que estos SKU, sujetos a reposición automática, no generarán la SOLPED o solicitud de pedido para la reposición cuando el stock sea igual o menor al punto de pedido definido. Por ello, el EOQ debe ser mayor a cero, para fines prácticos, al ser SKU´s de media rotación, asumirán el valor de uno.

Tabla 65

Casos con EOQ igual a cero

SKU	Demanda anual	Costo unitario (S/)	EOQ	EOQ/Demanda anual
5615151	1.50	11,117.4	0	-
5668894	1.50	10,318.5	0	-
5615192	1.00	9,598.1	0	-
5615164	1.00	12,771.4	0	-
5532761	1.00	10,453.8	0	-

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

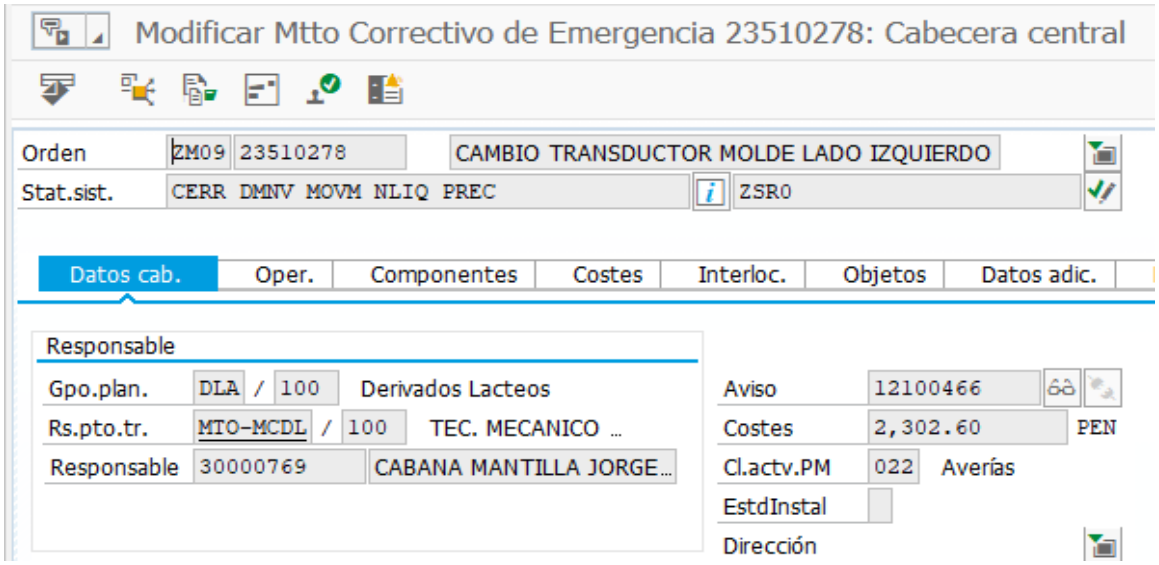
Por último, según la interpretación de los valores calculados, es necesario contar con referencias mínimas para el contraste del EOQ calculado ya que su principal enfoque radica en la reducción de emisión de órdenes de compra, tomando como referencia el costo o valor de inventario relacionado directamente al costo por mantenerlo. De no interpretar valor calculado, es posible generar un sobre aprovisionamiento o en su contraste, stock cero en el contexto de

la organización. Así mismo, como se mostró la tabla 66, el EOQ tiene mayor precisión con el inventario de alta rotación.

Baja y cero rotaciones, evaluación de la necesidad del usuario. Debido a que estas categorías de SKU´s se trabajarán con los parámetros en cero y bajo la indicación de reposición del usuario, se debe identificar el último usuario que generó la reserva. Para ello, se tomarán los datos de la orden trabajo del módulo PM de SAP o mantenimiento vinculada a la reserva. En la figura 75 se muestran los datos maestros de una orden de trabajo.

Figura 75

Cabecera de una orden de mantenimiento



Nota. Captura tomada del ERP de la organización.

La información necesaria para determinar el usuario de evaluará y aprobará la reposición serán los siguientes: responsable, grupo planificador y puesto de trabajo.

Tabla 66

Puntos clave para determinar la reposición de los SKU´s de baja rotación

SKU	Stock actual	Criticidad	Última orden	Descripción de orden	Clase de OT	Puesto de trabajo	Responsable	Cantidad para reponer
5595525	2	Crítico	23515674	Cambio válvula proporcional molde izquierdo	ZM01	Derivados	30000769	0
5666994	2	No crítico	23195620	Preventivo molino Tria Techne 1	ZM02	Derivados	30016954	0
5651457	1	Crítico	23250256	Mantenimiento de sistema hidráulico sopladora Uniloy 2	ZM02	Derivados	30005497	0
5735873	1	Crítico	23090498	Ruido extraño en el motor hidráulico	ZM09	Derivados	30016954	0
5762589	7	No crítico	23845601	Fuga aceite cilindro hidráulico traslación izquierda	ZM01	Derivados	30000034	0
5850619	15	No crítico	23525586	Cambio mangueras corrugadas deshumedecedor	ZM01	Derivados	30000769	0

SKU	Stock actual	Criticidad	Última orden	Descripción de orden	Clase de OT	Puesto de trabajo	Responsable	Cantidad para reponer
5850620	15	No crítico	23525586	Cambio mangueras corrugadas deshumedecedor	ZM01	Derivados	30000769	0
5518258	2	Crítico	23172222	Bloque soplador izquierdo tiende a bajar solo	ZM09	Derivados	30016954	0
5525026	1	Crítico	23090498	Ruido extraño en el motor hidráulico	ZM09	Derivados	30016954	0
5574808	1	No crítico	23123044	Preventivo molino Tria Uniloy 2	ZM02	Derivados	30000666	0
5595526	1	Crítico	23172295	Molde derecho golpea cuando retorna	ZM09	Derivados	30016954	0
5614906	9	Crítico	23135720	Alarma carro derecho no en posición	ZM09	Derivados	30005497	0
5638571	2	No crítico	23087864	Mantenimiento de pasteurizador	ZM02	Derivados	30005497	0

En la tabla 66 se muestra un extracto de la evaluación a 13 SKU´s, en esta muestra no se requiere la reposición de ningún repuesto ya que aún se cuenta con stock.

Tabla 67

Registros de consumo según tipo de orden de mantenimiento

Tipo de orden	SKU´s
ZM09 (correctivo de emergencia)	23
ZM01 (correctivo programado)	19
ZM02 (mantenimiento preventivo)	13
ZM13 (mejoras)	2
ZM14 (afiliadas)	1
ZM10 (monitoreo de condición)	1
API	1
Total, general	60

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 67 se muestra que el 70% de los repuestos son utilizados en actividades de mantenimiento correctivo y en el capítulo de anexos se muestra el impacto tangible e intangible ante una parada. Así mismo, el 22% de los repuestos fueron utilizados para el reemplazado de componentes durante la ejecución de un preventivo que podrían ser calificados como mantenimiento de oportunidad dado que la organización no tiene un tipo de orden para esta actividad de mantenimiento.

Por otro lado, en la tabla 68 se muestra la necesidad de reposición para los repuestos de baja rotación resultando en 6 SKU´s los cuales representan el 10% del total de repuestos de baja rotación

Tabla 68

Resumen de SKU´s a reponer según los criterios de reposición establecidos

SKU	Cantidad para reponer	SKU	Cantidad para reponer
5595492	1	5707417	1
5595527	1	5716047	1
5638592	1	5741728	1

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Por último, como se muestra en la tabla 69, al considerar los parámetros de reposición, un total de 29 SKU´s tienen un stock inferior al punto de pedido fijado, ello quiere decir que se redujo la necesidad de reposición en un 79%.

Tabla 69

SKU´s sujetos a reposición según los parámetros en datos maestros

Criterio	SKU
Stock < PP	29
Stock > PP	31
Total	60

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

4.2.5 Evaluación de obsolescencia

Debido a que la línea Uniloy 2 es la que aporta el mayor tiempo total trabajado en el centro 100, no se encontrarán SKU´s obsoletos. Por ello, el alcance de la evaluación de obsolescencia será el integral, a nivel de clases[9], considerando a los repuestos que se calificaron como cero rotaciones en el horizonte de evaluación.

[9] Las clases de material en el módulo MM de SAP tiene como función servir de agrupadores, en la organización, las clases de material hacen referencia al equipo o línea en el que se instará el repuesto.

Tabla 70

SKU´s clasificados como cero rotaciones en el horizonte de evaluación

Centro	Stock valorizado	SKU´s
100	35,567,209	14,866
101	14,268,094	7,362
123	1,350,350	837
109	1,240,991	1,180
121	411,684	249
129	201,760	114
125	49,165	55
105	41,556	70
106	607	3
129A	275	5

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 70 se muestra que los centros 100 y 101 superan los 49 millones de soles de inventario de repuestos inmovilizado, que representan más del 93% del total del inventario inmovilizado en la organización. Por ello, como alcance de evaluación, se tomarán los tres principales centros de emplazamiento en la organización, que serían: 100, 101 y 109. La evaluación de obsolescencia se ejecutará bajo los siguientes criterios:

- Desmontaje de línea y/o equipo de producción.
- Up grade o repotenciación de sistema.
- Sin opción de traslado entre centros.
- Sin opción de utilización otro activo de la organización.

En la tabla 71 se resumen el total de SKU´s identificados como obsoletos, siendo un total de 679 SKU´s agrupados en 99 clases de material que representan a un equipo o activo.

Tabla 71

Resumen de SKU´s identificados como obsoletos

	Clases	SKU´s
Cantidad	99	679

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Adicional a ello, en la tabla 72 se muestra el total de SKU´s obsoletos, clasificados según el último registro de consumo o salida en el sistema, identificando que más del 76% presentaron consumos hasta el año 2017.

Tabla 72

SKU´s obsoletos clasificados según la última salida

Ultima salida	SKU´s
2010	59
2011	78
2012	30
2013	44
2014	73
2015	69
2016	94
2017	71
2018	84
2019	77

Total	679

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Así mismo, en la tabla 73 se muestra el sustento de obsolescencia para las clases más representativas, se identificando que un total de 135 SKU´s no cuentan con clasificación dificultando la evaluación

Tabla 73

Consolidación de clases catalogadas como obsoletas

Clase de material	Sustento
Envasadora A3 Compact-Flex200 slim tetra	Línea a ser retirada por Tetra Pak, propiedad de Tetra fin de contrato.
Envasadora A3 Flex 040 Tetra Gemina	Línea retirada por Tetra Pak, propiedad de Tetra fin de contrato.
Sin clase	Repuestos genéricos de bajo valor.
Prensa y Scroll 214/300	Prensas 214 fuera de servicio.
Prensa end-o-mat serie 12100	Cambio de herramentales por variación de espesor de hojalata.
Pestañador de cuerpos Baby	Cambio de equipo por variación de espesor de hojalata.
Can-o-mat.open top order	Sistema de herramientas de cabezal superior reemplazado.
Etiquetadora Burt Aus	Up grade de sistema de alimentación mecánico.

Clase de material	Sustento
Partidor envases Tall-Germann	Equipo inoperativo debido a migración a cuerpo simple.
Homogenizador Gaulin 800	Equipo desmontado.
Envasadora A3 Compact Flex -0300	Línea retirada por Tetrapak.
Tanque aséptico Tetra Pack 20000 litros	Equipo dado de baja.
Condensador evaporativo York XLP-l990	Equipo desmontado.
Probadora de envases CVT Corima	Equipo dado de baja.

Nota. El detalle de todas las clases y los montos relacionados se resume en el anexo 7.

Por último, en la tabla 74 se identifican los SKU´s que pueden ser trasladados a otro centro ya que aún presentan utilización, esta medida es tomada para agotar las opciones de utilización antes de declarar la obsolescencia del repuesto.

Tabla 74

SKU´s con opción de traslado a otro centro

Obsoletos		Opción de traslado		
Centro	Total	Centro 100	Centro 101	Centro 109
Centro 100	23		23	
Centro 101	52	43		9
Centro 109	19	19		
Total	94	62	23	9

Nota. En el anexo 8 se muestra el detalle de los SKU´s considerados en la presente tabla resumen.

4.3 Impacto económico

En la presente sección se valorizarán los resultados obtenidos en la línea piloto y se determinará si estos tienen un impacto económico positivo en la organización, de esta forma sustentará o descartará la aplicación del modelo en más líneas o equipos.

4.3.1 Valorización de nuevos parámetros en repuestos de alta y media rotación

Para determinar el impacto de los nuevos parámetros calculados, se valorizará el stock máximo calculado en la línea piloto, ya que el nivel de inventario no se mantiene estático, presentando continuos ingresos y salidas en función a los parámetros definidos. En la tabla 75 se consolidan los resultados según el costo unitario registrado en SAP, resultando en una reducción del inventario del 48%, la cual equivale a más de 140 miles de soles. El mayor impacto se presenta en el inventario de media rotación y ello se debe a que, según los cálculos realizados el capítulo tres, 49 SKU´s pueden tener el stock de seguridad en cero, siendo una de las variables para el cálculo del stock máximo.

Tabla 75

Valorización del stock máximo

Rotación / UM	Stock Max Val antes	Stock Max Val después	Diferencia	%
Alta	33,879	27,086	- 6,792	-20%
juego	824	-	- 824	-100%
metro	3,408	2,670	- 738	-22%
unidad	29,647	24,416	- 5,231	-18%
Media	260,113	126,401	- 133,712	-51%
juego	8,666	7,979	- 687	-8%
kilogramo	84	145	61	73%

metro	6,665	7,034	369	6%
unidad	244,698	111,242	- 133,456	-55%
Total, general	293,992	153,487	- 140,505	-48%

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Así mismo, como complemento al stock máximo, se validará el impacto considerando al máximo valor de inventario posible, esta situación se dará cuando el stock actual sea igual o menor de punto del pedido y se emita la orden de compra según el EOQ o lote económico registrado para el SKU; esta situación será simulada en todos los SKU y se valorizará este máximo inventario en la siguiente tabla:

Tabla 76

Valorización del PP + EOQ

Rotación / UM	Stock Max Val antes	Stock Max Val después	Diferencia	%
Alta	93,519	79,181	- 14,338	-15%
juego	5,382	-	- 5,382	-100%
metro	12,080	7,282	- 4,798	-40%
unidad	76,057	71,899	- 4,158	-5%
Media	536,463	328,771	- 207,692	-39%
juego	15,981	16,743	762	5%
kilogramo	306	375	69	23%
metro	14,896	11,160	- 3,736	-25%
unidad	505,282	300,494	- 204,788	-41%
Total, general	629,982	407,952	- 222,030	-35%

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

Por otro lado, como se muestra en la tabla 76, según este cálculo adicional, el inventario máximo posible se reduce en un 35% el cual equivale a más de 222 miles de soles. Así mismo, el escenario es similar al método de cálculo para el stock máximo citado en el capítulo uno, siendo el inventario de media rotación el más representativo ya que aporta más de 93% de la reducción de inventario proyectada.

