Universidad Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Suficiencia Profesional

Implementación de un plan de mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo, en la unidad minera Shahuindo SAC.

Brandon Jehison Mantilla Julca

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Cajamarca, 2025

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

Universidad Continental

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A	:	Decano de la Facultad de Ingeniería
DE	:	Elmer Hugo Arellanos Tafur Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO	:	Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA	:	22 de Octubre de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:
Implementación de un plan de mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo, en la unidad minera Shahuindo SAC.

Autor:
Brandon Jehison Mantilla Julca – EAP. Ingeniería Industrial

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía — SI [X] NO [ ]
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores — SI [X] NO [ ]
  Nº de palabras excluidas **(en caso de elegir "SI")**: 13
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante — SI [ ] NO [X]

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

DEDICATORIA.

A Dios, a mi esposa y hermano porque siempre me han acompañado en los momentos difíciles de mi vida.

A la memoria de mi querido tío, Jorge Rodríguez Mantilla, quien siempre creyó en mí y me brindó su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO.

A cada docente de la Universidad Continental y la Institución Tecsup, que contribuyeron en mi formación profesional.

A la empresa Minera Shahuindo SAC. por haberme brindado un puesto de confianza en el área de Energía y Mantenimiento, donde me desarrollo profesionalmente, en búsqueda de la mejora continua y retos en base a la visión de dicha corporación.

A mi familia, mi padre Rober Mantilla Rojas y mi linda madre Bertha Julca Calderón, por darme las fuerzas y el apoyo incondicional en todo momento.

Finalmente, un agradecimiento especial, a mi hermosa esposa Leslie Gamboa y mi pequeña Hija Raissa Mantilla Gamboa, por ser mi máxima fuente de motivación.

INDICE

DEDICATORIA. iv

AGRADECIMIENTO. v

INDICE vi

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xiii

RESUMEN xviii

ABSTRACT xx

INTRODUCCIÓN xxii

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA SHAHUINDO 24

1.1.Datos Generales de la empresa Shahuindo SAC. 24

1.2.Actividad principal de la empresa y/o empresa. 26

1.3.Reseña histórica de la empresa Shahuindo SAC. 26

1.4.Organigrama de la empresa Shahuindo 27

1.4.1.Organigrama: Áreas de la Unidad Minera Shahuindo. 28

1.4.2.Organigrama: Área de Energía y Mantenimiento de la Unidad Minera Shahuindo. 29

1.5.Visión, misión y valores de la empresa Shahuindo. 30

1.5.1.Visión: 30

1.5.2.Misión: 30

1.5.3.Valores: 30

1.6.Bases legales o documentos administrativos. 31

1.7.Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales. 32
1.8.Descripción del cargo y responsabilidades del bachiller en Shahuindo SAC. 33
1.8.1.Cargo desempeñado:Ing. de Planeamiento Mantenimiento Mina. 33
1.8.2.Cargo actual: Jefe de guardia Mantenimiento Mina. 35
CAPÍTULO II ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES 37
2.1.Antecedentes o diagnóstico situacional. 37
2.1.1.Formulación del problema 38
2.1.2.Indicadores clave de desempeño (KPI), antes de implementación de PMP. 39
2.1.3.KPI de flota de Perforación, antes de implementar el PMP. 40
2.1.4.KPI de flota de Carguío, antes de implementar el PMP. 43
2.1.5.KPI de flota de Acarreo, antes de implementar el PMP. 46
2.2. Identificación de oportunidad en el área de Energía y Mantenimiento. 49
2.2.1.Análisis de Ishikawa: Baja Disponibilidad en los Equipos de la Unidad Minera Shahuindo SAC. 50
2.2.2.Análisis de prioridades, usando Diagrama de Pareto. 51
2.2.3.Análisis económico de la Implementación de un PMP y su impacto en costos indirectos de Mantenimiento Mina. 55
2.3.Objetivos de la actividad profesional 58
2.3.1.Objetivo principal: 58
2.3.2.Otros objetivos: 58
2.4.Justificación de la actividad profesional. 60
2.5.Resultados esperados. 60

2.5.1.Indicadores clave de desempeño (KPI) como meta 2024, posterior a implementación de PMP. 62
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO 49
3.1.Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas. 49
3.1.1.Criticidad de equipos. 49
3.1.2.Gestión de Mantenimiento. 50
3.1.3.Planificación del mantenimiento 52
3.1.4.Etapas de Planificación de mantenimiento preventivo (PMP): 54
3.1.5.Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (MBC) - Reliability Centered Maintenance (RCM) 65
3.1.6.Normas ISO 66
3.1.7.Flota de equipos de perforación: 75
3.1.8.Flota de equipos de carguío: 78
3.1.9.Flota de equipos de acarreo: 79
3.1.10.Truck Shop: 83
3.1.11.Tajo de la UM. Shahuindo: 85
3.1.12.Gestión de Mantenimiento. 86
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES. 101
4.1.Descripción de actividades profesionales 101
4.1.1.Enfoque de las actividades profesionales. 102
4.1.2.Alcance de las actividades profesionales. 102
Responsabilidades 103
4.1.3.Entregables de las actividades profesionales 113

4.2.Aspectos técnicos de la actividad profesional 128
4.2.1.Metodologías..... 128
4.2.2.Técnicas. 128
4.2.3.Instrumentos..... 129
4.2.4.Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades..... 129
4.3.Ejecución de las actividades profesionales. 130
4.3.1.Cronograma de actividades realizadas. 130
4.3.2.Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales. 131
CAPÍTULO V. RESULTADOS 160
5.1.Resultados finales de las actividades realizadas. 160
5.1.1.Resultados asociados al Objetivo principal 160
5.1.2Resultados asociados a otros objetivos. 161
5.1.3.KPI de flota de Perforación, después de implementar el PMP. 172
5.1.4.KPI de flota de Carguío, después de implementar el PMP. 176
5.1.5.KPI de flota de acarreo, después de implementar el PMP. 180
5.2.Logros alcanzados. 184
5.2.1.Incidencia en la disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, antes y después de la implementación del PMP. 184
5.2.2.Variación de las horas de trabajo sin fallas mecánicas MTBF, en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, antes y después de la implementación del PMP 185
5.2.3.En el ámbito de determinar la variación del tiempo de reparación por fallas mecánicas MTTR, en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo. .. 187

5.2.4.En el ámbito de determinar la variación el costo de mantenimiento en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo. 190
5.3.Dificultades encontradas. 193
5.4.Planteamiento de mejoras. 194
5.5.Análisis. 195
5.6.Aporte del bachiller en la empresa y/o institución 198
CONCLUSIONES 199
RECOMENDACIONES. 201
BIBLIOGRAFÍA. 202
ANEXOS. 205

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Flota de Equipos de la UM Shahuindo. 33

Tabla 2. KPIs de Mantenimiento - 2023 39

Tabla 3. Cuadro de incidencia de la implementación del PMP en Costos Indirectos 57

Tabla 4. KPIs de Mantenimiento - Resultados esperados como meta, para el periodo 2024. 62

Tabla 5: Programación de muestreo de tapones magnéticos 104

Tabla 6: Programación de actividades de monitoreo SOS. 105

Tabla 7: Programación de actividades de corte de filtros de lubricantes y combustible 106

Tabla 8: Plan mensual de mantenimiento. 108

Tabla 9: Plan semanal de mantenimiento. 109

Tabla 10: Plan diario de mantenimiento. 111

Tabla 11. Gantt de Actividades para la implementación de un PMP. 130

Tabla 12. Budget de KPIs de Mantenimiento - 2024. 132

Tabla 13. Budget de mantenimiento - Costos Directos 133

Tabla 14. Maestro de equipos de la UM. Shahuindo 134

Tabla 15. Escala de Referencia de Criticidad de equipos. 138

Tabla 16. KPIs de Mantenimiento - Resultados una vez implementado el PMP. 160

Tabla 17. Comparativa de KPI de mantenimiento del año 2023 y 2024. 160

Tabla 18. Evidencia de variación de MTBF, una vez implementado el PMP-Perforación. 162

Tabla 19.Evidencia de variación de MTBF, una vez implementado el PMP-Carguío. 163

Tabla 20.Evidencia de variación de MTBF, una vez implementado el PMP-Acarreo. 164

Tabla 21. Evidencia de variación de MTTR, una vez implementado el PMP-Perforación. 165

Tabla 22. Evidencia de variación de MTTR, una vez implementado el PMP-Carguío. 166

Tabla 23. Evidencia de variación de MTTR, una vez implementado el PMP-Acarreo..... 167

Tabla 24. Evidencia de variación del costo de mantenimiento respecto al Budget-Perforación 168

Tabla 25. Evidencia de variación del costo de mantenimiento respecto al Budget-Carguío..... 169

Tabla 26. Evidencia de variación del costo de mantenimiento con respecto al Budget-Acarreo 170

Tabla 27: Planteamiento de mejoras 194

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de Operaciones Mineras de Pan American Silver..... 24

Figura 2. Ubicación de la Unidad Minera Shahuindo..... 25

Figura 3. Foto Satelital de la unidad minera Shahuindo..... 25

Figura 4. Anuncio: Pan America+n Silver completa la adquisición de Tahoe Resources 27

Figura 5. Organigrama de la Unidad Minera Shahuindo (Todas las áreas principales) 28

Figura 6. Organigrama del área de Energía y Mantenimiento..... 29

Figura 7. Valores Corporativos de la Unidad Minera Shahuindo..... 30

Figura 8. Disponibilidad de la flota de equipos de Perforación en la UM Shahuindo. 40

Figura 9. MTBF y MTTR de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo 41

Figura 10. Costos de mantenimiento de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo . 42

Figura 11. Disponibilidad de la flota de equipos de carguío en la UM. Shahuindo. 43

Figura 12. MTBF y MTTR de flota de equipos de Carguío en la UM. Shahuindo..... 44

Figura 13. Costos de mantenimiento de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo. 45

Figura 14. Disponibilidad de la flota de equipos de acarreo en la UM. Shahuindo 46

Figura 15. MTBF y MTTR de la flota de equipos de Acarreo en la UM. Shahuindo..... 47

Figura 16. Costo de mantenimiento de flota de equipos de acarreo en la UM. Shahuindo..... 48

Figura 17. UPTIME ELEMENTS 54

Figura 18. Etapas para Una Planificación de Mantenimiento Preventivo 55

Figura 19. Check List de Trabajo 58

Figura 20. Plan semanal de Mantenimiento de minera las Bambas. 60

Figura 21. Modelo de Historial de Mantenimiento de equipos 62

Figura 22. Sistema de Administración de Mantenimiento..... 63

Figura 23. Relación entre los términos clave de la gestión de activos 68

Figura 24. Muestra la relación entre los elementos clave de un sistema de gestión de activos, junto con las cláusulas correspondientes de la norma ISO 55001. 69

Figura 25. Perforadora de producción en superficie DM45 de la UM. Shahuindo Obtenida de: Flota de equipo en tajo de la UM. Shahuindo 77

Figura 26. Excavadora Hidráulica 395 de la UM. Shahuindo 79

Figura 27.Volquetes Scania G540 en la UM. Shahuindo 81

Figura 28. Truck Shop de la UM. Shahuindo 83

Figura 29. Truck Shop de la UM. Shahuindo 84

Figura 30. Tajo de la UM. Shahuindo..... 85

Figura 31. Diagrama de Consecuencia de Falla..... 87

Figura 32. Intervalo de mantenimiento de 250 horas (autoría propia) 90

Figura 33. Estrategias de Mantenimiento 93

Figura 34. Efectos del Mantenimiento Reactivo sobre la disponibilidad del equipo 95

Figura 35. Límite de Control vs. Desgaste 98

Figura 36. 05 pilares de mantenimiento y la confiabilidad..... 99

Figura 37. Perfil de puesto de trabajo en la UM. Shahuindo..... 101

Figura 38. Registro de inducción, capacitación, entrenamiento 113

Figura 39. Reunión diaria con jefaturas de las áreas operativas de la UM. Shahuindo. 115

Figura 40. Aviso de voladura incluyendo radio de influencia. 116

Figura 41. Ubicación de vigía, previo disparo de Voladura. 117

Figura 42. Reporte de indicadores de Mantenimiento 118

Figura 43. Cumplimiento de plan se mantenimiento 119

Figura 44. Cumplimiento de Plan semanal de Mantenimiento 120
Figura 45. Indicadores semanales de Mantenimiento 121
Figura 46. Proyección del PMP de la semana entrante 122
Figura 47. Programa semanal de mantenimiento de equipos. 123
Figura 48. Envío de informes de mantenimiento, al área de Planeamiento 124
Figura 49. KPIs Mensual de Mantenimiento 125
Figura 50. Reporte Mensual de costos de mantenimiento Mina. 126
Figura 51. Reunión del plan mensual con las áreas operativas. 127
Figura 52. Equipo de jefaturas y supervisores de Energía y Mantenimiento. 131
Figura 53. - Check List de Mantenimiento-395-Tipo PM4. 140
Figura 54. OT/PT - Orden de Trabajo de Mantenimiento. 143
Figura 55. Hojas de Ruta de Plan de Mantenimiento Preventivo 145
Figura 56. Inspección de calidad de PMs. 147
Figura 57. Plan de Mantenimiento Preventivo de Equipos. 148
Figura 58. Historial de Mantenimiento de Equipos de Minado. 149
Figura 59. Reporte Diario de Indicadores de Mantenimiento 150
Figura 60. Software de mantenimiento - Oracle E-Business Suite 152
Figura 61. Figura 52. Software de mantenimiento - APEX 152
Figura 62. Software de operaciones mina- MS4M 153
Figura 63. Software Vision LinK con acceso a activos de Shahuindo. 153
Figura 64. Capacitación a personal del área de Planeamiento de Mantenimiento. 154
Figura 65. Capacitación a personal del área de taller de Mantenimiento Mina. 155
Figura 66. Capacitaciones técnicas a personal técnico de Mantenimiento Mina. 156

Figura 67. Plan Semanal de Minado 157
Figura 68. Mantenimiento preventivo tipo PM3 a Perforadora DM45. 159
Figura 69. Disponibilidad de la flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo. 172
Figura 70. MTBF y MTTR de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo. 174
Figura 71. Costo de mantenimiento de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo. 175
Figura 72. Disponibilidad de la flota de equipos de carguío en la UM. Shahuindo. 176
Figura 73. MTBF y MTTR de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo. 178
Figura 74. Costo de mantenimiento de flota de equipos de Carguío en la UM. Shahuindo. 179
Figura 75. Disponibilidad de la flota de equipos de acarreo en la UM. Shahuindo 180
Figura 76. MTBF y MTTR de flota de equipos de Acarreo en la UM. Shahuindo. 182
Figura 77. Costo de mantenimiento de flota de equipos de Acarreo en la UM. Shahuindo. 183
Figura 78. Capacitación específica por grupos de trabajo a Personal Técnico. 193
Gráfico 1. Diagrama de Pareto: Baja Disponibilidad de equipos en la UM. Shahuindo SAC. 54
Gráfico 2. Disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, antes y después de la implementación del PMP 184
Gráfico 3. MTBF de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, antes y después de la implementación del PMP. 186
Gráfico 4. MTTR de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, antes y después de la implementación del PMP. 188
Gráfico 5. Costos de mantenimiento de la flota de equipos de Perforación 2023 y 2024. 190
Gráfico 6. Costos de mantenimiento de la flota de equipos de Carguío 2023 y 2024. 191
Gráfico 7. Costos de mantenimiento de la flota de equipos de Acarreo 2023 y 2024. 192

Gráfico 8. Porcentaje de Horas por intervenciones de trabajos, en la flota principal de Perforación, Carguío y Acarreo. 196

RESUMEN

El presente trabajo, describe la implementación de un plan de mantenimiento preventivo (PMP) y su impacto en la disponibilidad de la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo en la Unidad Minera Shahuindo SAC. Se establece que la efectividad de un PMP incrementa significativamente la disponibilidad operativa de los equipos, reduciendo tiempos de inoperatividad y costos asociados a reparaciones no planificadas. Teniendo en cuenta que los mantenimientos de dichos equipos estaban a cargo de proveedores "Dealer", y es en el año 2024, donde la misma Unidad Minera se encarga del mantenimiento de los equipos, según los nuevos contratos de las flotas de los activos.

La implementación se llevó en una empresa del sector minero, ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajabamba, que opera un total de 100 equipos, conformado por las siguientes flotas de equipos: Perforación, carguío, acarreo, mantenimiento de vías y desmonte, flota auxiliar, lixiviación y generación de energía.

Como objetivo, se diseñó e implementó un Plan de Mantenimiento Preventivo, para las flotas principales de minado, conformado por: Flota de perforación (02 Perforadoras DM45 Epiroc), flota de carguío (05 excavadoras 395 CAT) y flota de acarreo (54 Volquetes G540 Scania), aplicando conocimientos y técnicas como una propuesta para resolver el problema, que incluyó la implementación de procesos de planificación, ejecución de tareas de mantenimiento programadas de forma eficiente, gestión de backlogs, revisión y reemplazo de componentes críticos, control del presupuesto de costos de mantenimiento, estructurar equipos de trabajo del personal técnico y la implementación de indicadores de desempeño que se ajusten a las necesidades del área de energía y mantenimiento; permitiendo alcanzar las metas y objetivos establecidos en el ámbito de la actividad profesional.

Los resultados del trabajo mostraron que la implementación del plan de mantenimiento preventivo tuvo un impacto significativo en la disponibilidad de la flota de equipos. Se observó el aumento de disponibilidad del 84% al 91% en la flota de perforación; del 86% al 91% en la flota de carguío y del 88% a 90% de disponibilidad en la flota de acarreo. Un aumento en las horas de trabajo de los equipos sin fallas (MTBF), siendo los resultados, de 30 horas a 49 horas en la flota de perforación; de 53 horas a 64 horas en la flota de carguío y de 45 a 53 horas en la flota de acarreo. Adicional a ello se redujo los tiempos de inactividad de los equipos, logrando disminuir el tiempo promedio de reparación (MTTR), de 8 horas a 6 horas en la flota de perforación; de 12 horas a 6 horas en la flota de carguío y de 7 horas a 5 horas en la flota de acarreo. Finalmente se controló la desviación de los costos de mantenimiento respecto al presupuesto, logrando tener de 14% por encima del Budget a 1% por debajo del Budget en la flota de equipos de perforación; de 5% por encima del Budget a 4% por debajo del Budget en la flota de equipos de carguío y de 2% por encima del Budget a 2% por debajo del Budget en la flota de equipos de acarreo, obteniendo un ahorro significativo en el año 2024.

Además, se detectaron ventajas adicionales, tales como la disminución de órdenes de trabajo debido a averías mecánicas, mejoraron la calidad de los trabajos de mantenimiento, respuestas inmediatas, historial de mantenimiento propio, no necesidad de servicios externos, incremento de la seguridad.

El trabajo concluye que, la implementación de un plan de mantenimiento preventivo es una estrategia efectiva para mejorar la disponibilidad de la flota de equipos, reducir los tiempos de inactividad y controlar los costos asociados al mantenimiento.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, disponibilidad, flota de equipos.

ABSTRACT

This paper describes the implementation of a preventive maintenance plan (PMP) and its impact on the availability of the drilling, loading, and hauling equipment fleet at the Shahuindo SAC Mining Unit. It is established that the effectiveness of a PMP significantly increases the operational availability of the equipment, reducing downtime and costs associated with unplanned repairs. Considering that the maintenance of this equipment was previously the responsibility of dealer suppliers, the same Mining Unit will be responsible for equipment maintenance in 2024, according to the new asset fleet contracts.

The implementation was carried out at a mining company located in the department of Cajamarca, province of Cajabamba, which operates a total of 100 pieces of equipment, consisting of the following equipment fleets: drilling, loading, hauling, road maintenance and stripping, auxiliary fleet, leaching, and power generation.

The objective was to design and implement a Preventive Maintenance Plan for the main mining fleets, consisting of the drilling fleet (two Epiroc DM45 drills), the loading fleet (five CAT 395 excavators), and the hauling fleet (five Scania G540 dump trucks). This plan applied knowledge and techniques as a solution to the problem. This included implementing planning processes, efficiently executing scheduled maintenance tasks, managing backlogs, reviewing and replacing critical components, controlling the maintenance cost budget, structuring technical staff work teams, and implementing performance indicators tailored to the needs of the energy and maintenance departments, enabling the achievement of the goals and objectives established within the scope of the company's professional activity.

The results of the work showed that the implementation of the preventive maintenance plan had a significant impact on the availability of the equipment fleet. An increase in availability was observed from 84% to 91% for the drilling fleet. from 86% to 91% in the loading fleet and from 88% to 90% availability in the haulage fleet. An increase in rig work hours without failure (MTBF), resulting in: from 30 hours to 49 hours in the drilling fleet; from 53 hours to 64 hours in the loading fleet and from 45 to 53 hours in the haulage fleet. Additionally, rig downtime was reduced, achieving a decrease in the mean time to repair (MTTR), from 8 hours to 6 hours in the drilling fleet; from 12 hours to 6 hours in the loading fleet and from 7 hours to 5 hours in the haulage fleet. Finally, the deviation of maintenance costs from the budget was controlled, achieving a decrease from 14% over budget to 1% under budget

in the drilling rig fleet. from 5% over budget to 4% under budget for the loading equipment fleet and from 2% over budget to 2% under budget for the hauling equipment fleet, achieving significant savings by 2024.

Additionally, additional benefits were identified, such as a reduction in work orders due to mechanical breakdowns, improved quality of maintenance work, immediate response, in-house maintenance history, elimination of the need for external services, and increased safety.

The study concludes that implementing a preventive maintenance plan is an effective strategy for improving equipment fleet availability, reducing downtime, and controlling maintenance-related costs.

Keywords: Preventive maintenance, availability, equipment fleet.

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional expone la experiencia desarrollada en el área de Energía y Mantenimiento de la Unidad Minera Shahuindo SAC, enfocándose en la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP) para las flotas de equipos de perforación, carguío y acarreo. Esta iniciativa surge como respuesta a la necesidad de mejorar la disponibilidad operativa de los equipos críticos, reducir los costos asociados al mantenimiento correctivo y fortalecer la confiabilidad de los activos mineros.

Durante el año 2023, la gestión del mantenimiento en la unidad minera presentaba limitaciones significativas: Alta dependencia de proveedores externos (dealers), ausencia de un plan preventivo estructurado, baja disponibilidad de equipos y desviaciones presupuestarias. Frente a este diagnóstico, se propuso diseñar e implementar un PMP propio, alineado a las condiciones operativas de la mina y sustentado en metodologías de gestión de mantenimiento.

Este trabajo se estructura en cinco capítulos. El Capítulo I presenta los aspectos generales de la empresa Shahuindo, incluyendo su historia, estructura organizativa y el área donde se desarrollaron las actividades profesionales. El Capítulo II describe el diagnóstico situacional, los objetivos del proyecto y la justificación técnica de la intervención. En el Capítulo III se desarrolla el marco teórico, abordando conceptos clave de gestión de mantenimiento, planificación, confiabilidad y normativas aplicables. El Capítulo IV detalla las actividades ejecutadas, las herramientas utilizadas, los entregables generados y la metodología aplicada para la implementación del PMP. Finalmente, el Capítulo V presenta los resultados obtenidos, los logros alcanzados, las dificultades enfrentadas y las propuestas de mejora.

Para finalizar, se ofrecen las conclusiones del trabajo, se incluyen recomendaciones, se cita la bibliografía utilizada en su elaboración y se anexan documentos que complementa el Trabajo de Suficiencia Profesional.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA SHAHUINDO

1.1. Datos Generales de la empresa Shahuindo SAC.

Pan American Silver es una corporación con una cartera diversificada de activos, grandes reservas mineras y una producción creciente. Son propietarios de trece operaciones mineras como se muestra en la **Figura 1**, distribuidas en los países de Canadá, México, Guatemala, **Perú,** Bolivia, *Argentina, Chile y Brasil.*

Figura 1. Estructura de Operaciones Mineras de Pan American Silver



Obtenida de: Página Web Corporativa PAAS [Operaciones - Pan American Silver]

La unidad minera Shahuindo, es una mina de oro a cielo abierto que utiliza el método de lixiviación en pilas. A continuación, se presentan los datos correspondientes:

Razón Social: SHAHUINDO S.A.C.

Registro Único de Contribuyente (RUC): 20505792042

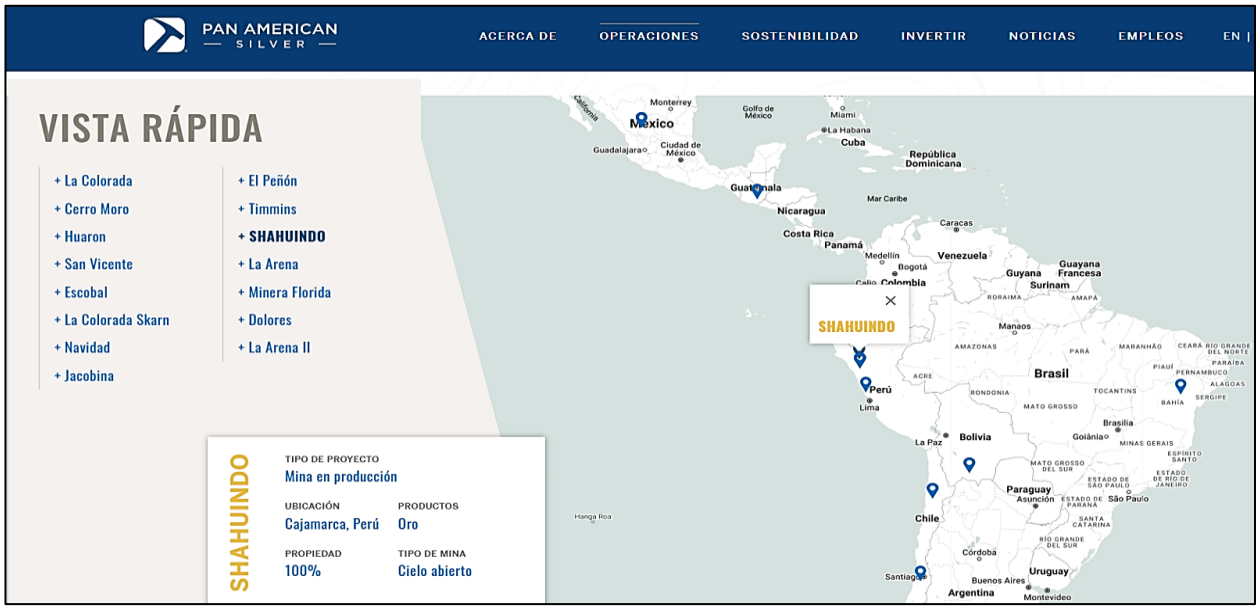
Página Web: https://panamericansilver.com/es/operations/gold-segment/shahuindo/

Nombre Comercial: Minera Shahuindo

Dirección legal de oficinas: Av. La floresta N°497, San Borja, Lima, Perú

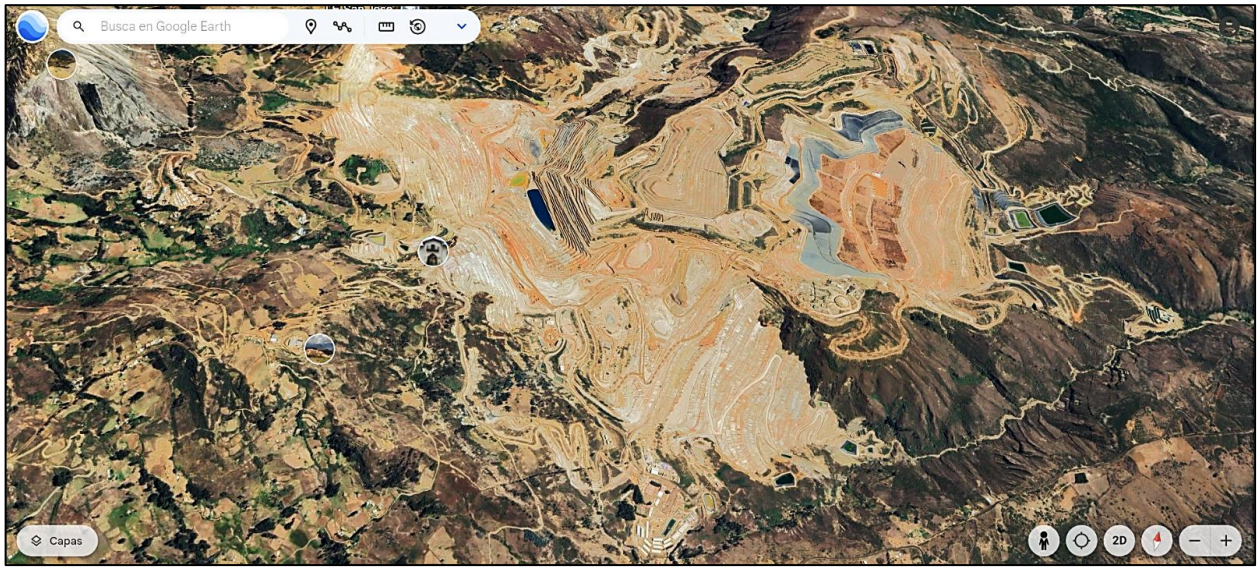
Ubicación de la Unidad Minera: El proyecto de explotación de la unidad minera Shahuindo, se encuentra ubicado en el Departamento de Cajamarca, Provincia de Cajabamba, Distrito de Cachachi, tal como se muestra en la **Figura 2** y **Figura 3**.

Figura 2. Ubicación de la Unidad Minera Shahuindo.



Obtenida de: Página Web corporativa PAS https://panamericansilver.com/operations/

Figura 3. Foto Satelital de la unidad minera Shahuindo



Obtenida de: Google Earth – Mapa satelital UM. Shahuindo.

1.2. Actividad principal de la empresa y/o empresa.

Shahuindo SAC. es una empresa minera que orienta sus mejores medios a la explotación eficiente, productiva y segura de los recursos minerales de oro y afines, en los yacimientos mineros, de manera sostenida y creciente en el tiempo.

La actividad principal de la UM Shahuindo, es la producción sostenible y comercialización de metales preciosos (oro, plata y subproductos), a partir del doré, en una explotación a cielo abierto con lixiviación en pilas.

1.3. Reseña histórica de la empresa Shahuindo SAC.

Shahuindo SAC. es una empresa minera con la ambición de posicionarse entre las mejores del Perú en la industria del oro. Su compromiso con la producción limpia se manifiesta en su objetivo de alcanzar "Cero accidentes laborales y personales", "Cero incidentes en el medio ambiente", "Cero incidentes sociales". La compañía se dedica a mejorar constantemente los niveles de calidad, productividad y seguridad en todas sus operaciones, al mismo tiempo que optimiza el rendimiento económico de los recursos proporcionados por sus accionistas.

La mina Shahuindo, ubicada en el departamento de Cajamarca, Perú, inició sus labores de exploración en 1945 e inició su producción comercial en 2016.

- En el año 1945, la empresa Algamarca S.A. comenzaron trabajos de exploración de la mina Shahuindo y continuaron con la exploración hasta el año 2012, en conjunto con la empresa Sulliden Gold Corporation.
- En el año 2012, la empresa Rio Alto Mining, fue la que se encargó del proyecto en fase de pre-construcción de la unidad minera Shahuindo.
- En el año 2014, la compañía Tahoe Resources compró Rio Alto Mining, iniciando su producción comercial en el 2016.

- En el año 2019, la empresa canadiense Pan American Silver adquirió Tahoe y es dueña del 100% de la unidad minera Shahuindo hasta la actualidad.

Figura 4. Anuncio: Pan American Silver completa la adquisición de Tahoe Resources



Obtenida de Pan American Silver Corp - Pan American Silver completa la adquisición de Tahoe Resources - Pan American Silver

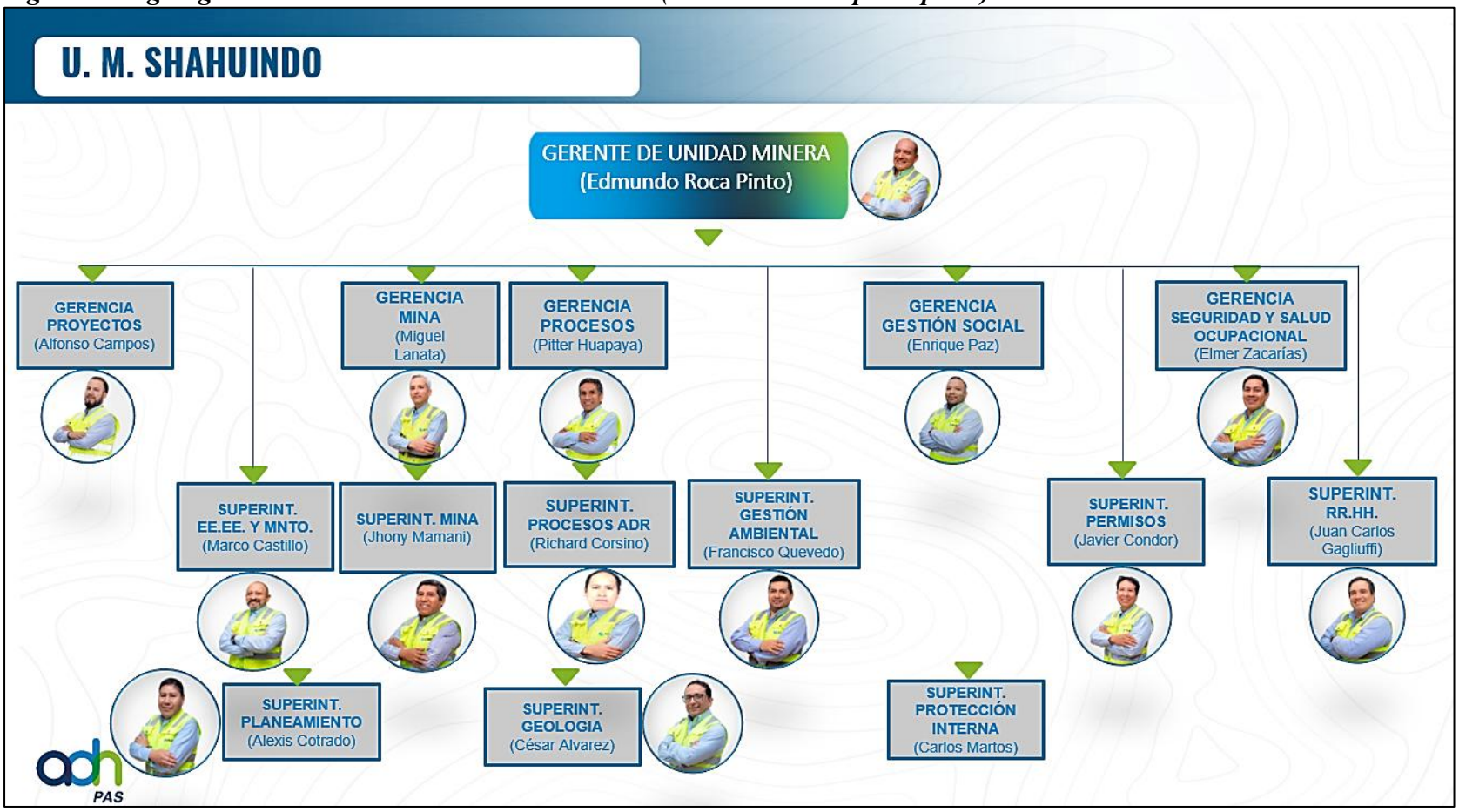
1.4. Organigrama de la empresa Shahuindo

La empresa Minera Shahuindo SAC., cuenta con un organigrama general de funcionamiento operativo, donde incluye todas las áreas principales como se muestra en la **Figura** 5.

Dentro de las áreas operativas se encuentra el área de Energía y Mantenimiento que cuenta con su propio organigrama del área como se muestra en la **Figura 6** , donde el bachiller se desempeñó en el cargo de Ingeniero de Planeamiento Mantenimiento Mina hasta el 2024 y posterior a ello fue promovido al cargo de Jefe de Guardia de Mantenimiento Mina, dentro de la misma área.

1.4.1. Organigrama: Áreas de la Unidad Minera Shahuindo.

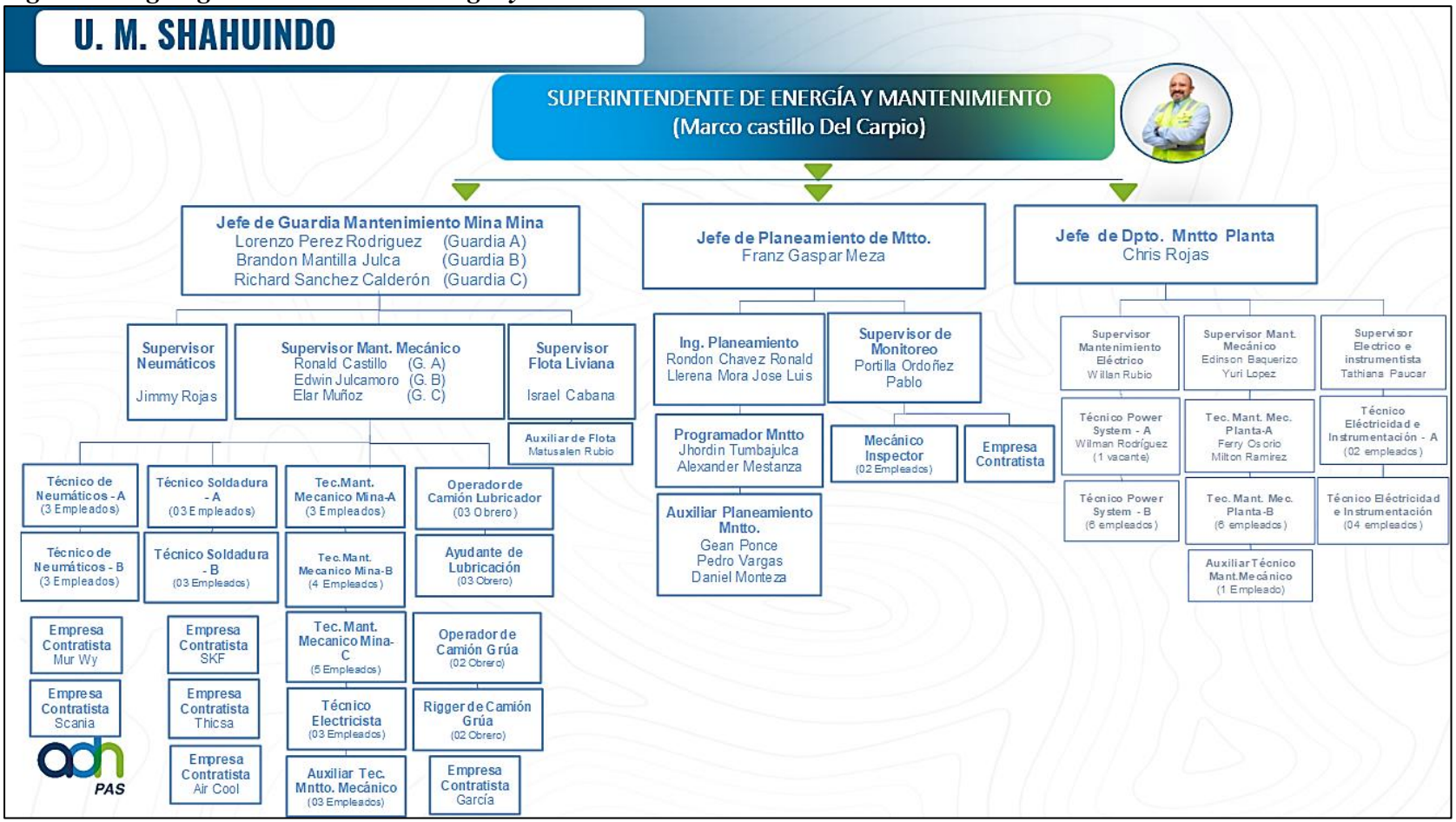
Figura 5. Organigrama de la Unidad Minera Shahuindo (Todas las áreas principales)



Obtenida de: Información suministrada por la empresa Shahuindo SAC. - 2024

1.4.2. Organigrama: Área de Energía y Mantenimiento de la Unidad Minera Shahuindo.

Figura 6. Organigrama del área de Energía y Mantenimiento.



Obtenida de: Información suministra por la empresa Shahuindo SAC - 2024

1.5. Visión, misión y valores de la empresa Shahuindo.

1.5.1. Visión:

Ser un referente en la producción sostenible de metales preciosos en Perú, destacando por la excelencia en nuestra gestión operativa, siempre enfocados en el bienestar de nuestros trabajadores. Nos comprometemos a respetar el medio ambiente y la comunidad, generando valor para todos nuestros grupos de interés.

1.5.2. Misión:

Elaborar y vender concentrados finos de Oro y metales relacionados provenientes de la minería y llevar a cabo actividades de exploración geológica con el objetivo de garantizar las reservas mineras que posibiliten una explotación económicamente lucrativa.

1.5.3. Valores:

Como se puede visualizar en la **Figura 7**, la UM. Shahuindo cuenta con los siguientes valores: Salud y seguridad, Honestidad y justicia, Operaciones responsables y Comunicación eficiente y clara.

Figura 7. Valores Corporativos de la Unidad Minera Shahuindo.



Obtenida de: Información suministrada por la empresa Shahuindo SAC.

1.6. Bases legales o documentos administrativos.

- Ley N° 29783 y su D.S. N° 005-2012-TR Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y modificatorias
- D.S. N° 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería y su modificatoria D.S. N° 023-2017- EM.
- D.S. N° 033-2001-MTC Reglamento Nacional de Tránsito.
- D.S. N° 021-2008-MTC. Reglamento Peruano de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
- D.S. N° 041-2008-MTC que aprueba el Reglamento Nacional de
- Inspecciones Técnicas Vehiculares.
- Ley de Productividad y Competitividad Laboral Nacional - Decreto Supremo Nº 003-97-TR
- Ley General de Minería de Perú - Decreto Supremo Nº 014-92-EM
- Reglamento Interno de Trabajo (RIT)
- Reglamento Interno de Tránsito (RITRANS)
- Reglamento Interno de Seguridad y Salud Ocupacional (RISSO)

1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales.

El área de Energía y Mantenimiento dentro la unidad minera Shahuindo, es responsable de realizar actividades seguras orientadas a la conservación y mantenimiento de primera calidad e integrar el desarrollo sostenible de los procesos en las diferentes etapas del ciclo de vida de los activos.

El área de Energía y Mantenimiento está conformada por 03 sub-áreas (Mantenimiento Mina, Mantenimiento planta y Planeamiento), las cuales se integran, para gestionar los activos de la unidad minera Shahuindo.

Mantenimiento Mina, está conformada por especialistas en mantenimiento de maquinaria pesada, flota liviana, electricidad, soldadura, llantería, etc. asegurando la satisfacción total de servicios de mantenimiento, mediante la preparación y desarrollo del capital humano, así como el uso y aplicación de tecnologías de vanguardia, cumpliendo los estándares normativos y reglamentarios en aspectos de mantenimiento, medio ambiente y seguridad.

El área de mantenimiento de la mina se encarga de llevar a cabo, tanto los trabajos programados como los no programados en los equipos de minado. Además, elabora informes detallados sobre las tareas realizadas, ya sea en el taller o en el tajo de la mina. Esta área también es responsable del orden en las bahías de trabajo que forman parte del taller de mantenimiento. Adicionalmente, evalúa los indicadores clave de desempeño y sus parámetros, lo que facilita el monitoreo y seguimiento de los resultados obtenidos en el sistema de gestión de mantenimiento implementado.

El área de Mantenimiento Mina es responsable de la operatividad de las flotas de equipos de minado, siendo las principales la flota de perforación, carguío y acarreo, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Flota de Equipos de la UM Shahuindo.

Flota de Equipos	Equipo	Marca	Modelo	Cantidad (Und)
0202 - Perforación	Perforadora	Epiroc	DM45	2
0206 - Carguío	Excavadora	Caterpillar	395	5
0208 - Acarreo	Volquete 46Ton	Scania	G540	54
0210 - Mantenimiento de vías y desmonte	Motoniveladora	Caterpillar	14	2
	Retroexcavadora	Caterpillar	420F	1
	Rodillo	Caterpillar	CS19	1
0211 - Flota Auxiliar	Cargador Frontal	Caterpillar	980	2
	Excavadoras	Caterpillar	336	3
	Tractor	Caterpillar	D6	1
	Tractor	Caterpillar	D8	1
	Tractor	Caterpillar	D9	1
	Camión Grúa	Varios	Varios	3
	Camión Lubricador	Scania	G540	1
0220 - Geología	Perforadora	Schramm	T455	1
0402 - Lixiviación	Cargador Frontal	Caterpillar	966	1
	Excavadora	Caterpillar	349	1
	Excavadoras	Caterpillar	336	1
	Tractor	Caterpillar	D9	1
0911 - Generación de energía	Grupos Electrógenos	Varios	Varios	18
Total, de equipos				**100**

Obtenida de: Datos de la UM Shahuindo – Energía y Mantenimiento y Operaciones Mina

1.8. Descripción del cargo y responsabilidades del bachiller en Shahuindo SAC.

1.8.1. Cargo desempeñado: Ingeniero de Planeamiento Mantenimiento Mina.

En la Unidad Minera Shahuindo el bachiller se desempeñó en el puesto de ingeniero de planeamiento, hasta principios del año 2024, donde era responsable de las siguientes actividades:

- Planificación y Programación del Mantenimiento anual, mensual, semanal y diario de la flota de Minado, incluyendo los backlogs, previamente revisados en almacén.

- Realizar el presupuesto de Mantenimiento (Budget, Forecast, costos directos, indirectos, CAPEX, OPEX)
- Análisis de Fallas de Equipos, Análisis del Costo del Ciclo de Vida de los activos,
- Registrar los eventos – Órdenes de trabajo" OT" en el sistema Oracle - AMT y controlar la precisión de servicios de la ejecución de mantenimientos preventivos.
- Ejecutar los planes de acción según los check list de camionetas, Equipo Pesado, Volquetes, Luminarias, etc.
- Ejecutar el seguimiento de backlog, requerimientos para Stock, Órdenes de servicios, Consumos, etc.
- Elaborar el LOOKAHEAD de lubricantes, Get´s, llantas y consumibles de forma mensual
- Elaboración y exposición de informes con indicadores de gestión de mantenimiento (KPIs) y planes diarios en reuniones de gerencia Minado
- Gestionar los pagos a proveedores por servicios realizados en taller y campo según nuestro presupuesto
- Gestionar Backlog, revisar provisiones, valorizaciones y pagos a Órdenes de servicio a Proveedores
- Aplicar herramientas de Gestión para realizar un diagnóstico de situación actual e identificación de causas-raíces.
- Plantear mejoras, para optimizar el MTBF, MTTR, disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

- Analizar reclamos por daños operacionales, Aplicar mejoras de Gestión de activos. Ejecutar valorizaciones a proveedores como Ferreyros, Mur Wy, Scania, Stracon, San Martín, Unimaq, Komatsu, etc.

1.8.2. Cargo actual: Jefe de guardia Mantenimiento Mina.

En la Unidad Minera Shahuindo a partir del año 2024, el bachiller fue promovido al puesto de Jefatura de mantenimiento, donde se añadió las siguientes actividades:

- Supervisar el cumplimiento integral, ordenado, confiable y seguro de las actividades de mantenimiento a corto, mediano y largo plazo en la unidad minera; además velar por el consumo óptimo de recursos, brindando un soporte adecuado a las áreas operativas, cumpliendo con los estándares de calidad, a fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos de producción de manera eficiente, cero accidentes e incorporación a estándares corporativos. Sujeto al estricto cumplimiento de las Políticas y Procedimientos de la Compañía, Normas y Legislación de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente establecidas.

*Mantener actualizada la documentación de seguridad (IPERC LB - **Anexo 31**), estándares, instructivos*

- **Anexo 32**, formatos, etc.), y los documentos técnicos (Manuales de parte, manuales de servicio, planos hidráulicos y eléctricos, etc.), gestionando la revisión periódica y creación/adquisición de nuevos documentos de ser necesario.
- Velar por el cumplimiento de los trabajos de acuerdo con los planes de mantenimiento, previamente revisados, así como el cumplimiento de los indicadores de mantenimiento (KPI) de las diferentes flotas ofrecidas a las áreas usuarias

- Velar por el cumplimiento del plan de inspección, calibración y mantenimiento de equipos, herramientas y demás facilidades del área, así mismo velar por la utilización óptima de los recursos para las actividades de mantenimiento.
- Participar en reuniones operativas y de seguridad, en conjunto con las demás jefaturas de las distintas áreas de la unidad minera.
- Coordinar el mantenimiento de los equipos con las diversas jefaturas de las áreas de la empresa, participando en reuniones de coordinación del plan diario, semanal, mensual.
- Responsable del cuidado y control de activos del taller, en el truck shop.
- Responsable de la gestión de activos y proyectos de innovación, asociado a la mejora continua de procesos del área de mantenimiento mina.
- Jefe y líder del personal técnico de mantenimiento mina, como: Soldadores, llanteros, técnicos de maquinaria pesada, electricistas, grueros, lubricadores, personal contratistas del área de mantenimiento mina.
- Responsable del consumo óptimo de los recursos y materiales de almacén, así como su reposición.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional.

En la Unidad Minera Shahuindo, se encontró deficiencias, para poder enfrentar las condiciones de baja disponibilidad en la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo; ya que éstos presentan fallas imprevistas que a su vez conllevan a elevar los costos de mantenimiento dentro de la UM. Shahuindo.

Durante el año 2023, la Unidad Minera Shahuindo SAC enfrentó importantes desafíos en la gestión del mantenimiento de sus flotas de equipos. El modelo operativo vigente se basaba en la tercerización de los servicios de mantenimiento a través de proveedores externos (dealers), quienes no operaban de forma permanente en la unidad. Esta modalidad generaba una alta dependencia técnica, baja capacidad de respuesta ante fallas, y escasa trazabilidad de las intervenciones realizadas.

La ausencia de un Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP) propio y adaptado a las condiciones reales de operación en la UM. Shahuindo, generó una dinámica de mantenimiento basada principalmente en la reacción ante fallas. Las actividades de mantenimiento se ejecutaban de forma correctiva, sin planificación ni análisis de datos históricos, lo que derivaba en paradas no programadas, sobrecostos y una baja disponibilidad de los equipos.

Según los indicadores clave de desempeño (KPI) al cierre del 2023, como se muestra en la Tabla 2, reflejaban esta situación:

- En la flota de perforación (2 perforadoras DM45), la disponibilidad era de 84%, con un MTBF de 30 horas y un MTTR de 8 horas. Costo de mantenimiento: 14% por encima del presupuesto.

- En la flota de carguío (5 excavadoras CAT 395), la disponibilidad era de 86%, con un MTBF de 53 horas y un MTTR de 12 horas. Costo de mantenimiento: 5% por encima del presupuesto.
- En la flota de acarreo (54 volquetes Scania G540), la disponibilidad era de 88%, con un MTBF de 45 horas y un MTTR de 7 horas. Costo de mantenimiento: 2% por encima del presupuesto

Estos valores estaban por debajo de las metas operativas establecidas, y evidenciaban una gestión ineficiente de los activos. Además, se identificaron otros factores que afectaban la disponibilidad, como la carencia de estándares de mantenimiento, baja implicancia del equipo técnico interno y una cultura organizacional poco orientada a la prevención.

Esto no solo genera pérdidas económicas para la empresa, sino que también pone en riesgo la seguridad del personal que opera en estas tareas.

2.1.1. Formulación del problema

La baja disponibilidad operativa de las flotas de perforación, carguío y acarreo en la Unidad Minera Shahuindo SAC, ocasionada por la ausencia de un Plan de Mantenimiento Preventivo estructurado, la alta dependencia de servicios externos, la falta de planificación técnica y la escasa participación del personal interno, limita la eficiencia del proceso minero y genera sobrecostos operativos. Ante ello, surge la necesidad de implementar un PMP que permita mejorar la disponibilidad, confiabilidad y sostenibilidad de los equipos críticos.

A continuación, se mostrarán los resultados **obtenidos antes** de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, en la Unidad Minera Shahuindo.

2.1.2. Indicadores clave de desempeño (KPI), antes de la implementación de PMP.

En la **Tabla 2**, se muestra los resultados obtenidos en el periodo 2023 “KPI Valor Actual 2023) y los valores que se habían propuesto como meta “KPI Valor Meta 2023”

Tabla 2. KPIs de Mantenimiento - 2023

Flota	**KPI Valor Meta 2023**				**KPI Valor Actual 2023**			
	Disp. %	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	Costo USD (Consumo)	Disp. %	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	Costo USD (Consumo)
0202 - Perforación (Drilling)	89%	45	6	$489,133	84%	30	8	$556,943
0206 - Carguío (Loading)	90%	60	6	$1,538,911	86%	53	12	$1,609,150
0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	89%	46	6	$5,338,176	88%	45	7	$5,434,958

Obtenida de: Elaboración propia, en base al Budget 2023 aprobado de E&M. en la UM. Shahuindo.

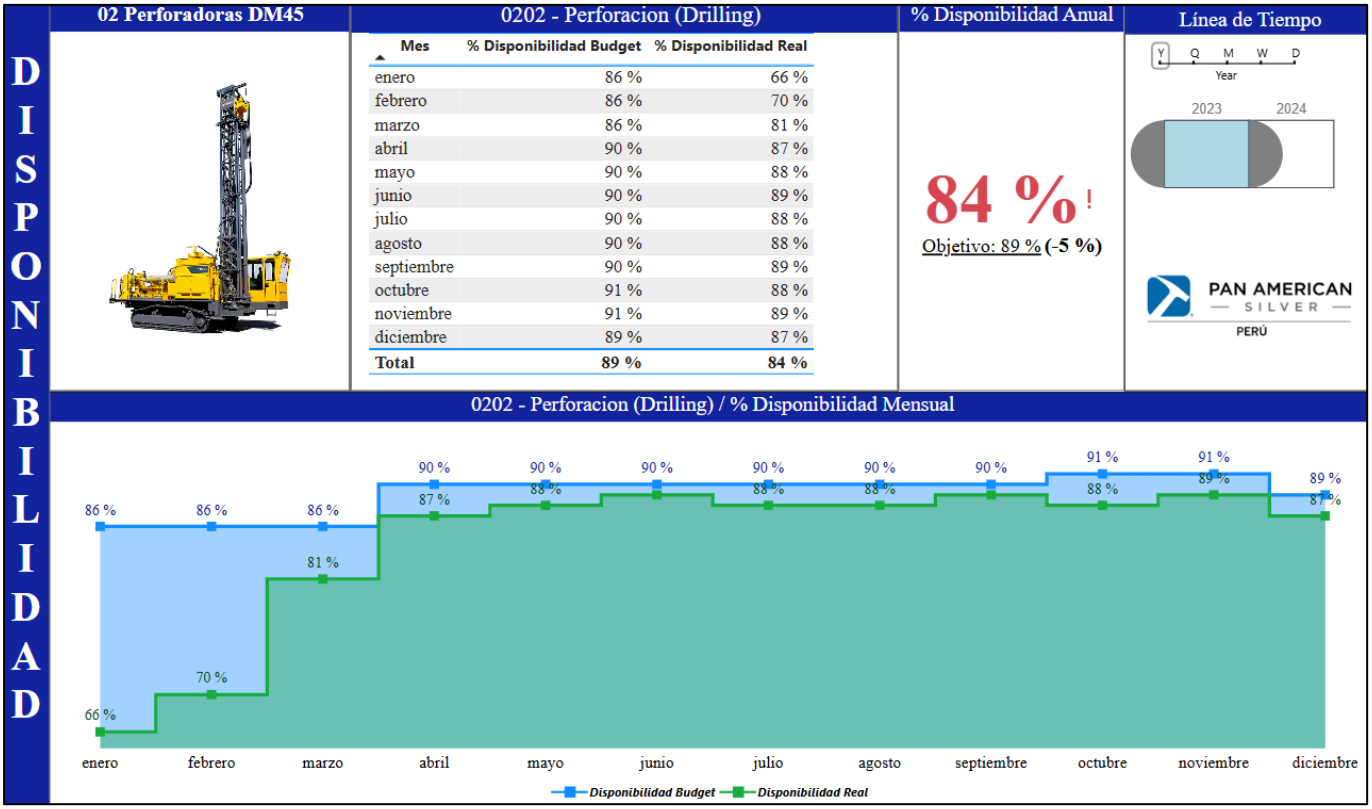
A continuación, se mostrará el detalle de los indicadores clave de desempeño, obtenidos en el año 2023, antes de la Implementación de un plan de mantenimiento preventivo de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo SAC.

2.1.3. KPI de flota de Perforación, antes de implementar el PMP.

2.1.3.1. Disponibilidad de la flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 8**, muestra la disponibilidad de la flota de perforación, conformada por 02 perforadoras modelo DM45 marca Epiroc. Donde se ha obtenido 84% de disponibilidad al finalizar el año 2023, claramente no se ha logrado alcanzar la meta del 89% de disponibilidad, siendo 5% por debajo del objetivo.

Figura 8. Disponibilidad de la flota de equipos de Perforación en la UM Shahuindo.

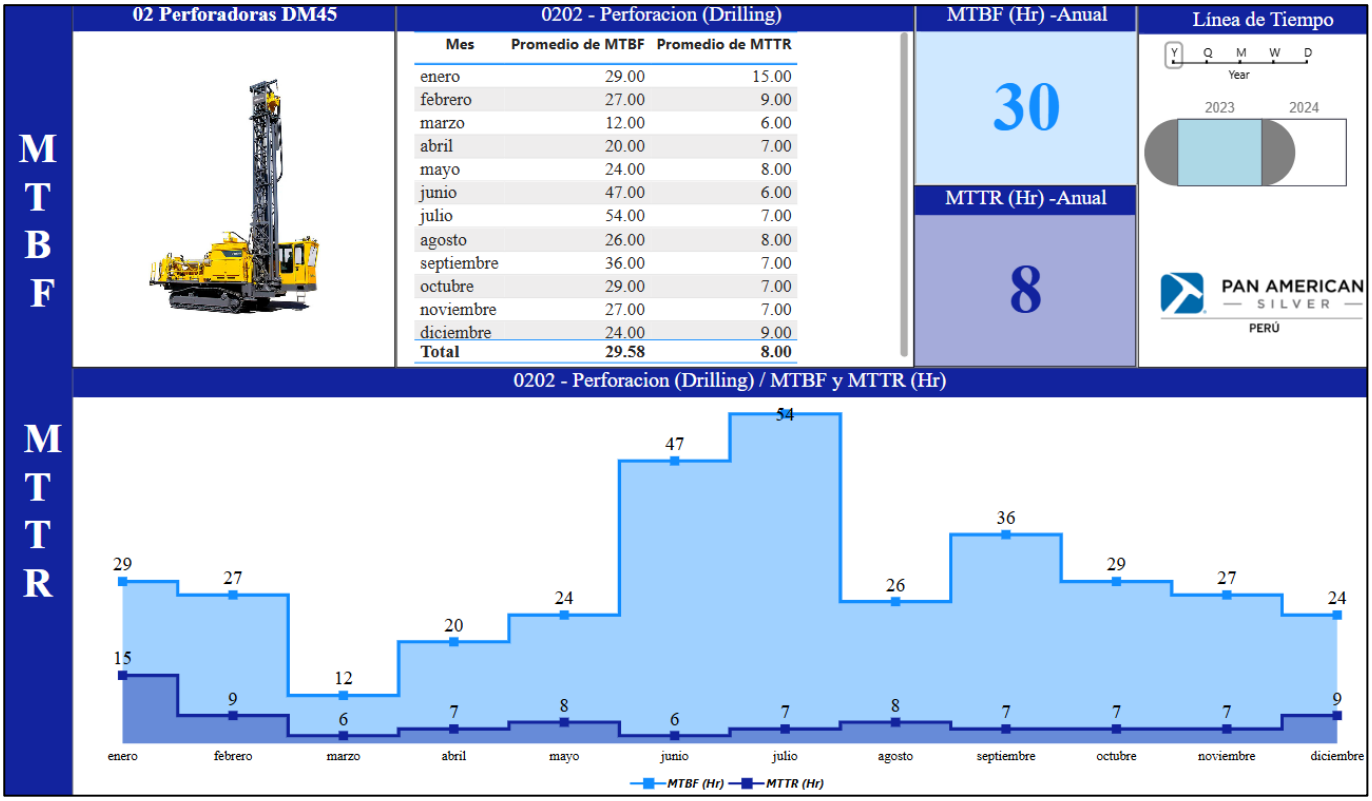


Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2023 -ERP AMT.

2.1.3.2. MTBF y MTTR de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 9**, muestra que en la flota de equipos de perforación alcanza las **30 horas** "horas máquina" de funcionamiento sin falla (MTBF) y cuando ocurre la falla el tiempo promedio que mantenimiento se tarda en reparar (MTTR) las perforadoras son de **8 horas** "horas reloj".

Figura 9. MTBF y MTTR de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo

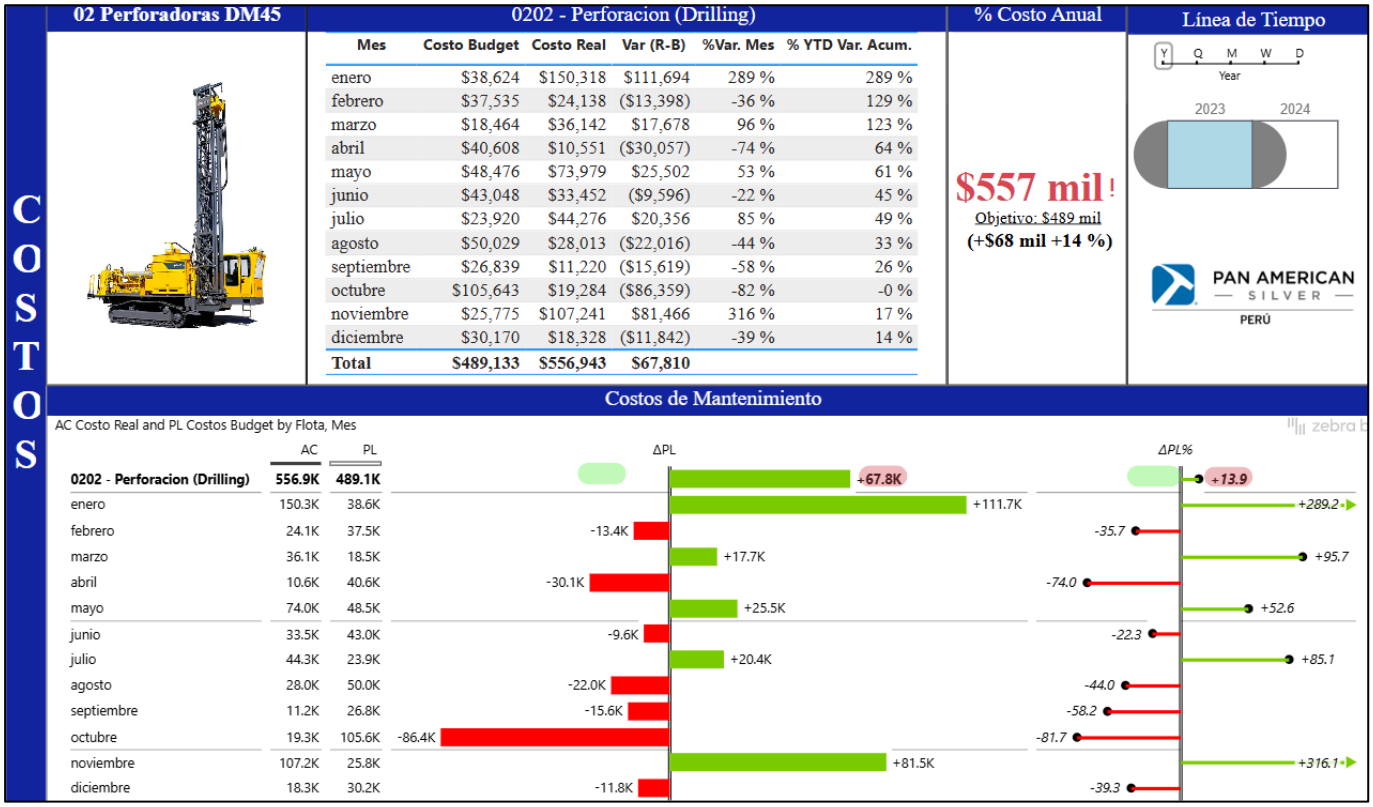


Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2023 -ERP AMT.

2.1.3.3. Costo de mantenimiento de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 10**, muestra los costos incurridos en el mantenimiento de la flota de equipos de perforación, donde al cierre del año 2023, se tiene **68 mil dólares por encima del Budget**, lo que representa un gasto del **14% más**, con respecto al presupuesto aprobado.

Figura 10. Costos de mantenimiento de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo



Mes	Costo Budget	Costo Real	Var (R-B)	%Var. Mes	% YTD Var. Acum.
enero	$38,624	$150,318	$111,694	289 %	289 %
febrero	$37,535	$24,138	($13,398)	-36 %	129 %
marzo	$18,464	$36,142	$17,678	96 %	123 %
abril	$40,608	$10,551	($30,057)	-74 %	64 %
mayo	$48,476	$73,979	$25,502	53 %	61 %
junio	$43,048	$33,452	($9,596)	-22 %	45 %
julio	$23,920	$44,276	$20,356	85 %	49 %
agosto	$50,029	$28,013	($22,016)	-44 %	33 %
septiembre	$26,839	$11,220	($15,619)	-58 %	26 %
octubre	$105,643	$19,284	($86,359)	-82 %	-0 %
noviembre	$25,775	$107,241	$81,466	316 %	17 %
diciembre	$30,170	$18,328	($11,842)	-39 %	14 %
Total	**$489,133**	**$556,943**	**$67,810**		

	AC	PL	ΔPL	ΔPL%
0202 - Perforacion (Drilling)	**556.9K**	**489.1K**	+67.8K	+13.9
enero	150.3K	38.6K	+111.7K	+289.2
febrero	24.1K	37.5K	-13.4K	-35.7
marzo	36.1K	18.5K	+17.7K	+95.7
abril	10.6K	40.6K	-30.1K	-74.0
mayo	74.0K	48.5K	+25.5K	+52.6
junio	33.5K	43.0K	-9.6K	-22.3
julio	44.3K	23.9K	+20.4K	+85.1
agosto	28.0K	50.0K	-22.0K	-44.0
septiembre	11.2K	26.8K	-15.6K	-58.2
octubre	19.3K	105.6K	-86.4K	-81.7
noviembre	107.2K	25.8K	+81.5K	+316.1
diciembre	18.3K	30.2K	-11.8K	-39.3

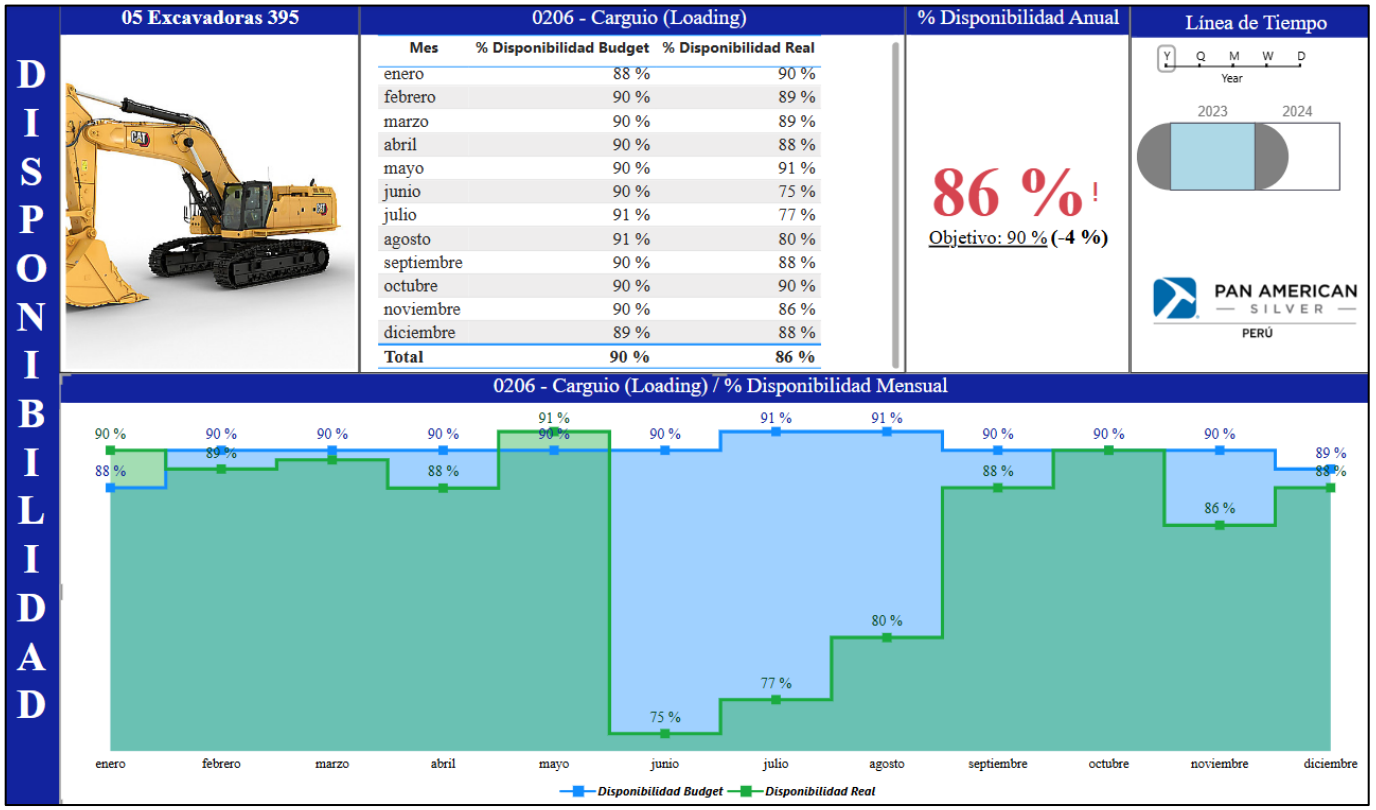
Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2023 -ERP AMT.

2.1.4. KPI de flota de Carguío, antes de implementar el PMP.

2.1.4.1. Disponibilidad de la flota de equipos de carguío en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 11**, muestra la disponibilidad de la flota de carguío, conformada por 05 excavadoras modelo 395 marca Caterpillar. Donde se obtiene 86% de disponibilidad al finalizar el año 2023, claramente no se ha logrado alcanzar la meta del 90% de disponibilidad, siendo 4% por debajo del objetivo.

Figura 11. Disponibilidad de la flota de equipos de carguío en la UM. Shahuindo.



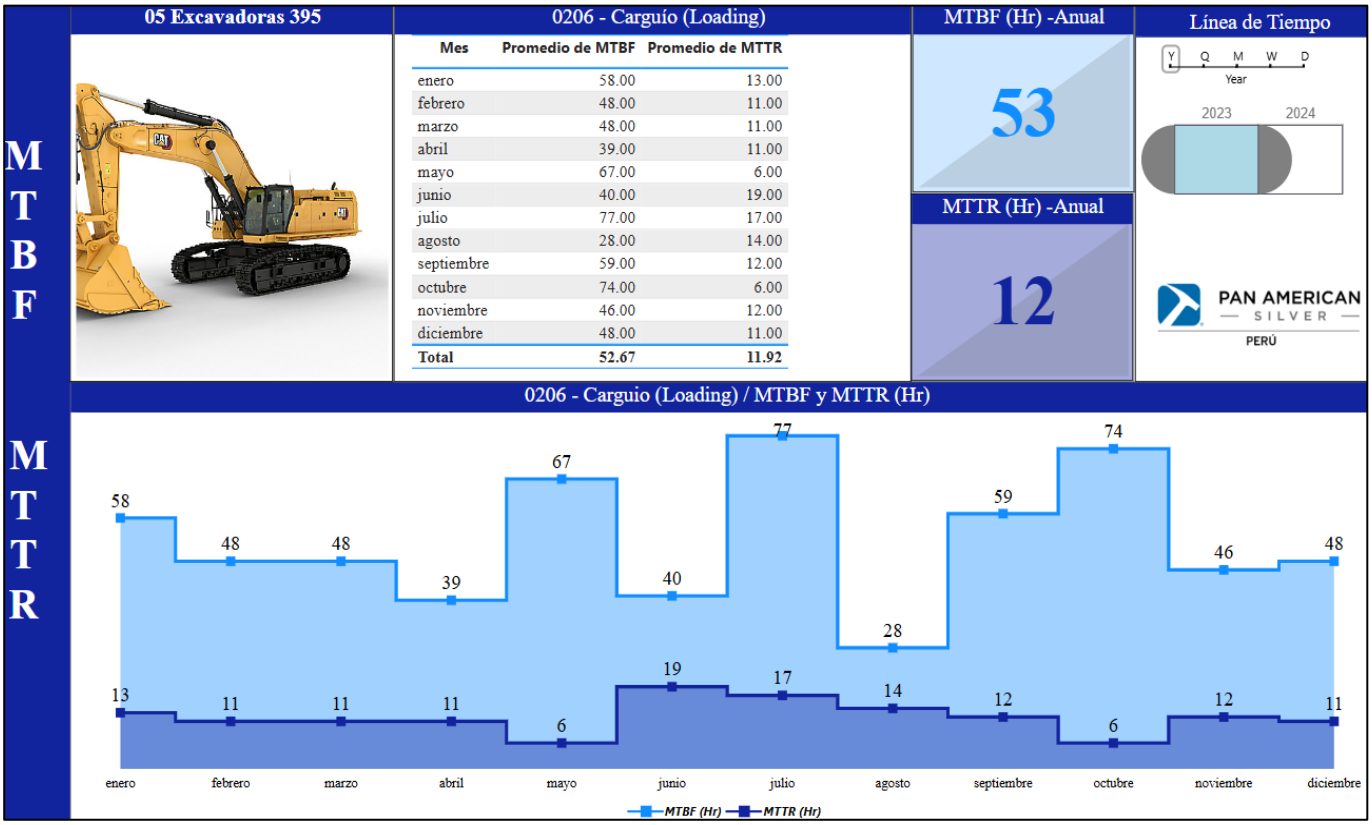
Mes	% Disponibilidad Budget	% Disponibilidad Real
enero	88 %	90 %
febrero	90 %	89 %
marzo	90 %	89 %
abril	90 %	88 %
mayo	90 %	91 %
junio	90 %	75 %
julio	91 %	77 %
agosto	91 %	80 %
septiembre	90 %	88 %
octubre	90 %	90 %
noviembre	90 %	86 %
diciembre	89 %	88 %
Total	**90 %**	**86 %**

Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2023 -ERP AMT.

2.1.4.2. MTBF y MTTR de la flota de equipos de Carguío en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 12**, muestra que en la flota de equipos de carguío alcanza las **53 horas** "horas máquina" de funcionamiento sin falla (MTBF) y cuando ocurre la falla, el tiempo promedio que mantenimiento se tarda en reparar (MTTR) las excavadoras son de **12 horas** "horas reloj".

Figura 12. MTBF y MTTR de flota de equipos de Carguío en la UM. Shahuindo.



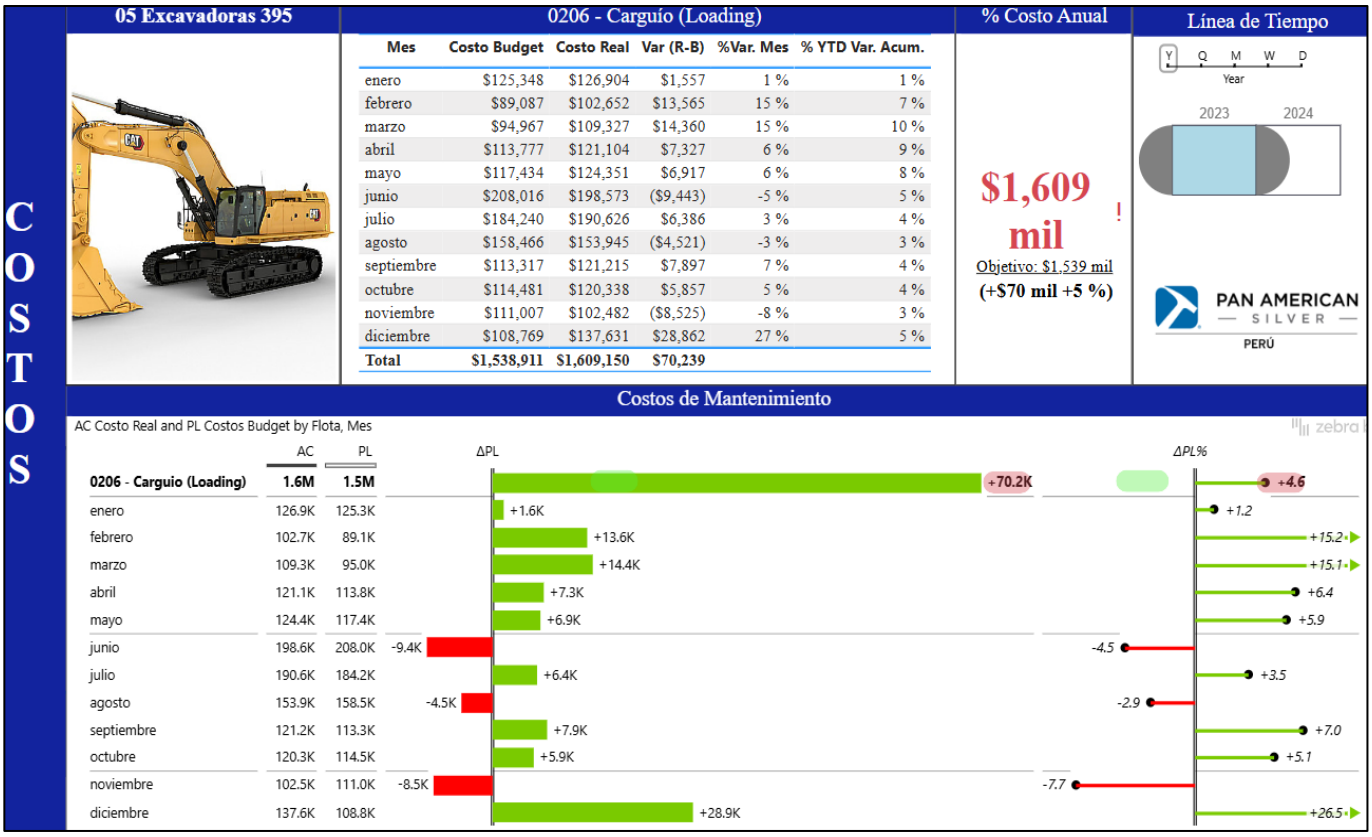
Mes	Promedio de MTBF	Promedio de MTTR
enero	58.00	13.00
febrero	48.00	11.00
marzo	48.00	11.00
abril	39.00	11.00
mayo	67.00	6.00
junio	40.00	19.00
julio	77.00	17.00
agosto	28.00	14.00
septiembre	59.00	12.00
octubre	74.00	6.00
noviembre	46.00	12.00
diciembre	48.00	11.00
Total	**52.67**	**11.92**

Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2023 -ERP AMT.

2.1.4.3. Costo de mantenimiento de flota de equipos de carguío en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 13**, muestra los costos incurridos en el mantenimiento de la flota de equipos de carguío, donde al cierre del año 2023, se tiene **70 mil dólares por encima del Budget**, lo que representa un gasto del **5% más**, con respecto al Budget aprobado.

Figura 13. Costos de mantenimiento de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo.



Mes	Costo Budget	Costo Real	Var (R-B)	%Var. Mes	% YTD Var. Acum.
enero	$125,348	$126,904	$1,557	1 %	1 %
febrero	$89,087	$102,652	$13,565	15 %	7 %
marzo	$94,967	$109,327	$14,360	15 %	10 %
abril	$113,777	$121,104	$7,327	6 %	9 %
mayo	$117,434	$124,351	$6,917	6 %	8 %
junio	$208,016	$198,573	($9,443)	-5 %	5 %
julio	$184,240	$190,626	$6,386	3 %	4 %
agosto	$158,466	$153,945	($4,521)	-3 %	3 %
septiembre	$113,317	$121,215	$7,897	7 %	4 %
octubre	$114,481	$120,338	$5,857	5 %	4 %
noviembre	$111,007	$102,482	($8,525)	-8 %	3 %
diciembre	$108,769	$137,631	$28,862	27 %	5 %
Total	**$1,538,911**	**$1,609,150**	**$70,239**		

0206 - Carguio (Loading)	AC 1.6M	PL 1.5M	ΔPL	ΔPL%
enero	126.9K	125.3K	+1.6K	+1.2
febrero	102.7K	89.1K	+13.6K	+15.2
marzo	109.3K	95.0K	+14.4K	+15.1
abril	121.1K	113.8K	+7.3K	+6.4
mayo	124.4K	117.4K	+6.9K	+5.9
junio	198.6K	208.0K	-9.4K	-4.5
julio	190.6K	184.2K	+6.4K	+3.5
agosto	153.9K	158.5K	-4.5K	-2.9
septiembre	121.2K	113.3K	+7.9K	+7.0
octubre	120.3K	114.5K	+5.9K	+5.1
noviembre	102.5K	111.0K	-8.5K	-7.7
diciembre	137.6K	108.8K	+28.9K	+26.5

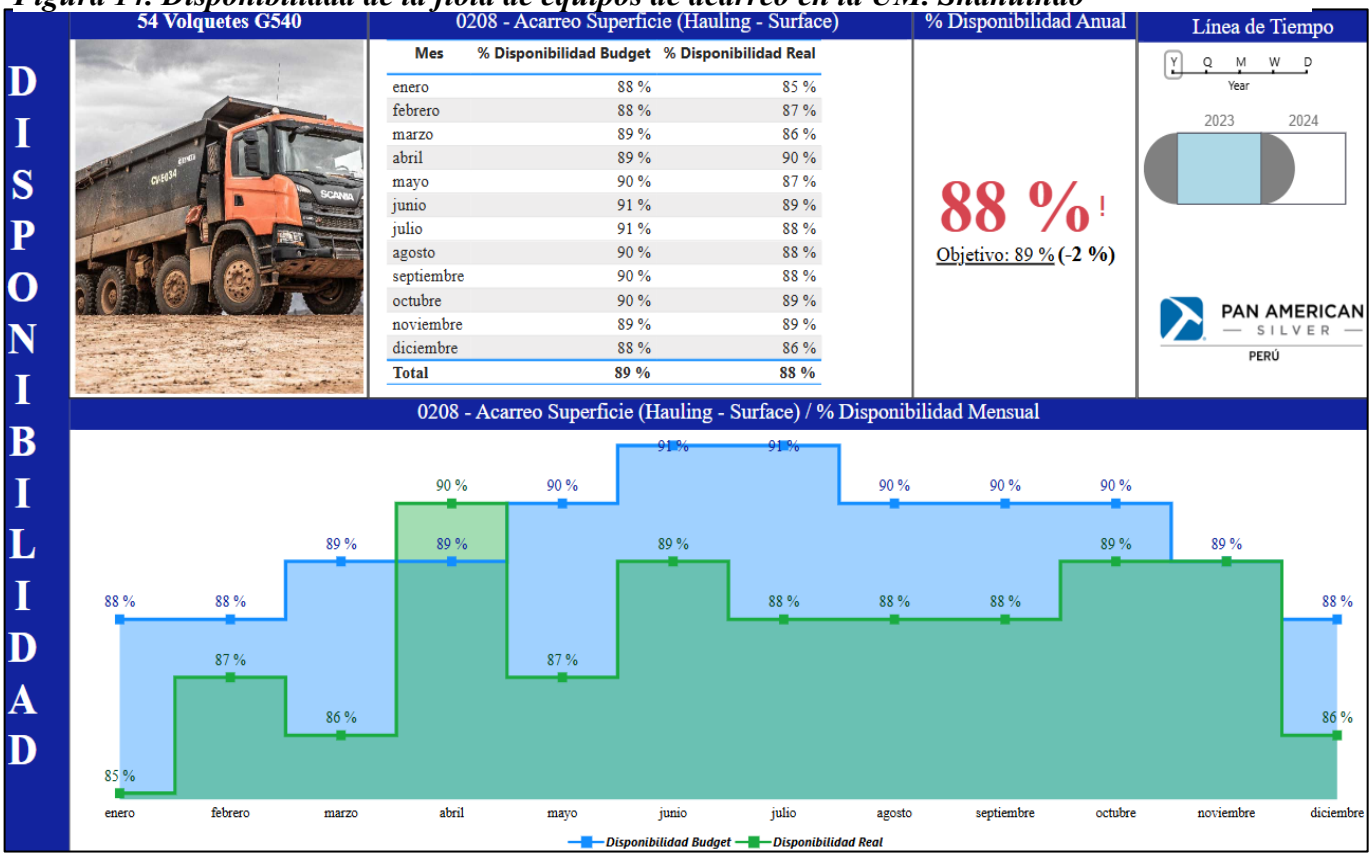
Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2023 -ERP AMT.

2.1.5. KPI de flota de Acarreo, antes de implementar el PMP.

2.1.5.1. Disponibilidad de la flota de equipos de acarreo en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 14**, se muestra la disponibilidad de la flota de acarreo, conformada por 54 Volquetes modelo G540, marca Scania. Donde se obtiene **88% de disponibilidad** al finalizar el año 2023, claramente no se ha logrado alcanzar la meta de 89% de disponibilidad, **siendo 2% por debajo del objetivo**.