Adicional a lo anterior, en la tabla 77 se consolidan los resultados de ambos métodos de cálculo para determinar el stock máximo con referencia a los parámetros de reposición definidos, evidenciado que tras la aplicación de la metodología se logrará una mejora del 15%, como mínimo, en el inventario de alta rotación y del 38% en el inventario de media rotación. Así mismo, se evidencia que, el 93% de la reducción en el stock valorizado, corresponde al inventario de media rotación y ello está relacionado a que las actividades de mantenimiento de rutina no contemplan el reemplazo de componentes complejos o de alto valor.

Tabla 77

Nivel de reducción de inventario según rotación

Tipo de inventario según rotación	Reducción del inventario valorizado		Participación total en el stock valorizado	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Alta	-15.3%	-20.0%	4.8%	6.5%
Media	-38.7%	-51.4%	93.5%	95.2%

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

4.3.2 Valorización de reposiciones a solicitud de usuario

Para la valorización del impacto de la reposición a solicitud de usuario, se comparará la necesidad de reposición en función a los registros del último consumo contra una reposición automática, en función a los parámetros de reposición establecidos en los datos maestros del

SKU. Para efectos prácticos solo se considerará la reposición de una cantidad igual a uno según la unidad de medida que corresponda al repuesto.

En la tabla 78 se muestra, y se hace evidente, el contraste realizado en capítulo tres con referencia a la necesidad de reposición del inventario de baja rotación, reduciendo el stock valorizado a reponer en más del 71%.

Tabla 78

Necesidad de reposición según parámetros en el inventario de baja rotación

Criterio	SKU	Stock Valorizado
Stock < PP	29	49,592.19
Necesidad de usuario	6	14,018.13

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

4.3.3 Valorización obsoletos

En la tabla 79 se muestra el resultado de la valorización de los 679 SKU's identificados como obsoletos según los criterios definidos, ante ello, la organización supera los 1.3 millones de soles de inventario, el cual representa al 2.6% del total de inventario de repuestos inmovilizados en los últimos 24 meses.

Tabla 79

Valorización de SKU´s obsoletos

Ultima salida	SKU´s	Stock Valorado
2010	59	19,169
2011	78	136,710
2012	30	47,647

Ultima salida	SKU´s	Stock Valorado
2013	44	219,348
2014	73	181,984
2015	69	124,176
2016	94	188,648
2017	71	178,265
2018	84	193,599
2019	77	94,507
Total	679	1,384,054

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

En la tabla 80 se muestra la valorización de los SKU´s que pueden ser trasladados a otro centro para mantener las opciones de utilización superando el monto de los 124 mil soles.

Tabla 80

Valorización de SKU´s con opción de traslado a otro centro

Obsoletos		Opción de traslado		
Centro	Total	Centro 100	Centro 101	Centro 109
Centro 100	74,458		74,458	
Centro 101	35,009	31,534		3,476
Centro 109	15,056	15,056		

Total	124,522	46,589	74,458	3,476

Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

4.3.4 Recursos para la implementación del modelo

Para la implementación del modelo en los 439 SKU´s de la línea Uniloy 2 el principal recurso utilizado fueron horas hombre de personal de mantenimiento, se utiliza este término ya que, es la forma para dimensionar la duración de ejecución de actividades en el área de mantenimiento. En la tabla 81 se consolidan las actividades realizadas y las horas hombre utilizadas para la implementación del modelo, resultando como inversión total 24 horas hombre.

Tabla 81

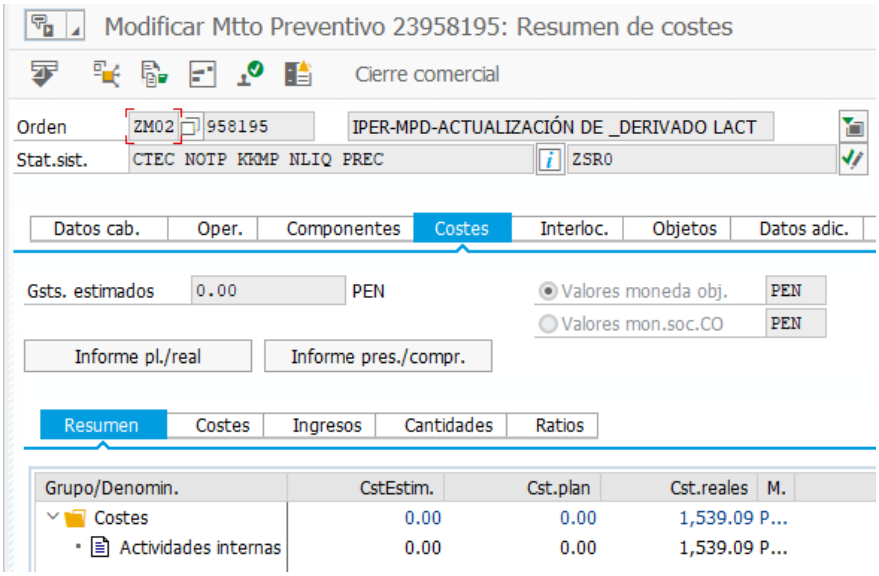
Necesidad de horas hombre en cada etapa del piloto

Actividad	hora hombre
Evaluación de rotación	4
Evaluación de la criticidad	8
Proyectar demanda alta rotación	5
Definir parámetros alta y media rotación	5
Evaluar reposición de baja rotación	2
Total, de horas hombre	24

En la figura 76 se muestra el costo contable de las horas hombre en el área de mantenimiento, para el cálculo del costo unitario, se toma como base el costo total de CMO (costo de mano de obra) de todo el personal del centro de costo de mantenimiento y total de horas notificadas en el periodo consultado.

Figura 76

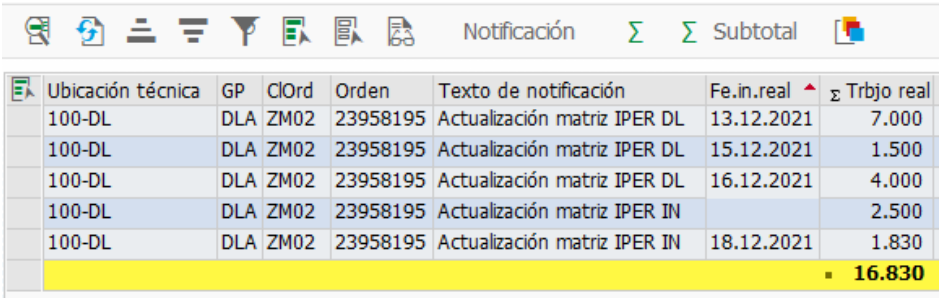
Valorización de horas hombre notificadas en la OT 23958195



Nota. Captura tomada del ERP de la organización.

Figura 77

Total de horas hombre notificadas en la OT 23958195



Ubicación técnica	GP	ClOrd	Orden	Texto de notificación	Fe.in.real	Σ Trbjo real
100-DL	DLA	ZM02	23958195	Actualización matriz IPER DL	13.12.2021	7.000
100-DL	DLA	ZM02	23958195	Actualización matriz IPER DL	15.12.2021	1.500
100-DL	DLA	ZM02	23958195	Actualización matriz IPER DL	16.12.2021	4.000
100-DL	DLA	ZM02	23958195	Actualización matriz IPER IN		2.500
100-DL	DLA	ZM02	23958195	Actualización matriz IPER IN	18.12.2021	1.830
						16.830

Nota. Captura tomada del ERP de la organización.

Considerando la información de las figuras 76 y 77 se infiere que, la hora hombre se encuentra valorizada en S/91.45. Por ello, el total de horas hombre utilizadas la implementación en la línea piloto sería S/2,194.8.

Por otro lado, en cuanto a los recursos tecnológicos, la herramienta utilizada fue Minitab ya que, es una plataforma más amigable y directa que Excel para el tratamiento de

bases de datos. Una licencia tiene el valor comercial de USD 1,610 que tal tipo de cambio actual equivale a S/ 6,407.8, para el piloto se utilizó una licencia prueba.

Como se resumen en la tabla 82, el costo total de la implementación del modelo en el centro 100 tendrá un costo aproximado 219 mil soles, siendo la mano de obra la partida que representa más del 97% del costo total.

Tabla 82

Costo total de recursos para la implementación en el centro 100

Recurso	Total, soles
Mano de obra (horas hombre)	212,600.6
Software (Minitab)	6,407.8
Total	219,008.4

Proyectando el ahorro generado en el piloto, en la tabla 83 se consolida el ahorro posible, con un mínimo de 8.7 y un máximo de 11.5 millones de soles.

Tabla 83

Ahorro proyectado en el centro 100 tras la implementación del modelo

Clasificación por rotación	Cantidad	Stock valorizado	Ahorro mínimo	Ahorro máximo
Alta	4023	16,741,650	2,561,472	3,348,330
Media	5233	15,896,485	6,151,940	8,170,793
Baja	6314	11,746,928		
Cero	26954	47,170,304		
Total general	42,524	91,555,366	8,713,412	11,519,123

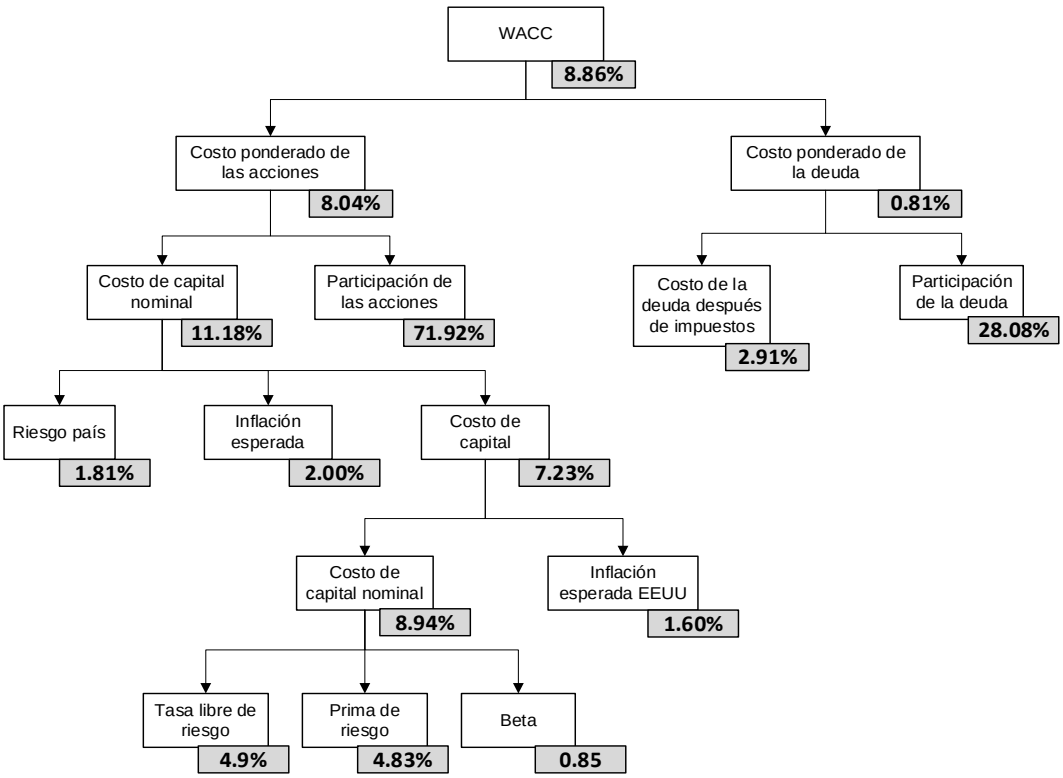
Nota. Análisis basado en registros del ERP de la organización.

4.3.5 Evaluación financiera

Dentro del contexto de la empresa, el área de proyectos toma como válidos o financieramente viables a las propuestas de mejora en las que, la evaluación del flujo de caja tiene como resultado un valor actual neto (VAN) positivo y una tasa interna de retorno (TIR) superior al WACC que, para efectos prácticos, se asume el 10%. Sin embargo, con el objetivo se realizar la evaluación con un WACC más aterrizado al contexto de la organización se tomará el cálculo realizado por Domínguez, Galarreta y Huamán (2021), en su proyecto para la obtención del grado académico de magister en finanzas, en el cual analizan la valorización de Leche Gloria S.A. En la figura 78 se muestra el diagrama de cálculo del WACC que será utilizado en la evaluación financiera de la propuesta de mejora al almacén de repuestos

Figura 78

WACC según valorización de Leche Gloria S.A.



Nota. Tomado de Domínguez et al., 2021, p.85

Sin embargo, dado el contexto actual, se considera oportuno actualizar el riesgo país e inflación esperada por valores actuales, siendo 1.46% y 3.75% los valores reportados por el diario Gestión (2022) y el Banco central de reserva del Perú BCRP (2022) respectivamente. Por ello, en la tabla 84 se muestra un WACC actualizado a 9.98% y se consideraría como válido el valor de 10%, asumido por la organización, ya que no presenta una variación significativa.

Tabla 84

Cálculo del WACC con valores actualizados de riesgo país e inflación

Costo de capital US$ nominales	8.94%
Inflación esperada EE. UU.	1.60%
Inflación esperada Perú	3.75%
Riesgo país	1.46%
Costo de capital nominal (dólares)	10.40%
Costo de capital nominal (soles)	12.74%
Participación de las acciones	71.92%
Costo de deuda después de impuestos	2.91%
Participación de la deuda	28.08%
WACC	9.98%

Nota. Tomado de Domínguez et al., 2021, p.85

Así mismo, para la evaluación se considerarán los escenarios pesimista, esperado y optimista considerando el ahorro mínimo, máximo y promedio según los nuevos niveles de inventario estimados mediante los resultados de la línea piloto. Así mismo, dado que la propuesta de mejora plantea una actualización trimestral de parámetros se considerará una inversión inicial de S/ 856,810 para todos los escenarios, estos datos se consolidan en la tabla 85.