Figura 14. Disponibilidad de la flota de equipos de acarreo en la UM. Shahuindo



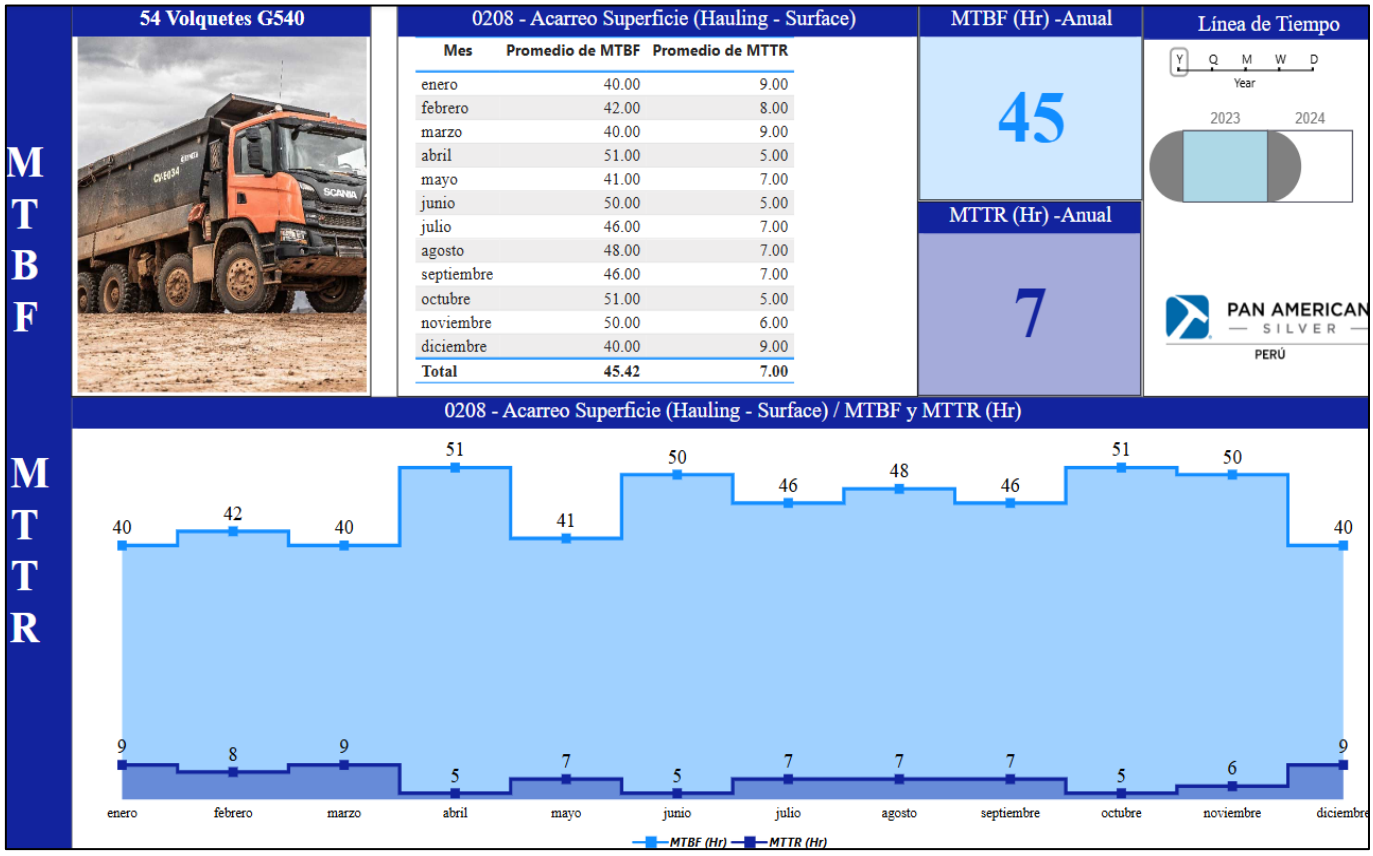
Mes	% Disponibilidad Budget	% Disponibilidad Real
enero	88 %	85 %
febrero	88 %	87 %
marzo	89 %	86 %
abril	89 %	90 %
mayo	90 %	87 %
junio	91 %	89 %
julio	91 %	88 %
agosto	90 %	88 %
septiembre	90 %	88 %
octubre	90 %	89 %
noviembre	89 %	89 %
diciembre	88 %	86 %
Total	**89 %**	**88 %**

Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2023 -ERP AMT.

2.1.5.2. MTBF y MTTR de la flota de equipos de Acarreo en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 15** , se muestra que en la flota de equipos de acarreo alcanza las **45 horas** "horas máquina" de funcionamiento sin falla (MTBF) y cuando ocurre la falla, el tiempo promedio que mantenimiento se tarda en reparar (MTTR) las excavadoras son de **7 horas** "horas reloj".

Figura 15. MTBF y MTTR de la flota de equipos de Acarreo en la UM. Shahuindo.

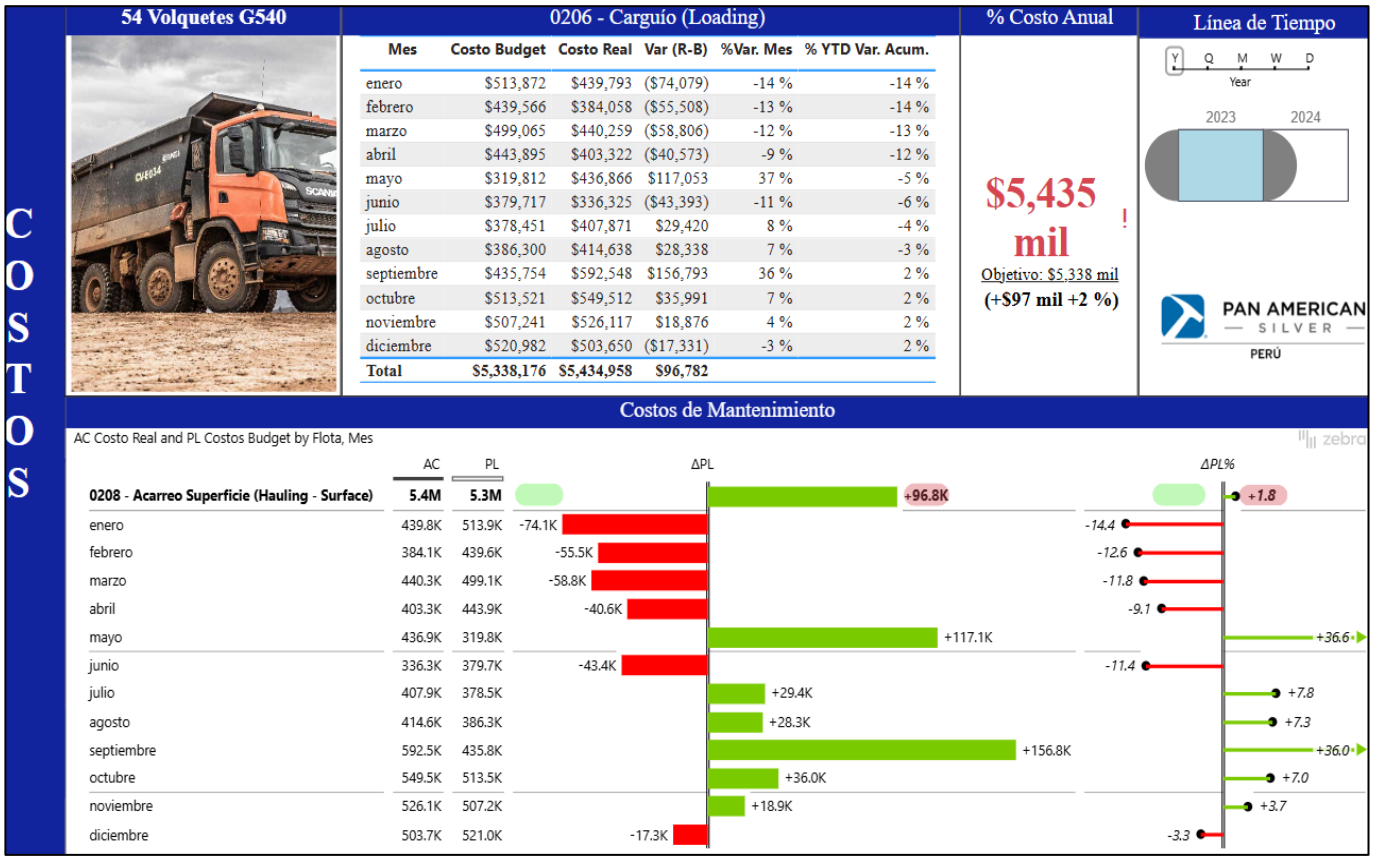


Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2023 -ERP AMT.

2.1.5.3. Costo de mantenimiento de flota de equipos de acarreo en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 16**, se muestra los costos incurridos en el mantenimiento de la flota de equipos de acarreo donde al cierre del año 2023, se tiene **97 mil dólares por encima del Budget**, lo que representa un gasto del **2% más**, con respecto al Budget aprobado.

Figura 16. Costo de mantenimiento de flota de equipos de acarreo en la UM. Shahuindo.



Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2023 -ERP AMT.

2.2. Identificación de oportunidad en el área de Energía y Mantenimiento.

Durante el análisis situacional realizado en la UM. Shahuindo SAC, se identificó una oportunidad crítica de mejora en la gestión del mantenimiento de la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo. Hasta el año 2023, el mantenimiento de estos equipos estaba a cargo de proveedores externos (dealers), quienes asumían la planificación y ejecución de las actividades. Esta modalidad generaba múltiples limitaciones operativas: retrasos en la atención de fallas, mantenimientos incompletos, planes genéricos no adaptados a las condiciones reales de operación, y una escasa trazabilidad de los trabajos realizados.

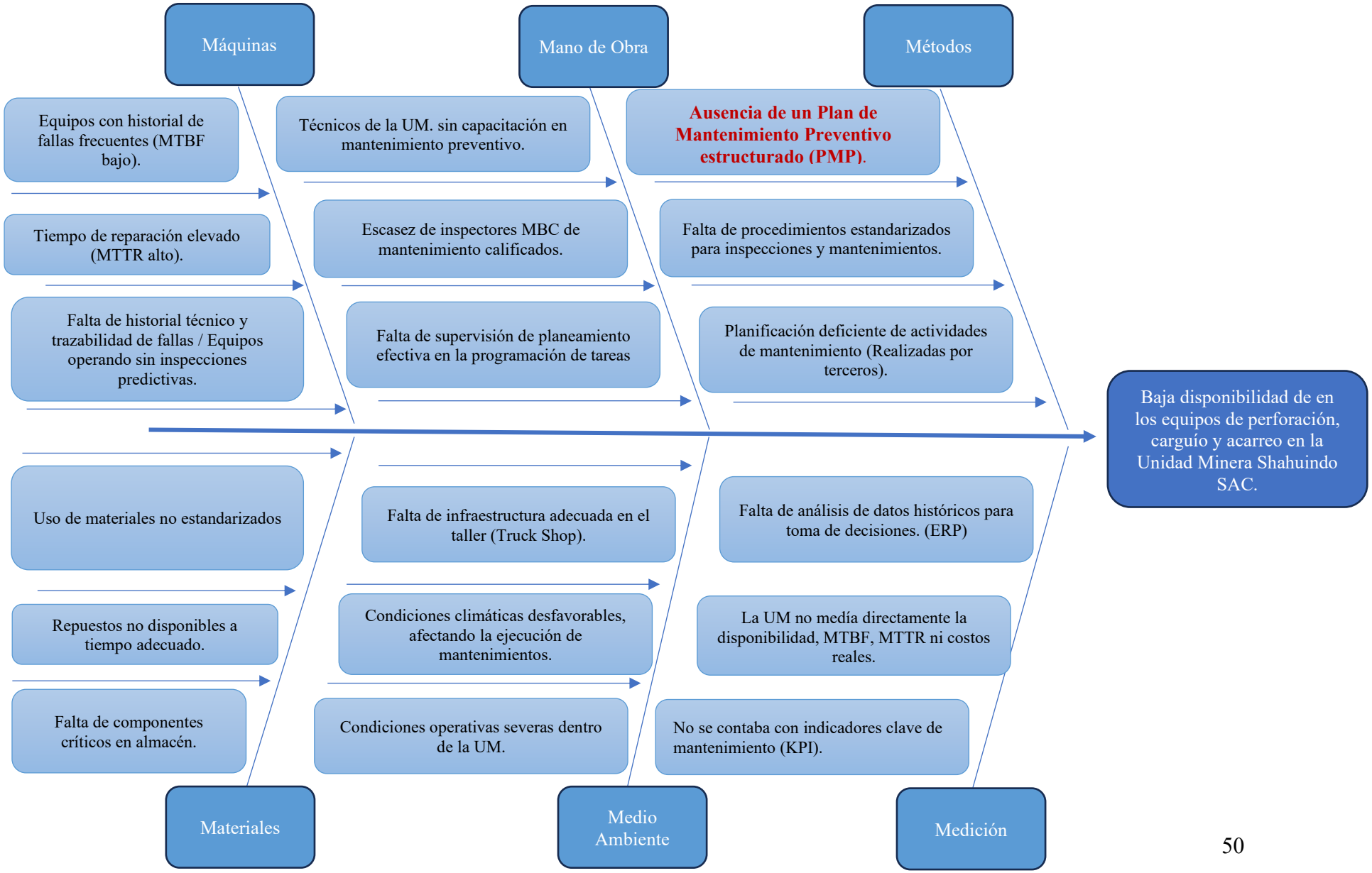
Además, se evidenció la ausencia de un Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP) propio, estructurado y alineado a las necesidades específicas de la operación minera. Esta carencia se reflejaba en una baja disponibilidad de los equipos, altos tiempos de reparación (MTTR), baja confiabilidad (MTBF), desviaciones significativas respecto al presupuesto de mantenimiento y la falta de indicadores clave de desempeño (KPI), que dificultaba la toma de decisiones técnicas y estratégicas.

Frente a este escenario, se identificó como una oportunidad prioritaria, la implementación de un PMP diseñado e implementado por el propio equipo técnico de la unidad minera. Este plan permitiría establecer rutinas de mantenimiento ajustadas a la criticidad de los equipos, optimizar la gestión de recursos, reducir la dependencia de terceros y mejorar los indicadores de desempeño.

La implementación del PMP se planteó como una solución completa para elevar la disponibilidad de los equipos y minimizar los gastos derivados de mantenimientos correctivos, aumentar la confiabilidad operativa y garantizar la sostenibilidad del sistema de gestión de mantenimiento en la Unidad Minera Shahuindo.

.

2.2.1. Análisis de Ishikawa: Baja Disponibilidad en los Equipos de la Unidad Minera Shahuindo SAC.



Para identificar las causas raíz de la baja disponibilidad en los equipos de perforación, carguío y acarreo de la Unidad Minera Shahuindo SAC, se aplicó la herramienta de análisis de Ishikawa (diagrama de causa-efecto), en conjunto con sesiones de lluvia de ideas con especialistas en mantenimiento y gestión de activos. Este análisis permitió visualizar de forma integral las causas que afectan la disponibilidad operativa, y sirvió como base para definir acciones correctivas prioritarias. La implementación de un PMP propio, alineado a la criticidad de los equipos y gestionado internamente, se planteó como solución estratégica para revertir esta situación

2.2.2. Análisis de prioridades, usando Diagrama de Pareto.

Se sometió a un juicio de expertos en gestión de activos, con el objetivo de identificar y priorizar las causas que generan baja disponibilidad en las flotas de equipos de perforación, carguío y acarreo, se aplicó la herramienta del Análisis de Pareto, basada en el principio 80/20. Esta metodología permitió clasificar las causas según su impacto en la disponibilidad operativa, facilitando la toma de decisiones estratégicas en la gestión del mantenimiento.

El análisis se realizó a partir de una lluvia de ideas con especialistas en mantenimiento mina y gestión de activos, quienes evaluaron las principales incidencias reportadas durante el año 2023. Los resultados según el **Gráfico 1**,

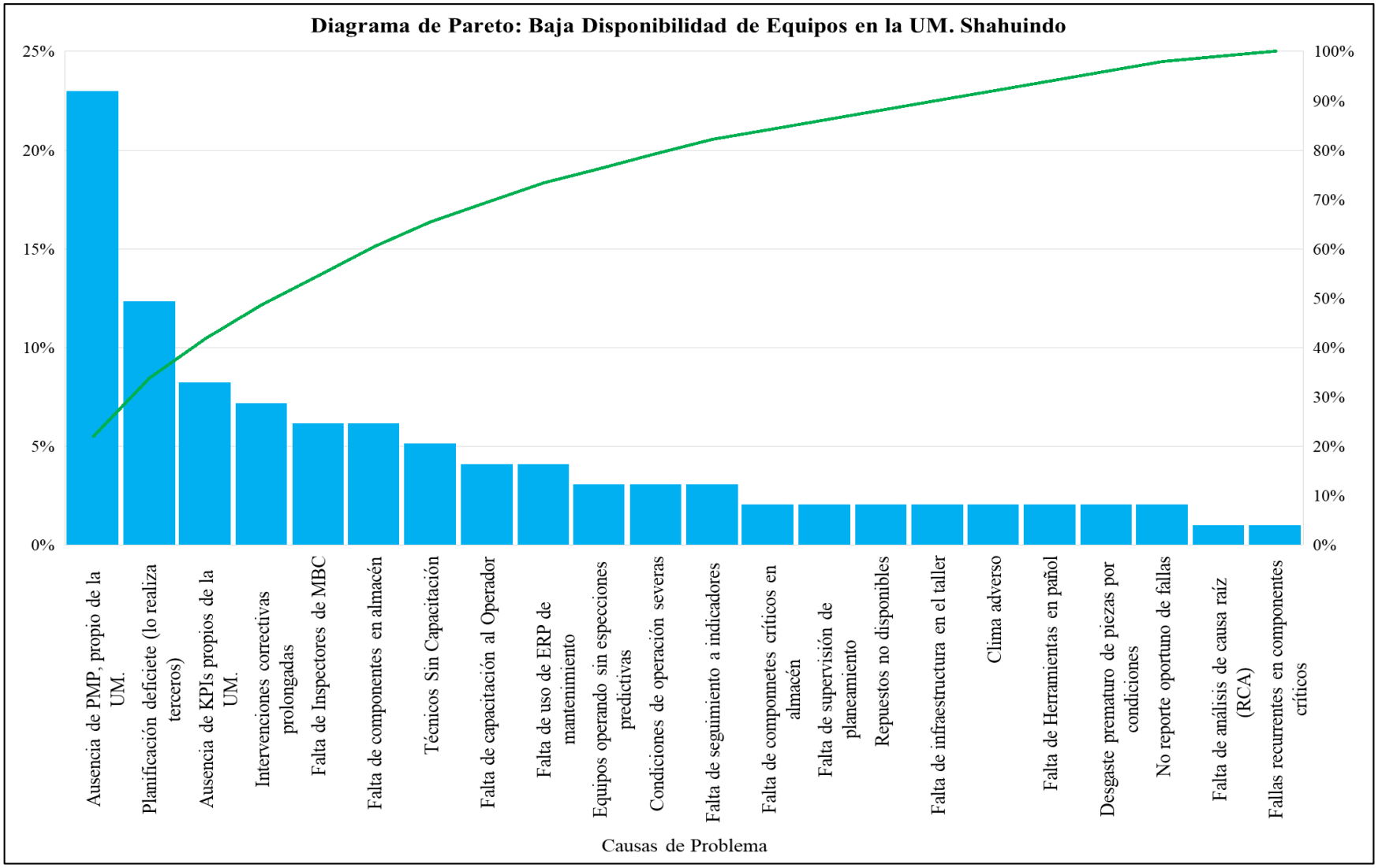
evidenciaron que aproximadamente el 80% de los problemas de disponibilidad se originaban en el 20% de las causas, siendo estas las más críticas:

- Ausencia de un Plan de Mantenimiento Preventivo estructurado (PMP), propio de la UM. Shahuindo.
- Planificación deficiente (El plan de mantenimiento, lo realiza los proveedores “Dealers” - Terceros)
- Ausencia de KPIs propios de la UM. Shahuindo.
- Intervenciones correctivas prolongadas, debido a que el mantenimiento, los realiza el proveedor (Muchas veces los especialistas no están dentro de la UM. Shahuindo y el tiempo de traslado es mayor a 6 horas.
- Falta de Inspectores de MBC (Shahuindo no cuenta con personal técnico de monitoreo y condición)
- Falta de componentes en almacén.
- Técnicos Sin Capacitación.
- Falta de capacitación al Operador.
- Falta de uso de ERP de mantenimiento.
- Equipos operando sin inspecciones predictivas.

La representación gráfica del análisis de Pareto permitió visualizar claramente la concentración de problemas en un conjunto reducido de causas, lo que justificó la necesidad de implementar un **PMP** propio, con enfoque en confiabilidad, planificación técnica y control de indicadores.

Este análisis fue clave para definir las acciones correctivas prioritarias y orientar los recursos hacia las áreas de mayor impacto, contribuyendo a la mejora sostenida de la disponibilidad de los activos críticos en la Unidad Minera

Gráfico 1. Diagrama de Pareto: Baja Disponibilidad de equipos en la UM. Shahuindo SAC.



Obtenida de: Elaboración propia – Datos recolectados de 97 Expertos en Gestión de activos (juicio de expertos), pertenecientes a la Corporación de Panamerican Silver.

2.2.3. Análisis económico de la Implementación de un PMP y su impacto en costos indirectos de Mantenimiento Mina.

En la **Tabla 3**, se presenta una disgregación precisa de los costos por categorías (Planilla, Materiales, Servicios), basándonos en la Budget de costos Indirectos del área de Mantenimiento Mina de la UM. Shahuindo. Observando una reducción significativa en los costos de mantenimiento tras la implementación del PMP. Por ejemplo:

- Costo anual antes del PMP: $2,852,867
- Inversión anual, para Implementar PMP: $376,502
- Costo anual después del PMP: $2,776,169
- Ahorro indirecto estimado: $-76,698.

Este ahorro representa una mejora del 3% en eficiencia presupuestal, **sin considerar aún los beneficios indirectos** como reducción de fallas, aumento de disponibilidad y mejora en la planificación de recursos. Lo cual no se estima en costo, debido a la variabilidad de factores externos y costos propios de la operación. Adicional a ello existen beneficios no monetizados como la reducción de paradas no programadas; mejora en la seguridad operativa; mayor confiabilidad de los equipos críticos., mejora en la Moral del equipo técnico de la UM., etc.

Se identifican inversiones clave que fortalecen la sostenibilidad del PMP, como:

- Incremento de Personal propio de la UM., para contar con un equipo de trabajo dedicado al monitoreo y condición de los equipos “Técnicos inspectores”.
- Software y licencias (Oracle, APEX, Vision Link): Se adquiere softwares propios, para poder usarlos de forma independiente mejorando la trazabilidad y control de activos.

- Capacitación técnica: Asegura la correcta ejecución del plan de mantenimiento y empodera al personal.
- Equipos de soporte y herramientas especializadas: Aumentan la capacidad de respuesta y reducen la dependencia de servicios externos.
- Se eliminan los servicios de mantenimientos que ejecutaban los proveedores, los cuales conllevaban a un costo elevado de Mano de Obra y alto tiempo de atención ante eventos correctivos de los equipos; ya que no permanecían en la UM. Y adicional a ello, era necesario de las autorizaciones internas según políticas de trabajo, por parte del proveedor.

Tabla 3. Cuadro de incidencia de la implementación del PMP en Costos Indirectos

PAN AMERICAN SILVER

Costos de Implementación de PMP en UM. Shahuindo.

Unidad de Negocio: **Shahuindo**
Escenario : **Forecast 2023-2024**
Escenario : **Costos Directos de Mantenimiento Mina**
Centro de Costos: *0218 - Mantenimiento Mina (Mine Maintenance)*

2023-2024

			Costos Anuales			
Código	Expense	Descripción	Costos Antes de la Implementación	Inversión de la Implementación	Despues de la Implementación	Ahorros Generados "Solo en Costos Directos de Mantenimiento"
	Total		**$ 2,852,867**	**$ 376,502**	**$ 2,776,169**	**$ -76,698**
	Planilla	SubTotal:	**$ 1,198,513**	**$ 220,250**	**$ 1,418,763**	
M10218	010 - Salaries	Empleado	$ 1,036,015	$ 119,200	$ 1,155,215	
M20218	010 - Salaries	Obrero	$ 162,498	$ 101,050	$ 263,548	
	Materiales	SubTotal:	**$ 259,138**	**$ 76,252**	**$ 335,390**	
M30218	116 - Diesel	116 - Camionetas	$ 23,236		$ 23,236	
M40218	116 - Diesel	116 - Camioncito atención campo	$ 4,766		$ 4,766	
M50218	116 - Diesel	116 - Transporte de personal	$ 6,600		$ 6,600	
M60218	116 - Diesel	116 - Camión lubricador	$ 45,000		$ 45,000	
M70218	116 - Diesel	116 - Camión grúa	$ 10,129		$ 10,129	
M90218	116 - Diesel	116 - Bahía llantería: Compresor móvil	$ 2,400		$ 2,400	
M100218	116 - Diesel	116 - Equipos soporte: otros varios	$ 12,600		$ 12,600	
M110218	120 - Lubricants (Including Hydraulic Oil)	120 - Camionetas	$ 1,020		$ 1,020	
M130218	120 - Lubricants (Including Hydraulic Oil)	120 - Camiones lubricadores	$ 10,962		$ 10,962	
M210218	251 - Other Equipment parts	251 - Taller y equipos: Mangueras, acoples, válvulas, etc.	$ 26,400		$ 26,400	
M220218	252 - Tires And Tubes	252 - Neumáticos: Equipos de taller	$ 16,560		$ 16,560	
M230218	257 - Operación Materials And Supplies	**407 - Software y licencias (Oracle, APEX, Vision Link)**	$ -	$ 21,864	$ 21,864	
M240218	257 - Operación Materials And Supplies	257 - Bahía lavado: Salchichas y paños absorbentes	$ 17,900		$ 17,900	
M250218	257 - Operación Materials And Supplies	257 - Truck shop: Suministros y herramientas varios	$ 32,975		$ 32,975	
M260218	257 - Operación Materials And Supplies	257 - Pit de Lubricación: Equipos y herramientas varios	$ 8,780		$ 8,780	
M270218	257 - Operación Materials And Supplies	257 - Bahía equipo pesado: Equipos y herramientas varios	$ 10,000	$ 10,000	$ 20,000	
M280218	257 - Operación Materials And Supplies	**257 - Paño de taller: Equipos y herramientas**	$ -	$ 20,400	$ 20,400	
M290218	257 - Operación Materials And Supplies	257 - Bahía soldadura: Equipos y herramientas varios	$ 8,850		$ 8,850	
M300218	257 - Operación Materials And Supplies	257 - Bahía llantería: Equipos y herramientas varios	$ 20,960		$ 20,960	
M310218	257 - Operación Materials And Supplies	257 - Área predictivo: Herramientas especiales	$ -	$ 23,988	$ 23,988	
	Servicios	SubTotal:	**$ 1,395,216**	**$ 80,000**	**$ 1,022,016**	
S410218	324 - Maintenance And Repair Contracts	324 - Camioneta 1	$ 3,312		$ 3,312	
S430218	324 - Maintenance And Repair Contracts	324 - Camión Lubricador 1	$ 4,800		$ 4,800	
S460218	324 - Maintenance And Repair Contracts	**324 - Atención Flota de Perforación(Epiroc) - Proveedor**	$ 91,200	**Eliminado**		
S470218	324 - Maintenance And Repair Contracts	324 - Sistema A/C en equipos a (Air cool) - Provedor	$ 74,520		$ 74,520	
S480218	324 - Maintenance And Repair Contracts	324 - Atenciones de neumáticos "Neuma" - Provedor	$ 89,402		$ 89,402	
S490218	324 - Maintenance And Repair Contracts	**324 - Ataención Flota de Carguío (Ferreyros) - Proveedor**	$ 109,200	**Eliminado**		
S500218	324 - Maintenance And Repair Contracts	**324 - Ataención Flota de Acarreo (Scania) - Proveedor**	$ 198,000	**Eliminado**		
S510218	324 - Maintenance And Repair Contracts	**324 - Servicio técnico Predictivo (SKF) - Proveedor**	$ 54,800	**Eliminado**		
S520218	324 - Maintenance And Repair Contracts	324 - Análisis NDT: Tanques de aire	$ 8,000		$ 8,000	
S530218	324 - Maintenance And Repair Contracts	324 - Bahía llantería: Desenllantadora	$ 18,500		$ 18,500	
S540218	324 - Maintenance And Repair Contracts	324 - Bahía soldadura: Maquina de soldar	$ 8,600		$ 8,600	
S550218	324 - Maintenance And Repair Contracts	324 - Bahía equipo pesado: Maestranza, trabajos diversos	$ 6,000		$ 6,000	
S560218	324 - Maintenance And Repair Contracts	324 - Bahía camiones: Maestranza, trabajos diversos	$ 6,000		$ 6,000	
S580218	324 - Maintenance And Repair Contracts	324 - Bahía lavado: Reparación de plataforma y mantenimiento a eq	$ 32,900		$ 32,900	
S620218	407 - Outside Services	407 - Servicio intermediación: Lavado de equipos	$ 57,684		$ 57,684	
S650218	407 - Outside Services	407 - Bahía equipo pesado: Evaluación y mejora de los soportes est	$ 36,000		$ 36,000	
S700218	407 - Outside Services	407 - Truck Shop: Mejoramiento de bahias-Seguridad	$ 33,500		$ 33,500	
S710218	407 - Outside Services	**407 - Capacitación a Personal Técnico**	$ -	$ 60,000	$ 60,000	
S720218	407 - Outside Services	**407 - Capacitación a Personal de Planeamiento**	$ -	$ 20,000	$ 20,000	
S730218	422 - Equipment Rentals	422 - Camioncito atención campo 1 (Llantería)	$ 82,800		$ 82,800	
S750218	422 - Equipment Rentals	422 - Camión Grúa 1	$ 159,600		$ 159,600	
S760218	422 - Equipment Rentals	422 - Equipo soporte: Telehandler	$ 150,000		$ 150,000	
S770218	422 - Equipment Rentals	422 - Soporte internos: Equipo pesado	$ 25,200		$ 25,200	
S780218	533 - Rents - Auto, Truck, Etc.	533 - Alquiler: Camioneta 5	$ 60,838		$ 60,838	
S790218	533 - Rents - Auto, Truck, Etc.	533 - Servicio de transporte: transporte de personal, bus + operado	$ 81,000		$ 81,000	
S810218	542 - Cafetería Supplies	542 - Suministros: Cafetería	$ 3,360		$ 3,360	

Obtenida de: Datos extraídos del Budget de costos Indirectos de E&M de la UM. Shahuindo.

2.3. Objetivos de la actividad profesional

2.3.1. Objetivo principal:

Determinar la incidencia en la disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, con la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo en la Unidad Minera Shahuindo. Para ello es necesario realizar mejoras en la gestión de mantenimiento, la planificación y programación del mantenimiento preventivo, mejorar la ejecución del plan de mantenimiento, controlar los costos asociados al mantenimiento de la flota de equipos, elaborar reportes para llevar un control en función a los indicadores que se van obteniendo relacionados a los trabajos de mantenimiento. Como consecuencia de ello, se esperó lograr:

- Determinar la incidencia en la disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la Unidad Minera Shahuindo.
- Que la disponibilidad de flota de equipos de perforación sea superior o igual a 89%.
- Que la disponibilidad de flota de equipos de carguío sea superior o igual a 90%.
- Que la disponibilidad de flota de equipos de acarreo sea superior o igual a 89%.

2.3.2. Otros objetivos:

- Determinar la variación de las horas de trabajo sin fallas mecánicas (MTBF), en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo, una vez implementado el Plan de Mantenimiento Preventivo.
- Determinar la variación del tiempo de reparación por fallas mecánicas (MTTR), en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo, una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo.

- Determinar la variación del costo de mantenimiento en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo, una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo.
- Mejorar el cumplimiento de la programación de actividades de mantenimiento y la precisión, con los que se ejecuta.
- Construir un grupo de personal técnico, que realice y se enfoque en tarea de inspección, control de calidad de las tareas de mantenimiento, y análisis de monitoreo y condición. (Como: Análisis de aceite, termografía, análisis vibracional, calidad de PM, inspección de Gets y Carrilería, etc.)
- Establecer PCR de componentes, para anticipar la adquisición de componentes y repuestos.
- Realizar reporte de backlogs, e incluir las actividades que se cuente con todos los recursos dentro del programa de mantenimiento
- Elaborar procedimientos, con los lineamientos de planificación, ejecución y control del mantenimiento preventivo.
- Elaborar las cartillas de mantenimiento, según las actividades a desarrollar.
- Elaborar informes para medir los resultados y eficacia de la gestión de mantenimiento en la Unidad Minera Shahuindo.
- Controlar el Budget de mantenimiento, revisando constantemente los costos de inventarios, servicios, etc.

2.4. Justificación de la actividad profesional.

- Existía la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo propio, para aumentar la disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo SAC., para ello fue necesario definir los lineamientos, procesos, estrategias y controles que garanticen la operatividad de los equipos en las flotas principales de la UM. Shahuindo.

- Toda unidad minera o empresa, busca que sus activos tengan mayor disponibilidad y confiabilidad, realizando trabajos de mantenimiento, de forma segura y eficiente, disminuyendo los tiempos de paradas de sus equipos, ya que esto genera pérdida de producción, lo cual se traduce en la disminución de las utilidades.

- Incrementar la disponibilidad, a través de la puesta en marcha de indicadores de mantenimiento que faciliten el seguimiento de las actividades realizadas, simplificando la labor para alcanzar los objetivos y metas establecidos. Por esta razón, es necesario definir estrategias de mantenimiento para llevar a cabo una adecuada planificación y ejecución, lo que permitirá una mayor eficiencia en el trabajo.

2.5. Resultados esperados.

- Lograr la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y analizar el impacto, en la disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo SAC.
- Aumentar la Disponibilidad de la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo, para lograr la disponibilidad propuesta de 89% en la flota de equipos de perforación,

90% en la flota de equipos de carguío y 89% en la flota de equipos de acarreo, para el año 2024.

- Que el tiempo promedio entre fallas (MTBF) de los equipos, sea superior a las 49 horas en la flota de equipos de perforación, superior a 53 horas en la flota de equipos de carguío y mayor a 45 horas en la flota de equipos de acarreo, superando los valores obtenidos en el año 2023.
- Que el tiempo promedio de reparación (MTTR) de los equipos, sea menor a las 6 horas en la flota de perforación, menor a las 12 horas en la flota de carguío y menor a las 7 horas en la flota de acarreo, optimizando los valores obtenidos en el año 2023.
- El porcentaje de variación del costo de mantenimiento de los equipos de la flota de perforación, carguío y acarreo, con respecto al presupuesto (Budget), no sea mayor a 5% de variación.
- Contar con un plan de mantenimiento preventivo, ya estandarizado y que contemple todos los recursos necesarios, para optimizar las intervenciones.
- Elaborar reportes diarios, semanales y mensuales de indicadores clave de mantenimiento KPI (**Key Performance Indicator),** para medir los resultados y eficacia de la optimización del sistema de gestión de mantenimiento aplicado a la flota de equipos de perforación y carguío, como son: MTBF (Tiempo medio entre fallas), MTTR (Tiempo promedio de reparación) y Disponibilidad física.

2.5.1. Indicadores clave de desempeño (KPI) como meta 2024, posterior a implementación de PMP.

En la **Tabla 4**, se muestra los resultados esperados en el periodo 2024 "KPI Valor Meta 2024), Los valores de dichos resultados, serán el producto de la Implementación del PMP en la UM. Shahuindo.

Tabla 4. KPIs de Mantenimiento - Resultados esperados como meta, para el periodo 2024.

Flota	**KPI Valor Meta 2024**				**KPI Valor Actual 2024**			
	Disp. %	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	Costo USD (Consumo)	Disp. %	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	Costo USD (Consumo)
0202 - Perforación (Drilling)	89%	45	6	$588,216				
0206 - Carguío (Loading)	90%	60	6	$1,836,444				
0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	89%	46	6	$5,969,181				

Obtenida de: Elaboración propia, en base al Budget 2024 aprobado de E&M. en la UM. Shahuindo

CAPÍTULO III:

MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas.

3.1.1. Criticidad de equipos.

Análisis cuantitativo de los acontecimientos y de los fallos y la clasificación de estos en el orden de la gravedad de sus consecuencias (Fuente: Estándar NORSOK)

Describe un eficiente y racional proceso de trabajo que optimiza el programa de mantenimiento basado en el análisis de riesgo y costo beneficio.

- **Equipos críticos**. Son aquellos equipos cuya parada o incorrecto funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa. Equipos especiales, no tienen reemplazo en caso de falla.
- **Equipos importantes.** Son aquellos equipos cuya parada, afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles. Hay otro equipo que puede reemplazar en caso de falla
- **Equipos prescindibles**. Son aquellos con una incidencia no impacta significativamente en los resultados. Equipos tienen reemplazo en caso de falla.

Bibliografía:

NORSOK. Estándar Z-008: Planificación y ejecución de mantenimiento. Rev. 2. Oslo: Norwegian Technology Centre, 2001.

Garrido, S.G. Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2010.

3.1.2. Gestión de Mantenimiento.

3.1.2.1.Mantenimiento y sistema de control.

3.1.2.1.a. ¿Por qué el mantenimiento?

El asunto de Mantenimiento es indudablemente uno de los más antiguos que el ser humano ha conocido. Se creía hasta hace poco que el tema era una acción elemental para la que solo se necesitaba un conocimiento elemental. Se consideró que, instaurar una entidad de mantenimiento era imprescindible, a pesar de que se percibía como un lujo demasiado caro. Este enfoque en la función de mantenimiento omite un aspecto crucial: una administración apropiada en este sector es esencial para garantizar y preservar elevados niveles de disponibilidad, fiabilidad y funcionamiento en el sector. Estos estándares ideales impactan directamente en la capacidad productiva y productividad, generando ventajas palpables para la compañía.

Para aportar de manera significativa a los beneficios de la empresa, la entidad de mantenimiento necesita estar capacitada en diversas áreas fundamentales. Es fundamental disponer de procesos y mecanismos en la estructura de mantenimiento que respalden la administración de tal función.

Una de las responsabilidades primordiales del mantenimiento es manejar las averías que suceden en la organización, por lo que es esencial disponer de un procedimiento formal que defina y modifique de manera constante un plan de mantenimiento. Sin este instrumento, resulta imposible lograr las metas de gran aporte a las ganancias de la empresa.

La eficacia de la entidad de mantenimiento se basa en la correcta ejecución de un plan de mantenimiento y en el desempeño global del personal en aspectos de calidad, planificación y eficacia. Para alcanzar este objetivo, es imprescindible implementar un sistema operativo de

mantenimiento apropiado, usualmente un sistema de administración de mantenimiento computacional (CMMS).

Se debe conservar el nivel adecuado de tecnología de mantenimiento para respaldar el plan de mantenimiento. Esto comprende recursos tales como: Talleres, almacén, equipamiento de manejo, equipamiento de limpieza, recursos para maquinaria, herramientas y recursos para la vigilancia de situación (dispositivos para medir y analizar vibraciones, evaluar aceites, equipo de termografía, entre otros).

La organización y los recursos deberían estar orientados hacia un enfoque logístico apropiado para el mantenimiento. Esto incluye un mapa geográfico, una planificación del taller de mantenimiento, un flujo de personal y materiales optimizado, además de una administración eficaz de la información, entre otros elementos.

3.1.2.1.b. Los objetivos del mantenimiento

El objetivo de la función de mantenimiento es proteger el proceso de producción garantizando niveles ideales de disponibilidad, fiabilidad y funcionamiento, todo esto a un costo razonable. Este propósito se divide en cuatro metas subsiguientes:

Disponibilidad: La disponibilidad alude a la cantidad de tiempo en el que un sistema técnico o una máquina está operativo y en un estado de funcionamiento óptimo. El deber del mantenimiento es asegurar al menos un grado aceptable de disponibilidad para la producción, o sea, un nivel que apoye eficazmente el plan de producción. Para maximizar la aportación del mantenimiento al beneficio de la empresa, la meta de su administración debe ser proporcionar los niveles de disponibilidad económicamente más factibles posibles.

Confiabilidad: El término confiabilidad se refiere a la regularidad con la que un sistema técnico o una máquina experimentan dificultades. Esta medida proporciona un entendimiento preciso acerca de la continuidad del proceso productivo. Es crucial resaltar que, aunque un sistema técnico o una máquina puedan exhibir un elevado grado de disponibilidad, esto no asegura su fiabilidad. A pesar de que una alta disponibilidad es crucial para preservar la capacidad de funcionamiento, un nivel de confiabilidad insuficiente puede provocar múltiples interrupciones no deseadas, lo que implica pérdidas considerables, especialmente en el escenario de la paralización de un proceso de Minado.

Operatividad: La operatividad se refiere a la habilidad de un sistema técnico o una máquina de sostener un ritmo de producción apropiado, siempre dependiendo de su diseño. A pesar de que la disponibilidad y fiabilidad de los equipos son fundamentales, estos elementos no pueden producir los resultados previstos si no se sustentan en niveles apropiados de funcionamiento.

Costo: Se debe realizar cualquier acción de mantenimiento siempre que el costo vinculado sea razonable. Así pues, todas las políticas, estrategias, metas y planes de mantenimiento deberían enfocarse en la optimización de costos, dando particular importancia a los costos a largo plazo.

3.1.3. Planificación del mantenimiento.

3.1.3.1. ¿Cuál es el plan de mantenimiento?

El Plan de Mantenimiento es una hoja que contiene todas las actividades de mantenimiento planificadas que debemos realizar durante la intervención de un equipo o planta. Su meta es asegurar el logro de los niveles de disponibilidad previamente fijados.

Una gestión deficiente del Mantenimiento Preventivo (MP) a nivel global nos lleva a:

- Descubrir una forma novedosa y diferente para llevar a cabo el mantenimiento preventivo.

- Considerar la implicación de los operadores (TPM), una estrategia muy aconsejable dado que se ha demostrado su efectividad.

Es evidente para todos que el MP es la única técnica para mantener los equipos en óptimas condiciones de operación.

-La meta es alcanzar el 100 % del cumplimiento del programa de MP, por lo menos en los equipos más críticos.

3.1.3.2. Los secretos de un MP exitoso

Se determinó, durante un periodo de tiempo, que las empresas que han logrado éxito con el programa de MP comparten los siguientes aspectos:

- Un sistema sólido, respaldado por la computadora.

- Vínculos MP, para llevar a cabo el mantenimiento.

- Personal comprometido con la labor de MP.

-Asignación de criticidad y seguimiento.

- Informe e historia satisfactoria de los equipos.

- Compromiso total de la dirección superior.

- Un sistema de MP eficaz no ocurre de manera aleatoria, debe ser planificado.

La valoración de los equipos, la ejecución de tareas de MP, la creación de listas de comprobación y un historial apropiado de los equipos, junto con la entrega de informes de gran valor, son todas labores que demandan una planificación y desarrollo detallados.

Un sistema de MP ajustado a las demandas de sus equipos y que tenga el apoyo de todos los trabajadores de la planta-mina, producirá los resultados más sobresalientes, que se mantendrán a lo largo del tiempo.

Hay dos formas de llevar a cabo un MP eficaz:

1.- Optimizando el sistema, la organización, la implementación y la supervisión de las labores de Mantenimiento Profesional llevadas a cabo por el departamento de mantenimiento.

2.-Transfiriendo la mayor parte de tareas de MP rutinarias a los operadores.

Bajo el TPM debemos realizar las dos. Existen varios aspectos que influyen en el desarrollo de un sistema de MP, éstos debes de adaptarse según al tipo de empresa, pero todos deben considerar los siguientes pasos básicos para la instalación de un MP efectivo, según la **Figura 17**.

Figura 17. UPTIME ELEMENTS



Obtenida de: Cursos TECSUP

3.1.4. Etapas de Planificación de mantenimiento preventivo (PMP):

A continuación, se detalla los 10 pasos, para conseguir una planificación de mantenimiento preventivo eficiente: Ver en **Figura 18**.

Figura 18. Etapas para Una Planificación de Mantenimiento Preventivo



Obtenida de: Levitt, Joel.

Bibliografía:

Levitt, J. Gestión integral del mantenimiento: guía práctica para su implementación. Nueva York: Industrial Press, 2009.

Palmer, D. Planificación y programación de mantenimiento: fundamentos y aplicación práctica. Nueva York: McGraw-Hill, 2006.

3.1.4.1. PASO 1: Realizar el inventario de los equipos

Facilita la recopilación de información sobre los equipos, para determinar su tipo, cantidad y estado.

Numerosas compañías cuentan con una lista digital del inventario de equipos o cuentan con un registro de datos de estos. Si no es así, tendrá que recolectar información de todas sus máquinas. Los datos esenciales que se proporcionan son:

• Clase de dispositivo.

• Descripción, productor.

• Lugar-ubicación exacta.

• Gastos (por MP, depreciación, entre otros).

• Información de la placa (HP, voltaje, entre otros).

• Analizar su duración en la unidad correcta.

• Implementaciones o modificaciones realizadas.

• Vínculos a la lista de piezas de recambio y a los planos.

• Enlace con los manuales.

3.1.4.2. PASO 2: Asignar tipo de MP y criticidad:

Esto nos facilitará establecer qué clase de mantenimiento llevar a cabo y cuál es la relevancia de cada aparato en nuestro sistema. Es crucial que adoptemos decisiones esenciales en relación con el mantenimiento preventivo de cada dispositivo. Para ello, se generan algunas interrogantes:

¿Abarcará el mantenimiento que llevará a cabo el operador?

- ¿Se realizará ahora o se programará para un momento posterior?

- ¿Es la clase de máquina donde los operadores no tendrán la posibilidad de efectuar ningún tipo de mantenimiento?

¿Tienes la intención de incorporar esta máquina en el plan de mantenimiento predictivo?

Seguidamente, es imprescindible determinar los grados de criticidad de cada equipo. Por ejemplo:

Nivel Crítico: 16 a 20

Nivel Importante: 11 a 15

Nivel Regular: 06 a 10

El uso de la criticidad facilita la ejecución de las tareas de MP pertinentes, a los activos que aportan mayor valor, si no se dispone de tiempo para llevar a cabo todo el plan de MP a todos los equipos, por una disminución temporal de personal o una crisis de producción.

Tras tomar estas decisiones con relación a los equipos, podemos llevar a cabo diversas tareas de MP.

3.1.4.3. PASO 3: Hacer listas de verificación de MP.

Cada equipo posee su propia lista de comprobación, que usualmente abarca tareas estandarizadas, como las de limpieza, comprobación de fugas, identificación de pernos flojos, entre otras. Hay diversas listas de revisiones que pueden clasificarse en función de su regularidad: diarias, semanales, mensuales o incluso una sola lista que cubra todos estos periodos.

Normalmente, las listas de comprobación del Mantenimiento Preventivo (MP) no contienen repuestos, a excepción de ciertos materiales fundamentales como filtros y lubricantes, que se encuentran en el mismo equipo. Además, estas listas deberían restringirse a instrumentos básicos, o, en caso de ser posible, no incorporar ninguno. Es esencial estimar el tiempo necesario para completar cada lista de chequeo con el fin de facilitar la planificación y el control. Ver modelo en **Figura 19.**

Es importante empezar a desarrollar listas de verificación Check List, tanto sensoriales como instrumentales por las siguientes razones:

En pasos anteriores ya ha existido un desgaste de tiempo que si bien es cierto es fundamental y básico, en la realidad no ha entregado ningún resultado tangible.

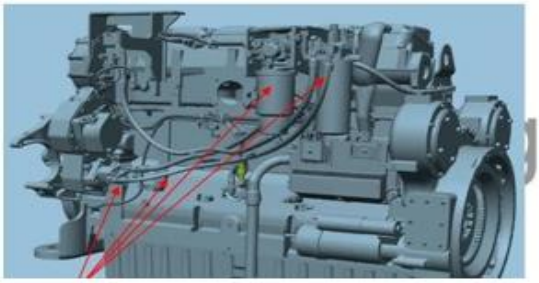
Es fundamental empezar a hacer mantenimiento y las listas de verificación van a permitir detectar problemas en los equipos y generar requerimientos de mantenimiento los cuales deberán ser atendidos (planificarlos y programarlos).

Figura 19. Check List de Trabajo

Ferreyros CAT **CHECK LIST DE INSPECCION 24 M**

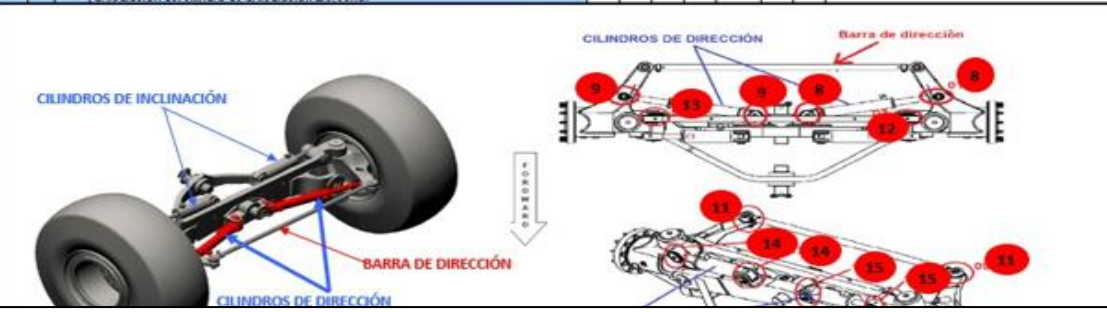
N° EQUIPO	GR025					HOROMETRO :	2000					
FECHA	11/03/2019					T. DE PARADA	8 hrs					
Inspect. 1	: RENZO VILCHEZ											
Inspect. 2	JUAN SALVATIERRA											
Escriba la letra que corresponda a la condición de riesgo CR Marque con X el estado						S = Satisfactorio			BL : Backlog			
						G = Grave		M = Moderado		L=	Leve	

UBICACIÓN	COMP.	ITEM	INSPECCION	OK	NIVEL G	NIVEL M	NIVEL L	REALIZADO X	REALIZADO ✓	REALIZADO BL	DESCRIPCION
UNICO	MOTOR	*	**Descargar información con E.T PSRPT - Configuración**								
		1	Abra la compuerta derecha y revise el motor por fugas de combsutible por lineas de combustible, bomba de transferencia, filtro primario y/o filtro secundario.								
		2	Abra la compuerta y revise el motor por fugas de admisión y escape en los en los multiples y turbo								
		3	Abra la compuerta y revise el motor por fugas en las lineas de lubricación, enfriador, filtro y lineas de retorno de turbo.								
		4	Inspeccione el harness, conectores, interruptores y sensores del motor (utilice limpia contactos si es necesario)								
		5	Retire la guarda y revise la condición del ventilador, fajas (condición y tensado), y la bomba de la smsn.								
		6	Abra la compuerta y revise jebes de soporte de motor por desgaste								
		7	Revise el prefiltro (cambie si es necesario), abrazaderas y tubo de escape.								





PARTE DELANTERA	DIRECCIÓN	8	Inspeccionar fugas de grasa o aceite y reportar cualquier daño de rótula o articulación del cilindro de dirección Izquierdo								
		9	Inspeccionar fugas de grasa o aceite y reportar cualquier daño de rótula o articulación del cilindro de dirección derecho								
		10	Inspeccionar, verificar, asegurar linea de grasa de lubricación y reportar cualquiere daño en la rótula o articulación de la barra de dirección Izquierdo								
		11	Inspeccionar, verificar, asegurar inea de grasa de lubricación y reportar cualquier daño en la rótula o articulación de la barra de dirección Derecho								
		12	Inspeccionar, verificar, asegurar linea de grasa de lubricación y reportar cualquier daño en la rótula o articulación de la barra lado Izquierda								
		13	Inspeccionar, verificar, asegurar linea de grasa de lubricación y reportar cualquier daño en la rótula o articulación de la barra lado Derecho								
		14	Inspeccionar fugas de grasa o aceite y reportar cualquier daño en la rótula o articulación del cilindro de articulación Izquierdo								
		15	Inspeccionar fugas de grasa o aceite y reportar cualquier daño en la rótula o articulación del cilindro de articulación Derecho.								



Obtenida de: Check list de trabajo de Ferreyros SA.

3.1.4.4. PASO 4: Desarrollar órdenes de trabajo OT de MP.

A diferencia de una lista de verificación, las órdenes de trabajo (OT) requieren especificar las herramientas y materiales necesarios, y suelen ser llevadas a cabo por el personal de mantenimiento. Aunque una OT también puede ser rutinaria y repetitiva, generalmente se realiza con menor frecuencia, como de manera mensual, trimestral o anualmente. Sin embargo, es importante destacar que esto no constituye un mantenimiento preventivo global.

Cada OT está vinculada a una máquina específica y permite determinar cómo se llevará a cabo la tarea de mantenimiento programado (MP) o de mantenimiento preventivo (MPD). Además, especifica los recursos que se necesitarán, lo que a su vez ayuda a calcular el costo asociado a dicha operación. Las listas de verificación van a comenzar a generar trabajos de reparación los cuales deben de ser planificados y programados por lo que hay que generar un documento con las siguientes características principales:

- El tipo de trabajo.
- Descripción del trabajo.
- El lugar de ejecución del trabajo.
- El tiempo estimado necesario.
- Los tipos de especialistas necesarios.
- Las herramientas indispensables y equipos especiales.
- Los repuestos y demás materiales que se necesiten.
- Bosquejos, planos.

3.1.4.5. PASO 5: Elaborar hoja de ruta del MP

Realizar la lista de actividades de mantenimiento por cada equipo de las diferentes tareas de conservación, inspección y reparación que se pueden planificar en el tiempo. Cada lista debe contener lo siguiente:

1. ¿Dónde se va a realizar el servicio (que parte del equipo)?
2. ¿Qué se necesita para realizar el servicio?
3. ¿Por qué se realiza el servicio?
4. Frecuencia de ejecución del servicio
5. Tiempo de ejecución del servicio
6. ¿Quién realiza la tarea?

3.1.4.6. PASO 6: Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo.

Teniendo la lista de actividades de mantenimiento por máquina debidamente identificadas y planificadas, hay que realizar un programa de ejecución el cual puede ser semanal, mensual e incluso anual. Ver modelo en **Figura 20**.

Figura 20. Plan semanal de Mantenimiento de minera las Bambas.

Las Bambas - MMG — **PROGRAMA SEMANAL DE M del 09 Ene al 15 E**

Id	Mo de tare	Sort Field	Prio	Equipment Description	Order and Operation Number	Task Description	Duración	Numbe of Capacit	Comienzo	Fin	Nombres de los recursos
1						SOPORTE Y AUXILIARES					
2		RT004	2	RT004_LBM - 844H	1002845	PM7 1750 HORAS	6 hrs	3	09/01/17 07:30 AM	09/01/17 01:30 PM	FERREYROS
3		RT004	2	RT004_LBM - 844H	1002845	EVALUACIÓN GENERAL SISTEMA LUBRICACIÓN	5 hrs	2	09/01/17 08:30 AM	09/01/17 01:30 PM	MARCO PERUANA
4		RT004	2	RT004_LBM - 844H	2002170	GETS - CAMBIO DE CUCHILLAS, SOLERAS Y CANTONERA	6 hrs	3	09/01/17 07:30 AM	09/01/17 01:30 PM	FERREYROS
5		LD002	2	LD002_LBM - 988H	1002723	PRE PM1 - 125 HORAS	2 hrs	2	09/01/17 02:30 PM	09/01/17 04:30 PM	FERREYROS
6		LD009	2	LD009_LBM - 980H	1002900	PM2 500 HORAS	6 hrs	3	09/01/17 07:30 PM	10/01/17 01:30 AM	FERREYROS
7		LD009	2	LD009_LBM - 980H	2002042	BL - CAMBIO DE BOMBA DE ENFRIAMIENTO DE DIFERE	6 hrs	1	09/01/17 07:30 PM	10/01/17 01:30 AM	FERREYROS
8		CT002	2	CT002_LBM - T800	1002986	PM3 750 HORAS	6 hrs	2	09/01/17 07:30 AM	09/01/17 01:30 PM	MOTORED
9		CT002	2	CT002_LBM - T800	2001943	BL-CAMBIO DE CINTURONES DE SEGURIDAD	2 hrs	2	09/01/17 01:30 PM	09/01/17 03:30 PM	MOTORED
10		LD005	2	LD005_LBM - 992K	1002905	PM1 250 HORAS	6 hrs	3	10/01/17 07:30 AM	10/01/17 01:30 PM	FERREYROS
11		LD005	2	LD005_LBM - 992K	2001533	BL-CAMBIO DE LAMPARA - PARTE LATERAL	2 hrs	2	10/01/17 01:30 PM	10/01/17 03:30 PM	FERREYROS
12		LD005	2	LD005_LBM - 992K	2002042	BL- CAMBIO DE RODAMIENTO CENTRAL DE TX	5 hrs	3	10/01/17 07:30 AM	10/01/17 12:30 PM	FERREYROS
13		LD005	2	LD005_LBM - 992K	2002101	BL-CAMBIO DE FAJA DE ALTERNADOR DESGASTADA	1 hr	2	10/01/17 12:30 PM	10/01/17 01:30 PM	FERREYROS
14		LD005	2	LD005_LBM - 992K	2002171	PD - TOMAR PRESION DE LUBRICACION INSPECCION DI	2 hrs	2	10/01/17 01:30 PM	10/01/17 03:30 PM	FERREYROS
15		GR003	2	GR003_LBM - 24M	1002953	PRE PM6 - 1375 HORAS	2 hrs	2	10/01/17 10:30 AM	10/01/17 12:30 PM	FERREYROS
16		GR003	2	GR003_LBM - 24M	2002171	PD - REVICION DE NIVELES DE ACEITE DE TX Y MOTOR I	2 hrs	2	10/01/17 10:30 AM	10/01/17 12:30 PM	FERREYROS
17		CR002	2	CR002_LBM - 834H	1002900	PRE PM5 - 1125 HORAS	2 hrs	2	10/01/17 02:30 PM	10/01/17 04:30 PM	FERREYROS
18		RT007	2	RT007_LBM - 844H	1002781	PRE PM1 - 125 HORAS	2 hrs	2	10/01/17 07:30 PM	10/01/17 09:30 PM	FERREYROS
19		RT007	2	RT007_LBM - 844H	2002171	GETS - CAMBIO DE CANTONERAS CUCHILLAS Y SOLERA	6 hrs	3	10/01/17 07:30 PM	11/01/17 01:30 AM	FERREYROS
20		RT001	2	RT001_LBM - 844H	1002755	PM3 750 HORAS	6 hrs	2	11/01/17 07:30 AM	11/01/17 01:30 PM	FERREYROS

Obtenida de: Departamento de Mantenimiento – UM. Las Bambas

3.1.4.7. PASO 7: Mantener una historial de mantenimiento de equipos.

Contar con una historia de equipo bien estructurada es fundamental para la gestión, mantenimiento y optimización de las máquinas. Lamentablemente, son pocas las empresas que llevan un registro organizado de esta información. Sin esos datos, se nos dificulta identificar fallas recurrentes o calcular el costo total de las reparaciones, lo cual es esencial para compararlo con el costo de reemplazo. Una buena historia de equipos permite:

• Evaluar el rendimiento de los equipos a lo largo del tiempo.

• Detectar fallas recurrentes.

• Calcular el costo total anual de reparaciones y confrontarlo con el costo de reemplazo.

• Medir la efectividad (ROI) de los programas de mantenimiento preventivo.

• Ajustar las estrategias de mantenimiento preventivo.

• Diseñar un enfoque efectivo para la mejora continua de los equipos, utilizando la retroalimentación para optimizar los procesos de mantenimiento y determinar las mejoras necesarias en los mismos.

La historia de los equipos debe incluir (Ver **Figura 21**):

- El número de equipo.
- El costo de mantenimiento.
- Todo el mantenimiento, overhauls, reparaciones y tareas realizadas de MP/MPd (incluyendo optimizaciones en los equipos y modificaciones realizadas).

Para poderla implementar adecuadamente es necesario emplear el computador con el fin de procesarla automáticamente.

Figura 21. Modelo de Historial de Mantenimiento de equipos

Estado Equipos

Pt Padre	Pt Hija	Activo	Grupo Activo	Descripcion	Fechainicial	Fechafinal	Duracion	Dpto	Tipo Parada	Estado Evento	Estado EAM
781399		PEE0003	PE.ATLAS_COPCO.DM45	SISTEMA ELÉCTRICO_PASO DE CORRIENTE PARA ARRANQUE DE EQUIPO	09/04/2024 15:33	09/04/2024 16:08	.58	MTO.MINA	Correctivo No Programado	Terminado	Complete
781488		PEE0003.ELEC.SIEL.SIEL	S_ELEC.PE.ATLAS_COPCO.DM45	SISTEMA ELECTRICO_EVALUACION DE SISTEMA ELECTRICO, CAMBIO DE FUSIBLE DE RADIO BASE Y RADIO MUSICAL	09/04/2024 19:40	09/04/2024 22:00	2.33	MTO.MINA	Correctivo No Programado	Terminado	Complete
781533		PEE0003.ELEC.SIEL	S_ELEC.PE.ATLAS_COPCO.DM45	SISTEMA ELECTRICO_OPERADOR REINICIÓ EL EQUIPO POR FALLA EN INCLINACIÓN	10/04/2024 04:09	10/04/2024 04:26	.28	MTO.MINA	Correctivo No Programado	Terminado	Complete
782158		PEE0003	PE.ATLAS_COPCO.DM45	INSPECCIÓN GENERAL DE EQUIPO	11/04/2024 17:45	11/04/2024 18:25	.67	MTO.MINA	Correctivo No Programado	Terminado	Complete
778021		PEE0003	PE.ATLAS_COPCO.DM45	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2 PERFORADORA ATLAS COPCO DM5 [MEC]	13/04/2024 08:26	13/04/2024 23:30	15.07	MTO.MINA	Preventivo	Terminado	Complete
778021	B72510	PEE0003	PE.ATLAS_COPCO.DM45	TALLER SHA-MOTOR_MUESTREO SOS_PM_SEGUIMIENTO	13/04/2024 20:30	13/04/2024 21:00	.5	MTO.MINA	Preventivo	Terminado	Complete
778021	B72479	PEE0003	PE.ATLAS_COPCO.DM45	INSPECCION DE CONEXIONES ELECTRICAS Y BATERIAS	13/04/2024 19:30	13/04/2024 20:00	.5	MTO.MINA	Preventivo	Terminado	Complete
778021	B72496	PEE0003	PE.ATLAS_COPCO.DM45	HERMETIZADO Y LIMPIEZA DE CABINA_AIR COOL	13/04/2024 20:00	13/04/2024 20:30	.5	MTO.MINA	Preventivo	Terminado	Complete
778021	B72551	PEE0003	PE.ATLAS_COPCO.DM45	INSPECCION DE TAPONES MAGNETICOS	13/04/2024 16:00	13/04/2024 16:30	.5	MTO.MINA	Predictivo	Terminado	Complete
778021	B72550	PEE0003	PE.ATLAS_COPCO.DM45	TALLER SHA-HYD_MUESTREO SOS_PM_SEGUIMIENTO	13/04/2024 15:00	13/04/2024 15:30	.5	MTO.MINA	Predictivo	Terminado	Complete
778021	B72615	PEE0003	PE.ATLAS_COPCO.DM45	TALLER SHA-COMPRESOR_MUESTREO SOS_PM_SEGUIMIENTO	13/04/2024 15:00	13/04/2024 15:30	.5	MTO.MINA	Predictivo	Terminado	Complete
778021	767507	PEE0003	PE.ATLAS_COPCO.DM45	BLMM_2411_CAMBIO DE SELLO DE PUERTA LH DE CABINA+ VALVULA DE CALEFACCION Y TERMOSTATO	13/04/2024 08:26	13/04/2024 12:00	3.57	MTO.MINA	Correctivo Programado	Terminado	Complete

Obtenida de: ERP Oracle de la UM. Huarón.

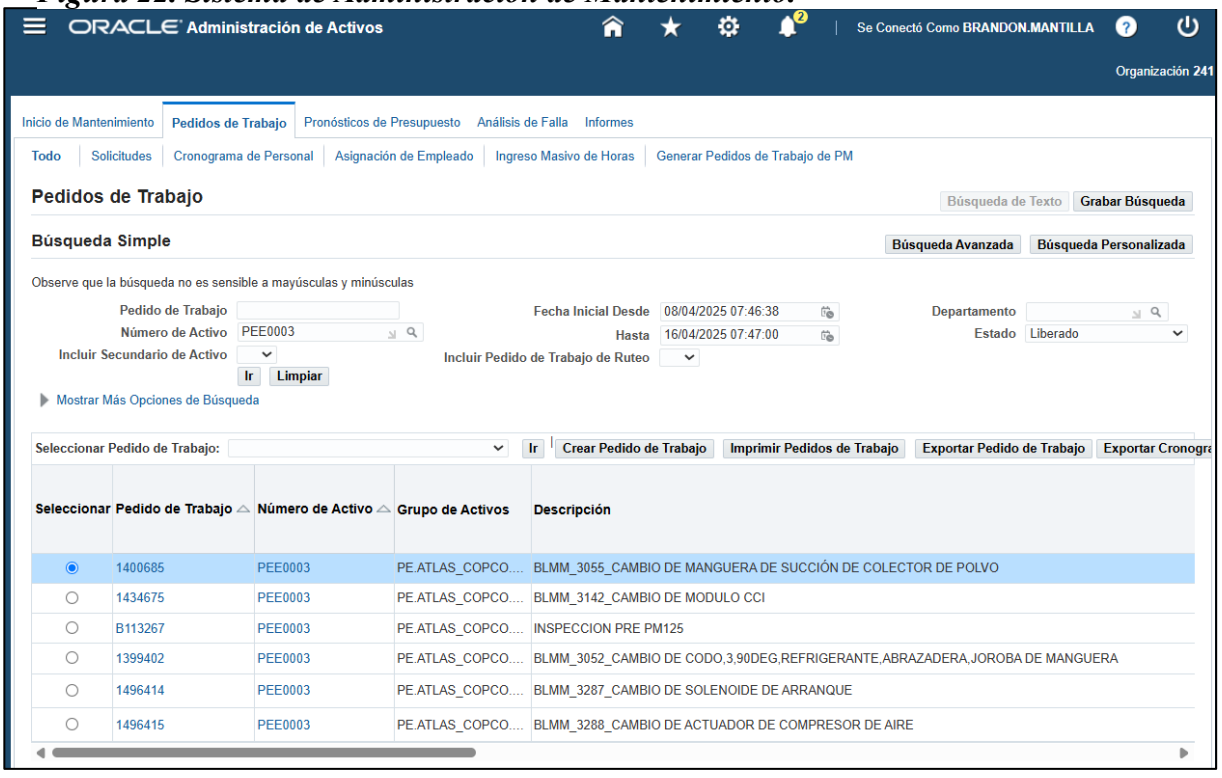
3.1.4.8. PASO 8: Desarrollo de un sistema de informes de MP.

Se debe de tener un sistema digital de mantenimiento, para administrar y controlar las actividades de mantenimiento (Ver **Figura 22**.)

- Cumplimiento del MP (Trabajos programados Vs. Trabajos realizados)
- Costos de Mantenimiento Correctivo, Preventivo y Predictivo Vs. Presupuesto Anual.
- Seguimiento al MTBF y al MTTR.
- Disponibilidad inherente.
- Productividad del personal:
- (Horas Trabajadas-Horas Planificadas) /Horas Planificadas.
- Las órdenes de trabajo, los elementos de MP y todos los demás documentos están impresos con código de barras.
- Las credenciales del personal y de todos los equipos tienen códigos de barras.

- La gestión de inventario se realiza mediante código de barras.
- La computadora capta todos los datos de trabajo y el tiempo transcurrido.
- La computadora cierra una orden de trabajo.
- La computadora ingresa la tarea en la historia del equipo, incluyendo la fecha, la descripción del trabajo, los costos y tiempo empleado de mano de obra, costo de materiales empleados, costo total, y el porcentaje respecto al costo de reemplazo del equipo. El computador mediando el ERP, emite varios informes, mostrando los cálculos realizados, por ejemplo, el cumplimiento de MP (OT programadas vs realizadas), índices de rendimiento (de la mano de obra, de productividad y utilización), el MTBF, KPIs, etc.

Figura 22. Sistema de Administración de Mantenimiento.



Obtenida de: Sistema Oracle de UM. Shahuindo

3.1.4.9. PASO 09: Organización del MP.

El sistema de MP descrito es eficiente y efectivo si se apoya en una buena organización de que conozca Gestión de activos y debe de considerar lo siguiente:

- Se recomienda personal especializado y enfocado a tareas de MP (especialistas de MP que trabajen exclusivamente para el PMP durante períodos de tiempo bien establecidos y que cumplan con la programación).
- Determinar el número de personas requeridas (para el departamento de mantenimiento). Sumando el tiempo que se toma en culminar todas las tareas de MP (OT, listas de verificación) y agregando el tiempo de desplazamiento y tolerancias, nos darán las horas totales de trabajo por semana. Dividiendo este número por las horas de trabajo por semana obtenemos el número de personas necesarias.
- Desarrollar una estructura organizacional (incluyendo un planificador de MP si la cantidad de personas del área de mantenimiento es mayor que 10).

3.1.4.10. PASO 10: Implementar herramientas tecnológicas.

✓Apps para el registro de fallas.
✓Código QR para el inventario de equipos y el uso de la “nube”.
✓Software adaptable, elaborado por el equipo del mantenimiento (Visual Basic, Macros, etc.)
✓Utilización del GPS y telemetría.



3.1.5. Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (MBC) - Reliability Centered Maintenance (RCM)

Proceso utilizado eficientemente, para asegurar que cualquier recurso físico continúe haciendo cualquier cosa que sus usuarios deseen hacer en su contexto operativo presente

- Definición de mantenimiento

Conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar, o restituir, un ítem en/a las condiciones que le permitan continuar desarrollando su función, para el cual fue creado.

- ¿Qué es disponibilidad?

"Es la relación entre el tiempo en que un equipo está dedicado netamente a la producción y el tiempo que se proyecta utilizar".

- ¿Qué es confiabilidad?

"Es la probabilidad de que un equipo no falle realizando sus funciones en un Tiempo determinado"

- ¿Qué es mantenibilidad

"Es la probabilidad de que un equipo que ha sufrido una falla, perdida parcial o total de su funcionalidad, pueda ser restituido a su estándar de funcionamiento en un tiempo determinado".

- ¿Las 7 preguntas básicas del RCM?

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento asociados al recurso en su actual contexto operativo?

2. ¿De qué manera falla en satisfacer sus funciones?

3. ¿Qué causa cada falla funcional? (Modo de Falla)

4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla? (Efecto de Falla)

5. ¿De qué manera importa cada falla? (Consecuencias de la Falla)

6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla? (Tareas Proactivas)

7. ¿Qué debe hacerse si no puede efectuarse una tarea proactiva? (A falta de ……. - Rediseñar)

Bibliografía:
Moubray, J. RCM II: enfoque estructurado para la gestión del mantenimiento basado en confiabilidad. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2004.
Mora, A. Gestión del mantenimiento: principios para planificar, ejecutar y controlar operaciones técnicas. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2009.

3.1.6. Normas ISO

ISO (la Organización Internacional para la Estandarización) es una federación a nivel mundial de los organismos de estándares nacionales (organizaciones miembros de ISO). Los trabajos de preparar estos Estándares Internacionales normalmente se llevan a cabo a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en alguna materia que posea un comité técnico establecido tiene el derecho de ser representado en aquel comité. Las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, en colaboración con ISO, también forman parte de este trabajo.

3.1.6.1. ISO 55000:2014 Gestión de activos Información general, principios y terminología

La Gestión de Activos se define según ISO 55001:2014 como:

"Actividades coordinadas de una organización para materializar el valor de sus activos"

Alcance:

Esta Norma Internacional proporciona una visión general de la gestión de activos, sus principios y la terminología, y los beneficios esperados de la adopción de la gestión de activos.

Esta norma se puede aplicar a todos los tipos de activos y para todos los tipos y tamaños de organizaciones.

NOTA 1: Esta Norma Internacional está destinada a ser utilizado para la gestión de activos físicos, en particular, pero también se puede aplicar a otros tipos de activos.

NOTA 2: Esta Norma Internacional no proporciona información financiera, contable o de orientación técnica para la gestión de los tipos de activos específicos.

NOTA 3 Para los propósitos de la norma ISO 55001, ISO 55002 y esta norma internacional, el término "sistema de gestión de activos" se utiliza para referirse a un sistema de gestión para la administración de activos.

Activos:

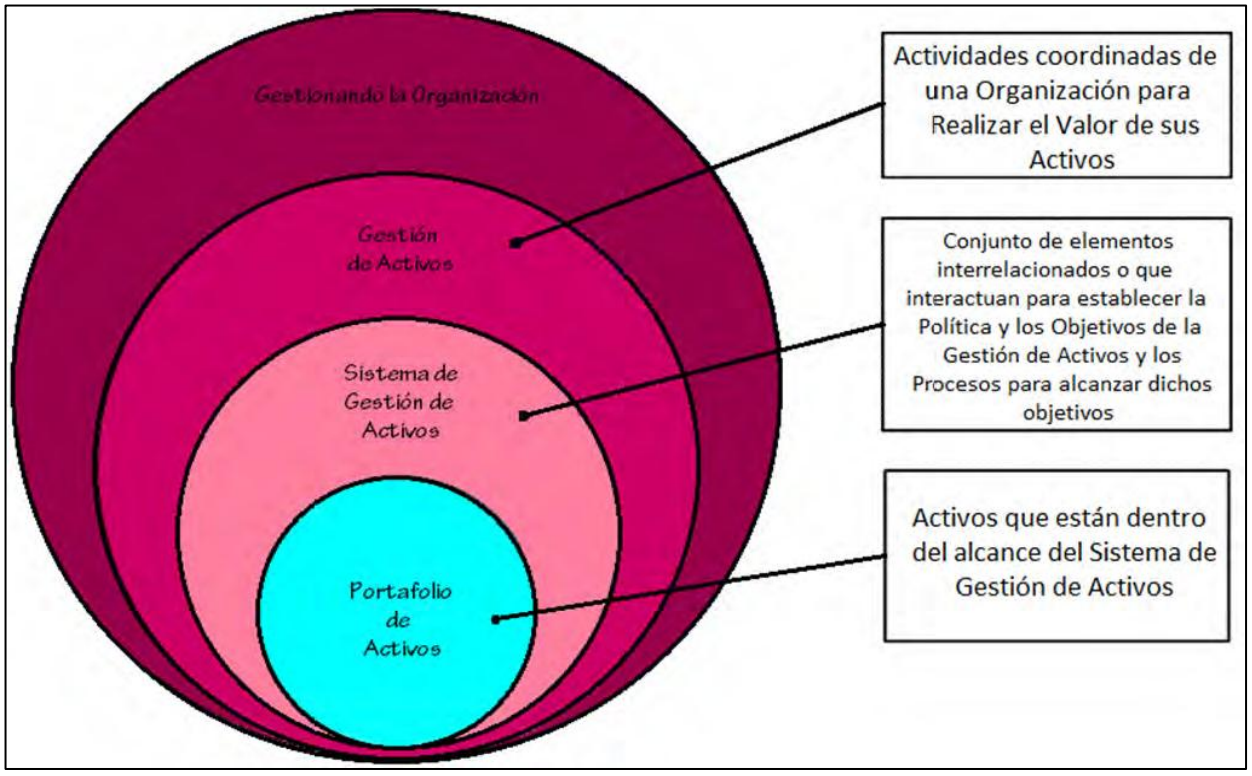
Un activo se define como un elemento, objeto o entidad que posee un valor, ya sea potencial o real, para una organización. Este valor puede variar según la organización y sus partes interesadas, y puede manifestarse de forma tangible o intangible, así como financiera o no financiera.

La conexión entre el sistema de gestión de activos y la gestión de activos es fundamental. Un sistema de gestión de activos sirve a la organización para dirigir, coordinar y controlar todas las actividades relacionadas con la gestión de activos. Este sistema permite un mejor control del riesgo y garantiza que los objetivos de gestión de activos se logren de manera consistente.

Sin embargo, no todas las actividades vinculadas a la gestión de activos pueden ser formalizadas dentro de un sistema de gestión. Por ejemplo, aspectos como el liderazgo, la cultura organizacional, la motivación y el comportamiento, que pueden influir de manera significativa en el logro de los objetivos de gestión de activos, pueden ser manejados a través de acuerdos y estrategias fuera del sistema de gestión. Esta relación resalta la importancia de considerar los

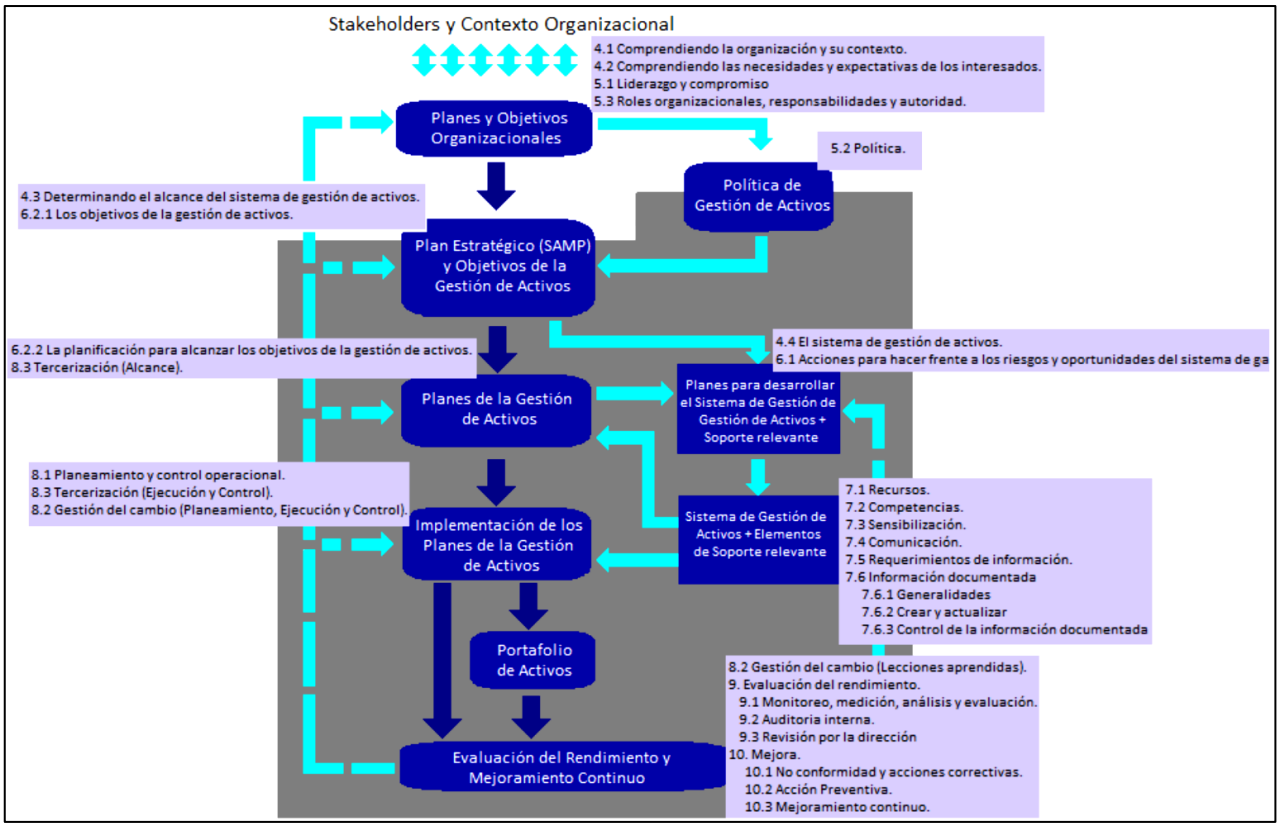
elementos clave de un sistema de gestión de activos en conjunto con los aspectos contextuales que impactan la gestión efectiva de los activos.

Figura 23. Relación entre los términos clave de la gestión de activos



Obtenida de: Norma ISO 55000

Figura 24. Muestra la relación entre los elementos clave de un sistema de gestión de activos, junto con las cláusulas correspondientes de la norma ISO 55001.



Obtenida de: Norma ISO 55000

NOTA 1: Únicamente se presentan las conexiones primarias para simplificar la comprensión.

NOTA 2: Esta representación no busca reiterar la diferencia entre la gestión de activos y un sistema de gestión de activos; más bien, ofrece una perspectiva de las conexiones que ilustra las direcciones de influencia.

NOTA 3: El cuadro gris resalta los límites del sistema de gestión de activos.

3.1.6.2. ISO 55001:2014 Gestión de activos Sistemas de gestión — Requerimientos

La norma ISO 55001 especifica los requisitos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar el Sistema de Gestión de Activos.

3.1.6.3. ISO 55002:2014 Gestión de activos Gestión de sistemas — Guía para la aplicación del ISO 55001

Este estándar internacional proporciona orientación para la aplicación de un sistema de gestión de activos, de conformidad con los requisitos de la norma ISO 55001

Este estándar se puede aplicar a todos los tipos de activos y para todos los tipos y tamaños de organizaciones.

"Habría que recordar que la base del desarrollo de la Gestión de Activos Físicos se basó en la PAS55:2008 bajo 28 requerimientos. La norma ISO 55001:2014 se enfoca en gestionar lo más eficiente posible el valor del activo a lo largo del ciclo de vida del activo, por su sentido holísticos de la gestión de activos no se centra, exclusivamente en el mantenimiento."

3.1.6.4. ISO 6165:2008 Maquinaria para movimiento de tierras

La norma ISO 6165:2008 se refiere a la terminología y clasificación de las máquinas para movimiento de tierras. Esta norma establece un marco para la identificación y clasificación de estas máquinas, facilitando la comunicación y el entendimiento entre fabricantes, usuarios y organismos reguladores. Cubre aspectos como los tipos de máquinas, sus características técnicas y los requisitos de seguridad.

3.1.6.5. ISO 14224:2016 Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural –

La norma ISO 14224:2016 se centra en la recopilación y el intercambio de datos sobre la confiabilidad y el mantenimiento de los equipos. Esta norma proporciona directrices para la recopilación de datos relacionados con el rendimiento, la disponibilidad y las fallas de los equipos en instalaciones industriales. Su objetivo es mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de los activos, así como facilitar la comparación de datos entre diferentes organizaciones y sectores

3.1.6.6. ISO 14224 Taxonomía de Equipos.

La norma ISO 14224 establece un marco para la recopilación, intercambio y análisis de datos relacionados con la confiabilidad y el mantenimiento de equipos en diferentes industrias. Su objetivo es proporcionar directrices que permitan a las organizaciones mejorar la gestión de sus activos, optimizar el mantenimiento y aumentar la disponibilidad de los equipos. Entre los temas que aborda la norma se encuentran:

- Definición de términos: Proporciona un vocabulario común para facilitar la comunicación.
- Clasificación de los datos: Establece categorías para clasificar la información sobre fallas, mantenimiento y características del equipo.
- Requisitos de recopilación de datos: Detalla cómo y qué datos deben ser recopilados para asegurar la calidad y utilidad de la información.
- Intercambio de datos: Promueve estándares para el intercambio efectivo de información entre diferentes sistemas y organizaciones.

3.1.6.7. Terminología obtenida de la ISO 55001, ISO 55002.

3.1.1 Auditoría: *proceso* (3.1.19) sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría, evaluarlas objetivamente para determinar hasta qué punto se cumplen los criterios de auditoría.

Nota 1: La auditoría puede ser una auditoría interna (de primera parte) o una auditoría externa (de segunda o tercera parte), o puede ser una auditoría combinada o integrada (combinación de dos o más disciplinas)

Nota 2: “Evidencia de auditoría” y “criterios de auditoria” están definidas en ISO 19011

3.1.2 Capacidad: <Gestión de activos> medida de la capacidad y la habilidad de una entidad (sistema, persona u *organización* (3.1.13)) para alcanzar sus *objetivos* (3.1.12)

Nota 1: Las capacidades de la *gestión de activos* (3.3.1) incluyen *procesos (*3.1.19*), recursos, competencias (*3.1.3*)* y tecnologías que permiten el desarrollo y cumplimiento efectivo y eficiente de los *planes de gestión de activos (*3.3.2*)* y de las actividades de *vida útil del activo (*3.2.2*)*, y sus *mejoras continuas (3.1.5)*

3.1.3 Competencia: Habilidad para aplicar los conocimientos y habilidades para alcanzar los resultados previstos.

3.1.4 Conformidad: Cumplimiento de un *requisito* (3.1.20)

3.1.5 Mejora continua: Actividad recurrente para aumentar el *desempeño* (3.1.12)

3.1.6 información documentada: Información requerida por una *organización* para ser controlada y mantenida (3.1.13) y el medio en el que está contenida

NOTA 1: La información documentada puede guardarse en cualquier formato y medio de soporte y puede provenir de cualquier fuente.

Nota 2: la información documentada puede hacer referencia a:

─ El sistema de gestión (3.4.2), incluyendo los procesos (3.1.19) relacionados;

─ Información creada para que la organización funcione (documentación);

─ Evidencia de los resultados alcanzados (por ejemplo: registros, indicadores clave de rendimiento).