Tabla 85

Ahorro según los escenarios de evaluación

Escenario de evaluación	Ahorro	Inversión inicial
Pesimista	8,713,412	-856,810
Esperado	10,116,268	-856,810
Optimista	11,519,123	-856,810

Por otro lado, dado que el ahorro está en función a la rotación y el ajuste del inventario por la de demanda de repuestos por la ejecución de actividades de mantenimiento y alineando el flujo económico a la frecuencia de mantenimiento con el mayor consumo de repuestos no se espera reducir el inventario hasta 24 meses después de la puesta en marcha. Por ello, en los flujos de caja se tendrá ahorro a partir del año 2. Los resultados de la evaluación económica se muestran en las tablas 86, 87 y 88.

Tabla 86

Flujo de caja económico según escenario pesimista

		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja inicial (I)		-856,810	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402
-Inversión en mano de obra		-850,402	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402
-Inversión en instalaciones, infraestructura y/o equipos		-6,408	-	-	-	-	-
Flujos operativos después de impuestos (II)		-	468	5,529,128	5,529,128	5,529,128	5,529,128
+ Δ Ventas							
- Δ Costo de ventas				8,713,412	8,713,412	8,713,412	8,713,412
- Δ Depreciación			-1,282	-1,282	-1,282	-1,282	-1,282
Δ Utilidad bruta		-	-1,282	8,712,130	8,712,130	8,712,130	8,712,130
- Δ Gastos de Distribución							
- Δ Gastos de Marketing							
- Δ Gastos de Administración							
- Δ Otros Gastos							
Δ Utilidad Operativa		-	-1,282	8,712,130	8,712,130	8,712,130	8,712,130
- Part. de trabajadores %	10%	-	128	-871,213	-871,213	-871,213	-871,213
- Imp. a la renta %	30%	-	340	-2,313,071	-2,313,071	-2,313,071	-2,313,071
Δ Utilidad operativa d. i.		-	-813	5,527,847	5,527,847	5,527,847	5,527,847
+ Δ Depreciación			1,282	1,282	1,282	1,282	1,282
Flujo de caja (I) + (II)		-856,810	-849,934	4,678,726	4,678,726	4,678,726	4,678,726
Payback		0	1	2	3	4	5
Flujos a valor presente		-856,810	-772,808	3,868,122	3,517,114	3,197,958	2,907,763
Flujos a valor presente acumulado		-856,810	-1,629,618	2,238,504	5,755,618	8,953,576	11,861,339
Payback años			-	1.42	-	-	-

Resultados ($)

WACC	9.98%
VAN 5 años de operación (A)	11,861,339
TIR	152%
Payback (Años)	1.4

Tabla 87

Flujo de caja económico según escenario esperado

		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja inicial (I)		-856,810	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402
-Inversión en mano de obra		-850,402	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402
-Inversión en instalaciones, infraestructura y/o equipos		-6,408	-	-	-	-	-
Flujos operativos después de impuestos (II)		-	468	6,419,240	6,419,240	6,419,240	6,419,240
+ Δ Ventas							
- Δ Costo de ventas				10,116,268	10,116,268	10,116,268	10,116,268
- Δ Depreciación			-1,282	-1,282	-1,282	-1,282	-1,282
Δ Utilidad bruta		-	-1,282	10,114,986	10,114,986	10,114,986	10,114,986
- Δ Gastos de Distribución							
- Δ Gastos de Marketing							
- Δ Gastos de Administración							
- Δ Otros Gastos							
Δ Utilidad Operativa		-	-1,282	10,114,986	10,114,986	10,114,986	10,114,986
- Part. de trabajadores %	10%	-	128	-1,011,499	-1,011,499	-1,011,499	-1,011,499
- Imp. a la renta %	30%	-	340	-2,685,529	-2,685,529	-2,685,529	-2,685,529
Δ Utilidad operativa d. i.		-	-813	6,417,959	6,417,959	6,417,959	6,417,959
+ Δ Depreciación			1,282	1,282	1,282	1,282	1,282
Flujo de caja (I) + (II)		-856,810	-849,934	5,568,838	5,568,838	5,568,838	5,568,838
Payback		0	1	2	3	4	5
Flujos a valor presente		-856,810	-772,808	4,604,020	4,186,233	3,806,359	3,460,955
Flujos a valor presente acumulado		-856,810	-1,629,618	2,974,402	7,160,635	10,966,994	14,427,949
Payback años			-	1.35	-	-	-

Resultados ($)

WACC	9.98%
VAN 5 años de operación (A)	14,427,949
TIR	172%
Payback (Años)	1.4

Tabla 88

Flujo de caja económico según escenario optimista

		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de caja inicial (I)		-856,810	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402
-Inversión en mano de obra		-850,402	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402	-850,402
-Inversión en instalaciones, infraestructura y/o equipos		-6,408	-	-	-	-	-
Flujos operativos después de impuestos (II)		-	468	7,309,352	7,309,352	7,309,352	7,309,352
+ Δ Ventas							
- Δ Costo de ventas				11,519,123	11,519,123	11,519,123	11,519,123
- Δ Depreciación			-1,282	-1,282	-1,282	-1,282	-1,282
Δ Utilidad bruta		-	-1,282	11,517,841	11,517,841	11,517,841	11,517,841
- Δ Gastos de Distribución							
- Δ Gastos de Marketing							
- Δ Gastos de Administración							
- Δ Otros Gastos							
Δ Utilidad Operativa		-	-1,282	11,517,841	11,517,841	11,517,841	11,517,841
- Part. de trabajadores %	10%	-	128	-1,151,784	-1,151,784	-1,151,784	-1,151,784
- Imp. a la renta %	30%	-	340	-3,057,987	-3,057,987	-3,057,987	-3,057,987
Δ Utilidad operativa d. i.		-	-813	7,308,070	7,308,070	7,308,070	7,308,070
+ Δ Depreciación			1,282	1,282	1,282	1,282	1,282
Flujo de caja (I) + (II)		-856,810	-849,934	6,458,950	6,458,950	6,458,950	6,458,950
Payback		0	1	2	3	4	5
Flujos a valor presente		-856,810	-772,808	5,339,916	4,855,352	4,414,759	4,014,147
Flujos a valor presente acumulado		-856,810	-1,629,618	3,710,298	8,565,651	12,980,410	16,994,557
Payback años			-	1.31	-	-	-

Resultados ($)

WACC	9.98%
VAN 5 años de operación (A)	16,994,557
TIR	191%
Payback (Años)	1.3

Tabla 89 *Resumen de evaluación de escenarios*

Resumen de evaluación de escenarios

	Pesimista	Esperado	Optimista
VAN	S/ 11,861,339	S/ 14,427,949	S/ 16,994,557
TIR	152%	172%	191%
Payback (años)	1.4	1.4	1.3

En la tabla 89 se resume los indicadores financieros tras la implementación del proyecto en un horizonte de evaluación de 5 años. En todos los escenarios se muestra un VAN positivo y un TIR superior al WACC razón por la cual, se infiere, que el proyecto es viable financieramente.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El origen de la necesidad de repuestos en la ejecución de las actividades de mantenimiento y se realiza una equivalencia con los tipos de demanda que se presentan en un almacén, concluyendo con el tipo de demanda que origina cada actividad de mantenimiento.
- Los criterios para establecer una política para la gestión de inventario, la cual contempla la gestión integral de la clasificación, abastecimiento y revisión para la toma de decisiones oportunas. Así mismo, se cita la importancia de las herramientas de calidad para el diagnóstico y mejora de procesos.
- Se identificó una variación en el inventario correspondiente a la cuenta de suministros y repuestos de la organización, determinando que más del 73% corresponde al centro 100. Así mismo, en el centro 100, se identificó un incremento del inventario valorizado de repuestos de 11.2 millones de soles en los últimos 12 periodos; por ello, fue seleccionado como el centro de referencia para el análisis, diagnóstico y propuesta de mejora.
- Al realizar el contraste de las hipótesis para para la identificación de la causa raíz, del problema originado en el centro 100, se descarta la principal hipótesis relacionada al crecimiento de la planta Huachipa, ya que el incremento del nivel de inventario en la organización no se debe a una variación representativa en los activos fijos si no, a la desactualización de los parámetros de reabastecimiento que generan el quiebre y sobre stock en los repuestos utilizados para la ejecución de actividades de mantenimiento.
- Tomando las causas bajo el alcance del presente proyecto, se identifica que, la solución integral decanta en el planteamiento de una política para el abastecimiento de repuestos. Así mismo, con base a los datos revisados en el capítulo dos, se identifica la necesidad

de contar una diferenciación de acciones, en función a la clasificación por rotación de los SKU´s y con ello establecer las medidas de control para mitigar los riesgos asociados.

- Al definir los criterios de clasificación por criticidad técnica, se determina que, bajo el contexto de la organización, es oportuno el diseño de una matriz cuali-cuantitativa del factor de criticidad de activo y consecuencia de la falla del repuesto. Por otro lado, con referencia a la clasificación por rotación, se definen cuatro grupos de clasificación para el total del inventario, considerando los registros de consumo.
- Al abordar la estrategia de reposición, se determina que no es necesario contar con parámetros y, por ende, reposiciones automáticas en todos los SKU´s ya que, en los últimos 24 meses, más del 63% del inventario no presentó rotación y según los datos maestros de materiales ningún, ningún repuesto supera el tiempo de entrega de 730 días. Por ello, se plantea que los SKU´s de baja y cero rotaciones serán parametrizados con el punto de pedido y stock de seguridad en cero, alineándose a una reposición bajo la indicación del usuario y; en contraste, el inventario de alta y media rotación contará con reposiciones automáticas en función a los parámetros calculados.
- Para determinar la viabilidad de la implementación se seleccionó una línea piloto, priorizando el tiempo total de trabajado, para la implementación del modelo en un alcance de 1.1 millones o 439 SKU´s, identificando que el modelo de proyección de la demanda exponencial simple se ajusta en más del 91% de los SKU´s. Siendo la más frecuente para la proyección de la demanda en los repuestos utilizados para actividades de mantenimiento.

- En el cálculo de los parámetros de reposición para los SKU´s de media rotación se evidencia que más del 18% o 33 repuestos pueden asumir un stock de seguridad y punto de pedido igual a cero. Así mismo, se infiere que el modelo aplicado para el inventario de alta y media rotación si genera una mejora en el stock de repuestos ya que, al comparar los nuevos parámetros, utilizando la fórmula del stock máximo, se determina una reducción general del 4% en el inventario de alta y media rotación. Adicional a ello, se evidencia una reducción del 69% en las necesidades de reposición del inventario de baja rotación y se identifica que el 70% son destinados para ejecución de actividades de mantenimiento correctivo.
- El lote económico o EOQ presenta anomalías debido al bajo costo unitario del SKU ya que, mediante el cálculo directo, se generó un aprovisionamiento de hasta 40 años de inventario, siendo una condición innecesaria debido al comportamiento variable del almacén de repuestos. En contraste, el alto costo, generó valores iguales a cero siendo una contingencia en el modelo. Por ello, es necesaria una interpretación de los valores calculados en función al contexto de la organización y, de ser necesario, definir criterios adicionales.
- Se demuestra que el modelo si tiene un impacto económico positivo en la organización ya que al realizar la valorización de los nuevos niveles de stock se evidencia una reducción del inventario valorizado de alta y media rotación en un mínimo del 15% y 35% respectivamente. Así mismo, la necesidad de reposición en el inventario de baja rotación se reduce en un 70%.
- En la evaluación de obsolescencia, se identificaron 679 SKU´s obsoletos que superan los 1.3 millones de soles. Así mismo, se determinó el traslado 94 SKU´s con el objetivo de agotar todas las opciones de utilización en otros centros. Así mismo, el saldo,

equivalente al 97.4% del inventario inmovilizado se debe mantener en stock debido al impacto en las operaciones por la ocurrencia de un mantenimiento correctivo y, por ende, la disponibilidad de las líneas de producción.

- Se concluye que, la implementación del modelo en el centro 100 es viable ya que, se podría obtener un ahorro mínimo superior a los 8.7 millones de soles, esta condición es reforzada con la evaluación financiera del proyecto ya que, en los tres escenarios de evaluación, se obtiene un valor neto actual positivo y el TIR el proyecto es superior al WACC establecido.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda una actualización en las descripciones de los SKU, ya que como se identificó en el capítulo dos, actualmente, no se cuenta con un estándar para la catalogación de repuestos, generando la posibilidad de duplicidad de ítems y perdiendo opciones de estandarización o compatibilidad entre marcas que utilizan repuestos estándar.
- Se recomienda alienar esfuerzos en la estandarización de marcas y/o fabricantes de maquinaria ya que, como se evidenció en capítulo dos, se tiene procesos con más de un fabricante y esta política de renovación de activos no está alineada a la reducción del inventario de repuestos ya que, contribuye a la generación de nuevos SKU´s según los part numbers de cada fabricante.
- Se recomienda la implementación de indicadores internos relacionados al inventario de repuestos ya que, de esta manera de identificarán las variaciones representativas y se plantearán contramedidas de forma oportuna sobre el stock valorizado.

- Se recomienda ampliar el alcance del modelo planteado ya que, como se evidencia con los resultados del piloto, si se presenta una mejora en el inventario valorizado de repuestos.
- Se recomienda que la organización amplie el alcance de aplicación del módulo MRP de SAP a los repuestos de alta rotación ya que, actualmente se usa una parametrización manual que no tiene una respuesta temprana ante la variación de la demanda. De esta forma, el cálculo del punto de pedido y stock de seguridad será automático, en función a la parametrización del pronóstico en cada SKU en datos maestros. Actualmente, este

tipo de planificación del abastecimiento solo es aplicado a la materia prima debido a políticas vigentes.