3.1.7 Eficacia: Grado en que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados

3.1.8 Incidente: Evento/ocurrencia no planificada que resulta en daños u otras perdidas

3.1.9 Supervisión: Determinación del estado de un sistema, de un *proceso* (3.1.19) o una actividad.

Nota 1: Para determinar el estado debe existir la necesidad de chequear, supervisar y observar críticamente

Nota 2: Para efectos de la gestión de activos, el seguimiento puede también referirse a la determinación del estado de un activo. A esto comúnmente se le llama “seguimiento de condición” o “seguimiento de desempeño”

3.1.10 Medición: P*roceso* (3.1.19) para determinar un valor

3.1.11 Disconformidad: Incumplimiento de un *requisito* (3.1.20)

Nota 1: la disconformidad puede ser cualquier desviación de los requisitos del sistema de gestión de activos (3.4.2), o de las normativas de trabajo, practicas, procedimientos, requisitos legales, etc., pertinentes.

3.1.12 Objetivo: Resultado a alcanzarse

Nota 1: Un objetivo puede ser estratégico, táctico u operativo

Nota 2: Los objetivos pueden relacionarse con diferentes disciplinas (tales como metas financieras, de salud y seguridad industrial, ambientales) y se pueden aplicar a diferentes niveles (por ejemplo: estratégicos, organización completa, proyectos, productos, y *procesos* (3.1.19)).

Nota 3: un objetivo puede expresarse de otras maneras, por ejemplo, como un resultado esperado, un propósito, un criterio operativo, un objetivo de la gestión de activos (3.3.1); o mediante el uso de otras palabras con significados similares (como lo son: meta, finalidad, intensión).

Nota 4: en el contexto del sistema de gestión de activos (3.4.3), los objetivos de la gestión de activos son establecidos por la organización (3.1.13) en congruencia con los objetivos

organizacionales (3.1.14) y la política de gestión de activos (3.1.18) para alcanzar resultados específicos medibles.

3.1.13 Organización: Persona o grupo de personas que tiene sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para lograr sus *objetivos* (3.1.12)

Nota 1: El concepto de organización incluye, pero no está limitado a, comercio independiente, compañía, corporación, firma, empresa, autoridad, sociedad, institución, institución de beneficencia, o parte o combinación de ellas, tengan o no personalidad jurídica, sean públicas o privadas.

3.1.14 Objetivo organizacional

Objetivo (3.1.12) general que establece el contexto y la dirección para las actividades de una *organización* (3.1.13)

Nota 1: los objetivos organizacionales se establecen a través de las actividades de planificación estratégica de los niveles de la organización.

3.1.15 plan organizacional

información documentada (3.1.6) que especifica los programas para alcanzar los *objetivos organizacionales* (3.1.14)

3.1.17 Desempeño: Resultados medibles

Nota 1: el desempeño se puede relacionar con los resultados cuantitativos o cualitativos.

3.1.6.8. Terminología usada en Mantenimiento de equipos.

AMT. - Asset Management Tool (Herramienta para la gestión de activos).

AMEF. - (Análisis de Modos y Efectos de Falla), Conjunto de direcciones, métodos y forma de identificar problemas potenciales y sus posibles efectos en un sistema.

Backlogs. - Trabajos pendientes de atención (servicios o repuestos).

Gamma de Actividades. - Conjunto de tareas que tienen determinados elementos en común que permiten y justifican esta agrupación basada en protocolos de mantenimiento.

Análisis de causa raíz: Proceso para identificar las causas subyacentes de una falla con el fin de prevenir su recurrencia.

Plan de mantenimiento: Documento que detalla las actividades de mantenimiento programadas y los intervalos en los que deben llevarse a cabo.

MBC: Monitoreo Basado en condiciones.

Modificación de la programación. - Cambio en las fechas de los trabajos programados, reasignación del personal de un servicio a otro.

S.O.S: Muestreo Programado de aceites (Schedule Oíl Sampling).

OT/WO: Orden de trabajo (Works Order).

PMP: Plan de Mantenimiento Preventivo

MP: Mantenimiento preventivo.

MC: Mantenimiento Correctivo

MTBF: Tiempo medio entre fallas.

MTTR: Tiempo medio de reparación.

3.1.7. Flota de equipos de perforación:

Hace referencia a grupo de equipos conformados por Perforadoras. En el caso de la unidad minera Shahuindo, cuenta con 02 perforadoras Epiroc modelo DM45, la cual sirve para realizar el proceso de perforación y voladura, dando inicio al proceso de minado.

La flota de equipos de perforación en minería constituye un componente crítico en el ciclo de vida de la extracción mineral, abarcando desde la exploración inicial hasta la producción continua. Esta flota está compuesta por una variedad de maquinaria especializada, cada una diseñada para cumplir funciones específicas en función del tipo de mineral, la geología del terreno y las condiciones operativas. Está conformada por diferentes tipos de equipos que cumplen funciones específicas. Los componentes principales de la flota de perforación incluyen:

Perforadoras de superficie: Utilizadas para realizar perforaciones en la superficie del terreno. Pueden ser de diferentes tipos, como rotativas, de percusión o de cable.

Perforadoras subterráneas: Diseñadas para operar en túneles y minas subterráneas. Estas máquinas son más compactas y maniobrables.

Equipos de perforación de exploración: Se utilizan para obtener muestras del subsuelo y determinar la viabilidad de la extracción de minerales.

Equipos de perforación de producción: Son utilizados en la fase de extracción, donde se perforan los pozos que permitirán la extracción continua de los minerales.

Sistemas de gestión de datos: Incluyen tecnología para monitorear y gestionar las perforaciones, asegurando precisión en la recolección de datos geológicos.

La conformación de la flota dependerá del tipo de minería (metálica, no metálica, carbón, etc.), el tamaño de la operación y la geología del área. Además, es común que las empresas mineras utilicen una combinación de equipos propios y alquilados para optimizar costos y adaptarse a las necesidades operativas.

Figura 25. Perforadora de producción en superficie DM45 de la UM. Shahuindo



Obtenida de: Flota de equipo en tajo de la UM. Shahuindo

3.1.7.1. Perforadora DM45:

Las perforadoras modelo DM45 de la marca Epiroc son equipos de perforación de alta eficiencia diseñados para satisfacer las exigencias de la minería y la construcción (Ver ***Figura 25***).

Estas máquinas son reconocidas mundialmente por su robustez, versatilidad y capacidad para operar en condiciones adversas, lo que las convierte en una opción preferida para proyectos de perforación tanto en superficie

La perforadora rotativa de pozos de voladura DM45, se encuentran entre las más populares del mundo. Han demostrado su eficacia en prácticamente cualquier condición minera, ofreciendo productividad, fiabilidad y bajos costes operativos año tras año.

El robusto diseño del bastidor principal y la torre del DM45 garantiza una larga vida útil de los activos, incluso en las condiciones mineras más exigentes. El lazado estructural de doble corte de la torre garantiza una estructura robusta sin el peso adicional.

Ficha técnica: ***Anexo 1.***

3.1.8. Flota de equipos de carguío:

Hace referencia al grupo de equipos conformadas por excavadoras grandes o palas. En el caso de la unidad minera Shahuindo, cuenta con 05 excavadoras CAT modelo 395, la cual sirve para realizar el proceso cargado de material y en conjunto con la flota de acarreo, realizan el movimiento de tierras.

La flota de equipos de carguío en minería se refiere al conjunto de maquinaria y vehículos utilizados para cargar y mover materiales, ya sean minerales o estériles, desde la zona de extracción. Esta flota es esencial para la eficiencia y productividad de las operaciones mineras, y está conformada por una variedad de equipos especializados.

Excavadoras Hidráulicas, Palas Hidráulicas o eléctricas, Cargadores Frontales, etc.

Figura 26. Excavadora Hidráulica 395 de la UM. Shahuindo



Obtenida de: Flota de equipo en tajo de la UM. Shahuindo

3.1.8.1. Excavadora 395.

Las excavadoras modelo 395 de la marca Caterpillar (Ver **Figura 26**) son equipos de excavación de gran tamaño diseñados para aplicaciones en minería, construcción y proyectos de infraestructura. Estas máquinas son reconocidas por su capacidad de rendimiento, eficiencia y durabilidad, lo que las convierte en una opción popular en la industria

Ficha técnica: **Anexo 2**

3.1.9. Flota de equipos de acarreo:

La flota de equipos de acarreo en minería se refiere al conjunto de maquinaria y vehículos utilizados para transportar minerales, estériles y otros materiales desde el sitio de extracción hasta

las áreas de procesamiento o almacenamiento. Esta flota es fundamental para la eficiencia operativa de las minas, ya que el acarreo representa una parte significativa de los costos y tiempos en las operaciones mineras. A continuación, se detallan los componentes y consideraciones clave en la conformación de esta flota.

Volquetes o Camiones de Volteo (Dump Trucks): Son los principales vehículos utilizados para el acarreo de materiales. Se presentan en diferentes tamaños y capacidades, desde camiones de menor tonelaje para minas subterráneas hasta camiones de gran tonelaje (como los modelos de 100 toneladas o más) para minería a cielo abierto. Su diseño permite descargar rápidamente el material.

Transportadores de Banda: Sistemas de transporte continuo que utilizan cintas transportadoras para mover materiales a granel desde el área de extracción hasta la planta de procesamiento. Son eficientes para grandes volúmenes y pueden recorrer largas distancias, reduciendo la necesidad de camiones en algunas operaciones.

En la UM Shahuindo se cuenta con 54 volquetes Scania, modelo G540. (Ver **Figura 27**)

Figura 27.Volquetes Scania G540 en la UM. Shahuindo



Obtenida de: Flota de equipo en tajo de la UM. Shahuindo

3.1.9.1. Volquete Scania G540.

Los volquetes modelo G540 de la marca Scania son camiones especialmente diseñados para el transporte de materiales pesados en sectores como la construcción, la minería y la infraestructura. Estos vehículos se destacan por su robustez, eficiencia y capacidad de carga, lo que los convierte en una opción ideal para operar en condiciones adversas y en terrenos irregulares. A continuación, se presentan las características y especificaciones más relevantes de los volquetes G540.

Características Principales.

Motor Potente: El G540 cuenta con un motor diésel de alto rendimiento que genera una potencia nominal de 540 caballos de fuerza. Este motor ofrece un torque excepcional, lo que garantiza un rendimiento óptimo incluso en situaciones de carga pesada y en terrenos difíciles.

Transmisión Avanzada: Los volquetes G540 están equipados con una transmisión, ya sea automática o manual, que optimiza la eficiencia del combustible y proporciona una conducción más fluida. Su diseño permite una respuesta ágil en terrenos complicados.

Capacidad de Carga: Estos volquetes están diseñados para soportar cargas pesadas, con una notable capacidad de carga útil que facilita el transporte de grandes volúmenes de materiales en una sola operación. Su robusta estructura asegura estabilidad y seguridad al manejar cargas voluminosas.

Diseño Ergonómico: La cabina ha sido concebida para garantizar la comodidad del conductor, incorporando controles ergonómicos y una excelente visibilidad. Esto no solo mejora la experiencia del operador, sino que también incrementa la seguridad durante la conducción en condiciones exigentes.

Eficiencia de Combustible: Scania se enfoca en la eficiencia de combustible en el diseño de sus volquetes, ayudando a reducir los costos operativos y minimizar el impacto ambiental. Esto se logra mediante tecnologías avanzadas en el motor y sistemas de transmisión.

Ficha técnica: **Anexo 3**

3.1.10. Truck Shop:

Hace referencia al taller de mantenimiento Mina, lugar donde se encuentran las oficinas e instalaciones del personal de mantenimiento, las bahías de trabajo, lavadero, etc. para la atención de los equipos de minado.

El término "Truck Shop" (Ver **Figura 28**y **Figura 29**) en minería se refiere a un taller o instalación dedicada al mantenimiento y reparación de equipos utilizados en operaciones mineras. Estos talleres son esenciales para garantizar que la flota de equipos funcione de manera eficiente y segura, minimizando el tiempo de inactividad y optimizando la productividad de las operaciones mineras.

Figura 28. Truck Shop de la UM. Shahuindo



Obtenida de: Fotos panorámica del taller de Mantenimiento Mina "Truck Shop", tomada en temporada de invierno - Diciembre 2024

Figura 29. Truck Shop de la UM. Shahuindo



Obtenida de: Fotos satelital del taller de Mantenimiento Mina "Truck Shop", tomada en temporada de verano – Octubre 2024

3.1.11. Tajo de la UM. Shahuindo:

Como se puede apreciar en la **Figura 30**, el tajo de una unidad minera se refiere a la superficie de la mina donde se realiza el proceso de voladura, carguío y acarreo de tierra, para extraer el mineral.

Figura 30. Tajo de la UM. Shahuindo



Obtenida de: Foto tomada por Dron del Tajo de la UM. Shahuindo – diciembre 2024

3.1.12. Gestión de Mantenimiento.

3.1.12.1. Análisis de Modos y Efectos de falla (FMEA)

Proveniente de los años 40s, nacida en la industria militar y aeroespacial. Se introduce con gran fuerza en los 60s con el boom hacia la prevención de fallas.

En los 70s FORD lo introduce como parte de su proceso. Actualmente las industrias automotrices realizan el AMEF en la etapa de diseño y manufactura de sus productos.

Esta metodología es muy usada para la optimización de planes de mantenimiento, prevención de fallas y diseño de planes de acción en los activos

Es un proceso sistemático para la identificación de las fallas en la etapa de diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas

Modos de falla:

Es el evento que ocasionó la falla. Su descripción debe consistir en un sustantivo y un verbo, y debe ser lo suficientemente detallada para poder seleccionar una estrategia de manejo de falla apropiada, pero no tanto como para perder mucho tiempo en el propio análisis. P.E.: *El sello de bomba está roto*. En el ejemplo identificamos un sustantivo: *El sello de la bomba*, un verbo: *Está*, y un descriptor: *Roto (Ruptura).*

Efectos de falla:

Lo que pasa cuando ocurre un modo de falla.

Los efectos de falla deben describir lo que puede pasar si no se realiza ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar la falla.

Consecuencias de la falla:

Es cómo y cuánto afecta el modo de falla, es decir, es la magnitud en que cada modo de falla afecta depende del contexto operacional del activo, los estándares de desempeño que aplican a cada función, y los efectos físicos de cada modo de falla.

Figura 31. Diagrama de Consecuencia de Falla.



Obtenida de: Cursos TECSUP

3.1.12.2. Indicadores de gestión de mantenimiento. (KPI)

Según Benites (3), el concepto KPI deriva del inglés Key Performance Indicators, que se traduce como Indicadores Clave de Rendimiento. Estos indicadores son instrumentos esenciales que nos facilitan la evaluación y la cuantificación del desempeño y el avance en relación con los objetivos y metas fijados para el desarrollo de diferentes tareas dentro de una entidad. Los indicadores clave de rendimiento (KPI) más habituales incluyen los operativos, de mantenimiento, administración, seguridad y salud laboral, además de los vinculados a la sostenibilidad ambiental.

3.1.12.2.a. MTTR (Mean Time To Repair) o (Tiempo promedio para la reparación).

Este índice refleja el tiempo medio que llevan las reparaciones o intervenciones a la máquina debido a factores mecánicos. Es la etapa en la que la máquina se halla en estado de reparación (inoperante para operar). Ofrece datos acerca de la correcta administración del planeamiento y se emplea para valorar la eficacia de los procesos de reparación en mantenimiento, que incluyen al área logística y otras áreas de la empresa relacionadas con la administración de los recursos requeridos para la realización de las tareas.

El MTTR para un período específico se determina dividiendo las horas totales empleadas en reparaciones durante ese período entre el número de paradas que la máquina realizó debido a causas mecánicas durante ese período. De igual manera no se consideran las paradas operativas.

Formula:

$$\textbf{MTTR} = \frac{\text{Tiempo Total de Reparaciones Correctivas}}{\text{Nro de Reparaciones Correctivas}}$$

Dado que cuando se interviene la máquina el horómetro no corre, las horas tomadas en cuenta son las horas solares (de reloj). No confundir las horas hombre con horas máquina (SMU).

Bajo MTTR (< 2 horas): Señala un procedimiento de reparación eficaz. Los dispositivos son sustituidos con rapidez, lo que indica una adecuada gestión del mantenimiento y un acceso apropiado a repuestos y herramientas.

MTTR Gradual (2-6 horas): En ciertas industrias puede ser aceptable, pero indica que existen posibilidades para incrementar la eficacia del proceso de reparación. Es crucial examinar las razones de las reparaciones.

Alto MTTR (> 6 horas): Señala dificultades importantes en el procedimiento de reparación. Es posible que se requiera evaluar las prácticas de mantenimiento, la formación del personal y la administración de repuestos para disminuir el tiempo de reparación.

3.1.12.2.b. MTBF (Mean Time Between Failures) o (Tiempo Medio Entre Fallas)

El indicador MTBF por definición es Tiempo Medio Entre Fallas (Mean Time Between Failures), por lo tanto, es el tiempo medio o promedio que la máquina trabaja sin presentar alguna falla.

Este indicador se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

1. **TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS** (Mean Time Between Failure)

$$MTBF = \frac{\text{Nro Horas de Operación}}{\text{Nro de paradas Correctivas}}$$

Empleado en sistemas en los que el tiempo de reparación es significativo con respecto al tiempo de operación. (Se emplea para sistemas reparables)

Para evaluar una Sección o "n" equipos.

$$MTBF\ \text{Sección A} = \frac{\sum (\text{Horas de Operación})}{\sum (\text{Nro de Paradas Correctivas})}$$

El indicador MTBF dependerá de varias áreas de la empresa, pues las fallas presentadas pueden haber sido causadas por mala operación, malas reparaciones efectuadas, repuestos defectuosos, fallas del producto original, etc., por lo tanto, es necesario realizar mayor análisis para establecer la causa raíz de la falla.

3.1.12.2.c. MU: Machine Utilization (Utilización De Máquina)

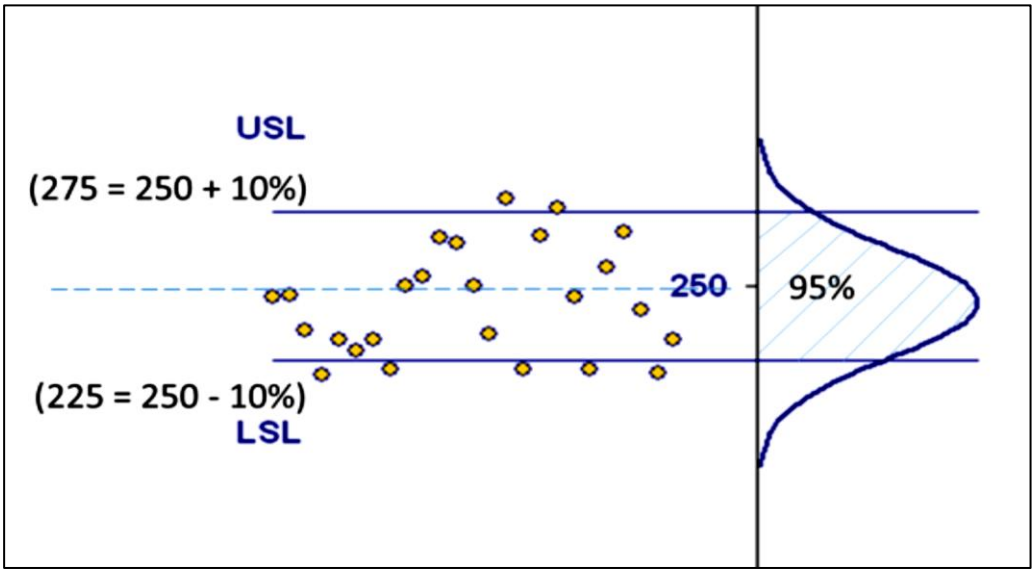
Este indicador evalúa el porcentaje de utilización de una máquina en relación con el tiempo programado o disponible para su funcionamiento. Ofrece información valiosa sobre la adecuada gestión del tiempo de los activos de la empresa. Un alto valor en este indicador indica que la máquina se está utilizando de manera eficiente durante todo el tiempo disponible en las labores de

producción. Por otro lado, un bajo valor en la utilización de la máquina sugiere una planificación deficiente del uso de los equipos en el campo.

3.1.12.2.d. PS: Service Accuracy (Precisión Del Servicio)

Se define como el porcentaje de servicios que se hicieron dentro de un intervalo esperado de cumplimiento, respecto del total de servicios realizados Solo considera mantenimientos planeados o programados. (Ver **Figura 32**)

Figura 32. Intervalo de mantenimiento de 250 horas (autoría propia)



Obtenida de: Libro de Mantenimiento del Autor: Jasper L. Coetzee

3.1.12.2.e. Porcentaje de reparaciones programadas

El porcentaje de reparaciones programadas se obtiene al dividir el número de reparaciones programadas entre el total de reparaciones realizadas en la máquina, que incluye tanto las programadas como las no programadas.

Las reparaciones programadas son aquellas que forman parte del plan de servicios a llevar a cabo, mientras que las reparaciones no programadas son las que no estaban incluidas en el plan inicial.

$$\%RP = \frac{\text{Núm. de Rep. program.}}{\text{Núm. Total de reparaciones}}$$

Un buen planeamiento y programación, así como un buen monitoreo de condiciones harán que este indicador sea alto.

Es recomendable mantener este indicador sobre el 60%.

3.1.12.2.f. D: Disponibilidad:

La disponibilidad se refiere a la probabilidad de que un sistema, equipo o componente ejecute la función prevista cuando sea necesario, y se expresa en forma de porcentaje. En términos más concretos, representa la capacidad de estar en condiciones óptimas para funcionar según lo requerido.

Es importante diferenciar entre los conceptos de disponibilidad y confiabilidad. Por un lado, la disponibilidad se refiere a un ítem que está funcionando en un momento específico, sin tener en cuenta su estado anterior. Por otro lado, la confiabilidad se relaciona con el funcionamiento continuo de un ítem durante un período prolongado de tiempo. En este sentido, la disponibilidad permite que una función pueda ser interrumpida sin inconvenientes, mientras que la confiabilidad es crucial para aquellas funciones que no pueden ser detenidas.

La disponibilidad de un equipo se mide a través del porcentaje de tiempo en que esta maquinaria se encuentra lista para ser utilizada en el proceso de producción. En este contexto, los indicadores juegan un papel fundamental, pues proporcionan información valiosa sobre la gestión

del mantenimiento. Al comparar los valores obtenidos con los objetivos planteados, es posible realizar un análisis que determine si es necesario modificar o mejorar los procesos actuales.

Además, cabe señalar que para asegurar el correcto funcionamiento de estos sistemas es indispensable contar con suficientes recursos humanos. En el ámbito del mantenimiento, cada tarea requiere la intervención de un equipo de profesionales capacitados para llevar a cabo el trabajo planificado. Por ello, el personal se convierte en un factor crítico, y en función de los equipos de la flota, se debe prever un número determinado de especialistas disponibles para su atención.

Entre los indicadores fundamentales para una adecuada toma de decisiones gerenciales se encuentran la utilización efectiva y la disponibilidad mecánica. Este último aspecto se apoya en dos indicadores clave: el tiempo medio de reparación y el tiempo medio entre fallas.

La disponibilidad del equipo, tal como se define, es la posibilidad de que funcione correctamente cuando se necesite. Esta noción va más allá de la mantenibilidad y la fiabilidad, destacando que representa la capacidad de un sistema, máquina o producto para cumplir con su función. En consecuencia, es esencial que esté en condiciones óptimas para desempeñar su labor en el momento requerido. (Cardozo y Cornejo, 2021).

DISPONIBILIDAD (Availibility)

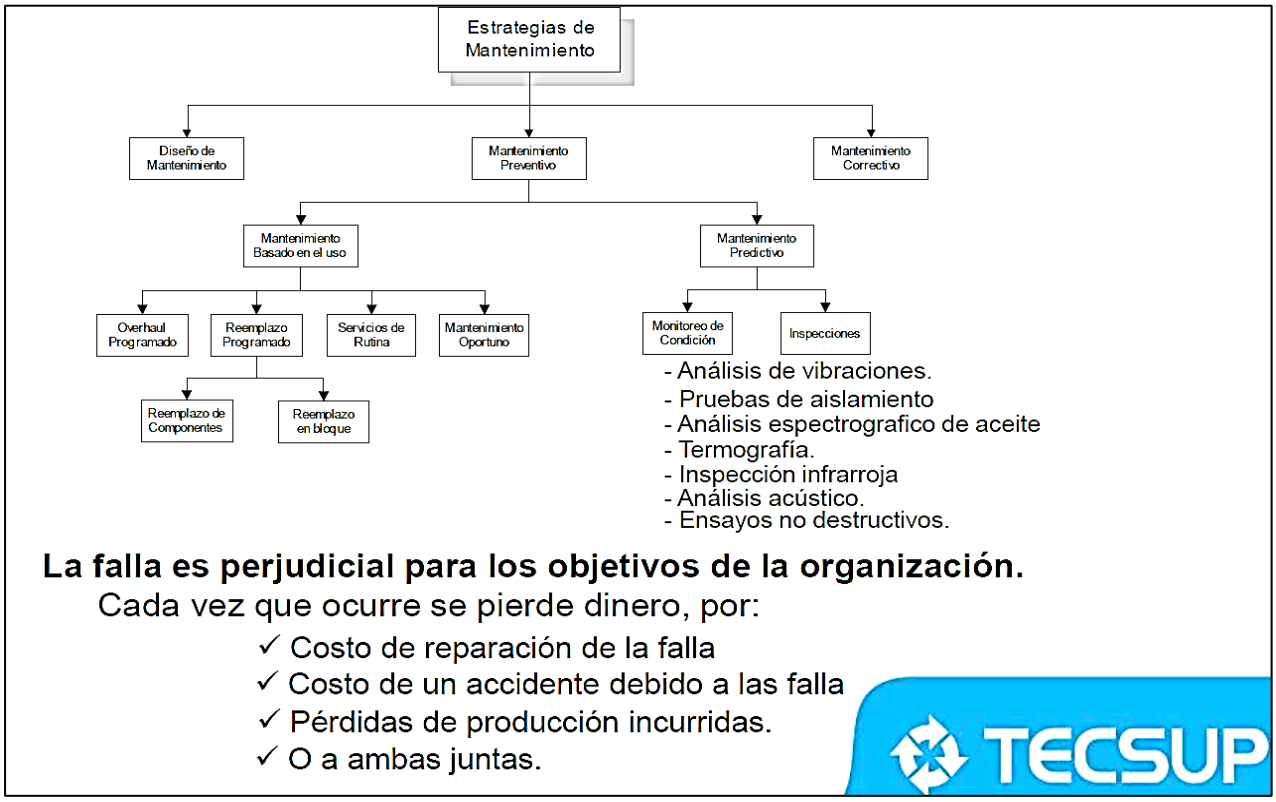
$$A = \frac{\text{Horas Laborales mes} - \text{P. Programadas} - \text{M.C.}}{\text{Horas Laborales al mes}}$$

3.1.12.2.g. BACKLOG (Carga Pendiente)

Es el momento en el que el equipo de mantenimiento debe enfocarse en completar todas las órdenes pendientes, asumiendo que no recibirán nuevas solicitudes.

3.1.12.2.h. Estrategias de Mantenimiento.

Figura 33. Estrategias de Mantenimiento



Obtenida de: Cursos TECSUP

3.1.12.3. Tipos de Mantenimiento.

El mantenimiento se puede clasificar en dos tipos principales: el Mantenimiento Reactivo (MR) y el Mantenimiento Proactivo (MPA).

El Mantenimiento Reactivo se activa en respuesta a una demanda de trabajo o a una necesidad identificada, generalmente por parte del área de producción. Este tipo de mantenimiento se basa en medidas de respuesta rápida para ser efectivo. Sus objetivos son principalmente reducir

el tiempo de respuesta y, en consecuencia, disminuir el tiempo de inactividad del equipo a niveles aceptables. Aunque este enfoque incluye ciertas prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo, se considera predominantemente reactivo, ya que las actividades proactivas constituyen menos del 50% del total del mantenimiento realizado. Desafortunadamente, este sistema híbrido ha sido adoptado por muchas personas, especialmente en el ámbito del mantenimiento, como el enfoque óptimo.

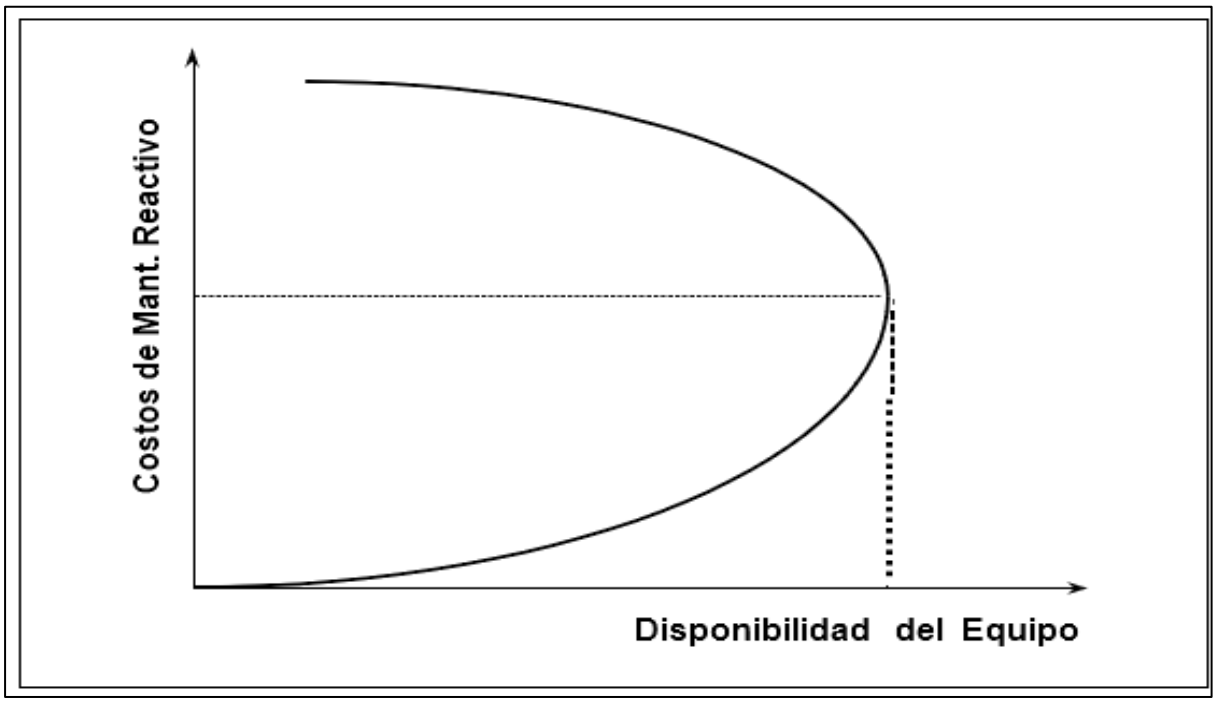
Por otro lado, el Mantenimiento Proactivo se orienta principalmente hacia la maximización del valor del equipo y la implementación de procedimientos predictivos. La gran mayoría de las tareas correctivas, preventivas y de modificación son generadas internamente por el departamento de mantenimiento, gracias a las inspecciones y procedimientos predictivos. Las metas de este enfoque son asegurar un rendimiento continuo del equipo de acuerdo con las especificaciones establecidas, mantener la capacidad productiva y fomentar la mejora continua.

3.1.12.3.a. El mantenimiento reactivo (MPR).

Es el mantenimiento en el cual no se realiza ningún tipo de planificación y programación. Corresponde así a la reparación imprevista de fallas y se practica en las empresas, en aquellos componentes de bajo costo, donde el equipo es de una naturaleza auxiliar que no está directamente relacionado con la producción. Si se realizara en equipos directamente relacionados con la producción los costos de mantenimiento serían sumamente elevados.

El efecto que el Mantenimiento Reactivo tiene sobre la disponibilidad del equipo se muestra en la **Figura 34**. Cuando este es reducido por las inspecciones de Mantenimiento Preventivo, la disponibilidad del equipo aumenta. Se debe tener cuidado en evitar ambos extremos. En algún lugar, a lo largo de la curva, está la situación más económica.

Figura 34. Efectos del Mantenimiento Reactivo sobre la disponibilidad del equipo



Obtenida de: Libro de Mantenimiento del Autor: Jasper L. Coetzee

3.1.12.3.b. Mantenimiento proactivo (MPA)

Es el mantenimiento planificado y programado llevado a cabo con el fin de que la administración del mantenimiento sea más eficiente. Aquí se incorpora el concepto moderno de que las funciones de mantenimiento no deben corresponder únicamente al departamento de mantenimiento, sino que parte de esas funciones se deben asignar a los departamentos de producción, investigación y desarrollo, diseño, ingeniería, compras y finanzas, así como a los proveedores, a la gerencia general y a los operadores.

Este tipo de mantenimiento abarca:

- El Mantenimiento Preventivo (MP).
- El Mantenimiento Predictivo (MPd).
- El Mantenimiento Productivo Total (TPM).

3.1.12.3.c. Mantenimiento preventivo (MP)

Se refiere al conjunto de tareas programadas habituales que se llevan a cabo en periodos preestablecidos en los equipos. Estas tareas incluyen la sustitución de aceites, la sustitución de fluidos, la sustitución de filtros, así como ajustes y calibraciones regulares.

Se pueden identificar como los mantenimientos preventivos esenciales a las acciones sugeridas por el fabricante, que deben llevarse a cabo con una frecuencia de 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750 y 2000 horas en el caso de los motores Caterpillar.

El (MP) es el procedimiento de proporcionar servicios regulares al equipo. Este puede oscilar entre una rutina de lubricación hasta la adaptación, tras un periodo específico, de componentes o piezas. El margen entre los servicios puede ser en horas de funcionamiento, en la cantidad de modificaciones de operación, en términos de tiempo (horas, días, semanas, meses, entre otros). Una vez que se ha establecido el programa, se deberán realizar chequeos para verificar si el intervalo fijado es correcto.

Las tareas de MP se pueden agrupar de la siguiente manera:

- De rutina.
- Global.
- Overhaul.
- Mantenimiento Basado en el Uso.

3.1.12.3.d. El mantenimiento predictivo (MPD).

Generalmente, el Mantenimiento Predictivo (MPd) se realiza de forma autónoma al Mantenimiento Preventivo (MP), en particular cuando es llevado a cabo por el departamento de ingeniería. Sin embargo, ambos tienen un propósito similar: evitar las averías de los equipos al

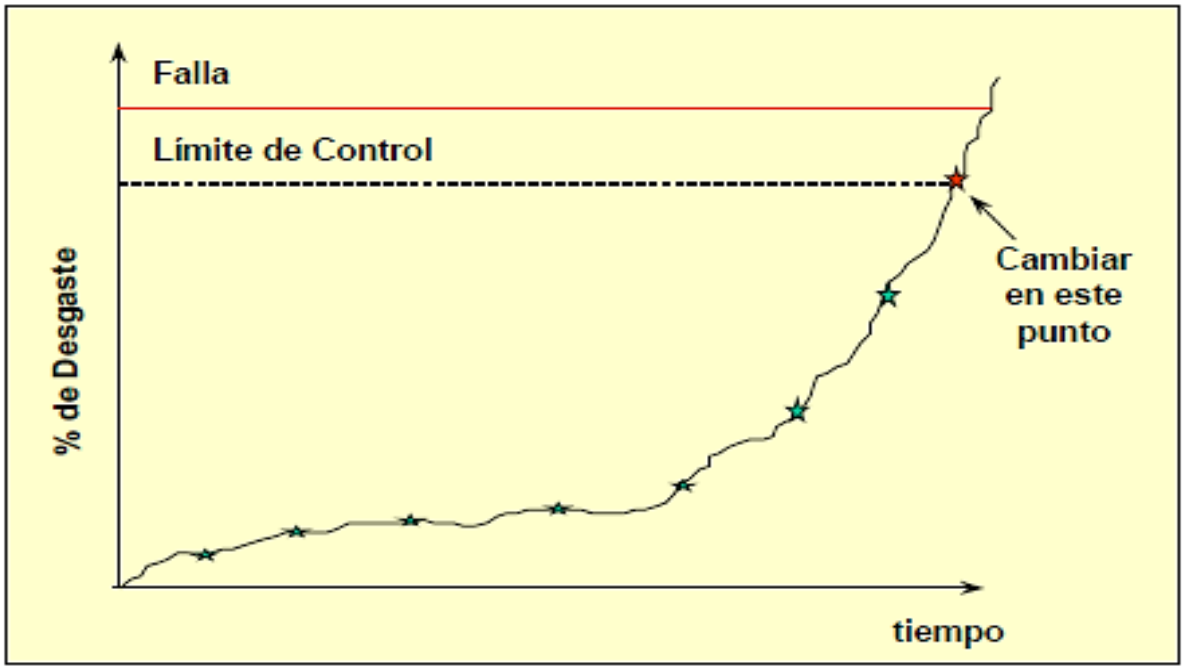
prever el instante en que un componente particular, como un rodamiento, una caja de engranajes o un motor, podría romper.

El MPd incluye diversas pruebas y análisis que actúan como criterios, tales como:

- Análisis de vibraciones.
- Pruebas de aislamiento (Megger).
- Análisis espectro gráfico de aceite.
- Termografía.
- Inspección infrarroja.
- Ensayos no destructivos.
- Análisis acústico.

Este enfoque de mantenimiento hace uso de sofisticados aparatos de prueba que contribuyen a prever cuándo podría fallar algún componente del equipo. Estos dispositivos pueden interactuar con un microprocesador, lo que permite graficar las tendencias de desgaste y mejorar la evaluación del estado del equipo. Gracias a este sistema, es posible tomar decisiones fundamentadas, como el reemplazo de piezas desgastadas durante un turno de reparación, evitando así interferir con la producción.

Figura 35. Límite de Control vs. Desgaste



Obtenida de: Libro de Mantenimiento del Autor: Jasper L. Coetzee

3.1.12.3.e. Pilares de mantenimiento y la confiabilidad

Figura 36. 05 pilares de mantenimiento y la confiabilidad



Obtenida de: Cursos SMRP - IPEMAN

3.1.12.3.f. Permiso de seguridad estándar (IPERC).

El formato de IPERC Continúo (Ver **Anexo 30**), es un formato de gestión de seguridad, donde se reconocen los peligros bajos, medios y altos con su correspondiente valoración de riesgos, y se aplican las medidas de control de manera independiente para cada uno de ellos. El equipo de mantenimiento detecta el riesgo, mide el riesgo e instaura sus controles correspondientes para cada tarea que llevarán a cabo. Tras esta evaluación, el técnico tiene la obligación de entregar el formato al supervisor de mantenimiento como primer filtro para la revisión y aprobación; después de esto, obtiene su validación para comenzar el trabajo asignado.

Bibliografía:

Caterpillar. Indicadores de rendimiento aplicados a equipos móviles en minería. 1.ª ed. Estados Unidos: Caterpillar, 2005.

Caterpillar. Metodología Seis Sigma: enfoque DMAIC. 3.15.ª ed. Estados Unidos: Caterpillar, 2006.

Equipment Maintenance Council. Gestión de equipos: una aproximación simplificada. Atlanta, Georgia, EE. UU., mayo de 2000.

Flores, A. Mantenimiento de maquinaria para operaciones mineras. Estados Unidos: Caterpillar Americas, 1998.

Hinderaker, P. Contabilidad aplicada a la gestión de activos móviles. Clear Water, Florida, EE. UU.: EMC Council, mayo de 1998.

Weibull, W. A. Función de distribución estadística de amplia aplicabilidad. En: ASME Journal of Applied Mechanics, septiembre de 1951. Disponible en: http://www.barringer1.com/wa_files/Weibull-ASME-Paper-1951.pdf

Abernethy, B. Manual de análisis Weibull. West Palm Beach, Florida: Pratt and Whitney Aircraft Government Product Division, 1933. 228 p.

Zegarra, M. La administración como herramienta de gestión para optimizar el mantenimiento mecánico en la empresa TyT SAC Contratistas Generales. Tesis de Maestría. Lima: Universidad de San Martín de Porres, 2007.

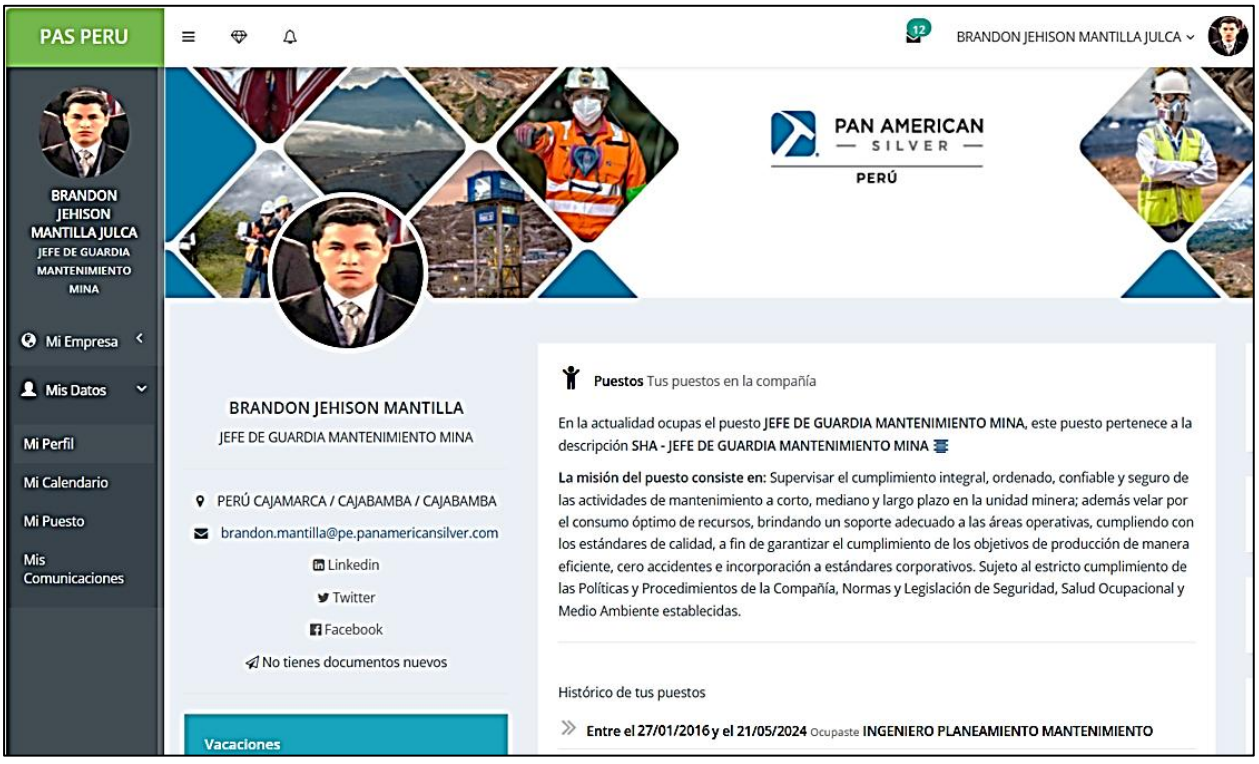
CAPÍTULO IV:

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.

4.1. Descripción de actividades profesionales

Actualmente, en la unidad minera Shahuindo, el bachiller desarrolla la actividad profesional de jefatura en el área de Energía y Mantenimiento (Ver **Figura 37**). Entre las tareas asignadas es el responsable de la revisión y ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo, controlar los costos de mantenimiento, mejorar continuamente las estrategias de mantenimiento, para lograr la operatividad de los equipos en la UM., velar por la seguridad del personal técnico, supervisando y liderando los trabajos de alto riesgo, haciendo cumplir las Políticas y Procedimientos de la Compañía, Normas y Legislación de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

Figura 37. Perfil de puesto de trabajo en la UM. Shahuindo



Obtenida de: Pagina de gestión de talento humano de la UM. Shahuindo

4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales.

En cuanto al enfoque de las actividades profesionales, estas están orientadas a la Optimización del sistema de gestión de mantenimiento, para incrementar la disponibilidad de la flota de equipos de perforación y carguío en la Unidad Minera Shahuindo SAC., ubicada en el departamento de Cajamarca; para ello detallaremos las actividades realizadas (4.3.2.), con la finalidad de mejorar los trabajos de mantenimiento y, en consecuencia, la operatividad de los equipos.

4.1.2. Alcance de las actividades profesionales.

Las actividades profesionales se desarrollaron en el área de Energía y Mantenimiento de la empresa minera Shahuindo SAC. Dichas actividades estuvieron orientadas a aumentar la disponibilidad de la flota de equipos de Perforación y Carguío; ya que, no se tenía buenos resultados durante el año 2023.

Debido a que no se alcanzaban los resultados esperados, de disponibilidad de los equipos, acorde a lo proyectado, fue necesario cambiar, implementar y mejorar los procedimientos de mantenimiento.

Para poder Optimizar el sistema de gestión de mantenimiento, e incrementar la disponibilidad de la flota de equipos de perforación y carguío en la Unidad Minera Shahuindo SAC, fue necesario:

- Implementar y ejecutar las Etapas de la planificación. (**Anexo 16**)
- Implementar y difundir Objetivos inmediatos 2024 - Mantenimiento Mina. (**Anexo 15**)
- Formato de backlog (**Anexo 17**) y Diagrama de proceso de generación Backlogs. (**Anexo 18**)

- Formato de PCR de componentes mayores y menores. (**Anexo 19**)
- Flujograma para homogenizar la carga masiva de horómetros de todos los equipos de minado. (**Anexo 20**)

4.1.2.1. Procedimiento de gestión de mantenimiento preventivo:

Definir las acciones, lineamientos y secuencias para la administración y seguimiento de muestreo SOS, tapones imantados y corte de filtros de aceite y combustible.

Términos y Referencias:

Intervalo PF. - Rige la frecuencia con que debe ser realizada la tarea predictiva.

MBC. - Mantenimiento basado en condición.

S.O.S.- Muestreo programado de aceites (Scheduled Oil Sampling).

PT/WO. - Pedido te trabajo (Workscope).

Responsabilidades:

Superintendente: Asegurar el cumplimiento del presente procedimiento.

Supervisor de Monitoreo: Seguimiento del presente procedimiento

Jefe/Supervisor de Guardia: Paralizar inmediatamente la labor si encuentra cualquier acto subestándar y/o condición subestándar que se presente durante las etapas del procedimiento.

Programador de Mantenimiento: Programar las actividades del presente procedimiento.

Técnico Mecánico /Ayudante de Mantenimiento: Conocer y cumplir el presente procedimiento. Informar inmediatamente al supervisor de cualquier acto subestándar y/o condición subestándar que se presente durante las etapas del procedimiento

-Programación de muestreo de tapones magnéticos

Tabla 5: Programación de muestreo de tapones magnéticos

ETAPA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
Elaboración del plan de acción	Revisar y analizar la información recibida de los resultados S.O.S e identificar el inicio de una falla potencial. Emitir en el formato Plan de Acción de Monitoreo de Condiciones. Estimar intervalo PF neto.	Supervisor de Monitoreo.
Programación de actividades	Programar actividad de mantenimiento basado en condición (Plan diario o plan semanal). Comunicar el Plan de Mantenimiento a personal involucrado.	Programador de mantenimiento
Impresión de WO	Emitir WO (impresión doble si se requiere retirar materiales de almacén).	Asistente AMT
Coordinación actividades	Coordinar actividades con operaciones y distribuir las actividades a personal de mantenimiento	Jefe / Supervisor de guardia
Ejecución de actividad	Ejecutar la actividad según descripción de WO. Recolectar la información de muestra en formato PETS-SIGSHA-MN-038-F01 Muestreo de Tapones Magnéticos. Ingresar información solicitada en formato plan de acción de monitoreo de condiciones.	Técnico Mecánico/Ayudante de Mantenimiento.
Conformidad de actividad realizada	Dar VB° al plan de acción de monitoreo de condiciones.	Jefe / Supervisor de guardia
Análisis de información	Administrar, interpretar, analizar y elaborar de estado de equipos todos los viernes.	Supervisor de Monitoreo

- Programación de actividades de monitoreo SOS.

Tabla 6: Programación de actividades de monitoreo SOS.

ETAPA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
Elaboración de plan de acción	o Revisar y analizar resultado de laboratorio SOS e identificar el inicio de una falla potencial. o Estimar el PF neto y elaborar formato **Plan de acción de monitoreo de condiciones**. o Estimar intervalo PF neto.	Supervisor de Monitoreo.
Programación de actividades	o Programar actividad de mantenimiento basado en condición. o Comunicar el plan de mantenimiento a personal involucrado.	Programador de Mantenimiento
Impresión de WO	o Emitir WO (impresión doble si se requiere retirar materiales de almacén)	Asistente AMT
Coordinación de actividades	o Coordinar actividades con operaciones y distribuir las actividades a personal de mantenimiento	Jefe / Supervisor de guardia
Ejecución de actividad	o Ejecutar la actividad según descripción de WO, o Al culminar la actividad entregar evidencia de actividad al área de Confiabilidad & Monitoreo de condiciones. o Llenar información solicitada según Anexo 04 Etiquetado de muestra de aceite.	Técnico Mecánico / Ayudante de Mantenimiento.
Control de muestras SOS.	o Participar, verificar y validar información recolectada en campo. o Registrar y realizar seguimiento de envió de muestras S.O.S.	Supervisor de Monitoreo.

	○ **Elaborar carta de envió de muestras S.O.S** (FESA) ○ Coordinar con Logística él envió de muestras SOS para su análisis en laboratorio.	
Envió de Muestras S.O. S	○ Gestionar el traslado de las muestras S.O.S de proyecto a laboratorio de análisis.	Logística / Almacenes
Análisis de información	○ Administrar, interpretar, analizar y elaborar planes de acción. ○ Elaborar y remitir Informe de estado de equipos todos los viernes.	Supervisor de Monitoreo

- Programación de actividades de corte de filtros de lubricantes y combustible

Tabla 7: Programación de actividades de corte de filtros de lubricantes y combustible

ETAPA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
Coordinación de actividades	○ Revisar y analizar resultado de laboratorio SOS e identificar el inicio de una falla potencial. ○ Estimar el PF neto y elaborar formato **Plan de acción de monitoreo de condiciones**.	Supervisor de Monitoreo.
Programación de actividades	○ Programar actividad de mantenimiento basado en condición. ○ Comunicar el plan de mantenimiento a personal involucrado.	Programador de mantenimiento
Impresión de WO	○ Emitir WO (impresión doble si se requiere retirar materiales de almacén)	Asistente AMT
Coordinación de actividades	○ Coordinar actividades con operaciones y distribuir las actividades a personal de mantenimiento	Jefe / Supervisor de guardia

Ejecución de actividad	○ Ejecutar la actividad según descripción de WO, Al culminar la actividad entregar evidencia de actividad al área de Confiabilidad & Monitoreo de condiciones.	Técnico Mecánico/Ayudante de Mantenimiento.
Análisis de información	○ Elaborar y remitir **Informe de estado de equipos** todos los viernes.	Supervisor de Monitoreo

- Mapa de Proceso Programación de Muestreo de Tapones Magnéticos. (**Anexo 21**)
- Estrategia General de monitoreo de condiciones. (**Anexo 22**)
- Diagrama de proceso Gestión de ingreso de datos SOS. (**Anexo 24**)
- Diagrama de proceso Gestión de ingreso de datos Varios. (**Anexo 25**)

4.1.2.2. Procedimiento de gestión de plan de mantenimiento preventivo.

- Plan mensual de mantenimiento.

Tabla 8: Plan mensual de mantenimiento.

ETAPA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
Elaboración de gamas de mantenimiento	Elaboración de gamas de actividades basados en los siguientes protocolos • Recomendaciones del fabricante. • Monitoreo de condiciones. • Genéricos (basados en experiencias). • Obligaciones legales y subcontratación de servicios. • AMEF • Gets, Carrilería, Reparación de Tolvas, Neumáticos. • PCR de componentes. • Top Ten Fallas.	Supervisor de Monitoreo/ Jefe de Guardia de Mantenimiento
Proyección de horas de uso de equipos.	Emitir reporte de tasa de uso horaria de equipos.	Planeamiento Operaciones Mina.
Elaboración y Emisión de Plan Mensual	Basado en la tasa de uso diario, la criticidad de las actividades, gamas de actividades, realizar la dispersión de actividades considerando fecha y recursos necesarios para su realización. **Emitir plan mensual los 28 de cada mes.**	Supervisor de Monitoreo/ Analista de Mantenimiento
Revisión y aprobación	Dar VB° al Plan Mensual.	Jefatura de guardia Mantenimiento
Difusión de plan Mensual	Sustentar Plan de Mantenimiento en reunión de Planeamiento Mina. **Se realiza el último día de cada mes.**	
Análisis, Evaluación y presentación de resultados	Analizar y emitir reporte de cumplimiento del Plan Mensual. • Reporte de KPIs. • Programado vs No programado. • Costos directos e indirectos flota minado. • Ratios de combustible. • Ratios de lubricantes. • Precisión de servicio. • Ratios de Gets • Ratios de Carrilera • Ratios de Neumáticos. **Se realiza los 03 de cada mes.**	Jefatura de guardia Mantenimiento

- Plan semanal de mantenimiento.

Tabla 9: Plan semanal de mantenimiento.

ETAPA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
Elaboración de gamas de mantenimiento	**El jueves** se consolida la información y genera gamas de mantenimiento de las diferentes áreas. • MC (SOS. Filtrografia, eventos, otros). • Taller de soldadura. • GET (Inspección, rotación, volteo y cambio). • UC (Inspección, medición, rotación, volteo, otros). Basado en el análisis de criticidad el viernes se remite información al área de Planeamiento Mina.	Supervisor de Monitoreo
	El viernes consolida y remite gama de actividades considerando PMs, correctivos, inspecciones, otros al área de Planeamiento para ser ingresadas dentro del plan semanal.	Jefe de Guardia de Mantenimiento
Elaboración de plan semanal	o Verificar asignación de Task type – WO de PM. o Generar reporte Daily Log Detailed (Verificar fecha, Horómetro de último mantenimiento realizado y frecuencia de mantenimiento). o Con la información de tasa de uso diaria del equipo proyecta su próximo PM, Pre-PM, Calibraciones. o Analiza estado de Backlogs, programa los que estén completos. o Elabora plan semanal proyectado a 2 semanas. **Los días domingo remite plan semanal a todas las áreas involucradas para su revisión y confirmación**	Programador de planeamiento
Conciliar de plan semanal	Coordinar con proveedor la fecha que se realizará el mantenimiento al equipo. En caso se realicen cambios en la fecha de elaboración de las actividades se comunicará al Programador de Mantenimiento para ser considerados en plan semanal.	Oficina Técnica y Gestión de Equipos

	Conciliar con el área de Operaciones Mina y Planta de Procesos la fecha y hora a realizar las actividades planificadas según plan semanal. En caso se realicen cambio en las actividades, comunicar al Programador de Mantenimiento quien realizará los cambios.	Jefe de guardia Mantenimiento
Impresión y difusión de plan semanal y Works Order	○ Generar e imprimir WO y plan semanal. ○ Entrega con cargo los documentos a responsables de mantenimiento de cada área. ***** Las WO que incluyan repuestos se deben entregar con doble cargo 01 para almacén + 01 a personal técnico.	Asistente AMT
Análisis, evaluación y presentación de resultados	**Todos los lunes a fin de guardia** ○ Validar información remitida por el área de Taller **Los lunes remitir reporte de cumplimiento de plan semanal.** Contenido de reporte. • % de cumplimiento de actividades programadas. • Precisión de servicio. • % actividades reprogramadas. • % de actividades adicionales al plan (correctivos programados). • Relación entre actividades programadas vs no programadas. • Planes de acción y lecciones aprendidas.	Programador de Mantenimiento / Jefe de Guardia de Mantenimiento

- Plan diario de mantenimiento.

Tabla 10: Plan diario de mantenimiento.

ETAPA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
Registro de horómetros / kilometraje	**Todos los días en turno mañana** entregar check list de equipo liviano a Asistente de AMT.	Supervisor Flota Liviana
	Los martes y viernes turno mañana emitir reporte de horómetros de grupos electrógenos al Asistente de AMT.	Supervisor de Generación Eléctrica
	Todos los días realizar el recojo de Check List de Inspección en Operaciones Mina, Construcción (Equipo Pesado). Ingresa horómetros al sistema AMT. **A las 3:00 pm emitir reporte de actualización de horómetros vía email.**	Auxiliar AMT
Elaboración de plan diario	Basado en el análisis de criticidad de resultados de MC remitir plan de acción inmediato para ser considerados en el plan diario.	Supervisor de Monitoreo
	Revisar plan semanal y reportar actividades derivadas de inspecciones, reportes de operador/usuario, para ser programadas en el plan diario.	Supervisor de Flota Liviana Líder de Neumáticos Supervisor de Generación Eléctrica
	o Actualizar seguimiento del plan semanal. o Registra los equipos que tienen actividades en proceso e inoperativos. (IN PROGRESS) o Generar y emitir reporte de plan diario a las áreas involucradas vía email. o Para el caso de equipos terceros, emitir reporte considerando las actividades programadas con un margen de 02 a 03 días desde la emisión.	Programador de Mantenimiento // Autoriza el Jefe de guardia de mantenimiento
Coordinación de actividades	o Coordinar las actividades con las diversas áreas según plan diario.	Jefe de guardia
Supervisión y Ejecución de Actividades.	o Supervisar ejecución de actividades, información de WO, backlog. o En la Works Order se debe registrar: - Hora de inicio - Hora de término - Horómetro del equipo - Observaciones encontradas.	Supervisor de Flota Liviana Líder de Neumáticos Supervisor de Generación Eléctrica

	○ Presentar informe de inspección PrePM Todo requerimiento por servicio o compra de repuesto debe realizarse mediante formato backlogs	
Cumplimiento de plan diario	○ Dar VB° a información de WO y backlog y entregar documentos al Programador de Mantenimiento. ○ Reportar actividades a ser reprogramadas indicando el motivo al Auxiliar AMT.	Jefe/Supervisor de guardia
Seguimiento y presentación de resultados	○ Analizar y emitir reporte de cumplimiento de Plan Diario.	Auxiliar de AMT

Mapa de Proceso Gestión del Plan Mensual de Mantenimiento Mina. (**Anexo 26**)

Mapa de Proceso Gestión del Plan Semanal de Mantenimiento Mina. (**Anexo 27**)

Mapa de Proceso Gestión del Plan Diario de Mantenimiento Mina. (**Anexo 28**)

Mapa de Proceso Ejecución de Plan de Mantenimiento Preventivo. (**Anexo 29**)

4.1.3. Entregables de las actividades profesionales

4.1.3.1. Entregables de forma diaria:

4.1.3.1.a. Charla de seguridad:

Al finalizar las actividades diarias de mantenimiento, es necesario, entregar para que sea guardado en los registros de documentos, el formado de charla de seguridad y reparto de guardia (Ver **Figura 38**), donde se emiten comunicados de seguridad, radio de influencia de voladura, capacitaciones al personal técnico, distribución de trabajos, etc.

Figura 38. Registro de inducción, capacitación, entrenamiento

PAN AMERICAN SILVER

REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA

CÓDIGO:	FP-CORP-07-01
VERSIÓN:	03
VIGENTE DESDE:	25/04/2019
PÁGINA 1 DE 1	

RAZÓN SOCIAL: Shahuindo SAC — RUC: 20505792012 — DOMICILIO: Av. La Floresta 497

ACTIVIDAD ECONÓMICA: Extracción de Mineral — N° DE TRABAJADORES DEL CENTRO LABORAL:

TEMA: Objetivos y Metas de Seguridad y Salud Ocupacional 2025.

INDUCCIÓN		PROCESO / GESTION	X	INTERNO	X
CAPACITACIÓN		SEGURIDAD		EXTERNO	
ENTRENAMIENTO		SALUD OCUPACIONAL		PROVEEDOR	
SIMULACROS DE EMERGENCIA		ASUNTOS AMBIENTALES			
REUNIÓN GRUPAL	X				

FACILITADOR /CAPACITADOR/ENTRENADOR: Brandon Mantilla S. — DNI: 70803877 — EMPRESA: Shahuindo

LUGAR: Truck Shop — FECHA: 11.03.25 — HORA DE INICIO: 06:00 — HORA DE FIN: 7:00

Nº	CÓDIGO	APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	ÁREA	EMPRESA	FIRMA	OBSERVACIONES
1		Crisanto Crisanto William	18216405	EyM	Shahuindo		
2		Bolaños Briones William	44465041	EyM	Shahuindo		
3		Munga Cerna Edgar	25755577	EyM	Shahuindo		
4		Guitor Gomez Misael	41358380	EyM	Shahuindo		
5		Trujillo Villanueva Emilio	44710941	EyM	Shahuindo		
6		Munga Cerna Darwin	41849188	EyM	Shahuindo		
7		Regalado Urogo Hector	47232053	EyM	Shahuindo		
8		Mora Cerna Dalmer	80158818	EyM	Shahuindo		
9		Cerna Cerna Elmer	72894424	EyM	Shahuindo		
10		Carcuera Briam Jandamck	71704198	EyM	Shahuindo		
11		Moncada Huamán Johnny	71216671	EyM	Shahuindo		
12		Mejorana Polo Edwar	45053276	EyM	Shahuindo		
13		Bautista Chupinzapo Johnny	44740532	EyM	Shahuindo		
14		Vilcahuaman Bryan	74946816	EyM	Shahuindo		
15							
16							
17							
18							
19							
20							

NOMBRE: Brandon Mantilla Julca — FIRMA: Brandon Mantilla Julca, JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MINA, PAN AMERICAN SILVER — FACILITADOR / CAPACITADOR / ENTRENADOR

V°B° RESPONSABLE DEL AREA

NOMBRE: Brandon Mantilla Julca — CARGO: JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MINA — FIRMA Y FECHA: PAN AMERICAN SILVER — RESPONSABLE DEL REGISTRO

Obtenida de: Hoja de registro de charla de seguridad en la UM. Shahuindo

4.1.3.1.b. Registro autorizado de PETAR:

Antes de iniciar los trabajos de mantenimiento de alto riesgo, es necesario llenar el PETAR y al finalizar las actividades diarias de mantenimiento, es necesario, entregar para que sea guardado en los registros de documentos, el formato rellenado de Permiso Escrito para Trabajos de Alto Riesgo, debidamente autorizado.

4.1.3.1.c. Ordenes de trabajo revisadas:

Al iniciar la distribución de trabajos de mantenimiento se entrega las OTs y al finalizar las actividades diarias de mantenimiento, es necesario, entregar para que sea guardado en los registros de documentos, las OTs, previamente revisadas (Ver **Figura 54**). "Si existiese alguna observación critica, ésta inmediatamente se programa, para que sea considerado en el plan de mantenimiento.

4.1.3.1.d. IPERC continuo:

Al iniciar el turno, se revisa las ordenes de trabajo y el llenado del IPERC continuo (**Anexo 30**), donde el personal técnico, identifica los peligros, evalúa los riesgos asociados a la actividad e implanta medidas de control, para un trabajo seguro.

4.1.3.1.e. Cuaderno de relevo diario:

Al iniciar el turno, se entrega el registro de todos los trabajos realizados y los trabajos que están quedando en proceso, para que el relevo entrante culmine dichos trabajos. Adicional a ello se registra el estado de las instalaciones del Truck Shop.

4.1.3.1.f. Reunión con el área de Operaciones Mina:

Al finalizar el turno, se tiene una reunión con los jefes de guardia de las distintas áreas de la UM. Shahuindo (Ver **Figura 39**), para explicar rápidamente los trabajos realizados en los equipos de las flotas principales y solicitar los equipos que serán atendidos al día siguiente, para

que, los O1, planifiquen la distribución de sus operadores y entreguen los equipos, para ejecutar su mantenimiento.

Figura 39. Reunión diaria con jefaturas de las áreas operativas de la UM. Shahuindo.



Obtenida de: Foto de sala de reuniones de Oficinas principales de la UM. Shahuindo

4.1.3.1.g. Reunión con el área de voladura:

Al las 9:30am, de cada día se tiene reunión con el jefe de guardia de perforación y voladura, para coordinar la ubicación de los equipos y personas, según el mapa de influencia de la voladura (Ver **Figura 40**), adicional a ello se describe la ubicación exacta donde debe de bloquear el vigía de Energía y Mantenimiento (Ver **Figura 41**). Cuando la voladura afecta el taller de

mantenimiento, el jefe de guardia de mantenimiento mina es el responsable de evacuar a todo el personal.

Obtenida de: Correo corporativo de la UM. Shahuindo

Figura 40. Aviso de voladura incluyendo radio de influencia.

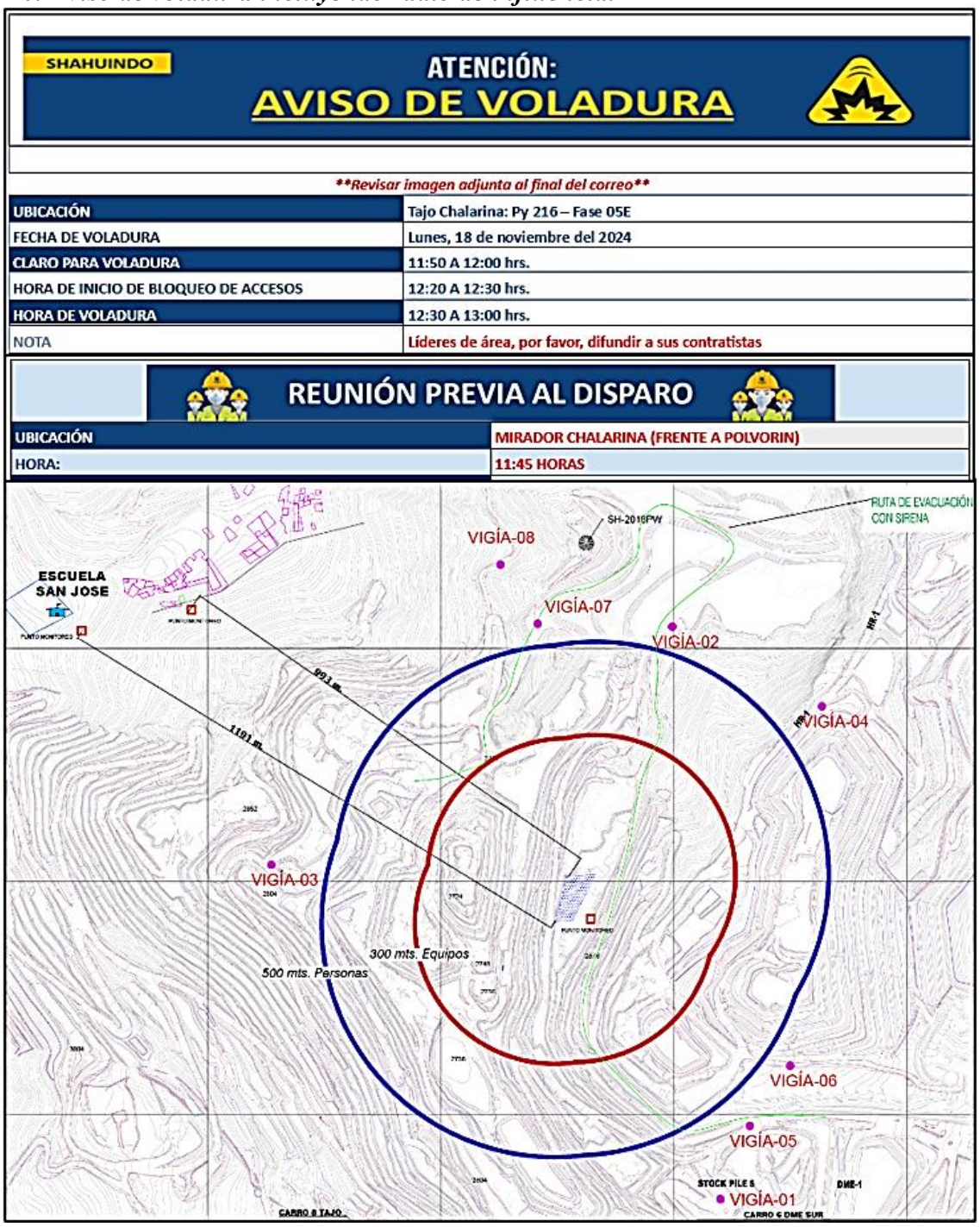


Figura 41. Ubicación de vigía, previo disparo de Voladura.



Obtenida de: Foto de vigía en Tajo de UM. Shahuindo

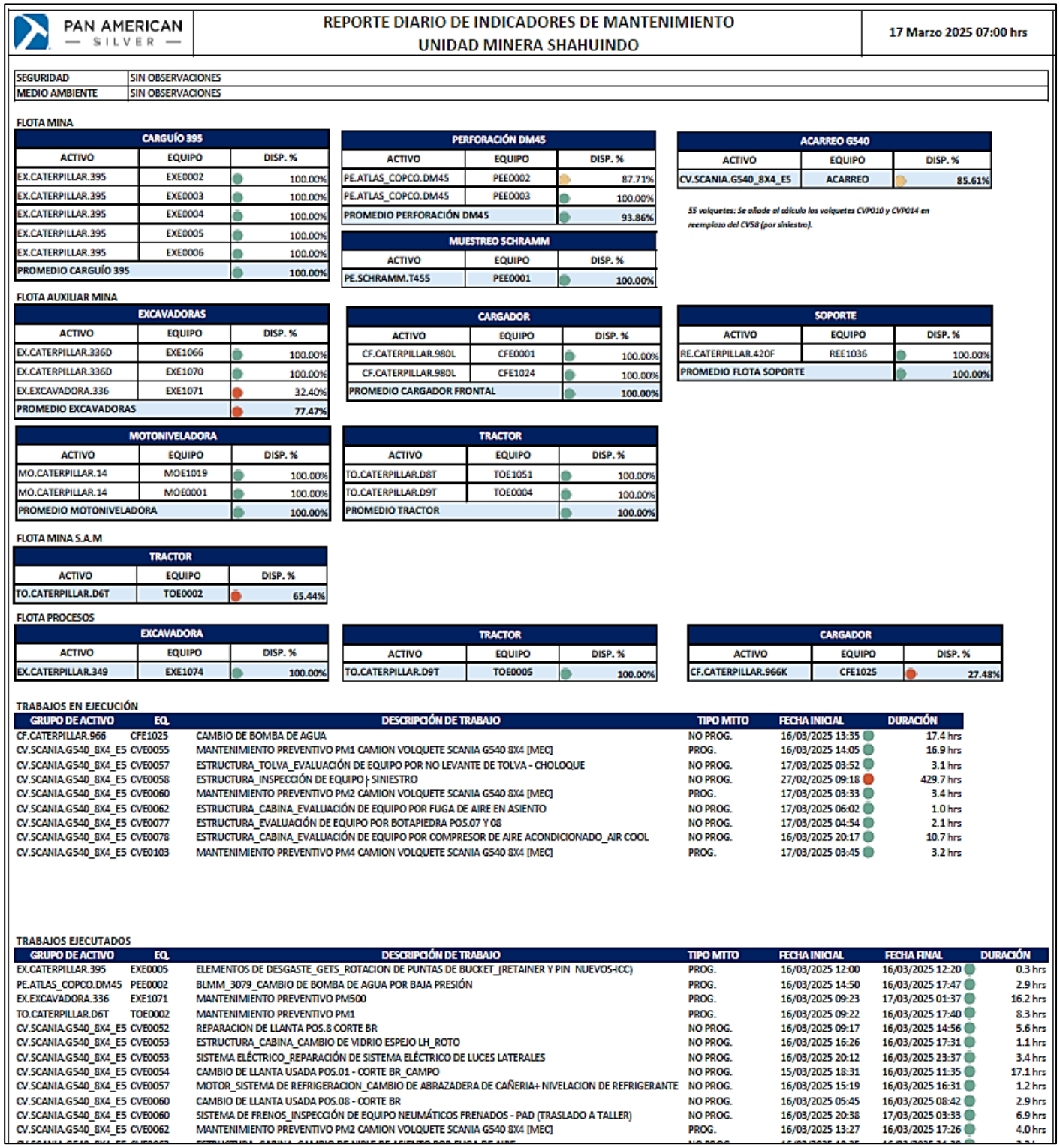
4.1.3.1.h. Reunión con el área de planeamiento de mantenimiento mina:

Al finalizar el turno, se tiene una reunión con el programador de mantenimiento, para indicar el cumplimiento de las actividades programadas, y revisar la programación del día siguiente. Esto se realiza, antes de la reunión con Operaciones Mina.

4.1.3.1.i. Conformidad y publicación de la disponibilidad de los equipos.

Al finalizar el día, se revisa la disponibilidad obtenida de los equipos y como impactaron los trabajos en dicha disponibilidad (Ver **Figura 42**). El control es de forma diaria, y se concilia con el *dispatch* de operaciones mina.

Figura 42. Reporte de indicadores de Mantenimiento



PAN AMERICAN SILVER

REPORTE DIARIO DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO
UNIDAD MINERA SHAHUINDO

17 Marzo 2025 07:00 hrs

SEGURIDAD	SIN OBSERVACIONES
MEDIO AMBIENTE	SIN OBSERVACIONES

FLOTA MINA

CARGUÍO 395

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
EX.CATERPILLAR.395	EXE0002	100.00%
EX.CATERPILLAR.395	EXE0003	100.00%
EX.CATERPILLAR.395	EXE0004	100.00%
EX.CATERPILLAR.395	EXE0005	100.00%
EX.CATERPILLAR.395	EXE0006	100.00%
PROMEDIO CARGUÍO 395		100.00%

PERFORACIÓN DM45

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
PE.ATLAS_COPCO.DM45	PEE0002	87.71%
PE.ATLAS_COPCO.DM45	PEE0003	100.00%
PROMEDIO PERFORACIÓN DM45		93.86%

MUESTREO SCHRAMM

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
PE.SCHRAMM.T455	PEE0001	100.00%

ACARREO G540

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	ACARREO	85.61%

55 volquetes: Se añade al cálculo los volquetes CVP010 y CVP014 en reemplazo del CV58 (por siniestro).

FLOTA AUXILIAR MINA

EXCAVADORAS

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
EX.CATERPILLAR.336D	EXE1066	100.00%
EX.CATERPILLAR.336D	EXE1070	100.00%
EX.EXCAVADORA.336	EXE1071	32.40%
PROMEDIO EXCAVADORAS		77.47%

CARGADOR

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
CF.CATERPILLAR.980L	CFE0001	100.00%
CF.CATERPILLAR.980L	CFE1024	100.00%
PROMEDIO CARGADOR FRONTAL		100.00%

SOPORTE

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
RE.CATERPILLAR.420F	REE1036	100.00%
PROMEDIO FLOTA SOPORTE		100.00%

MOTONIVELADORA

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
MO.CATERPILLAR.14	MOE1019	100.00%
MO.CATERPILLAR.14	MOE0001	100.00%
PROMEDIO MOTONIVELADORA		100.00%

TRACTOR

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
TO.CATERPILLAR.D8T	TOE1051	100.00%
TO.CATERPILLAR.D9T	TOE0004	100.00%
PROMEDIO TRACTOR		100.00%

FLOTA MINA S.A.M

TRACTOR

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
TO.CATERPILLAR.D6T	TOE0002	65.44%

FLOTA PROCESOS

EXCAVADORA

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
EX.CATERPILLAR.349	EXE1074	100.00%

TRACTOR

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
TO.CATERPILLAR.D9T	TOE0005	100.00%

CARGADOR

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
CF.CATERPILLAR.966K	CFE1025	27.48%

TRABAJOS EN EJECUCIÓN

GRUPO DE ACTIVO	EQ.	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO MTTO	FECHA INICIAL	DURACIÓN
CF.CATERPILLAR.966	CFE1025	CAMBIO DE BOMBA DE AGUA	NO PROG.	16/03/2025 13:35	17.4 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0055	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM1 CAMION VOLQUETE SCANIA G540 8X4 [MEC]	PROG.	16/03/2025 14:05	16.9 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0057	ESTRUCTURA_TOLVA_EVALUACIÓN DE EQUIPO POR NO LEVANTE DE TOLVA - CHOLOQUE	NO PROG.	17/03/2025 03:52	3.1 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0058	ESTRUCTURA_INSPECCIÓN DE EQUIPO├ SINIESTRO	NO PROG.	27/02/2025 09:18	429.7 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0060	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2 CAMION VOLQUETE SCANIA G540 8X4 [MEC]	PROG.	17/03/2025 03:33	3.4 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0062	ESTRUCTURA_CABINA_EVALUACIÓN DE EQUIPO POR FUGA DE AIRE EN ASIENTO	NO PROG.	17/03/2025 06:02	1.0 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0077	ESTRUCTURA_EVALUACIÓN DE EQUIPO POR BOTAPIEDRA POS.07 Y 08	NO PROG.	17/03/2025 04:54	2.1 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0078	ESTRUCTURA_CABINA_EVALUACIÓN DE EQUIPO POR COMPRESOR DE AIRE ACONDICIONADO_AIR COOL	NO PROG.	16/03/2025 20:17	10.7 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0103	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM4 CAMION VOLQUETE SCANIA G540 8X4 [MEC]	PROG.	17/03/2025 03:45	3.2 hrs

TRABAJOS EJECUTADOS

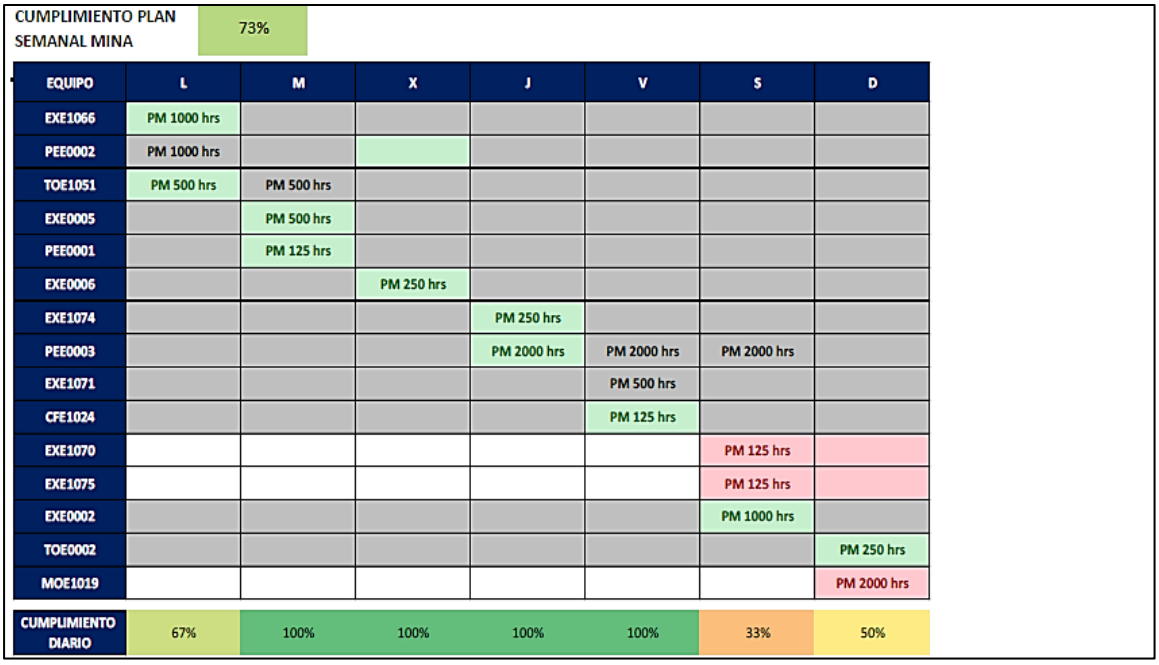
GRUPO DE ACTIVO	EQ.	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO MTTO	FECHA INICIAL	FECHA FINAL	DURACIÓN
EX.CATERPILLAR.395	EXE0005	ELEMENTOS DE DESGASTE_GETS_ROTACION DE PUNTAS DE BUCKET_(RETAINER Y PIN NUEVOS-ICC)	PROG.	16/03/2025 12:00	16/03/2025 12:20	0.3 hrs
PE.ATLAS_COPCO.DM45	PEE0002	BLMM_3079_CAMBIO DE BOMBA DE AGUA POR BAJA PRESIÓN	PROG.	16/03/2025 14:50	16/03/2025 17:47	2.9 hrs
EX.EXCAVADORA.336	EXE1071	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM500	PROG.	16/03/2025 09:23	17/03/2025 01:37	16.2 hrs
TO.CATERPILLAR.D6T	TOE0002	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM1	PROG.	16/03/2025 09:22	16/03/2025 17:40	8.3 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0052	REPARACION DE LLANTA POS.8 CORTE BR	NO PROG.	16/03/2025 09:17	16/03/2025 14:56	5.6 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0053	ESTRUCTURA_CABINA_CAMBIO DE VIDRIO ESPEJO LH_ROTO	NO PROG.	16/03/2025 16:26	16/03/2025 17:31	1.1 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0053	SISTEMA ELÉCTRICO_REPARACIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO DE LUCES LATERALES	NO PROG.	16/03/2025 20:12	16/03/2025 23:37	3.4 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0054	CAMBIO DE LLANTA USADA POS.01 - CORTE BR_CAMPO	NO PROG.	15/03/2025 18:31	16/03/2025 11:35	17.1 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0057	MOTOR_SISTEMA DE REFRIGERACION_CAMBIO DE ABRAZADERA DE CAÑERIA+ NIVELACION DE REFRIGERANTE	NO PROG.	16/03/2025 15:19	16/03/2025 16:31	1.2 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0060	CAMBIO DE LLANTA USADA POS.08 - CORTE BR	NO PROG.	16/03/2025 05:45	16/03/2025 08:42	2.9 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0060	SISTEMA DE FRENOS_INSPECCIÓN DE EQUIPO NEUMÁTICOS FRENADOS - PAD (TRASLADO A TALLER)	NO PROG.	16/03/2025 20:38	17/03/2025 03:33	6.9 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_ES	CVE0062	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2 CAMION VOLQUETE SCANIA G540 8X4 [MEC]	PROG.	16/03/2025 13:27	16/03/2025 17:26	4.0 hrs

Obtenida de: Reporte diario de indicadores de mantenimiento de la UM Shahuindo.

4.1.3.1.j. Reporte de cumplimiento diario de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo.

Al culminar el día, se envía el reporte de cumplimiento de plan diario (Ver **Figura 43**), como parte del seguimiento de las actividades realizadas y las justificaciones de los trabajos no realizados o reprogramados

Figura 43. Cumplimiento de plan se mantenimiento



CUMPLIMIENTO PLAN SEMANAL MINA	73%						
EQUIPO	L	M	X	J	V	S	D
EXE1066	PM 1000 hrs						
PEE0002	PM 1000 hrs						
TOE1051	PM 500 hrs	PM 500 hrs					
EXE0005		PM 500 hrs					
PEE0001		PM 125 hrs					
EXE0006			PM 250 hrs				
EXE1074				PM 250 hrs			
PEE0003				PM 2000 hrs	PM 2000 hrs	PM 2000 hrs	
EXE1071					PM 500 hrs		
CFE1024					PM 125 hrs		
EXE1070						PM 125 hrs	
EXE1075						PM 125 hrs	
EXE0002						PM 1000 hrs	
TOE0002							PM 250 hrs
MOE1019							PM 2000 hrs
CUMPLIMIENTO DIARIO	67%	100%	100%	100%	100%	33%	50%

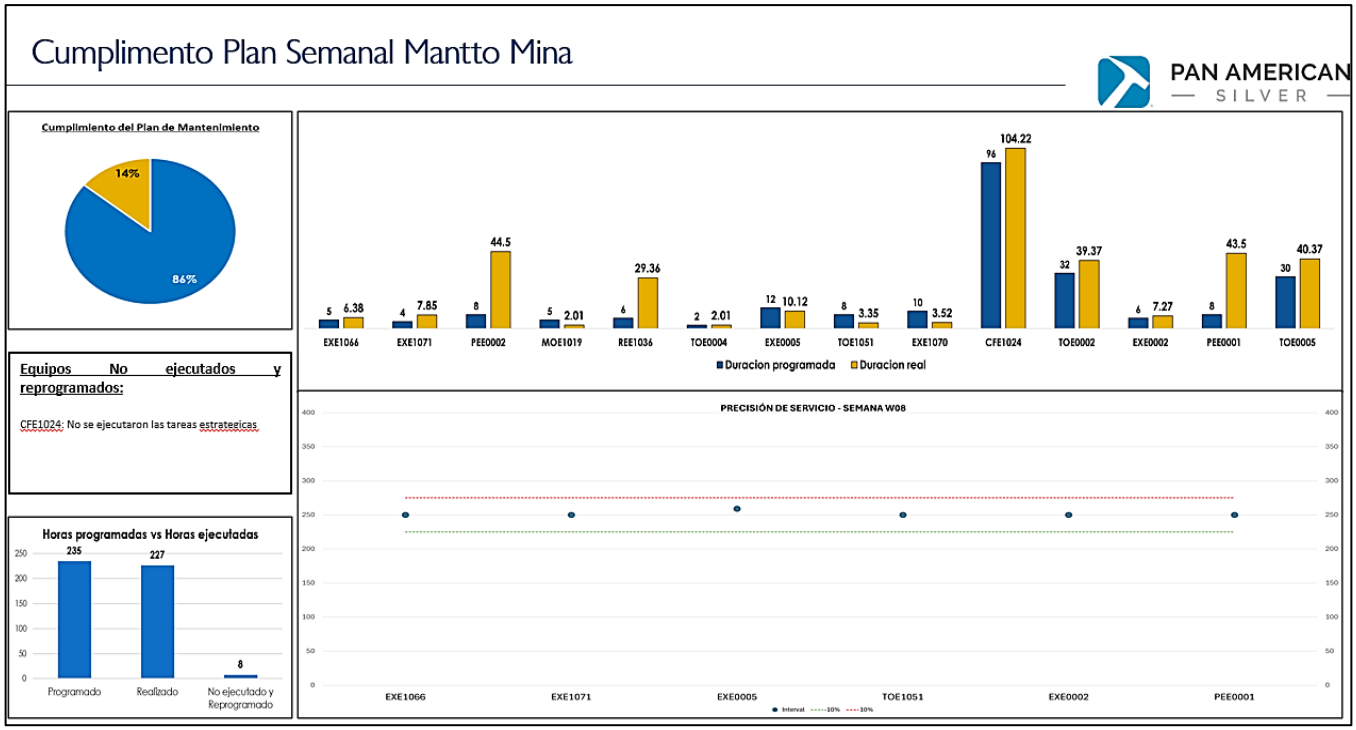
Obtenida de: Reporte diario de cumplimiento del PMP de la UM. Shahuindo

4.1.3.2. Entregables de forma semanal:

4.1.3.2.a. Reporte de cumplimiento semanal de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo.