6 REFERENCIAS

Alfonso. Y., Rodríguez, A., García, A., Hornué, M., Díaz, A. & Cedrón, G. (2017). Análisis de criticidad en los sistemas mecánicos de los grupos electrógenos. *Ingeniería Energética*, *XXXVIII* (3),224-230. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329152934008

Asencio, L., González, E. & Lozano, M. (2017). El inventario como determinante en la rentabilidad de las distribuidoras farmacéuticas. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, *7*(13), 231-250. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=504551272009

Arango, M., Rosero, S. & Montoya, M. (2020). Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos. *Lámpsakos*, (23), 37-44. https://doi.org/10.21501/21454086.3112

Banco Central de reserva del Perú (2022) *Reporte de inflación marzo 2022.* https://www.bcrp.gob.pe/145-publicaciones/reporte-de-inflacion.html

Ben-Daya, M., Kumar, U. & Prabhakar D. (2016) *Introduction to maintemance engineering: modeling, optimization and management*. Hoboken, NY: John Wiley & Sons, Incorporated. ProQuest Ebook Central. https://ebookcentral.upc.elogim.com/lib/upc-ebooks/detail.action?docID=4432246

Carmona, N. & Flórez, V. (2020) *Mejoramiento de la gestión administrativa en una facultad de educación superior a través de la aplicación del enfoque por procesos* [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/26724/Nicolas_CarmonaOchoa_VanessaMaria_FlorezMariaca_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Carreño, A. (2017). *Cadena de suministro y logística*. Lima, Perú: Fondo editorial Pontificia universidad católica del Perú

Contreras, A., Atziry, C., Martínez, J. & Sánchez, D. (2016). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos. *Estudios Gerenciales*, *32*(141), 387-396. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21251783011

Cruz, A. (2017). *Gestión de inventarios*. Málaga, España: IC Editorial. https://books.google.com.pe/books?id=Dw9aDwAAQBAJ&lpg=PP1&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false

Daquinta, A., Pérez, C., Águila, J., Pérez, R. & García, E. (2018). Metodología de Análisis de criticidad integral de las cosechadoras de caña de azúcar. *Ingeniería Agrícola*, *8*(2), 55-61.https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=128993901&lang=es

Domínguez, E., Galarreta, J. & Huamán, A. (2021). *Valorización de Leche Gloria S.A.* [Tesis de maestría, Universidad del Pacífico]. https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/3131/DominguezEver_Tesis_maestria_2021.pdf?sequence

Enríquez, A., Díaz, A., Villar, L., Del Castillo, A., Rodríguez A., & Alfonso, A. (2020). Tecnología para el análisis de criticidad de los sistemas tecnológicos en empresas biofarmacéuticas. *Ingeniería Mecánica*, *23*(1), e594. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225163567003

Gillet-Goinard, F. & Bernard, S. (2014). *La caja de herramientas: control de calidad.* Primera edición. México DF, México: Grupo editorial Patria S.A. de C.V.

Gonzales, A. (2020). Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva. *Ingeniare*, *28*(1), 133–142. http://search.ebscohost.com.upc.remotexs.xyz/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=143379497&lang=es

Gonzáles, F. (2011). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. 4ta edición. Madrid, España: Fundación Confemetal

Gutiérrez, H. (2014). *Calidad y productividad*. 4ta edición. México D.F., México: McGraw-Hill. https://ebooks724.upc.elogim.com:443/?il=751

Hugos, M. (2018) *Essentials of Supply Chain Management*, 4ta edición, Hoboken, NY: John Wiley & Sons, Incorporated, ProQuest Ebook Central. http://ebookcentral.proquest.com/lib/upc-ebooks/detail.action?docID=5313438

Instituto Nacional de Contadores Públicos de Colombia (INCP) (2022). https://incp.org.co/

Louffatl, E. (2015). *Administración: Fundamentos del proceso administrativo*. 4ta edición. Buenos Aires, Argentina: Cengage Learning Argentina. https://bookshelf.vitalsource.com/books/9789873889189

Leche Gloria S.A. (2021) (Consulta: 23 de septiembre del 2021) *Historia de Leche Gloria*. http://www.grupogloria.com/historia.html

Leche Gloria S.A. (2019). *Reporte de sostenibilidad de Leche Gloria 2019.* https://www.gloria.com.pe/Site/noticias_detalle/reporte-sostenibilidad

Medrano, J., González, V. & Díaz de León, V. (2017) *Mantenimiento, Técnicas y aplicaciones industriales*. México D.F., México: Grupo editorial Patria de C.V.

Mora, L. (2016). *Gestión Logística Integral: las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento.* 2da edición. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones. https://books.google.com.pe/books?id=jXs5DwAAQBAJ&lpg=PA1&hl=es&pg=PT2#v=onepage&q&f=false

Norma internacional de contabilidad 2 (2005). *Inventarios*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/conta_publ/con_nor_co/vigentes/nic/2_NIC.pdf.

Norma internacional de contabilidad 16 (2005). *Propiedad, planta y equipo*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/conta_publ/con_nor_co/vigentes/nic/16_NIC.pdf.

Norma técnica peruana ISO - 55000 (2015). *Gestión de activos: Aspectos generales, principios y terminología.* https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/datos.aspx?id=22015

Oramas, O., Ortiz, M. & Márquez, S. (2020). Modelo de revisión continua de inventarios con incertidumbre en sus parámetros. *Revista Espacios*, *41*(1), 36–45. http://search.ebscohost.com.upc.remotexs.xyz/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=141765944&lang=es

Peña, O. & Silva, R. (2016). Factores incidentes sobre la gestión de sistemas de inventario en organizaciones venezolanas. *Telos*, *18*(2),187-207. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=993/99345727003

Pérez, M. & Wong, H. (2018). Gestión de inventarios en la empresa Soho color salón & spa en Trujillo (Perú), *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, *14* (27). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409658132010

Pérez. M. (2013) Seis sigmas: Una guía didáctica para pymes. Ibagué, Colombia: Oficina de publicaciones de la universidad de Ibagué

Riesgo país de Perú baja 6 puntos básicos y cierra en 1.46 puntos porcentuales (25 de marzo del 2022). *Gestión.* https://gestion.pe/economia/riesgo-pais-de-peru-baja-6-puntos-basicos-y-cierra-en-146-puntos-porcentuales-noticia/#:~:text=Per%C3%BA%2C%20con%201.46%20puntos%20porcentuales,banco%20de%20inversi%C3%B3n%20JP%20Morgan.&text=Lima%2C%2025%2F03%2F2022%2007%3A22%20p.m

Ross, R. (2019), *Reliability Analysis for Asset Management of Electric Power Grids*, John Wiley & Sons, Incorporated, Hoboken, NJ: ProQuest Ebook Central. https://ebookcentral.proquest.com/lib/upc-ebooks/reader.action?docID=5630246&ppg=36

Superintendencia de Mercado Valores (2021). *Notas de estados financieros Leche Gloria S.A. 2do trimestre*. https://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/Leche%20Gloria%20II%20Trim%202021.pdf.

Superintendencia de Mercado Valores (2021), *Notas de estados financieros Leche Gloria S.A. 3er trimestre*. https://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/Leche%20Gloria%203er%20Trim%202021.pdf

Vásconez, V., Mayorga, M., Moreno, M., Arellano, A. & Pazmiño, C. (2020). Gestión del sistema de inventarios orientado a pequeñas y medianas empresas, PYMEs, ecuatorianas del sector ferretero: Caso de estudio. *Revista Espacios*, *41*(3), 68–72. http://search.ebscohost.com.upc.remotexs.xyz/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=141766004&lang=es

Wanti, L., Maharrani, R., Adi Prasetya, N., Tripustikasari, E. & Ikhtiagung G. (2020). Optimation economic order quantity method for a support system reorder point stock. *International Journal of Electrical & Computer Engineering*, *10*(5). https://doi.org/10.11591/ijece.v10i5.pp4992-5000

Zapata, N. (2020) *Fundamentos de clasificación de riesgo: Leche Gloria S.A*. Class & Asociados S.A. Clasificadora de riesgo. https://www.classrating.com/informes/gloria1.pdf.

7 ANEXOS

Anexo 1. Impacto en la parada de líneas de producción ante la falta de repuestos para mantenimiento correctivo

Tabla 1

Costos de línea parada según línea de producción

Área	Centro de costo [10]	Carga fabril[11] (S/. / día)	Número de líneas[12]	Costo / línea (S/. / día)	Pérdida prod[13] (línea/día)	
					Cantidad	UM
CND	Evaporación de leche	S/. 9,423.1	1	S/. 9,423.1	600,000	kilogramo
CND	Llenado, esterilizado y embalaje	S/. 11,347.8	11	S/. 1,031.6	619,200	latas (400gr)
CND	Recepción de leche	-	1	-	1,080,000	litros (Leche fresca)
CND	Elaboración de leche condensada	S/. 8,861.4	1	S/. 8,861.4	83,520	kilogramo
CND	Envasado, etiquetado y embalado LC	S/. 7,079.8	1	S/. 7,079.8	388,800	latas (396gr)
CND	Proceso extracción de soya	S/. 10,216.8	2	S/. 5,108.4	100,800	kilogramo
CND	Llenado, esterilizado y embalaje doble baby	S/. 14,782.6	1	S/. 14,782.6	288,000	latas (330mL)
ENV	Hojalata cortada	S/. 4,138.5	2	S/. 2,069.2	194,400	láminas
ENV	Hojalata barnizada	S/. 7,978.0	4	S/. 1,994.5	167,040	láminas
ENV	Fábrica de fondos open top	S/. 7,904.8	1	S/. 7,904.8	4,147,200	fondos
ENV	Fábrica de tapas open top	S/. 4,140.9	6	S/. 690.2	1,008,000	tapas
ENV	Fábrica de tapas/fondos baby	S/. 19,621.6	2	S/. 9,810.8	4,636,800	tapas/fondos
ENV	Fábrica de latas Tall/Baby	S/. 12,744.5	8	S/. 1,593.1	1,267,200	envases
ENV	Envases Línea Bibra	S/. 4,378.9	1	S/. 4,378.9	158,400	envases
DLA	Proceso UHT Huachipa	S/. 4,363.1	6	S/. 727.2	348,000	litros
DLA	Envasado UHT Cajas	S/. 62,102.2	8	S/. 7,762.8	192,000	envases Tetra
DLA	Envasado UHT Bolsa	S/. 3,093.5	5	S/. 618.7	96,000	bolsas (946mL)
DLA	Elaboración refrescos granel	S/. 556.6	1	S/. 556.6	158,400	litros
DLA	PET (Krones/ Berchi/ embolsadora)	S/. 13,985.6	1	S/. 13,985.6	288,000	botella (500mL)

[10] Gastos promedio cargados a CECO en las cuentas contables seleccionadas relacionadas a los costos fijos de producción

[11] Costos directos e indirectos de fabricación.

[12] Líneas de producción instaladas en el centro de costo.

[13] Velocidad máxima de línea.

Área	Centro de costo [14]	Carga fabril[15] (S/. / día)		Número de líneas[16]	Costo / línea (S/. / día)		Pérdida prod[17] (línea/día)	
							Cantidad	UM
DLA	Envasado Dawson/Serac01	S/.	2,749.3	1	S/.	392.8	443,520	botella (185gr)
DLA	Elaboración Yogurt	S/.	14,353.0	7	S/.	14,353.0	103,200	litros
DLA	Envasado Bisignano Vaso	S/.	9,354.6	1	S/.	9,354.6	267,840	vasos
DLA	Envasadora ERCA	S/.	12,267.6	1	S/.	12,267.6	449,280	vasos (90gr)
DLA	Envasado Dawson 02/Serac5	S/.	8,942.9	1	S/.	8,942.9	240,480	botella (1Kg)
DLA	Envasado Dawson /Serac Galón	S/.	6,918.2	1	S/.	6,918.2	57,600	galonera (2Kg)
DLA	Envasado Dawson 3	S/.	6,135.0	1	S/.	6,135.0	72,000	galonera(600mL)
DLA	Envasado Bencopak 02 Yogurt	S/.	8,006.3	1	S/.	8,006.3	449,280	vasos (90gr)
DLA	Envasadora Dawson 04	S/.	12,145.0	1	S/.	12,145.0	240,480	botella (1Kg)
DLA	Sopladora UNILOY	S/.	9,205.1	3	S/.	3,068.4	243,360	envases (200gr)
DLA	Sopladora TECHNE	S/.	4,157.5	2	S/.	2,078.8	72,000	envases (500gr)
DLA	Elaboración queso fresco	S/.	2,615.4	1	S/.	2,615.4	34,560	molde (250gr)
DLA	Rallado Sachet Queso	S/.	1,863.4	1	S/.	1,863.4	51,840	sachet (25gr)
DLA	Envasado. y elaboración mantequilla potes	S/.	10,884.0	1	S/.	10,884.0	86,400	pote (400gr)
DLA	Envasado y elaboración mantequilla barra	S/.	6,431.0	1	S/.	6,431.0	122,400	barra (200gr)

[14] Gastos promedio cargados a CECO en las cuentas contables seleccionadas relacionadas a los costos fijos de producción

[15] Costos directos e indirectos de fabricación.

[16] Líneas de producción instaladas en el centro de costo.

[17] Velocidad máxima de línea.

Anexo 2. Política para el abastecimiento de repuestos

POLÍTICA PARA EL ABASTECIMIENTO DE REPUESTOS

La organización, dedicada a la producción y comercialización de productos de consumo masivo en el sector lácteo y no lácteo, en búsqueda de la excelencia y mejora en los costos productivos, para de esta forma ofrecer a nuestros consumidores productos de calidad al mejor precio, nos comprometemos a cumplir con lo siguiente:

- Realizar un abastecimiento de repuestos diferenciado en función al comportamiento de las salidas del almacén técnico en las categorías de alta/media y baja/cero rotaciones.
- Evaluar la criticidad, rotación y obsolescencia de los repuestos utilizados para el mantenimiento de la maquinaria y equipo.
- Cumplir con los procedimientos definidos para la gestión del abastecimiento de repuestos.
- Mantener actualizados los parámetros de abastecimiento en los repuestos de alta y media rotación.
- Mantener actualizados los datos maestros de stock de seguridad, punto de pedido, lote económico y lead time de los repuestos utilizados en actividades de mantenimiento.
- Realizar seguimiento al inventario valorizado de repuestos y plantear contramedidas oportunas para evitar el sobre stock y quiebres de inventario.

El cumplimiento de los compromisos establecidos sumado al soporte de los colaboradores se logrará la mejora continua el inventario valorizado de repuestos en la organización.

Anexo 3. Procedimiento para la evaluación de la criticidad de repuestos

GLORIA		**Evaluación de la criticidad técnica de repuestos**		CÓDIGO: VERSIÓN: **01** PÁGINA: **1 de 6**
Ver.	FECHA	ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
01	**15-11-2021**	**Holger Paredes**		

1. OBJETIVO

Dar a conocer a los involucrados la información del proceso de clasificación de repuestos y las acciones a considerar para optimizar la rotación y uso de estos.