Al culminar la semana, se envía el reporte de cumplimiento del plan semanal, como parte del seguimiento de las actividades realizadas y las justificaciones de los trabajos no realizados o reprogramados. Adicional a ello se compara las desviaciones, con respecto a horas programadas VS las horas reales de ejecución y su precisión de servicio del PM.

Figura 44. Cumplimiento de Plan semanal de Mantenimiento

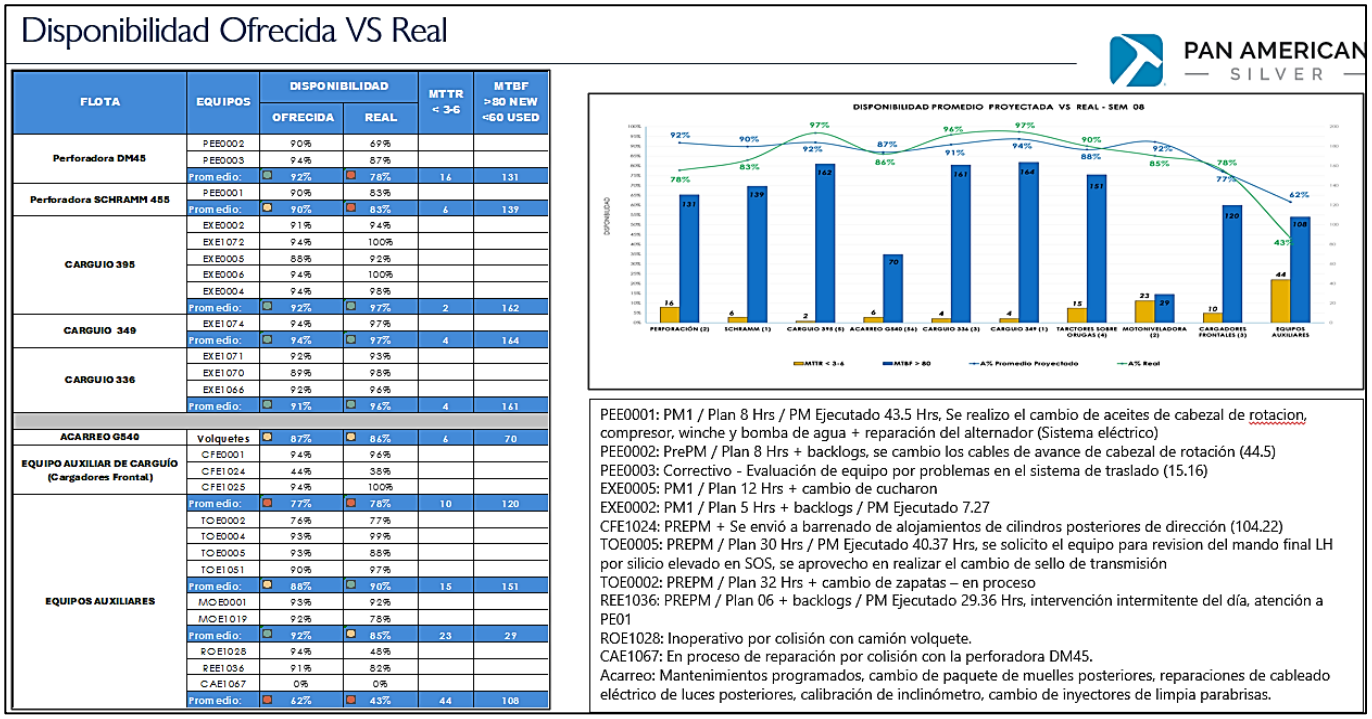


Obtenida de: Reporte semanal de cumplimiento del PMP de la UM. Shahuindo

4.1.3.2.b. Revisión y conformidad a los indicadores KPI de la semana.

Se revisa los KPI obtenidos en la semana (Ver **Figura 45**) y se replantea estrategias, para la atención de equipos en la próxima semana entrante.

Figura 45. Indicadores semanales de Mantenimiento



Disponibilidad Ofrecida VS Real

PAN AMERICAN SILVER

FLOTA	EQUIPOS	DISPONIBILIDAD		MTTR < 3-6	MTBF >80 NEW <60 USED
		OFRECIDA	REAL		
Perforadora DM45	PEE0002	90%	69%		
	PEE0003	94%	87%		
	Promedio:	92%	78%	16	131
Perforadora SCHRAMM 455	PEE0001	90%	83%		
	Promedio:	90%	83%	6	139
CARGUIO 395	EXE0002	91%	94%		
	EXE1072	94%	100%		
	EXE0005	88%	92%		
	EXE0006	94%	100%		
	EXE0004	94%	98%		
	Promedio:	92%	97%	2	162
CARGUIO 349	EXE1074	94%	97%		
	Promedio:	94%	97%	4	164
CARGUIO 336	EXE1071	92%	93%		
	EXE1070	89%	98%		
	EXE1066	92%	96%		
	Promedio:	91%	96%	4	161
ACARREO G540	Volquetes	87%	86%	6	70
EQUIPO AUXILIAR DE CARGUÍO (Cargadores Frontal)	CFE0001	94%	96%		
	CFE1024	44%	38%		
	CFE1025	94%	100%		
	Promedio:	77%	78%	10	120
EQUIPOS AUXILIARES	TOE0002	76%	77%		
	TOE0004	93%	99%		
	TOE0005	93%	88%		
	TOE1051	90%	97%		
	Promedio:	88%	90%	15	151
	MOE0001	93%	92%		
	MOE1019	92%	78%		
	Promedio:	92%	85%	23	29
	ROE1028	94%	48%		
	REE1036	91%	82%		
	CAE1067	0%	0%		
	Promedio:	62%	43%	44	108

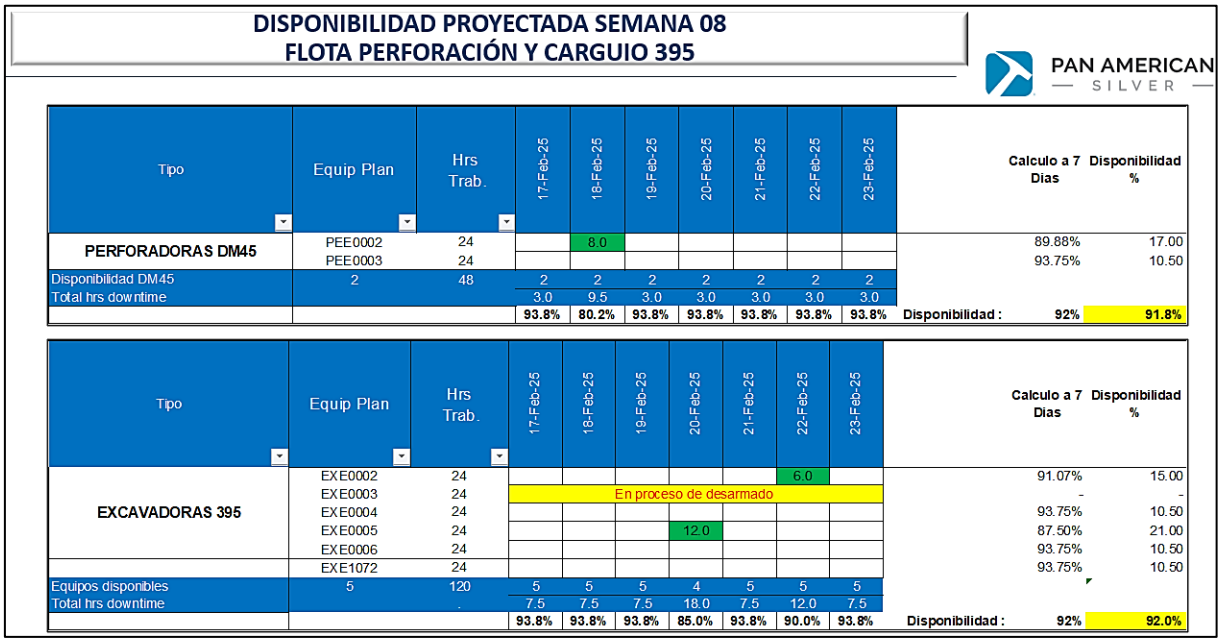
PEE0001: PM1 / Plan 8 Hrs / PM Ejecutado 43.5 Hrs, Se realizo el cambio de aceites de cabezal de rotacion, compresor, winche y bomba de agua + reparación del alternador (Sistema eléctrico)
PEE0002: PrePM / Plan 8 Hrs + backlogs, se cambio los cables de avance de cabezal de rotación (44.5)
PEE0003: Correctivo - Evaluación de equipo por problemas en el sistema de traslado (15.16)
EXE0005: PM1 / Plan 12 Hrs + cambio de cucharon
EXE0002: PM1 / Plan 5 Hrs + backlogs / PM Ejecutado 7.27
CFE1024: PREPM + Se envió a barrenado de alojamientos de cilindros posteriores de dirección (104.22)
TOE0005: PREPM / Plan 30 Hrs / PM Ejecutado 40.37 Hrs, se solicito el equipo para revision del mando final LH por silicio elevado en SOS, se aprovecho en realizar el cambio de sello de transmisión
TOE0002: PREPM / Plan 32 Hrs + cambio de zapatas – en proceso
REE1036: PREPM / Plan 06 + backlogs / PM Ejecutado 29.36 Hrs, intervención intermitente del día, atención a PE01
ROE1028: Inoperativo por colisión con camión volquete.
CAE1067: En proceso de reparación por colisión con la perforadora DM45.
Acarreo: Mantenimientos programados, cambio de paquete de muelles posteriores, reparaciones de cableado eléctrico de luces posteriores, calibración de inclinómetro, cambio de inyectores de limpia parabrisas.

Obtenida de: Reporte semanal de indicadores del PMP de la UM. Shahuindo

4.1.3.2.c. Reunión semanal con Operaciones mina.

Se expone los resultados obtenidos en la semana y se detalla los equipos que serán intervenidos, según el plan de mantenimiento (Ver **Figura 46**). Se coordina con la jefatura de operaciones mina, para intervenir los equipos de la semana y si estos trabajos se realizarán en el Truck Shop o en el Tajo de la mina.

Figura 46. Proyección del PMP de la semana entrante



DISPONIBILIDAD PROYECTADA SEMANA 08
FLOTA PERFORACIÓN Y CARGUIO 395

PAN AMERICAN SILVER

Tipo	Equip Plan	Hrs Trab.	17-Feb-25	18-Feb-25	19-Feb-25	20-Feb-25	21-Feb-25	22-Feb-25	23-Feb-25		Calculo a 7 Dias	Disponibilidad %
PERFORADORAS DM45	PEE0002	24		8.0							89.88%	17.00
	PEE0003	24									93.75%	10.50
Disponibilidad DM45	2	48	2	2	2	2	2	2	2			
Total hrs downtime			3.0	9.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0			
			93.8%	80.2%	93.8%	93.8%	93.8%	93.8%	93.8%	Disponibilidad :	92%	91.8%

Tipo	Equip Plan	Hrs Trab.	17-Feb-25	18-Feb-25	19-Feb-25	20-Feb-25	21-Feb-25	22-Feb-25	23-Feb-25	Calculo a 7 Dias	Disponibilidad %
EXCAVADORAS 395	EXE0002	24						6.0		91.07%	15.00
	EXE0003	24	En proceso de desarmado							-	-
	EXE0004	24								93.75%	10.50
	EXE0005	24				12.0				87.50%	21.00
	EXE0006	24								93.75%	10.50
	EXE1072	24								93.75%	10.50
Equipos disponibles	5	120	5	5	5	4	5	5	5		
Total hrs downtime		.	7.5	7.5	7.5	18.0	7.5	12.0	7.5		
			93.8%	93.8%	93.8%	85.0%	93.8%	90.0%	93.8%	Disponibilidad :	92%	92.0%

Obtenida de: Reporte de la proyección del PMP de la UM. Shahuindo

4.1.3.2.d. Revisión y publicación del plan semanal:

Con el área de planeamiento de mantenimiento mina se realiza una reunión semanal, para revisar los trabajos relacionados con los equipos, donde se consolidan las actividades de soldadura, llantería, confiabilidad, garantías, backlogs, etc. y se publica, para posteriormente generar las OTs.

Figura 47. Programa semanal de mantenimiento de equipos.

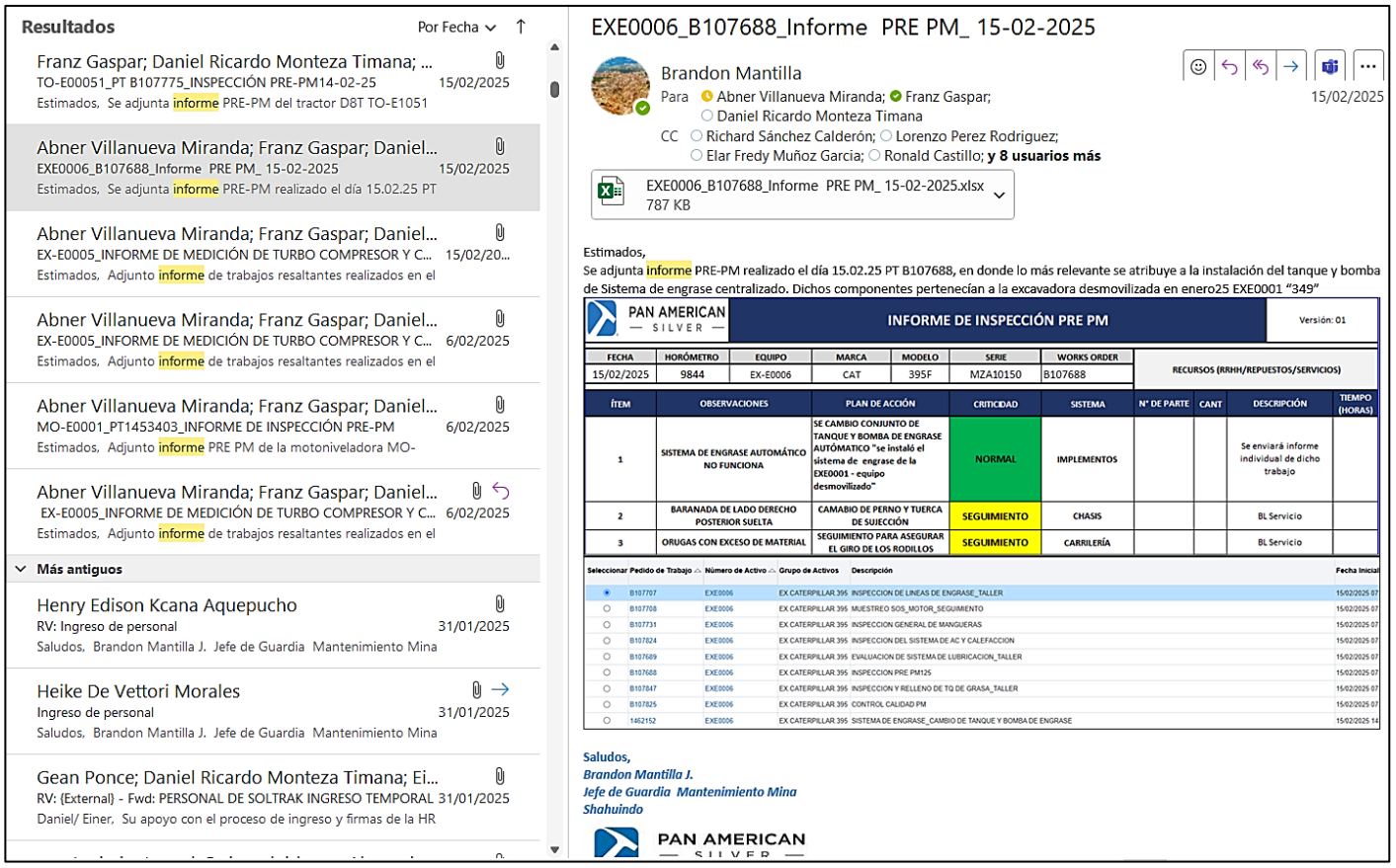
CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS - MANTENIMIENTO MINA - SHAHUINDO														
									Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Semana	Of	Equipo Plan	Actividad	Dia Real de Ejecución	Estado	Duracion Programada	Horas totales		17-Feb	18-Feb	19-Feb	20-Feb	21-Feb	22-Feb
8.25	8107813	PEE0002	PM125	18/02/2025 07:00	P	8	39			PEE0002				
8.25	1462543	PEE0002	MANDO FINAL RH_MUESTREO SOS_CAMBIO DE ACIETE_SEGUIMIENTO POR INCREMENTO DE Fe 116ppm_INSPECCIONAR PUNTOS DE INGESTA DE TIERRA_Si 90ppm	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	1462544	PEE0002	BOMBA DE AGUA_MUESTREO SOS_CAMBIO DE ACEITE_ESTRATEGIA 250 HRS	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	845149	PEE0002	BLMM_2677_CAMBIO DE CORTINA DE COLECTOR DE POLVO	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	1395438	PEE0002	BLMM_3015_CAMBIO DE EMPAQUETADURA CODO FLEXIBLE Y PROTECTOR CALOR POR FUGA DE GASES DE	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	1401786	PEE0002	BLMM_3064_CAMBIO DE SENSOR DE LECTURA DE PROFUNDIMETRO DE BARRA POR AVERÍA	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	1407574	PEE0002	BLMM_3084_CAMBIO DE SWTICH MASTER POR ENDURECIMIENTO AL GIRAR PARA ACCIONAR	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	1425687	PEE0002	BLMM_3116_CAMBIO DE SEGURO DE TRUÑO DE PLATO ESTABILIZADOR DOBLADO	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	1426037	PEE0002	BLMM_3120_CAMBIO DE SENSOR DE TEMPERATURA DE COMPRESOR POR FISURADO	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	8107718	PEE0002	INSPECCION DEL SISTEMA DE AC Y CALEFACCION	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	8107830	PEE0002	INSPECCION DE LINEAS DE ENGRASE_TALLER	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	8107889	PEE0002	EVALUACION DE SISTEMA DE LUBRICACION_TALLER	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	8107719	PEE0002	INSPECCION Y RELLENO DE TQ DE GRASA_TALLER	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	8107736	PEE0002	INSPECCION GENERAL DE MANGUERAS	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	8107760	PEE0002	CONTROL CALIDAD PM	18/02/2025 07:00	P					PEE0002				
8.25	8108111	EXE0005	PM250	20/02/2025 07:00	P	18	69					EXE0005		
8.25	8108085	EXE0005	MANDO FINAL RH_MUESTREO SOS_SEGUIMIENTO POR INCREMENTO DE Si 99ppm_DESGASTE Fe 60ppm_EN SU PM1 APERTURAR TAPA Y REALIZAR UNA LIMPIEZA_INSPECCIÓN PUNTOS DE INGESTA DE TIERRA. (EN	20/02/2025 07:00	P							EXE0005		
8.25	8108122	EXE0005	TK HIDRAULICO_CAMBIO DE ELEMENTO FILTRANTE RESPIRADERO_CODE ORACLE 10046596 STOCK 8 UNIDADES	20/02/2025 07:00	P							EXE0005		
8.25	8108098	EXE0005	TK HIDRAULICO_MUESTREO SOS_POSTERIOR AL CAMBIO REALIZADO EN SU PM4_CONTAMINENTE Si 29 ppm	20/02/2025 07:00	P							EXE0005		
8.25	8108141	EXE0005	CAMBIO DE CUCHARON	20/02/2025 07:00	P							EXE0005		
8.25	8108061	EXE0005	INSPECCION DEL SISTEMA DE AC Y CALEFACCION	20/02/2025 07:00	P							EXE0005		
8.25	8108123	EXE0005	CAMBIO DE FILTROS DE AC INTERNO Y EXTERNO	20/02/2025 07:00	P							EXE0005		
8.25	8108042	EXE0005	LIMPIEZA DE CABINA_AIR COOL	20/02/2025 07:00	P							EXE0005		
8.25	8108099	EXE0005	INSPECCION GENERAL DE MANGUERAS	20/02/2025 07:00	P							EXE0005		
8.25	8108124	EXE0005	INSPECCION DE TAPONES MAGNETICOS	20/02/2025 07:00	P							EXE0005		
8.25	8108086	EXE0005	CONTROL CALIDAD PM	20/02/2025 07:00	P							EXE0005		
8.25	8108102	EXE0002	PM250	22/02/2025 07:00	P	6	141							EXE0002
8.25	1425714	EXE0002	BLMM_3119_CAMBIO DE CONJUNTO DE CABLES DEL MOTOR DIESEL POR ROTURA DE FILAMENTOS	22/02/2025 07:00	P									EXE0002
8.25	1434677	EXE0002	BLMM_3143_CAMBIAR BASE DE FILTROS DE RETORNO DEL TANQUE HIDRAULICO	22/02/2025 07:00	P									EXE0002
8.25	8108088	EXE0002	INSPECCION DEL SISTEMA DE AC Y CALEFACCION	22/02/2025 07:00	P									EXE0002

Obtenida de: Elaboración propia del Reporte de la proyección del PMP de la UM. Shahuindo

4.1.3.2.e. Consolidado de informes técnicos y trabajos relevantes.

Al culminar la semana, se envía los informes revisados y validados (Ver **Figura 48**), de las tareas de mantenimiento, para que el personal de Planeamiento de mantenimiento mina, pueda cargarlos en nuestro ERP “sistema Oracle – AMT”.

Figura 48. Envío de informes de mantenimiento, al área de Planeamiento



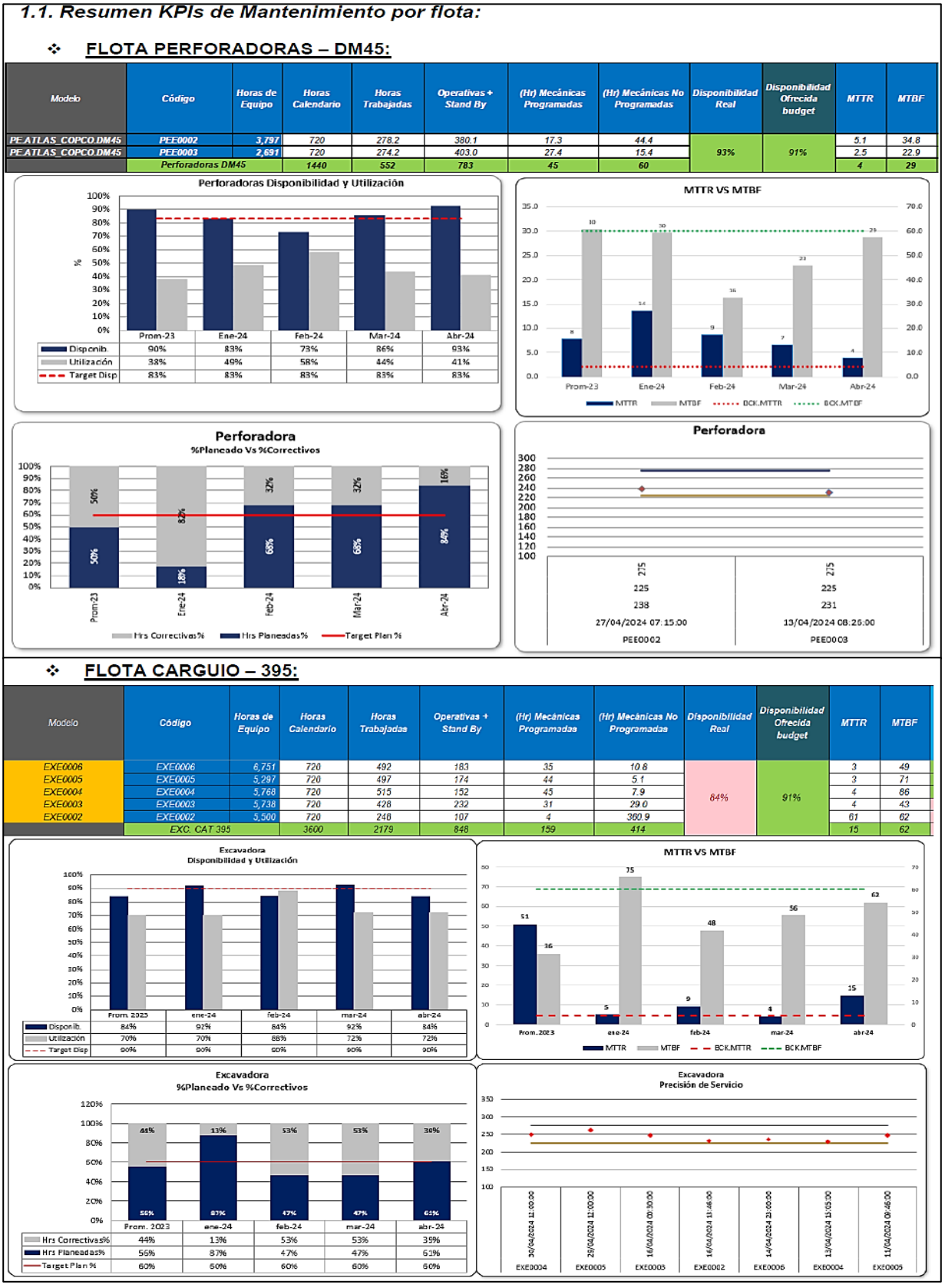
Obtenida de: Elaboración propia

4.1.3.3. Entregables de forma Mensual:

4.1.3.3.a. Reporte de indicadores de mantenimiento (KPI) mensual y difusión.

Al finalizar el mes, se realiza, analiza y difunde los indicadores de "Disponibilidad (Ver **Figura 49**), MTBF, MTTR, N° de fallas, Hr. De Parada, % Cumplimientos, etc.". Los cuales se comparan con lo proyectado y se analizan los resultados, para generar planes de trabajo en el mes siguiente.

Figura 49. KPIs Mensual de Mantenimiento



Modelo	Código	Horas de Equipo	Horas Calendario	Horas Trabajadas	Operativas + Stand By	(Hr) Mecánicas Programadas	(Hr) Mecánicas No Programadas	Disponibilidad Real	Disponibilidad Ofrecida budget	MTTR	MTBF
PE.ATLAS_COPCO.DM45	PEE0002	3,797	720	278.2	380.1	17.3	44.4	93%	91%	5.1	34.8
PE.ATLAS_COPCO.DM45	PEE0003	2,691	720	274.2	403.0	27.4	15.4			2.5	22.9
	Perforadoras DM45		1440	552	783	45	60			4	29

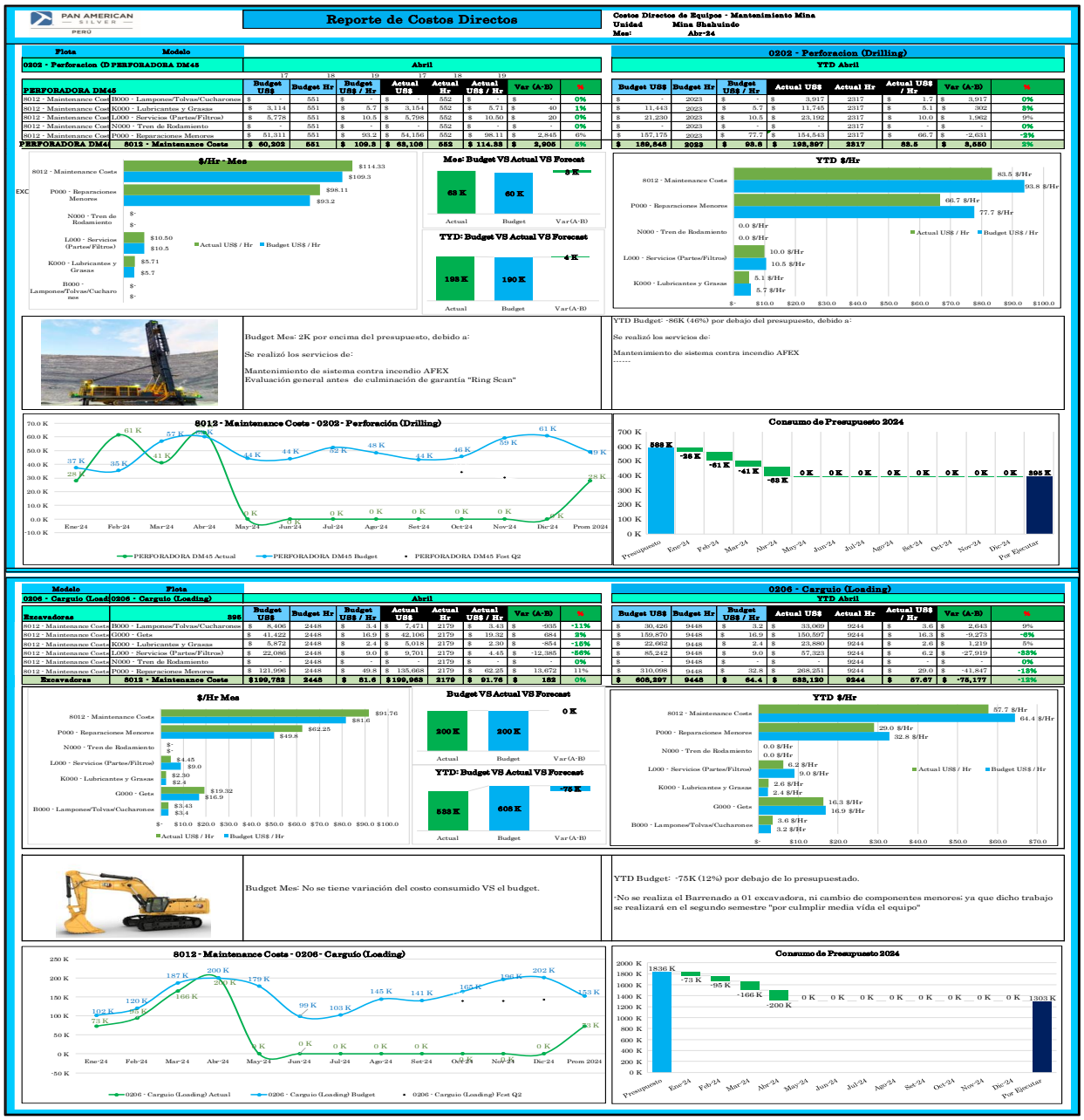
Modelo	Código	Horas de Equipo	Horas Calendario	Horas Trabajadas	Operativas + Stand By	(Hr) Mecánicas Programadas	(Hr) Mecánicas No Programadas	Disponibilidad Real	Disponibilidad Ofrecida budget	MTTR	MTBF
EXE0006	EXE0006	6,751	720	492	183	35	10.8	84%	91%	3	49
EXE0005	EXE0005	5,297	720	497	174	44	5.1			3	71
EXE0004	EXE0004	5,768	720	515	152	45	7.9			4	86
EXE0003	EXE0003	5,738	720	428	232	31	29.0			4	43
EXE0002	EXE0002	5,500	720	248	107	4	360.9			61	62
	EXC. CAT 395		3600	2179	848	159	414			15	62

Obtenida de: Elaboración propia – Indicadores de mantenimiento de la UM. Shahuindo

4.1.3.3.b. Reporte de Costos de mantenimiento Mina.

Se envía el reporte de costos asociados a los equipos de las flotas principales (Ver **Figura 50**), con la finalidad de controlar el presupuesto y medir los costos asociados al mantenimiento de los equipos.

Figura 50. Reporte Mensual de costos de mantenimiento Mina.

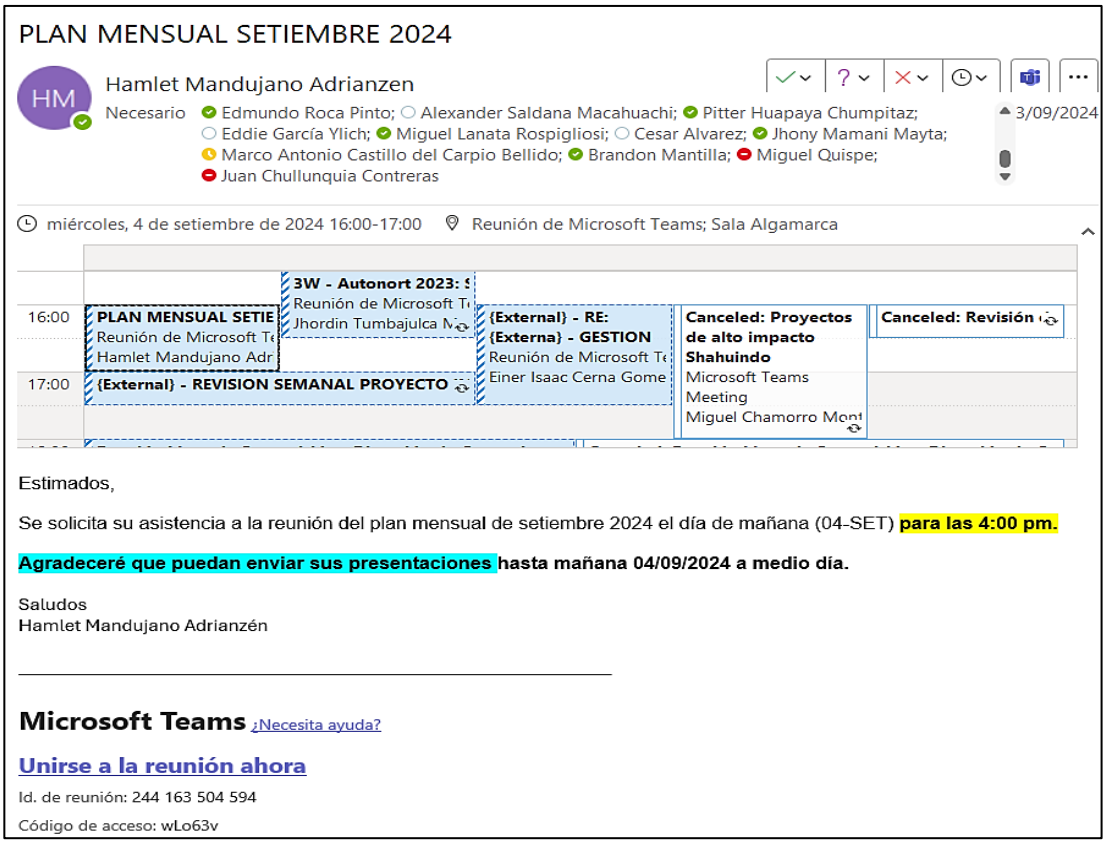


Obtenida de: Elaboración propia – Indicadores de mantenimiento de la UM. Shahuindo

4.1.3.3.c. Reunión mensual con Operaciones Mina.

Se realiza una reunión mensual con las gerencias de todas las áreas, para exponer el plan mensual de mantenimiento, nuestros indicadores de mantenimiento y las estrategias, para el siguiente mes. (Ver **Figura 51**)

Figura 51. Reunión del plan mensual con las áreas operativas.



Obtenida de: Correo corporativo, para la exposición del Plan Mensual de Mantenimiento Preventivo de la UM. Shahuindo.

4.1.3.3.d. Roster de personal técnico.

Se envía roster de personal técnico, incluyendo sus días libres, vacaciones, licencias o permisos, etc. Esto debe de estar validado por el Jefe de guardia de mantenimiento.

4.1.3.4. Entregables de forma Anual:

4.1.3.4.a. Budget de costos de Mantenimiento Mina.

4.1.3.4.b. Budget de disponibilidad ofrecida de los equipos.

4.1.3.4.c. Promociones y calificación del personal a cargo.

4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.2.1. Metodologías.

- Clasificación de criticidad de equipos.
- Etapas de la Planificación y Programación del Mantenimiento de Equipo Pesado
- Desarrollo del Plan de Mantenimiento
- Capacitación del Personal:
- Matriz de Consistencia (**Anexo 33**)
- Monitoreo, Control con KPI
- Evaluación de los resultados
- Mejora continua.

4.2.2. Técnicas.

- Estrategias de Mantenimiento.
- Backlog
- Capacitación a personal de mantenimiento “Taller y Planeamiento”
- Análisis de fallas.
- Mantenimiento preventivo
- Inspecciones rutinarias.
- Descarga de datos de los equipos

4.2.3. Instrumentos

- Microsoft Excel
- Power Bi
- ERP Oracle
- Cuadro de control de componentes
- Reporte de mantenimiento diario
- Reporte de mantenimiento semanal
- Reporte de mantenimiento mensual.

4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

- Laptop conectada a la base de datos de Shahuindo SAC.
- Scania Fleet
- Vision Link CAT
- Certiq Epiroc
- Castillas de Mantenimiento
- Fichas técnicas'.
- Manual de servicio de los equipos.
- Manual de partes de los equipos
- Bitácoras de los operadores.
- Inventario de suministros y repuestos.
- Herramientas de trabajo y diagnóstico.

4.3. Ejecución de las actividades profesionales.

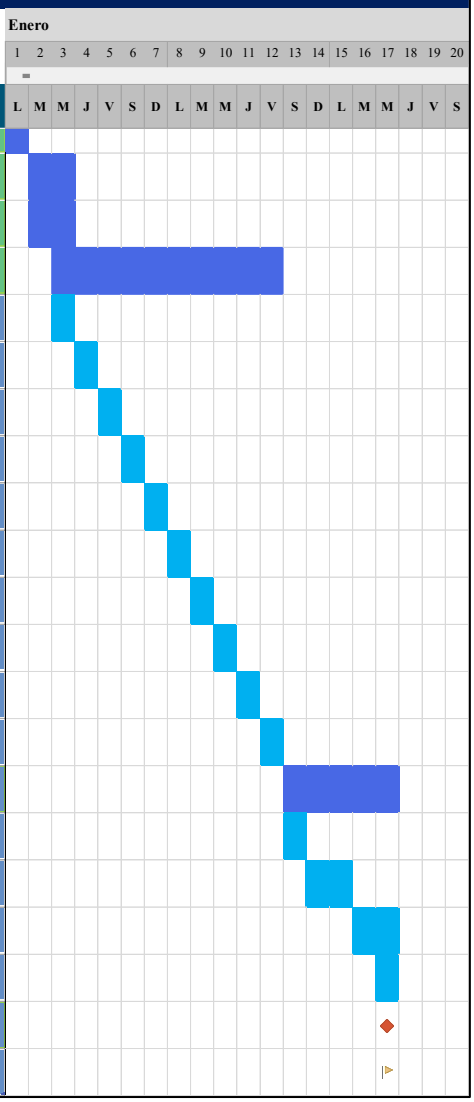
4.3.1. Cronograma de actividades realizadas.

En la **Tabla 11** se muestra la secuencia de actividades realizadas, para la implementación de un PMP.

Tabla 11. Gantt de Actividades para la implementación de un PMP.

Gantt - Implementación de un plan de mantenimiento preventivo de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la UM. Shahuindo SAC.

Descripción	Inicio	Días	Avance
Exposición referente a la Implementación del PMP	1/01/2024	1	100%
Elaboración de KPIs propuestos por Mantenimiento	2/01/2024	2	100%
Elaboración de Presupuesto de Mantenimiento.	2/01/2024	2	100%
Implementar y Realizar las Etapas para la Planificación y Programación de Mantenimiento	3/01/2024	10	100%
(a)Inventario de Equipos de la Unidad Minera Shahuindo	3/01/2024	1	100%
(b)Asignar prioridad a los Equipos de la Unidad Minera Shahuindo.	4/01/2024	1	100%
(c)Hacer lista de verificación de Mantenimiento Preventivo, para los equipos	5/01/2024	1	100%
(d)Desarrollar OT de Mantenimiento.	6/01/2024	1	100%
(e)Elaborar hoja de ruta del MP.	7/01/2024	1	100%
(f)Desarrollar un programa de Mantenimiento Preventivo.	8/01/2024	1	100%
(g)Mantener una historial de mantenimiento de equipos.	9/01/2024	1	100%
(h)Desarrollo de un sistema de informes de MP.	10/01/2024	1	100%
(i)Organización del MP.	11/01/2024	1	100%
(j)Implementar herramientas tecnológicas	12/01/2024	1	100%
Capacitación a personal de Mantenimiento para la ejecución del PMP	13/01/2024	5	100%
Capacitación a personal del área de Planeamiento de Mantenimiento Mina	13/01/2024	1	100%
Capacitación a personal del área de taller de Mantenimiento Mina	14/01/2024	2	100%
Capacitaciones técnicas a personal técnico de Mantenimiento Mina	16/01/2024	2	100%
Capacitación al área de Operaciones Mina y establecimiento de Reuniones de coordinación	17/01/2024	1	100%
Ejecución y continuidad de la Implementación del PMP	17/01/2024	1	100%
Mejora continua	17/01/2024	1	100%



Obtenida de: Elaboración propia – Trabajos realizados, para la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo, para la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo de la UM. Shahuindo.

4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales.

4.3.2.1. Exposición referente a la Implementación del PMP

Se realizó el proceso de presentación y exposición, referente a la implementación del plan de mantenimiento preventivo, a la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo. Se detallaron los objetivos y procesos, para lograr dicha implementación, para alcanzar los objetivos trazados, siendo el principal objetivo de incrementar la disponibilidad de los equipos. Para ello se contó con la aprobación de la Superintendencia de Energía y Mantenimiento y las jefaturas de las áreas de mantenimiento, como se evidencia en la **Figura 52**.

Figura 52. Equipo de jefaturas y supervisores de Energía y Mantenimiento.



Obtenida de: Elaboración propia – Foto posterior a la exposición de la Implementación del PMP al Equipo de Energía y Mantenimiento de la UM. Shahuindo.

4.3.2.2. Elaboración de KPIs propuestos por *Mantenimiento.*

En la, **Tabla 12** se muestra los indicadores propuestos como objetivo, de la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo; siendo la meta para el área de mantenimiento mina, para no afectar la producción de la UM. Shahuindo.

Tabla 12. Budget de KPIs de Mantenimiento - 2024.

	KPI Valor Meta 2024				KPI Valor Actual 2024			
Flota	Disp. %	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	Costo USD (Consumo)	Disp. %	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	Costo USD (Consumo)
0202 - Perforación (Drilling)	89%	45	6	$588,216				
0206 - Carguío (Loading)	90%	60	6	$1,836,444				
0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	89%	40	5	$5,969,181				

Obtenida de: Elaboración propia, en base al Budget aprobado de E&M. en la UM. Shahuindo

4.3.2.3. Elaboración de Presupuesto de Mantenimiento Mina.

En la **Tabla 13**, se muestra el presupuesto que se tiene para realizar actividades de mantenimiento a la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo; siendo la meta para el área de mantenimiento mina, gestionar adecuadamente los costos, para no afectar la utilidad de la UM. Shahuindo.

Los costos directos de mantenimiento son costos operativos “OPEX”, con la finalidad de adquirir todos los recursos necesarios, para brindar un servicio de mantenimiento eficiente, conservando el óptimo funcionamiento de los equipos, en su ciclo de vida.

Tabla 13. Budget de mantenimiento - Costos Directos

Presupuesto 2024			
Budget de Mantenimiento - Costo Directo			
Fecha	**Flota**	**Costos Budget**	**YTD Costos Budget**
Ene-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$37,302	$37,302
Feb-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$35,385	$72,687
Mar-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$56,958	$129,645
Abr-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$60,202	$189,848
May-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$44,434	$234,281
Jun-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$43,932	$278,213
Jul-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$52,397	$330,610
Ago-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$48,457	$379,067
Set-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$43,527	$422,593
Oct-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$45,606	$468,199
Nov-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$59,232	$527,431
Dic-24	0202 - Perforacion (Drilling)	$60,785	$588,216
Ene-24	0206 - Carguio (Loading)	$101,861	$101,861
Feb-24	0206 - Carguio (Loading)	$119,918	$221,779
Mar-24	0206 - Carguio (Loading)	$186,736	$408,516
Abr-24	0206 - Carguio (Loading)	$199,782	$608,297
May-24	0206 - Carguio (Loading)	$178,883	$787,180
Jun-24	0206 - Carguio (Loading)	$98,996	$886,176
Jul-24	0206 - Carguio (Loading)	$102,886	$989,062
Ago-24	0206 - Carguio (Loading)	$144,549	$1,133,611
Set-24	0206 - Carguio (Loading)	$140,644	$1,274,255
Oct-24	0206 - Carguio (Loading)	$164,648	$1,438,904
Nov-24	0206 - Carguio (Loading)	$195,875	$1,634,779
Dic-24	0206 - Carguio (Loading)	$201,665	$1,836,444
Ene-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$593,559	$593,559
Feb-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$542,092	$1,135,651
Mar-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$603,121	$1,738,772
Abr-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$489,478	$2,228,250
May-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$382,657	$2,610,907
Jun-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$372,541	$2,983,447
Jul-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$435,036	$3,418,483
Ago-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$429,003	$3,847,486
Set-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$467,524	$4,315,010
Oct-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$554,053	$4,869,063
Nov-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$532,330	$5,401,394
Dic-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	$567,788	$5,969,181

Obtenida de: Elaboración propia.

4.3.2.4. Implementar y Realizar las Etapas para la Planificación de Mantenimiento.

En la UM. Shahuindo se implementó las etapas de mantenimiento, según **Anexo 16**.

(a) Inventario de Equipos de la Unidad Minera Shahuindo.

Como se observa en la **Tabla 14**, se realizó el listado de equipos que trabajan en la unidad minera. Adicional a ello se crearon dichos activos en el sistema EAM Oracle, detallando sus especificaciones.

Tabla 14. Maestro de equipos de la UM. Shahuindo

ítem	Flota	Equipo	Marca	Modelo	Serie	Placa	Año
1	0202 - Perforación	PE-E0002	EPIROC	DM45	US070247	-	2022
2	0202 - Perforación	PE-E0003	EPIROC	DM45	US070248	-	2022
3	0206 - Carguío	EX-E0002	CATERPILLAR	395	MZA10139	-	2022
4	0206 - Carguío	EX-E0003	CATERPILLAR	395	MZA10140	-	2022
5	0206 - Carguío	EX-E0004	CATERPILLAR	395	MZA10144	-	2022
6	0206 - Carguío	EX-E0005	CATERPILLAR	395	MZA10146	-	2022
7	0206 - Carguío	EX-E0006	CATERPILLAR	395	MZA10150	-	2022
8	0208 - Acarreo	CV-E0051	Scania	G540	9BSG8X400N4005852	BNZ767	2021
9	0208 - Acarreo	CV-E0052	Scania	G540	9BSG8X400N4005881	BNV761	2021
10	0208 - Acarreo	CV-E0053	Scania	G540	9BSG8X400N4005819	BNZ872	2021
11	0208 - Acarreo	CV-E0054	Scania	G540	9BSG8X400N4005731	BPB803	2021
12	0208 - Acarreo	CV-E0055	Scania	G540	9BSG8X400N4005866	BNU872	2021
13	0208 - Acarreo	CV-E0056	Scania	G540	9BSG8X400N4005701	BNZ787	2021
14	0208 - Acarreo	CV-E0057	Scania	G540	9BSG8X400N4005786	BNZ916	2021
15	0208 - Acarreo	CV-E0058	Scania	G540	9BSG8X400N4005770	BNV790	2121
16	0208 - Acarreo	CV-E0059	Scania	G540	9BSG8X400N4005803	BNU763	2021
17	0208 - Acarreo	CV-E0060	Scania	G540	9BSG8X400N4005747	BNY759	2021
18	0208 - Acarreo	CV-E0061	Scania	G540	9BSG8X400N4009656	BPB817	2021
19	0208 - Acarreo	CV-E0062	Scania	G540	9BSG8X400N4009661	BPB737	2021
20	0208 - Acarreo	CV-E0063	Scania	G540	9BSG8X400N4009654	BPA866	2021
21	0208 - Acarreo	CV-E0064	Scania	G540	9BSG8X400N4009662	BPB770	2021
22	0208 - Acarreo	CV-E0065	Scania	G540	9BSG8X400N4009652	BPA948	2021
23	0208 - Acarreo	CV-E0066	Scania	G540	9BSG8X400N4009659	BPB876	2021
24	0208 - Acarreo	CV-E0067	Scania	G540	9BSG8X400N4009657	BPR944	2021
25	0208 - Acarreo	CV-E0068	Scania	G540	9BSG8X400N4009653	BPA841	2021
26	0208 - Acarreo	CV-E0069	Scania	G540	9BSG8X400N4009660	BPA922	2021
27	0208 - Acarreo	CV-E0070	Scania	G540	9BSG8X400N4009655	BPD892	2021

28	0208 - Acarreo	CV-E0071	Scania	G540	9BSG8X400N4009658	BPE831	2021
29	0208 - Acarreo	CV-E0072	Scania	G540	9BSG8X400N4011693	BRL738	2022
30	0208 - Acarreo	CV-E0073	Scania	G540	9BSG8X400N4011686	BRP838	2022
31	0208 - Acarreo	CV-E0074	Scania	G540	9BSG8X400N4011732	BRQ700	2022
32	0208 - Acarreo	CV-E0075	Scania	G540	9BSG8X400N4011778	BRG865	2021
33	0208 - Acarreo	CV-E0076	Scania	G540	9BSG8X400N4011741	BRP865	2022
34	0208 - Acarreo	CV-E0077	Scania	G540	9BSG8X400N4011751	BRP780	2022
35	0208 - Acarreo	CV-E0078	Scania	G540	9BSG8X400N4011725	BRP-837	2022
36	0208 - Acarreo	CV-E0079	Scania	G540	9BSG8X400N4011706	BRH715	2021
37	0208 - Acarreo	CV-E0080	Scania	G540	9BSG8X400N4011712	BRP829	2022
38	0208 - Acarreo	CV-E0081	Scania	G540	9BSG8X400N4011699	BRT949	2022
39	0208 - Acarreo	CV-E0082	Scania	G540	9BSG8X400N4011759	BRG946	2021
40	0208 - Acarreo	CV-E0083	Scania	G540	9BSG8X400N4011769	BRP756	2022
41	0208 - Acarreo	CV-E0084	Scania	G540	9BSG8X400N4011718	BRP928	2022
42	0208 - Acarreo	CV-E0085	Scania	G540	9BSG8X400N4011807	BRO935	2021
43	0208 - Acarreo	CV-E0086	Scania	G540	9BSG8X400N4011799	BRI827	2021
44	0208 - Acarreo	CV-E0087	Scania	G540	9BSG8X400N4011789	BRU700	2022
45	0208 - Acarreo	CV-E0088	Scania	G540	9BSG8X400N4011988	BRG866	2021
46	0208 - Acarreo	CV-E0089	Scania	G540	9BSG8X400N4011972	BRH942	2021
47	0208 - Acarreo	CV-E0090	Scania	G540	9BSG8X400N4012014	BRQ701	2022
48	0208 - Acarreo	CV-E0091	Scania	G540	9BSG8X400N4012031	BRI861	2021
49	0208 - Acarreo	CV-E0092	Scania	G540	9BSG8X400N4012085	BRH730	2021
50	0208 - Acarreo	CV-E0093	Scania	G540	9BSG8X400N4012114	BRI860	2021
51	0208 - Acarreo	CV-E0094	Scania	G540	9BSG8X400N4012064	BRI826	2021
52	0208 - Acarreo	CV-E0095	Scania	G540	9BSG8X400N4012216	BRO934	2021
53	0208 - Acarreo	CV-E0096	Scania	G540	9BSG8X400N4012132	BRH943	2021
54	0208 - Acarreo	CV-E0097	Scania	G540	9BSG8X400N4012171	BRK831	2022
55	0208 - Acarreo	CV-E0098	Scania	G540	9BSG8X400N4012199	BRP837	2022
56	0208 - Acarreo	CV-E0099	Scania	G540	9BSG8X400N4012154	BRI837	2021
57	0208 - Acarreo	CV-E0100	Scania	G540	9BSG8X400N4012241	BRG947	2021
58	0208 - Acarreo	CV-E0101	Scania	G540	9BSG8X400N4012302	BRL862	2022
59	0208 - Acarreo	CV-E0102	Scania	G540	9BSG8X400N4012284	BRK921	2022
60	0208 - Acarreo	CV-E0103	Scania	G540	9BSG8X400N4012258	BRP781	2022
61	0208 - Acarreo	CV-E0104	Scania	G540	9BSG8X400N4012331	BRK-946	2022
62	0210 - Mantenimiento de Vías y desmonte	MO-E0001	CATERPILLAR	14	NN400334	14	2023
63	0210 - Mantenimiento de Vías y desmonte	MO-E1019	CATERPILLAR	14M	F5800211	14	2023
64	0210 - Mantenimiento de Vías y desmonte	RE-E1036	Caterpillar	420F	L9T01366	L9T01366	2023
65	0210 - Mantenimiento de Vías y desmonte	RO-E1028	CATERPILLAR	CS19	CAT0CS19A75900108	-	2023
66	0211 - Flota Auxiliar	CF-E0001	Caterpillar	980L	D8Z10260	0980LAD 8Z10260	2017
67	0211 - Flota Auxiliar	CF-E1024	CATERPILLAR	980L	MK900659	-	2022

68	0211 - Flota Auxiliar	CG-E1030	Mercedes Benz	Actros 4144K_CG	WDB932315L0365953	T0M-847	2019
69	0211 - Flota Auxiliar	CG-E1045	VOLVO	FMX500	YV2XG30HOJA825295	V0T-741	2018
70	0211 - Flota Auxiliar	CG-E1047	FREIGHTLINER	M2112	3AKJC5V0DDBW4728	C1K-721	2013
71	0211 - Flota Auxiliar	CL-E0001	SCANIA	G540 B8X4	9BSG8X400S4076255	CBT-814	2023
72	0211 - Flota Auxiliar	EX-E1066	Caterpillar	336	GDY20786	-	-
73	0211 - Flota Auxiliar	EX-E1070	Caterpillar	336	ESP921043	-	2022
74	0211 - Flota Auxiliar	EX-E1071	CATERPILLAR	336	GDY21554	-	2023
75	0211 - Flota Auxiliar	TO-E0002	CATERPILLAR	D6T	GCT02509	-	2015
76	0211 - Flota Auxiliar	TO-E0004	CATERPILLAR	D9	J3D00369	-	2023
77	0211 - Flota Auxiliar	TO-E1051	CATERPILLAR	D8	AE800666	-	2023
78	0220 - Geología	PE-E0001	SCHRAMM	T455	J101-B132	-	2021
79	0402 - Lixiviación	TO-E0005	CATERPILLAR	D9	J3D00370	-	2023
80	0402 - Lixiviación	CF-E1025	CATERPILLAR	966K	00966KJ8R00500	-	-
81	0402 - Lixiviación	EX-E1074	CATERPILLAR	349	GAX78006	-	2023
82	0402 - Lixiviación	EX-E1075	CATERPILLAR	336	MZR20467	-	2023
83	0911 - Generación de Energía	GE-A0001	Caterpillar	3516B	OYAT00746	2281KVA 1825KW	2012
84	0911 - Generación de Energía	GE-A0002	Caterpillar	3516B	OYAT00754	2281KVA 1825KW	2012
85	0911 - Generación de Energía	GE-E0001	Olimpia	GEP65-11	OLY00000CLES01806	OLY00000CLES01806	2013
86	0911 - Generación de Energía	GE-E0002	Olympian	GEP65-11	OLY00000JLES00337	OLY00000JLES00337	2011
87	0911 - Generación de Energía	GE-E0003	Olympian	GEP50-7	OLY00000CDDY00770	OLY00000CDDY00770	2014
88	0911 - Generación de Energía	GE-E0004	Olympian	GEP50-7	OLY00000VDDY00768	OLY00000VDDY00768	2014
89	0911 - Generación de Energía	GE-E0005	Olympian	GEP50-7	OLY00000ADDY00769	OLY00000ADDY00769	2014
90	0911 - Generación de Energía	GE-E0006	Olympian	GEP22-6	OLY00000D4J03564	OLY00000D4J03564	2010
91	0911 - Generación de Energía	GE-E0007	Olympian	GEP65-7	OLY00000CB4D02934	OLY00000CB4D02934	2014
92	0911 - Generación de Energía	GE-E0011	GAMMA	GPLS-80	1101-432-0638	1101-432-0638	2014
93	0911 - Generación de Energía	GE-E0030	Cummins	C1500 D6	A17K137324	GRUPO ELECTROGENO 1500KW	2017
94	0911 - Generación de Energía	GE-E0031	Cummins	C1500 D6	B17K147882	GRUPO ELECTROGENO 1500KW	2017

95	0911 - Generación de Energía	GE-E0032	Cummins	C1500 D6	A17K137325	GRUPO ELECTROGENO 1500KW	2017
96	0911 - Generación de Energía	GE-E0033	Cummins	C1500 D6	B17K147883	GRUPO ELECTROGENO 1500KW	2017
97	0911 - Generación de Energía	GE-E0041	Stemac	J15T036608	375004815	-	2018
98	0911 - Generación de Energía	GE-E0046	Olympian	GEP218-3	OLY000000HAR700415	GEP218-3	2019
99	0911 - Generación de Energía	GE-E0048	Cummins	C350D6	F19T048044	C350D6	2019
100	0911 - Generación de Energía	GE-E0049	Cummins	C250 D6	J19I806457	-	2019

Obtenida de: Elaboración propia.

(b) Asignar prioridad a los Equipos de la Unidad Minera Shahuindo.

Se realizó el análisis de criticidad a los equipos de la UM. Shahuindo, basándonos en los siguientes criterios:

- Efecto sobre la producción y el servicio.
- Valor técnico económico.
- Consecuencias de las fallas.
- Confiabilidad.
- Flexibilidad en el proceso.
- Dependencia logística.
- Mano de obra.
- Mantenibilidad.

Para ello se tomó como escala de referencia según la **Tabla 15**.

Tabla 15. Escala de Referencia de Criticidad de equipos.

Escala de Referencia	
Crítica	16 a 20
Importante	11 a 15
Regular	6 a 10
Opcional	0 a 5

Obtenida de: Estándar NORSOK Z 008 Rev. 2, Nov. 2001

Teniendo como resultado, los equipos de la flota de perforación "19 – Crítica"; los equipos de la flota de carguío "16- Crítica" y los equipos de la flota de acarreo "14-Importante".

(c) Hacer lista de verificación de Mantenimiento Preventivo, para los equipos.

Se elaboró la lista de verificación de mantenimiento, a los equipos de la flota de perforación, carguío y acarreo de la UM. Shahuindo, los cuales fueron establecidos y aprobados dentro del área de, mantenimiento mina.

- Check List de Mantenimiento-DM45-Tipo PM1+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-DM45-Tipo PM2+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-DM45-Tipo PM3+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-DM45-Tipo PM4+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-DM45-Tipo Pre-PM+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-395-Tipo PM1+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-395-Tipo PM2+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-395-Tipo PM3+Gantt de Trabajo

- Check List de Mantenimiento-395-Tipo PM4+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-395-Tipo Pre-PM+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-G540-Tipo PM1+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-G540-Tipo PM2+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-G540-Tipo PM3+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-G540-Tipo PM4+Gantt de Trabajo
- Check List de Mantenimiento-G540-Tipo Pre-PM+Gantt de Trabajo

En la **Figura 53**, se muestra el formato de lista de verificación de Mantenimiento Preventivo que se implementó y se usa actualmente, para la ejecución del mantenimiento preventivo de los equipos.

Figura 53. - Check List de Mantenimiento-395-Tipo PM4.

PAN AMERICAN SILVER

CHECK LIST VERIFICACION DE PM 4 - EXCAVADORA 395

Version 01

Codigo : _____ Horometro : _____ Hora de Inicio de servicio : _____

Serie : _____ Fecha : _____ Hora de Ternimo de servicio : _____

Modelo : _____ OT (WO): _____

Técnico lider del PM : _____

TIEMPO DE DURACION DEL PM 4

24 HORAS

INSTRUCCIONES:

1.- Marque con un aspa (X) si presenta irregularidades con (√) si el estado es Nomal ( ) No realizado.
2.- Tenga presente la lista de CAUSAS DE FALLAS mas comunes antes de inicar la actividad.

√ Preparacion del equipos	Obervaciones
_____ Consulte al operador si tiene observaciones del equipo	
_____ Prepare la máquina para la inspección.	
_____ Descargue codigos activos y verifique parametros con ET	
_____ Observe el color de los gases de escape.	
_____ Escuche para detectar ruidos inusuales.	
_____ Verificar estado de extintor y ultima inspección.	
_____ Verificar el check list del operador que esta en la cabina.	
_____ LAVADO GENERAL DEL EQUIPO.	

1.- MOTOR

√ Inspeccionar /Verificar	√ Puntos de servicio	√ Despues del servicio
____ Nivel de aceite	____ Cambio de Aceite Motor	____ Nivel de aceite motor
____ Nivel de refrigerante (rellenar de ser necesario)	____ Cambio de filtro primario de aire	____ Nivel de refrigerante
____ Cierre hermético de varilla de nivel	____ Cambio de filtro secundario de aire	____ Sonidos irregulares
____ Fugas por turbocompresor (aceite, aire, gases)	____ Cambio de filtro primario de combustible	
____ Fugas por motor de arranque	____ Cambio de filtro secundario de combustible	**√ Monitoreo de condiciones**
____ Fugas por sellos de tapar de balancines	____ Cambio de filtro de aceite de motor	___ SOS Motor
____ Fugas general del motor	____ Cambio de filtro separador de agua	___ SOS Refrigerante
____ Cierre hermético de tapa de filtros de aire	____ Cambio de sello de tanque de combustible	____ Cortar filtros de aceite de motor.
____ Indicador de filtro de aire	____ Verificar el estado de tapa de radiador.	
____ Abrazaderas y mangueras de radiador.	____ Lavar / Limpiar panel de radiador	
____ Ajuste y condición de faja de alternador & A/C	____ Lavar / Limpiar panel de Aftercooler y condensador	
____ Cojinetes de polea tensora y cubo de ventilador.	____ Realizar calibracion de valvulas (Ver anexo)	
____ Estado de ventilador.		
____ Abrazaderas y mangueras de admisión de aire.		
____ Soportes de motor		
____ Montura y cerrojos del capo del motor.		
____ Sellos y soporte de filtro de aire	**OBSERVACIONES :**	
____ Soportes gomas del radiador		
____ Mangueras de radiador/Aftercooler		
____ Mangueras de A/C		
____ Fugas de gases de escape		
____ Bomba de agua de motor		

2.- RODAMIENTOS Y CARRILERIA

√ Inspeccionar /Verificar	√ Puntos de servicio	√ Despues de operación
____ Nivel de aceite de mandos finales (LH Y RH)	____ Cambiar aceite mando final LH	____ Sonidos irregulares al desplazar el equipo.
____ Fugas de aceite mandos finales (DUO CONE)(LHy RH)	____ Cambiar aceite mando final RH	____ Verificar, nivel de aciete de mandos finales
____ Estado de tapones de Mandos finales (LHy RH)	____ Verificar, Regular comba de cadena RH	**√ Monitoreo de condiciones**
____ Condicion rodillos superiores de oruga (LH y RH)	____ Verificar, Regular comba de cadena LH	____ SOS Mando final LH
____ Condición de rodillos inferiores de oruga. (LH y RH)		____ SOS Mando final RH
____ Zapatas de cadenas (RH y LH).		____ Estado de tapones mando final LH
____ Inspeccionar estado de ruedas guía (RH y LH).		____ Estado de tapones mando final RH
____ Estado de segmentos de sprockets (RH y LH).		
____ Estado de bocinas de cadenas (RH y LH).	**OBSERVACIONES :**	
____ Fisuras en tramas de oruga		
____ Guiadores laterales de cadenas (RH y LH).		

3.- SISTEMA HIDRÁULICO

√ Inspeccionar /Verificar	√ Puntos de servicio	√ Despues de operación
____ Nivel de aceite de sistema Hyd	____ Cambiar aceite de reductores de giro (swivel)	____ Evaluar sonidos irregulares al activar cilindros HyD.
____ Nivel de aceite de Swivel.	____ Cambiar aceite hidráulico	____ Verificar nivel de aceite de reductores de giro
____ Activacion de bloqueo de sistema hidraulico	____ Cambiar filtro hidráulico piloto	____ Verificar nivel de aceite hidráulico
____ Hermeticidad de tapa de TQ hidraulico.	____ Cambiar filtros hidráulicos retorno	**√ Monitoreo de condiciones**
____ Mirilla de nivel de aceite hidraulico	____ Cambiar filtros hidráulicos de carcasa	____ SOS hidraulico
____ Condicion de intercambiador de calor de aceite Hyd	____ Cambiar sellos de tapa de tanque Hyd	____ SOS motor de giro delantero y posterior (swivel)
____ Manguera de cilindro Boom, Stick, Bucket (fugas)	____ Despresurizar sistema hidraulico por respiradero de tanque hidraulico	____ Evaluar estado de vastagos de cilindros Hyd
____ Fugar por cilindro Boom, Stick, bucket	____ Verificar /Cambiar Cap de toma rapida muestra SOS	**OBSERVACIONES :**
____ Estado de la bomba principal (fugas)	____ Cambiar respiradero de reductores de giro (swivel)	
____ Estado de control de valvulas principal (fugas)	____ Cambiar respiradero de tanque hidráulico	
____ Verificar estado de tanque hyd	____ Limpiar screen de lineas de bomba	
____ Estado de motor de traslacion LH y RH (fugas)		
____ Inspeccion de varilla de reductor de giro LH y RH		

4.- ✓ Inspeccionar / Verificar Chasis /Cabina — **✓ Puntos de servicio**

CHASIS

- ____ Pernos de montura de tornamesa.
- ____ Pernos fracturados en chasis.
- ____ Inspeccionar fisuras en boom, stick y bucket
- ____ Peldaños y manijas.
- ____ Pernos y guardas de compartimientos.
- ____ Pernos y guardas inferiores
- ____ Estado de barandas

CABINA

- ____ Alarma/luz de accion.
- ____ Funcionamiento del claxon.
- ____ Zumbadores, indicadores y luces de advertencia.
- ____ Condición de parabrisas.
- ____ Condición de limpiaparabrisas.
- ____ Funcionamiento de A/C.
- ____ Condición/montura de barra antiatropellos (ROOPS).
- ____ Pestillos y cerraduras de puertas
- ____ Condición de asientos y cinturón de seguridad.
- ____ Funcionamiento de sistema de engrase centralizado.

✓ Puntos de servicio

- ____ Regular juego de pin de bucket
- ____ Cambiar filtro de aire acondicionado
- ____ Cambiar filtro de cabina

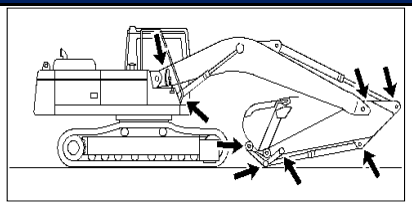
5.- ✓ Inspeccionar /Verificar — **✓ Puntos de servicio**

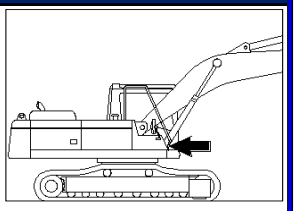
SISTEMA ELECTRICO

- ____ Interruptor principal del sistema eléctrico (llave conejo)
- ____ Estado de los conectores eléctricos.
- ____ Luces generales del equipo, indicadoras, avance.
- ____ Verificar funcionamiento de alarma de retroceso - 6 metros de radio de audición.
- ____ Verificar codigos activos en el equipo
- ____ Verificar codigos registrados en el equipo
- ____ Interruptor principal del sistema arranque
- ____ Limpiar compartimiento de bateria
- ____ Limpiar / Lubricar bornes de batería.
- ____ Evaluar condicion general d ela bateria
- ____ Evaluar condicion del aternador
- ____ Evaluar condicion del motor de arranque

6.- ✓ Lubricacion y engrase del Equipo

- ____ Limpiar zonas de engrase de cojinetes de Boom, Stick y Bucket
- ____ Engrasar cojinetes de Boom, Stick, Bucket
- ____ Lineas de grasa y graseras de circulo de giro
- ____ Inspeccionar fisuras en boom, stick y bucket
- ____ Inspeccionar planchas cucharon (Tec. Soldador) (ver anexo)





7.- ✓ Pruebas y ajustes (Evaluando la condicion del equipo)

- ____ Medición de tiempos de los implementos (ver Anexo).
- ____ Medicion de carrileria usando CTS (Ver Anexo)
- ____ Evaluacion de temperaturas de carrileria
- ____ Inspeccion de GETS (Ver Anexo)
- ____ Inspección Termografica de Pines y bocinas
- ____ Evaluacion de turbocompresor (juego axial y radial)
- ____ Evaluacion AT2
- ____ Inspección Termografica de Cilindros Hidráulicos

8.- ✓ Control de filtros y repuestos

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	FREC.	Nº PARTE	ORACLE	Retiro filtros ?
1	FILTRO ACEITE DE MOTOR	1	250	500-0483	10042416	
2	FILTRO SEPARADOR DE AGUA	1	250	500-0481	10053699	
3	FILTO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	2	250	570-1623	10056078	
4	FILTER AS-AIR (CAB)	1	250	580-5439	10046110	
5	FILTER AS (AIR CONDITIONER)	1	250	500-0957	10046111	
6	FILTER AIR (PRIMARY)	2	250	496-9841	10046586	
7	SEAL O-RING FILTER ELEMENT AS-OIL (HYDRAULIC)	1	500	095-1582	10046590	
8	FILTER ELEMENT AS-OIL (HYDRAULIC TRANSMISION)	3	500	389-1079	10053701	
9	SEAL O-RING FILTER ELEMENT AS-OIL (HYDRAULIC TRANSI	1	500	095-1671	10016448	
10	FILTER ELEMENT AS-OIL (HYDRAULIC LINE RETURN)	1	500	389-1079	10053701	
11	SEAL O-RING FILTER ELEMENT AS-OIL (HYDRAULIC LINE RE	1	500	095-1671	10016448	
12	FILTER ELEMENT OIL (HYDRAULIC RETURN TANK)	2	500	590-9787	10053702	
13	SEAL O-RING HYDRAULIC RETURN TANK	2	500	141-0749	10046593	
14	FILTER-AIR (SECONDARY)	2	500	496-9842	10046587	
15	COVER AS-VALVE TANK HYDRAULIC	1	2000	540-7039	10062919	
16	BREATHER CATERPILLA	2	2000	4H-6112	10001732	
17	SEAL CATERPILLAR	4	2000	7M-8485	10009337	
18	SEAL CATERPILLAR	3	2000	242-9537	10009280	

9.- ✓ Control de aceites y muestras SOS

Item	Compartimiento	Tipo de Aceite	Cant (Gal)	Cant (lit)	Frecuencia	Usted Cambio? Filtros	Aceite	SOS	Relleno ? Indique la cantidad
1	Motor	Mobil Delvax 15w40 (	18	72	250				____ Gal.
2	Mando final LH	Mobil Trans HD 50	5.5	22	500				____ Gal.
3	Mando final RH	Mobil Trans HD 50	5.5	22	500				____ Gal.
4	Reductor de Giro delantero	Mobil Trans HD 50	3	12	500				____ Gal.
5	Reductor de Giro posterior	Mobil Trans HD 50	3	12	500				____ Gal.
6	Sistema hidraulico	Mobil Trans HD 10W	90	360	2000				____ Gal.
7	Sistema de refrigeracion+ reservorio	ELC CAT	19	76	Condicion				____ Gal.

10.- ✓ Conclusiones /Observaciones

_____

_____

Tec. Mecánico _____ Jefe de Guardia _____ VB°Confiabilidad y Monitoreo de condiciones

Obtenida de: Elaboración propia – Check List. de mantenimiento de la UM. Shahuindo

(d) Desarrollar OT de Mantenimiento.

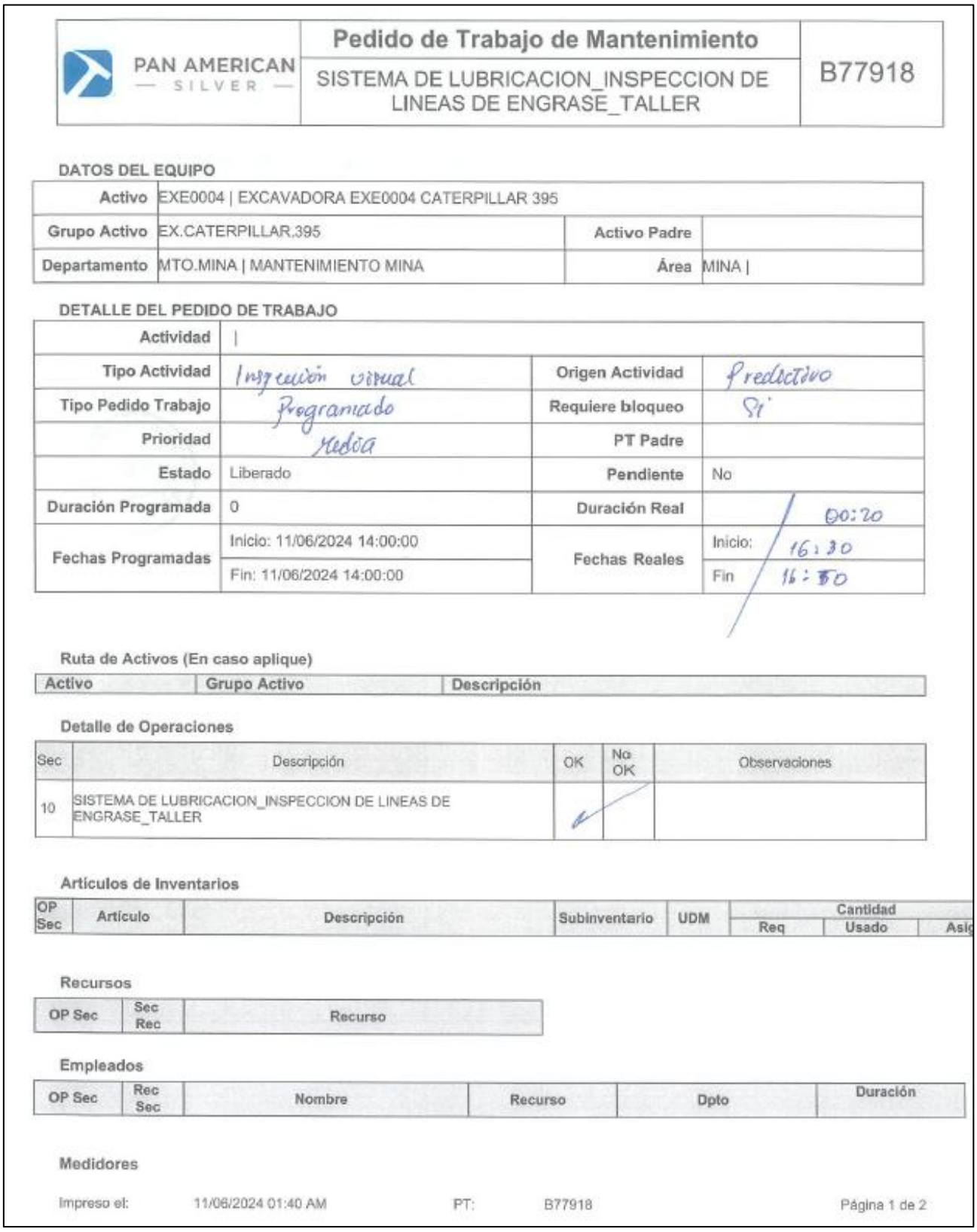
En la UM Shahuindo, se desarrolló en el sistema EAM Oracle "Software de Gestión de Activos", el formato y diseño de la Orden de Trabajo, el cual se crea en el sistema, para posteriormente imprimirla y entregarla al personal técnico que ejecutará la tarea, posterior al desarrollo de trabajos, se llena la OT y lo valida el supervisor con la aprobación del jefe de guardia de mantenimiento mina. Adicional a ello se puede crear y cargar ordenes de trabajo de forma masiva en el sistema, lo cual permite cargar nuestro Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP) al sistema EAM Oracle, para poder distribuir las actividades.

Cabe resaltar que a inicio de guardia se reparte las tareas y se entrega las OTs al personal técnico, posterior a ello, identifican los peligros y evalúan los riesgos de las tareas asignadas, para implementar controles. Una vez firmado su documento IPERC (**Anexo 30**), proceden a des energizar y bloquear el equipo, para que den inicio con la ejecución de tareas programadas en el PMP.

Como se puede observar en la **Figura 54**, se muestra una orden de trabajo que se aplica para la ejecución de trabajos en la UM. Shahuindo.

Adicional a ello en se describe el flujograma **Anexo 4**, de generación de Pedido de trabajo (PT/OT).

Figura 54. OT/PT - Orden de Trabajo de Mantenimiento.



PAN AMERICAN SILVER

Pedido de Trabajo de Mantenimiento

SISTEMA DE LUBRICACION_INSPECCION DE LINEAS DE ENGRASE_TALLER

B77918

DATOS DEL EQUIPO

Activo	EXE0004 | EXCAVADORA EXE0004 CATERPILLAR 395		
Grupo Activo	EX.CATERPILLAR.395	Activo Padre	
Departamento	MTO.MINA | MANTENIMIENTO MINA	Área	MINA |

DETALLE DEL PEDIDO DE TRABAJO

Actividad	|		
Tipo Actividad	Inspección visual	Origen Actividad	Predictivo
Tipo Pedido Trabajo	Programado	Requiere bloqueo	Si
Prioridad	Media	PT Padre	
Estado	Liberado	Pendiente	No
Duración Programada	0	Duración Real	00:20
Fechas Programadas	Inicio: 11/06/2024 14:00:00	Fechas Reales	Inicio: 16:30
	Fin: 11/06/2024 14:00:00		Fin 16:50

Ruta de Activos (En caso aplique)

Activo	Grupo Activo	Descripción

Detalle de Operaciones

Sec	Descripción	OK	No OK	Observaciones
10	SISTEMA DE LUBRICACION_INSPECCION DE LINEAS DE ENGRASE_TALLER	✓		

Artículos de Inventarios

OP Sec	Artículo	Descripción	Subinventario	UDM	Cantidad		
					Req	Usado	Asig

Recursos

OP Sec	Sec Rec	Recurso

Empleados

OP Sec	Rec Sec	Nombre	Recurso	Dpto	Duración

Medidores

Impreso el: 11/06/2024 01:40 AM PT: B77918 Página 1 de 2

Medidor	Medidor Origen	Tipo	UDM	Obligatorio	Última lectura	Fecha Última lectura	Nueva lectura
EXE0004		REGULAR	HR	N	6450		

Observaciones

Ejecutor:
- Se Realizo insp. visual de Niveles de grasa, prueba de funcionamiento, sistema op.
Supervisor:

EJECUTOR	SUPERVISOR	JEFE
Nombre: Hector Regalado	Nombre:	Nombre:
Fecha: 11-06-24	Fecha:	Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:

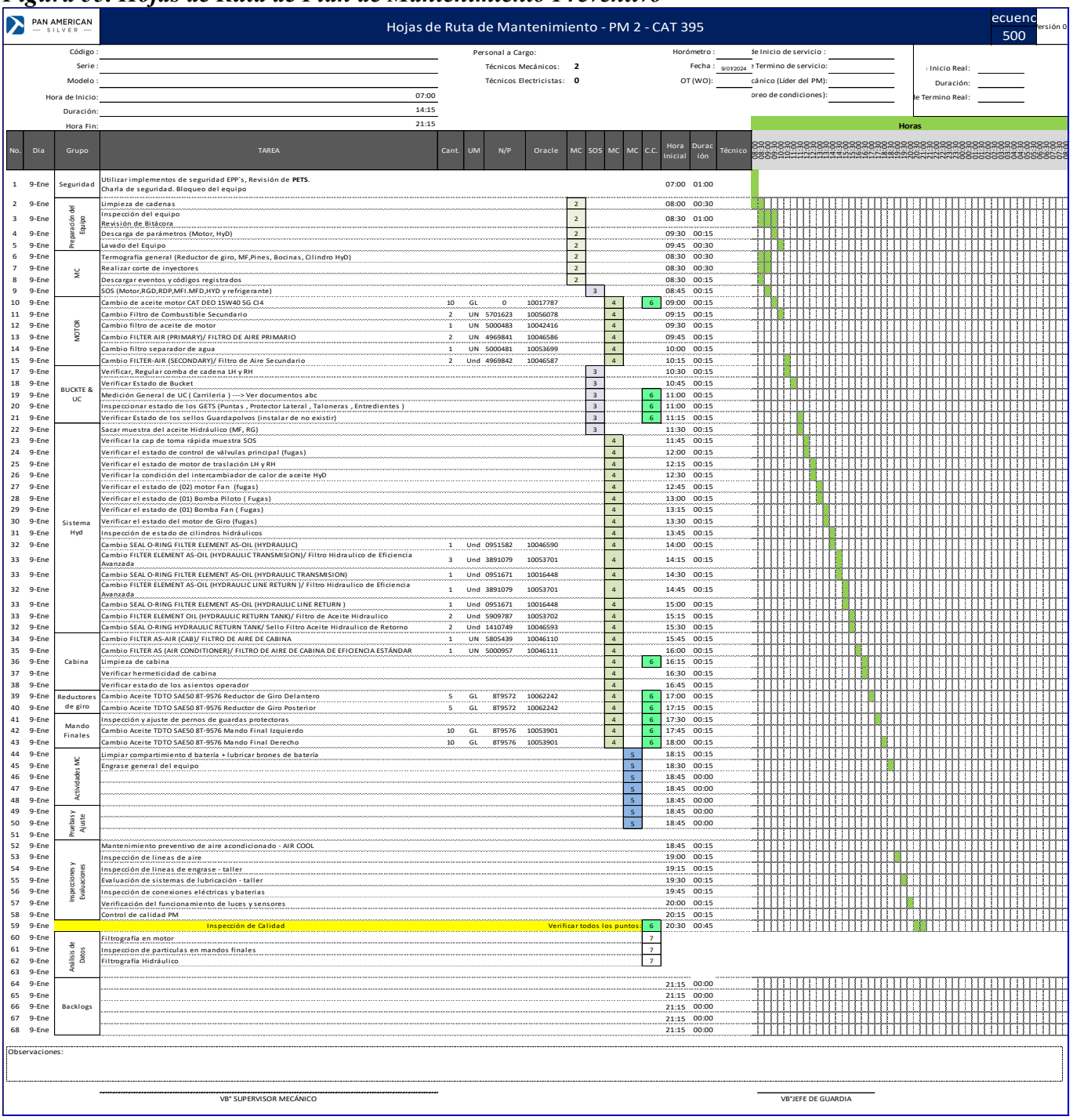
Impreso el: 11/06/2024 01:40 AM PT: B77918 Página 2 de 2

Obtenida de: OT implementada – Pedido de mantenimiento del sistema EAM Oracle de Shahuindo.

(e) Elaborar hoja de ruta del MP.

Como se observa en la **Figura 55**, se elaboró cartillas y hojas de ruta de mantenimiento, para la ejecución de trabajos, la mismas que se utilizan actualmente en la UM. Shahuindo.