2. ALCANCE

El presente procedimiento aplica para los materiales tipo ZERS (repuestos) de todas las líneas de producción y equipos de Gloria, aplicable a otras empresas del Grupo Gloria.

3. REFERENCIAS

Política para el abastecimiento de repuestos.

GLPI01001: Mantenimiento.

GLPI01003: Control del flujo de equipos, componentes, materiales, repuestos, herramientas y muestras.

GLPI01006: Metodología para establecer la criticidad de un equipo.

4. DEFINICIONES

Criticidad de equipo: Impacto en la organización de equipo o línea directamente relacionado al repuesto.

Tiempo de reposición: Lead time desde la solicitud hasta la llegada del repuesto a las instalaciones de Leche Gloria S.A.

Repuesto crítico: Repuesto que se debe mantener en almacén ya que en un evento de daño tiene un alto impacto en la disponibilidad del equipo y las operaciones de la organización.

Repuesto no crítico: Repuestos que no tiene un impacto representativo, ante un evento de daño, tiene en la disponibilidad del equipo y las operaciones de la organización

Repuesto inmovilizado: Componente que no tiene movimientos (salidas de almacén).

Reparación del repuesto: Oportunidad de recuperar la condición de operación mediante recursos propios o tercerizados.

Impacto en la seguridad: Daño en la infraestructura, maquinaria o personas producto de la falla del repuesto.

Impacto en el medio ambiente: Daño en el medio ambiente producto de la falla del repuesto.

5. RESPONSABILIDADES

Jefe de Mantenimiento: Gestiona todos los repuestos de equipos asignados. Esto implica la evaluación de la criticidad y revisión de stocks inmovilizados.

Planificador de Materiales: Asegurar el abastecimiento de materiales bajo criterios de clasificación, parámetros de abastecimiento y coordinación con el área de mantenimiento.

Planificador de Mantenimiento: Mantener los planes de mantenimiento actualizados y difundir a los involucrados en la gestión de repuestos.

6. DESARROLLO

Debido a la modificación de los objetivos organizacionales en el corto y/o mediado plazo con referencia a una línea de productos, la evaluación de la criticidad debe realizarse son una frecuencia mínima anual.

El planificador de mantenimiento solicitará el total de SKU´s del o los centros de emplazamiento bajo su responsabilidad.

El planificador de materiales realizará la descarga de la data maestra, en la base de datos a revisar se deben incluir la procedencia del repuesto (compra local o importación).

El planificador de mantenimiento realizará la clasificación o agrupación de repuestos por clases de material.

El planificador de mantenimiento relacionará las clases con los equipos de la organización.

El planificador de mantenimiento revisará el historial de paradas sumado al juicio técnico del técnico de mantenimiento asignado para esta actividad para determinar los impactos en producción, reparación, seguridad y medio ambiente; para ello, utilizará los criterios del anexo 1 en el presente procedimiento.

Determinados los valores de cada criterio evaluado, el planificador de mantenimiento ingresará los mismos en la siguiente expresión:

$$Criticidad = CE\ x\ [(IPxTR) + RE + IS + IM]$$

Nota. CE: criticidad de equipo o línea de proceso, IP impacto en la producción, TR: tiempo de reposición, RE: recuperación del repuesto, IS: impacto en la seguridad, IM: impacto en el medio ambiente.

El cálculo se debe realizar por cada repuesto.

El jefe de mantenimiento revisará y aprobará la clasificación por criticidad, en caso tenga alguna observación solicitará la reevaluación de la criticidad.

El planificador de materiales coordinará la actualización de la criticidad con datos maestros.

7. REGISTROS

SKU´s clasificados en función a la criticidad

Acta de revisión

8. Anexos

Tabla 1

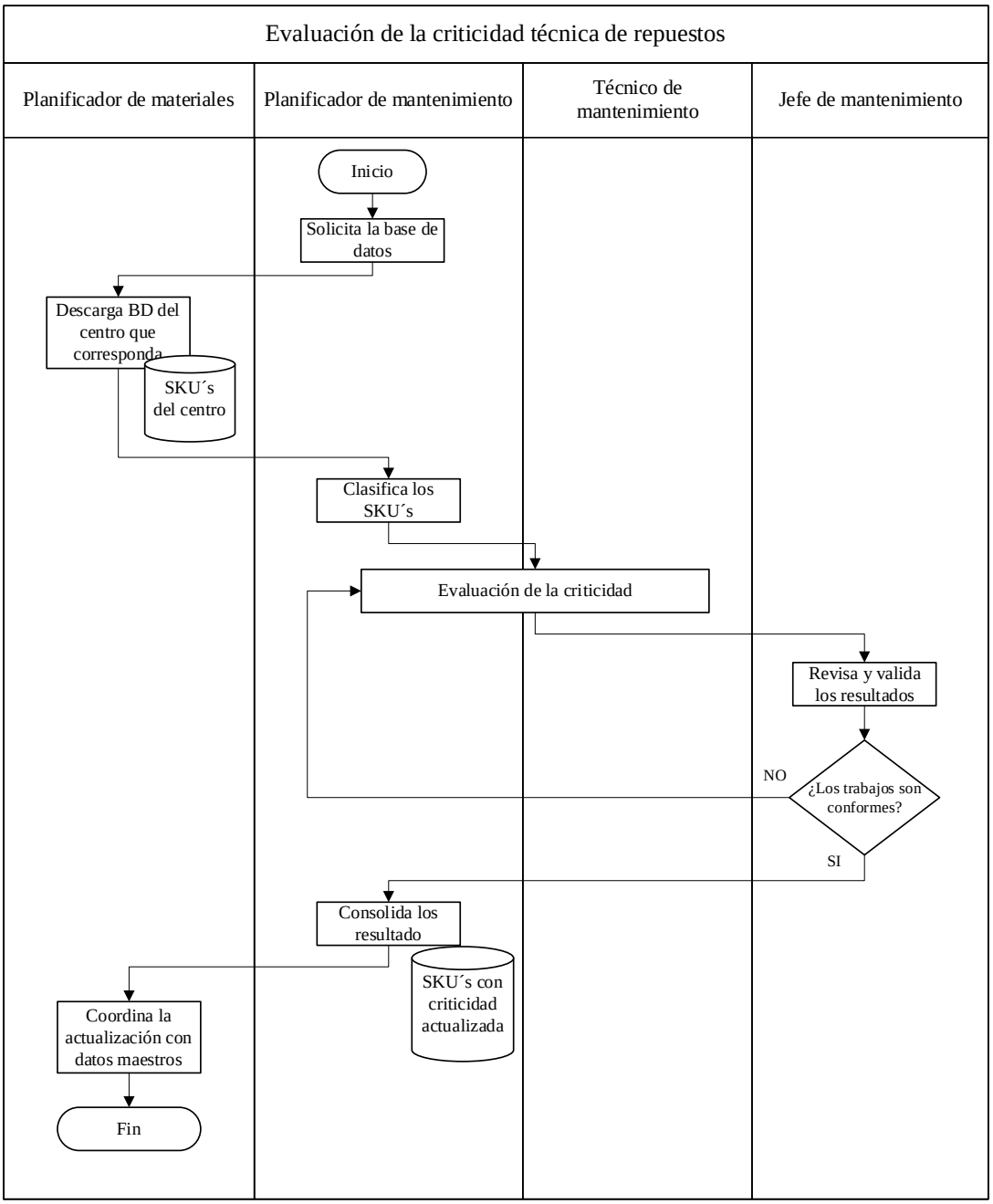
Matriz de criticidad de repuestos

Ítem	Campo	Descripción	Valor
CE	Criticidad de equipo	Línea, equipo crítico	2
		Línea, equipo no crítico	1
TR	Tiempo de reposición	Importación	2
		Compra local	1
IP	Impacto operacional	Equipo inoperativo	2
		Reducción de eficiencia, no se tiene una parada inmediata	1
RE	Reparación del repuesto	No cuenta con opciones de reparación	2
		Cuenta con opciones de reparación ya sea con mano de obra propia o de terceros	1
IS	Impacto en seguridad	Afecta a maquinaria o personas	2
		No afecta	0
IM	Impacto en el medio ambiente	Tiene impacto en el medio ambiente	2
		No afecta	0

Nota. CE: criticidad de equipo o línea de proceso, IP impacto en la producción, TR: tiempo de reposición, RE: recuperación del repuesto, IS: impacto en la seguridad, IM: impacto en el medio ambiente.

Figura 1

Diagrama de flujo para evaluación de la criticidad de repuestos



Anexo 4. Procedimiento para la evaluación de la rotación de repuestos

		Evaluación de rotación y gestión del abastecimiento de repuestos		CÓDIGO: VERSIÓN: **01** PÁGINA: **1 de 10**
Ver.	FECHA	ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
01	**15-11-2021**	**Holger Paredes**		

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para la evaluación de la rotación del inventario de repuestos y determinar la clasificación para determinar la estrategia de abastecimiento.

2. ALCANCE

El presente procedimiento aplica para los materiales tipo ZERS (repuestos) de todas las líneas de producción y equipos de Gloria, aplicable a otras empresas del Grupo Gloria.

3. REFERENCIAS

Política para el abastecimiento de repuestos

4. DEFINICIONES

Rotación de inventario: Parámetro utilizado para expresar el nivel comportamiento de las salidas de las existencias del almacén.

5. RESPONSABILIDADES

Planificador de materiales: Realizará la evaluación de rotación en la frecuencia definida por la organización y el cálculo de los parámetros de abastecimiento en función a la proyección de la demanda y datos históricos.

Administrador de datos maestros: Realizará la actualización de los parámetros de abastecimientos definidos.

Usuario de mantenimiento: Evaluará la necesidad de reposición para los repuestos de baja rotación según los criterios mínimos definidos.

Jefatura de mantenimiento: Aprobará la necesidad de reposición para los repuestos de baja rotación

6. DESARROLLO

Con una frecuencia máxima trimestral, el planificador de materiales realizará la evaluación de rotación de los repuestos utilizados en las actividades de mantenimiento, para ello descargará los registros de salidas de materiales con el soporte de las transacciones MCBA y ME51.

Con el soporte de la herramienta, Excel se tabularán los SKU's en función al total de salidas ordenándolos de mayor a menor

Data identificar el grupo de rotación al que corresponde cada SKU se considerará la siguiente tabla

Tabla 1

Clasificación según nivel de rotación

Clasificación	Nivel de rotación	Rotación	Cantidad de salidas
A	Alta	>80%	
B	Media	80% > B > 95%	
C	Baja	95% > C > 100%	1
D	Cero	0%	0

En planificador de materiales debe identificar la variación en la clasificación por rotación ya que ello depende la estrategia de abastecimiento. En función a los resultados, los parámetros se deben configurar según el siguiente cuadro:

Tabla 2

Clasificación según nivel de rotación

Clasificación	Nivel de rotación	Estrategia de reposición	SS y PP	EOQ
A	Alta	Automática, bajo parámetros	Proyección de la demanda	
B	Media		Demanda promedio	
C	Baja	Por indicación de usuario	0, alertas de consumo	Necesidad de usuario
D	Cero			

Para el caso de los SKU´s de alta rotación el planificador de materiales debe seleccionar el modelo de pronóstico que más se ajuste al comportamiento de la demanda en función al mejor error de estimación

Para el cálculo del stock de seguridad, punto de pedido y lote económico se utilizarán las fórmulas de anexo 1. Los nuevos parámetros deben ser evaluados e interpretados.

> Nota: El EOQ calculado no debe ser mayor a 24 meses o 2 años de aprovisionamiento en función a los datos históricos de la demanda.

El planificador de materiales comunicará al administrador de datos maestros los parámetros los nuevos parámetros SS, PP y EOQ que deben ser registrados en el SKU.

El administrador de datos maestros actualizará la data maestra del SKU.

Reposición de inventario de alta y media rotación

Las necesidades de abastecimiento se generarán según los parámetros definidos, el planificador de materiales generará las solicitudes para la atención del comprador responsable.

El comprador responsable tratará las solicitudes liberadas, solicitará cotizaciones a los proveedores en los casos amerite y generará la compra.

Para los SKU´s de baja rotación se utilizarán notificaciones o alertas de consumo dirigidas al último usuario de realizó el retiro del repuesto para determinar la necesidad de reposición.

Reposición de inventario de baja rotación

El planificador de materiales enviará los registros del último consumo de los materiales de baja rotación según el formato "Evaluación del abastecimiento de repuestos de baja rotación" en el anexo 2 al usuario de mantenimiento que corresponda.

El usuario de mantenimiento determinará la necesidad de reposición según los criterios definidos en el anexo 3 y responderá el archivo con los repuestos que se deben reponer.

El jefe de mantenimiento responsable aprobará el listado de repuestos a reponer

El planificador de materiales generará la solicitud con al comprador responsable.

El comprador responsable tratará las solicitudes liberadas, solicitará cotizaciones a los proveedores en los casos amerite y generará la compra.

7. REGISTROS

Evaluación del abastecimiento de repuestos de baja rotación

8. ANEXOS

Figura 1

Fórmula para el cálculo del stock de seguridad

$$SS = \sqrt{\sigma D^2 L + \sigma L^2 D^2 x\ FS}$$

Nota. SS: stock de seguridad, σD: desviación estándar de la demanda, L: lead time en días, σL: desviación estándar del lead time, D: promedio de la demanda diaria, FS: factor de servicio. Tomado de L. Mora, 2016, p. 50.

Tabla 3

Nivel de servicio según criticidad del repuesto

Nivel de servicio (%)	Factor de servicio (FS)
95 (repuestos no críticos)	1.7
98 (repuestos críticos)	2.1

Nota. Adaptado de L. Mora, 2016, p.50.

Figura 2

Fórmula para el cálculo del punto de reorden

$$PP = (D\ x\ L\ ) + SS$$

Nota. PP: punto de pedido o punto de reorden, D: demanda diaria del SKU, L: lead time, SS: stock de seguridad. Tomado de L. Wanti et al., 2020, p. 4995.

Figura 3

Fórmula para el cálculo del EOQ

$$EOQ = \sqrt{\frac{2\ x\ D\ x\ A}{C\ x\ I}}$$

Nota. D: demanda anual, A: costo de emisión de orden de compra, C: costo unitario del SKU, I: costo anual de posesión de inventario. Tomado de A. Carreño, 2017, p. 37.

Figura 4

Formato para la evaluación de reposición en repuestos de baja rotación

SKU	Descripción	Criticidad	UM	St Act	CU (S/)	St Val Atc	Ult consumo	Ult ingreso	Ult. Orden	Descripción de orden	Clase de OT	Ptbo	Responsable	Cantidad Rep

PLANIFICACIÓN DE MATERIALES

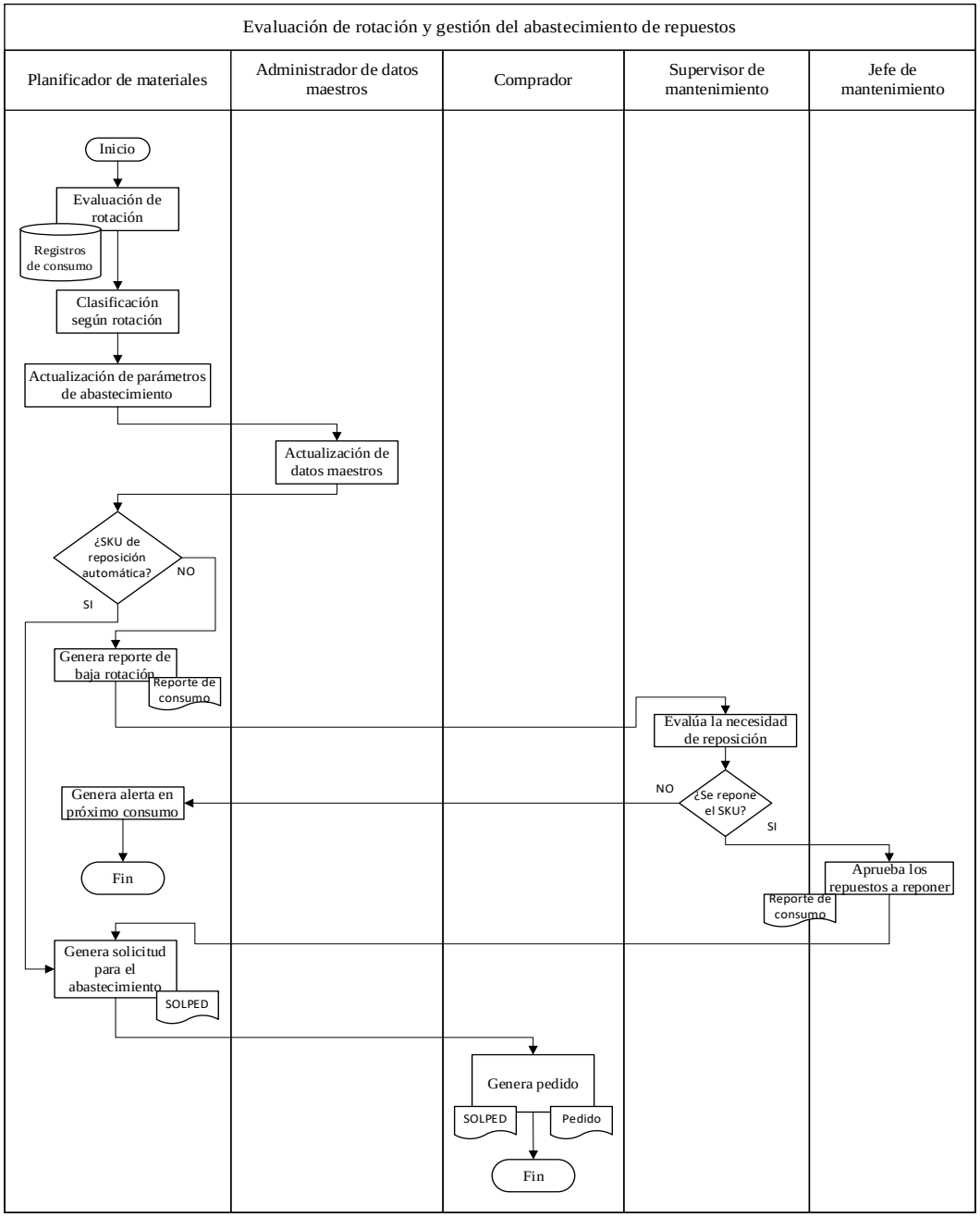
U S U A R I O

Por último, para la reposición se debe considerar, como mínimo, los siguientes criterios:

- Stock actual igual a cero o inferior al último consumo realizado.
- Tiempo transcurrido desde el ultimo ingreso y última salida
- Repuesto calificado como crítico.

Figura 5

Diagrama de flujo para la evaluación de rotación gestión del abastecimiento de repuestos.



Anexo 5. Ficha técnica de indicador propuesto

	FICHA TÉCNICA DE INDICADOR			
Nombre	Índice de stock valorizado de repuestos			
Gerencia	Soporte operaciones		Versión	01
Área	Mantenimiento		Código	
Fecha	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
27-12-2021	Holger Paredes			

I. INFORMACION GENERAL DEL INDICADOR		
Descripción General	**Perspectiva**	
Calcula el índice de repuestos, materiales tipo ZERS, con referencia al valor de reposición de los activos fijos clase maquinaria y equipo que se deseen evaluar.	Seguridad	
	Calidad / Inocuidad	
	Productividad	**x**
Objetivo		
Medir y controlar el stock valorizado de repuestos con referencia al valor de los activos fijos.		
Responsables	**Rol**	
Área de mantenimiento	Gestión de información e indicador	
II. METODO DE CALCULO DEL INDICADOR		
Fórmula		

El cálculo se representa con la siguiente formula:

$$\text{Índice de stock valorizado} = \frac{\sum stock\ valorizado}{\sum valor\ de\ capitalización\ de\ A.F.}$$

Considera el total de stock valorizado entre el total del valor de capitalización de activos fijos, el indicador puede ser calculado a nivel de equipo, línea, área o centro de emplazamiento.

Debido a lo variable del almacén técnico, el indicador debe tener como referencia una fecha de corte, lo recomendable es que tomo cada cierre de periodo.

Repositorios de información u origen de datos	
$\sum Stock\ Valorizado$	Los datos se recuperan del programa SAP
$\sum valor\ de\ capitalización\ de\ AF$	Los datos se recuperan del programa SAP por parte del área Contabilidad (Activos fijos) / Mantenimiento.
Transacciones utilizadas	
Stock Valorizado	MCBE, MB5B
Valor de activos fijos	S_ALR_87011963 - Patrimonio de activos fijos

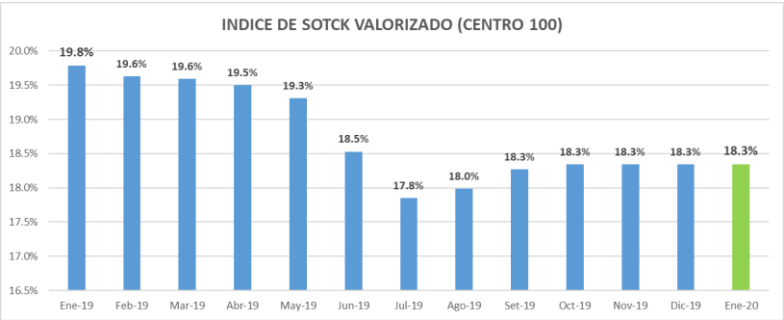
Gráfica

Debido a lo variable del almacén técnico, se debe considerar una gráfica de barras por mes o periodos. Por efectos de control y seguimiento, el alcance máximo debe ser 13 meses.

Consideraciones:

- La fecha de corte del inventario debe ser la misma que la del reporte de activos fijos.
- El último mes será resaltado en color verde.
- En el cuadro de texto se indicará el stock valorizado y el valor de activos fijos capitalizados.
- Se recomienda una frecuencia de evaluación mensual.
- El alcance puede aplicar desde un equipo hasta un centro.
- Los valores se muestran en porcentaje.

Gráfica de referencial, no basada en datos reales:



	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Ene-20
STOCK VALORIZADO	S/.88.7	S/.87.2	S/.86.3	S/.85.3	S/.84.2	S/.84.5	S/.84.2	S/.84.2	S/.83.8	S/.83.4	S/.83.4	S/.83.4	S/.83.4
VALOR DE ACTIVOS	S/.448.4	S/.444.4	S/.440.3	S/.437.7	S/.435.9	S/.456.1	S/.471.6	S/.468.1	S/.458.6	S/.454.5	S/.454.5	S/.454.5	S/.454.5

*Valores en millones de soles

**Los valores mostrados solo son para mostrar una tendencia en el indicador.

Meta < 7.4 %, basado en el cálculo de los últimos 12 meses

Anexo 6. Resultados de nuevos parámetros de abastecimiento en el inventario de alta y media rotación de la línea piloto seleccionada

Tabla 1

Resultados de principales parámetros de abastecimiento

				Nuevos parámetros propuestos			Parámetros de reposición vigentes		
Rotación	**SKU**	Descripción	**UM**	**SS**	**PP**	**EOQ**	**SS**	**PP**	**EOQ**
Alta	5033154	Manguera neumat.poliuret.6x4mm smc azul	metro	363	613	927	500	1,400	1,400
Alta	5033155	Manguera neumat.poliuret.8x5mm smc-festo	metro	265	403	654	350	900	900
Alta	5030538	Abrazadera presión t/gusano 13/16 a 1.1/2 pulgadas	unidad	249	331	852	140	280	500
Alta	5451231	Tuerca hexagonal m8 inoxidable	unidad	249	423	1411	200	700	800
Alta	5031528	Volanda plana galvanizada 5/16	unidad	210	343	973	400	1,900	1,305
Alta	5543080	Filtro fibra poliester l-150 40x40 cm	unidad	38	80	532	50	250	200
Alta	6022485	Tuerca hex.c/seguro m6x1.00 mm	unidad	160	260	730	200	300	400
Alta	5501178	Repuesto cuchilla olfa lb 10 x 10 mm	juego	0	0	0	60	192	200
Alta	5506645	Volanda plana m6 p/n 262617	unidad	91	134	211	70	270	160
Alta	5509575	Adaptador fijación p/pulsador muelle	unidad	28	61	309	40	180	180
Alta	5516131	Conector 90° neum latón 6/4mm conex.1/8"	unidad	28	51	211	50	190	200
Alta	5509572	Bloque contacto na m22-k10 eaton muelle	unidad	28	48	202	80	160	160
Alta	5509193	Filtro tablero de fuerza 1/2x8x15 pulgadas	unidad	25	78	83	30	100	86
Alta	5031940	Conector recto neumt. 8/6 conexión ¼ pulgadas	unidad	74	124	218	86	391	240
Alta	5034739	Rodaje 6003 2rsh bolas skf/fag	unidad	47	52	101	50	100	100
Alta	5034654	Silenciador p/aire u-1/4 festo	unidad	11	22	125	40	80	60
Alta	5030544	Abrazadera presion t. Gusano 2.1/4 a 3 pulgadas	unidad	36	46	243	24	70	100
Alta	5553059	Prisionero allen m6-1x10mm inoxidable	unidad	112	142	219	47	125	25
Alta	5563424	Manguera neumat.poliamida 8/6 mm blanca	metro	55	66	189	100	200	100
Alta	6505835	CONECTOR 90º NEUMAT 10/8 mm ¼ pulgadas	unidad	12	22	126	20	48	50
Alta	5522616	O-ring 10.82x14.38x1.78mm viton 2-013	unidad	16	23	170	8	22	8
Alta	5518982	Tope fijación p/borneras riel din legran	unidad	37	45	136	90	150	150
Alta	5526436	O-ring 50.39x57.45x3.53 mm epdm 2-226	unidad	34	41	170	30	60	1
Alta	5086367	Rodaje 608 2z skf	unidad	28	35	145	12	36	24
Alta	5539173	Rodaje 6205-2z/c3 skf bolas	unidad	19	25	114	14	28	30
Alta	5033937	Chumacera 1" brida ovalada fytb 1tf comp	unidad	21	29	36	30	60	50
Alta	5099756	Rodaje 6206-2z/c3 bolas skf	unidad	7	13	87	8	16	16
Alta	5546191	Rodaje 6202 2z skf de bolas	unidad	13	18	119	30	45	60
Alta	5574864	Rodaje 6006-2rs1 skf bolas	unidad	15	20	80	30	50	40
Alta	5523804	Silenciador p/aire u-1/8 festo	unidad	19	23	68	20	50	40
Alta	6013962	Selector 2 posicisipón c/retención 22 mm	unidad	14	18	49	20	40	30
Alta	5514452	PRENSAESTOPA NYLON m16xp1.5	unidad	32	36	97	32	64	200
Alta	5605837	Anillo o-ring 4.5 x 1.5mm epdm	unidad	6	10	97	30	59	100
Alta	5539172	Rodaje 6204 2z/c3 skf de bolas	unidad	5	8	73	5	10	10
Alta	5524057	Rodaje 6004 2z skf de bolas	unidad	12	16	85	10	19	16
Alta	5721231	Anillo o-ring 2.5x1.5mm epdm	unidad	6	9	73	30	40	1
Alta	5797608	O-ring de base soplador 15x1.5 mm epdm	unidad	2	4	49	20	40	1
Alta	5797609	O-ring tubo de soplado 17x1.5 mm epdm	unidad	2	3	24	20	40	1
Alta	5591884	Reten 60x80x10 mm hmsa10	unidad	2	3	24	3	9	1