Figura 55. Hojas de Ruta de Plan de Mantenimiento Preventivo



PAN AMERICAN SILVER

Hojas de Ruta de Mantenimiento - PM 2 - CAT 395

ecuenc 500 | ersión 0

Código :
Serie :
Modelo :
Hora de Inicio: 07:00
Duración: 14:15
Hora Fin: 21:15

Personal a Cargo:
Técnicos Mecánicos: 2
Técnicos Electricistas: 0

Horómetro : | de Inicio de servicio :
Fecha : 9/01/2024 | Termino de servicio:
OT (WO): | cánico (Líder del PM):
oreo de condiciones):

Inicio Real:
Duración:
de Termino Real:

No.	Dia	Grupo	TAREA	Cant.	UM	N/P	Oracle	MC	SOS	MC	MC	C.C.	Hora Inicial	Duración	Técnico
1	9-Ene	Seguridad	Utilizar implementos de seguridad EPP's, Revisión de **PETS**. Charla de seguridad. Bloqueo del equipo										07:00	01:00	
2	9-Ene	Preparación del Equipo	Limpieza de cadenas					2					08:00	00:30	
3	9-Ene		Inspección del equipo Revision de Bitácora					2					08:30	01:00	
4	9-Ene		Descarga de parámetros (Motor, HyD)					2					09:30	00:15	
5	9-Ene		Lavado del Equipo					2					09:45	00:30	
6	9-Ene	MC	Termografia general (Reductor de giro, MF,Pines, Bocinas, Cilindro HyD)					2					08:30	00:30	
7	9-Ene		Realizar corte de inyectores					2					08:30	00:30	
8	9-Ene		Descargar eventos y códigos registrados					2					08:30	00:15	
9	9-Ene		SOS (Motor,RGD,RDP,MFI.MFD,HYD y refrigerante)						3				08:45	00:15	
10	9-Ene	MOTOR	Cambio de aceite motor CAT DEO 15W40 SG CI4	10	GL	0	10017787			4		6	09:00	00:15	
11	9-Ene		Cambio Filtro de Combustible Secundario	2	UN	5701623	10056078			4			09:15	00:15	
12	9-Ene		Cambio filtro de aceite de motor	1	UN	5000483	10042416			4			09:30	00:15	
13	9-Ene		Cambio FILTER AIR (PRIMARY)/ FILTRO DE AIRE PRIMARIO	2	UN	4969841	10046586			4			09:45	00:15	
14	9-Ene		Cambio filtro separador de agua	1	UN	5000481	10053699			4			10:00	00:15	
15	9-Ene		Cambio FILTER-AIR (SECONDARY)/ Filtro de Aire Secundario	2	Und	4969842	10046587			4			10:15	00:15	
17	9-Ene	BUCKTE & UC	Verificar, Regular comba de cadena LH y RH						3				10:30	00:15	
18	9-Ene		Verificar Estado de Bucket						3				10:45	00:15	
19	9-Ene		Medición General de UC (Carrileria) ---> Ver documentos abc						3			6	11:00	00:15	
20	9-Ene		Inspeccionar estado de los GETS (Puntas , Protector Lateral , Taloneras , Entredientes)						3			6	11:00	00:15	
21	9-Ene		Verificar Estado de los sellos Guardapolvos (instalar de no existir)						3			6	11:15	00:15	
22	9-Ene	Sistema Hyd	Sacar muestra del aceite Hidráulico (MF, RG)						3				11:30	00:15	
23	9-Ene		Verificar la cap de toma rápida muestra SOS							4			11:45	00:15	
24	9-Ene		Verificar el estado de control de válvulas principal (fugas)							4			12:00	00:15	
25	9-Ene		Verificar el estado de motor de traslación LH y RH							4			12:15	00:15	
26	9-Ene		Verificar la condición del intercambiador de calor de aceite HyD							4			12:30	00:15	
27	9-Ene		Verificar el estado de (02) motor Fan (fugas)							4			12:45	00:15	
28	9-Ene		Verificar el estado de (01) Bomba Piloto (Fugas)							4			13:00	00:15	
29	9-Ene		Verificar el estado de (01) Bomba Fan (Fugas)							4			13:15	00:15	
30	9-Ene		Verificar el estado del motor de Giro (fugas)							4			13:30	00:15	
31	9-Ene		Inspección de estado de cilindros hidráulicos							4			13:45	00:15	
32	9-Ene		Cambio SEAL O-RING FILTER ELEMENT AS-OIL (HYDRAULIC)	1	Und	0951582	10046590			4			14:00	00:15	
33	9-Ene		Cambio FILTER ELEMENT AS-OIL (HYDRAULIC TRANSMISION)/ Filtro Hidraulico de Eficiencia Avanzada	3	Und	3891079	10053701			4			14:15	00:15	
33	9-Ene		Cambio SEAL O-RING FILTER ELEMENT AS-OIL (HYDRAULIC TRANSMISION)	1	Und	0951671	10016448			4			14:30	00:15	
32	9-Ene		Cambio FILTER ELEMENT AS-OIL (HYDRAULIC LINE RETURN)/ Filtro Hidraulico de Eficiencia Avanzada	1	Und	3891079	10053701			4			14:45	00:15	
33	9-Ene		Cambio SEAL O-RING FILTER ELEMENT AS-OIL (HYDRAULIC LINE RETURN)	1	Und	0951671	10016448			4			15:00	00:15	
33	9-Ene		Cambio FILTER ELEMENT OIL (HYDRAULIC RETURN TANK)/ Filtro de Aceite Hidraulico	2	Und	5909787	10053702			4			15:15	00:15	
32	9-Ene		Cambio SEAL O-RING HYDRAULIC RETURN TANK/ Sello Filtro Aceite Hidraulico de Retorno	2	Und	1410749	10046593			4			15:30	00:15	
34	9-Ene	Cabina	Cambio FILTER AS-AIR (CAB)/ FILTRO DE AIRE DE CABINA	1	UN	5805439	10046110			4			15:45	00:15	
35	9-Ene		Cambio FILTER AS (AIR CONDITIONER)/ FILTRO DE AIRE DE CABINA DE EFICIENCIA ESTÁNDAR	1	UN	5000957	10046111			4			16:00	00:15	
36	9-Ene		Limpieza de cabina							4		6	16:15	00:15	
37	9-Ene		Verificar hermeticidad de cabina							4			16:30	00:15	
38	9-Ene		Verificar estado de los asientos operador							4			16:45	00:15	
39	9-Ene	Reductores de giro	Cambio Aceite TDTO SAE90 8T-9576 Reductor de Giro Delantero	5	GL	8T9572	10062242			4		6	17:00	00:15	
40	9-Ene		Cambio Aceite TDTO SAE90 8T-9576 Reductor de Giro Posterior	5	GL	8T9572	10062242			4		6	17:15	00:15	
41	9-Ene	Mando Finales	Inspección y ajuste de pernos de guardas protectoras							4		6	17:30	00:15	
42	9-Ene		Cambio Aceite TDTO SAE90 8T-9576 Mando Final Izquierdo	10	GL	8T9576	10053901			4		6	17:45	00:15	
43	9-Ene		Cambio Aceite TDTO SAE90 8T-9576 Mando Final Derecho	10	GL	8T9576	10053901			4		6	18:00	00:15	
44	9-Ene	Actividades MC	Limpiar compartimiento d bateria + lubricar brones de bateria								5		18:15	00:15	
45	9-Ene		Engrase general del equipo								5		18:30	00:15	
46	9-Ene										5		18:45	00:00	
47	9-Ene										5		18:45	00:00	
48	9-Ene										5		18:45	00:00	
49	9-Ene	Pruebas y Ajuste									5		18:45	00:00	
50	9-Ene										5		18:45	00:00	
51	9-Ene														
52	9-Ene	Inspecciones y Evaluaciones	Mantenimiento preventivo de aire acondicionado - AIR COOL										18:45	00:15	
53	9-Ene		Inspección de lineas de aire										19:00	00:15	
54	9-Ene		Inspección de lineas de engrase - taller										19:15	00:15	
55	9-Ene		Evaluación de sistemas de lubricación - taller										19:30	00:15	
56	9-Ene		Inspección de conexiones eléctricas y baterias										19:45	00:15	
57	9-Ene		Verificación del funcionamiento de luces y sensores										20:00	00:15	
58	9-Ene		Control de calidad PM										20:15	00:15	
59	9-Ene		Inspección de Calidad				Verificar todos los puntos:					6	20:30	00:45	
60	9-Ene	Análisis de Datos	Filtrografía en motor									7			
61	9-Ene		Inspeccion de particulas en mandos finales									7			
62	9-Ene		Filtrografía Hidráulico									7			
63	9-Ene														
64	9-Ene	Backlogs											21:15	00:00	
65	9-Ene												21:15	00:00	
66	9-Ene												21:15	00:00	
67	9-Ene												21:15	00:00	
68	9-Ene												21:15	00:00	

Horas

Observaciones:

VB° SUPERVISOR MECÁNICO

VB°JEFE DE GUARDIA

Obtenida de: Elaboración propia – Check List. de mantenimiento de la UM. Shahuindo

(f) Desarrollar un programa de Mantenimiento Preventivo.

El desarrollo de un programa de Mantenimiento Preventivo (MP) en la Unidad Minera Shahuindo SAC. implicó una serie de pasos y consideraciones para asegurar que los equipos de perforación, carguío y acarreo funcionen de manera eficiente y segura. Para ello se desarrollaron flujos de procesos de planes de mantenimiento integral de corto (diario), mediano plazo (semanal y mensual) y largo plazo (Anual), mediante la planificación de recursos y servicios (internos y externos), donde se integran todos los trabajos relacionados a inspecciones, mantenimientos, muestras de aceite, descarga de parámetros, backlogs, etc.

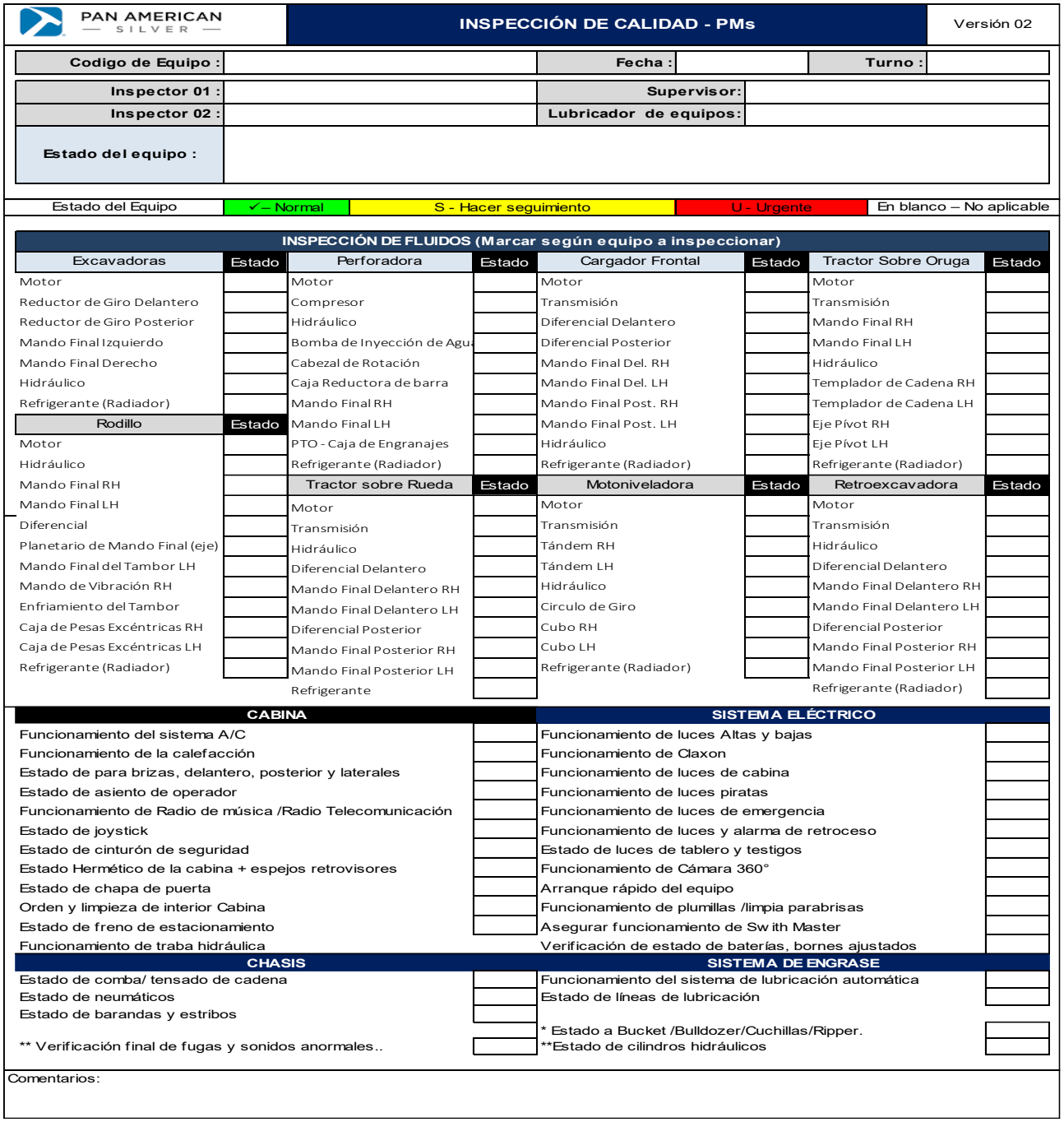
A continuación, se detalla los flujogramas que se implementaron, para el desarrollo del PMP:

- **Anexo 5. Flujograma de Generación de Backlogs de trabajo -Mantenimiento Mina**.
- **Anexo 6. Flujograma de Carga masiva de Horómetros de Equipos.**
- **Anexo 7. Flujograma de Creación de actividades asociadas a un PM**.
- **Anexo 10. Flujograma de Desarrollo del plan semanal de mantenimiento de equipos**.
- **Anexo 11. Flujograma de Presentación del plan semanal de mantenimiento de equipos**.
- **Anexo 13. Flujograma de Generación del plan mensual de equipos.**

El programador es el encargado de estructurar las tareas dentro del plan de mantenimiento, para posteriormente, ser revisado por el supervisor de taller y aprobado por el jefe de guardia. El personal técnico ejecuta las tareas programadas, revisando los recursos con anticipación, según las OTs.

Se desarrollaron formatos de mantenimiento (Inspección de calidad de PMs - **Figura 56**), para asegurar el correcto desarrollo de las actividades.

Figura 56. Inspección de calidad de PMs.



PAN AMERICAN SILVER

INSPECCIÓN DE CALIDAD - PMs | Versión 02

Codigo de Equipo :		Fecha :		Turno :	
Inspector 01 :		Supervisor:			
Inspector 02 :		Lubricador de equipos:			
Estado del equipo :					

Estado del Equipo	✓ – Normal	S - Hacer seguimiento	U - Urgente	En blanco – No aplicable

INSPECCIÓN DE FLUIDOS (Marcar según equipo a inspeccionar)

Excavadoras	Estado
Motor	
Reductor de Giro Delantero	
Reductor de Giro Posterior	
Mando Final Izquierdo	
Mando Final Derecho	
Hidráulico	
Refrigerante (Radiador)	

Rodillo	Estado
Motor	
Hidráulico	
Mando Final RH	
Mando Final LH	
Diferencial	
Planetario de Mando Final (eje)	
Mando Final del Tambor LH	
Mando de Vibración RH	
Enfriamiento del Tambor	
Caja de Pesas Excéntricas RH	
Caja de Pesas Excéntricas LH	
Refrigerante (Radiador)	

Perforadora	Estado
Motor	
Compresor	
Hidráulico	
Bomba de Inyección de Agu	
Cabezal de Rotación	
Caja Reductora de barra	
Mando Final RH	
Mando Final LH	
PTO - Caja de Engranajes	
Refrigerante (Radiador)	

Tractor sobre Rueda	Estado
Motor	
Transmisión	
Hidráulico	
Diferencial Delantero	
Mando Final Delantero RH	
Mando Final Delantero LH	
Diferencial Posterior	
Mando Final Posterior RH	
Mando Final Posterior LH	
Refrigerante	

Cargador Frontal	Estado
Motor	
Transmisión	
Diferencial Delantero	
Diferencial Posterior	
Mando Final Del. RH	
Mando Final Del. LH	
Mando Final Post. RH	
Mando Final Post. LH	
Hidráulico	
Refrigerante (Radiador)	

Motoniveladora	Estado
Motor	
Transmisión	
Tándem RH	
Tándem LH	
Hidráulico	
Circulo de Giro	
Cubo RH	
Cubo LH	
Refrigerante (Radiador)	

Tractor Sobre Oruga	Estado
Motor	
Transmisión	
Mando Final RH	
Mando Final LH	
Hidráulico	
Templador de Cadena RH	
Templador de Cadena LH	
Eje Pívot RH	
Eje Pívot LH	
Refrigerante (Radiador)	

Retroexcavadora	Estado
Motor	
Transmisión	
Hidráulico	
Diferencial Delantero	
Mando Final Delantero RH	
Mando Final Delantero LH	
Diferencial Posterior	
Mando Final Posterior RH	
Mando Final Posterior LH	
Refrigerante (Radiador)	

CABINA	
Funcionamiento del sistema A/C	
Funcionamiento de la calefacción	
Estado de para brizas, delantero, posterior y laterales	
Estado de asiento de operador	
Funcionamiento de Radio de música /Radio Telecomunicación	
Estado de joystick	
Estado de cinturón de seguridad	
Estado Hermético de la cabina + espejos retrovisores	
Estado de chapa de puerta	
Orden y limpieza de interior Cabina	
Estado de freno de estacionamiento	
Funcionamiento de traba hidráulica	

SISTEMA ELÉCTRICO	
Funcionamiento de luces Altas y bajas	
Funcionamiento de Claxon	
Funcionamiento de luces de cabina	
Funcionamiento de luces piratas	
Funcionamiento de luces de emergencia	
Funcionamiento de luces y alarma de retroceso	
Estado de luces de tablero y testigos	
Funcionamiento de Cámara 360°	
Arranque rápido del equipo	
Funcionamiento de plumillas /limpia parabrisas	
Asegurar funcionamiento de Sw ith Master	
Verificación de estado de baterías, bornes ajustados	

CHASIS	
Estado de comba/ tensado de cadena	
Estado de neumáticos	
Estado de barandas y estribos	
** Verificación final de fugas y sonidos anormales..	

SISTEMA DE ENGRASE	
Funcionamiento del sistema de lubricación automática	
Estado de líneas de lubricación	
* Estado a Bucket /Bulldozer/Cuchillas/Ripper.	
**Estado de cilindros hidráulicos	

Comentarios:

Obtenida de: Elaboración propia – Inspección de calidad de ejecución de mantenimiento de la UM. Shahuindo.

A continuación, se muestra el programa de mantenimiento preventivo de equipos (), de la UM. Shahuindo.

Figura 57. Plan de Mantenimiento Preventivo de Equipos.

PLAN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS - SEMANA 10

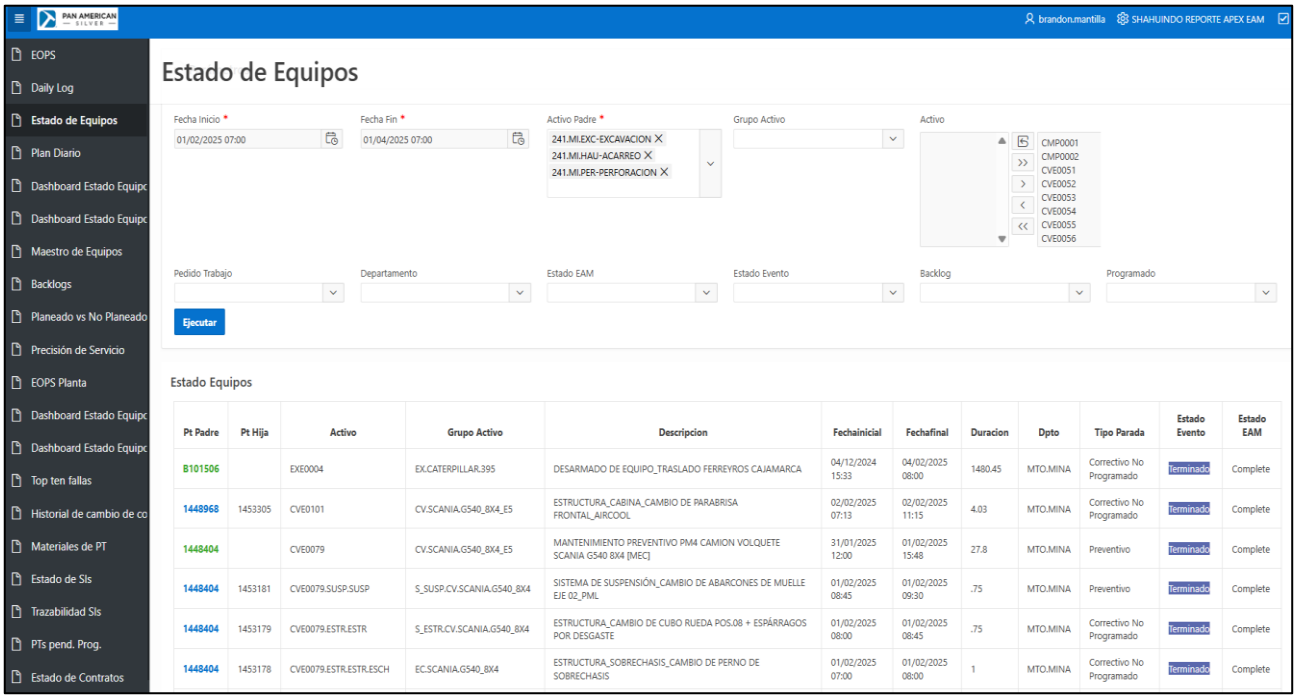
SEMANA 10						lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
EQUIPO	TIPO DE SERVICIO A EJECUTAR	FECHA DE EJECUC	Stat	TIEM	TIPO DE SERVICIO A	7-Mar	8-Mar	9-Mar	10-Mar	11-Mar	12-Mar	13-Mar
CV-E0022	Nivelacion de PSI 1 al 12 Y Codificacion de Aros	7/03/2022 11:00	YTS	2	7/03/2022 13:00	CV-E0022						
CF-E0001	PM250 + INSPECCIÓN FINAL DE CALIDAD + INSECCION DE TAPONES EN DIFERENCIAL DE DIFERENCIAL DELANTERO	7/03/2022 07:00	YTS	5	7/03/2022 12:00	CF-E0001						
EX-E0003	PM500 + INSPECCIÓN FINAL DE CALIDAD + FLUSHING MF IZQUIERDO + CORTE DE FILTRO HYD	7/03/2022 07:00	YTS	6	7/03/2022 13:00	EX-E0003						
TO-E0005	PM250 + EAM - 274343|TOE0005|FMGS_0216_CAMBIO DE PERNOS DE BRAZO DE ANCLAJE DE LA HOJA TOPADORA LH -RH +EAM - 272491| FMGS_0210_CAMBIO DE SELLOS DE VENTANAS LH-RH	7/03/2022 07:00	YTS	6	7/03/2022 13:00	TO-E0005						
CV-E0060	ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR+CAMBIO DE MOTOR POR CONDICION (CORTE DE FILTRO CON PARTICULA GRANDE)+EVALUACION RETARDER (BAJA POTENCIA DE FRENADO)+EVALUACION LEVANTAMIENTO LENTO DE TOLVA+COLOCAR PERNO PARACHOQUES DELANTERO + Emparejamiento pos. 1 + Nivelacion de PSI 1 al 12+**inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	7/03/2022 07:00	YTS	15	7/03/2022 22:00	CV-E0060						
CV-E0099	PM17500-S2+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE + Instalar Nuevas pos. 5-12 Good Year (ANTICIPADO) + **inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	7/03/2022 14:00	YTS	18	8/03/2022 08:00	CV-E0099						
CV-E0077	PM15250-X+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE D + Instalar Nuevas pos. 1-4 Boto + Nivelacion de PSI 5 al 12	7/03/2022 19:00	YTS	17	8/03/2022 12:00	CV-E0077						
RO-E1025	PM125	8/03/2022 07:00	YTS	3	8/03/2022 10:00		RO-E1025					
PE-E0002	PM250 + EAM - 296525|PE00013|FMGS_307_CAMBIO DE INTERRUPTOR DE PARADA DE EMERGENCIA + EAM - 242254|PE00013|BL_0915_REPARACION DE PUERTA LADO PASADISO Y ECALERA POSTERIOR_0915 + EAM - 282485|PE00013|FMGS_0157_CAMBIAR MANOMETROS DEL TABLERO PRINCIPAL DE PERFORACION HOLDBACK Y PULLDOWN + VERIFICAR SISTEMA DE ENGRASE QUE ESTE LLEGANDO LA LUBRICACIÓN + INSPECCIÓN NDT + INSPECCIÓN FINAL DE CALIDAD. + MUESTREO DE PTO, MF LH Y RH Y COMPRESOR	8/03/2022 07:00	YTS	12	8/03/2022 19:00		PE-E0002					
CA-E1063	PM1000	8/03/2022 07:00	YTS	12	8/03/2022 19:00		CA-E1063					
EX-E0002	PM250 + EAM - 276279|EX-E0002|FMGS_0261_CAMBIO DEL TANQUE DE EXPANCION DE REFRIGERANTE + - 275527|EX-E0002|FMGS_0262_INSTALACION DE COLADOR DE TANQUE DE COMBUSTIBLE + EAM - 275499|EX-E0002|FMGS_0232_CAMBIO DE CUBIERTA DE FILTRO DE CABINA + EAM - 275509|EX-E0002|FMGS_0254_CAMBIO DE AISLADOR TERMICO DE TURBOCOMPRESOR + EAM - 296737|EXE1056|FMGS_0313_CAMBIO DE MEDICION DE NIVLE DE ACEITE DE MOTOR DE GIRO FRONTAL /POSTERIOR + MUESTRO TODOS LOS COMPARTIMIENTOS	8/03/2022 07:00	YTS	12	8/03/2022 19:00		EX-E0002					
CV-E00104	ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR+CAMBIO POR CONDICION (FUGA) CAJA Y CILINDRO DE DIRECCION+TMS2 ACTUALIZAR+Nivelacion de PSI 1 al 12	8/03/2022 07:00	YTS	14	8/03/2022 21:00		CV-E00104					
CV-E0083	PM17000-S1+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE + Instalar Nuevas pos. 5-12 Good Year (ANTICIPADO) + Emparejamiento pos. 1 Y 2 + Nivelacion de PSI 1 al 12 + **inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	8/03/2022 11:00	YTS	15	9/03/2022 02:00		CV-E0083					
CV-E0079	PM16750-X+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE D + Instalar Nuevas pos. 1-4 Boto + Nivelacion de PSI 5 al 12 + **inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	8/03/2022 19:00	YTS	12	9/03/2022 07:00		CV-E0079					
CV-E0075	Instalar Nuevas pos. 1-4 Boto + Nivelacion de PSI 5 al 12	9/03/2022 11:00	YTS	1	9/03/2022 12:00			CV-E0075				
CF-E0002	PM250 + INSPECCION FINAL DE CALIDAD + MUESTREO DE DIFERENCIALES DELANTERO Y POSTERIORES	9/03/2022 07:00	YTS	5	9/03/2022 12:00			CF-E0002				
EX-E0005	PM125	9/03/2022 07:00	YTS	3	9/03/2022 10:00			EX-E0005				
TO-E1046	PM250 +EAM - 274340|TOE1046|FMGS_0212_CAMBIO DE VALVULA DE TOMA DE MUESTRA DE REFRIGERANTE + EAM - 275503|TOE1046|FMGS_0240_CAMBIO DE PERNOS DE TRABA DE PIN TIRANTE DE EMPUJE RH - LH + FLUSHING DE MANDO FINAL LH Y RH	9/03/2022 07:00	YTS	6	9/03/2022 13:00			TO-E1046				
MO-E1019	PM500 + INSPECCIÍN FINAL DE CALIDAD	9/03/2022 07:00	YTS	8	9/03/2022 15:00			MO-E1019				
CV-E0067	PM19000-S+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE D + Rotación Neumaticos pos. 5-8 al 9-12 + Nivelacion de PSI 1 al 12 + **inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	9/03/2022 07:00	YTS	11	9/03/2022 18:00			CV-E0067				
CV-E0089	PM15500-S+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE D	9/03/2022 14:00	YTS	15	10/03/2022 05:00			CV-E0089				
CV-E0078	PM14500-S+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE D + **inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	9/03/2022 19:00	YTS	14	10/03/2022 09:00			CV-E0078				
EX-E1070	PM1000 + EAM - 219288|EXE1055|BL_0908_CAMBIO DE COMPUERTA DE RADIADOR Y BOMBAS_0908 + EAM - 241163|EXE1055|BL_Cambio de compuerta de bombas.2	10/03/2022 07:00	YTS	9	10/03/2022 16:00				EX-E1070			
TO-E0004	PM250 + stracon (instalacion de rejilla, faros, cinturon y protector de cilindro)	10/03/2022 07:00	YTS	6	10/03/2022 13:00				TO-E0004			
CF-E1024	PM125	10/03/2022 07:00	YTS	3	10/03/2022 10:00				CF-E1024			
PE-E0003	PM500 + EAM - 296526|PE00017|FMGS_0308_CAMBIO DE BAQUELITAS DE CARRO PORTA POLEAS + **SOLDADURA DE FISURA DE SOPORTE DELANTERO DE BANDEJA DE MANGUERAS DE CABEZAL** + Inspección NDT + INSPECCIÓN FINAL DE CALIDAD. + FLUSHING EN MANDO FINAL LH Y RH, PTO Y COMPRESOR	10/03/2022 07:00	YTS	14	10/03/2022 21:00				PE-E0003			
CV-E0066	PM16750-X+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE D + Instalar Nuevas pos. 1-4 Boto + Nivelacion de PSI 5 al 12 + **inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	10/03/2022 07:00	YTS	16	10/03/2022 23:00				CV-E0066			
CV-E0067	PM15500-S1+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE + Rotación Neumaticos pos. 5-8 al 9-12 + Nivelacion de PSI 1 al 12 + **inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	10/03/2022 14:00	YTS	14	11/03/2022 04:00				CV-E0067			
CV-E0069	PM17750-X+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE D + Instalar Nuevas pos. 5-12 Good Year (ANTICIPADO) + **inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	10/03/2022 19:00	YTS	11	11/03/2022 06:00				CV-E0069			
CV-E0074	Instalar Nuevas pos. 5-12 Good Year (Desgaste)	11/03/2022 13:00	YTS	1	11/03/2022 14:00					CV-E0074		
DS.0005	Mantenimiento Enllantador revision de mando de funciones, verificacion de fluidos y engrase general.	11/03/2022 14:00	YTS	2	11/03/2022 16:00					DS.0005		
EX-E0006	PM250 + **cambio de válvulas carrete de stick(4165352/4165359)**	11/03/2022 07:00	YTS	6	11/03/2022 13:00					EX-E0006		
TO-E1051	PM250 + INSPECCIÓN FINAL DE CALIDAD	11/03/2022 07:00	YTS	5	11/03/2022 12:00					TO-E1051		
CV-E00100	PM16000-S+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE D + Instalar Nuevas pos. 5-12 Good Year (ANTICIPADO) + **inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	11/03/2022 07:00	YTS	16	11/03/2022 23:00					CV-E00100		
CV-E00102	PM16500-M+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE D + Instalar Nuevas pos. 5-12 Good Year (Desgaste) + **inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	11/03/2022 11:00	YTS	15	12/03/2022 02:00					CV-E00102		
CV-E0090	Instalar Nuevas pos. 5-12 Good Year (ANTICIPADO)	12/03/2022 08:00	YTS	2	12/03/2022 10:00						CV-E0090	
EX-E0004	PM250 + EAM - 232150|EX-E0004|FMGS_0031_CAMBIAR MANGUERA DE RETORNO DE CONTROL DE VALVULAS HACIA EL SWIVEL + INSPECCIÓN DE CALIDAD	12/03/2022 07:00	YTS	9	12/03/2022 16:00						EX-E0004	
EX-E1073	PM250 + INSPECCIÓN FINAL DE CALIDAD	12/03/2022 07:00	YTS	7	12/03/2022 14:00						EX-E1073	
TO-E0003	PM125	12/03/2022 07:00	YTS	3	12/03/2022 10:00						TO-E0003	
CV-E0072	PM16500-L1+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE + **inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	12/03/2022 07:00	YTS	16	12/03/2022 23:00						CV-E0072	
CV-E0103	PM17750-X+ENGRASE CRUCETAS+LAVADO RADIADOR (PARCIAL EN X, TOTAL EN RESTO)+INSPECCION/CAMBIO HORQUILLA DEL SISTEMA DE FRENO+INSPECCION CILINDRO LEVANTE DE TOLVA+INSPECCION DE CAÑERIAS Y TUBERIAS+INSPECCION MANGUERA DE DIRECCION+INSPECCION SOPORTE TANQUE D + Instalar Nuevas pos. 5-12 Good Year (Desgaste) **+inspeccion de cancamo de cilindro de levante**	12/03/2022 14:00	YTS	12	13/03/2022 02:00						CV-E0103	
EX-E0001	PM250 + INSPECCIÓN FINAL DE CALIDAD	13/03/2022 07:00	YTS	5	13/03/2022 12:00							EX-E0001
CF-EE1025	PM125	13/03/2022 07:00	YTS	3	13/03/2022 10:00							CF-EE1025
TO-00024	PM125	13/03/2022 07:00	YTS	3	13/03/2022 10:00							TO-00024

Obtenida de: Elaboración propia – PMP de la UM. Shahuindo.

(g) Mantener una historial de mantenimiento de equipos.

Como se puede observar en la (), se implementó en el sistema EAM Oracle, un registro de las ordenes de trabajo, las cuales se pueden descargar y analizar la tasa de fallas, costos asociados a los trabajos por equipos, efectividad y cumplimiento del plan de mantenimiento, etc.

Figura 58. Historial de Mantenimiento de Equipos de Minado.



Obtenida de: APEX EAM Oracle - https://erp.panamericansilver.com.pe/ords/f?p=101:6:13233003321029:::::

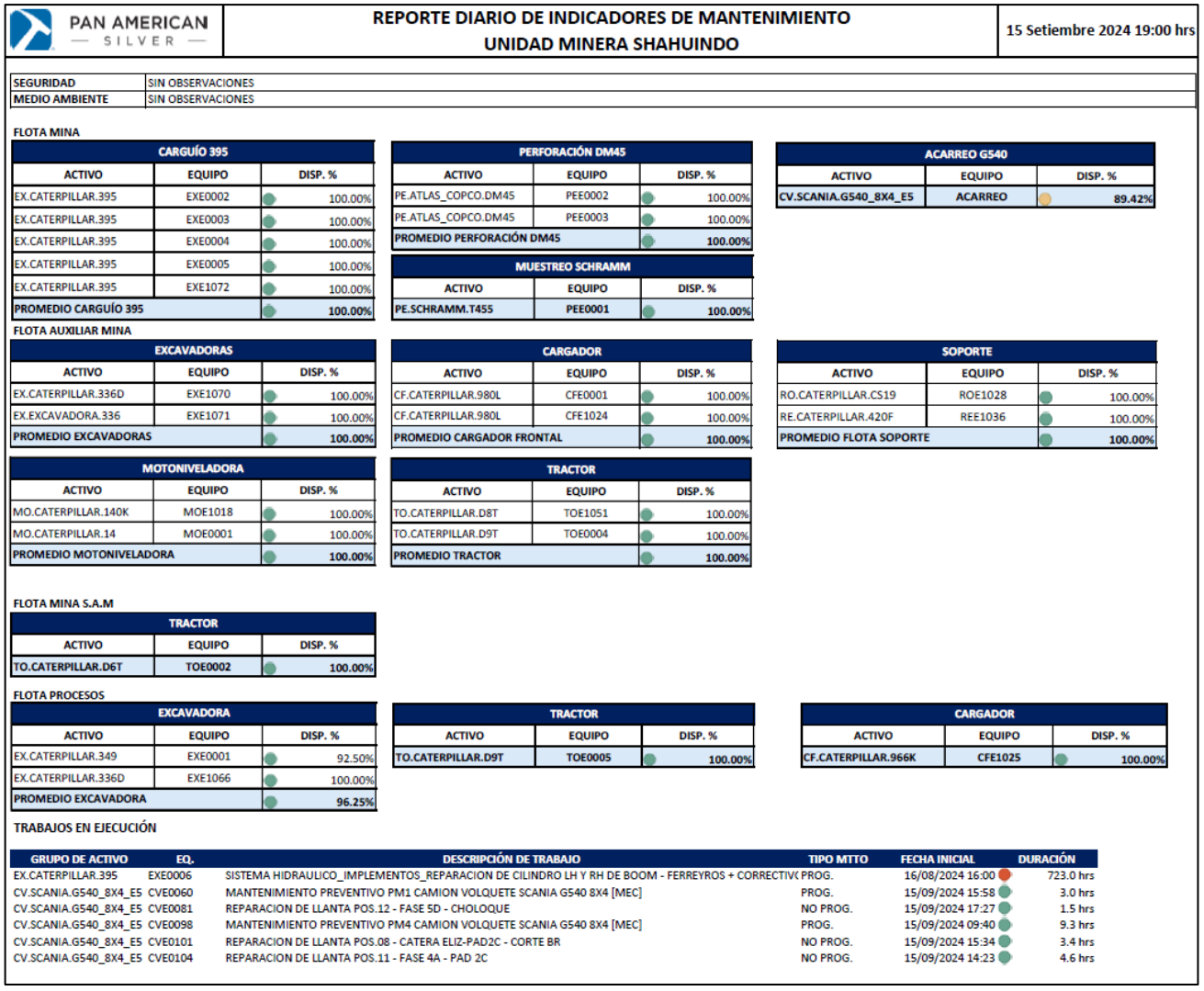
(h) Desarrollo de un sistema de informes de MP.

Se desarrolló un sistema que permite extraer datos del EAM Oracle, llamado “APEX”, el cual permite descargar parámetros y trabajar los indicadores de mantenimiento, según rango de estudio. (Ver modelo de KPI diario - **Figura 59**)

Adiciona a ello, Detallo los flujos implementados, para desarrollar los indicadores de mantenimiento KPI.

- **Anexo 14. Flujograma de Reporte de indicadores KPIs de Mantenimiento**
- **Anexo 8. Flujograma de Reporte diario de indicadores de mantenimiento mina.**

Figura 59. Reporte Diario de Indicadores de Mantenimiento



PAN AMERICAN SILVER

REPORTE DIARIO DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO
UNIDAD MINERA SHAHUINDO

15 Setiembre 2024 19:00 hrs

SEGURIDAD	SIN OBSERVACIONES
MEDIO AMBIENTE	SIN OBSERVACIONES

FLOTA MINA

CARGUÍO 395

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
EX.CATERPILLAR.395	EXE0002	100.00%
EX.CATERPILLAR.395	EXE0003	100.00%
EX.CATERPILLAR.395	EXE0004	100.00%
EX.CATERPILLAR.395	EXE0005	100.00%
EX.CATERPILLAR.395	EXE1072	100.00%
PROMEDIO CARGUÍO 395		100.00%

PERFORACIÓN DM45

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
PE.ATLAS_COPCO.DM45	PEE0002	100.00%
PE.ATLAS_COPCO.DM45	PEE0003	100.00%
PROMEDIO PERFORACIÓN DM45		100.00%

MUESTREO SCHRAMM

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
PE.SCHRAMM.T455	PEE0001	100.00%

ACARREO G540

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
CV.SCANIA.G540_8X4_E5	ACARREO	89.42%

FLOTA AUXILIAR MINA

EXCAVADORAS

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
EX.CATERPILLAR.336D	EXE1070	100.00%
EX.EXCAVADORA.336	EXE1071	100.00%
PROMEDIO EXCAVADORAS		100.00%

CARGADOR

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
CF.CATERPILLAR.980L	CFE0001	100.00%
CF.CATERPILLAR.980L	CFE1024	100.00%
PROMEDIO CARGADOR FRONTAL		100.00%

SOPORTE

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
RO.CATERPILLAR.CS19	ROE1028	100.00%
RE.CATERPILLAR.420F	REE1036	100.00%
PROMEDIO FLOTA SOPORTE		100.00%

MOTONIVELADORA

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
MO.CATERPILLAR.140K	MOE1018	100.00%
MO.CATERPILLAR.14	MOE0001	100.00%
PROMEDIO MOTONIVELADORA		100.00%

TRACTOR

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
TO.CATERPILLAR.D8T	TOE1051	100.00%
TO.CATERPILLAR.D9T	TOE0004	100.00%
PROMEDIO TRACTOR		100.00%

FLOTA MINA S.A.M

TRACTOR

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
TO.CATERPILLAR.D6T	TOE0002	100.00%

FLOTA PROCESOS

EXCAVADORA

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
EX.CATERPILLAR.349	EXE0001	92.50%
EX.CATERPILLAR.336D	EXE1066	100.00%
PROMEDIO EXCAVADORA		96.25%

TRACTOR

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
TO.CATERPILLAR.D9T	TOE0005	100.00%

CARGADOR

ACTIVO	EQUIPO	DISP. %
CF.CATERPILLAR.966K	CFE1025	100.00%

TRABAJOS EN EJECUCIÓN

GRUPO DE ACTIVO	EQ.	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	TIPO MTTO	FECHA INICIAL	DURACIÓN
EX.CATERPILLAR.395	EXE0006	SISTEMA HIDRAULICO_IMPLEMENTOS_REPARACION DE CILINDRO LH Y RH DE BOOM - FERREYROS + CORRECTIV(	PROG.	16/08/2024 16:00	723.0 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_E5	CVE0060	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM1 CAMION VOLQUETE SCANIA G540 8X4 [MEC]	PROG.	15/09/2024 15:58	3.0 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_E5	CVE0081	REPARACION DE LLANTA POS.12 - FASE 5D - CHOLOQUE	NO PROG.	15/09/2024 17:27	1.5 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_E5	CVE0098	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM4 CAMION VOLQUETE SCANIA G540 8X4 [MEC]	PROG.	15/09/2024 09:40	9.3 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_E5	CVE0101	REPARACION DE LLANTA POS.08 - CATERA ELIZ-PAD2C - CORTE BR	NO PROG.	15/09/2024 15:34	3.4 hrs
CV.SCANIA.G540_8X4_E5	CVE0104	REPARACION DE LLANTA POS.11 - FASE 4A - PAD 2C	NO PROG.	15/09/2024 14:23	4.6 hrs

Obtenida de: Elaboración propia – KPI diario de Mantenimiento - UM. Shahuindo.

(i) Organización del MP.

Se definió una estructura de equipo de mantenimiento, para la ejecución de los planes de trabajos programados y correctivos. Dicha estructura está conformada por personal técnico y distribuida en guardias de día/noche, adicional a ello se cuenta con bahías de trabajo para llantería, soldadura, taller de equipos pesado, taller para equipos de acarreo, lavadero, etc.

Distribución de la organización del personal que ejecuta el mantenimiento en el truck shop y en el tajo de la UM. Shahuindo, son:

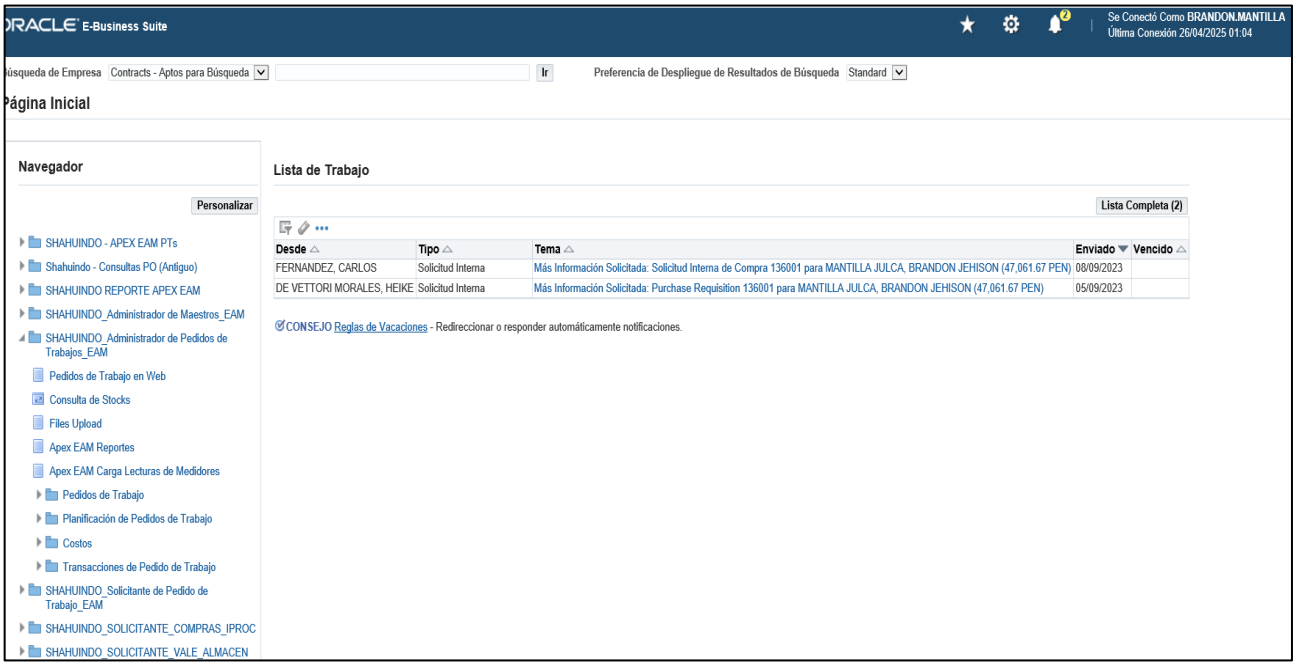
- Supervisor de Mantenimiento.
- Inspectores de Mantenimiento.
- Técnicos de Mantenimiento
- Lubricadores.
- Soldadores.
- Llanteros.

(j) Implementar herramientas tecnológicas.

Se culminó de implementar en la UM. Shahuindo las siguientes herramientas tecnológicas:

- Oracle E-Business Suite. (Ver **Figura 60**)

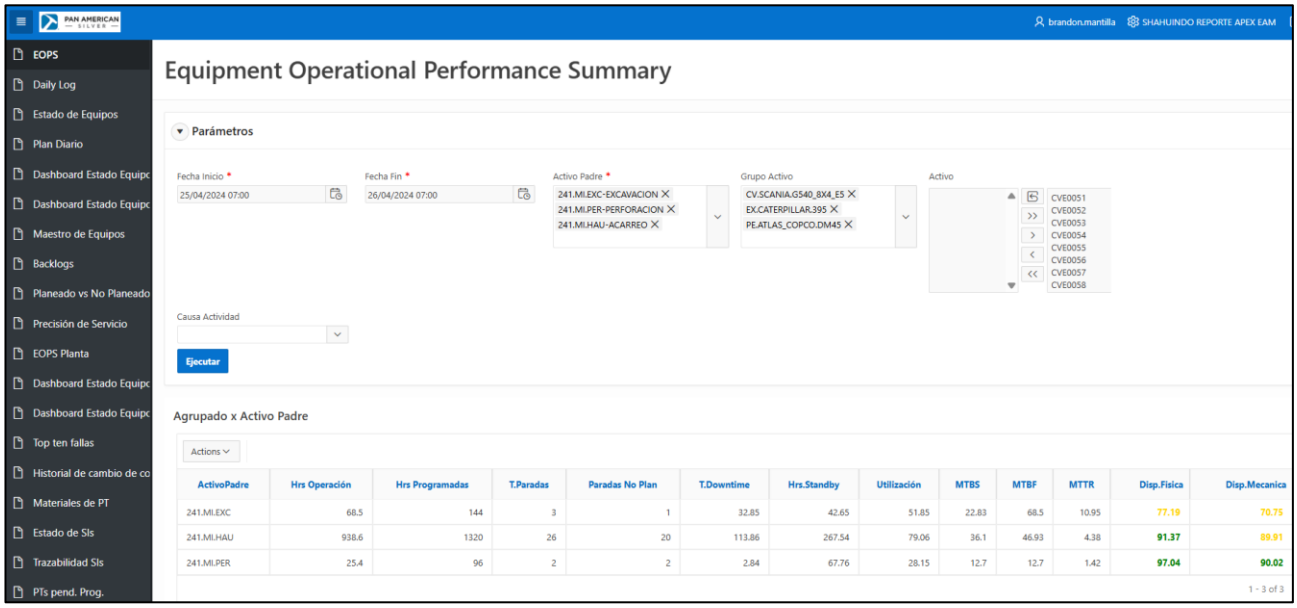
Figura 60. Software de mantenimiento - Oracle E-Business Suite



Obtenida de: ERP de Mantenimiento - UM. Shahuindo
https://erp.panamericansilver.com.pe/OA_HTML/OA.jsp?page=/oracle/apps/fnd/framework/navigate/webui/NewHomePG&homePage=Y&OAPB=FWK_HOMEPAGE_BRAND&transactionid=1879769624&oapc=5&oas=RD6k5Sq06M3SP8UysogjAQ..

- EAM Oracle APEX. (Ver **Figura 60**)

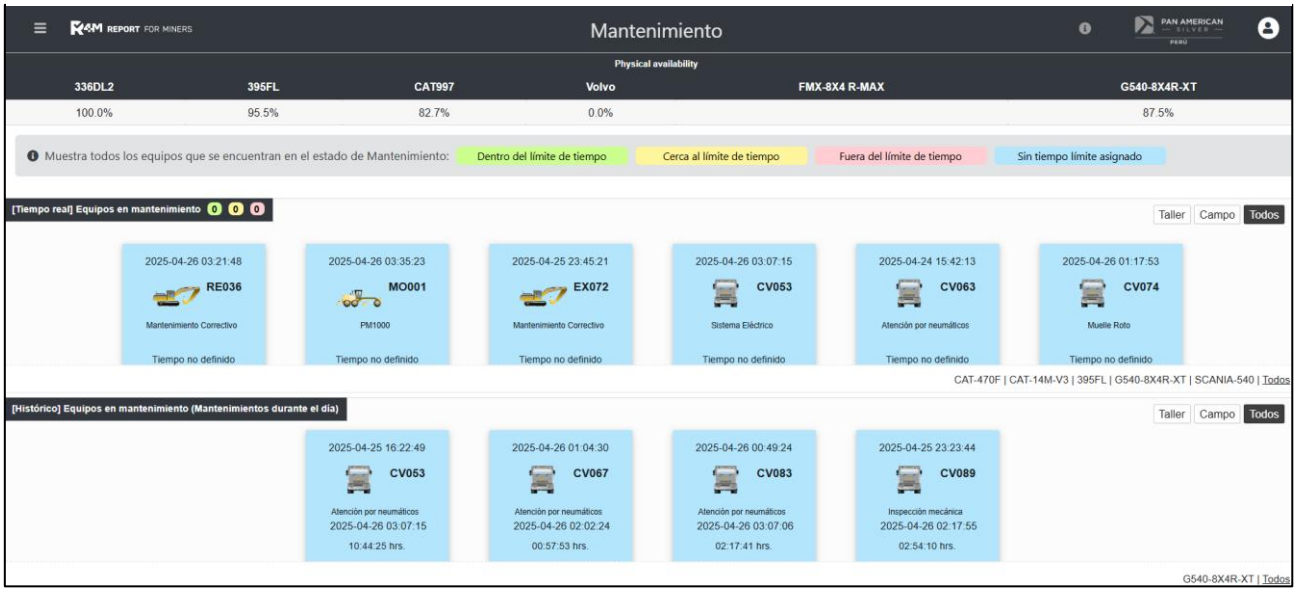
Figura 61. Figura 52. Software de mantenimiento - APEX



Obtenida de: ERP de Mantenimiento - UM. Shahuindo
https://erp.panamericansilver.com.pe/ords/f?p=101:1:10870087583119:::::

- MS4M Dispatch de equipos. (Ver **Figura 62**)

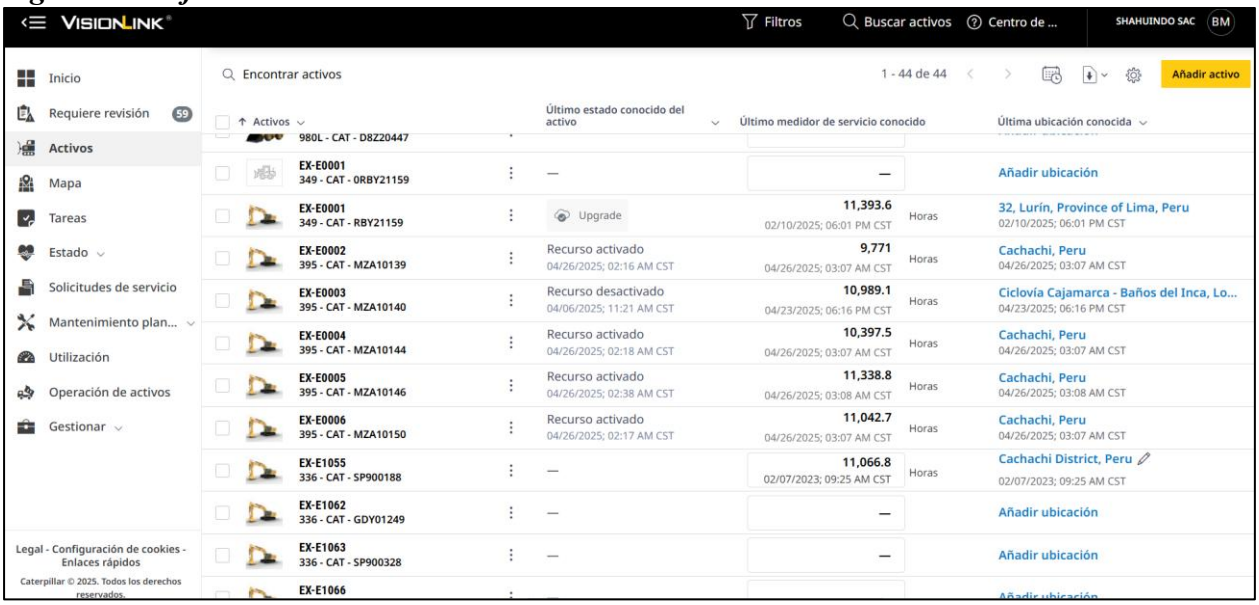
Figura 62. Software de operaciones mina- MS4M



Obtenida de: ERP de Operaciones Mina y Mantenimiento - UM. Shahuindo. *http://10.72.5.124:7070/operational/maint/resume/*

- Software de Caterpillar: SIS CAT 2.0; ET; Vision Link (Ver **Figura 63**), SOS Cat.

Figura 63. Software Vision LinK con acceso a activos de Shahuindo.



Obtenida de: Software de CAT - https://vl.cat.com/assets

- Software de EPIROC "Certiq" // Software de SCANIA.

4.3.2.5. Capacitación a personal de Mantenimiento para la ejecución del PMP.

Se procedió a ejecutar reuniones de capacitación a todo el personal de mantenimiento mina y operaciones mina, con la finalidad de dar inicio al plan de mantenimiento preventivo de la flota de equipos de la UM. Shahuindo. Siendo como principal objetivo de aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos de la flota de perforación, carguío y acarreo.

(a) Capacitación a personal del área de Planeamiento de Mantenimiento Mina.

Como podemos observar en la **Figura 64**, se brindó capacitación a la sub área de Planeamiento de mantenimiento mina, dando a conocer los nuevos procesos y procedimiento para la ejecución de PMP eficiente, alineado a nuestros indicadores de mantenimiento ofrecidos y Budget aprobado.

Figura 64. Capacitación a personal del área de Planeamiento de Mantenimiento.



Obtenida de: Elaboración propia – Sala de reuniones del Truck Shop – UM. Shahuindo

(b) Capacitación a personal del área de taller de Mantenimiento Mina.

Como podemos observar en la ***Figura 64. Capacitación a personal del área de Planeamiento de Mantenimiento.***, se brindó capacitación a la sub área de Taller de mantenimiento mina, dando a conocer los nuevos procesos de trabajos y procedimiento para la ejecución de PMP eficiente, alineado a la ejecución de actividades preventivas y correctivas, respetando los PETS (**Anexo 31**), normas de seguridad, flujos de procesos, formatos de check list, gestión de backlogs, informes, llenado correcto de nuestro ERP Oracle, etc. Tendiendo como objetivo el inicio inmediato de la ejecución del Plan de Mantenimiento Preventivo en la flota de equipos.

Figura 65. Capacitación a personal del área de taller de Mantenimiento Mina.



Obtenida de: Elaboración propia – Plataforma del Truck Shop – UM. Shahuindo

(c) Capacitaciones técnicas a personal técnico de Mantenimiento Mina.

Como podemos observar en la **Figura 66**, se brindó capacitación técnica al personal de la sub área de Taller de mantenimiento mina, donde llevaron cursos asociados a lectura de planos electro hidráulicos, funcionamiento de sistemas de excavadoras 395, funcionamiento de sistemas de perforadoras DM45, funcionamiento de sistemas de volquetes G540, pruebas, ajustes y

diagnóstico de fallas, metodología de Análisis causa raíz, diagnóstico de fallas, software CAT, EAM Oracle, etc.

Figura 66. Capacitaciones técnicas a personal técnico de Mantenimiento Mina.

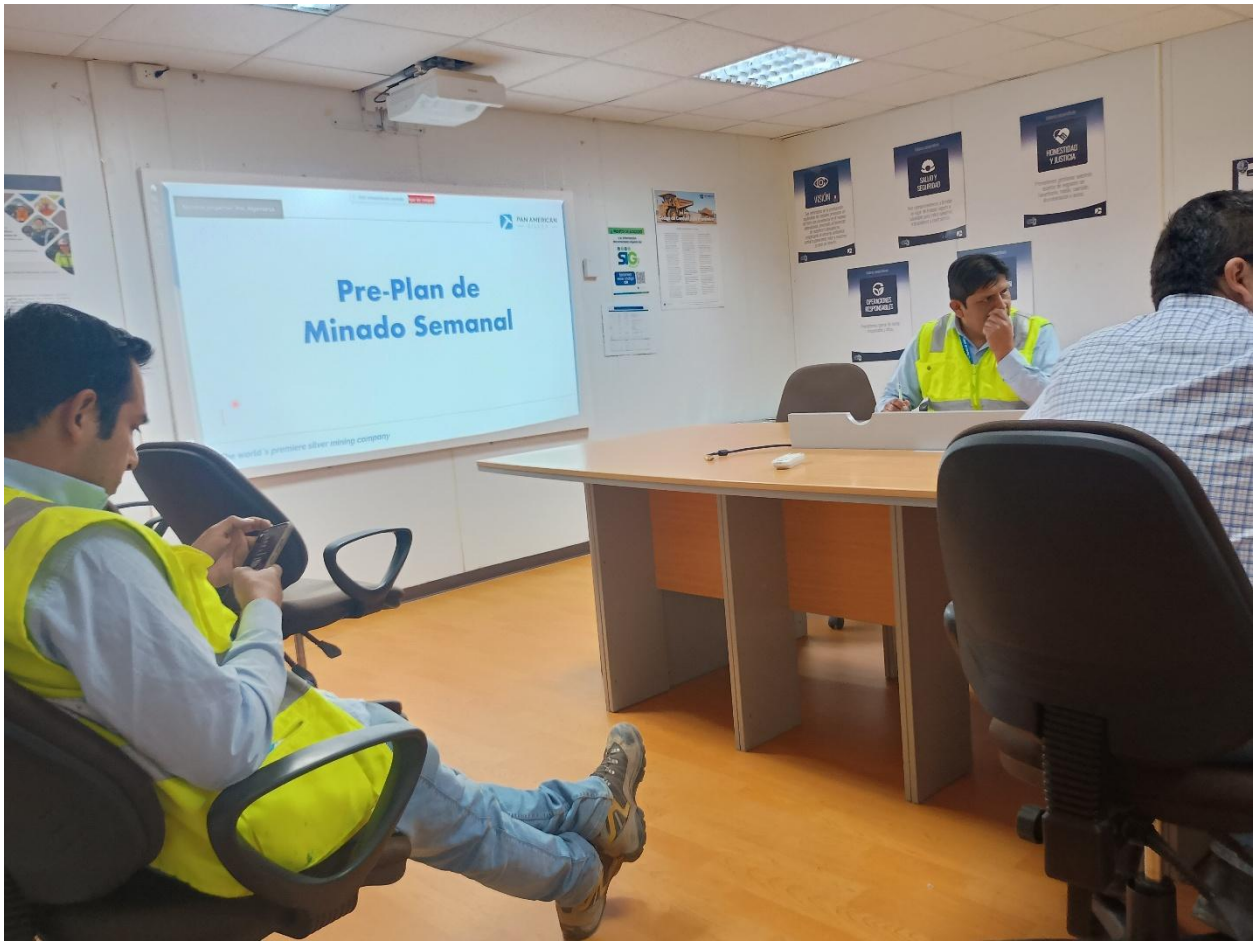


Obtenida de: Elaboración propia – Sala de Reuniones Vivero – UM. Shahuindo

(d) Capacitación al área de Operaciones Mina y establecimiento de Reuniones de coordinación

Como podemos observar en la **Figura 67**, se brindó capacitación al área de operaciones mina, donde se comprendió la mejora del proceso con la implementación de un PMP, se establecieron reuniones diarias, semanales, mensuales y trimestrales, iniciando la primera coordinación del plan semanal.

Figura 67. Plan Semanal de Minado



Obtenida de: Elaboración propia – Sala de Reuniones de Oficinas Principales – UM. Shahuindo.

4.3.2.6. Ejecución y continuidad de la Implementación del PMP

Como se observa en la **Figura 68**, se evidencia la ejecución de los trabajos según el Plan de Mantenimiento Preventivo, con una nueva ideología integra de mantenimiento en Gestión de Activos, alineado a nuestros KPIs y seguridad en el trabajo.

A continuación, se muestra los pasos de forma simplificada, para la ejecución del PMP.

- Se programa el trabajo en el Plan semanal, previa aprobación del jefe de guardia de mantenimiento.

- Reunión del plan semanal con las áreas involucradas, para exponer los trabajos.
- Se coordina la intervención del equipo con el área de operaciones mina.
- Se entrega la OT al personal técnico y contrasta con los PETS, para posteriormente retirar los insumos, repuestos, recursos de almacén.
- El equipo llega al taller para la ejecución de sus trabajos programados.
- Antes de iniciar los trabajos, se llena el IPERC (**Anexo 30**), se inspecciona las herramientas y equipos a utilizar.
- Se reporta al auxiliar de planeamiento, para que registre los tiempos que durará la intervención del equipo.
- Se ejecuta el trabajo.
- Se realiza pruebas y ajustes en conjunto con la inspección de calidad
- Se reporta al auxiliar de planeamiento, la culminación de los trabajos
- Se llena los documentos de evaluación he informes.
- Se genera backlogs de trabajo. Etc.

Figura 68. Mantenimiento preventivo tipo PM3 a Perforadora DM45.



Obtenida de: Elaboración propia – Bahía principal del truck Shop – UM. Shahuindo

CAPÍTULO V.

RESULTADOS

5.1. Resultados finales de las actividades realizadas.

5.1.1. Resultados asociados al Objetivo principal

Se logró determinar la incidencia en la disponibilidad de la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo de la UM. Shahuindo, una vez implementada el PMP. Donde se evidencia que se logró superar el objetivo principal "KPI Valor Meta 2024", como se muestra en la **Tabla 16**.

- La disponibilidad de flota de equipos de perforación es superior a 89%.
- La disponibilidad de flota de equipos de carguío es superior a 90%.
- La disponibilidad de flota de equipos de acarreo es superior a 89%.

Tabla 16. KPIs de Mantenimiento - Resultados una vez implementado el PMP.

	KPI Valor Meta 2024				**KPI Valor Actual 2024**			
Flota	**Disp. %**	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	Costo USD (Consumo)	**Disp. %**	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	Costo USD (Consumo)
0202 - Perforación (Drilling)	**89%**	45	6	$588,216	**91%**	49	6	$581,832
0206 - Carguío (Loading)	**90%**	60	6	$1,836,444	**91%**	64	6	$1,771,969
0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	**89%**	40	6	$5,969,181	**90%**	53	5	$5,826,746

Obtenida de: Elaboración propia, datos extraídos de ERP Oracle de E&M. en la UM. Shahuindo.

Tabla 17. Comparativa de KPI de mantenimiento del año 2023 y 2024.

	KPI Valor Real 2023			**KPI Valor Actual 2024**		
Flota	Disp. %	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)	Disp. %	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)
0202 - Perforación (Drilling)	84%	30	8	91%	49	6
0206 - Carguío (Loading)	86%	53	12	91%	64	6
0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	88%	45	7	90%	53	5

Obtenida de: Elaboración propia, datos extraídos de ERP Oracle de E&M. en la UM. Shahuindo.

Se logró implementar el PMP de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo; incrementando la disponibilidad de los equipos de un 84% a un 91%, para la flota de equipos de perforación; de un 86% a un 91%, para la flota de equipos de carguío y de un 88% a un 90%, para una flota de equipos de Acarreo, en la UM. Shahuindo.

5.1.2. Resultados asociados a otros objetivos.

Se logró determinar la variación de las horas de trabajo sin fallas mecánicas (MTBF), en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo, una vez implementado el Plan de Mantenimiento Preventivo.

- Con la implementación de un PMP, aumentó las horas de trabajo sin fallas mecánicas (MTBF), de la flota de equipos de Perforación; aumentando de 30 horas a 49 horas. **Tabla 18**.

Tabla 18. Evidencia de variación de MTBF, una vez implementado el PMP-Perforación.

PAN AMERICAN SILVER PERÚ	Base de datos - Energía y Mantenimiento			
Fecha	Flota	N° de Equipos	Horas de trabajo sin fallas mecánicas MTBF	
Ene-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	29 Hr.	30 Hr.
Feb-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	27 Hr.	
Mar-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	12 Hr.	
Abr-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	20 Hr.	
May-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	24 Hr.	
Jun-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	47 Hr.	
Jul-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	54 Hr.	
Ago-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	26 Hr.	
Set-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	36 Hr.	
Oct-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	29 Hr.	
Nov-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	27 Hr.	
Dic-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	24 Hr.	
Ene-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	28 Hr.	49 Hr.
Feb-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	31 Hr.	
Mar-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	43 Hr.	
Abr-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	50 Hr.	
May-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	56 Hr.	
Jun-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	47 Hr.	
Jul-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	54 Hr.	
Ago-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	52 Hr.	
Set-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	53 Hr.	
Oct-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	62 Hr.	
Nov-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	57 Hr.	
Dic-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	51 Hr.	

Obtenida de: Elaboración propia, datos extraídos de ERP Oracle de E&M. en la UM. Shahuindo.

- Con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, aumentó las horas de trabajo sin fallas mecánicas (MTBF), de la flota de equipos de Carguío en la UM. Shahuindo; aumentando de 53 horas a 64 horas. **Tabla 19**.

Tabla 19.Evidencia de variación de MTBF, una vez implementado el PMP-Carguío.

PAN AMERICAN SILVER PERÚ	Base de datos - Energía y Mantenimiento			
Fecha	Flota	N° de Equipos	Horas de trabajo sin fallas mecánicas MTBF	
Ene-23	0206 - Carguio (Loading)	4	58 Hr.	53 Hr.
Feb-23	0206 - Carguio (Loading)	4	48 Hr.	
Mar-23	0206 - Carguio (Loading)	4	48 Hr.	
Abr-23	0206 - Carguio (Loading)	5	39 Hr.	
May-23	0206 - Carguio (Loading)	5	67 Hr.	
Jun-23	0206 - Carguio (Loading)	5	40 Hr.	
Jul-23	0206 - Carguio (Loading)	5	77 Hr.	
Ago-23	0206 - Carguio (Loading)	5	28 Hr.	
Set-23	0206 - Carguio (Loading)	5	59 Hr.	
Oct-23	0206 - Carguio (Loading)	5	74 Hr.	
Nov-23	0206 - Carguio (Loading)	5	46 Hr.	
Dic-23	0206 - Carguio (Loading)	5	48 Hr.	
Ene-24	0206 - Carguio (Loading)	5	57 Hr.	64 Hr.
Feb-24	0206 - Carguio (Loading)	5	52 Hr.	
Mar-24	0206 - Carguio (Loading)	5	66 Hr.	
Abr-24	0206 - Carguio (Loading)	5	62 Hr.	
May-24	0206 - Carguio (Loading)	5	77 Hr.	
Jun-24	0206 - Carguio (Loading)	5	63 Hr.	
Jul-24	0206 - Carguio (Loading)	5	70 Hr.	
Ago-24	0206 - Carguio (Loading)	5	64 Hr.	
Set-24	0206 - Carguio (Loading)	5	75 Hr.	
Oct-24	0206 - Carguio (Loading)	5	65 Hr.	
Nov-24	0206 - Carguio (Loading)	5	60 Hr.	
Dic-24	0206 - Carguio (Loading)	5	57 Hr.	

Obtenida de: Elaboración propia, datos extraídos de ERP Oracle de E&M. en la UM. Shahuindo

- Con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, aumentó las horas de trabajo sin fallas mecánicas (MTBF), de la flota de equipos de Acarreo en la UM. Shahuindo; aumentando de 45 horas a 53 horas. **Tabla 20**.

Tabla 20.Evidencia de variación de MTBF, una vez implementado el PMP-Acarreo.

PAN AMERICAN SILVER PERÚ	Base de datos - Energía y Mantenimiento			
Fecha	Flota	N° de Equipos	Horas de trabajo sin fallas mecánicas MTBF	
Ene-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	40 Hr.	45 Hr.
Feb-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	42 Hr.	
Mar-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	40 Hr.	
Abr-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	51 Hr.	
May-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	41 Hr.	
Jun-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	50 Hr.	
Jul-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	46 Hr.	
Ago-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	48 Hr.	
Set-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	46 Hr.	
Oct-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	51 Hr.	
Nov-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	50 Hr.	
Dic-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	40 Hr.	
Ene-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	41 Hr.	53 Hr.
Feb-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	52 Hr.	
Mar-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	51 Hr.	
Abr-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	58 Hr.	
May-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	57 Hr.	
Jun-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	52 Hr.	
Jul-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	59 Hr.	
Ago-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	57 Hr.	
Set-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	52 Hr.	
Oct-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	51 Hr.	
Nov-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	59 Hr.	
Dic-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	51 Hr.	

Obtenida de: Elaboración propia, datos extraídos de ERP Oracle de E&M. en la UM. Shahuindo

Se logró determinar la variación del tiempo promedio que toma reparar las fallas mecánicas (MTTR) en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo, una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo

- Con la implementación del PMP, disminuyó el tiempo que se toma para reparar las fallas mecánicas (MTTR), de la flota de equipos de Perforación, de 8 horas a 6 horas, en la UM. Shahuindo. **Tabla 21**.

Tabla 21. Evidencia de variación de MTTR, una vez implementado el PMP-Perforación.

PAN AMERICAN SILVER PERÚ	Base de datos - Energía y Mantenimiento			
Fecha	Flota	N° de Equipos	Tiempo Medio de Reparación MTTR	
Ene-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	15 Hr.	8 Hr.
Feb-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	9 Hr.	
Mar-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	6 Hr.	
Abr-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	7 Hr.	
May-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	8 Hr.	
Jun-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	6 Hr.	
Jul-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	7 Hr.	
Ago-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	8 Hr.	
Set-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	7 Hr.	
Oct-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	7 Hr.	
Nov-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	7 Hr.	
Dic-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	9 Hr.	
Ene-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	13 Hr.	6 Hr.
Feb-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	9 Hr.	
Mar-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	6 Hr.	
Abr-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	4 Hr.	
May-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	9 Hr.	
Jun-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	4 Hr.	
Jul-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	5 Hr.	
Ago-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	3 Hr.	
Set-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	6 Hr.	
Oct-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	3 Hr.	
Nov-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	4 Hr.	
Dic-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	4 Hr.	

Obtenida de: Elaboración propia, datos extraídos de ERP Oracle de E&M. en la UM. Shahuindo.

- Con la implementación del PMP, disminuyó el tiempo que se toma para reparar las fallas mecánicas (MTTR), de la flota de equipos de Carguío, de 12 horas a 6 horas, en la UM. Shahuindo. **Tabla 22**.

Tabla 22. Evidencia de variación de MTTR, una vez implementado el PMP-Carguío.

PAN AMERICAN SILVER PERÚ	Base de datos - Energía y Mantenimiento			
Fecha	Flota	N° de Equipos	Tiempo Medio de Reparación MTTR	
Ene-23	0206 - Carguio (Loading)	4	13 Hr.	12 Hr.
Feb-23	0206 - Carguio (Loading)	4	11 Hr.	
Mar-23	0206 - Carguio (Loading)	4	11 Hr.	
Abr-23	0206 - Carguio (Loading)	5	11 Hr.	
May-23	0206 - Carguio (Loading)	5	6 Hr.	
Jun-23	0206 - Carguio (Loading)	5	19 Hr.	
Jul-23	0206 - Carguio (Loading)	5	17 Hr.	
Ago-23	0206 - Carguio (Loading)	5	14 Hr.	
Set-23	0206 - Carguio (Loading)	5	12 Hr.	
Oct-23	0206 - Carguio (Loading)	5	6 Hr.	
Nov-23	0206 - Carguio (Loading)	5	12 Hr.	
Dic-23	0206 - Carguio (Loading)	5	11 Hr.	
Ene-24	0206 - Carguio (Loading)	5	7 Hr.	6 Hr.
Feb-24	0206 - Carguio (Loading)	5	5 Hr.	
Mar-24	0206 - Carguio (Loading)	5	6 Hr.	
Abr-24	0206 - Carguio (Loading)	5	5 Hr.	
May-24	0206 - Carguio (Loading)	5	6 Hr.	
Jun-24	0206 - Carguio (Loading)	5	6 Hr.	
Jul-24	0206 - Carguio (Loading)	5	10 Hr.	
Ago-24	0206 - Carguio (Loading)	5	6 Hr.	
Set-24	0206 - Carguio (Loading)	5	6 Hr.	
Oct-24	0206 - Carguio (Loading)	5	5 Hr.	
Nov-24	0206 - Carguio (Loading)	5	6 Hr.	
Dic-24	0206 - Carguio (Loading)	5	5 Hr.	

Obtenida de: Elaboración propia, datos extraídos de ERP Oracle de E&M. en la UM. Shahuindo.

- Con la implementación del PMP, disminuyó el tiempo que se toma para reparar las fallas mecánicas (MTTR), de la flota de equipos de Acarreo, de 7 horas a 5 horas, en la UM. Shahuindo. **Tabla 23**.

Tabla 23. Evidencia de variación de MTTR, una vez implementado el PMP-Acarreo.

PAN AMERICAN SILVER PERÚ	Base de datos - Energía y Mantenimiento			
Fecha	Flota	N° de Equipos	Tiempo Medio de Reparación MTTR	
Ene-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	9 Hr.	7 Hr.
Feb-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	8 Hr.	
Mar-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	9 Hr.	
Abr-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	5 Hr.	
May-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	7 Hr.	
Jun-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	5 Hr.	
Jul-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	7 Hr.	
Ago-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	7 Hr.	
Set-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	7 Hr.	
Oct-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	5 Hr.	
Nov-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	6 Hr.	
Dic-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	9 Hr.	
Ene-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	7 Hr.	5 Hr.
Feb-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	6 Hr.	
Mar-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	5 Hr.	
Abr-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	4 Hr.	
May-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	5 Hr.	
Jun-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	5 Hr.	
Jul-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	4 Hr.	
Ago-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	5 Hr.	
Set-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	6 Hr.	
Oct-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	6 Hr.	
Nov-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	4 Hr.	
Dic-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	5 Hr.	

Obtenida de: Elaboración propia, datos extraídos de ERP Oracle de E&M. en la UM. Shahuindo.

Se logró determinar la variación del costo de mantenimiento con respeto al Budget, en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo, una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo.

- Con la implementación del PMP, disminuyó la variación del costo de mantenimiento, comparado con el presupuesto aprobado de la flota de equipos de perforación. Mejorando de +14% (excedió con respecto al Budget) a -1% (Por debajo del Budget "Ahorro de 6,385 USD."). **Tabla 24**

Tabla 24. Evidencia de variación del costo de mantenimiento con respecto al Budget-Perforación

PAN AMERICAN SILVER PERÚ	Base de datos - Energía y Mantenimiento									
Fecha	Flota	N° de Equip	Costos Budget	Costo Real	Var (R-B)	%Variación	YTD Costos Budget	YTD Costo Real	Var (R-B)	%Variación
Ene-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$38,624	$150,318	$111,694	289%	$38,624	$150,318	$111,694	289%
Feb-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$37,535	$24,138	-$13,398	-36%	$76,159	$174,456	$98,296	129%
Mar-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$18,464	$36,142	$17,678	96%	$94,624	$210,598	$115,975	123%
Abr-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$40,608	$10,551	-$30,057	-74%	$135,232	$221,149	$85,918	64%
May-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$48,476	$73,979	$25,502	53%	$183,708	$295,128	$111,420	61%
Jun-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$43,048	$33,452	-$9,596	-22%	$226,756	$328,580	$101,824	45%
Jul-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$23,920	$44,276	$20,356	85%	$250,676	$372,856	$122,180	49%
Ago-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$50,029	$28,013	-$22,016	-44%	$300,706	$400,870	$100,164	33%
Set-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$26,839	$11,220	-$15,619	-58%	$327,545	$412,090	$84,545	26%
Oct-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$105,643	$19,284	-$86,359	-82%	$433,188	$431,374	-$1,813	0%
Nov-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$25,775	$107,241	$81,466	316%	$458,962	$538,615	$79,652	17%
Dic-23	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$30,170	$18,328	-$11,842	-39%	**$489,133**	**$556,943**	**$67,810**	**14%**
Ene-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$37,302	$27,768	-$9,534	-26%	$37,302	$27,768	-$9,534	-26%
Feb-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$35,385	$61,456	$26,071	74%	$72,687	$89,224	$16,537	23%
Mar-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$56,958	$41,065	-$15,893	-28%	$129,645	$130,290	$644	0%
Abr-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$60,202	$63,108	$2,905	5%	$189,848	$193,397	$3,550	2%
May-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$44,434	$49,907	$5,473	12%	$234,281	$243,304	$9,023	4%
Jun-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$43,932	$47,023	$3,091	7%	$278,213	$290,328	$12,114	4%
Jul-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$52,397	$28,829	-$23,568	-45%	$330,610	$319,156	-$11,454	-3%
Ago-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$48,457	$47,827	-$629	-1%	$379,067	$366,984	-$12,083	-3%
Set-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$43,527	$48,957	$5,430	12%	$422,593	$415,940	-$6,653	-2%
Oct-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$45,606	$44,306	-$1,300	-3%	$468,199	$460,246	-$7,953	-2%
Nov-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$59,232	$60,785	$1,554	3%	$527,431	$521,032	-$6,399	-1%
Dic-24	0202 - Perforacion (Drilling)	2	$60,785	$60,800	$15	0%	**$588,216**	**$581,832**	**-$6,385**	**-1%**

Obtenida de: Elaboración propia, datos extraídos de ERP Oracle de E&M. en la UM. Shahuindo.

- Con la implementación del PMP, disminuyó la variación del costo de mantenimiento, comparado con el presupuesto aprobado de la flota de equipos de carguío. Mejorando de +5% (excedió con respecto al Budget) a -4% (Por debajo del Budget "Ahorro de 64,474 USD"). **Tabla 25**

Tabla 25. Evidencia de variación del costo de mantenimiento con respecto al Budget-Carguío.

Base de datos - Energía y Mantenimiento										
Fecha	Flota	N° de Equip	Costos Budget	Costo Real	Var (R-B)	%Variación	YTD Costos Budget	YTD Costo Real	Var (R-B)	%Variación
Ene-23	0206 - Carguio (Loading)	4	$125,348	$126,904	$1,557	1%	$125,348	$126,904	$1,557	1%
Feb-23	0206 - Carguio (Loading)	4	$89,087	$102,652	$13,565	15%	$214,435	$229,556	$15,121	7%
Mar-23	0206 - Carguio (Loading)	4	$94,967	$109,327	$14,360	15%	$309,402	$338,883	$29,481	10%
Abr-23	0206 - Carguio (Loading)	5	$113,777	$121,104	$7,327	6%	$423,180	$459,988	$36,808	9%
May-23	0206 - Carguio (Loading)	5	$117,434	$124,351	$6,917	6%	$540,614	$584,339	$43,725	8%
Jun-23	0206 - Carguio (Loading)	5	$208,016	$198,573	-$9,443	-5%	$748,630	$782,912	$34,282	5%
Jul-23	0206 - Carguio (Loading)	5	$184,240	$190,626	$6,386	3%	$932,871	$973,538	$40,668	4%
Ago-23	0206 - Carguio (Loading)	5	$158,466	$153,945	-$4,521	-3%	$1,091,337	$1,127,484	$36,147	3%
Set-23	0206 - Carguio (Loading)	5	$113,317	$121,215	$7,897	7%	$1,204,654	$1,248,698	$44,044	4%
Oct-23	0206 - Carguio (Loading)	5	$114,481	$120,338	$5,857	5%	$1,319,135	$1,369,036	$49,902	4%
Nov-23	0206 - Carguio (Loading)	5	$111,007	$102,482	-$8,525	-8%	$1,430,142	$1,471,518	$41,376	3%
Dic-23	0206 - Carguio (Loading)	5	$108,769	$137,631	$28,862	27%	**$1,538,911**	**$1,609,150**	**$70,239**	**5%**
Ene-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$101,861	$92,654	-$9,207	-9%	$101,861	$92,654	-$9,207	-9%
Feb-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$119,918	$120,461	$543	0%	$221,779	$213,115	-$8,664	-4%
Mar-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$186,736	$190,942	$4,206	2%	$408,516	$404,057	-$4,459	-1%
Abr-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$199,782	$199,963	$182	0%	$608,297	$604,020	-$4,277	-1%
May-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$178,883	$168,203	-$10,679	-6%	$787,180	$772,224	-$14,956	-2%
Jun-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$98,996	$71,849	-$27,146	-27%	$886,176	$844,073	-$42,103	-5%
Jul-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$102,886	$106,481	$3,596	3%	$989,062	$950,554	-$38,507	-4%
Ago-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$144,549	$161,593	$17,044	12%	$1,133,611	$1,112,148	-$21,463	-2%
Set-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$140,644	$116,485	-$24,159	-17%	$1,274,255	$1,228,633	-$45,622	-4%
Oct-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$164,648	$156,086	-$8,563	-5%	$1,438,904	$1,384,719	-$54,185	-4%
Nov-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$195,875	$186,086	-$9,790	-5%	$1,634,779	$1,570,805	-$63,974	-4%
Dic-24	0206 - Carguio (Loading)	5	$201,665	$201,165	-$500	0%	**$1,836,444**	**$1,771,969**	**-$64,474**	**-4%**

Obtenida de: Elaboración propia, datos extraídos de ERP Oracle de E&M. en la UM. Shahuindo.

- Con la implementación del PMP, disminuyó la variación del costo de mantenimiento, comparado con el presupuesto aprobado de la flota de equipos de acarreo. Mejorando de +2% (excedió con respecto al Budget) a -2% (Por debajo del Budget "Ahorro de 142,435 USD"). **Tabla 26**

Tabla 26. Evidencia de variación del costo de mantenimiento con respecto al Budget-Acarreo

PAN AMERICAN SILVER PERÚ	Base de datos - Energía y Mantenimiento									
Fecha	Flota	N° de Equip	Costos Budget	Costo Real	Var (R-B)	%Variación	YTD Costos Budget	YTD Costo Real	Var (R-B)	%Variación
Ene-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$513,872	$439,793	-$74,079	-14%	$513,872	$439,793	-$74,079	-14%
Feb-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$439,566	$384,058	-$55,508	-13%	$953,438	$823,851	-$129,587	-14%
Mar-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$499,065	$440,259	-$58,806	-12%	$1,452,502	$1,264,109	-$188,393	-13%
Abr-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$443,895	$403,322	-$40,573	-9%	$1,896,397	$1,667,431	-$228,966	-12%
May-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$319,812	$436,866	$117,053	37%	$2,216,209	$2,104,297	-$111,913	-5%
Jun-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$379,717	$336,325	-$43,393	-11%	$2,595,927	$2,440,622	-$155,305	-6%
Jul-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$378,451	$407,871	$29,420	8%	$2,974,378	$2,848,493	-$125,886	-4%
Ago-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$386,300	$414,638	$28,338	7%	$3,360,678	$3,263,131	-$97,547	-3%
Set-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$435,754	$592,548	$156,793	36%	$3,796,433	$3,855,679	$59,246	2%
Oct-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$513,521	$549,512	$35,991	7%	$4,309,954	$4,405,191	$95,237	2%
Nov-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$507,241	$526,117	$18,876	4%	$4,817,194	$4,931,308	$114,113	2%
Dic-23	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$520,982	$503,650	-$17,331	-3%	$5,338,176	$5,434,958	$96,782	2%
Ene-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$593,559	$594,183	$624	0%	$593,559	$594,183	$624	0%
Feb-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$542,092	$494,451	-$47,641	-9%	$1,135,651	$1,088,635	-$47,017	-4%
Mar-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$603,121	$538,028	-$65,093	-11%	$1,738,772	$1,626,663	-$112,110	-6%
Abr-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$489,478	$543,305	$53,827	11%	$2,228,250	$2,169,968	-$58,283	-3%
May-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$382,657	$380,110	-$2,547	-1%	$2,610,907	$2,550,077	-$60,829	-2%
Jun-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$372,541	$342,093	-$30,448	-8%	$2,983,447	$2,892,171	-$91,277	-3%
Jul-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$435,036	$421,860	-$13,176	-3%	$3,418,483	$3,314,030	-$104,453	-3%
Ago-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$429,003	$424,231	-$4,772	-1%	$3,847,486	$3,738,261	-$109,225	-3%
Set-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$467,524	$459,994	-$7,530	-2%	$4,315,010	$4,198,254	-$116,755	-3%
Oct-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$554,053	$545,931	-$8,123	-1%	$4,869,063	$4,744,185	-$124,878	-3%
Nov-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$532,330	$531,230	-$1,100	0%	$5,401,394	$5,275,415	-$125,978	-2%
Dic-24	0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	54	$567,788	$551,330	-$16,457	-3%	**$5,969,181**	**$5,826,746**	**-$142,435**	**-2%**

Obtenida de: Elaboración propia, datos extraídos de ERP Oracle de E&M. en la UM. Shahuindo.

Se mejoró el cumplimiento de la programación de actividades de mantenimiento y la precisión, con los que se ejecuta. En la flota de perforación se mejora el cumplimiento del plan de mantenimiento de 73% a 86%; en la flota de carguío de 80% a 88% y en la flota de acarreo de 85% a 90%. (Evidencia en el **Anexo 34**)

Se construyó un grupo de personal técnico, que realiza tareas de inspección, control de calidad de las tareas de mantenimiento, y análisis de monitoreo y condición. (Como: Análisis de aceite, termografía, análisis vibracional, calidad de PM, inspección de Gets y Carrilería, etc.). (Evidencia en el **Anexo 35**)

Se estableció y elaboró tabla de PCR de componentes, para anticipar la adquisición de componentes y repuestos, garantizando la continuidad de funcionamiento de los equipos de la flota de perforación, carguío y acarreo, una vez implementada el PMP. (Evidencia en el **Anexo 36**)

Se implementó el reporte de backlogs, incluyendo las actividades que cuentan con todos los recursos, para ser añadidos dentro del programa de mantenimiento. Éste reporte se emite de forma semanal. (Evidencia en el **Anexo 37**).

Se elaboró procedimientos, con los lineamientos de planificación, ejecución y control del mantenimiento preventivo. (Evidencia en el **Anexo 10**, **Anexo 27**, **Anexo 29** y **Anexo 14**).

Se elaboraron las cartillas de mantenimiento, para controlar el proceso de la ejecución de los mantenimientos preventivos de los equipos de la flota de perforación, carguío y acarreo. (Evidencia en el **Anexo 38**).

Se elaboraron informes para medir los resultados y eficacia de la gestión de mantenimiento en la Unidad Minera Shahuindo. (Evidencia en el **Anexo 39**).

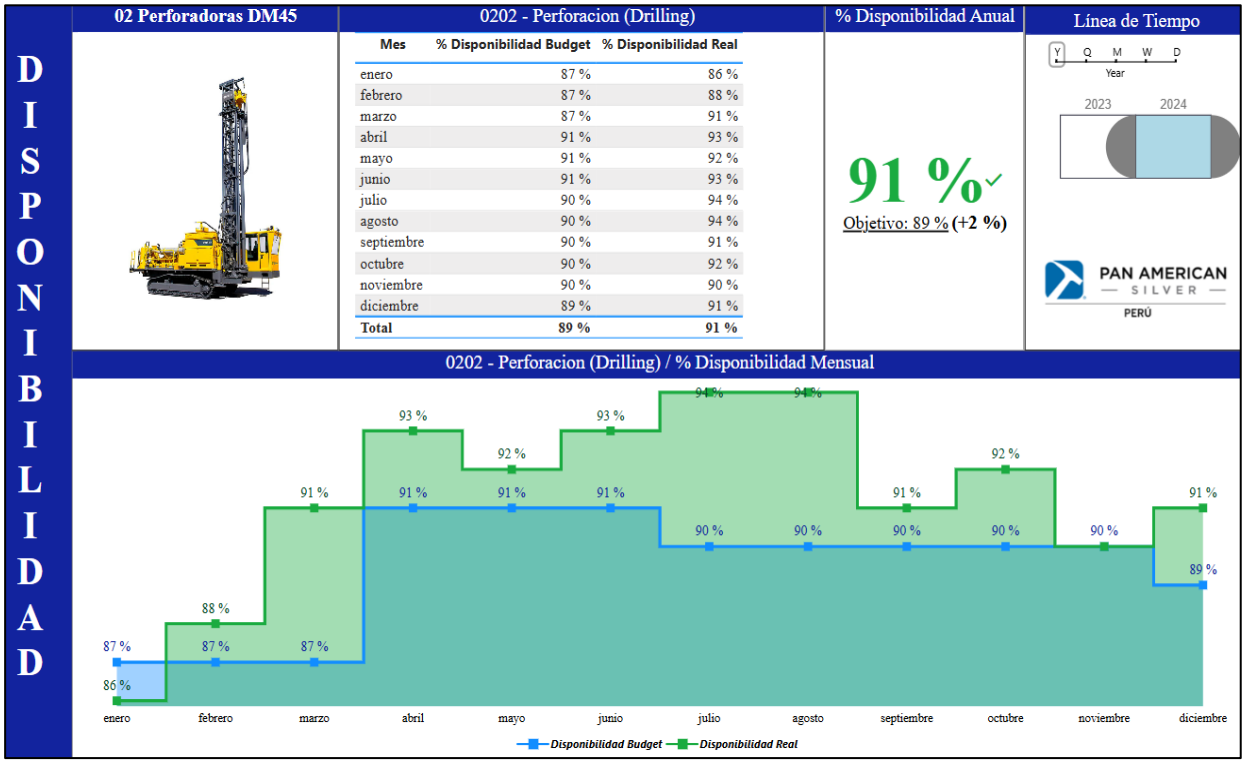
Se implementó reporte de costos indirectos, para controlar el Budget de mantenimiento, revisando constantemente los costos de inventarios, servicios, etc. (Evidencia en el **Anexo 40**).

5.1.3. KPI de flota de Perforación, después de implementar el PMP.

5.1.3.1. Disponibilidad de la flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 69**, se muestra la disponibilidad una vez implementada el PMP, de la flota de perforación, conformada por 02 perforadoras modelo DM45 marca Epiroc. Donde se ha obtenido **91% de disponibilidad** al finalizar el año 2024, claramente se ha logrado alcanzar la meta del 89% de disponibilidad, siendo **2% por encima del objetivo**. Adicional a ello se puede verificar que existe un **aumento de 7% de disponibilidad, con respecto al año 2023.**

Figura 69. Disponibilidad de la flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo.



Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2024 -ERP AMT. APEX

- Cálculo de disponibilidad:

Flota de Equipos	*N° de Equipos*	*(Hr) Calendario*	*Horas Trabajadas*	*Stand By*	*(Hr) Mecánicas Programadas*	*(Hr) Mecánicas No Programadas*	*Disponibilidad Física*	*MTTR*	*MTBF*
DM45-Perforadora	2	17568	10008	*5979*	980	601	***91%***	6	49

Disponibilidad*=*((Hr) Calendario - (Hr) Mecánicas Programadas - (Hr) Mecánicas No Programadas) / (Hr) Calendario.

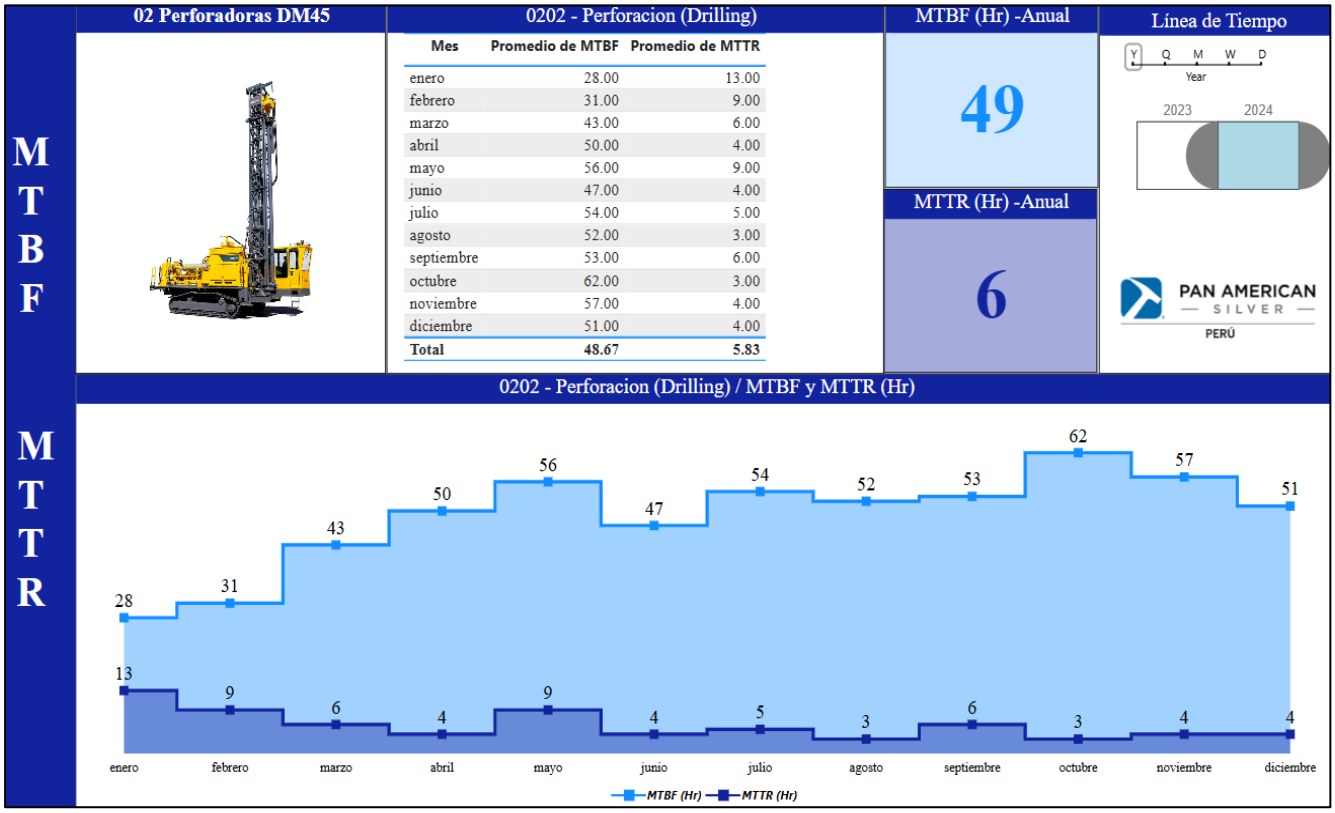
Disponibilidad=(17568 - 980 – 601) / 17568

Disponibilidad= 91%

5.1.3.2. MTBF y MTTR de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 70**, se muestra que en la flota de equipos de perforación alcanza las **49 horas** "horas maquina" de funcionamiento sin falla (MTBF) y cuando ocurre la falla el tiempo promedio que mantenimiento se tarda en reparar (MTTR) las perforadoras son de **6 horas** "horas reloj". Si comparamos los resultados del año 2024 con respecto al año 2023, se puede corroborar que el tiempo de trabajo de las perforadoras sin fallas (MTBF) ha **aumentado en 19 horas**, siendo los equipos más confiables; y el tiempo que el mantenimiento tarda en reparar (MTTR), se ha **optimizado en 02 horas menos**.

Figura 70. MTBF y MTTR de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo.

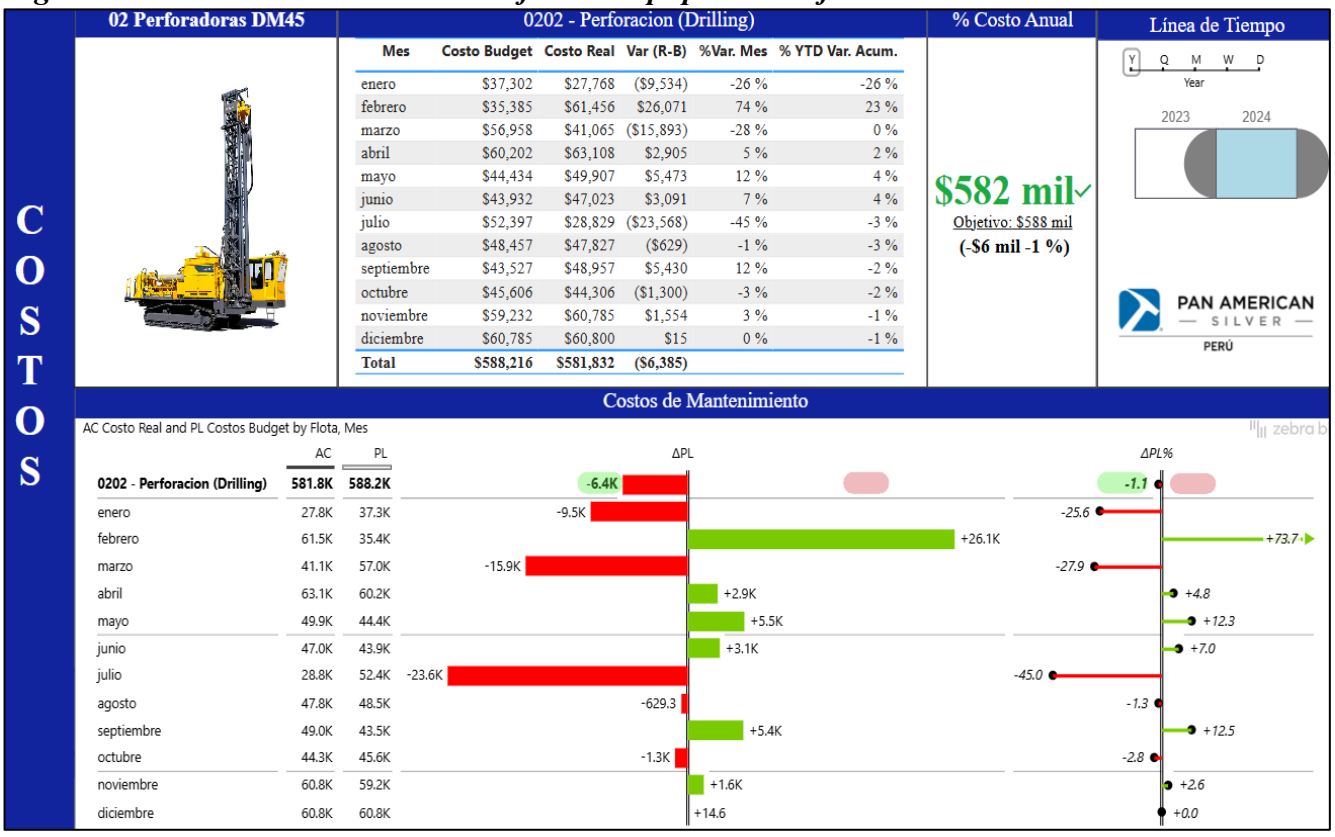


Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2024 -ERP AMT. APEX

5.1.3.3. Costo de mantenimiento de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 71**, se muestra los costos incurridos en el mantenimiento de la flota de equipos de perforación, donde al cierre del año 2024, se obtiene **6 mil dólares por debajo del presupuesto**, lo que representa **un ahorro del 1%**, con respecto al Budget aprobado. Si comparamos los resultados del año 2024 con respecto al año 2023, se puede corroborar que en el año 2023 los costos excedieron en un 14% y posterior a implementar el PMP en el año 2024, se logró un ahorro del 1% con respecto al presupuesto.

Figura 71. Costo de mantenimiento de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo.



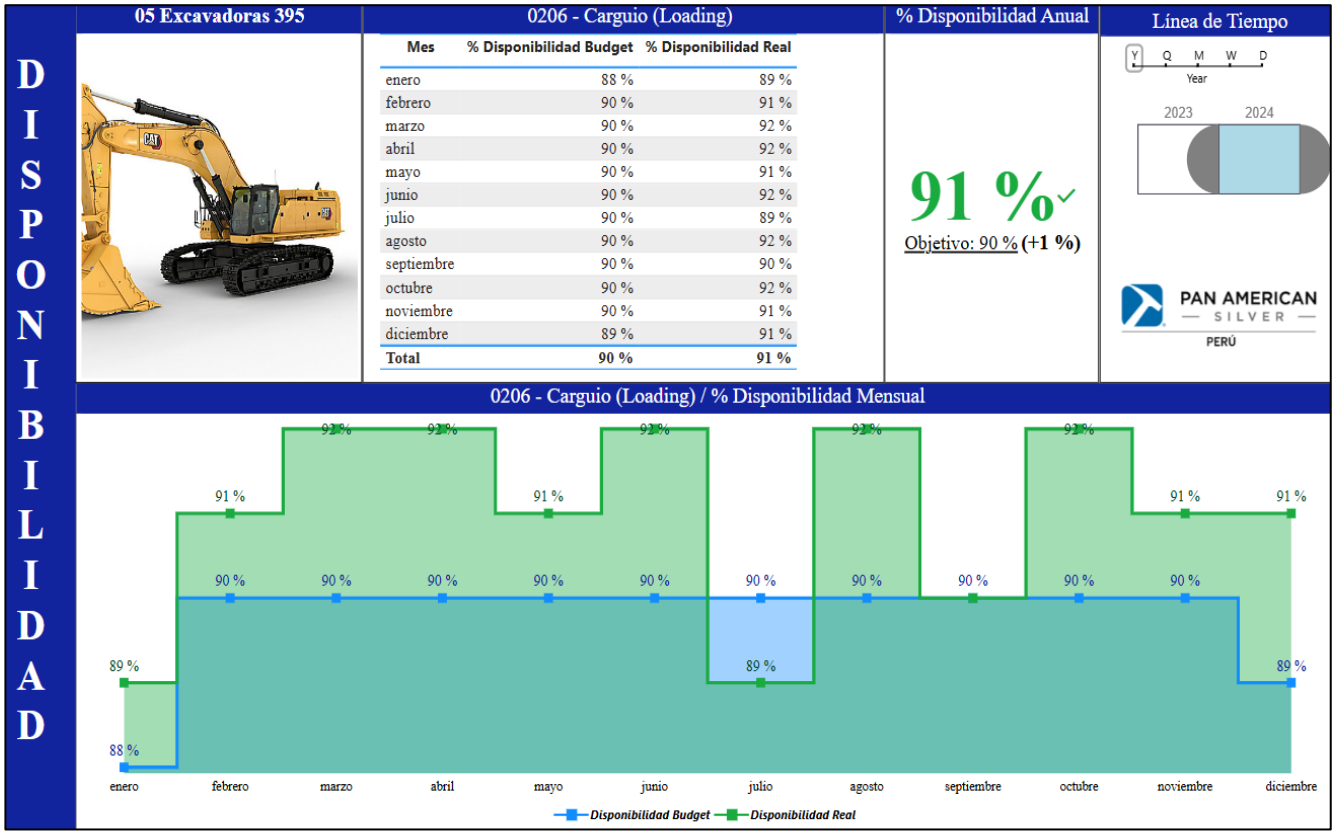
Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2024 -ERP AMT. APEX

5.1.4. KPI de flota de Carguío, después de implementar el PMP.

5.1.4.1. Disponibilidad de la flota de equipos de carguío en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 72**, se muestra la disponibilidad una vez implementada el PMP, de la flota de carguío, conformada por 05 excavadoras modelo 395 marca Caterpillar. Donde se ha obtenido **91% de disponibilidad** al finalizar el año 2024, claramente se ha logrado alcanzar la meta del 90% de disponibilidad, siendo **1% por encima del objetivo**. Adicional a ello se puede verificar que existe un **aumento de 5% de disponibilidad, con respecto al año 2023.**

Figura 72. Disponibilidad de la flota de equipos de carguío en la UM. Shahuindo.



Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2024 -ERP AMT. APEX.

- Cálculo de disponibilidad:

Flota de Equipos	*N° de Equipos*	*(Hr) Calendario*	*Horas Trabajadas*	*Stand By*	*(Hr) Mecánicas Programadas*	*(Hr) Mecánicas No Programadas*	*Disponibilidad Física*	*MTTR*	*MTBF*
395-Excavadora	5	43920	31560	*8407*	2451	1502	***91%***	6	64

Disponibilidad*=*(**(Hr) Calendario - (Hr) Mecánicas Programadas - (Hr) Mecánicas No Programadas**) / (Hr) Calendario.

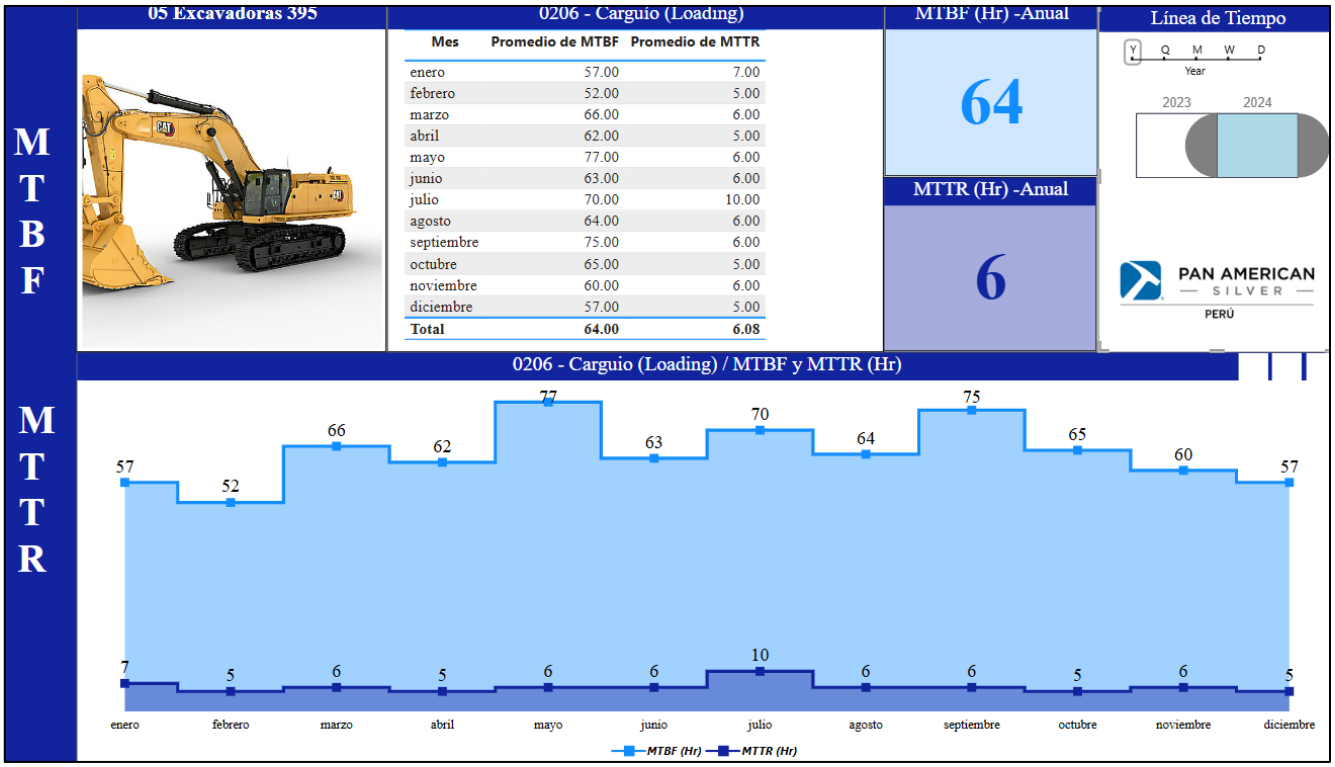
Disponibilidad=(43920 - 2451 – 1502) / 43920

Disponibilidad= 91%

5.1.4.2. MTBF y MTTR de flota de equipos de Carguío en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 73**, se muestra que en la flota de equipos de carguío alcanza las **64 horas** "horas maquina" de funcionamiento sin falla (MTBF) y cuando ocurre la falla el tiempo promedio que mantenimiento se tarda en reparar (MTTR) las excavadoras son de **6 horas** "horas reloj". Si comparamos los resultados del año 2024 con respecto al año 2023, se puede corroborar que el tiempo de trabajo de las excavadoras sin fallas (MTBF) ha **aumentado en 11 horas**, siendo los equipos más confiables; y el tiempo que mantenimiento tarda en reparar (MTTR), se ha **optimizado en 06 horas menos**.

Figura 73. MTBF y MTTR de flota de equipos de Perforación en la UM. Shahuindo.

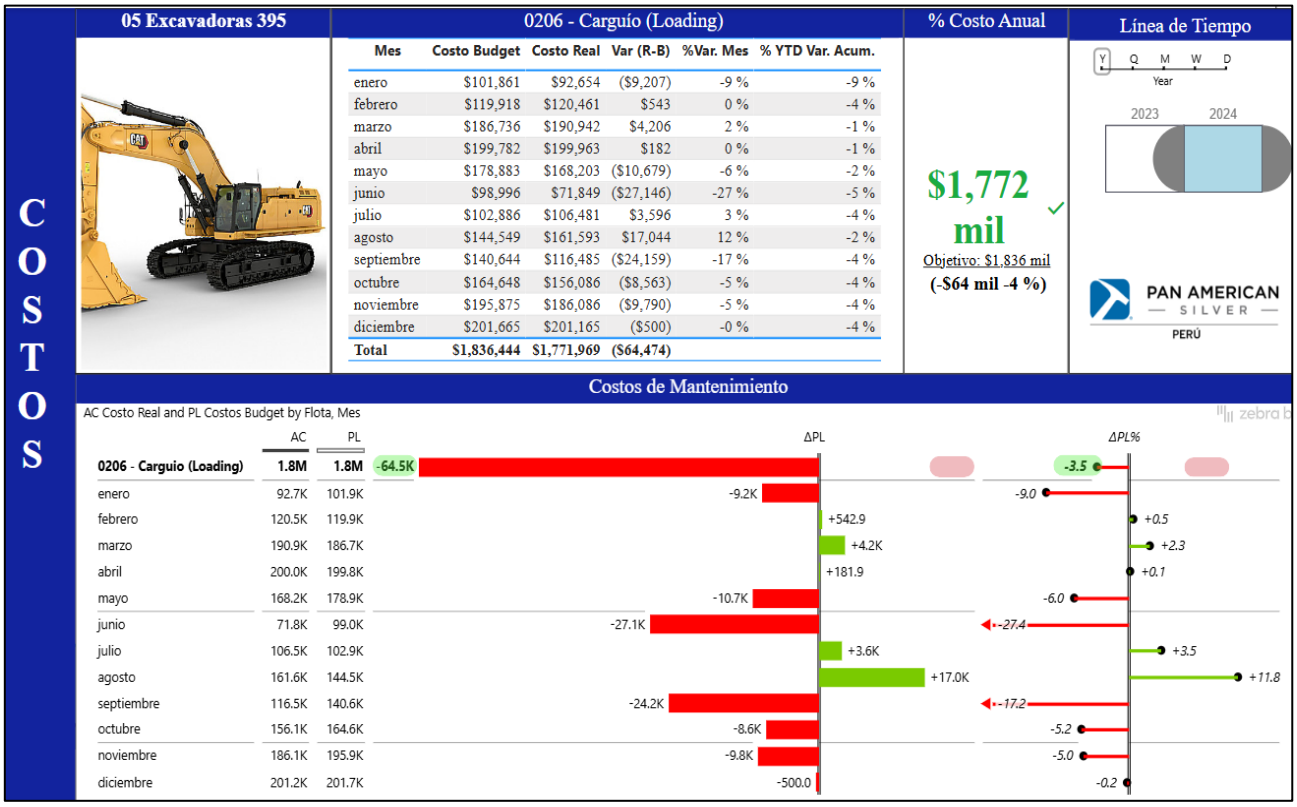


Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2024 -ERP AMT. APEX.

5.1.4.3. Costo de mantenimiento de flota de equipos de Carguío en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 74**, se muestra los costos incurridos en el mantenimiento de la flota de equipos de carguío, donde al cierre del año 2024, se obtiene **64 mil dólares por debajo del presupuesto**, lo que representa **un ahorro del 4%**, con respecto al Budget aprobado. Si comparamos los resultados del año 2024 con respecto al año 2023, se puede corroborar que en el año 2023 los costos excedieron en un 5% y posterior a implementar el PMP en el año 2024, se logró un ahorro del 4% con respecto al presupuesto.

Figura 74. Costo de mantenimiento de flota de equipos de Carguío en la UM. Shahuindo.



Mes	Costo Budget	Costo Real	Var (R-B)	%Var. Mes	% YTD Var. Acum.
enero	$101,861	$92,654	($9,207)	-9 %	-9 %
febrero	$119,918	$120,461	$543	0 %	-4 %
marzo	$186,736	$190,942	$4,206	2 %	-1 %
abril	$199,782	$199,963	$182	0 %	-1 %
mayo	$178,883	$168,203	($10,679)	-6 %	-2 %
junio	$98,996	$71,849	($27,146)	-27 %	-5 %
julio	$102,886	$106,481	$3,596	3 %	-4 %
agosto	$144,549	$161,593	$17,044	12 %	-2 %
septiembre	$140,644	$116,485	($24,159)	-17 %	-4 %
octubre	$164,648	$156,086	($8,563)	-5 %	-4 %
noviembre	$195,875	$186,086	($9,790)	-5 %	-4 %
diciembre	$201,665	$201,165	($500)	-0 %	-4 %
Total	**$1,836,444**	**$1,771,969**	**($64,474)**		

	AC	PL	ΔPL	ΔPL%
0206 - Carguio (Loading)	**1.8M**	**1.8M**	-64.5K	-3.5
enero	92.7K	101.9K	-9.2K	-9.0
febrero	120.5K	119.9K	+542.9	+0.5
marzo	190.9K	186.7K	+4.2K	+2.3
abril	200.0K	199.8K	+181.9	+0.1
mayo	168.2K	178.9K	-10.7K	-6.0
junio	71.8K	99.0K	-27.1K	-27.4
julio	106.5K	102.9K	+3.6K	+3.5
agosto	161.6K	144.5K	+17.0K	+11.8
septiembre	116.5K	140.6K	-24.2K	-17.2
octubre	156.1K	164.6K	-8.6K	-5.2
noviembre	186.1K	195.9K	-9.8K	-5.0
diciembre	201.2K	201.7K	-500.0	-0.2

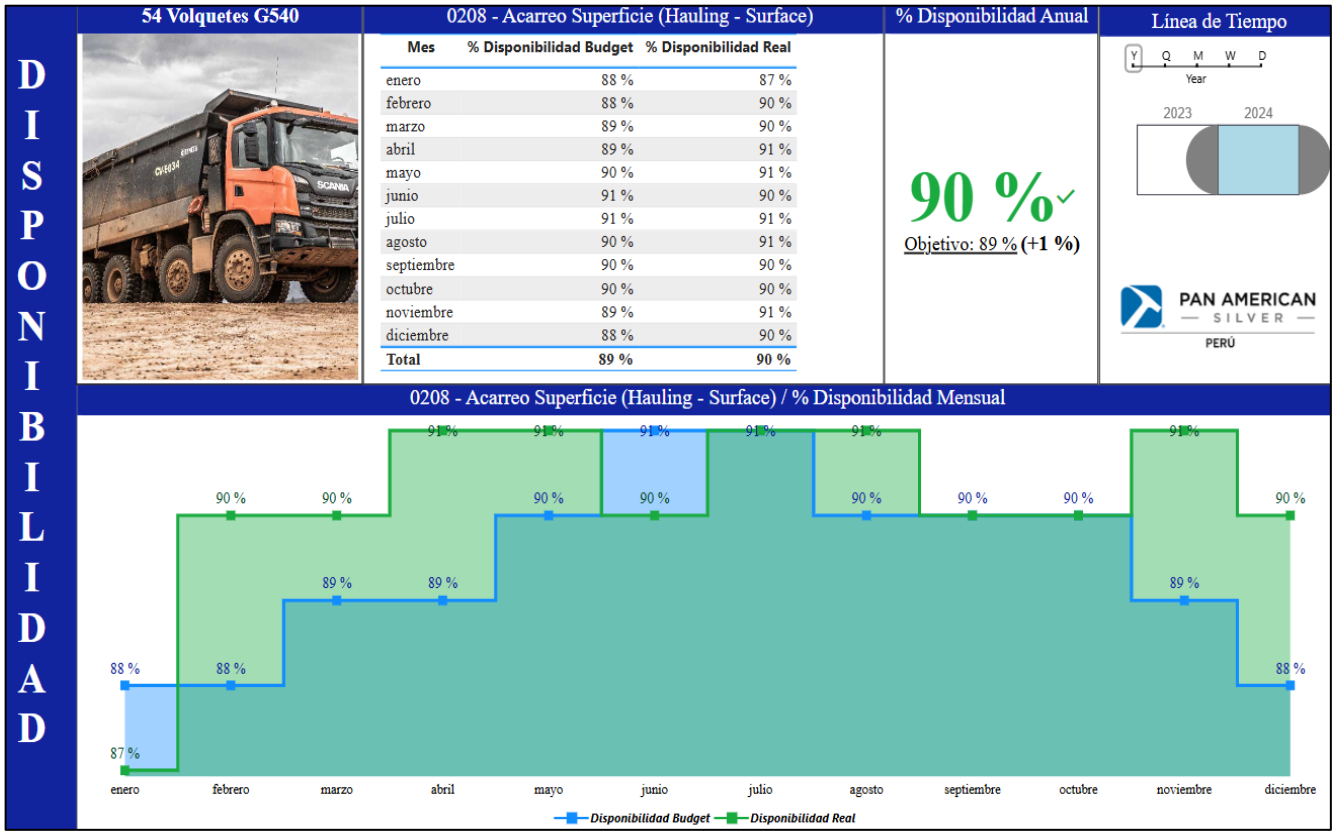
Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2024 -ERP AMT.

5.1.5. KPI de flota de acarreo, después de implementar el PMP.

5.1.5.1. Disponibilidad de la flota de equipos de acarreo en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 75**, se muestra la disponibilidad una vez implementada el PMP, de la flota de acarreo, conformada por 54 volquetes, modelo G540 marca Scania. Donde se ha obtenido **90% de disponibilidad** al finalizar el año 2024, claramente se ha logrado alcanzar la meta del 89% de disponibilidad, siendo **1% por encima del objetivo**. Adicional a ello se puede verificar que existe un **aumento de 2% de disponibilidad, con respecto al año 2023.**

Figura 75. Disponibilidad de la flota de equipos de acarreo en la UM. Shahuindo



Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2024 -ERP AMT.

- Cálculo de disponibilidad:

Flota de Equipos	*N° de Equipos*	*(Hr) Calendario*	*Horas Trabajadas*	*Stand By*	*(Hr) Mecánicas Programadas*	*(Hr) Mecánicas No Programadas*	*Disponibilidad Física*	*MTTR*	*MTBF*
G540-Volquete	54	474336	349272	*77630*	29409	18025	***90%***	5	53

Disponibilidad*=*(**(Hr) Calendario - (Hr) Mecánicas Programadas - (Hr) Mecánicas No Programadas**) / (Hr) Calendario.

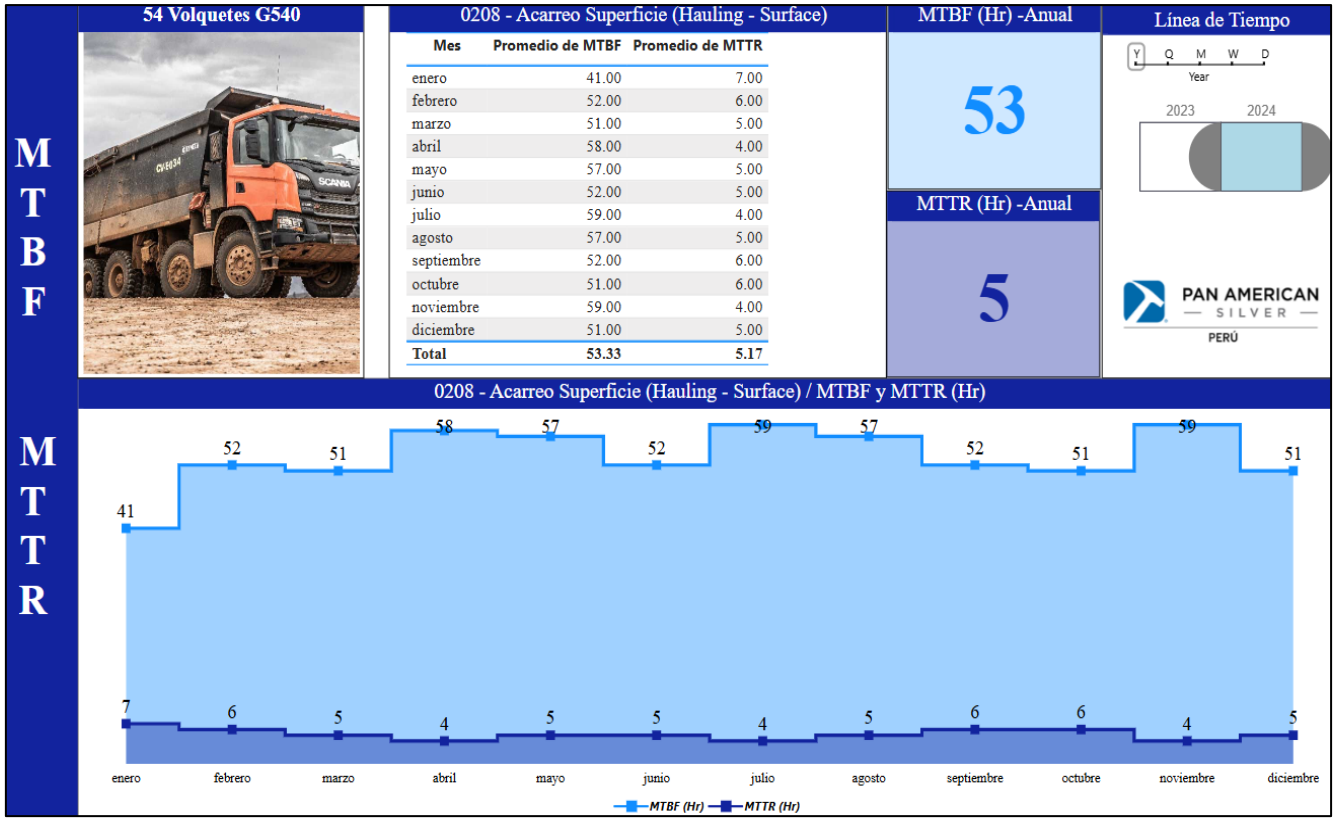
Disponibilidad=(474336 - 29409 – 18025) / 474336

Disponibilidad= 90%

5.1.5.2. MTBF y MTTR de flota de equipos de Acarreo en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 76**, se muestra que en la flota de equipos de acarreo alcanza las **53 horas** "horas máquina" de funcionamiento sin falla (MTBF) y cuando ocurre la falla el tiempo promedio que mantenimiento se tarda en reparar (MTTR) los volquetes son de **5 horas** "horas reloj". Si comparamos los resultados del año 2024 con respecto al año 2023, se puede corroborar que el tiempo de trabajo de las excavadoras sin fallas (MTBF) ha **aumentado en 8 horas**, siendo los equipos más confiables; y el tiempo que mantenimiento tarda en reparar (MTTR), se ha **optimizado en 02 horas menos**.

Figura 76. MTBF y MTTR de flota de equipos de Acarreo en la UM. Shahuindo.

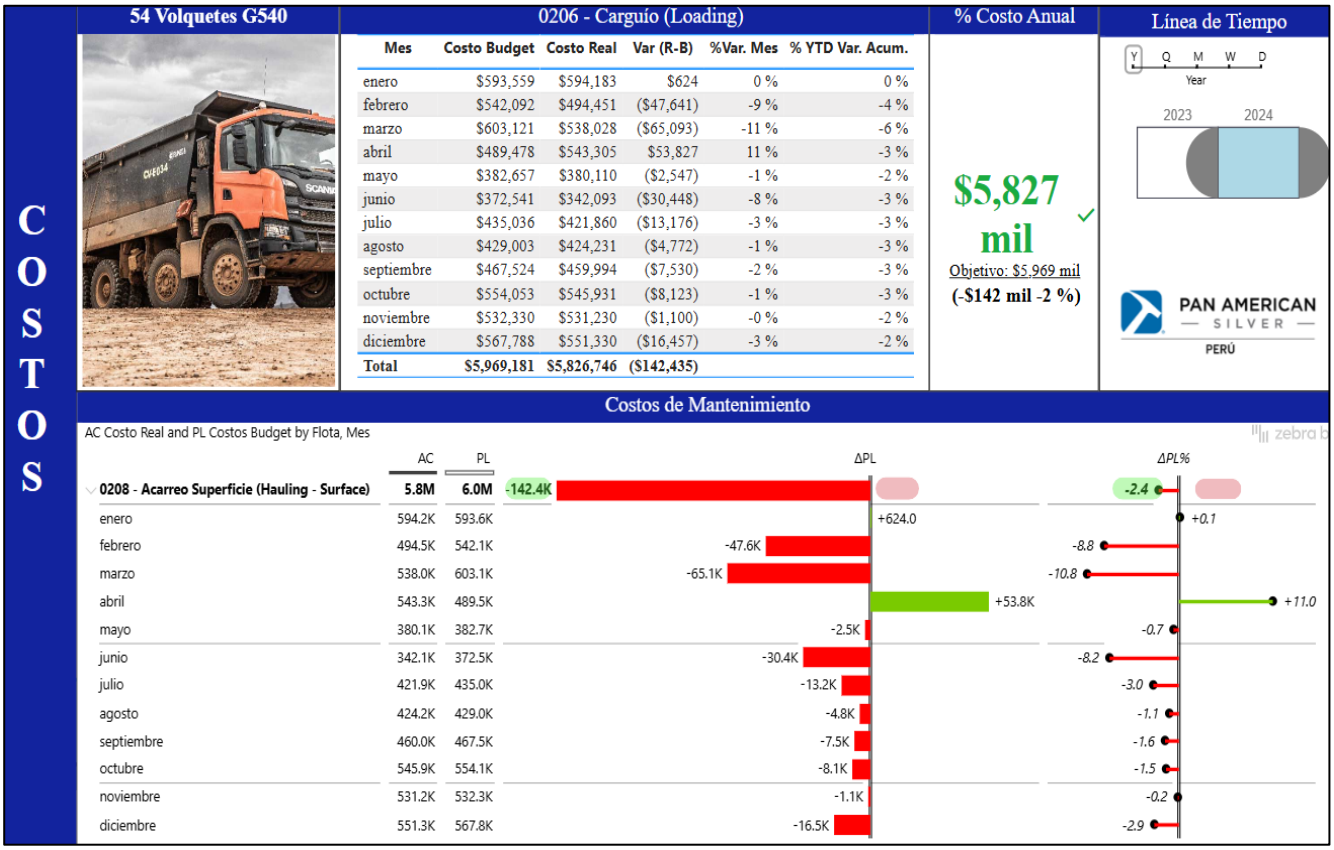


Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2024 -ERP AMT

5.1.5.3. Costo de mantenimiento de flota de equipos de Acarreo en la UM. Shahuindo.

En la **Figura 77**, muestra los costos incurridos en el mantenimiento de la flota de equipos de acarreo, donde al cierre del año 2024, se obtiene **142 mil dólares por debajo del presupuesto**, lo que representa **un ahorro del 2%**, con respecto al Budget aprobado. Si comparamos los resultados del año 2024 con respecto al año 2023, se puede corroborar que en el año 2023 los costos excedieron en un 2% y posterior a implementar el PMP en el año 2024, se logró un ahorro del 2% con respecto al presupuesto.

Figura 77. Costo de mantenimiento de flota de equipos de Acarreo en la UM. Shahuindo.



Mes	Costo Budget	Costo Real	Var (R-B)	%Var. Mes	% YTD Var. Acum.
enero	$593,559	$594,183	$624	0 %	0 %
febrero	$542,092	$494,451	($47,641)	-9 %	-4 %
marzo	$603,121	$538,028	($65,093)	-11 %	-6 %
abril	$489,478	$543,305	$53,827	11 %	-3 %
mayo	$382,657	$380,110	($2,547)	-1 %	-2 %
junio	$372,541	$342,093	($30,448)	-8 %	-3 %
julio	$435,036	$421,860	($13,176)	-3 %	-3 %
agosto	$429,003	$424,231	($4,772)	-1 %	-3 %
septiembre	$467,524	$459,994	($7,530)	-2 %	-3 %
octubre	$554,053	$545,931	($8,123)	-1 %	-3 %
noviembre	$532,330	$531,230	($1,100)	-0 %	-2 %
diciembre	$567,788	$551,330	($16,457)	-3 %	-2 %
Total	**$5,969,181**	**$5,826,746**	**($142,435)**		

	AC	PL	ΔPL	ΔPL%
0208 - Acarreo Superficie (Hauling - Surface)	**5.8M**	**6.0M**	-142.4K	-2.4
enero	594.2K	593.6K	+624.0	+0.1
febrero	494.5K	542.1K	-47.6K	-8.8
marzo	538.0K	603.1K	-65.1K	-10.8
abril	543.3K	489.5K	+53.8K	+11.0
mayo	380.1K	382.7K	-2.5K	-0.7
junio	342.1K	372.5K	-30.4K	-8.2
julio	421.9K	435.0K	-13.2K	-3.0
agosto	424.2K	429.0K	-4.8K	-1.1
septiembre	460.0K	467.5K	-7.5K	-1.6
octubre	545.9K	554.1K	-8.1K	-1.5
noviembre	531.2K	532.3K	-1.1K	-0.2
diciembre	551.3K	567.8K	-16.5K	-2.9

Obtenida de: Datos de la unidad Minera Shahuindo – Año 2024 -ERP AMT

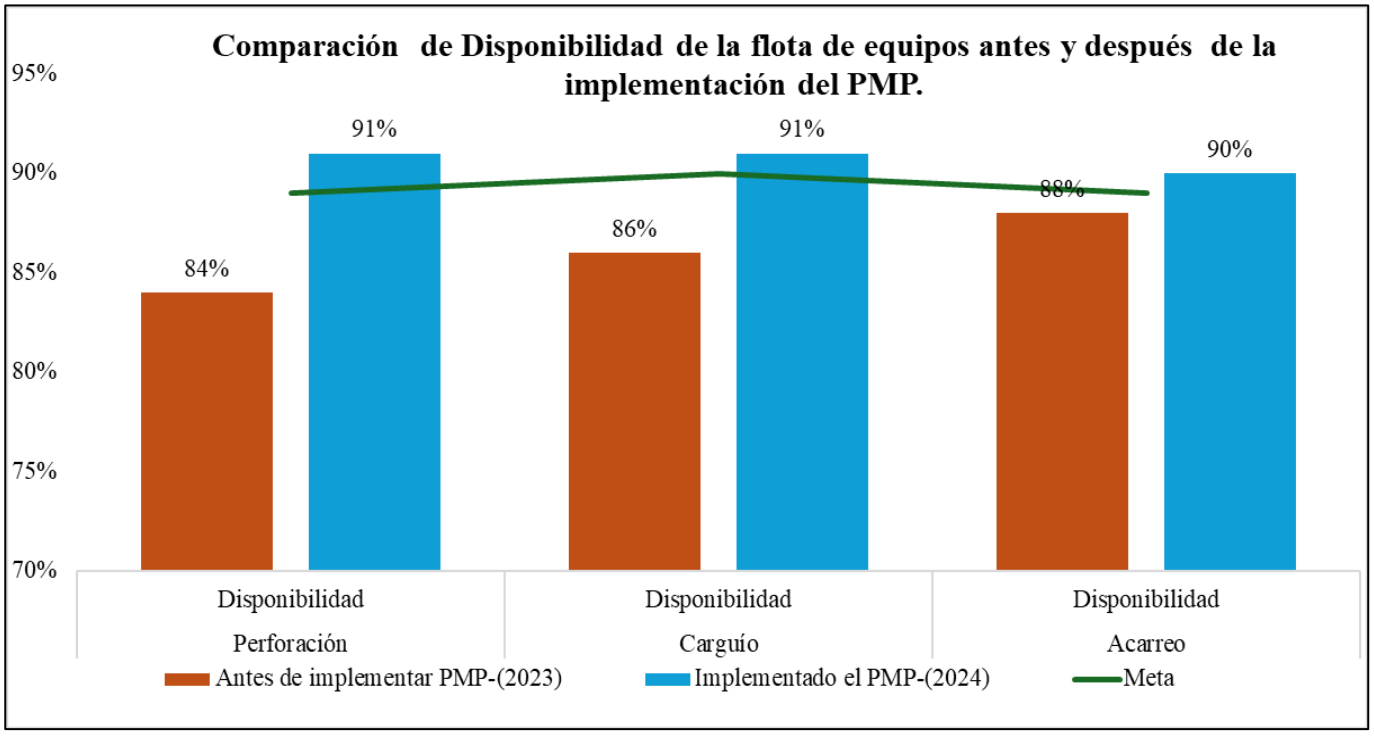
5.2. Logros alcanzados.

Se logró la implementación de PMP en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la UM: Shahuindo SAC. Cumpliendo con los resultados esperados propuestos:

5.2.1. Incidencia en la disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, antes y después de la implementación del PMP.

Se logró incrementar la disponibilidad de la flota de equipos de la unidad minera Shahuindo, implementado un plan de mantenimiento preventivo que se ajusta a las necesidades de la minera. Finalmente, como resultados estadísticos de probabilidad sobre el éxito de la implementación, se muestran de los siguientes indicadores de gestión (KPI´S) obtenidos:

Gráfico 2. Disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, antes y después de la implementación del PMP



Obtenida de: Elaboración propia - Datos extraídos del área de E&M de la UM Shahuindo

En el **Gráfico 2**, se observa que, antes de la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP), la flota de equipos de perforación presentaba una disponibilidad operativa del

84%, valor por debajo de la meta operativa establecida (≥89%). Después de la implementación del PMP, la disponibilidad se incrementó al 91%, superando el objetivo y evidenciando una mejora del 7%. Este resultado demuestra que el PMP es una estrategia efectiva para optimizar la disponibilidad operativa de la flota de perforación.

En el **Gráfico 2**, se observa que, antes de la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP), la flota de equipos de carguío presentaba una disponibilidad operativa del 86%, valor por debajo de la meta operativa establecida (≥90%). Después de la implementación del PMP, la disponibilidad se incrementó al 91%, superando el objetivo y evidenciando una mejora del 5%. Este resultado demuestra que el PMP es una estrategia efectiva para optimizar la disponibilidad operativa de la flota de carguío.

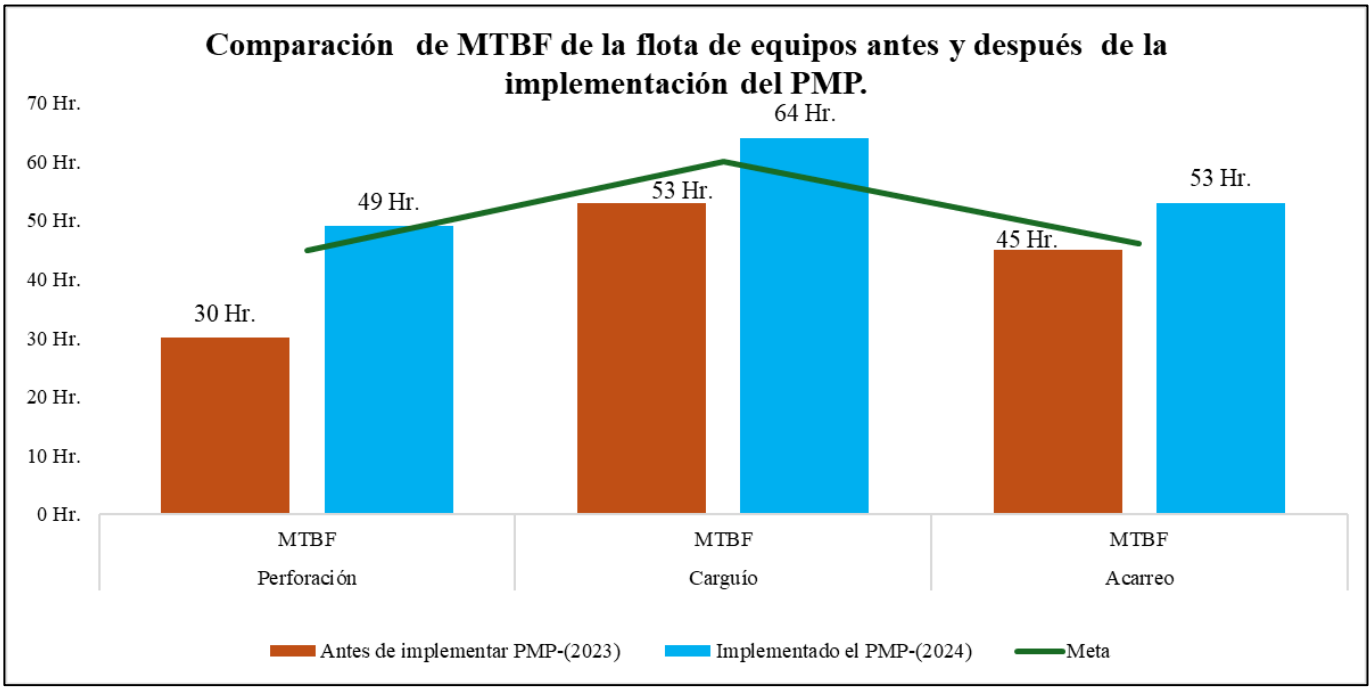
En el **Gráfico 2**, se observa que, antes de la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP), la flota de equipos de acarreo presentaba una disponibilidad operativa del 88%, valor por debajo de la meta operativa establecida (≥89%). Después de la implementación del PMP, la disponibilidad se incrementó al 90%, superando el objetivo y evidenciando una mejora del 2%. Demostrando que el PMP es una estrategia efectiva para optimizar la disponibilidad operativa de la flota de acarreo.

5.2.2. Variación de las horas de trabajo sin fallas mecánicas MTBF, en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, antes y después de la implementación del PMP

Se logró incrementar las horas de funcionamiento sin falla (MTBF) de la flota de equipos de la unidad minera Shahuindo, implementado un plan de mantenimiento preventivo que se ajusta a las necesidades de la minera. Finalmente, como resultados estadísticos de probabilidad sobre el

éxito de la implementación, se muestran de los siguientes indicadores de gestión (KPI´S) obtenidos:

Gráfico 3. MTBF de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, antes y después de la implementación del PMP.



Obtenida de: Elaboración propia - Datos extraídos del área de E&M de la UM Shahuindo

En el **Gráfico 3**, se aprecia que, antes de la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP), el tiempo medio entre fallas (MTBF) de la flota de perforadoras era de 30 horas. Tras la ejecución del PMP, este indicador se incrementó a 49 horas, lo que representa una mejora del 63%. Este aumento en el MTBF refleja una mayor confiabilidad operativa de los equipos, al extender los intervalos de trabajo sin interrupciones por fallas.

En el **Gráfico 3**, se aprecia que, antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo (PMP), el tiempo medio entre fallas (MTBF) de la flota de perforadoras era de 53 horas. Tras la ejecución del PMP, este indicador se incrementó a 64 horas, lo que representa una mejora del 21%. Este aumento en el MTBF refleja una mayor confiabilidad operativa de los equipos, al

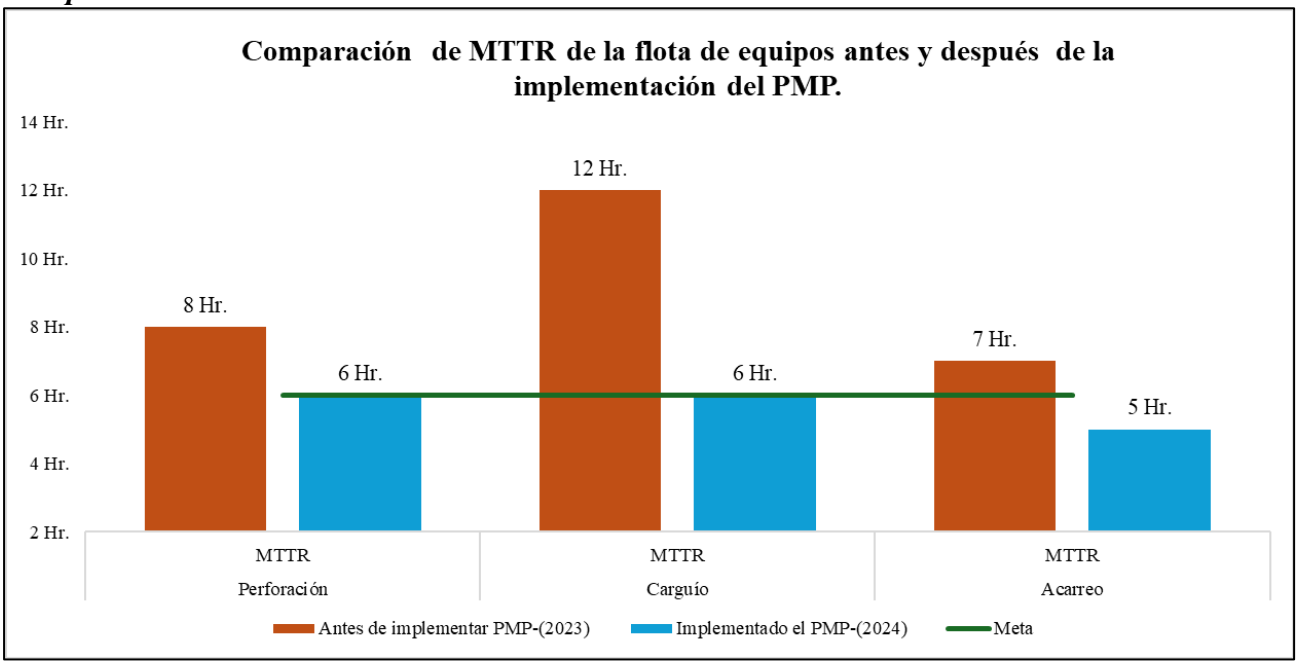
extender los intervalos de trabajo sin interrupciones por fallas. La mejora en este indicador permite una operación más estable y eficiente, reduciendo los tiempos de parada no programada y fortaleciendo el rendimiento global del proceso de minado en la UM Shahuindo.

Tal como se muestra en el **Gráfico 3**, el MTBF de la flota de volquetes era de 45 horas antes de la implementación del PMP, aumentando a 53 horas tras su aplicación, lo que representa una mejora del 18%. Este resultado evidencia una disminución en la frecuencia de fallas mecánicas, lo que incrementa la confiabilidad de los equipos de acarreo. La mejora en el MTBF contribuye a una mayor disponibilidad efectiva de los volquetes, impactando positivamente en la eficiencia del transporte de material y en la productividad general de la operación minera.

5.2.3. En el ámbito de determinar la variación del tiempo de reparación por fallas mecánicas MTTR, en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo.

Se logró disminuir las horas que se tarda en reparar las fallas (MTTR) de la flota de equipos de la unidad minera Shahuindo, implementado un plan de mantenimiento preventivo que se ajusta a las necesidades de la minera. Finalmente, como resultados estadísticos de probabilidad sobre el éxito de la implementación, se muestran de los siguientes indicadores de gestión (KPI´S) obtenidos:

Gráfico 4. MTTR de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, antes y después de la implementación del PMP.



Obtenida de: Elaboración propia - Datos extraídos del área de E&M de la UM Shahuindo

En el **Gráfico 4**, se evidencia que, antes de la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP), el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de la flota de equipos de perforación era de 8 horas. Tras la aplicación del PMP, este indicador se optimizó a 6 horas, lo que representa una reducción del 25%. Esta mejora refleja una mayor eficiencia en los procesos de diagnóstico, planificación y ejecución de reparaciones, lo que se traduce en una disminución del tiempo de inoperatividad de los equipos. Como resultado, se incrementa la disponibilidad operativa y se mejora la continuidad del proceso de perforación en la Unidad Minera Shahuindo.

En el **Gráfico 4**, se observa que, antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo (PMP), el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de la flota de equipos de carguío era de 12 horas. Posteriormente, tras la ejecución del PMP, este indicador se optimizó a 6 horas, lo que representa una reducción del 50%. Esta mejora refleja una mayor eficiencia en los procesos

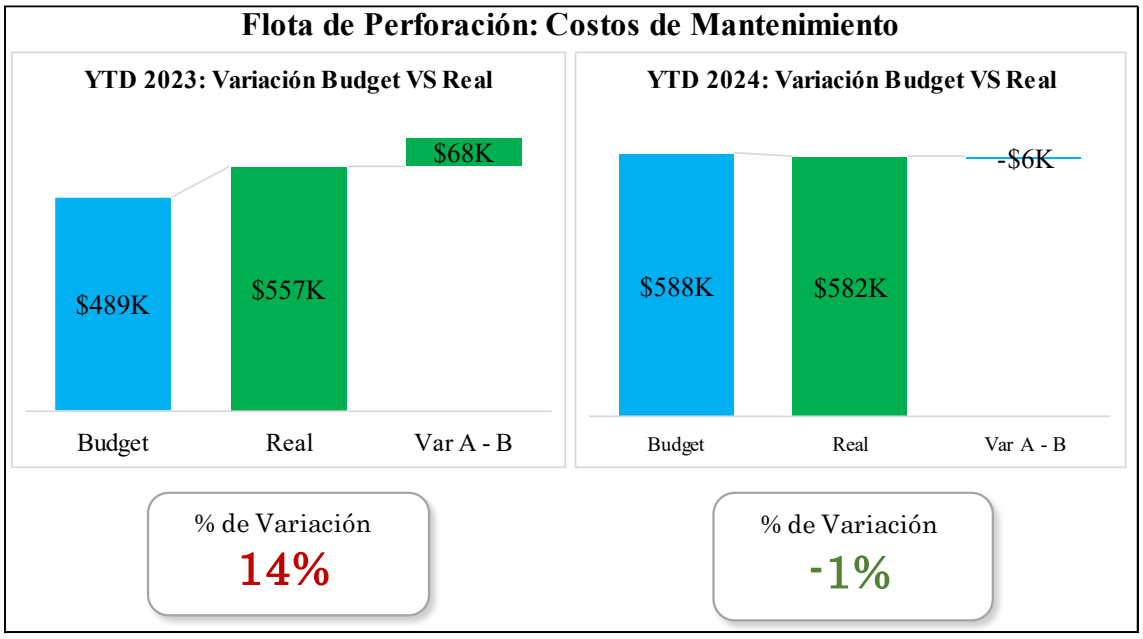
de intervención correctiva, al disminuir significativamente el tiempo requerido para restablecer la operatividad de los equipos. Como resultado, se reduce el tiempo de inoperatividad, se incrementa la disponibilidad técnica de la flota y se mejora la continuidad del ciclo de carguío, contribuyendo directamente al incremento de la productividad en la Unidad Minera Shahuindo.

En el **Gráfico 4**, se aprecia que, antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo (PMP), el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de la flota de equipos de acarreo era de 7 horas. Posteriormente, este indicador se optimizó a 5 horas, lo que representa una reducción del 28.6%. Esta mejora refleja una mayor eficiencia en los procesos de atención de fallas, permitiendo una recuperación más rápida de los equipos y reduciendo significativamente los tiempos de inoperatividad. Como resultado, se incrementa la disponibilidad técnica de la flota de acarreo y se mejora la continuidad del transporte de material, contribuyendo directamente al rendimiento operativo de la Unidad Minera Shahuindo.

5.2.4. En el ámbito de determinar la variación el costo de mantenimiento en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo.

Se logró controlar y disminuir el porcentaje de variación del costo de mantenimiento, con respecto al Budget aprobado, en la flota de equipos de la unidad minera Shahuindo, implementado un plan de mantenimiento preventivo que se ajusta a las necesidades de la minera. Finalmente, como resultados estadísticos de probabilidad sobre el éxito de la implementación, se muestran los siguientes indicadores de gestión (KPI´S) obtenidos:

Gráfico 5. Costos de mantenimiento de la flota de equipos de Perforación 2023 y 2024.

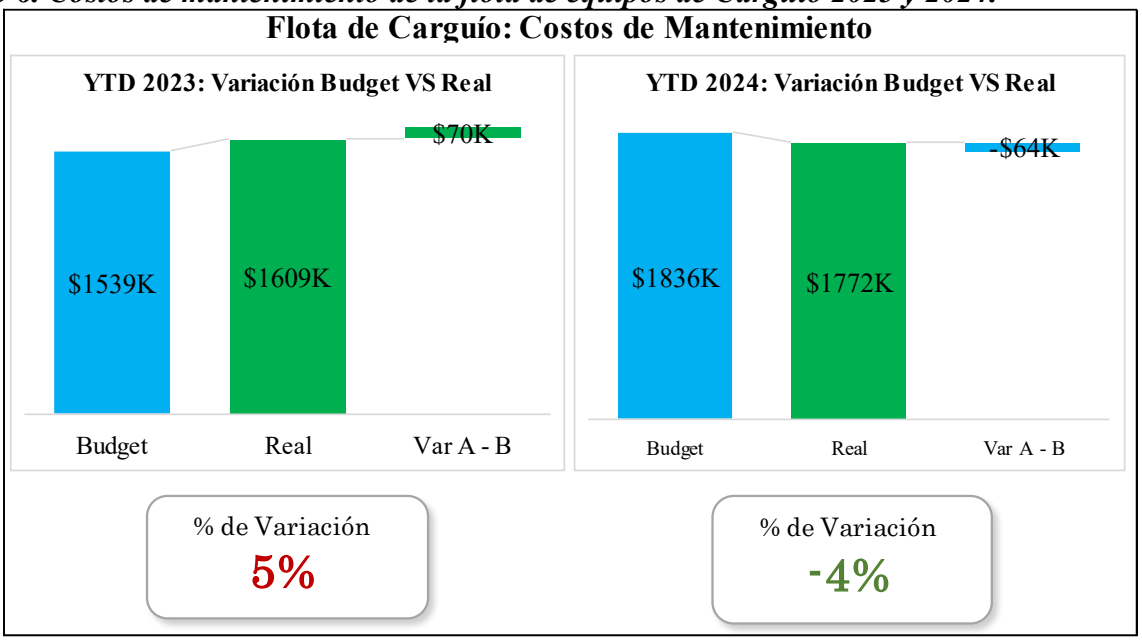


Obtenida de: Elaboración propia - Datos extraídos de la UM Shahuindo.

En el **Gráfico 5**, se puede observar que antes de implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo, en el año 2023, los costos de mantenimiento de la flota de equipos de perforación se exceden en 14% del presupuesto establecido y una vez implementado el PMP, se obtiene para el año 2024 un costo de mantenimiento con una variación de 1% por debajo del presupuesto

establecido para ese periodo. Se concluye que existe un mejor control de los costos de mantenimiento y su variación es mínima, con respecto al Budget aprobado.

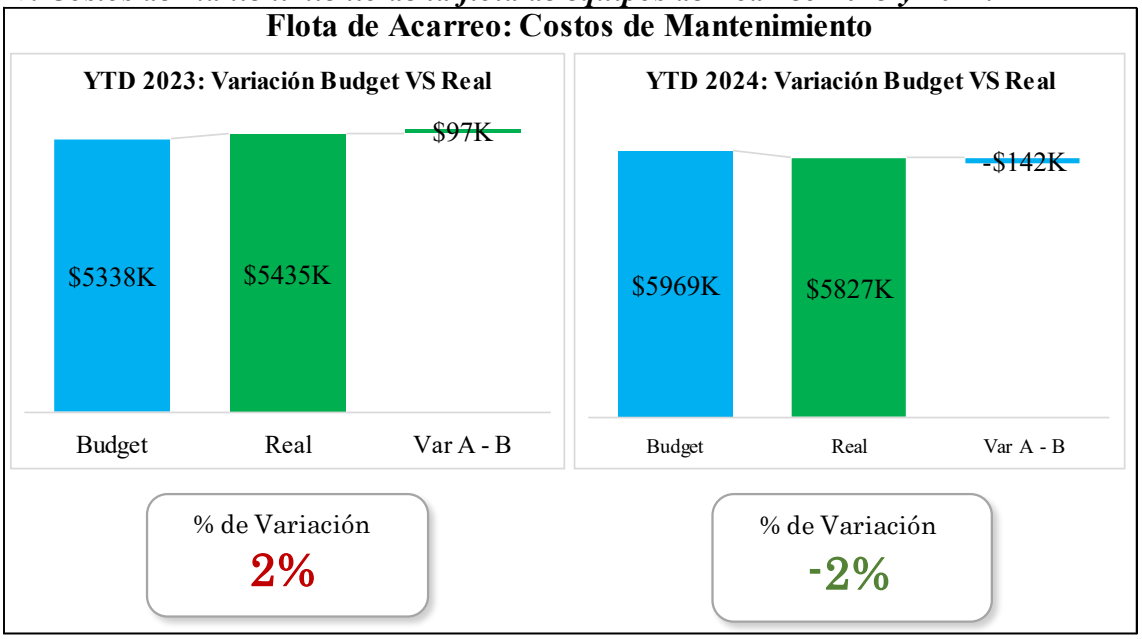
Gráfico 6. Costos de mantenimiento de la flota de equipos de Carguío 2023 y 2024.



Obtenida de: Elaboración propia - Datos extraídos de la UM Shahuindo

En el **Gráfico 6**, se puede observar que antes de implementar un plan de mantenimiento preventivo, en el año 2023, los costos de mantenimiento de la flota de equipos de carguío se excedían en 5% del presupuesto establecido y una vez implementado el PMP, se obtiene para el año 2024 un costo de mantenimiento con una variación de 4% por debajo del presupuesto establecido para ese periodo. Se concluye que existe un mejor control de los costos de mantenimiento y su variación es mínima, con respecto al Budget aprobado. Adicional a ello se considera como ahorro, las variaciones negativas.

Gráfico 7. Costos de mantenimiento de la flota de equipos de Acarreo 2023 y 2024.



Obtenida de: Elaboración propia - Datos extraídos de la UM Shahuindo

En el **Gráfico 7**, se puede observar que antes de implementar un plan de mantenimiento preventivo, en el año 2023, los costos de mantenimiento de la flota de equipos de acarreo se excedían en 2% del presupuesto establecido y una vez implementado el PMP, se obtiene para el año 2024 un costo de mantenimiento con una variación de 2% por debajo del presupuesto establecido para ese periodo. Se concluye que existe un mejor control de los costos de mantenimiento y su variación es mínima, con respecto al Budget aprobado. Adicional a ello se considera como ahorro, las variaciones negativas.

5.3. Dificultades encontradas.

Para el proceso de implementación de un plan de mantenimiento preventivo de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo SAC. se tuvieron algunas dificultades por las siguientes razones:

- Resistencia al cambio y adaptación a un plan de mantenimiento preventivo, utilizando las buenas prácticas de mantenimiento.
- Se tuvo que realizar capacitaciones al personal de mantenimiento mina, referente a la interpretación de los indicares de mantenimiento. Evidencia en **Figura 78**.

Figura 78. Capacitación específica por grupos de trabajo a Personal Técnico.



Obtenida de: Sala de capacitaciones del Truck Shop – Mantenimiento Mina

- Deficiente coordinación con el área de operaciones, para las intervenciones de los equipos de minado.
- Deficiente coordinación con el área de operaciones, para las intervenciones de los equipos de minado.

- Se evidenció una limitación en la disponibilidad de técnicos con experiencia específica para llevar a cabo mantenimientos preventivos de manera eficiente y alineada a los estándares requeridos.
- Falta de personal con el perfil de inspectores de mantenimiento, con conocimiento en confiabilidad y análisis de tendencias de muestras.
- La carencia de un historial de fallas y mantenimiento, debido a que se migró de ERP al Oracle.
- Deficiencia en la documentación sistemática de las labores de mantenimiento, lo que dificultaba el análisis técnico y la toma de decisiones basada en datos históricos

5.4. Planteamiento de mejoras.

Se detalla listado de mejoras, como objetivos, para mantener un plan de mantenimiento preventivo (PMP), óptimo.

Tabla 27: Planteamiento de mejoras

	OBJETIVO	N°	INDICADOR	META	Frecuencia
Planificación y confiabilidad.	Asegurar la confiabilidad en los activos.	1	Equipos con MTBF > 60 h	**60Hrs**	Mensual
	Asegurar que las actividades de mantenimiento sean planificadas y programadas.	2	Relación entre actividades planificadas VS BreakDown 60/40	**60/40**	Semanal
	Precisión de servicio	3	Programar actividades dentro del umbral de tiempo más menos 5%	**90%**	Mensual
	Auditar proceso de mantenimiento (ejecución de PMs, correctivos, otros)	4	Auditar ejecución de 05 actividades planificadas	**90%**	Mensual
	Asegurar la confiabilidad de componentes	5	0 eventos catastróficos derivado de MC	**0%**	Mensual
	Control eficiencia de tendencias de desgaste-componentes	6	% de condición de resultados SOS normal/Seguimiento/Critico (66/30/4)	**(66/30/4)**	Semanal
	Enviar reportes e informes diarios, semanales y mensuales.	12	Índice de cumplimiento de envío de información	**100%**	Mensual
Gestión de recursos	Asegurar los suministros para PMs (Filtros, aceite, otros)	7	N° de eventos por desabastecimiento	**0%**	Mensual

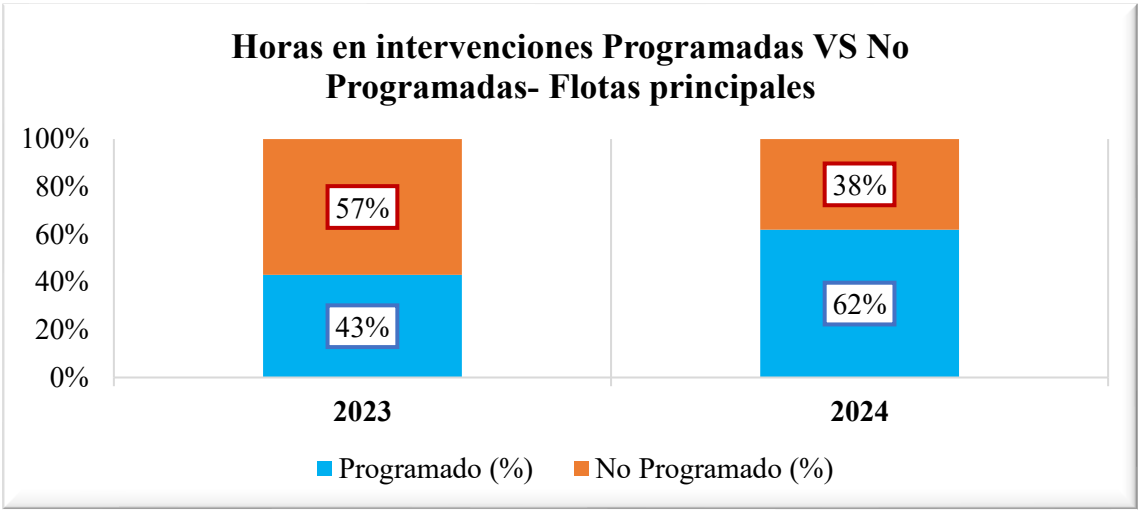
	Gestionar recursos para un menor tiempo de reparación	8	Equipos con MTTR entre (3 y 6 Horas)	**90%**	Semanal
	Mantener identificado el costo de stock de repuestos en almacén	9	Emitir reporte mensual de costo de stock	**100%**	Mensual
	Mantener la menor cantidad de tiempo stock inmovilizado en almacén. (BL)	10	Índice de rotación de stock <90 días.	**<90 días**	Mensual
		11	Ejecución de BL < 30días	**100%**	Mensual
Mantenimiento Mina Taller	Cumplimiento diario de trabajos programados	13	Cumplir con el 90% de los trabajos programados	**>90%**	Diario
	Asegurar la confiabilidad de las actividades de mantenimiento.	14	Equipos con MTBF después de PM >85 Hr	**85 Hr**	Semanal
	Entregar información confiable en reporte de Ordenes de Trabajo (WO).	15	Índice de calidad de OT mayor de > 90%.	**100%**	Diario
	Asegurar que la duración de la ejecución del mantenimiento planificado tenga una desviación de +- 5%	16	Desviación de +- 5% en la duración de la ejecución de actividad programada	**90%**	Diario
	Cumplir con la ejecución de las herramientas de gestión	17	Generación mensual de 2 REPRIS (01 Acto + 01 condición)	**100%**	Mensual
		18	Auditar la calidad de la elaboración de 05 IPERC continuos (Mensual)	**100%**	Mensual
Generales	Compromiso de seguridad con nuestros colaboradores	19	Participación diaria en charla de inicio de guardia	**100%**	Diario
	Asegurar que las consecuencias SSO derivadas de las actividades de mantenimiento no planificado deberán ser las previstas y asumidas.	20	Índice de eventos SSO por falla de equipo.	**0%**	Mensual

Adicional a ello se sugiere realizar una auditoría, alineada a la Gestión de Activos y Lean Maintenance. Basada en la Normas BSI PAS 55 e ISO 55001.

5.5. Análisis.

Como consecuencia adicional de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, en la flota de equipos, se tiene los siguientes resultados.

Gráfico 8. Porcentaje de Horas por intervenciones de trabajos, en la flota principal de Perforación, Carguío y Acarreo.



Obtenida de: Elaboración propia - Datos extraídos de la UM Shahuindo

En el grafico **Gráfico 8**, se puede observar que antes de implementar un plan de mantenimiento preventivo, en el año 2023, el porcentaje de horas por atenciones programadas 43%, es menor a las atenciones por intervenciones no programadas 57% y una vez implementado el PMP, se obtiene para el año 2024 que el porcentaje de actividades programadas 62% es mayor a las intervenciones por eventos no programados 38%, lo que significa que se tienen los siguientes beneficios:

Reducción del Tiempo de Inactividad: En el sector minero, en el que los equipos son esenciales para la obtención y tratamiento de minerales, las labores de mantenimiento programadas posibilitan la ejecución de acciones en periodos establecidos, previniendo interrupciones imprevistas que podrían detener las actividades y perjudicar la producción.

Mejora de la Fiabilidad: La planificación del mantenimiento simplifica la detección y solución de posibles problemas antes de que se produzcan. Esta iniciativa incrementa la confiabilidad de los equipos mineros, disminuyendo el número de interrupciones no programadas.

Optimización de Recursos: Una correcta organización del mantenimiento en la industria minera facilita una asignación más eficiente de recursos humanos y materiales, lo que conduce a una eficiencia operativa superior. Esto es vital en un contexto en el que los costos pueden ser altos.

Aumento de la Vida Útil del Equipo: Las labores de mantenimiento planificadas favorecen la conservación de los recursos mineros, previniendo el deterioro excesivo de maquinaria y equipos. Esto extiende la durabilidad de los dispositivos, lo cual es particularmente relevante en un sector donde la inversión en maquinaria es considerable.

Mejor Gestión del Riesgo: La puesta en marcha de un plan de mantenimiento programado posibilita prever y reducir los riesgos operativos y de seguridad vinculados con la avería de equipos. Esto es crucial en el sector minero, donde los incidentes pueden generar serias repercusiones para los empleados y el funcionamiento.

Cumplimiento Normativo: La industria minera se encuentra sometida a rigurosas normativas en cuanto a seguridad y protección del medio ambiente. Una estrategia planificada garantiza la observancia de estas regulaciones, previniendo penalizaciones y fomentando una operación responsable y sustentable.

Planificación Financiera Efectiva: La planificación del mantenimiento posibilita la anticipación de gastos, lo que favorece una óptima organización y administración del presupuesto. Esto es crucial en el sector minero, donde se pueden modificar los márgenes y la eficacia financiera es fundamental.

Satisfacción del Cliente: Se tiene un impacto directo en la satisfacción del cliente (Operaciones Mina). Esto es fundamental para mantener buenas relaciones entre áreas.

.

5.6. Aporte del bachiller en la empresa y/o institución

En el aspecto económico el bachiller logró disminuir la cantidad de mantenimientos correctivos críticos, y como producto de ello se logró gestionar y llevar un control de los costos directos de mantenimiento, resultando en un ahorro económico de 213,294 USD.

En el aspecto de la optimización de procesos, el bachiller logró excelentes resultados finales al mejorar la disponibilidad de un 84% a un 91%, para la flota de equipos de perforación; mejorar la disponibilidad de un 86% a un 91%, para la flota de equipos de carguío y mejorar la disponibilidad de un 88% a un 90%, para una flota de equipos de Acarreo, de la UM. Shahuindo.

En el aspecto de la optimización de métodos, el bachiller logró buenos resultados finales al mejorar el MTBF de 30 horas a 49 horas, para la flota de equipos de perforación; al mejorar el MTBF de 53 horas a 64 horas, para la flota de equipos de carguío y mejorar el MTBF de 45 horas a 53 horas, para la flota de equipos de Acarreo, de la UM. Shahuindo, siendo actualmente los equipos más confiables; ya que trabajan mayor tiempo libres de fallas.

En el aspecto de la optimización de tareas estratégicas, el bachiller logró resultados finales exitosos al disminuir el MTTR de 8 horas a 6 horas, para la flota de equipos de perforación; al disminuir el MTTR de 12 horas a 6 horas para la flota de equipos de carguío y disminuir el MTTR de 7 horas a 5 horas, para la flota de equipos de Acarreo, de la UM. Shahuindo, significando que la eficiencia del área de mantenimiento a aumentado significativamente; ya que el tiempo que se toma para reparar las fallas de los equipos se ha disminuido.

CONCLUSIONES

Se concluye que, la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP) en la Unidad Minera Shahuindo ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la disponibilidad de los equipos; incrementando la disponibilidad de un 84% a un 91%, para la flota de equipos de perforación; de un 86% a un 91%, para la flota de equipos de carguío y de un 88% a un 90%, para una flota de equipos de Acarreo, en la UM. Shahuindo.

Se concluye que, la implementación de plan de mantenimiento preventivo en la UM. Shahuindo, ha contribuido a aumentar las horas de trabajo sin fallas mecánicas (MTBF), de la flota de equipos de perforación, carguío y acarreo; incrementando de 30 horas a 49 horas, en la flota de equipos de perforación; de 53 horas a 64 horas, en la flota de equipos de carguío y de 45 horas a 53 horas, en la flota de equipos de Acarreo.

Se concluye que, la implementación del plan de mantenimiento preventivo ha permitido disminuir el tiempo que se toma para reparar las fallas mecánicas (MTTR) en los equipos de la UM. Shahuindo. Optimizándolos de 8 horas a 6 horas en la flota de perforación, 12 horas a 6 horas en la flota de carguío, y de 7 horas a 5 horas en la flota de acarreo.

Se concluye que, con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, el control de los costos de mantenimiento ha sido otro beneficio clave; ya que se logró una variación mínima en los costos de mantenimiento respecto al presupuesto aprobado. Los costos de mantenimiento de perforación varían en un -1% (Ahorro de -$6,385), los de carguío en un -4%

(Ahorro de -$64,474), y los de acarreo en un 2% (Ahorro de -$142,435), comparados con el presupuesto.

RECOMENDACIONES.

Se recomienda que la empresa minera Shahuindo SAC. continúe impulsando los métodos de gestión de activos y a mejorar la disponibilidad mecánica de sus equipos, utilizando técnicas de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y Mantenimiento Productivo Total (TPM); tomando como base la primera implementación del plan de mantenimiento preventivo, que mejoró considerable la disponibilidad en la flota de equipos de perforación, equipos de carguío y equipos de acarreo, en la UM. Shahuindo.

Se recomienda capacitar a todo el personal de mantenimiento, en el uso de herramientas tecnológicas y sean eficazmente entrenados en los softwares de mantenimiento, que usa la UM. Shahuindo, para conseguir el cálculo de los indicadores de mantenimiento de forma diaria y tener un mayor control de los trabajos. Adicional a ello se debe de enfatizar la automatización de los reportes dentro del ERP de Mantenimiento.

Se recomienda medir la cantidad de tareas que se pueda realizar preventivamente en relación con las que se realiza correctivamente, para lograr que el porcentaje de horas por intervenciones programadas de trabajos, en la flota principal de Perforación, Carguío y Acarreo, sea mayor a las intervenciones No programadas.

Se recomienda capacitar a la supervisión de mantenimiento, en el seguimiento del cumplimiento de los indicadores de la gestión de mantenimiento y costos, para lograr los objetivos de la empresa minera Shahuindo.

BIBLIOGRAFÍA.

ABERNETHY, B. Manual de análisis Weibull. West Palm Beach, Florida: Pratt and Whitney Aircraft Government Product Division, 1933. 228 p.

BENITES, R. Indicadores clave de mantenimiento: fundamentos para la toma de decisiones técnicas. Lima: Ingeniería y Gestión, 2018.

CARDOZO, J. y Cornejo, M. Gestión de activos físicos en minería: enfoque estratégico y normativo. Arequipa: Ediciones Mineras del Sur, 2021.

CATERPILLAR. Indicadores de rendimiento aplicados a equipos móviles en minería. 1.ª ed. Estados Unidos: Caterpillar, 2005.

CATERPILLAR. Metodología Seis Sigma: enfoque DMAIC. 3.15.ª ed. Estados Unidos: Caterpillar, 2006.

COETZEE, J. L. Fundamentos de ingeniería aplicada al mantenimiento industrial. Londres: Springer, 2004.

COETZEE, J. L. Ingeniería y gestión del mantenimiento. Londres: Springer, 2004.

EQUIPMENT Maintenance Council. Gestión de equipos: una aproximación simplificada. Atlanta, Georgia, EE. UU., mayo de 2000.

FERREYROS S.A. Listas de verificación y guías técnicas para maquinaria pesada. [s. f.]. Manual interno.

FLORES, A. Mantenimiento de maquinaria para operaciones mineras. Estados Unidos: Caterpillar Americas, 1998.

GARRIDO, S. G. Organización y gestión integral del mantenimiento. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2010.

GARRIDO, S.G. Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2010.

HINDERAKER, P. Contabilidad aplicada a la gestión de activos móviles. Clear Water, Florida, EE. UU.: EMC Council, mayo de 1998.

ISO (International Organization for Standardization). Gestión de activos: principios, requisitos y directrices. Ginebra: ISO, 2014–2016. (Incluye ISO 55000, ISO 55001, ISO 55002, ISO 14224, ISO 6165)

LEVITT, J. Manual práctico para la gestión del mantenimiento. 2.ª ed. Nueva York: Industrial Press, 2009.

MORA, A. Gestión del mantenimiento: principios para planificar, ejecutar y controlar operaciones técnicas. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2009.

MOUBRAY, J. RCM II: enfoque estructurado para el mantenimiento centrado en la confiabilidad. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2004.