Rotación	SKU	Descripción	UM	SS	PP	EOQ	SS	PP	EOQ
Alta	5732239	Cable conector c/led 90 grados 12mm,4p hembra,5m	unidad	14	21	21	6	15	1
Alta	5732240	Cable conector c/led 90 grados 12mm,4p hembra,10m	unidad	22	29	17	4	10	1
Alta	5521750	Empaque plano 1.8 x 9 x 21 mm	unidad	8	15	28	7	26	8
Alta	6031654	Manómetro 2 0-10bar ¼ pulgada NTP posterior	unidad	3	5	26	5	10	8
Alta	6500532	Interruptor termomagnético 2Px2A	unidad	3	5	22	8	18	1
Alta	5540122	Válvula ¾ pulgadas tipo 2000	unidad	2	4	4	5	15	3
Alta	5719042	Tubo soplado Uniloy 3 *plano*	unidad	2	4	7	8	16	1
Alta	5741707	Tuerca m20x1.5 *plano*	unidad	1	3	24	1	11	20
Media	5719044	Boquilla soplada Uniloy 3 *plano*	unidad	8	10	38	4	7	1
Media	5719044	Boquilla soplada Uniloy 3 *plano*	unidad	8	10	38	4	7	1
Media	5657608	Pin centrado moldes 1/2 pulgada	juego	24	42	23	10	50	1
Media	5512287	Indicador rasante color verde 22 mm	unidad	8	9	29	6	12	8
Media	6019904	Manómetro 2.1/2 pulgada 0-100 psi	unidad	17	51	30	4	6	7
Media	5809483	Manguera neum teflon 8x6 mm transparente	metro	117	119	32	60	180	1
Media	5541018	O-ring 17.17x20.73x1.78 mm nitrilo 2-017	unidad	12	14	45	9	24	20
Media	5290163	Rodaje 6311-2z/c3 bolas Skf	unidad	3	5	15	3	8	3
Media	5538264	Conector 90° neumático 16/13 mm	unidad	5	6	31	4	8	6
Media	5741706	Soporte boquilla soplado *plano*	unidad	22	24	29	4	10	1
Media	5502076	Seeger exterior 20 mm	unidad	27	32	115	20	70	50
Media	5511532	Válvula escape rápido se-1/4 pulgada	unidad	3	6	18	2	5	2
Media	5030540	Abrazadera presión tipo gusano 3 a 3.5/8 pulgada	unidad	16	17	28	10	30	60
Media	5558552	Reten 35x47x7mm hmsa10_v viton	unidad	3	4	29	2	6	1
Media	5086972	Empaque jebe con lona en plancha 1/4 pulgada	kilogramo	18	19	30	10	20	20
Media	5842305	Prensa estopa nylon 20x1.5 mm IP68	unidad	4	8	71	0	0	1
Media	5668899	Cuchilla precort-uniloy3 *plano*	unidad	17	20	53	8	24	1
Media	5552348	Abrazadera inoxidable t. Gusano 1-1.7/16 pulgada	unidad	52	63	56	20	40	1
Media	5536539	O-ring 88.57x93.81x2.62 mm epdm 2-153	unidad	16	21	35	12	33	40
Media	5732238	Cable conector recto 8 mm, 3P hembra, 5m	unidad	5	8	15	4	10	1
Media	5709794	Juego filtro extrusor Uniloy 3 *plano*	juego	5	6	13	2	4	1
Media	5513332	Manometro 4" 0-10 bar 1/2npt.inf.glicer	unidad	7	12	9	3	14	4
Media	5495084	Silenciador u-1/4 pulgada	unidad	8	9	21	2	5	1
Media	5743897	Perno allen cab.cil.6x50 mm	unidad	38	46	63	30	60	100
Media	5653395	Pista ir-32 x 37 x 30 pulgadas	unidad	4	6	38	6	10	1
Media	5719043	Tubo refrigeración Uniloy 3 *plano*	unidad	2	4	9	5	7	1
Media	5506364	O-ring 44.04x51.10x3.53 mm viton	unidad	7	8	15	8	16	40
Media	5753470	Filtro desecante y adaptador coalescente	juego	0	1	5	4	8	1
Media	6461632	Chumacera oval.20 mm fytb 20tf Skf	unidad	9	10	20	6	12	1
Media	5551943	O-ring 10.82x14.38x1.78 mm silicon 2-013	unidad	5	6	31	1	24	1
Media	5638578	Manguera r1-24- 1.1/2x2.26 m.	unidad	0	0	5	1	4	1
Media	5515463	Rodaje 6312-2z/c3 bolas Skf	unidad	4	5	14	3	5	3
Media	6094160	Prensa estopa (racor), pg-11 (de metal	unidad	8	9	26	4	8	12
Media	5523565	Rodaje 61901 2rs Skf	unidad	11	12	13	8	14	1
Media	5636853	Pulsador hongo emergencia rojo 22 mm	unidad	2	3	10	6	10	1
Media	5501828	/Cil.neum.d. efecto dsnu-25-25	unidad	2	3	8	2	12	0
Media	5523981	Silenciador 1.1/4 pulgada para válvula descarga	unidad	6	7	9	3	6	3
Media	5551079	Conector 90 grados rápido qsl 1/8 pulgada	unidad	6	7	21	4	7	2
Media	5528563	Válvula escape rápido seu-1/4 pulgada	unidad	5	6	8	2	6	1
Media	5574799	Sensor inductivo m8 10.30Vdc pnp 1.5mm	unidad	2	3	6	2	3	1
Media	5616712	Filtro extrusor uniloy2 *plano*	unidad	4	5	10	7	9	1

Rotación	SKU	Descripción	UM	SS	PP	EOQ	SS	PP	EOQ
Media	5527611	Amortiguador absorbedor golpe mc-225	unidad	5	7	5	9	18	1
Media	5033557	Adaptador p. manguera de 3/8x1/4 pulgada	unidad	9	11	12	15	56	24
Media	5033622	O-ring 145.64x152.7x3.53 mm epdm	unidad	77	78	21	0	0	1
Media	5737516	Bloque contacto auxiliar frontal 2no+2nc	unidad	7	12	54	3	10	4
Media	5638577	Manguera r1-24 1.1/2x2.18m	unidad	1	2	10	2	3	1
Media	5616713	Horquilla sg - 8 mm	unidad	1	2	29	1	3	1
Media	5529264	O-ring 13.87x20.93x3.53 mm silicona 2-207	unidad	8	8	9	6	10	10
Media	5029384	O-ring 53.57x60.63x3.53 mm nitrilo 2-227	unidad	9	10	14	4	7	8
Media	5451181	Empaque aséptico ø38 58-32-423-93	unidad	22	23	9	13	36	40
Media	5617395	Cuchilla corte manga Uniloy 2 - plano	unidad	32	33	7	12	23	1
Media	5523317	Válvula escape rápido se-3/8 pulgada	unidad	3	3	6	4	8	1
Media	5788172	Ventilador 24vdc 48w 2a 120x120x38 mm	unidad	4	7	8	2	4	1
Media	5638573	Manguera 4sh-16 1 x2.00 m	unidad	1	2	6	2	4	1
Media	5615185	Cil neum smc - MGPM63	unidad	0	1	2	1	3	1
Media	5644245	Eje w 20 6x2 m Ina p/rodaje lineal	metro	8	9	10	4	8	2
Media	5596513	Ventosas vacio-Uniloy2 *plano*	unidad	27	27	7	14	42	1
Media	5650343	Bocina de precorte según *plano*	unidad	27	28	25	10	20	1
Media	5503631	Faja redonda Polydurt 8 mm diámetro	metro	14	16	46	10	15	20
Media	5615165	Cil hidraulico de traslación f309386	unidad	0	2	1	2	4	1
Media	5526520	Reten 28x47x7 mm doble labio nitrilo	unidad	6	10	87	1	10	1
Media	5027309	Manometro 2 pulgadas 0-30psi	unidad	3	7	37	1	2	2
Media	5615190	Cil hid soplado rom 63-28m-150-mes	unidad	0	1	1	0	2	1
Media	5522565	O-ring 14x17.56x1.78 mm nitrilo 2-015	unidad	62	62	10	10	20	15
Media	5528878	O-ring 18.77x22.33x1.78 mm nitrilo 2-018	unidad	2	4	48	1	3	10
Media	5522633	O-ring 12.42x15.98x1.78 mm viton 2-014	unidad	7	7	6	30	55	30
Media	5451114	O-ring 21.89x27.13x2.62 mm epdm 2-118	unidad	213	213	7	60	82	60
Media	5670085	Elemento filtrante	unidad	0	0	2	2	4	1
Media	5512785	Intercambiador cb110-24l, 6-3287101600	unidad	0	1	1	1	3	1
Media	5522423	Visor de aceite p.n 6-4722692701	unidad	0	1	5	1	2	2
Media	5506363	O-ring 66.27x73.33x3.53 mm viton 2-231	unidad	7	8	20	12	20	1
Media	5527432	Prisionero allen 3/8-24 UNFx2 pulgadas	unidad	41	42	5	150	300	0
Media	5534569	Faja sincro. At10-32	metro	3	4	3	7	15	0
Media	5726945	Conector p electroválvula 30 *30 c/led 24	unidad	4	4	4	4	14	1
Media	6014151	Manómetro 4.1/2 pulgadas 0-100psi	unidad	5	6	3	2	4	0
Media	5595530	Copa vacío c/compensador resorte n011285	unidad	22	23	4	15	30	1
Media	5602871	O-ring 94.92x2.62 mm 6-990262 54	unidad	0	0	7	1	2	1
Media	5638576	Manguera r1-24 1.1/2 x1.70 m.h.ens r-r(bsp)	unidad	0	0	4	2	4	1
Media	5720177	Elemento filtrante 20	unidad	0	0	2	5	7	1
Media	5828485	Soporte de pie cil. traslación *plano	unidad	0	1	8	0	0	1
Media	5502482	Fusible t/cart. 2a 10x38 mm	unidad	18	19	4	4	15	1
Media	5645157	Cuchilla corte manga Uniloy3 -agotar stc	unidad	34	34	4	9	27	1
Media	5513213	Prisionero allen m10x12 mm	unidad	9	9	8	0	10	20
Media	5615179	Cilindro neum smc cp96sdb32-50 n010117	unidad	0	1	9	1	2	1
Media	5523598	Termocupla 6x15 3.5 m	unidad	0	1	3	2	6	4
Media	5025557	O-ring 37.69x44.75x3.53 mm	unidad	8	8	10	8	16	40
Media	5737506	Termostato tc2 1750 1nc+1no	unidad	0	1	5	1	4	1
Media	5728973	Conector girat parker 25 mm	unidad	1	1	1	1	5	1
Media	5614866	Elemento filtro- retorno mr6302 a25a	unidad	0	1	2	1	2	1
Media	5614867	Elemento filtro envió hp3201a10an	unidad	0	0	2	1	2	0

Rotación	SKU	Descripción	UM	SS	PP	EOQ	SS	PP	EOQ
Media	5615151	Eje centrad soporte cil soplado f208197	unidad	0	0	1	0	2	0
Media	5520143	Bomba vacío motan sistema polietileno	unidad	0	0	1	1	2	0
Media	5532772	Rodaje lbbr 20-2ls Skf lineal 20x28x30	unidad	9	9	10	4	7	0
Media	5602207	Cuchilla Uniloy 2	unidad	23	25	10	24	48	1
Media	5719440	Piñon faja scrap n014613 Uniloy	unidad	12	13	5	3	9	1
Media	5547714	Cil.neum.d. efecto dsnu-25-40-ppv-a festo	unidad	0	0	3	1	2	0
Media	5741798	/Boquilla sellado modif *plano*	unidad	0	0	6	4	12	0
Media	5523269	O-ring 9.25x12.81x1.78 mm viton 2-012	unidad	8	8	3	80	150	200
Media	5601291	Valvula check pilotada 3/8 pulgada	unidad	4	4	2	2	5	0
Media	5614910	Rotula cilindro de traslación 153160	unidad	0	0	2	2	4	0
Media	5615181	Patines apertura/cierre molde n008683	unidad	0	1	1	16	32	0
Media	5615184	Patín de traslación n009336	unidad	0	0	1	8	16	0
Media	5641692	Base soplador Uniloy 2 *plano*	unidad	0	0	3	1	3	0
Media	5655744	Cable conexión sub-d axt100-ds25-030	unidad	0	0	5	1	2	0
Media	5668894	Faja lt/2-0820. Pn 3157 - Uniloy2 final	unidad	0	0	1	1	2	0
Media	5737513	Válvula solenoide NC conexión 1/8 pulgada	unidad	3	3	2	1	3	1
Media	5792707	Sensor magnet pnp d-m9pamapc c/conect m3	unidad	0	0	3	1	2	1
Media	5612981	Cuchilla de molino Uniloy 2 *plano*	unidad	0	0	1	6	10	0
Media	5759109	Faja v dent. Xpa 1800	unidad	0	0	2	3	6	0
Media	5812232	Valv hidr acc. Manual cil filt extrusor	unidad	0	1	1	0	0	0
Media	5608530	Elemento filtro af50p-060s smc	unidad	4	4	6	2	5	0
Media	5615192	Cilindro neum corte cuchillas n010992	unidad	0	0	1	1	2	0
Media	5638594	Mang r2-08 1/2 x1.96 m.h.ens	unidad	0	0	3	2	4	0
Media	5642773	Anillo p.n 153040	unidad	0	1	3	1	3	0
Media	5696802	Cilindro hid.63/28 m-150 mes-Uniloy2	unidad	0	0	1	0	0	0
Media	5777564	Termocupla zona cabezal extrusión	unidad	0	0	2	1	3	1
Media	5791635	Perno centrador de manga -plano	unidad	14	14	4	6	14	0
Media	5816312	Terminal x 20tb12 12 pines	unidad	7	7	2	0	0	0
Media	5615164	Cil hid apert/cierre molde f309385	unidad	0	0	1	2	6	0
Media	5532761	Bomba hid.rexroth pn pgh5-2x *nuevo*	unidad	0	0	1	0	1	0
Media	5522631	O-ring 23.47x28.71x2.62 mm viton 2-119	unidad	12	12	2	8	18	0
Media	5535708	Racor rápido pasamuros ¾ pulgada metálico	unidad	4	4	4	10	14	20
Media	5535888	Cilindro neum.p1a-s025ds-0025 parker	unidad	4	4	3	0	1	0
Media	5569553	O-ring 15.1x1.6 mm p.n 315202-0113	unidad	8	8	6	3	6	1
Media	5595503	Modulo b&r x20ai4622 4 pulgadas analógica	unidad	0	0	1	0	1	0
Media	5595513	Traductor lineal btl6-a110-m0250-a1-s115	unidad	0	0	1	2	2	0
Media	5595529	Copa vacío c/compensador resorte n011245	unidad	0	0	2	0	12	1
Media	5615143	Rotula cil apert /cierre molde 161560	unidad	0	0	1	2	4	0
Media	5615158	Soporte cil hid traslación f308932	unidad	0	0	1	4	8	0
Media	5615172	Anillo distanciador inferior brazo f406874	unidad	0	0	2	8	8	0
Media	5615173	Pin bloque rotula cil traslación f407248	unidad	0	1	2	2	4	0
Media	5638836	Filtro conico p.n 4084820	unidad	0	0	2	3	7	0
Media	5651459	Acople completo bomba hidraulica	juego	0	0	1	1	2	0
Media	5658557	Termocupla tef 19 s/25 32x25 mm	unidad	0	1	4	2	3	0
Media	5664386	Conector p/ traductor 12 mm 8 pines	unidad	0	0	2	2	6	0