MOUBRAY, J. RCM II: enfoque estructurado para la gestión del mantenimiento basado en confiabilidad. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2004.

NORSOK. Estándar Z-008: Planificación y ejecución de mantenimiento. Rev. 2. Oslo: Norwegian Technology Centre, 2001.

ORACLE Corporation. Sistema ERP Oracle – módulo de mantenimiento (AMT). [s. f.]. Uso interno en la Unidad Minera Shahuindo.

PALMER, D. Planificación y programación del mantenimiento: guía técnica. 2.ª ed. Nueva York: McGraw-Hill, 2006.

PAN American Silver Corp. Operaciones mineras y gestión de activos en América Latina. [s. f.]. Disponible en: https://panamericansilver.com/operations

TECSUP. Manual técnico de mantenimiento industrial: estrategias y herramientas aplicadas. [s. f.]. Documento interno de capacitación.

WEIBULL, W. A. Función de distribución estadística de amplia aplicabilidad. En: ASME Journal of Applied Mechanics, septiembre de 1951. Disponible en: http://www.barringer1.com/wa_files/Weibull-ASME-Paper-1951.pdf

ZEGARRA, M. La administración como herramienta de gestión para optimizar el mantenimiento mecánico en la empresa TyT SAC Contratistas Generales. Tesis de Maestría. Lima: Universidad de San Martín de Porres, 2007

ANEXOS.

Anexo 1. Ficha técnica de perforadora EPIROC modelo DM45



Legendary productivity

Like their larger DML series counterparts, Epiroc's DM45/50 drilling rigs are built for productivity, delivering unsurpassed availability and utilization for drilling industry applications.

Epiroc's heavy-duty DML and DM45/50 are some of the world's most popular drills for good reason. All three models have been proven in some of the toughest mining conditions, delivering productivity, reliability and low operating costs year after year. The DM series is so woven into the fabric of the industry that many operators learned to drill holes with a DML or DM45/50. Today you'll find these drills operating in more than 50 different countries around the world.



For details on how the DM45/50 can enhance your profitability, contact your Epiroc representative or visit epiroc.com.



Efficient drilling

The DM45/50 is a crawler-mounted, hydraulic tophead-drive rig that is suitable for a variety of multi-pass rotary and DTH drilling applications. They feature a 30 ft (9.1 m) drill pipe change and a standard 5-rod carousel. With one rod under the rotary head, these units have a total clean depth capacity of 175 ft (53.3 m).

Powerful performance

Feed pressure generates a pulldown of up to 45,000 lbf (200 kN) for the DM45 and up to 50,000 lbf (222 kN) for the DM50. Both units utilize a diesel engine to drive the air compressor and hydraulic system. The powerful rotary tricone and DTH hammer drills deliver a hole diameter of 5 1/2 in – 8 7/8 in (140 mm – 225 mm) and can achieve a clean hole depth of 27.5 ft (8.4 m) in single-pass applications or depths of up to 175 ft (53.3 m) for multi-pass applications.

Added flexibility

When more air and pulldown are required, the DM45 evolves into a DM50 for an enhanced capability to drill larger hole sizes.

Options to fit your application

Choose from a variety of high- and low-pressure compressors to create the right configuration for your drilling operation. You can also add on-board automation capabilities with the optional Rig Control System Lite (RCS Lite) for added safety and productivity.

Designed for maximum productivity and value



+ Operator comfort

The DM45/DM50 features an insulated, air-conditioned, pressurized cab with an adjustable swivel seat and excellent visibility. All operational functions are controlled from the driller's console, and the ergonomic layout allows operators to instantly switch from drilling to tramming for increased productivity. In addition, the electric-over-hydraulic controls are common across the DM series, making operation easy for drillers with DM series experience. Plus, with a rating of 80 dBA, the noise inside the cab is kept to a minimum for greater operator comfort.



+ Ease of maintenance

The deck layout on the DM series offers easy access to all major service components. Hydraulic system filters are also mounted externally for accessibility. The integrated A/C system is mounted on the side, so no roof access is required, and the central lubrication manifold streamlines maintenance. To make service even easier, optional ground-level, quick-connect fittings are available for fast fill and evacuation of fuel, hydraulic oil, engine coolant, and other fluids.



+ Enhanced safety

The DM45/50 is equipped with a number of features to help keep operators safe on the job. Features include a FOPS cab with safety glass, remote hydraulic tower pinning and a pulldown over-center valve — as well as leveling jacks and load-holding valves. These rigs also have guards on rotating parts and safety shutdowns for temperature, low level, and pressure. Other features include spring-applied, hydraulic-released brakes on the tramming system, and automation options can be added to further increase safety.



Service and support

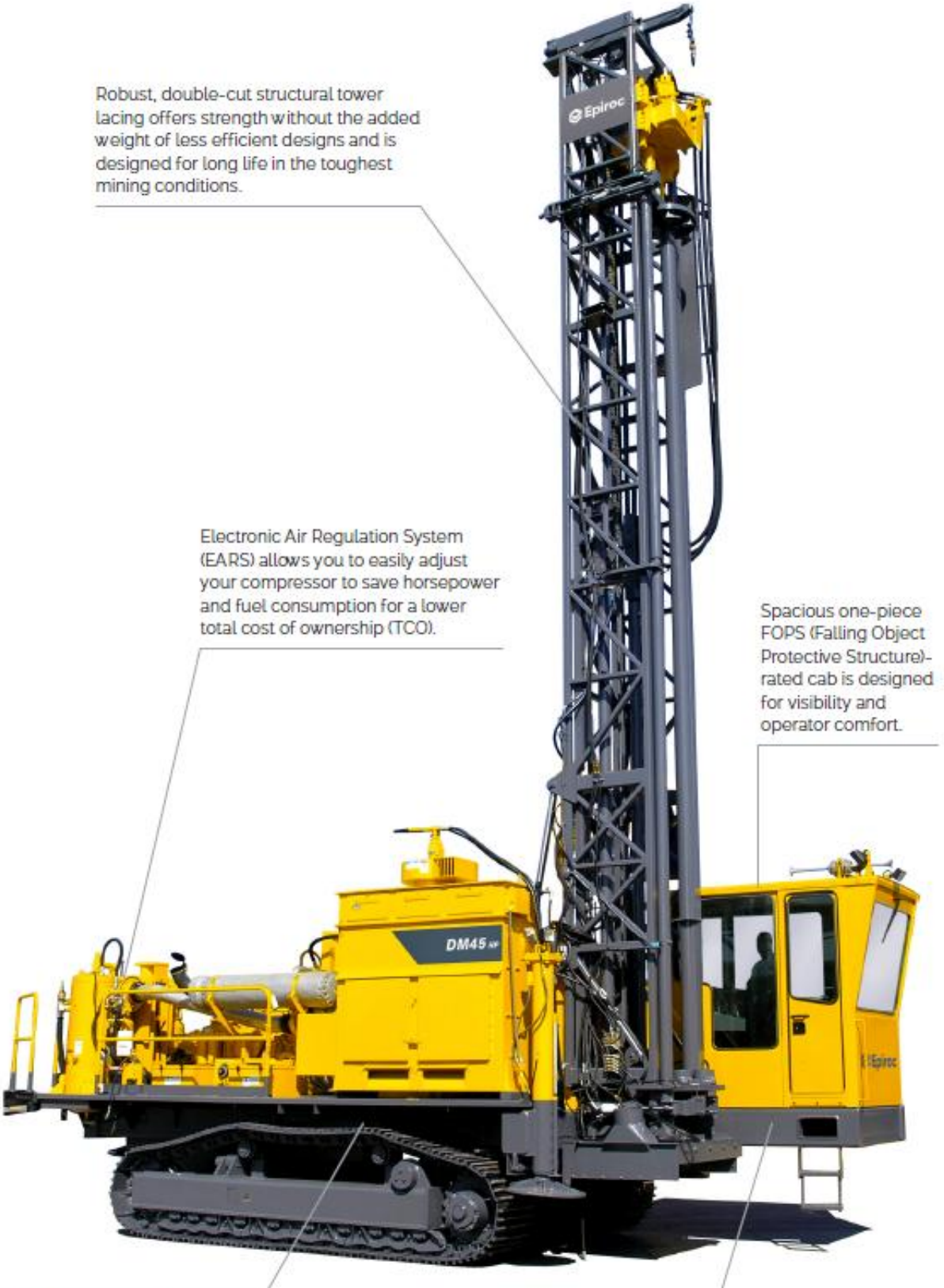
Epiroc offers several types of service agreements to meet your operational requirements and maximize your productivity:

Variable-price repairs
Service when you need it.

Fixed-price repairs
Service with controlled costs.

Equipment audit
Scheduled equipment quality control.

Preventive maintenance programs
Peace of mind so you can focus on your core business.


Robust, double-cut structural tower lacing offers strength without the added weight of less efficient designs and is designed for long life in the toughest mining conditions.
Electronic Air Regulation System (EARS) allows you to easily adjust your compressor to save horsepower and fuel consumption for a lower total cost of ownership (TCO).
Spacious one-piece FOPS (Falling Object Protective Structure)-rated cab is designed for visibility and operator comfort.
"Walking beam" oscillation yoke allows the rig to travel over uneven ground while reducing torsional stresses on the main frame.
Main frame features welded rectangular tubing, reinforced by dynamic strain gauging.
Epiroc
DM45

Flexibility for the future

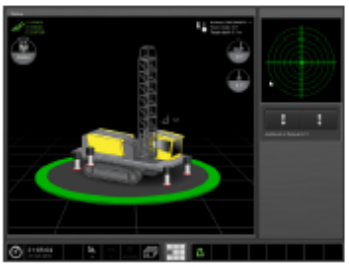
Add flexibility to your DM Series drill rig with Epiroc's Rig Control System (RCS) Lite. Built on the RCS 5 platform that comes standard on the Pit Viper series, RCS Lite offers a number of safety and interlock features. It also provides a convenient foundation to add more functionality and technology options in the future without a major rebuild of the machine. In addition, RCS Lite allows all Epiroc rotary drills to have the same onboard display and system for consistent operator training and service. It's a modular solution that delivers efficiency now, along with the opportunity to enhance your equipment down the road as your mining requirements grow.



Home screen: all selections are done from the main menu.



Drilling: shows information about pressures and flows for various systems during drilling.



Setup and Propel: shows machine conditions during setup and while propelling.



Drill Plan: shows the interactive drill plan.



User: sets the control system language. Logs in users to the control system and shows user information.



Performance: shows statistics about the machine and drilling consumables.

Choose from three packages

RCS Lite | Basic

- RSC 5 touchscreen display and GUI with:
  - Real-time depth and pen rate. feedback with histogram.
  - Rotation RPM and pressure (torque).
  - Pulldown/holdback.
  - Air pressure, water tank level.
  - On-screen machine inclinometers.
- Autolevel
- Safety features
  - Pipe-in-hole interlocks.
  - Stability interlock.
- One I/O module common with RCS 4/5 Pit Viper

RCS Lite | Connected

Includes all features of RCS Lite | Basic, plus:

- CCI module for data storage and transmission to wireless network
  - Rig events, drilling quality, drill status, etc.
- Surface Manager
- Remote desktop viewer
- Measure while drilling
- Onboard storage
- Operator ID and management
- Delay code management and reporting
- Optional user-level logins for RCS Lite drills

RCS Lite | NAV

Includes all features of RCS Lite | Connected, plus:

- GPS-ready with brackets (Option A) OR high-precision GPS installed (Option B)
- Moving map display software
- Geofence capability

Technical specifications

Sub structure

Mainframe	
• Rectangular tubing construction • Designed by Epiroc, and weld fabricated by certified welders • Designed with the latest FEA technology and verified by dynamic strain gauging	
Leveling jack	
Type	Hydraulic cylinder
Quantity	Three
Calculated jack pad bearing pressure	Drill end: 68.9 psi (475 kPa) Non drill end: 66.7 psi (460 kPa)
Position indication	"Jack up" indicator lights on console
Capacities	
Fuel tank	380 gal (1,438 L) standard 680 gal (2,574 L) optional
Water tank	300 gal (1,136 L) or 500 gal (1,893 L)
Hydraulic tank	150 gal (568 L)
Undercarriage and propel system	
Make	Epiroc 2500 or Caterpillar 325L
Mounting	Oscillating walking beam: 5° each side, total 10°
Total length	Epiroc: 183 in (4.65 m); Caterpillar: 184 in (4.67 m)
Ground contact	Epiroc: 146 in (3.71 m); Caterpillar: 149 in (3.78 m)
Take-up adjustment	Grease slack adjustment; spring recoil
Rollers	10 lower / 2 upper
Location	Equally spaced between idler and sprocket
Roller bearings	Sealed for life
Track pads	Type: Triple bar grouser Width: 23.62 in (600 mm) Ground pressure: 13.5 psi (93 kPa)
Drive	Hydrostatic closed loop through planetary speed reducer
Propel motors	Two - Hydraulic, axial piston, fixed displacement rating (each): 111 HP (82.8 kW)
Propel speed range	Epiroc: 0 – 1.0 mph (0 - 1.6 km/h), Caterpillar: 0 – 1.3 mph (0 - 2.1 km/h)



Technical specifications

Tower, carousel and drill rod handling

Tower		
Tower construction	Fully welded four main member with open front ASTM A500; rectangular steel tubing	
Tower raising	Two hydraulic cylinders; live tower (raise and lower with full carousel and rotary head at top of tower)	
Rod support	Hydraulic cylinder actuation to center drill rod	
Rated capacity		
Single pass depth	27.5 ft (8.4 m)	
Maximum hole depth	175 ft (53.3 m)	
Carousel (carousel internal to the tower with key-lock retention)		
Rod length	30 ft (9.1 m)	
Capacity	•Five pieces of 4-1/2 in, 5 in or 5-1/2 in rods (114 mm, 127 mm or 140 mm) • Four pieces of 6-1/4 in or 7 in (159 mm or 178 mm)	
Acuation	Two hydraulic cylinders	
Safety	• Drill pipe is held securely in carousel by "key lock design" mechanism • No bump system to prevent damage if carousel not stowed	
Drill rods		
Drill pipe diameter x 30 ft (9.1 m)	**Thread**	**Suggested bit diameter**
4-1/2 in (114 mm)	3-1/2 in API	5-1/2 in – 6-3/4 in (140 mm – 171 mm)
5 in (127 mm)	3-1/2 in API or BECO	6-3/4 in – 7-3/8 in (171 mm – 187 mm)
5-1/2 in (140 mm)	3-1/2 in BECO	6-3/4 in – 7-7/8 in (171 mm – 200 mm)
6-1/4 in (159 mm)	4 in BECO	7-7/8 in – 8-7/8 in (200 mm – 225 mm)
7 in (178 mm)	4-1/2 in BECO	8-7/8 in (225 mm)
Rotary head		
Speed range	Variable 0 – 161 RPM	
Torque	Variable 0 – 7,200 lbf-ft (0 –9,762 Nm)	
Number of motors	Two	
Type of motor	One variable displacement axial piston and one fixed	
Reduction	15:1	
Travel length	35 ft 7 in (10.9 m)	
Feed system		
Pulldown capacity	DM45: up to 45,000 lbf (0 – 200 kN) DM50: up to 50,000 lbf (0 – 222 kN)	
Pullback capacity	0 – 22,000 lbf (0 – 98 kN)	
Weight on bit	DM45: variable, 0 – 45,000 lb (0 – 20,412 kg) DM50: variable, 0 – 50,000 lb (0 – 22,680 kg)	
Mechanism type	Hydraulic cylinders with cable feed and chains	
Pulldown cable diameter	1 in (25.4 mm)	
Pullback chain	160 H	
Feed speed	146 ft/min (44.5 m/min)	
Retract speed	205 ft/min (62.5 m/min)	

Technical specifications

Cab and controls

Cab

- Thermally insulated and pressurized
- Adjustable suspension swivel seat with seat belt
- Two hinged and lockable doors
- Quiet (tested at 80 dBA)
- Falling Object Protective Structure (FOPS) certified
- Side-mounted air conditioning (easier to service as no roof access required)
- Ergonomically designed wrap-around console
- Windshield wiper on drilling and rear tramming window

Controls (electric over hydraulic)

Panels	• Tramming and jack controls • Ignition console and gauges • Engine diagnostic • Air regulation controls • Drill controls and gauges

Hydraulic system

- Hydraulic pumps mounted on a single three-hole gearbox driven off the engine through a drive shaft
- Hydraulic system main pumps work through diverter valves to control feed/rotation and propel
- Two main pumps
- One triple pump

Power package

Airend

	900 cfm @ 110 psi (25.5 m³/min @ 7.6 bar) 1,050 cfm @ 110 psi (29.7 m³/min @ 7.6 bar) 1,200 cfm @ 110 psi (34 m³/min @ 7.6 bar) 900 cfm @ 350 psi (25.5 m³/min @ 24 bar) 1,070 cfm @ 350 psi (30.3 m³/min @ 24 bar)

Diesel engine (1,800 rpm)

Diesel engine – non Tier 4	CAT C15 – 440 HP (328 kW) CAT C15 – 475 HP (354 kW) CAT C15 – 540 HP (403 kW) CAT C18 – 630 HP (470 kW) Cummins QSX15 – 425 HP (317 kW) Cummins QSX15 – 475 HP (354 kW) Cummins QSX15 – 530 HP (395 kW) Cummins QSX15 – 600 HP (447 kW)
Diesel engine – Tier 4 Final	CAT C15 – 475 HP (354 kW) CAT C15 – 540 HP (403 kW) CAT C18 – 755 HP (563 kW) Cummins QSX15 – 500 HP (373 kW) Cummins QSX15 – 550 HP (410 kW) Cummins QSX15 – 600 HP (447 kW)

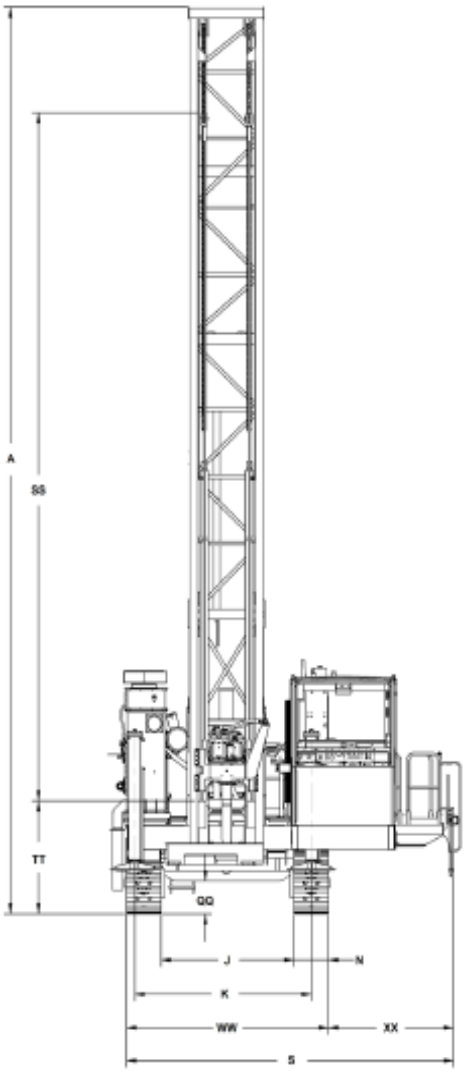
Technical specifications

Dimensions and weight

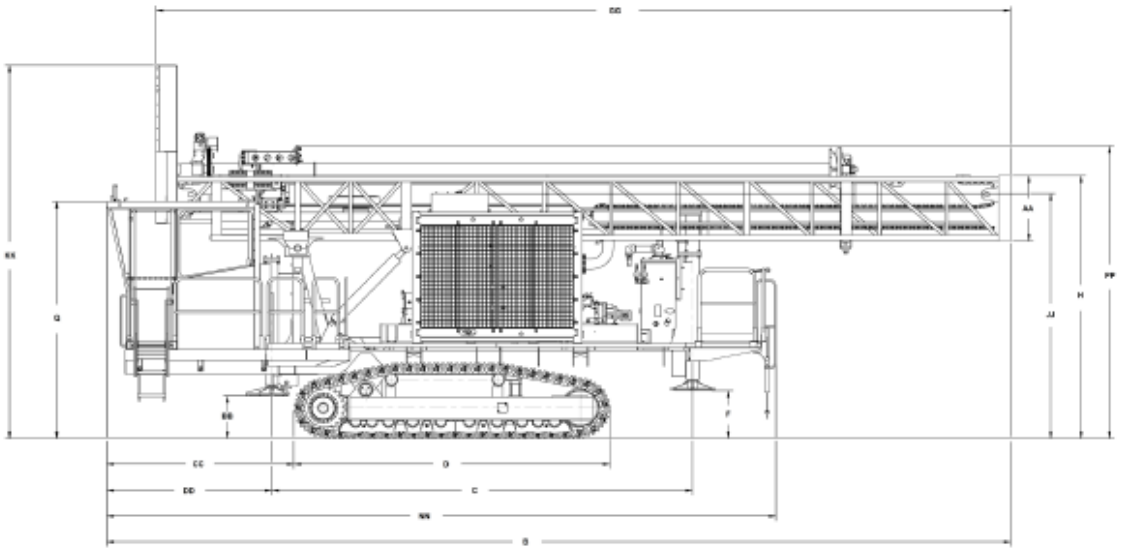
Operating weight	
Estimated weight	77,000 – 95,000 lb (35 – 43 tonnes)

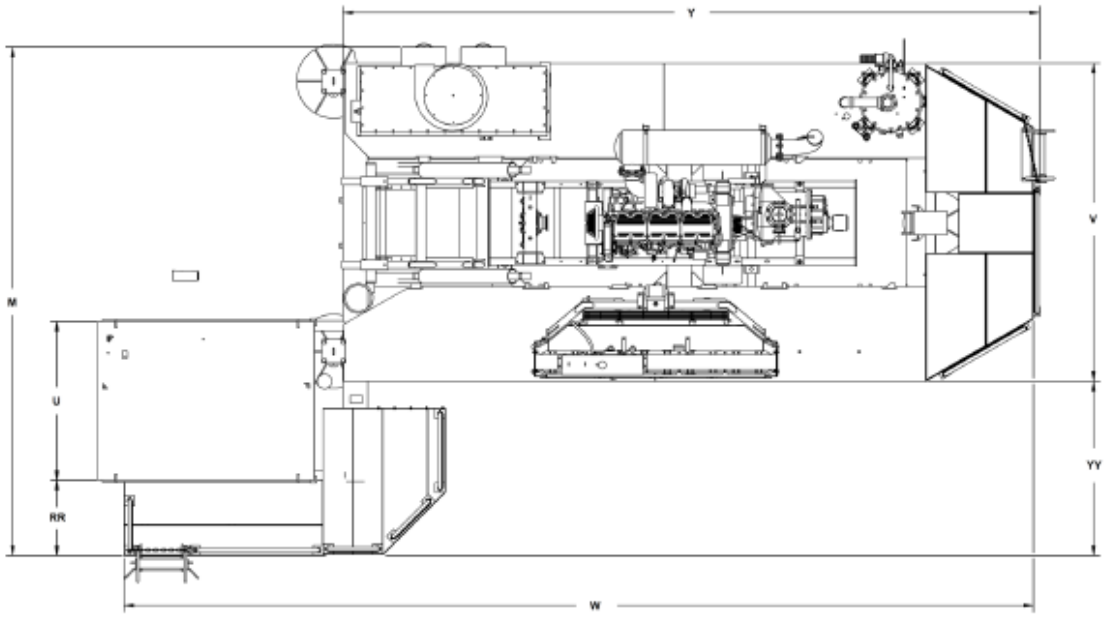
Operating dimensions
(Dimensions for DM45 HP)

	Description	Dimensions in (m)
A	Height – tower up	43' 7" (13.3)
B	Length – tower down	43' 7" (13.3)
C	Length – jack center to jack center	20' 3" (6.2)
D	Length – undercarriage	15' 3" (4.65)
F	Height – jack to ground (non drill end)	2' 4" (0.71)
H	Height – tower down (tower clearance)	12' 7" (3.88)
J	Width – track inside to track inside	6' 9" (2.09)
K	Width – jack center to jack center	9' 1.25" (2.78)
M	Width – overall	17' 2" (5.23)
N	Width – track	1' 8" (0.55)
Q	Height – ground to cab top	11' 6" (3.49)
S	Width – drill end (no dust collector)	16' 9" (5.16)
U	Width – cab	6' 4" (1.64)
V	Width – decking (non drill end)	10' 7" (3.27)
W	Length – decking	30' 7" (9.37)
Y	Length – non drill end to dust collector end	23' 6" (7.18)
AA	Width – tower (front view)	3' 2" (0.97)
BB	Height – jack to ground (drill end)	2' 1" (0.63)
CC	Length – cab to undercarriage edge	9' (2.76)
DD	Length – cab to front jack center (front view)	7' 11" (2.43)
GG	Length – tower; front view	41' 3" (12.6)
JJ	Height – ground to cooler	11' 8" (3.56)
KK	Length – ground to dust curtain platform	18' (5.5)
NN	Length – non drill end to cab end	32' 3" (9.86)
PP	Height – tower down (rod changer clearance)	14' 1" (4.31)
QQ	Height – ground to oscillation yoke	1' 7" (0.48)
RR	Length – decking edge to cab edge	2' 6" (0.78)
SS	Rotary head travel	33' 1.2" (10.09)
TT	Height – ground to bottom stop	5' 4.4" (1.64)
WW	Width – undercarriage assembly	10' 6" (3.19)
XX	Width – decking (cab end to undercarriage edge)	6' 11" (1.99)
YY	Width – decking (cab end to non drill end)	5' 11" (1.79)



Technical specifications





Anexo 2. Ficha técnica de Excavadora CATERPILLAR modelo 395



Excavadora Hidráulica

395

Especificaciones técnicas

Las configuraciones y las funciones pueden variar según la región. Consulte a su distribuidor Cat® para conocer la disponibilidad en su zona.

Índice general

Especificaciones **2**

Motor 2
Mecanismo de giro 2
Pesos 2
Cadena 2
Transmisión 2
Sistema hidráulico 2
Capacidades de llenado de servicio 2
Normas 3
Niveles de ruido 3
Sistema de aire acondicionado 3
Peso de funcionamiento y presiones sobre el suelo 4
Peso de los componentes principales 5
Dimensiones 6
Radios de acción 12
Capacidades de elevación de pluma de alcance 15
Capacidades de elevación de pluma GP 24
Capacidades de elevación de pluma de alta producción 39
Especificaciones y compatibilidad de cucharones:
Australia y Nueva Zelanda 45
Europa 46
Norteamérica 48
Corea del Sur 50
Turquía* 51
Chile 52
Guía de oferta de accesorios:
Australia y Nueva Zelanda 53
Europa 54
Norteamérica 57
Turquía 60
Chile 63
Combinaciones con camiones – Global 65

Equipos estándar y opcionales **66**
Kits y accesorios instalados por el distribuidor **68**
Opciones de cabina **69**
Declaración medioambiental de la 395 ..... **70**

CAT®

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 395

Motor

Modelo de motor	Cat® C18	
Potencia neta – ISO 9249	404 kW	542 hp
Potencia nominal del motor – ISO 14396	405 kW	543 hp
Calibre	145 mm	6 pulg
Carrera	183 mm	7 pulg
Cilindrada	18,1 L	1.105 pulg³

- Cumple los estándares de emisiones Tier 4 Final de la EPA de EE. UU., Stage V de la UE, Japón 2014 y Stage V Final de Corea.
- Recomendada para su uso hasta 4.500 m de altitud (14.760 pies), con una disminución de potencia del motor por encima de 3.000 m (9.840 pies).
- La potencia indicada se prueba de acuerdo con el estándar especificado vigente en el momento de la fabricación.
- La potencia neta indicada es la potencia disponible en el volante cuando el motor está equipado con ventilador, sistema de admisión de aire, sistema de escape y alternador.
- Velocidad del motor a 1.900 rev/min.
- Los motores diésel Cat deben utilizar ULSD (combustible diésel con contenido muy bajo en azufre con 15 ppm de azufre o menos) o ULSD mezclado con los siguientes combustibles con menor intensidad de carbono** hasta:
  - ✓ 20 % de biodiésel FAME (éster metílico de ácidos grasos)*
  - ✓ 100 % de diésel renovable, HVO (aceite vegetal hidrotratado) y GTL (gas a líquido)

  Consulte las directrices para su correcta aplicación. Para obtener más información, consulte a su distribuidor Cat o las "Recomendaciones de fluidos para máquinas de Caterpillar" (SEBU6.250).

**Los motores sin dispositivos de postratamiento pueden utilizar mezclas más altas, hasta un 100 % de biodiésel (para el uso de mezclas superiores al 20 % de biodiésel, consulte a su distribuidor Cat).*

*** Las emisiones de gases de efecto invernadero en el tubo de escape de los combustibles con menor intensidad de carbono son básicamente las mismas que las de los combustibles tradicionales.*

Mecanismo de giro

Velocidad de giro	6,26 rev/min	
Par de giro máximo	362 kN m	267.333 lbf-pie

Pesos

Peso de funcionamiento	94.400 kg	208.100 lb

- Tren de rodaje de ancho de vía variable largo, pluma de alta producción, balancín M2.92JC (9'7"), cucharón SDV de 6,5 m³ (8,5 yd³), zapatas de garras dobles de 650 mm (26") y contrapeso estándar.

Peso de funcionamiento	94.100 kg	207.400 lb

- Tren de rodaje de ancho de vía variable largo, pluma GP, balancín R4.4HB2 (14'5"), cucharón SD de 5,2 m³ (6,8 yd³), zapatas de garras dobles de 900 mm (35") y contrapeso con dispositivo de extracción.

Cadena

Anchura de las zapatas de cadena opcionales	650 mm	26 pulg
Anchura de las zapatas de cadena opcionales	750 mm	30 pulg
Anchura de las zapatas de cadena opcionales	900 mm	35 pulg
Número de zapatas (cada lado)	51	
Número de rodillos de la cadena (cada lado)	9	
Número de rodillos portadores (cada lado)	3	

Transmisión

Subida de pendientes máxima	35°/70 %	
Velocidad de desplazamiento máxima	4,6 km/h	2,8 mph
Máxima fuerza de tracción en la barra de tiro	581 kN	130.614 lb-pie

Sistema hidráulico

Sistema principal: caudal máximo, implemento*	1.064 L/min (532 × 2 bombas)	281 gal/min (141 × 2 bombas)
Sistema de giro: caudal máximo**	295 L/min	78 gal/min
Presión máxima: equipo, implemento	37.000 kPa	5.366 lb/pulg²
Presión máxima: desplazamiento	35.000 kPa	5.076 lb/pulg²
Presión máxima: giro	31.000 kPa	4.496 lb/pulg²
Cilindro de la pluma: calibre	210 mm	8 pulg
Cilindro de la pluma: carrera	1.967 mm	77 pulg
Cilindro del balancín: calibre	225 mm	9 pulg
Cilindro del balancín: carrera	2.262 mm	89 pulg
Cilindro del cucharón HB2: calibre	200 mm	8 pulg
Cilindro del cucharón HB2: carrera	1.451 mm	57 pulg
Cilindro del cucharón JC: calibre	220 mm	9 pulg
Cilindro del cucharón JC: carrera	1.586 mm	62 pulg

*1.008 L/min (504 × 2 bombas) 266 gal/min (133 × 2 bombas) para los modelos 395 que se venden en Europa y Turquía.

**279 L/min (74 gal/min) para los modelos de la 395 vendidos en Europa.

Capacidades de llenado de servicio

Capacidad del depósito de combustible	1.220 L	322 gal
Sistema de refrigeración	71 L	19 gal
Aceite del motor (con filtro)	67 L	1,8 gal
Mando del giro (cada uno)	24 L	6 gal
Mando final (cada uno)	20 L	5 gal
Sistema hidráulico (incluido el depósito)	740 L	195 gal
Depósito hidráulico (incluido tubo de succión)	372 L	98 gal
Depósito de líquido de escape diésel (DEF, Diesel Exhaust Fluid)	80 L	21 gal

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 395

Normas

Frenos	ISO 10265:2008
Cabina/Protecciones del operador (OPG, Operator Protective Guards) (opcional)	ISO 10262:1998 nivel II

Niveles de ruido

ISO 6395:2008 (exterior)	109 dB(A)
ISO 6396:2008 (dentro de la cabina)	73 dB(A)

- Cuando se trabaje mucho tiempo con las puertas o ventanillas de la cabina abiertas en lugares muy ruidosos o si el puesto del operador no se ha mantenido correctamente, el operador de la máquina podría necesitar protección en los oídos.

Sistema de aire acondicionado

El sistema de aire acondicionado de esta máquina contiene el refrigerante con gas fluorado de efecto invernadero R134a (potencial de calentamiento global = 1.430). El sistema contiene 1,0 kg de refrigerante, que tiene un equivalente de CO_2 de 1,430 toneladas métricas.

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 395

Pesos de funcionamiento y presiones sobre el suelo

Configuraciones de la máquina básica	Zapatas de garras dobles de 650 mm (26") Peso kg (lb)	Zapatas de garras dobles de 650 mm (26") Presión sobre el suelo kPa (lb/pulg²)	Zapatas de garras dobles de 750 mm (30") Peso kg (lb)	Zapatas de garras dobles de 750 mm (30") Presión sobre el suelo kPa (lb/pulg²)	Zapatas de garras dobles de 900 mm (35") Peso kg (lb)	Zapatas de garras dobles de 900 mm (35") Presión sobre el suelo kPa (lb/pulg²)
Bastidor inferior con rodillos de cadena y rodillos portadores						
Máquina base con contrapeso estándar + Tren de rodaje largo con ancho de vía variable						
Pluma de alcance + balancín R4.4HB2 (14'5") + cucharón SD de 4,2 m³ (5,5 yd³)	93.000 (205.000)	126,3 (18,3)	93.800 (206.900)	110,5 (16,0)	94.900 (209.200)	93,1 (13,5)
Pluma de alcance + balancín R5.5HB2 (18'1") + cucharón SD de 4,2 m³ (5,5 yd³)	93.400 (206.000)	126,9 (18,4)	94.300 (207.900)	111,0 (16,1)	95.400 (210.300)	93,5 (13,6)
Pluma GP + balancín GP2.92JC (9'7") + cucharón SDV de 6,5 m³ (8,5 yd³)	94.600 (208.600)	128,5 (18,6)	95.500 (210.600)	112,4 (16,3)	96.600 (212.900)	94,7 (13,7)
Pluma GP + balancín GP3.4JC (11'2") + cucharón SDV de 6,5 m³ (8,5 yd³)	94.900 (209.300)	128,9 (18,7)	95.800 (211.200)	112,8 (16,4)	96.900 (213.600)	95,0 (13,8)
Pluma GP + balancín R4.4HB2 (14'5") + cucharón SD de 5,2 m³ (6,8 yd³)	92.100 (203.000)	125,1 (18,1)	93.000 (204.900)	109,4 (15,9)	94.000 (207.300)	92,2 (13,4)
Pluma GP + balancín R5.5HB2 (18'1") + cucharón SD de 5,2 m³ (6,8 yd³)	92.600 (204.000)	125,7 (18,2)	93.400 (206.000)	110,0 (15,9)	94.500 (208.300)	92,7 (13,4)
Pluma de alta producción + balancín M2.92JC (9'7") + cucharón SDV de 6,5 m³ (8,5 yd³)	94.400 (208.100)	128,2 (18,6)	95.300 (210.100)	112,1 (16,3)	96.300 (212.400)	94,5 (13,7)
Pluma de alta producción + balancín M3.4JC (11'2") + cucharón SDV de 6,5 m³ (8,5 yd³)	94.500 (208.200)	128,3 (18,6)	95.300 (210.200)	112,2 (16,3)	96.400 (212.500)	94,5 (13,7)
Bastidor inferior con rodillos de cadena y rodillos portadores						
Contrapeso de tipo desmontable + máquina básica con tren de rodaje de ancho de vía variable largo						
Pluma de alcance + balancín R4.4HB2 (14'5") + cucharón SD de 4,2 m³ (5,5 yd³)	93.000 (205.100)	126,3 (18,3)	93.900 (207.000)	110,5 (16,0)	95.000 (209.400)	93,1 (13,5)
Pluma de alcance + balancín R5.5HB2 (18'1") + cucharón SD de 4,2 m³ (5,5 yd³)	93.500 (206.100)	127,0 (18,4)	94.400 (208.100)	111,0 (16,1)	95.400 (210.300)	93,5 (13,6)
Pluma GP + balancín GP2.92JC (9'7") + cucharón SDV de 6,5 m³ (8,5 yd³)	94.700 (208.800)	128,6 (18,7)	95.600 (210.700)	112,5 (16,3)	96.600 (213.000)	94,8 (13,7)
Pluma GP + balancín GP3.4JC (11'2") + cucharón SDV de 6,5 m³ (8,5 yd³)	95.000 (209.400)	129,0 (18,7)	95.900 (211.400)	112,8 (16,4)	96.900 (213.700)	95,1 (13,8)
Pluma GP + balancín R4.4HB2 (14'5") + cucharón SD de 5,2 m³ (6,8 yd³)	92.100 (203.100)	125,1 (18,1)	93.000 (205.100)	109,5 (15,9)	94.100 (207.400)	92,3 (13,4)
Pluma GP + balancín R5.5HB2 (18'1") + cucharón SD de 5,2 m³ (6,8 yd³)	92.600 (204.200)	125,8 (18,2)	93.500 (206.100)	110,0 (16,0)	94.500 (208.400)	92,7 (13,4)
Pluma de alta producción + balancín M2.92JC (9'7") + cucharón SDV de 6,5 m³ (8,5 yd³)	94.500 (208.100)	128,3 (18,6)	95.300 (210.100)	112,2 (16,3)	96.400 (212.400)	94,6 (13,7)
Pluma de alta producción + balancín M3.4JC (11'2") + cucharón SDV de 6,5 m³ (8,5 yd³)	94.500 (208.400)	128,3 (18,6)	95.400 (210.300)	112,3 (16,3)	96.400 (212.600)	94,6 (13,7)

Todos los pesos de funcionamiento incluyen un depósito de combustible al 90 % de capacidad y un operador de 75 kg (165 lb).

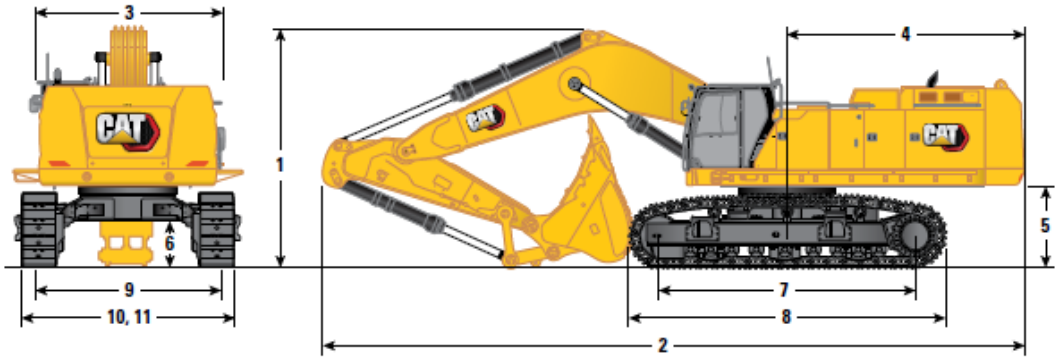
Pesos de los componentes principales

	kg	lb
Peso de la máquina base: incluye bastidor superior L, tren de rodaje, contrapeso y cilindros de pluma, sin pluma, balancín, cucharón, cilindro del balancín, cilindro del cucharón, cadenas, depósito de combustible y operador		
Con contrapeso estándar, bastidor de giro, bastidor inferior con rodillos de cadena y rodillos portadores	62.260	137.250
Con contrapeso de tipo desmontable, bastidor de giro, bastidor inferior con rodillos de cadena y rodillos portadores	62.310	137.380
Zapatas de cadena:		
Zapatas de cadena de garra doble de 20,5 mm (0,8") de grosor y 650 mm (26") de anchura	9.290	20.470
Zapatas de cadena de garra doble de 20,5 mm (0,8") de grosor y 750 mm (30") de anchura	10.160	22.400
Zapatas de cadena de garra doble de 20,5 mm (0,8") de grosor y 900 mm (35") de anchura	11.220	24.740
Dos cilindros de la pluma	1.820	4.010
Peso del depósito de combustible al 90 % de capacidad y un operador de 75 kg (165 lb)	1.010	2.230
Contrapesos:		
Contrapeso estándar	15.450	34.060
Contrapeso con dispositivo de extracción	15.510	34.190
Bastidor de giro	9.100	20.060
Tren de rodaje de ancho de vía variable largo:		
Bastidor inferior con rodillos de cadena y rodillos portadores	24.170	53.290
Plumas (incluye tuberías, bulones y cilindro del balancín):		
Pluma de alta producción de 7,25 m (23'9")	8.560	18.880
Pluma de alcance de 10,0 m (32'10")	10.810	23.830
Balancines (incluye tuberías, bulones, cilindro del cucharón y varillaje del cucharón):		
Balancín de alta producción M2.92JC (9'7")	5.510	12.150
Balancín GP GP2.92JC (9'7")	4.990	10.990
Balancín de alta producción M3.4JC (11'2")	5.550	12.240
Balancín GP GP3.4JC (11'2")	5.290	11.660
Balancín de alcance R4.4HB2 (14'5")	5.030	11.100
Balancín de alcance R5.5HB2 (18'1")	5.510	12.140
Cucharones (sin varillaje):		
SD de 4,2 m^3 (5,5 yd^3)	4.580	10.100
SD de 5,2 m^3 (6,8 yd^3)	5.190	11.440
6,5 m^3 (8,5 yd^3) SDV	7.790	17.170
Acoplamientos rápidos:		
Acoplamiento rápido CW específico	1.130	2.490
Acoplamiento rápido con enganche al bulón	1.730	3.820

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 395

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas y pueden variar dependiendo de la selección del cucharón.



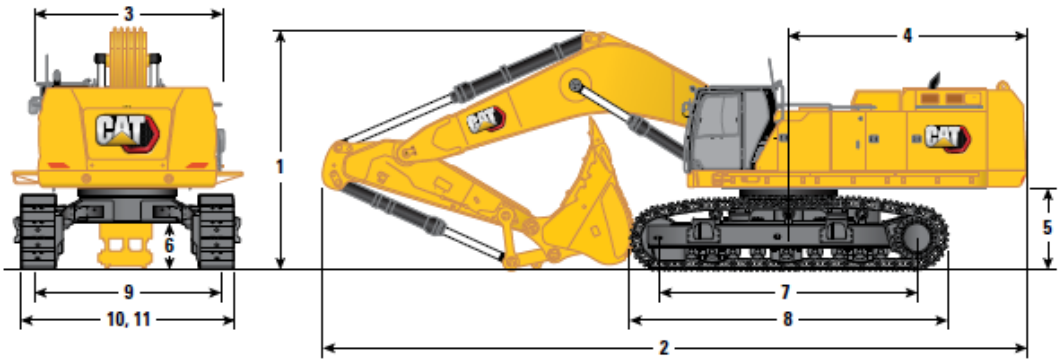
Opción de pluma	Pluma GP 8,4 m (27'7")							
Opciones de balancín	**Balancín GP**				**Balancín de alcance**			
	GP2.92JC (9'7")		**GP3.4JC (11'2")**		**R4.4HB2 (14'5")**		**R5.5HB2 (18'1")**	
1 Altura de la máquina:								
Altura de la cabina	3.670 mm	12'0"	3.670 mm	12'0"	3.670 mm	12'0"	3.670 mm	12'0"
Altura de OPG	3.810 mm	12'6"	3.810 mm	12'6"	3.810 mm	12'6"	3.810 mm	12'6"
Altura de los pasamanos	3.750 mm	12'4"	3.750 mm	12'4"	3.750 mm	12'4"	3.750 mm	12'4"
Con pluma/balancín/cucharón instalados	5.100 mm	16'9"	5.250 mm	17'3"	5.380 mm	17'8"	5.900 mm	19'4"
Con pluma/balancín instalados	4.770 mm	15'8"	4.900 mm	16'1"	5.090 mm	16'8"	5.510 mm	18'1"
Con pluma instalada	4.070 mm	13'4"	4.070 mm	13'4"	4.070 mm	13'4"	4.070 mm	13'4"
Con pluma/balancín/cucharón instalados (con tuberías auxiliares)	5.110 mm	16'9"	5.270 mm	17'3"	5.390 mm	17'8"	5.930 mm	19'5"
Con pluma/balancín instalados (con tuberías auxiliares)	4.770 mm	15'8"	4.900 mm	16'1"	5.090 mm	16'8"	5.530 mm	18'2"
Con pluma instalada (con tuberías auxiliares)	4.140 mm	13'7"	4.140 mm	13'7"	4.140 mm	13'7"	4.140 mm	13'7"
2 Longitud de la máquina:								
Con pluma/balancín/cucharón instalados	15.090 mm	49'6"	15.090 mm	49'6"	15.090 mm	49'6"	14.870 mm	48'9"
Con pluma/balancín instalados	15.030 mm	49'4"	15.070 mm	49'5"	15.100 mm	49'6"	15.040 mm	49'4"
Con pluma instalada	13.160 mm	43'2"	13.160 mm	43'2"	13.160 mm	43'2"	13.160 mm	43'2"
Con pluma/balancín/cucharón instalados (con tuberías auxiliares)	15.090 mm	49'6"	15.090 mm	49'6"	15.090 mm	49'6"	14.870 mm	48'9"
Con pluma/balancín instalados (con tuberías auxiliares)	15.030 mm	49'4"	15.070 mm	49'5"	15.100 mm	49'6"	15.040 mm	49'4"
Con pluma instalada (con tuberías auxiliares)	13.150 mm	43'2"	13.150 mm	43'2"	13.150 mm	43'2"	13.150 mm	43'2"
3 Anchura del bastidor superior:								
Sin pasarelas	3.490 mm	11'5"	3.490 mm	11'5"	3.490 mm	11'5"	3.490 mm	11'5"
Con pasarelas	4.510 mm	14'10"	4.510 mm	14'10"	4.510 mm	14'10"	4.510 mm	14'10"
Anchura de pasarelas	500 mm	1'8"	5.00 mm	1'8"	500 mm	1'8"	500 mm	1'8"
4 Radio de giro de la cola	4.840 mm	15'11"	4.840 mm	15'11"	4.840 mm	15'11"	4.840 mm	15'11"
5 Altura libre desde el contrapeso	1.640 mm	5'5"	1.640 mm	5'5"	1.640 mm	5'5"	1.640 mm	5'5"
6 Altura libre sobre el suelo	830 mm	2'9"	830 mm	2'9"	830 mm	2'9"	830 mm	2'9"

(continúa en la página siguiente)

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 395

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas y pueden variar dependiendo de la selección del cucharón.

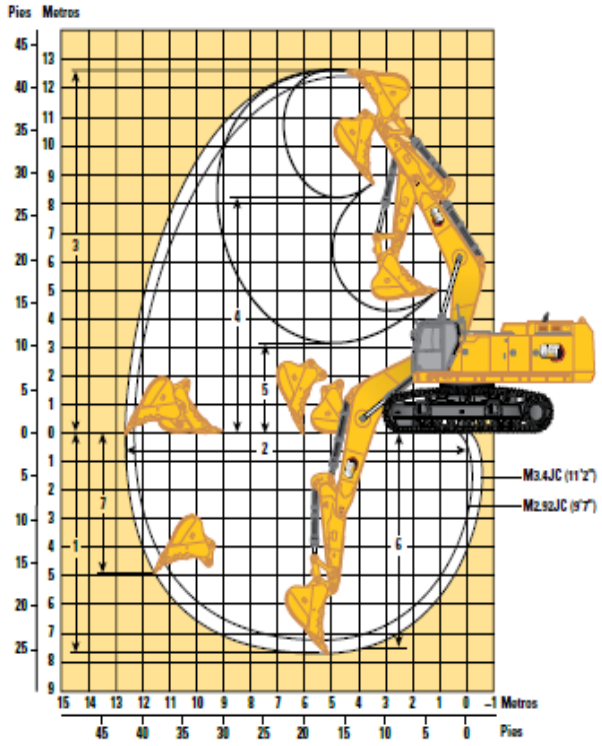


Opción de pluma	Pluma GP 8,4 m (27'7")							
Opciones de balancín	**Balancín GP**				**Balancín de alcance**			
	GP2.92JC (9'7")		**GP3.4JC (11'2")**		**R4.4HB2 (14'5")**		**R5.5HB2 (18'1")**	
7 Longitud de la cadena – Longitud al centro de los rodillos	5.120 mm	16'10"	5.120 mm	16'10"	5.120 mm	16'10"	5.120 mm	16'10"
8 Longitud de la cadena	6.350 mm	20'10"	6.350 mm	20'10"	6.350 mm	20'10"	6.350 mm	20'10"
9 Ancho de vía:								
Retraído	2.750 mm	9'0"	2.750 mm	9'0"	2.750 mm	9'0"	2.750 mm	9'0"
Extendido	3.510 mm	11'6"	3.510 mm	11'6"	3.510 mm	11'6"	3.510 mm	11'6"
10 Anchura de la cadena – Retraída:								
Zapatas de 650 mm (26")	3.400 mm	11'2"	3.400 mm	11'2"	3.400 mm	11'2"	3.400 mm	11'2"
Zapatas de 750 mm (30")	3.500 mm	11'6"	3.500 mm	11'6"	3.500 mm	11'6"	3.500 mm	11'6"
Zapatas de 900 mm (35")	3.840 mm	12'7"	3.840 mm	12'7"	3.840 mm	12'7"	3.840 mm	12'7"
Anchura de la cadena – Extendida:								
Zapatas de 650 mm (26")	4.160 mm	13'8"	4.160 mm	13'8"	4.160 mm	13'8"	4.160 mm	13'8"
Zapatas de 750 mm (30")	4.260 mm	14'0"	4.260 mm	14'0"	4.260 mm	14'0"	4.260 mm	14'0"
Zapatas de 900 mm (35")	4.410 mm	14'6"	4.410 mm	14'6"	4.410 mm	14'6"	4.410 mm	14'6"
11 Anchura del tren de rodaje – Retraído (con peldaños):								
Zapatas de 650 mm (26")	3.690 mm	12'1"	3.690 mm	12'1"	3.690 mm	12'1"	3.690 mm	12'1"
Zapatas de 750 mm (30")	3.690 mm	12'1"	3.690 mm	12'1"	3.690 mm	12'1"	3.690 mm	12'1"
Zapatas de 900 mm (35")	3.880 mm	12'9"	3.880 mm	12'9"	3.880 mm	12'9"	3.880 mm	12'9"
Anchura del tren de rodaje – Extendido (con peldaños):								
Zapatas de 650 mm (26")	4.450 mm	14'7"	4.450 mm	14'7"	4.450 mm	14'7"	4.450 mm	14'7"
Zapatas de 750 mm (30")	4.450 mm	14'7"	4.450 mm	14'7"	4.450 mm	14'7"	4.450 mm	14'7"
Zapatas de 900 mm (35")	4.450 mm	14'7"	4.450 mm	14'7"	4.450 mm	14'7"	4.450 mm	14'7"
Tipo de cucharón	SDV		SDV		SD		SD	
Capacidad de los cucharones	6,50 m^3	8,50 yd^3	6,50 m^3	8,50 yd^3	5,20 m^3	6,80 yd^3	5,20 m^3	6,80 yd^3
Radio de la punta del cucharón	2.530 mm	8'4"	2.530 mm	8'4"	2.440 mm	8'0"	2.440 mm	8'0"

Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 395

Radios de acción

Todas las dimensiones son aproximadas y pueden variar dependiendo de la selección del cucharón.

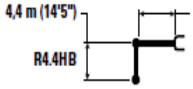


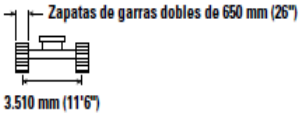
Opción de pluma	Pluma de alta producción 7,25 m (23'9")			
Opciones de balancín	Balancín de alta producción			
	M2.92JC (9'7")		M3.4JC (11'2")	
1 Profundidad máxima de excavación	7.190 mm	23'7"	7.660 mm	25'2"
2 Alcance máximo a nivel del suelo	12.260 mm	40'3"	12.700 mm	41'8"
3 Altura máxima de corte	12.370 mm	40'7"	12.590 mm	41'4"
4 Altura máxima de carga	7.960 mm	26'1"	8.190 mm	26'10"
5 Altura mínima de carga	3.660 mm	12'0"	3.190 mm	10'6"
6 Profundidad máxima de corte para obtener una excavación horizontal de 2.440 mm (8'0")	7.050 mm	23'2"	7.530 mm	24'8"
7 Profundidad máxima de excavación en un frente vertical	4.580 mm	15'0"	4.970 mm	16'4"
Fuerza de excavación del cucharón (ISO)	497 kN	111.820 lb-pie	498 kN	111.950 lb-pie
Fuerza de excavación del balancín (ISO)	394 kN	88.570 lb-pie	360 kN	80.920 lb-pie
Tipo de cucharón	SDV		SDV	
Capacidad de los cucharones	6,50 m^3	8,50 yd^3	6,50 m^3	8,50 yd^3
Radio de la punta del cucharón	2.530 mm	8'4"	2.530 mm	8'4"

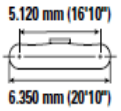
Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 395

Capacidades de elevación de pluma de alcance – Contrapeso estándar** – sin cucharón

Tren de rodaje de ancho de vía variable largo







		4.500 mm/15'0"		6.000 mm/20'0"		7.500 mm/25'0"		9.000 mm/30'0"		10.500 mm/35'0"		12.000 mm/40'0"		13.500 mm/45'0"				
																		mm pie/pulg
12.000 mm **40'0"**	kg **lb**									*13.200	*13.200					*13.150 ***29.150**	*13.150 ***29.150**	10.510 **33'10"**
10.500 mm **35'0"**	kg **lb**									*15.400 ***33.750**	*15.400 ***33.750**					*12.650 ***27.900**	*12.650 ***27.900**	11.680 **37'11"**
9.000 mm **30'0"**	kg **lb**									*15.700 ***34.200**	*15.700 ***34.200**	*14.750 ***31.700**	13.250 **28.350**			*12.400 ***27.350**	12.150 **27.050**	12.560 **40'11"**
7.500 mm **25'0"**	kg **lb**							*18.250 ***39.550**	*18.250 ***39.550**	*16.350 ***35.450**	16.300 **35.100**	*15.000 ***32.650**	13.000 **27.900**			*12.400 ***27.300**	10.900 **24.150**	13.210 **43'2"**
6.000 mm **20'0"**	kg **lb**			*29.950 ***64.150**	*29.950 ***64.150**	*23.400 ***50.400**	*23.400 ***50.400**	*19.600 ***42.400**	*19.600 ***42.400**	*17.150 ***37.150**	15.650 **33.750**	*15.450 ***33.500**	12.650 **27.150**	*14.100	10.250	*12.600 ***27.750**	10.050 **22.200**	13.660 **44'8"**
4.500 mm **15'0"**	kg **lb**					*25.650 ***55.250**	24.250 **52.500**	*20.950 ***45.300**	18.800 **40.550**	*18.000 ***38.950**	15.000 **32.300**	*15.900 ***34.550**	12.200 **26.200**	*14.400 ***31.300**	10.000 **21.450**	*13.000 ***28.550**	9.450 **20.900**	13.940 **45'8"**
3.000 mm **10'0"**	kg **lb**					*27.350 ***59.050**	22.750 **49.150**	*22.100 ***47.850**	17.800 **38.400**	*18.750 ***40.550**	14.300 **30.850**	*16.350 ***35.450**	11.750 **25.300**	*14.600 **31.400**	9.750 **20.950**	*13.600 ***29.850**	9.150 **20.150**	14.040 **46'0"**
1.500 mm **5'0"**	kg **lb**					*28.150 ***60.900**	21.700 **46.900**	*22 850 ***49.450**	17.000 **36.700**	*19.250 ***41.650**	13.750 **29.650**	*16.650 ***36.050**	11.350 **24.500**	14.350 **30.900**	9.550 **20.450**	13.600 **30.000**	9.000 **19.850**	13.980 **45'10"**
0 mm **0'0"**	kg **lb**			*14.750 ***35.000**	*14.750 ***35.000**	*28.050 ***60.850**	21.150 **45.650**	*23 050 ***49.900**	16.500 **35.550**	*19.400 ***42.000**	13.350 **28.800**	*16.700 ***36.100**	11.100 **23.850**	14.200 **30.550**	9.350 **20.150**	13.800 **30.400**	9.100 **20.050**	13.760 **45'1"**
–1.500 mm **–5'0"**	kg **lb**			*22.350 ***51.700**	*22.350 ***51.700**	*27.250 ***59.100**	20.950 **45.100**	*22 650 ***49.050**	16.200 **34.950**	*19.150 ***41.400**	13.100 **28.250**	*16.350 ***35.250**	10.900 **23.500**			*14.000 ***30.900**	9.450 **20.750**	13.370 **43'9"**
–3.000 mm **–10'0"**	kg **lb**	*20.000 ***45.600**	*20.000 ***45.600**	*30.450 ***66.200**	29.600 **63.600**	*25.750 ***55.800**	20.950 **45.150**	*21.650 ***46.850**	16.150 **34.800**	*18.300 ***39.500**	13.050 **28.100**	*15.450 ***33.100**	10.900 **23.500**			*13.900 ***30.600**	10.050 **22.200**	12.780 **41'10"**
–4.500 mm **–15'0"**	kg **lb**	*29.800 ***67.350**	*29.800 ***67.350**	*27.450 ***59.550**	*27.450 ***59.550**	*23.500 ***50.850**	21.200 **45.600**	*19.900 ***42.950**	16.250 **35.050**	*16.750 ***35.950**	13.150 **28.350**					*13.600 ***29.950**	11.100 **24.600**	11.970 **39'1"**
–6.000 mm **–20'0"**	kg **lb**	*26.000 ***56.250**	*26.000 ***56.250**	*23.400 ***50.500**	*23.400 ***50.500**	*20.300 ***43.600**	*20.300 ***43.600**	*17.200 ***36.700**	16.600 **35.850**	*13.950 ***29.250**	13.500 ***29.250**					*12.950 ***28.350**	12.900 ***28.350**	10.900 **35'5"**
–7.500 mm **–25'0"**	kg **lb**			*17.850 ***37.850**	*17.850 ***37.850**	*15.600 ***32.800**	*15.600 ***32.800**	*12.600 ***25.850**	*12.600 ***25.850**							*11.450 ***24.800**	*11.450 ***24.800**	9.460 **30'7"**

* ISO 10567:2007

*Indica que la carga está limitada por la capacidad de elevación hidráulica en lugar de por la carga de vuelco. Las cargas anteriores cumplen el estándar de capacidad de elevación de excavadoras hidráulicas ISO 10567:2007. No exceden el 87 % de la capacidad hidráulica de elevación o el 75 % de la carga límite de equilibrio. El peso de todos los accesorios de elevación debe restarse de las capacidades de elevación anteriores. Las capacidades de elevación se basan en la posición de la máquina sobre una superficie firme y uniforme. El uso de un punto de enganche del accesorio para manipular/elevar objetos podría afectar al rendimiento de elevación de la máquina.

**Las capacidades de elevación se aplican tanto al contrapeso estándar como al contrapeso con dispositivo de extracción.

La capacidad de elevación permanece dentro del ±5 % para todas las zapatas de cadena disponibles.

Consulte siempre el manual de funcionamiento y mantenimiento apropiado para obtener información específica del producto.

Especificaciones y compatibilidad de cucharones – Europa *(continuación)*

		Anchura		Capacidad		Peso		Llenado	Contrapeso extraíble						
									Pluma de alcance		Pluma GP			Pluma de alta producción	
	Varillaje	mm	pulg	m³	yd³	kg	lb	%	R4.4 (14'5")	R5.5 (18'1")	R4.4 (14'5")	R5.5 (18'1")	GP3.4 (11'2")	M2.92 (9'7")	M3.4 (11'2")
Con bulón (sin acoplamiento rápido)															
Servicio general	HB2	1.150	45	2,20	2,88	2.870	6.327	100	●	●	●	●			
	HB2	1.450	57	2,90	3,79	3.200	7.054	100	◉	⊖	●	●			
	HB2	1.750	69	3,70	4,84	3.664	8.078	100	○	◇	●	◉			
	HB2	2.050	81	4,60	6,02	4.046	8.920	100	◇	X	◉	○			
Servicio pesado	HB2	2.050	81	4,60	6,02	4.169	9.191	100	◇	X	⊖	○			
Servicio en condiciones severas	HB2	2.200	87	5,20	6,80	4.895	10.791	90	X	X	⊖	◇			
Servicio pesado	JC	1.800	71	4,10	5,36	4.922	10.851	100					◉	●	●
Servicio en condiciones severas	JC	2.722	106	6,50	8,50	7.380	16.269	90					◇	⊖	⊖
	JC	2.700	106	7,10	9,29	7.476	16.481	90					X	⊖	○
Servicio en condiciones severas – Cuchilla de pala	JC	2.400	94	5,70	7,46	6.823	15.042	90					◇	●	◉
	JC	2.500	98	6,00	7,85	7.113	15.681	90					◇	◉	⊖
	JC	2.650	104	6,50	8,50	7.365	16.236	90					◇	⊖	⊖
Servicio extremo	JC	2.800	110	6,30	8,25	8.918	19.578	90					X	⊖	○
Cuchilla de pala para servicios en condiciones extremas	JC	2.200	87	5,00	6,54	7.170	15.807	90					○	●	◉
	JC	2.350	93	5,40	7,06	7.513	16.564	90					◇	●	◉
	JC	2.500	98	5,70	7,46	7.745	17.075	90					◇	◉	⊖
Carga máxima con bulón (carga útil + cucharón)								kg	8.793	7.463	11.936	10.187	12.585	17.346	15.970
								lb	19.385	16.454	26.313	22.457	27.746	38.242	35.208
Acoplamiento con mecanismo de enganche al bulón															
Servicio general	HB2	1.150	45	2,20	2,88	2.870	6.327	100	◉	○	●	●			
	HB2	1.450	57	2,90	3,79	3.200	7.054	100	○	◇	●	◉			
	HB2	1.750	69	3,70	4,84	3.664	8.078	100	◇	X	◉	○			
	HB2	2.050	81	4,60	6,02	4.046	8.920	100	X	X	○	◇			
Servicio pesado	HB2	2.050	81	4,60	6,02	4.169	9.191	100	X	X	○	◇			
Servicio en condiciones severas	HB2	2.200	87	5,20	6,80	4.895	10.791	90	X	X	◇	X			
Carga máxima con acoplamiento (carga útil + cucharón)								kg	7.067	5.737	10.210	8.461	10.860	15.620	14.244
								lb	15.580	12.649	22.509	18.653	23.941	34.437	31.403
Acoplamiento CW 70															
Servicio general	HB2	2.050	81	4,60	6,02	4.092	9.021	100	X	X	⊖	◇			
Servicio en condiciones severas	HB2	1.850	73	4,22	5,52	4.335	9.557	90	X	X	⊖	○			
Servicio en condiciones severas – Cuchilla de pala	JC	2.150	85	5,00	6,54	6.081	13.407	90					○	●	◉
	JC	2.300	91	5,40	7,06	6.373	14.050	90					◇	●	◉
	JC	2.400	94	5,70	7,46	6.577	14.500	90					◇	◉	⊖
Servicio extremo	JC	2.350	93	5,40	7,06	7.730	17.042	90					X	◉	⊖
Carga máxima con acoplamiento (carga útil + cucharón)								kg	7.576	6.246	10.719	8.970	11.368	16.129	14.753
								lb	16.702	13.771	23.630	19.774	25.063	35.559	32.525

Las cargas anteriores cumplen el estándar de excavadoras hidráulicas EN474-5:2006+A3:2013. No exceden el 87 % de la capacidad hidráulica de elevación ni el 75 % de la carga de vuelco con el varillaje delantero extendido completamente a nivel del suelo y el cucharón volteado.

Capacidad basada en ISO 7451:2007.

Densidad máxima de material:

- ● 2.100 kg/m³ (3.500 lb/yd³)
- ◉ 1.800 kg/m³ (3.000 lb/yd³)
- ⊖ 1.500 kg/m³ (2.500 lb/yd³)
- ○ 1.200 kg/m³ (2.000 lb/yd³)
- ◇ 900 kg/m³ (1.500 lb/yd³)
- X No recomendado

Caterpillar recomienda el uso de los implementos adecuados para maximizar el valor que reciben los clientes de nuestros productos. El uso de implementos, incluidos los cucharones, que no cumplan las recomendaciones o especificaciones de Caterpillar en cuanto a peso, dimensiones, caudales, presiones, etc., puede dar como resultado un rendimiento inferior al esperado, incluidas, entre otros, reducciones en la producción, la estabilidad y la fiabilidad, así como en la durabilidad de los componentes. El uso inadecuado de un implemento que tenga como resultado el barrido, apalancamiento, torsión o captura de cargas pesadas reducirá la duración de la pluma y el balancín.

Equipos estándar y opcionales *(continuación)*

Los equipos estándar y opcionales pueden variar. Consulte a su distribuidor Cat para obtener más información.

	Estándar	Opcional
SEGURIDAD		
Sistema de seguridad con una sola llave de Caterpillar	✓	
Sistema delimitador 2D: – Elevación máxima – Elevación mínima – Giro en elevación – Elevación de pared – Evitación de la cabina del sistema delimitador	✓	
Parada automática del martillo	✓	
Mejora de parada automática del martillo	✓	
Caja de herramientas/almacenamiento externa con cerradura	✓	
Puerta con cerradura y depósitos de combustible e hidráulico con cierre	✓	
Compartimiento de drenaje de combustible con cerradura	✓	
Interruptor de desconexión bloqueable	✓	
Plataformas de servicio con placa antideslizante	✓	
Montaje completo de pasamanos en la plataforma	✓	
Paquete de retrovisores	✓	
Señal/bocina de advertencia	✓	
Alarma de desplazamiento	✓	
Alarma de giro		✓
Interruptor secundario de parada del motor a nivel del suelo	✓	
Las cámaras de visión trasera y lateral derecha	✓	
Visibilidad de 360°		✓
Válvula anticaída de la pluma[1]		✓
Válvula anticaída del balancín[1]		✓
Pasarela	✓	
Pasarela basculante		✓
Iluminación de inspección		✓
Cat Command (control remoto)		✓

	Estándar	Opcional
SERVICIO Y MANTENIMIENTO		
Sistema de gestión del estado del vehículo integrado	✓	
Preinstalación para el sistema de lubricación automática	✓	
Ventilador de refrigeración reversible	✓	
Ubicación agrupada para los filtros de aceite del motor y combustible	✓	
Sistema de repostaje rápido de combustible		✓
Orificios de análisis programado de aceite (S·O·S℠)	✓	
Preparada para mantenimiento QuickEvac™		✓
Bomba de repostaje eléctrica con apagado automático		✓
TREN DE RODAJE Y ESTRUCTURAS		
Tren de rodaje de ancho de vía variable largo	✓	
Zapatas de cadena de garra doble de 650 mm (26")		✓
Zapatas de cadena de garra doble de 750 mm (30")		✓
Zapatas de cadena de garras dobles de 900 mm (35")[2]		✓
Cadenas lubricadas con grasa	✓	
Protecciones guía de la cadena de tres piezas segmentadas		✓
Protecciones guía de la cadena de dos piezas de longitud total		✓
Corona de giro	✓	
Protector inferior de servicio pesado	✓	
Protector del motor de desplazamiento de servicio pesado	✓	
Contrapesos - Estándar	✓	
Contrapeso con dispositivo de extracción[2]		✓
Argolla para remolque en el bastidor inferior	✓	

[1]Todas las regiones excepto Corea del Sur

[2]Solo Europa y Norteamérica

Opciones de cabina de la 395

Opciones de cabina

	Deluxe	De gama alta
Cabina insonorizada con montajes elásticos	●	●
Monitor de pantalla táctil LCD de alta resolución de 254 mm (10")	●	●
Monitor LCD táctil de alta resolución adicional para Cat Grade 2D y 3D	○	○
Aire acondicionado de dos niveles automático	●	●
Dial de pulsación breve y teclas de método abreviado para controlar el monitor	●	●
Control de arranque del motor por pulsación sin llave	●	●
Consola con ajuste de altura infinito sin herramientas	●	●
Consola lateral izquierda basculante	●	●
Dirección con palanca tipo joystick Cat	○	○
Relé auxiliar	○	○
Asiento calefactado con suspensión neumática ajustable	●	X
Asiento calefactado y refrigerado con suspensión ajustable automática	X	●
Cinturón de seguridad naranja de 51 mm (2")	●	●
Radio Bluetooth integrada (incluye USB, puerto auxiliar y micrófono)	●	●
2 salidas de 12 V de CC	●	●
Portavasos y compartimentos de almacenamiento	●	●
Parabrisas fijo de una pieza	X	○
Ventana delantera de dos piezas con apertura	●	○
Limpiaparabrisas superior radial con lavaparabrisas	●	X
Limpiaparabrisas paralelo con lavaparabrisas	X	●
Trampilla de claraboya en policarbonato con apertura	●	○
Claraboya fija de cristal laminado	X	○
Luz de techo LED.	●	●
Luz de bienvenida del suelo	●	●
Parasol delantero enrollable	●	●
Parasol trasero enrollable	○	●
Salida de emergencia en la ventanilla trasera	●	●
Alfombrilla lavable	●	●
Preinstalación de baliza	●	●

● Estándar

○ Opcional

X No disponible

Declaración medioambiental de la 395

La siguiente información se aplica a la máquina en el momento de la fabricación final tal y como está configurada para su venta en las regiones contempladas en este documento. El contenido de esta declaración es válido a partir de la fecha de emisión; sin embargo, el contenido relacionado con las características y especificaciones de la máquina está sujeto a cambios sin previo aviso. Para obtener más información, consulte el Manual de funcionamiento y mantenimiento de la máquina.

Para obtener más información sobre la sostenibilidad en acción y nuestro progreso, visite https://www.caterpillar.com/en/company/sstainability.

Motor

- El Motor Cat® C18 cumple los estándares de emisiones Tier 4 Final de la EPA de EE. UU., Stage V de la UE, Japón 2014 y Stage V de Corea.
- Los motores diésel Cat deben utilizar ULSD (combustible diésel con contenido muy bajo en azufre con 15 ppm de azufre o menos) o ULSD mezclado con los siguientes combustibles con menor intensidad de carbono** hasta:
  - ✓ 20 % de biodiésel FAME (éster metílico de ácidos grasos)*
  - ✓ 100 % de diésel renovable, HVO (aceite vegetal hidrotratado) y GTL (gas a líquido)

  Consulte las directrices para su correcta aplicación. Para obtener más información, consulte a su distribuidor Cat o las "Recomendaciones de fluidos para máquinas de Caterpillar" (SEBU6250).

  **Los motores sin dispositivos de postratamiento pueden utilizar mezclas más altas, hasta un 100 % de biodiésel (para el uso de mezclas superiores al 20 % de biodiésel, consulte a su distribuidor Cat).*

  *** Las emisiones de gases de efecto invernadero en el tubo de escape de los combustibles con menor intensidad de carbono son básicamente las mismas que las de los combustibles tradicionales.*

Sistema de aire acondicionado

- El sistema de aire acondicionado de esta máquina contiene el refrigerante con gas fluorado de efecto invernadero R134a (potencial de calentamiento global = 1.430). El sistema contiene 1,0 kg (2,2 lb) de refrigerante, que tiene un equivalente de 1,430 toneladas métricas (1,576 toneladas) de CO_2.

Pintura

- Según los mejores conocimientos disponibles, la concentración máxima permitida, medida en partes por millón (PPM), de los siguientes metales pesados en la pintura es:
  - Bario < 0,01 %
  - Cadmio < 0,01 %
  - Cromo < 0,01 %
  - Plomo < 0,01 %

Niveles de ruido

ISO 6395:2008 (exterior) – 109 dB(A)

ISO 6396:2008 (dentro de la cabina) – 73 dB(A)

- Cuando se trabaje mucho tiempo con las puertas o ventanillas de la cabina abiertas en lugares muy ruidosos o si el puesto del operador no se ha mantenido correctamente, el operador de la máquina podría necesitar protección en los oídos.

Aceites y fluidos

- La fábrica de Caterpillar rellena con refrigerantes de etilenglicol. El refrigerante/anticongelante para motor diésel (DEAC, Diesel Engine Antifreeze/Coolant) Cat y el refrigerante de larga duración (ELC, Extended Life Coolant) Cat pueden reciclarse. Consulte a su distribuidor Cat para obtener más información.
- Cat BIO HYDO™ Advanced es un aceite hidráulico biodegradable que cuenta con la aprobación Ecolabel de la UE.
- Es posible que haya otros fluidos. Consulte el Manual de funcionamiento y mantenimiento o la Guía de aplicación e instalación para obtener recomendaciones sobre los fluidos y conocer los intervalos de mantenimiento.

Características y tecnologías

- Las siguientes características y tecnologías pueden contribuir a un ahorro de combustible o a una reducción de las emisiones de carbono. Las características pueden variar. Consulte a su distribuidor Cat para obtener más información.
  - Los sistemas hidráulicos avanzados equilibran la potencia y la eficiencia
  - El modo inteligente adapta la potencia de la máquina a las necesidades de excavación de forma automática
  - El modo eco minimiza el consumo de combustible para aplicaciones ligeras
  - Control automático del régimen del motor con reducción de la velocidad en vacío de un toque
  - Los intervalos de mantenimiento ampliados reducen el consumo de filtros y fluidos

Reciclaje

- A continuación, se indican los materiales incluidos en las máquinas con el porcentaje de peso aproximado. Debido a las variaciones de las configuraciones del producto, los valores que se muestran en la tabla podrían variar

Tipo de material	Porcentaje de peso
Acero	89,46 %
Hierro	5,97 %
Metal no ferroso	1,26 %
Metal mixto	0,08 %
Metal mixto y no metal	0,74 %
Plástico	0,11 %
Caucho	0,35 %
No metálico mixto	0,24 %
Fluido	1,27 %
Otro	0,52 %
Sin categorizar	0,00 %
Total	100 %

- Una máquina con una mayor tasa de reciclabilidad garantizará un uso más eficiente de los recursos naturales valiosos y aumentará el valor del producto al final de su vida útil. Según la norma ISO 16714:2008 (Maquinaria de movimiento de tierras – Reciclabilidad y recuperabilidad – Terminología y método de cálculo), el índice de reciclabilidad se define como el porcentaje en masa (fracción de masa en porcentaje) de la máquina nueva potencialmente reciclable, reutilizable o ambas cosas.

  Todas las piezas de la lista de materiales se evalúan primero por tipo de componente basándose en una lista de componentes definida por las normas ISO 16714:2008 y de la CEMA (Asociación de Fabricantes de Maquinaria de Construcción) de Japón. La reciclabilidad del resto de las piezas se evaluará en función del tipo de material.

  Debido a las variaciones de las configuraciones de los productos, los siguientes valores de la tabla pueden variar.

Reciclabilidad – 98 %

Anexo 3. Ficha técnica de Volquete SCANIA modelo G540

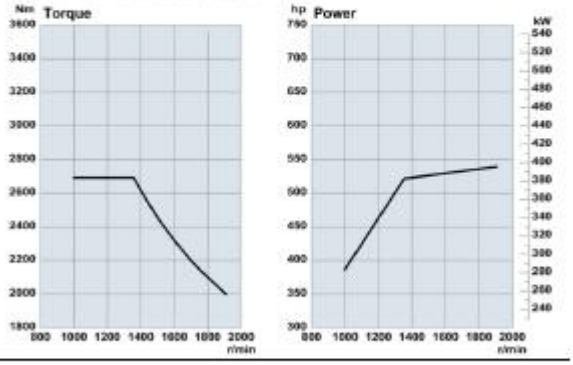
G 540 B 8x4 HZ



IMAGEN REFERENCIAL

MOTOR	
Modelo	DC13 540
Cilindrada	12.7 dm3
Potencia máxima	540 cv (397 kW) @ 1900 rpm
Par máximo	2,700Nm @ 1,000 – 1,350 rpm
Nivel de emisiones	Euro 5
Técnica de control de emisiones	SCR
Sistema de inyección	Scania XPI

DC13 172 540 Euro 5



CAJA DE CAMBIOS	
Marchas	12 + 2 adelante / 2 reversas
Sistema de cambios	Scania Opticruise
Toma de fuerza	EG653P

SUSPENSION DELANTERA	
Tipo	Muelles 5 x 27 mm
Capacidad técnica	2 x 11,000 kg

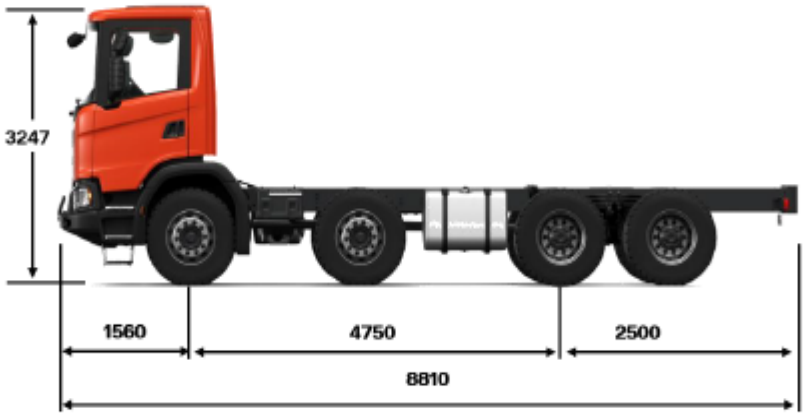
SUSPENSION POSTERIOR	
Tipo	Muelles
Capacidad técnica	38,000 kg

DIFERENCIAL	
Modelo	RBP900
Tipo	Diferencial con reducción de cubos
Relación	7,63

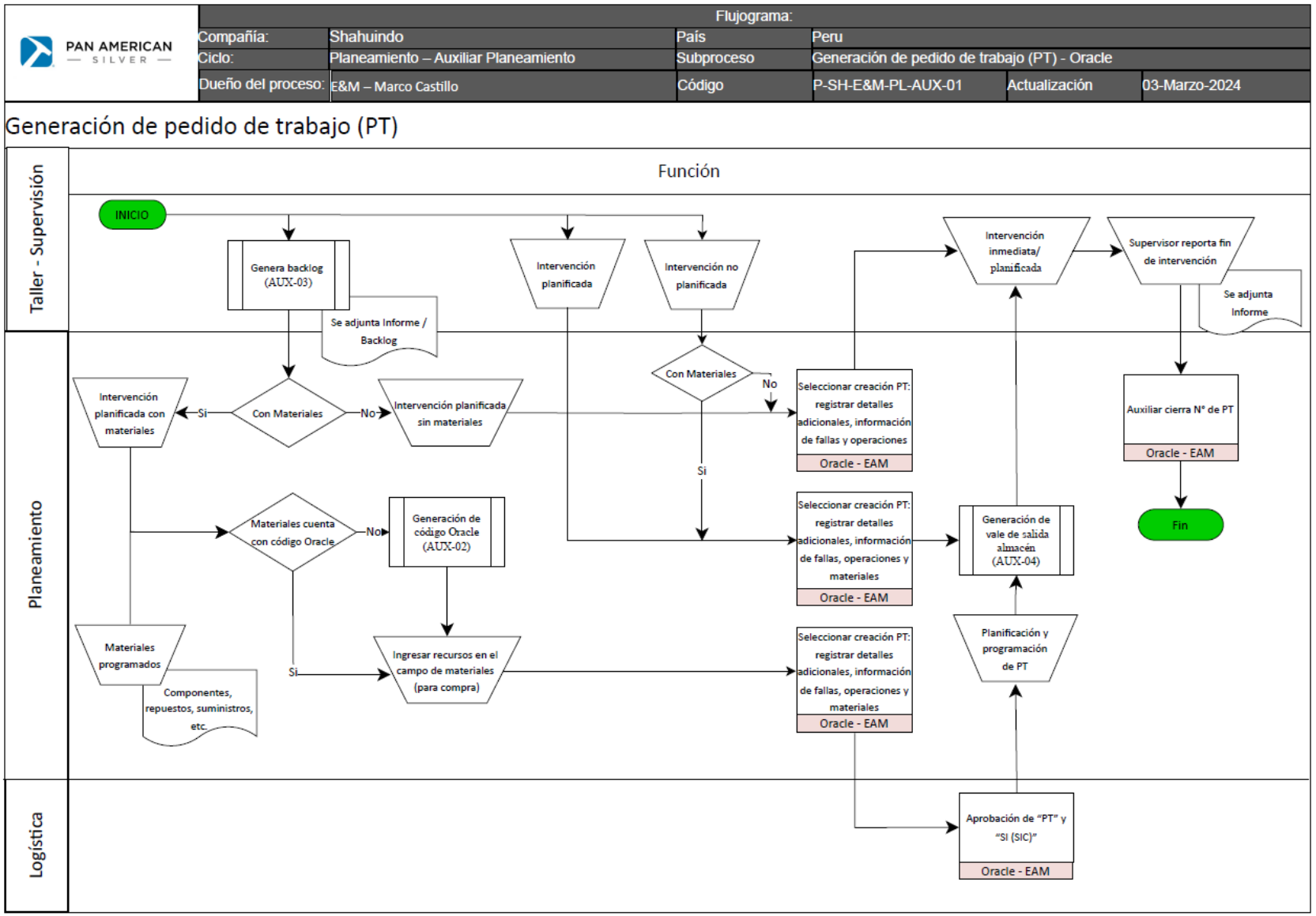
FRENOS	
Tipo	Tambor.
Control	Neumático.
Sistemas	ABS, control de tracción y Hill hold (Asistente de arranque en pendiente).
Frenos auxiliares	Freno de escape. Scania retarder R4100.

CABINA y CHASIS	
Cabina	CG14
Puesto del conductor	Cuadro de instrumentos de 4". Tacógrafo analógico. Volante ajustable.
Ventanas y espejos	Espejos de ángulo amplio. Espejo de proximidad frontal y en el lado del acompañante. Elevalunas eléctricos.
Iluminación	Faros H7. Faros neblineros. Faros en calandra. Luz de circulación de dia.
Equipamiento	Aire acondicionado. Radio con pantalla de 5". Scania Communicator. Alarma de retroceso. Cuenta horas del motor. Faros de trabajo al final del bastidor.
Tanques de combustible	1 x 400 litros.
Tanque de reductor	39 litros.

NEUMATICOS Y AROS	
Medida de neumáticos	325/95R24.
Medida de aros	8.5x24.
Material de aros	Acero.