Anexo 7. Resultados de la evaluación de obsolescencia en los centros 100, 101 y109

Tabla 1

Listado de clases identificadas como obsoletos

Clasificación de material	Cantidad de SKU´s	Stock valorado
Envasadora A3 Compact-flex200 slim tetra	202	283,850
Sin clase	130	171,944
Envasadora A3 Flex 040 tetra gemina	54	141,508
Prensa y Scroll 214/300, repuestos de e	11	129,850
Prensa end-o-mat serie 12100	1	79,278
Pestañador de cuerpos baby, cmb mod. 85d	7	63,896
Can-o-mat.open top *order 84731070*seria	4	48,571
Etiquetadora *burt*aus-404*13022-a9213, a	18	46,399
Partidor envases Tall-Germann	5	45,551
Homogenizador Gaulin*800 cgd*6264	10	38,289
Envasadora A3 compact flex -0300V Edge	22	33,356
Condensador evaporativo York XLP-XL990-2LH	7	27,089
Probadora de envases Corima	17	25,981
Cerradora de tapa Angeluz 60L	4	21,680
Carro satelital radio Shuttle 1.5	3	20,115
Tanque aséptico Tetra Pack 20000	3	19,582
Válvula*tri-clover*shut-off-361	1	13,050
Cortadora cupulas maer-tc/10/8/8, se.4730	4	12,811
Enfardeladora Solpak bolsas UHT	5	11,789
A.B. Tall no. 1 esterilizador s/n 3647.4	3	10,296
Aire comprimido y sus accesorios	3	8,086
Cortadora de tiras open top Bliss mod.11	1	7,909
Montacargas yale nr 035aenl36te107	3	7,721
Llantas para montacarga	2	7,660
Tetra Pak	2	7,185
Envasadora	1	6,934
A.B. Tall no. 1 precalentador s/n 3450.7	2	5,745
Roscadora ridgid 535*3083043	4	5,542
Cañitas	3	5,524
Bomba Graco diafragma-mod triton-308	4	4,897
Envasadora A3 Flex 0150 Tetra Pak	2	4,676
Clarificadora *Alfa Laval*mrpx-409	6	4,467
Aplicador cañitas sa30 400v Tetra Edge	2	4,348
Sopladora de envases plástico citalmet	3	3,873
Fajas, cadenas transportadoras	1	3,586
Barnizadora	5	3,111

Clasificación de material	Cantidad de SKU´s	Stock valorado
Embaladora*custom food machinary*model N	1	2,789
Herramientas, de medición	3	2,642
Bomba dosificadora	4	2,271
Montacarga Yale ESC-030-ZAN-36-TE083	2	2,139
Bomba vacio*Squire Cogsell-finder-sterli	3	2,101
Automatismo, plc Allen Bradley	1	2,098
Cables de acero para carriles	2	2,060
Equipo Metop medidor doble cierre	1	1,895
Automatismo, plc Omron series CQM1 Y C200	1	1,796
Termoformadora Bencopack SL10-S	1	1,715
Intercambiador Alfa Laval M10-BFM	1	1,645
Bomba vacio werie rietschle CLFG41V	4	1,547
Aplicador de compuesto Preferred	1	1,545
Etiquetadora standard Knapp tipo A	6	1,396
Rodamientos, chumaceras y sus accesorios	4	1,381
Esterilizador baby 2	1	1,230
Bomba de agua*Peerles*14mc 4 etapas*2233	1	1,096
Automatismo	1	1,065
Llenadora Dickerson*open top*	5	999
Prensa Bliss modelo open top list	2	981
Compresor amoniaco Frick RFX-50/XJF120	1	939
Montacarga eléctrico-Yale MR20H	2	859
Valvula Mixproof-Alfa Laval	1	823
Bomba leche tri-clover mod.C-216-TD56S	2	790
Prensa Bliss, lubricadores Lincoln	1	775
Carro golf TXTPDS EZGO	1	759
Automatismo, plc Reliance Electric	1	692
Bomba gas Corken coro flow	2	633
Pestañadora continental 65d spin cr	1	561
Montacargas eléctrico	2	541
Separador de crema con tambor	2	526
Ensunchadora Signode mod. 669 y 670	2	475
Formadora de cajas Cermex WB4500, SE:36137	1	456
Acoples para ejes	2	400
Horno eléctrico de inducción MD.N-21/H1	1	393
Faja plana dentada	3	391
Retenes	8	390
Soldadora cuerpo Soudronic FBB 5801	1	377
Cortadora de láminas Littell-LME 1E	2	280
Bomba de agua Allis Chalmers	1	244
Clarificadora Alfa LavalMRPX-413-SGV-3	1	243
Línea litográfica Crabtree	1	241
Electroválvulas Festo	1	214

Clasificación de material	Cantidad de SKU´s	Stock valorado
Bomba de vacío Rietschle VCE 60(01)	2	211
Montacarga Caterpillar V10012V267	3	185
Envasadora aséptica TBA-22 200 slim Tetra	7	155
Bomba de vacío Becker U 4.70-4.100-B1526	1	152
Sistema aplicador polvo VP98BF KM-153577	5	143
Carro golf Yamaha G22EY	1	136
Auto v.w. sedan escarabajo a¥o 1982 1300	1	110
Grupo electrógeno Cummins KTA38G2 EN	1	89
Filtro de baja presión MVRT-52/18	1	82
Montacarga Hyster H60XL C177	1	77
Acero inoxidable tubos y accesorios vari	1	55
Analizador de leche evaporada Mojonnier	1	49
Tanque escéptico APV	1	42
Faja en v llanas y ranuradas	1	27
Soldadora cuerpo Soudronic FBB5801	1	-
Llenadora Tetra Pack 1000 mod. TBA/8	2	-
Obsoletos para eliminación total	1	-
Sopladora Plastiblow PB1000D	1	-
Cortadora Slitter trimer Krupp SDVT	1	-
Envasadora Volpack SA-970D	6	-
Total	679	1,384,054

Anexo 8. Resultados de la evaluación de traslados entre centros

Tabla 1

Identificación de traslados entre centros

SKU	Denominación	Obsoleto en centro	Cantidad	UM	Stock Valorado (S/)	Traslado a centro
5026828	Valvula check 463021571	100	6	unidad	724	101
5030560	Chumacera d/pie fafnir comp.eje 1 11/16	100	2	unidad	195	101
5034008	Faja sincro. 540h100 z=108	100	5	unidad	420	101
5501104	Filtro p/aceite purolator fco 501a	100	2	unidad	24	101
5506316	Trampa vapor flotador 1/2 ft 14-10	100	7	unidad	11,174	101
5521088	Valvula de salida f 47328-a	100	4	unidad	3,094	101
5522804	Lampara cilrculina 36 voltios	100	2	unidad	143	101
5584110	Elemento filtro ø 160 - 10 micras	100	6	unidad	1,749	101
5589162	Faja etiquetadora bauch-campos *plano	100	2	unidad	1,392	101
5603016	Filtro linea 1p 18a 22-rf018 90459-3454	100	1	unidad	314	101
5603017	Filtro linea 3p 12a 22-rf012 90459-3458	100	1	unidad	429	101
5662788	Laina de volumen 2660293-0000	100	10	unidad	2,737	101
5670549	Laina p.n 2983121-0000	100	10	unidad	917	101
5670564	Filtro slfh02510 p.n 90600-5774	100	3	unidad	1,290	101
5704943	Brazo presion izquierdo p.n 3014103-0000	100	2	unidad	34,058	101
5704948	Buje p.n 2948027-0000	100	4	unidad	419	101
5705091	Tobera p.n 2963286-0000	100	1	unidad	3,556	101
5732597	Resorte 2949214-0000	100	4	unidad	211	101
5732598	Resorte 2949215-0000	100	4	unidad	210	101
5751165	Unidad superior 90511-2893	100	2	unidad	5,792	101
6014216	Masa acople estrella l090 ej.3/4*f.obs*	100	1	unidad	24	101
6017469	Rodaje dc b-1416 torrington de agujas	100	1	unidad	11	101
6022450	Cinta de corte -hvbs7 mw 82-	100	34	unidad	5,576	101
5025475	Disco separador jebe deflec 216d-21t-40u	101	1	unidad	19	100
5025495	Abrazadera tapa de bomba 9.1/2 pu.	101	2	unidad	476	100
5025557	O-ring 37.69x44.75x3.53 mm buna 2-222	101	12	unidad	11	100
5025983	O'ring tapa de la bola p.n 6-7435500	101	3	unidad	577	109
5025986	O-ring d/conector p/agua p.n 6223406-20	101	4	unidad	14	109
5026002	Resorte soporte cojinetes	101	6	unidad	33	109
5027163	Control de embrague y freno	101	2	unidad	0	100
5027192	Terminal bobina embrague/freno ab's	101	11	unidad	95	100
5027509	Buje bronce ¾ pulgada x 1 x 22mm *ver plano*	101	6	unidad	196	100
5027514	Buje bronce ¾ pulgada x 1 x2.1/2 pulgada *ver plano*	101	4	unidad	117	100
5027550	Resorte d/regulador goma 1.2x9x48 mm *plano	101	4	unidad	35	100
5027565	Uñetas de alimentacion -lb-605-*plano*	101	9	unidad	949	100
5030239	Vástago de válvula 2 pulgadas corto	101	4	unidad	2,321	100
5030248	Buje guía del vástago del pistón	101	5	unidad	57	100

SKU	Denominación	Obsoleto en centro	Cantidad	UM	Stock Valorado (S/)	Traslado a centro
5030250	Acoplamiento de cabezal con vástago	101	5	unidad	692	100
5030424	Resorte de acero inoxidable 328d-80-4	101	8	unidad	265	100
5032479	Buje bronce 5/8 x 13/16 x 1.5/8 pulgada*plano*	101	2	unidad	51	100
5033082	Empaque d/nitrilo intermedio p/pistón	101	15	unidad	2,457	100
5033083	Empaque d/nitrilo anterior p/pistón	101	16	unidad	2,303	100
5033517	Reten 12x32x7mm hmsa10_rg	101	3	unidad	14	100
5033546	Horquilla p/polea conductora lata-lado	101	4	unidad	150	100
5033606	Horquillas p/polea conductora lata*plano	101	2	juego	172	100
5034123	Vástago válvula 2.1/2 pulgada asiento teflón	101	7	unidad	7,676	100
5034556	Kit para cilindro neumático de 2 pulgada	101	6	unidad	2,153	100
5035178	O-ring -17-4-u-	101	5	unidad	7	100
5035179	O-ring 210 epdm 1/8x3/4 pulgada	101	3	unidad	1	100
5035390	Controlador electrónico p.n 39825815	101	2	unidad	0	109
5035395	Kit de reparación de blowdown	101	2	juego	2,136	109
5506982	Pasadora 1.9/16 pulgada p.n mf0521-2	101	16	unidad	1,058	100
5510714	Tapa acrílico 25-436-08- p/válvula tricl	101	2	unidad	23	100
5510715	Tapa verde actuador 25-428-06a	101	2	unidad	84	100
5512180	O'RING 45x4 CAPO 0007-1905-750	101	13	unidad	185	109
5512200	Junta anular sup.p. dosif 0007-1941-750	101	1	unidad	24	109
5518651	Rodillo faja vacío maer	101	1	unidad	1,994	100
5518655	Rodillo motriz faja vacío maer	101	1	unidad	1,968	100
5521074	Reten p/aceite f 46202	101	4	unidad	3,076	100
5522673	Paleta p.n 90051100000	101	3	unidad	1,097	100
5522674	Perno de válvula p.n 02850110700	101	1	unidad	175	100
5522693	Filtro de malla separador de partículas	101	2	unidad	400	100
5522696	Perno sujeción tubería salida aceite	101	2	unidad	36	100
5522698	Perno sujeción salida enfriador d/aceite	101	2	unidad	59	100
5522699	Plato de válvula p.n 53390026200	101	1	unidad	260	100
5523337	Llanta solida 12 x 5.5 x 8	101	2	unidad	482	109
5526316	Empaquetadura inf. separador d/aceite	101	2	unidad	102	100
5526317	Anillo distanciador 91750100000	101	2	unidad	45	100
5526334	Perno d/conexión 91230000000	101	3	unidad	50	100
5526450	Anillo anti-extrusión d10 ib0500.095	101	4	unidad	198	100
5528858	Volanda p/tubo aislante m6	101	17	unidad	56	100
5534392	Junta anular 0007-2210-390	101	2	unidad	25	109
5543027	Fusible 1p atdr 6a 90458-2510	101	4	unidad	204	100
5757918	Junta 0007-3392-390	101	1	unidad	279	100
6029180	Asiento teflon valv. triclover 3 pulgada *plano*	101	2	unidad	154	100
5025918	Perno cab. Hex. 3/8-16 x 1.1/2 pulgada	109	383	unidad	343	100
5033951	Filtro final tinta 20 micron videojet	109	1	unidad	206	100
5450839	Venthose 169932 **futuro obsoleto**	109	2	unidad	242	100
5460130	Boquilla 66 micron sp371675	109	2	unidad	4,693	100
5511441	Soporte 6-54165001 tetra	109	5	unidad	7,098	100

SKU	Denominación	Obsoleto en centro	Cantidad	UM	Stock Valorado (S/)	Traslado a centro
5516067	O'ring p.n 6-6758700	109	1	unidad	113	100
5518345	Fusible de 300A Yale	109	2	unidad	58	100
5528850	Tubo aislante 8x10x120 m	109	14	unidad	373	100
5528851	Tubo aislante 10x12x120 m	109	9	unidad	373	100
5532175	Flotador d/tanque presión videojet	109	1	unidad	342	100
5534456	Válvula solenoide 3/2 12Vdc nc sp205991	109	1	unidad	217	100
5534460	Cable alto voltaje 22 ga - 206213	109	4	pie	100	100
5534477	Tapa p/filtro Bot. Conector 1/8 pulgada -374637	109	2	unidad	104	100
5536952	Generador vacío p/manguera zh05bs-06-06	109	1	unidad	93	100
5538844	O-ring d/tapa p.n 6-9611994241	109	2	unidad	56	100
6014961	Faja en v tipo a - 1/2 x 27 pulgada - a27	109	2	unidad	14	100
6019431	Medidor flujo de aire del cabezal 356230	109	1	unidad	218	100
6019438	Diafragma válvula de adición videojet	109	2	juego	352	100
6021670	Tee de polietileno 1/16 pulgada videojet	109	4	unidad	57	100