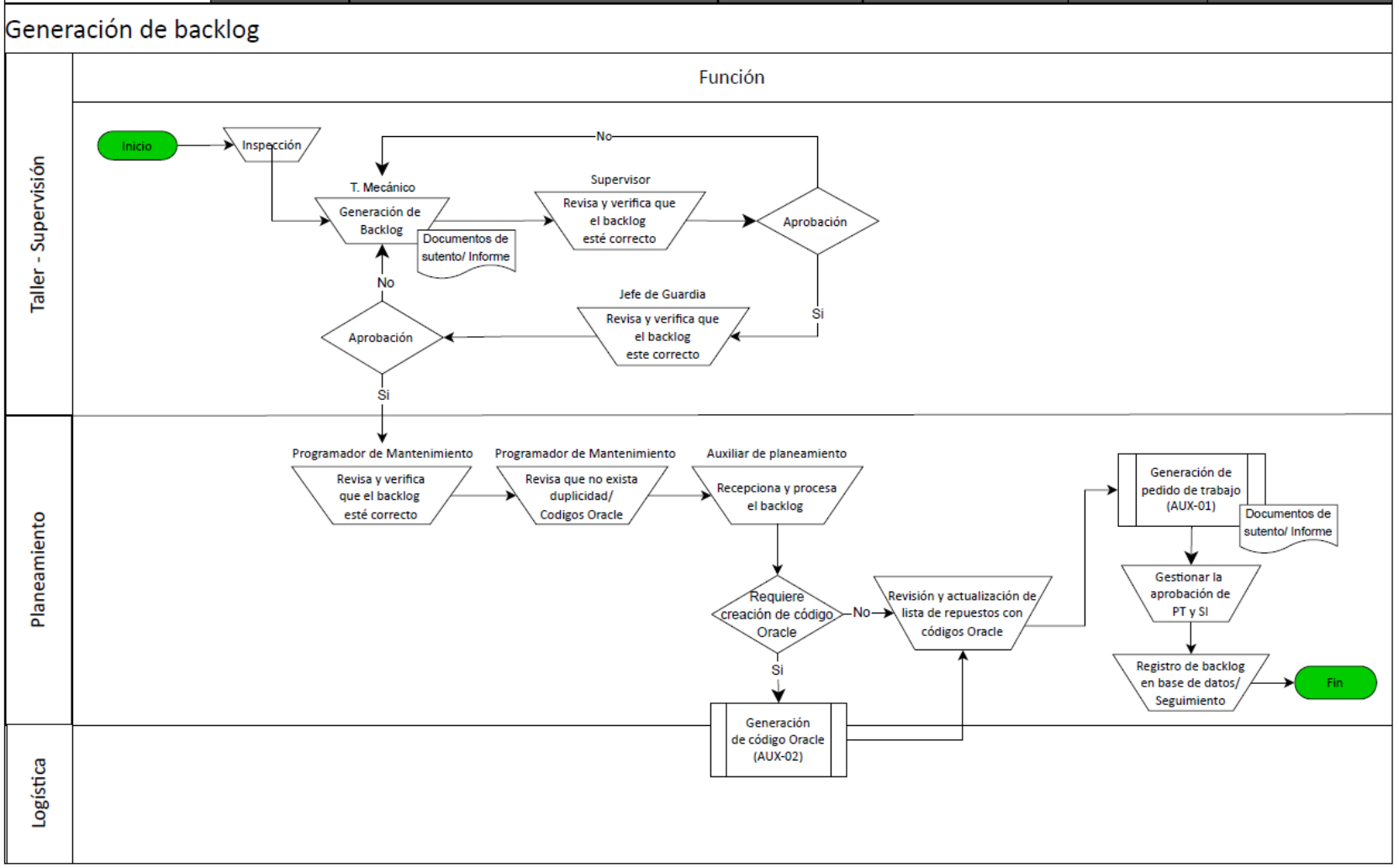
Anexo 4. Flujograma de Generación de pedido de trabajo



Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

Anexo 5. Flujograma de Generación de Backlogs de trabajo -Mantenimiento Mina

PAN AMERICAN SILVER	Flujograma:					
	Compañía:	Shahuindo	País	Peru		
	Ciclo:	Planeamiento – Auxiliar Planeamiento	Subproceso	Generación de backlog		
	Dueño del proceso:	E&M – Marco Castillo	Código	P-SH-E&M-PL-AUX-03	Actualización	05-Mar-2024

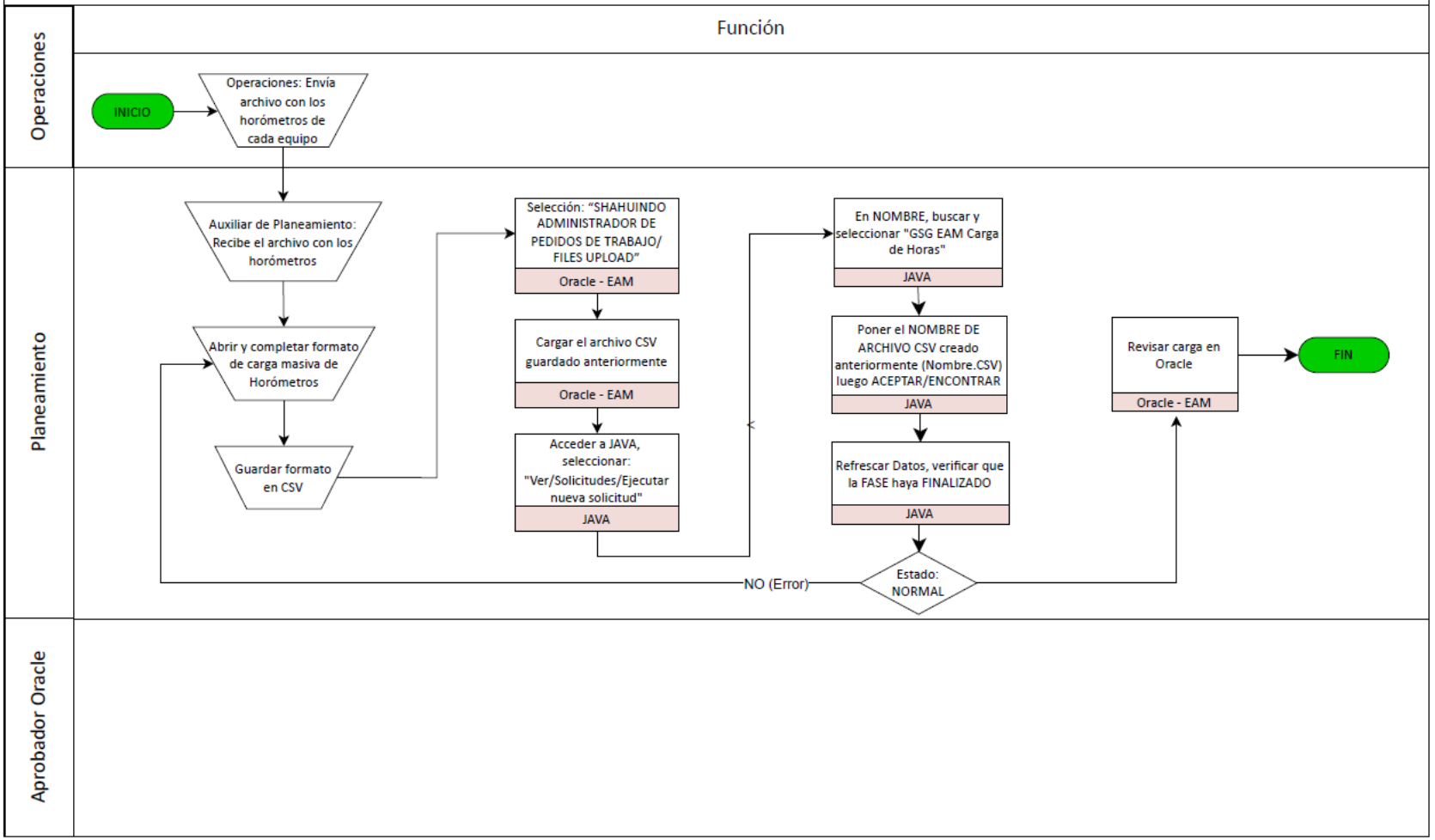


Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

Anexo 6. Flujograma de Carga masiva de Horómetros de Equipos.

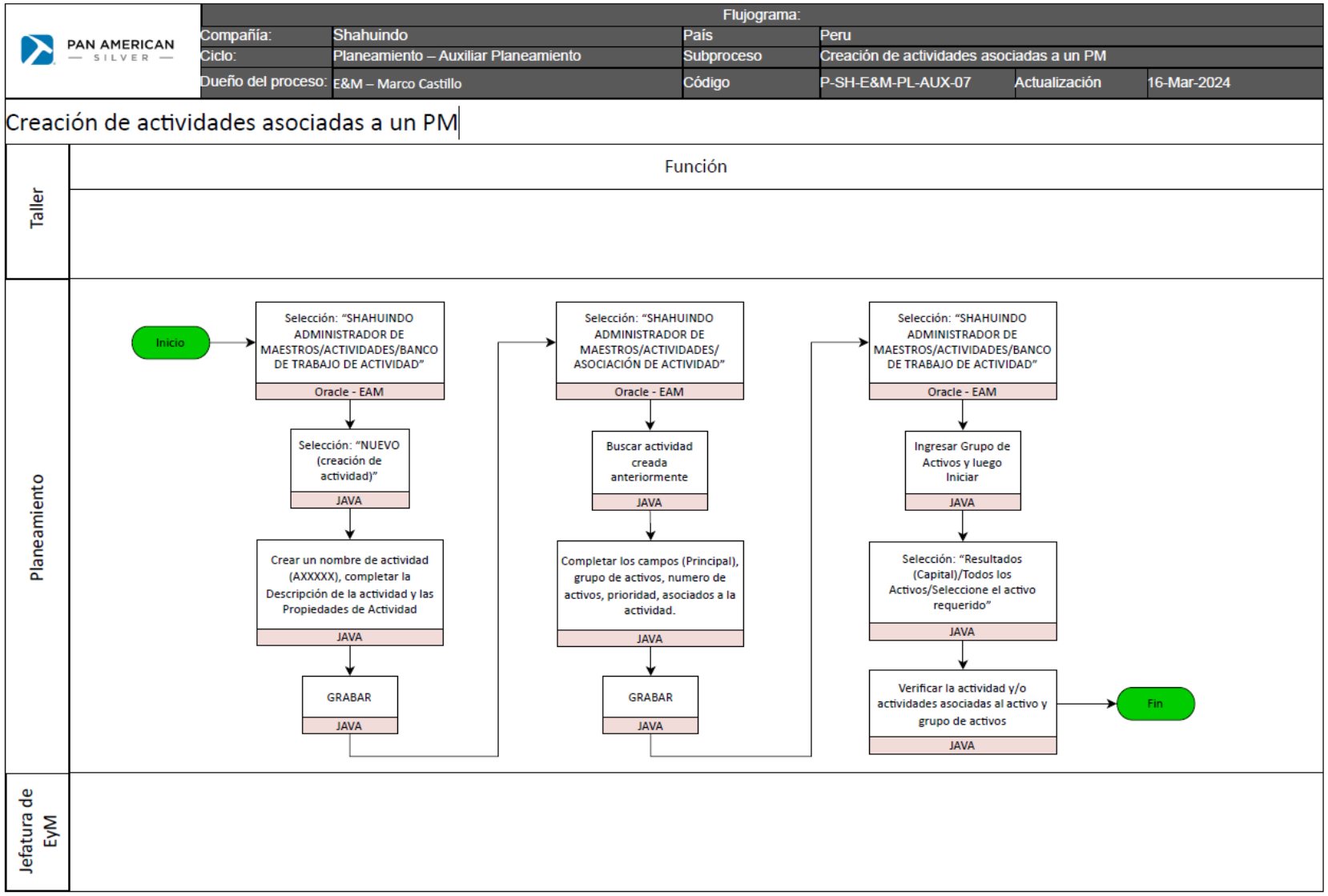
PAN AMERICAN SILVER	Flujograma:					
	Compañía:	Shahuindo	País	Peru		
	Ciclo:	Planeamiento – Auxiliar Planeamiento	Subproceso	Carga masiva de horómetros		
	Dueño del proceso:	E&M – Marco Castillo	Código	P-SH-E&M-PL-AUX-06	Actualización	17-Mar-2024

Carga masiva de Horometros



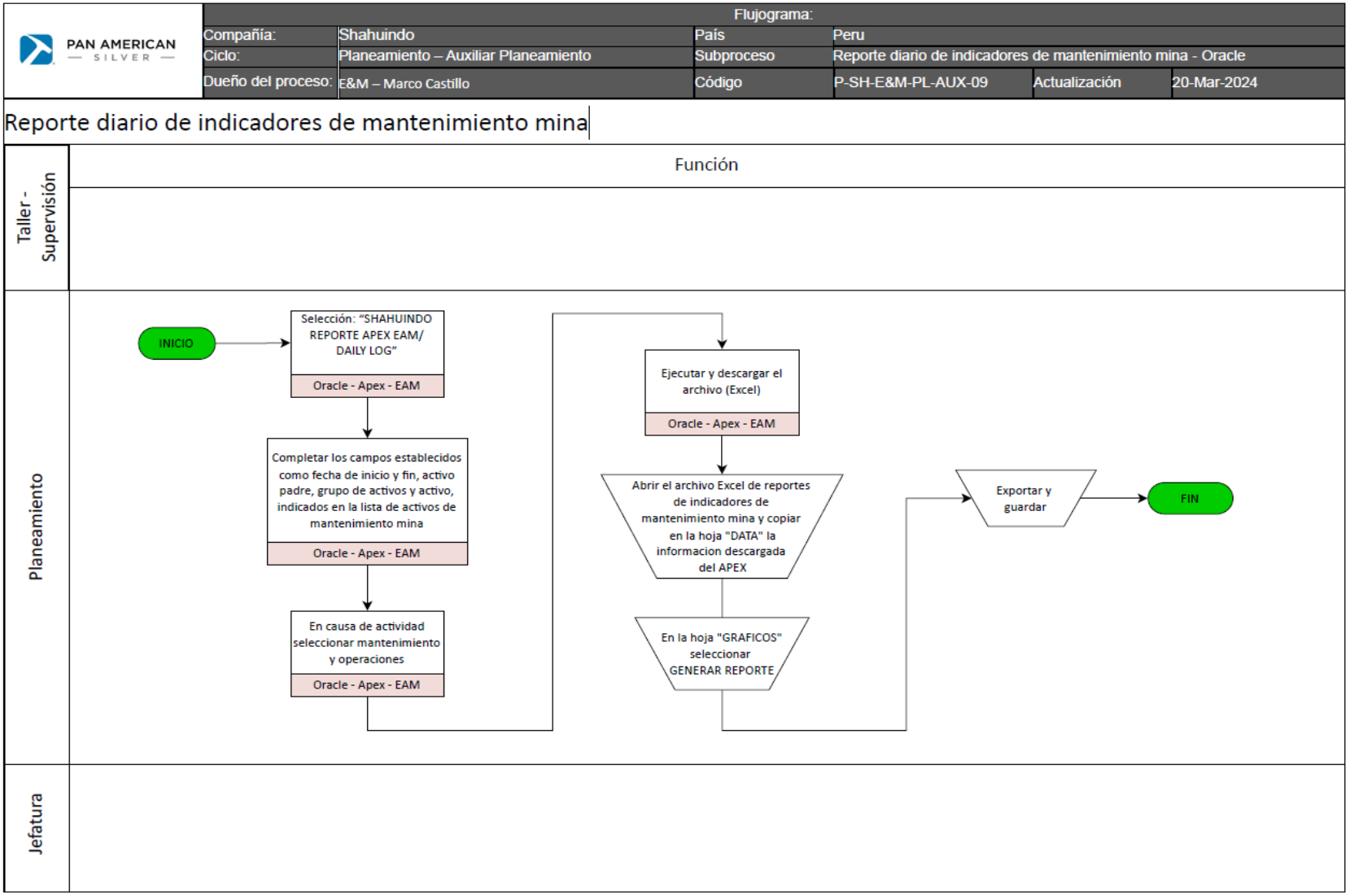
Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

Anexo 7. Flujograma de Creación de actividades asociadas a un PM



Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

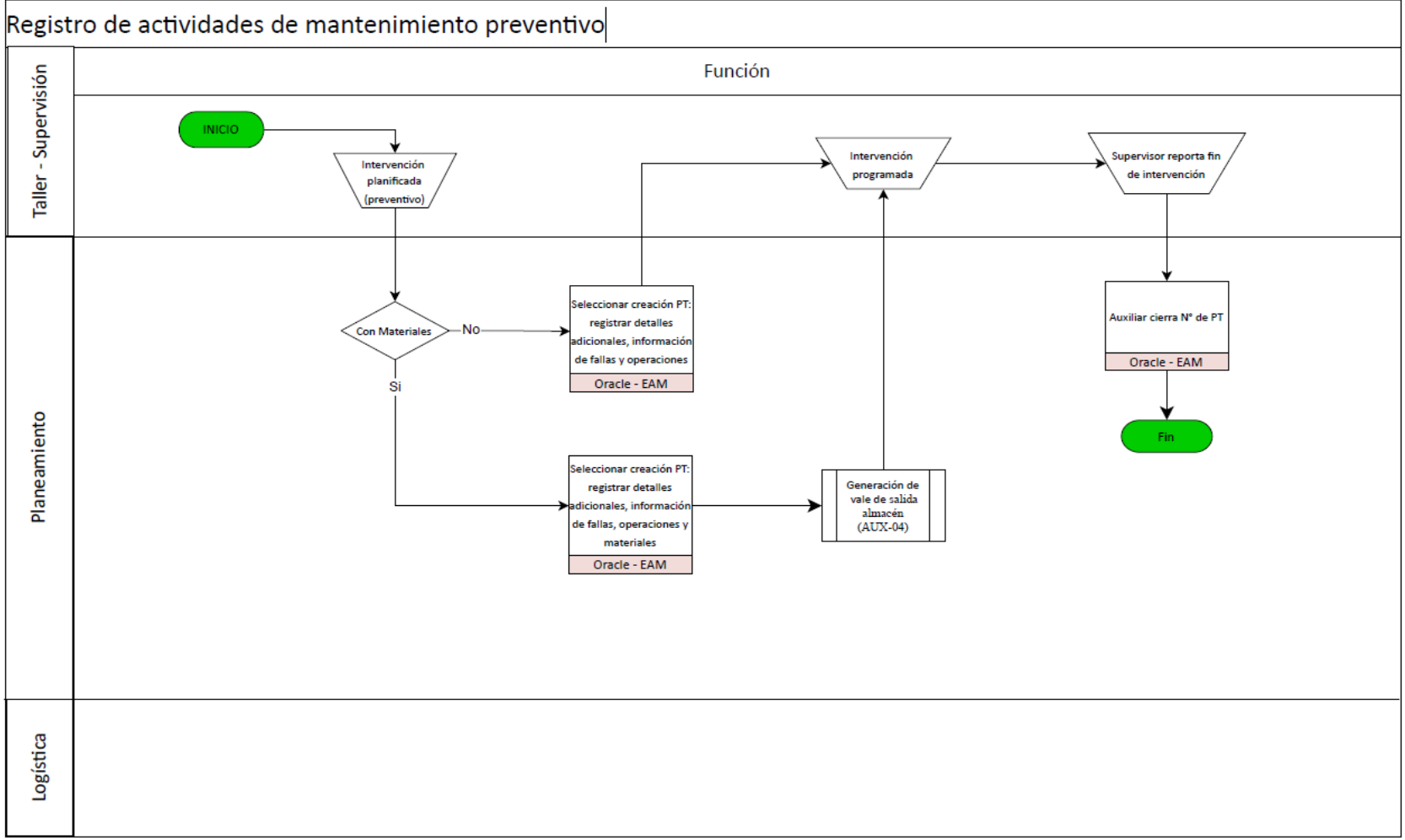
Anexo 8. Flujograma de Reporte diario de indicadores de mantenimiento mina.



Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

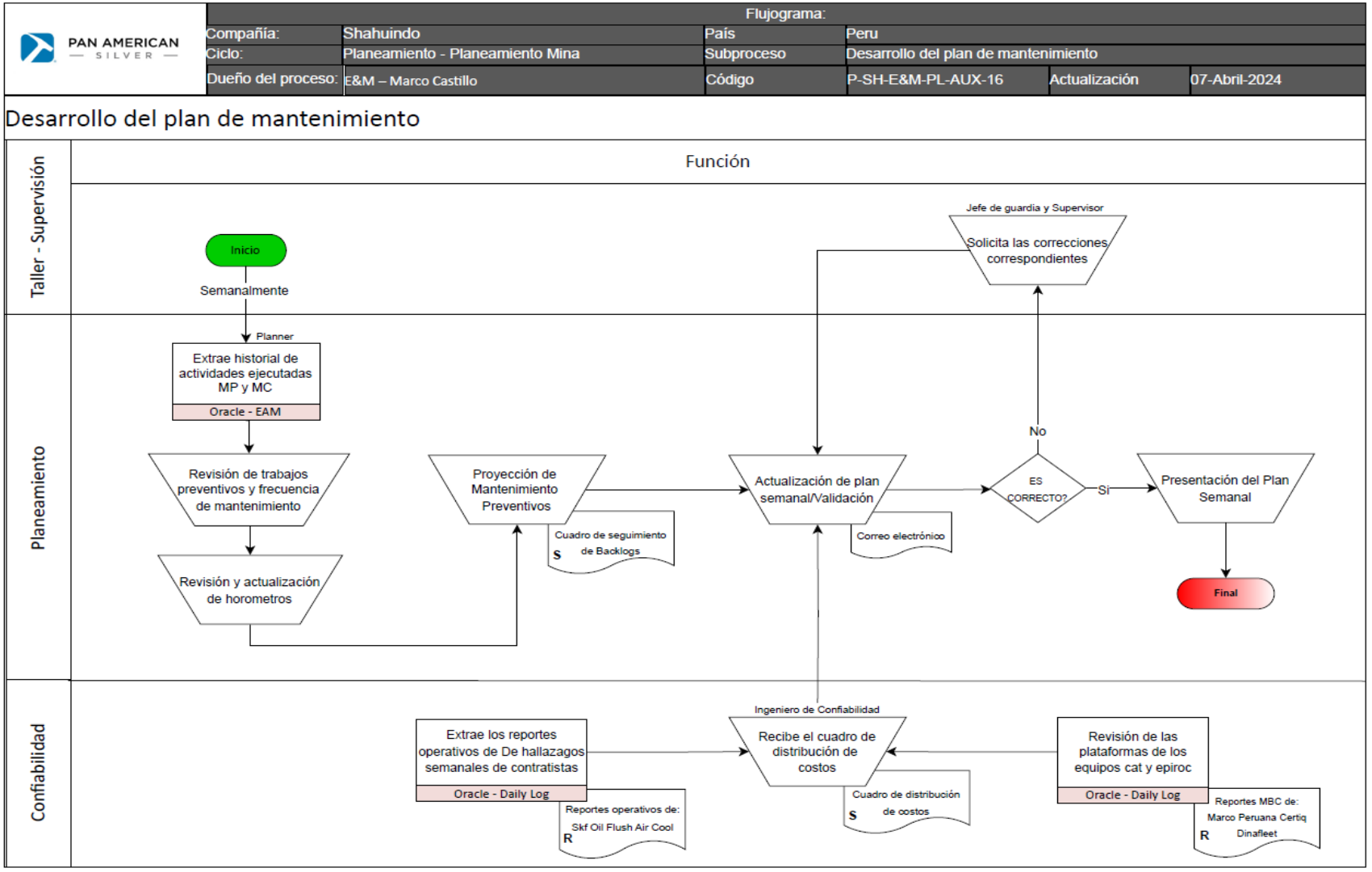
Anexo 9. Flujograma de Registro de actividades de mantenimiento preventivo

PAN AMERICAN SILVER	Flujograma:					
	Compañía:	Shahuindo	País	Peru		
	Ciclo:	Planeamiento – Auxiliar Planeamiento	Subproceso	Registro de actividades de mantenimiento preventivo - Oracle		
	Dueño del proceso:	E&M – Marco Castillo	Código	P-SH-E&M-PL-AUX-15	Actualización	07-Abril-2024



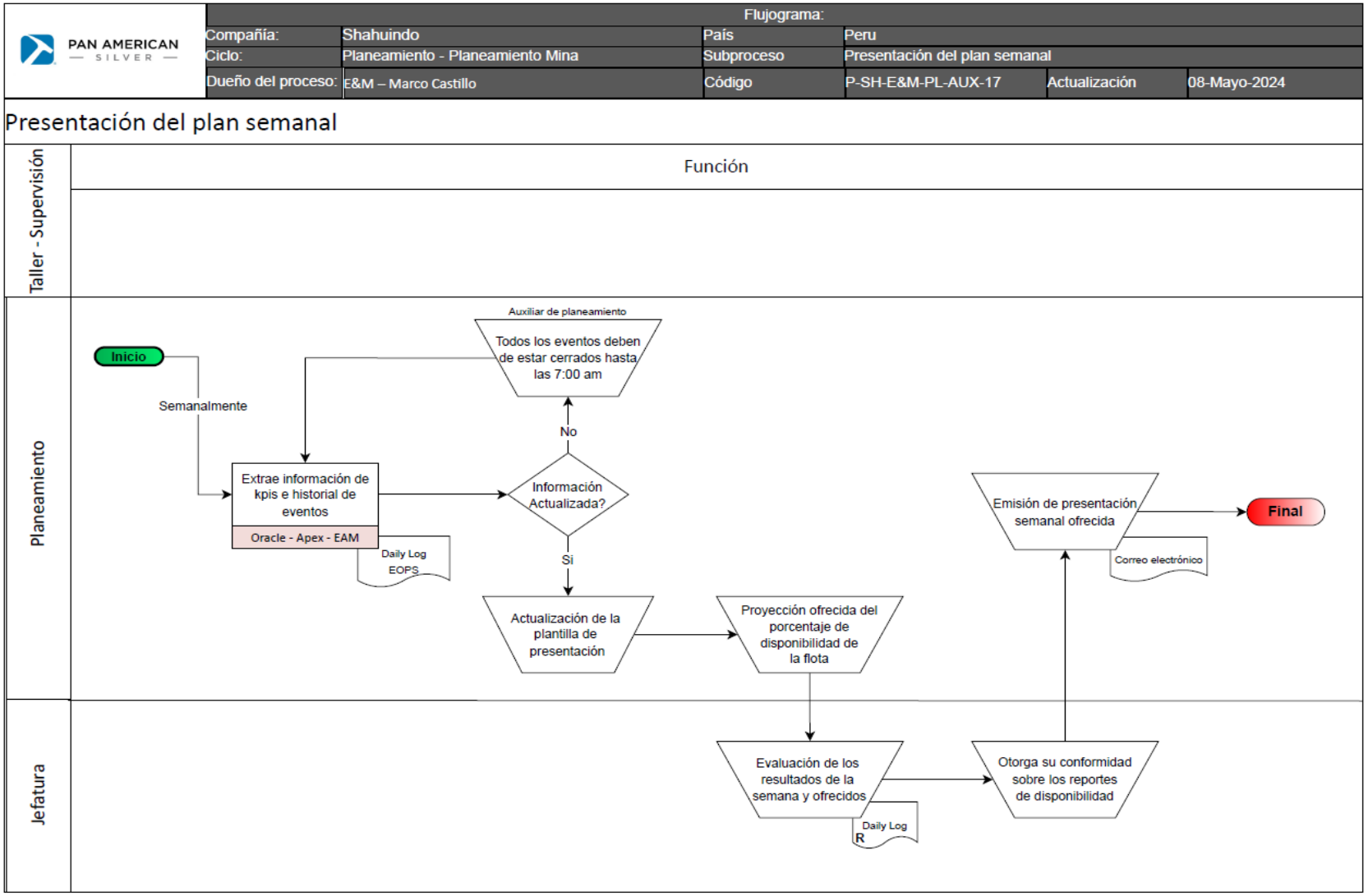
Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

Anexo 10. Flujograma de Desarrollo del plan semanal de mantenimiento de equipos



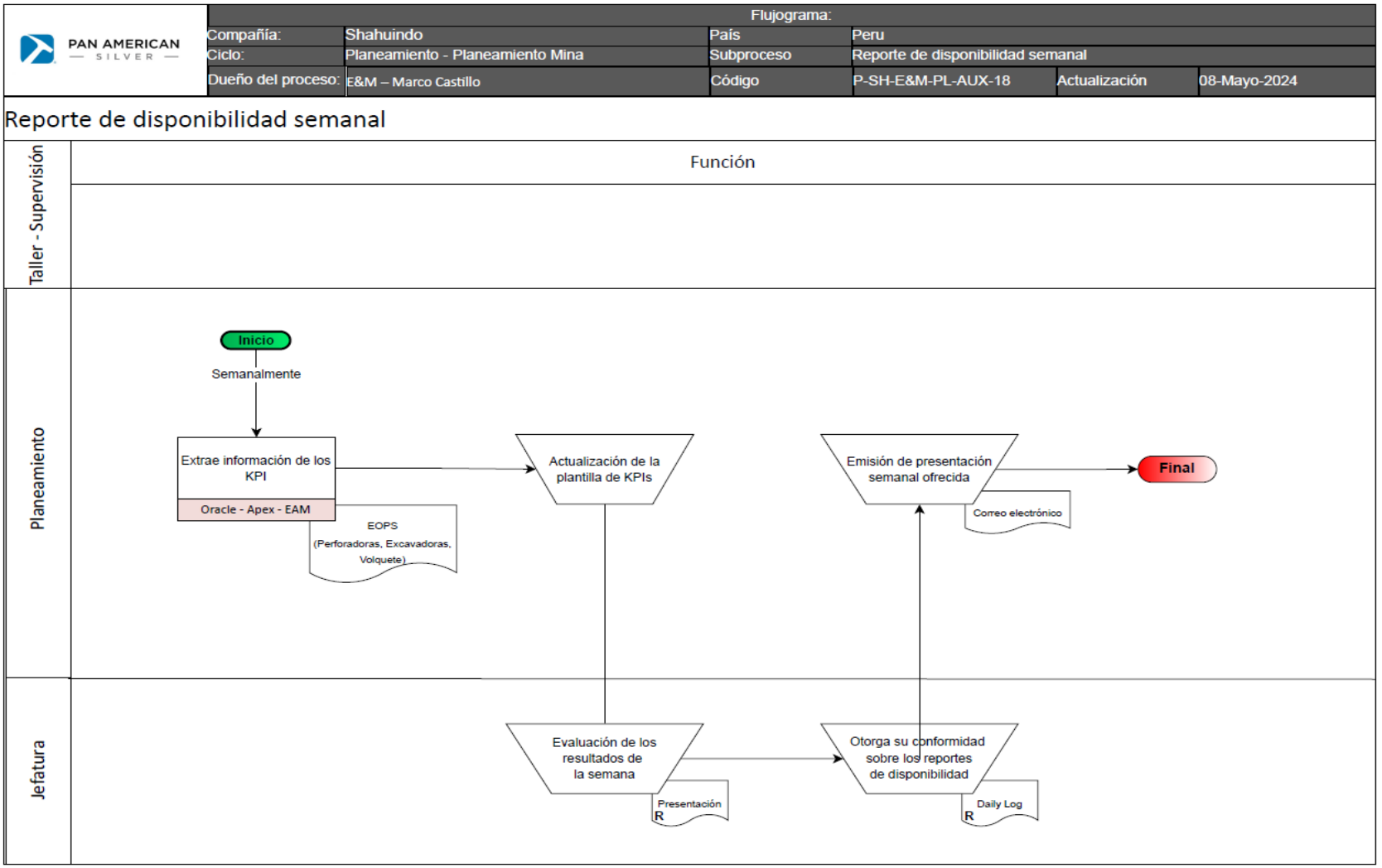
Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

Anexo 11. Flujograma de Presentación del plan semanal de mantenimiento de equipos



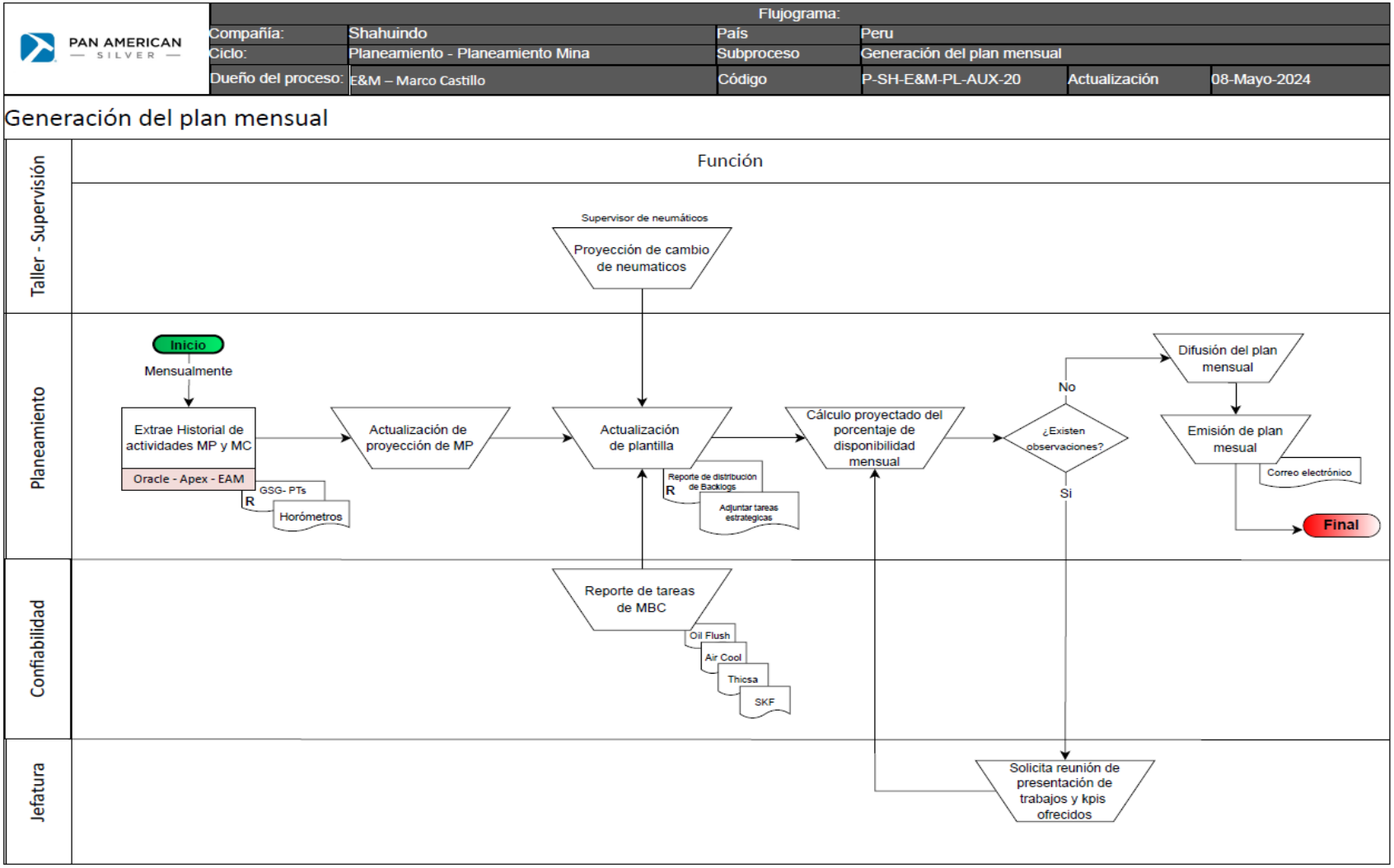
Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

Anexo 12. Flujograma de Reporte de disponibilidad semanal de equipos.



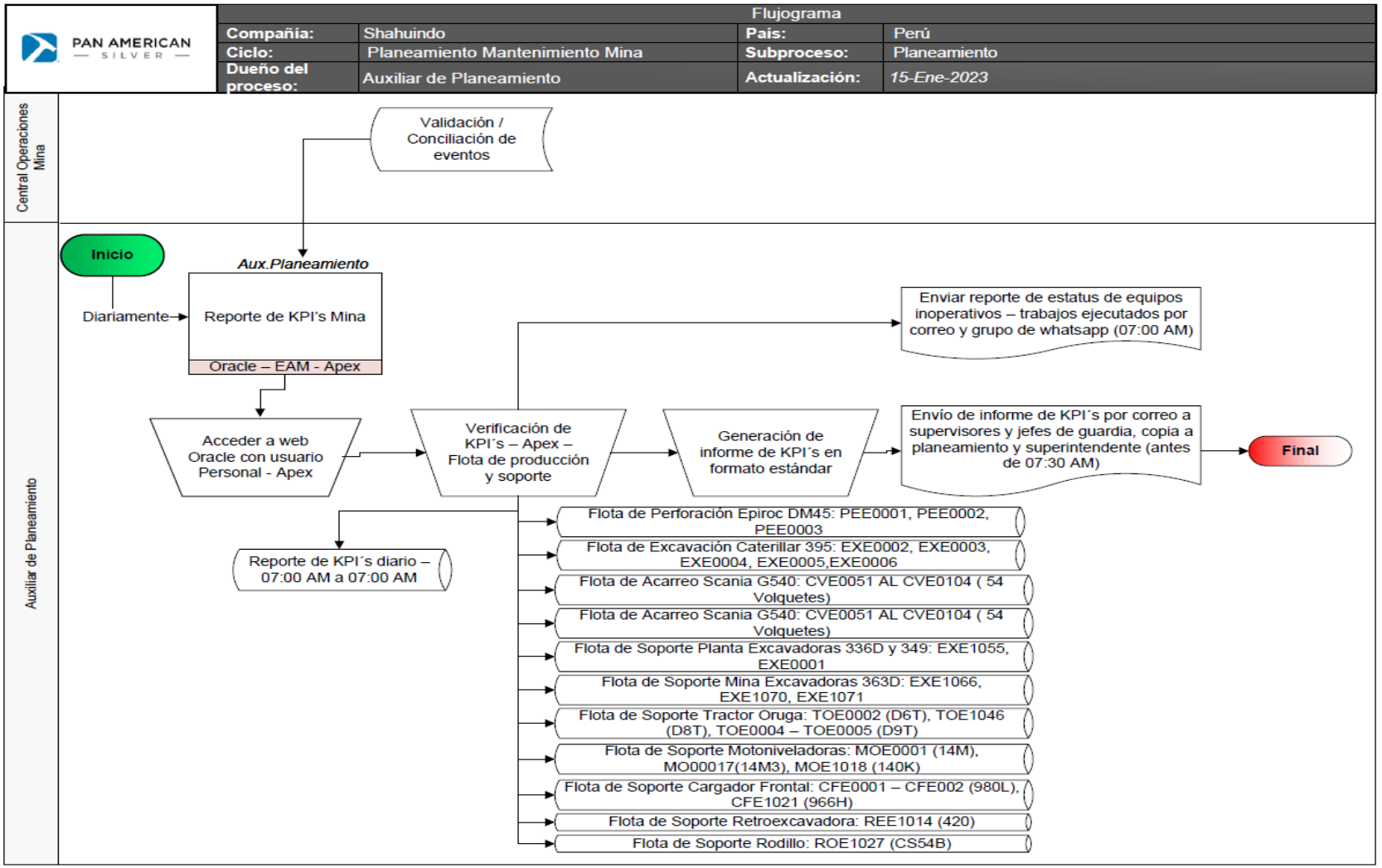
Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

Anexo 13. Flujograma de Generación del plan mensual de equipos.



Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

Anexo 14. Flujograma de Reporte de indicadores KPIs de Mantenimiento



Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

Anexo 15. Objetivos inmediatos 2024 - Mantenimiento Mina

SHAHUINDO	OBJETIVOS ESTRATÉGICOS - MANTENIMIENTO MINA	Version 03

OBJETIVO		N°	INDICADOR	META	Frecuencia
Planificación y confiabilidad.	Asegurar la confiabilidad en los activos.	1	Equipos con MTBF > 40 hr Perforadoras y 58 hr Excavadoras	**40Hr y 58Hr**	Mensual
	Asegurar que las actividades de mantenimiento sean planificadas y programadas.	2	Relación entre actividades planificadas VS BreakDown 60/40	**60/40**	Semanal
	Presicion de servicio	3	Programar actividades dentro del umbral de tiempo mas menos +-10%	**90%**	Mensual
	Auditar proceso de mantenimiento (ejecucion de PMs, correctivoss, otros)	4	Auditar ejecucion de 05 actividades planificadas	**100%**	Mensual
	Asegurar la confiabilidad de componentes	5	0 eventos catastroficos derivado de MC	**0%**	Mensual
	Control eficiencia de tendencias de desgaste-componentes	6	% de condicion de resultados SOS normal/Seguimiento/Critico (66/30/4)	**(66/30/4) dias**	Semanal
	Enviar reportes e informes diarios, semanales y mensuales.	12	Índice de cumplimiento de envío de información	**100%**	Mensual
Gestión de recursos	Asegurar los suministros para PMs (Filtros , aceite, otros)	7	N° de eventos por desabastecimiento	**0%**	Mensual
	Gestionar recursos para un menor tiempo de reparación	8	Equipos con MTTR entre (3 y 6 Horas)	**90%**	Semanal
	Mantener identificado el costo de sctock de repuestos en almacen	9	Emitir reporte mensual de costo de stock	**100%**	Mensual
	Mantener la menor cantidad de tiempo stock inmovilizado en almacén.(BL)	10	Indice de rotacion de stock <90 dias.	**<90 dias**	Mensual
		11	Ejecucion de BL < 30días	**100%**	Mensual
Mantenimiento Mina Taller	Cumplimiento diario de trabajos programados	13	Cumplir con el 90% de los trabajos programados	**>90%**	Diario
	Asegurar la confiabilidad de las actividades de mantenimiento.	14	Equipos con MTBF despues de PM >85 Hr	**85 Hr**	Semanal
	Entregar informacion confiable en reporte de OT	15	Índice de calidad de OT mayor de > 90%.	**100%**	Diario
	Asegurar que la duracion de la ejecucion del mantenimiento planificado tenga una desviacion de +- 5%	16	Desviacion de +- 5% en la duracion de la ejecucion de actividad programada	**90%**	Diario
	Cumplir con la ejecucion de las herramientas de Gestion	17	Generacion mensual de 2 REPRIS (01 Acto + 01 Condicion)	**100%**	Mensual
		18	Auditar la calidad de la elaboracion de 05 IPERC continuos (Mensual)	**100%**	Mensual
Generales	Compromiso de seguridad con nuestros colaboradores	19	Participacion diaria en charla de inicio de guardia	**100%**	Diario
	Asegurar que las consecuencias SySO derivadas de las actividades de mantenimiento no planificado deberán ser las previstas y asumidas.	20	Índice de eventos SySO por falla de equipo.	**0%**	Mensual

Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

Anexo 16. Etapas de la Planificación de Mantenimiento

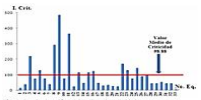
PASO Nº 1: Inventario del equipo

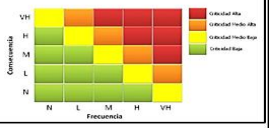
1. Tipo de equipo.
2. Descripción.
3. Fabricante.
4. Costos.
5. Vida útil.
6. Actualizaciones o cambios efectuados.
7. Referencia a lista de repuestos y a los planos (Montaje o fabricación).
8. Referencia a manuales.



Paso N°2 Asignar prioridad

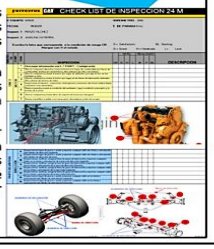
- Es importante establecer un sistema de criticidad de equipos por las siguientes razones:
- Se deben orientar las acciones de MP a equipos de vital importancia dentro de la empresa.
- Sirve para decidir el orden de ejecución de las actividades de MP.
- Resalta la importancia de un equipo sobre otro en función a una serie de factores que dan mayor o menor criticidad a los equipos en una misma línea o en líneas diferentes.





PASO Nº 3: Hacer lista de verificación de MP

- Es importante empezar a desarrollar listas de verificación Check List, tanto sensoriales como instrumentales por las siguientes razones:
- En pasos anteriores ya ha existido un desgaste de tiempo que si bien es cierto es fundamental y básico, en la realidad no ha entregado ningún resultado tangible.
- Es fundamental empezar a hacer mantenimiento y las listas de verificación van a permitir detectar problemas en los equipos y generar requerimientos de mantenimiento los cuales deberán ser atendidos (planificarlos y programarlos).



PASO Nº 4: Desarrollar OT de mantenimiento

- Las listas de verificación van a comenzar a generar trabajos de reparación los cuales deben de ser planificados y programados por lo que hay que generar un documento con las siguientes características principales:
- Nombre de la actividad y equipo que requiere servicio.
- Prioridad.
- Descripción breve del trabajo a realizar.
- Mano de obra necesaria.
- Tiempo de ejecución.
- Repuestos y materiales en general a emplear.
- Herramientas necesarias.
- Indicaciones de seguridad y calidad.
- Retro alimentación.

PASO Nº 5: Elaborar hoja de ruta del MP

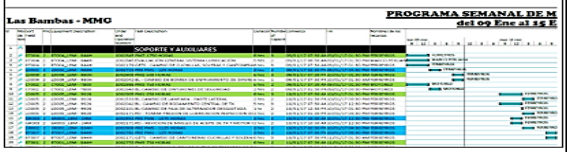
- Realizar la lista de actividades de mantenimiento por cada equipo de las diferentes tareas de conservación, inspección y reparación que se pueden planificar en el tiempo. Cada lista debe contener lo siguiente:

1.¿Dónde se va a realizar el servicio (que parte del equipo)?
2.¿Qué se necesita para realizar el servicio?
3.¿Porqué se realiza el servicio?
4.Frecuencia de ejecución del servicio
5.Tiempo de ejecución del servicio
6.¿Quién realiza la tarea?



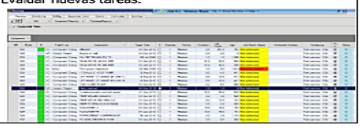
PASO N°6: Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo

- Teniendo la lista de actividades de mantenimiento por maquina debidamente identificadas y planificadas, hay que realizar un programa de ejecución el cual puede ser semanal, mensual e incluso anual.



PASO Nº 7: Mantener una historial de mantenimiento de equipos.

- Evaluar el rendimiento a través del tiempo.
- Detectar fallas repetitivas.
- Determinar el costo anual total de mantenimiento (Preventivo, correctivo y predictivo).
- Determinar la efectividad de sus programas de MP.
- ROI = Retorno de la inversión
  = (Ingresos – Gastos)/Gastos X 100
- Ajustar esfuerzos de MP. Evaluar nuevas tareas.
- Mejoras continuas.



PASO Nº 8: Desarrollo de un sistema de informes de MP

- Cumplimiento del MP (Trabajos programados Vs. Trabajos realizados)
- Costos de Mantenimiento Correctivo, Preventivo y Predictivo Vs. Presupuesto Anual.
- Seguimiento al MTBF y al MTTR.
- Disponibilidad inherente.
- Productividad del personal:
  (Horas Trabajadas-Horas Planificadas)/Horas Planificadas.



PASO Nº 9: Organización del MP

- Se deben de tener las siguientes consideraciones:
- Calcular el total de horas planeadas de MP para todos los equipos.
- Agregar el tiempo de traslado y las tolerancias.
- Dividir el total entre sus horas de trabajo anual.
- El resultado será la dotación de personal planificado de MP.
- Agregar un supervisor de MP, si el tamaño del grupo así lo requiere (>10).
- Agregar un Planificador/Programador de ser necesario.



PASO Nº 10: Implementar herramientas tecnológicas.

✓Apps para el registro de fallas.
✓Código QR para el inventario de equipos y el uso de la "nube".
✓Software adaptable, elaborado por el equipo del mantenimiento (Visual Basic, Macros, etc.)
✓Utilización del GPS y telemetría.



Anexo 17: Formato de backlog – Energía y Mantenimiento -Shahuindo

FORMATO DE BACKLOG E&M

Versión: 02-24

PAN AMERICAN SILVER

BACKLOG DE REPUESTO	X	BACKLOG DE TRABAJO		EMPRESA:	Titular: x Contratista : SHAHUINDO

DATOS DEL EQUIPO

CÓDIGO DE EQUIPO	HORÓMETRO / KILOMETRAJE	N° BACKLOG (Correlativo)	FECHA DE GENERACIÓN de BACKLOG	N° DE PT / OC
EX-E0003				

MODELO DE EQUIPO: EXCAVADORA 395

PRIORIDAD / Criticidad		RESPONSABILIDAD		PROGRAMACIÓN	
[ ] EMERGENCIA (inmediato)/ Falla	[ ] NORMAL (30 DIAS) / Baja	[ ] GARANTÍA		[x] PRÓXIMO PM	[ ] EN SERIE
[x] ALTA (7 días) / Crítico	[ ] OTROS	[x] EQUIPO		[ ] PRE PM	[x] PARALELO
[ ] MEDIA (15 días)/Medio		[ ] USUARIO / DAÑO OPERACIÓN		[ ] URGENTE / CORRECTIVO	[ ] VENTANA / OPORTUNIDAD

DATOS DE LA ACTIVIDAD

Código de Falla	SÍNTOMA (QUE ?)	CAUSA Probable
F05 - Desgastado	Asiento de Operador con desgaste, provocando exceso de vibración	PC32 - Desgaste

Código de Componente	Código Modificador
7312 - ASIENTOS	UNI - unico

Código de Reparación	ACTIVIDAD A REALIZAR
JC01 - Reemplazar con Nuevo	CAMBIO DE ASEINTO DE OPERADOR

DATOS DE LOS RECURSOS

TIEMPO ESTIMADO / LUGAR		RECURSO HUMANO / CANTIDAD		EQUIPOS SOPORTE	
1	[ ] CAMPO	[2] MECÁNICO	[ ] GRUERO	[ ] GRÚA / Telehandler	[ ] LUMINARIA
[x] Hrs [ ] Día	[x] TALLER	[ ] ELECTRICISTA	[ ] RIGGER	[ ] MÁQUINA DE SOLDAR	[ ] MONTACARGA / MANIPULADOR
	[ ] FUERA DE MINA	[ ] SOLDADOR		[ ] COMPRESORA	[x] HERRAMIENTAS / OTROS ESCALERA

SOLICITUD DE REPUESTOS Y/O PARTES

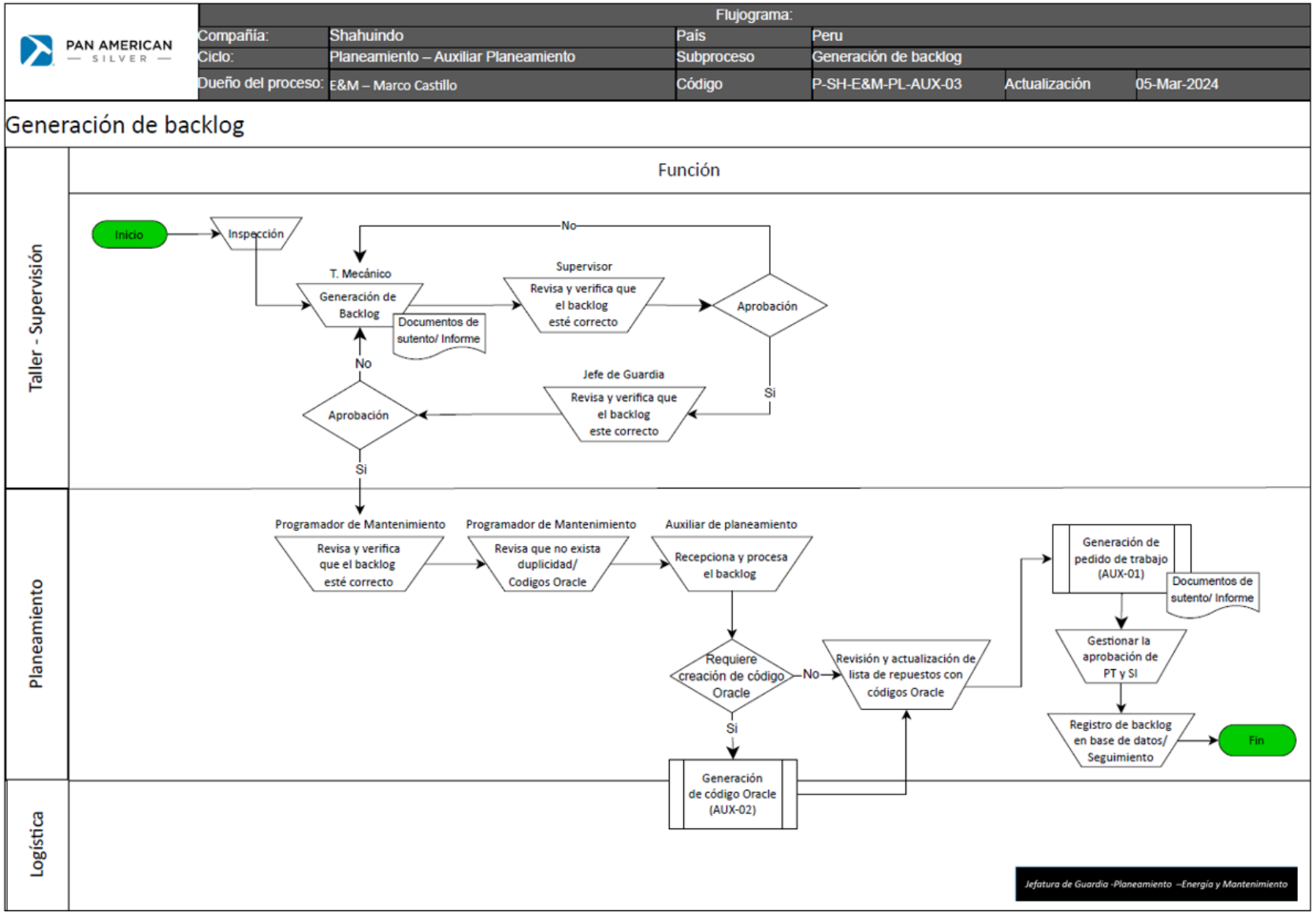
ÍTEM	CÓDIGO ORACLE	MARCA DE REPUESTO	# DE PARTE DEL FABRICANTE	DESCRIPCIÓN SEGÚN CATALOGO	UNIDAD	CANTIDAD	STOCK	PEDIDO
1		CAT	191-2933	SUSPENSION G	PZA	1		
2		CAT	490-5976	SEAT GP	PZA	1		
3		CAT	6V-4248	BOLT	PZA	2		
4		CAT	8T-4121	WASHER-HARD	PZA	2		
5		CAT	173-7035	BLOCK KIT-SL	PZA	1		
6		CAT	384-8730	ARMREST GP	PZA	1		
7		CAT	498-4463	KIT	PZA	1		
8								
9								

APROBACIONES

ELABORADO : GUARDIA	LÍDER / TECNICO	REVISADO POR: SUPERVISOR	APROBADO JEFE DE GUARDIA	RECEPCIONADO / ELABORADO: ASISTENTE PLANEAMIENTO / PLANIFICADOR
	Nombre :	Nombre : JEDWIN JULCAMORO	Nombre : BRANDON MANTILLA	Nombre :
			Firma :	Firma :
FECHA:	23/10/2024	FECHA: 23/10/2024	FECHA: 23/10/2024	FECHA: N° DE SIC

Obtenida de: Formato extraído de E&M - Shahuindo

Anexo 18. Flujograma Generación de backlog



Obtenida de: Elaboración propia

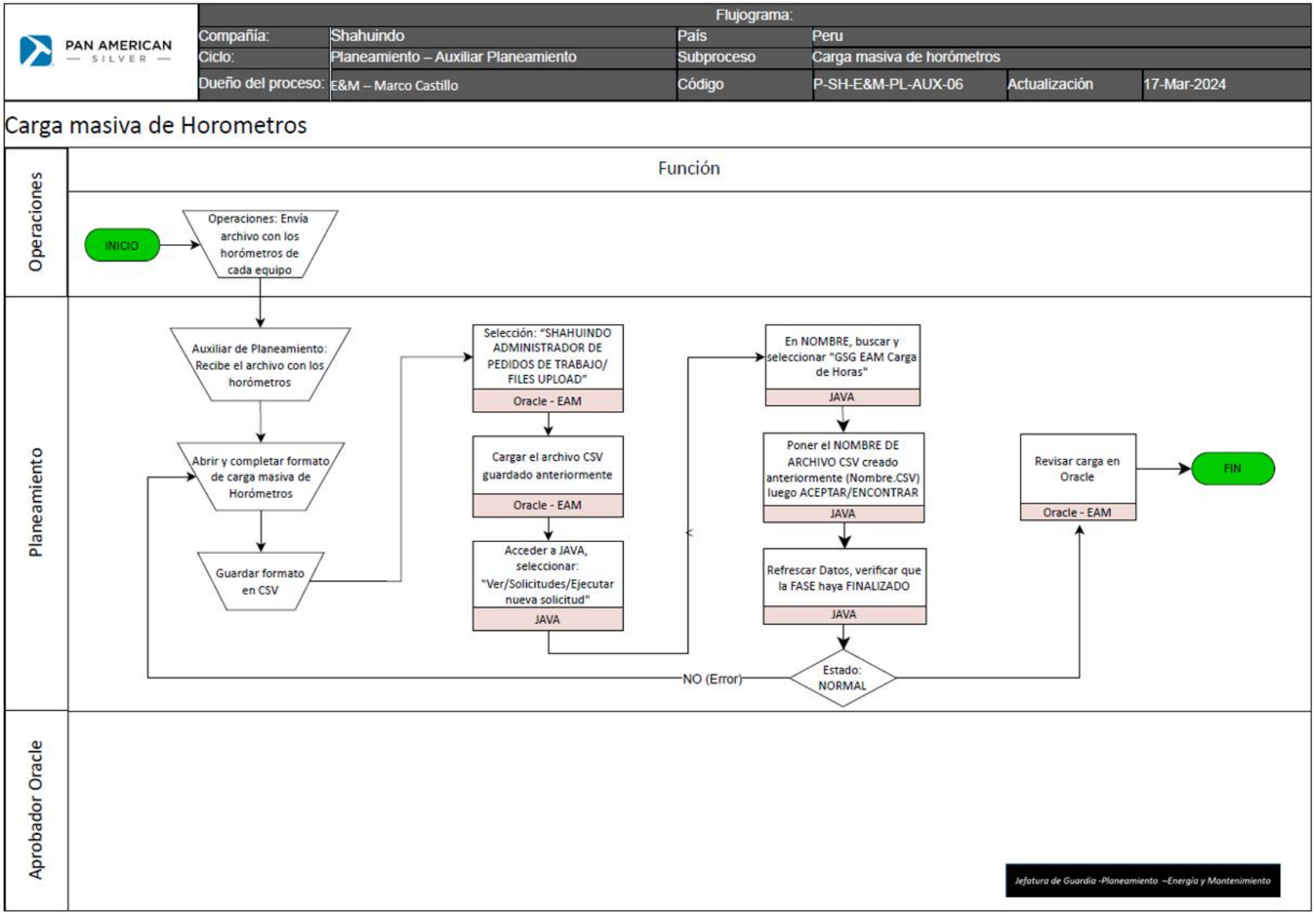
Anexo 19. PCR de Componentes de flota principal

RESUMEN DE COMPONENTES - EQUIPOS SHAHUINDO — PAN AMERICAN SILVER PERÚ — 23/04/2024

ITEM	EQUIPO	HOROMETRO ACTUAL EQUIPO	TASA DE USO DIARIO		SUB SISTEMA	COMPONENTE	CANT.	LADO	N/P	Cod. Oracle	PCR	COSTO NUEVO	Días faltantes	Horas Faltantes	Fecha de cambio	PT del Backlog	DETALLE
						COMPONENTES MENORES											
ITEM	EQUIPO	HOROMETRO	TASA DE USO		Grupo	COMPONENTE	CANT.	LADO	N/P	Cod. Oracle	PCR	COSTO NUEVO	Días faltantes	Horas Faltantes	Fecha de cambio	PT del Backlog	DETALLE
1	EXE0003	5,613	16	545-6766	TURBOCHARGER GP	Empaquetadura De Turbocompresor	1	0	357-1752	10004913	8,000	$ 61	207	FALTAN 3319 HORAS	16/11/2024	Cambio de Turbocompresor por PCR	Comprar
2	EXE0003	5,613	16	545-6766	TURBOCHARGER GP	Contratuerca De Brida (M10X1.5-THD)	4	0	375-2467	10006384	8,000	$ 20	207	FALTAN 3319 HORAS	16/11/2024	Cambio de Turbocompresor por PCR	Comprar
3	EXE0003	5,613	16	545-6766	TURBOCHARGER GP	**Grupo De Turbocompresor**	1	0	544-1228	10056437	8,000	$ 10,871	207	FALTAN 3319 HORAS	16/11/2024	Cambio de Turbocompresor por PCR	Comprar
4	EXE0003	5,613	16	417-5578	SUPPORT GP-ENGINE	Conjunto De Ménsula De Apoyo	1	0	426-2729	10065588	8,000	$ 329	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Soporte de Motor por PCR	No Comprar
5	EXE0003	5,613	16	417-5578	SUPPORT GP-ENGINE	Tuerca De Soldar (M10X1.5-THD)	1	0	8T-3490	10046699	8,000	$ 3	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Soporte de Motor por PCR	No Comprar
6	EXE0003	5,613	16	417-5578	SUPPORT GP-ENGINE	Perno (3/8-16X1.625-IN)	2	0	2A-4639	10002279	8,000	$ 2	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Soporte de Motor por PCR	No Comprar
7	EXE0003	5,613	16	417-5578	SUPPORT GP-ENGINE	Arandela Dura (10.2X22.5X3-MM Thk)	2	0	9X-6458	10011887	8,000	$ 2	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Soporte de Motor por PCR	No Comprar
8	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Montaje Flexible	4	0	147-6982	10055702	8,000	$ 728	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
9	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Montaje Flexible	4	0	147-6983	10055703	8,000	$ 749	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
10	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Montaje	4	0	511-8260	10060802	8,000	$ 558	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
11	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Arandela Dura (17X32X3.5-MM Thk)	8	0	8T-4122	10011849	8,000	$ 17	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
12	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Arandela (26X144X12-MM Thk)	6	0	8Y-7119	10011870	8,000	$ 683	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
13	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Arandela Dura (26X44X4-MM Thk)	6	0	451-2177	10020040	8,000	$ 18	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
14	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Perno (M16X2X70-MM)	8	0	453-2838	10061032	8,000	$ 45	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
15	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Conjunto De Soporte	6	0	139-8873	10035884	8,000	$ 678	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
16	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Tuerca (M24X3-THD)	1	0	451-2185	10052411	8,000	$ 6	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
17	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Perno (M24X3X160-MM)	6	0	447-1721	10035885	8,000	$ 172	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
18	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Arandela Dura (26X50X8-MM Thk)	6	0	451-2188	10035886	8,000	$ 49	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
19	EXE0003	5,613	16	544-4551	MOUNTING GP-ENGINE	Soporte Trasero	2	0	548-0223	10061033	8,000	$ 1,756	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bases de soporte de Motor por PCR	No Comprar
20	EXE0003	5,613	16	540-0881	MOUNTING GP-ALTERNATOR & COMPR	**Grupo De Compresor De Refrigerante**	1	0	567-5159	10056440	8,000	$ 1,278	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de compresor de A/C por PCR	Comprar
21	EXE0003	5,613	16	540-0881	MOUNTING GP-ALTERNATOR & COMPR	Perno (3/8-16X4.75-IN)	2	0	1A-5183	10047686	8,000	$ 9	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de compresor de A/C por PCR	Comprar
22	EXE0003	5,613	16	540-0881	MOUNTING GP-ALTERNATOR & COMPR	Tensor De Correa	1	0	220-1209	10056358	8,000	$ 417	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de compresor de A/C por PCR	Comprar
23	EXE0003	5,613	16	540-0881	MOUNTING GP-ALTERNATOR & COMPR	Tapa	2	0	243-2310	10016701	8,000	$ 8	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de compresor de A/C por PCR	Comprar
24	EXE0003	5,613	16	540-0881	MOUNTING GP-ALTERNATOR & COMPR	Conjunto De Rueda Loca	1	0	333-1207	10005504	8,000	$ 257	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de compresor de A/C por PCR	Comprar
25	EXE0003	5,613	16	540-0881	MOUNTING GP-ALTERNATOR & COMPR	Ménsula De Soporte	1	0	540-0882	10065589	8,000	$ 489	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de compresor de A/C por PCR	Comprar
26	EXE0003	5,613	16	540-0881	MOUNTING GP-ALTERNATOR & COMPR	Arandela Dura (10.2X18.5X2.5-MM Thk)	6	0	5M-2894	10011818	8,000	$ 4	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de compresor de A/C por PCR	Comprar
27	EXE0003	5,613	16	540-0881	MOUNTING GP-ALTERNATOR & COMPR	Arandela (11X21X2.5-MM Thk)	1	0	6V-5839	10011827	8,000	$ 1	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de compresor de A/C por PCR	Comprar
28	EXE0003	5,613	16	540-0881	MOUNTING GP-ALTERNATOR & COMPR	Perno (3/8-16X8-IN)	4	0	8F-6350	10047688	8,000	$ 20	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de compresor de A/C por PCR	Comprar
29	EXE0003	5,613	16	540-0881	MOUNTING GP-ALTERNATOR & COMPR	Perno (M10X1.5X90-MM)	1	0	8T-0644	10001378	8,000	$ 2	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de compresor de A/C por PCR	Comprar
30	EXE0003	5,613	16	294-7615	PUMP GP-FUEL INJECTION	Abrazadera	6	0	6I-0213	10024259	8,000	$ 561	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Inyectores de motor por PCR	Comprar
31	EXE0003	5,613	16	294-7615	PUMP GP-FUEL INJECTION	Espaciador (9.8X15.85X37.6-MM Thk)	6	0	100-5072	10010213	8,000	$ 126	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Inyectores de motor por PCR	Comprar
32	EXE0003	5,613	16	294-7615	PUMP GP-FUEL INJECTION	**Grupo De Inyector De Combustible**	6	0	291-5911	10042112	8,000	$ 9,091	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Inyectores de motor por PCR	Comprar
33	EXE0003	5,613	16	294-7615	PUMP GP-FUEL INJECTION	Perno (3/8-16X4-IN)	6	0	8S-9191	10001369	8,000	$ 15	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Inyectores de motor por PCR	Comprar
34	EXE0003	5,613	16	540-0879	ALTERNATOR GP-CHARGING	Polea (8-GROOVE)	1	0	382-5420	10044141	8,000	$ 137	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de alternador por PCR	Comprar
35	EXE0003	5,613	16	540-0879	ALTERNATOR GP-CHARGING	**Grupo De Alternador De Carga (24-VOLT, 95-AMPER**	1	0	2267683 / 5613001	10000591	8,000	$ 2,229	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de alternador por PCR	Comprar
36	EXE0003	5,613	16	540-0879	ALTERNATOR GP-CHARGING	Arandela Dura (11X21X2.5-MM Thk)	4	0	8T-4121	10011848	8,000	$ 4	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de alternador por PCR	Comprar
37	EXE0003	5,613	16	540-0879	ALTERNATOR GP-CHARGING	Perno (M10X1.5X100-MM)	4	0	8T-4198	10023902	8,000	$ 15	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de alternador por PCR	Comprar
38	EXE0003	5,613	16	540-0879	ALTERNATOR GP-CHARGING	Faja de alternador	1	0	162-2742	10056339	8,000	$ 230	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de alternador por PCR	Ya fué pedido
39	EXE0003	5,613	16	564-7191	STARTING MOTOR & MTG GP-ELEC -24-V	Perno De Cabeza De 12 Puntas (M16X2X45-MM)	3	0	220-0771	10056357	8,000	$ 65	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de arrancador por PCR	Comprar
40	EXE0003	5,613	16	564-7191	STARTING MOTOR & MTG GP-ELEC -24-V	**Grupo De Motor De Arranque Eléctrico (24-VOLT)**	1	0	594-8721	10056447	8,000	$ 2,522	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de arrancador por PCR	Comprar
41	EXE0003	5,613	16	564-7191	STARTING MOTOR & MTG GP-ELEC -24-V	Conjunto De Mazo De Cables De Interruptor	1	0	355-1642	10060129	8,000	$ 58	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de arrancador por PCR	Comprar
42	EXE0003	5,613	16	564-7191	STARTING MOTOR & MTG GP-ELEC -24-V	Perno (5/16-18X0.43-IN)	1	0	2H-3755	10065590	8,000	$ 0	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de arrancador por PCR	Comprar
43	EXE0003	5,613	16	564-7191	STARTING MOTOR & MTG GP-ELEC -24-V	Conjunto De Cables Del Motor De Arranque	1	0	8Y-9603	10065591	8,000	$ 65	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de arrancador por PCR	Comprar
44	EXE0003	5,613	16	564-7191	STARTING MOTOR & MTG GP-ELEC -24-V	Terminal De Cable (00-GA, 1/2-IN Screw)	1	0	1S-7251	10010744	8,000	$ 5	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de arrancador por PCR	Comprar
45	EXE0003	5,613	16	564-7191	STARTING MOTOR & MTG GP-ELEC -24-V	Terminal De Cable (00-GA, 3/8-IN Screw)	1	0	1S-7252	10022132	8,000	$ 6	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de arrancador por PCR	Comprar
46	EXE0003	5,613	16	564-7191	STARTING MOTOR & MTG GP-ELEC -24-V	Arandela Dura (10.2X22.5X3-MM Thk)	1	0	9X-6458	10011887	8,000	$ 1	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de arrancador por PCR	Comprar
47	EXE0003	5,613	16	564-7191	STARTING MOTOR & MTG GP-ELEC -24-V	Empaquetadura	2	0	9Y-6089	10004854	8,000	$ 15	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de arrancador por PCR	Comprar
48	EXE0003	5,613	16	564-7191	STARTING MOTOR & MTG GP-ELEC -24-V	**Grupo De Motor De Arranque Eléctrico (24-VOLT)**	1	0	594-8720	10056446	8,000	$ 2,522	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de arrancador por PCR	Ya fué pedido
49	EXE0003	5,613	16		Bomba principal de refrigerante	Bomba principal de refrigerante	1	0	280-8039 // 6031668	10065592	8,000	$ 2,492	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Bomba de refrigerante de Motor, por PCR	Comprar
50	EXE0003	5,613	16		Bomba de Transferencia de Combustible	Bomba de Transferencia de Combustible	1	0	384-8612	10008489	8,000	$ 419	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de bomba de combustible de motor por PCR	Comprar
51	EXE0003	5,613	16		Enfriador de Aceite HYD	Enfriador de Aceite HYD	1	0	541-1427	10065593	8,000	$ 17,967	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de enfriador de aceite HYD, por PCR	No Comprar
52	EXE0003	5,613	16		Baterías	**Baterías**	2	0	153-5710	10000974	8,000	$ 976	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de baterías, por PCR	Comprar
53	EXE0003	5,613	16		Conjunto De Cable De Batería	**Baterías**	2	0	548-2890	10058526	8,000	$ 70	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de baterías, por PCR	Comprar
54	EXE0003	5,613	16		Bomba de sistema de engrase centralizac	Bomba de sistema de engrase centralizado	1	0	105-6991		10,000	$ 2,154	274	FALTAN 4387 HORAS	22/01/2025		No Comprar
55	EXE0003	5,613	16		Amortiguadores de Cabina	Amortiguadores de Cabina	4	0	484-8018	10065594	8,000	$ 957	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de amortiguadores de Cabina por PCR	Comprar
56	EXE0003	5,613	16		**Implementos (Barrenar)**	**Implementos (Barrenar)**	**1**	**0**	**Solicitar servicio**		8,000		149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Evaluar servicio o Compra (69K aprox)	
57	EXE0003	5,613	16		Condensador	Condensador	1	0	488-6612	10060371	8,000	$ 493	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de condensador de A/C por PCR	Comprar
58	EXE0003	5,613	16		CONTROL GP-JOYSTICK (RH)	CONTROL GP-JOYSTICK (RH)	1	0	611-7549	10060126	8,000	$ 1,762	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Joystick, por PCR	Comprar
59	EXE0003	5,613	16		CONTROL GP-JOYSTICK (LH)	CONTROL GP-JOYSTICK (LH)	1	0	611-7548	10056819	8,000	$ 1,762	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Joystick, por PCR	Comprar
60	EXE0003	5,613	16		ASIENTO DE OPERADOR	ASIENTO DE OPERADOR	1	0	488-6511	10064494	8,000	$ 5,382	149	FALTAN 2387 HORAS	19/09/2024	Cambio de Asiento de Operador, por PCR	Comprar

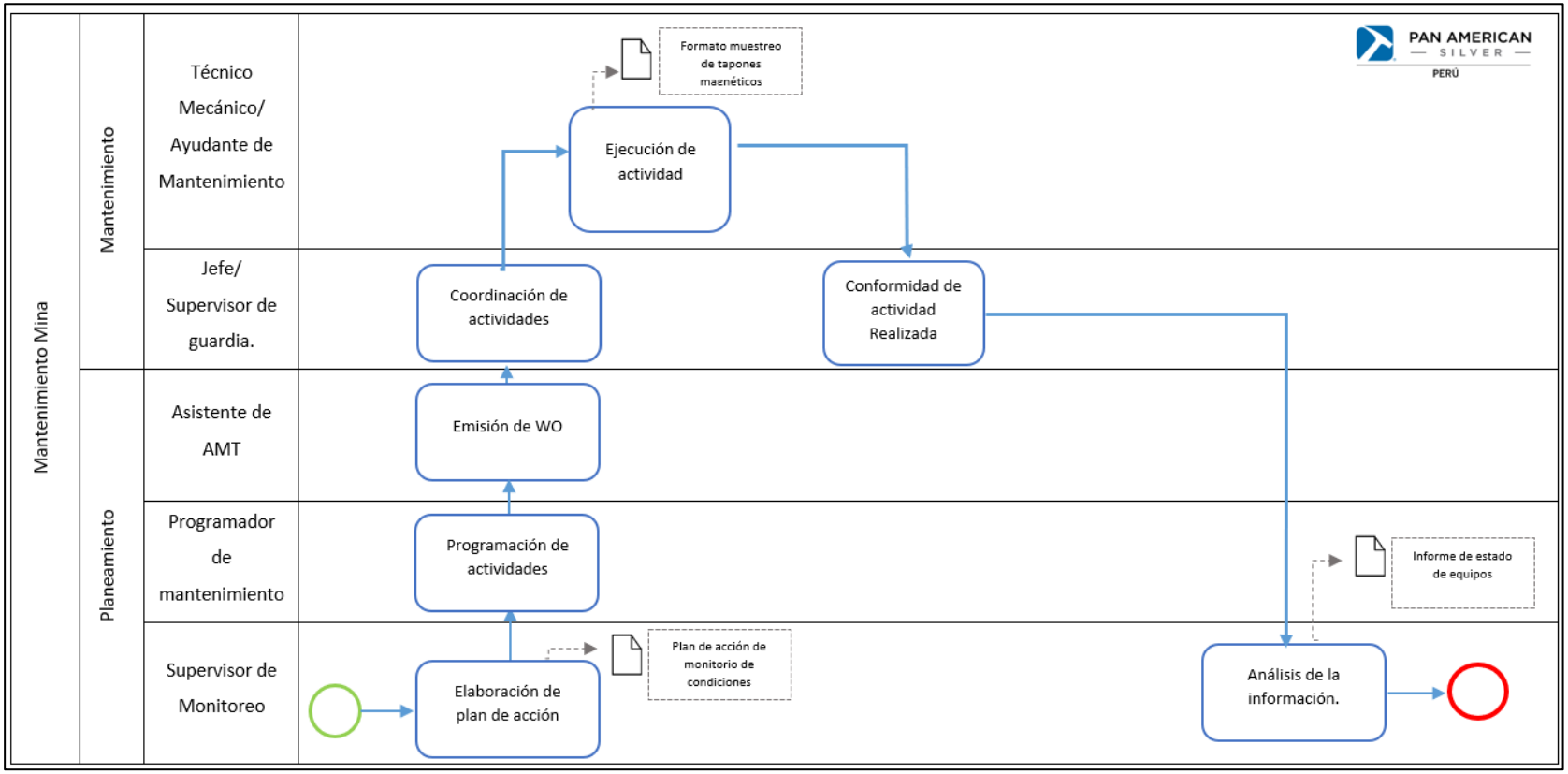
Obtenida de: Elaboración propia

Anexo 20. Flujograma de Carga masiva de horómetros



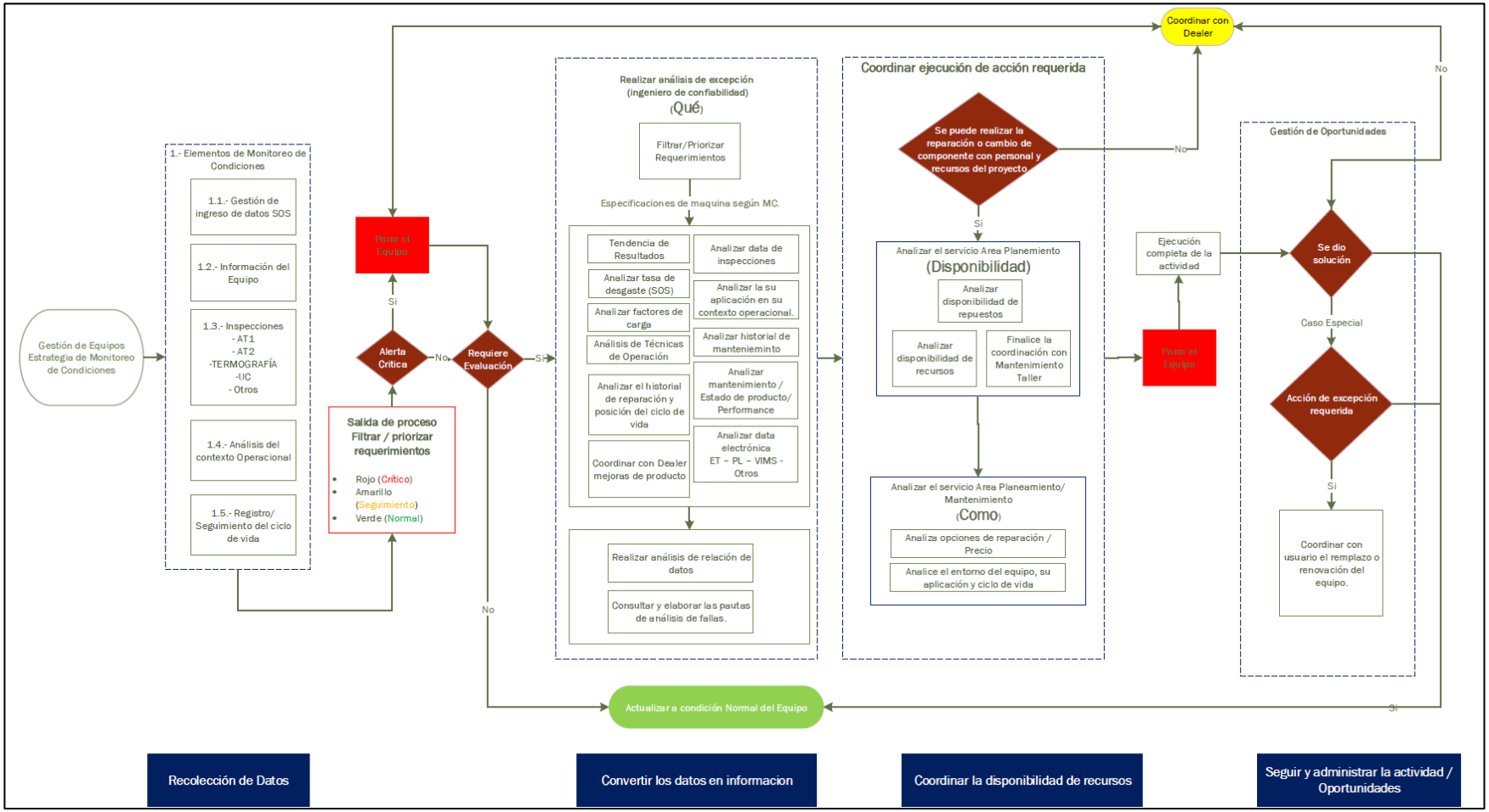
Obtenida de: Elaboración propia.

Anexo 21. Mapa de Proceso Programación de Muestreo de Tapones Magnéticos.



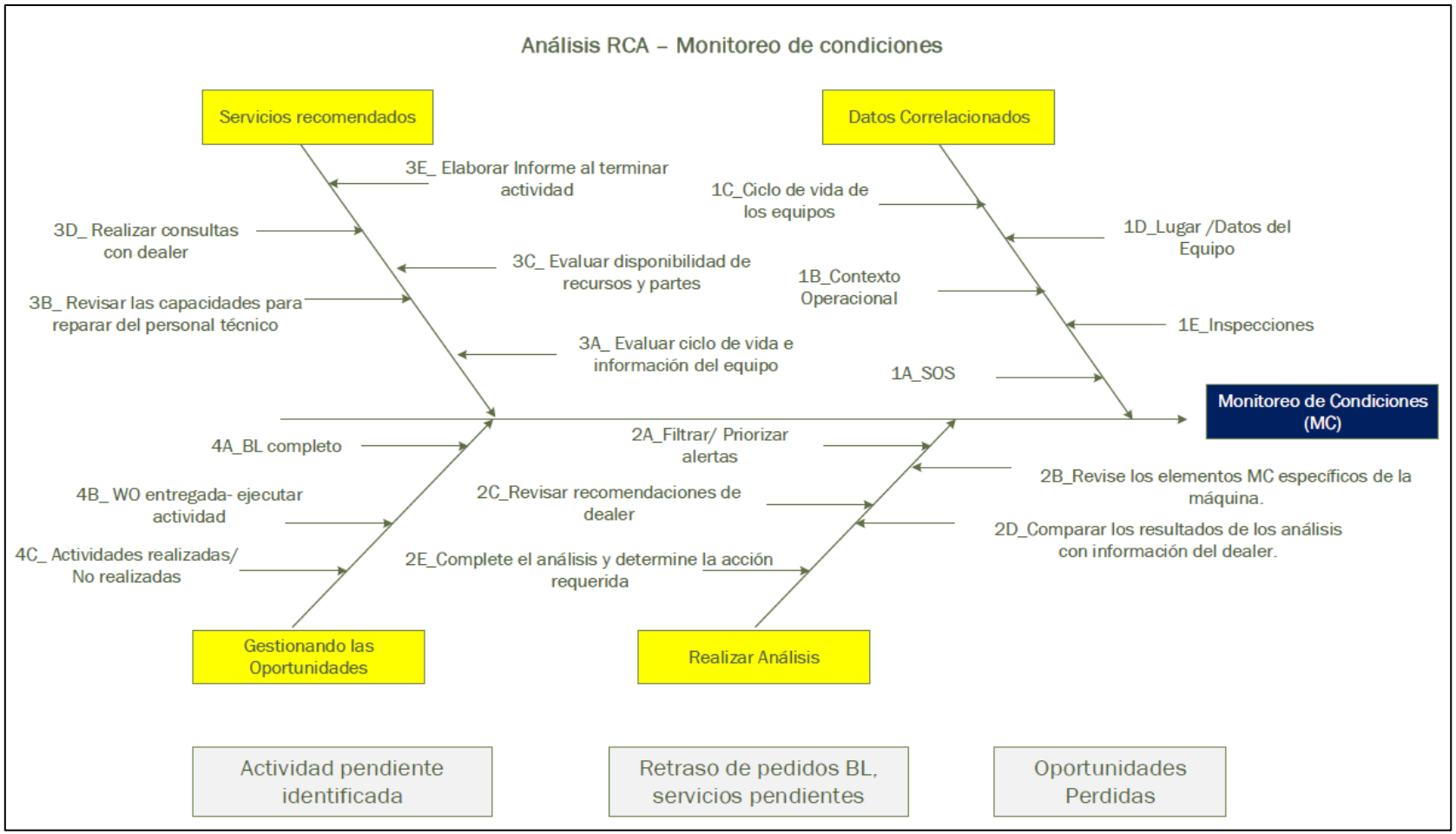
Obtenida de: Elaboración propia.

Anexo 22. Estrategia General de monitoreo de condiciones



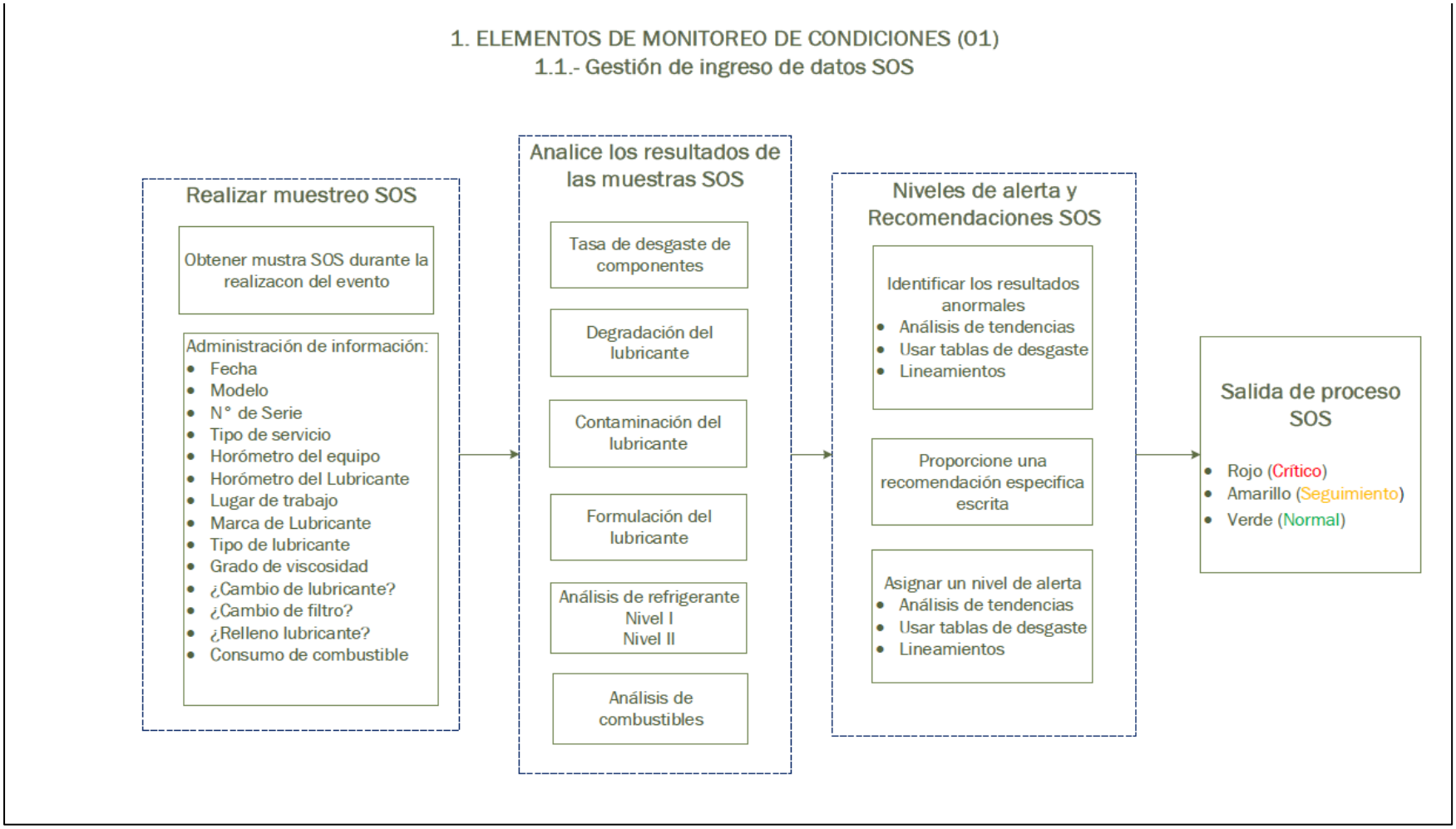
Obtenida de: Elaboración propia.

Anexo 23. Diagrama de proceso Análisis RCA Monitoreo de condiciones



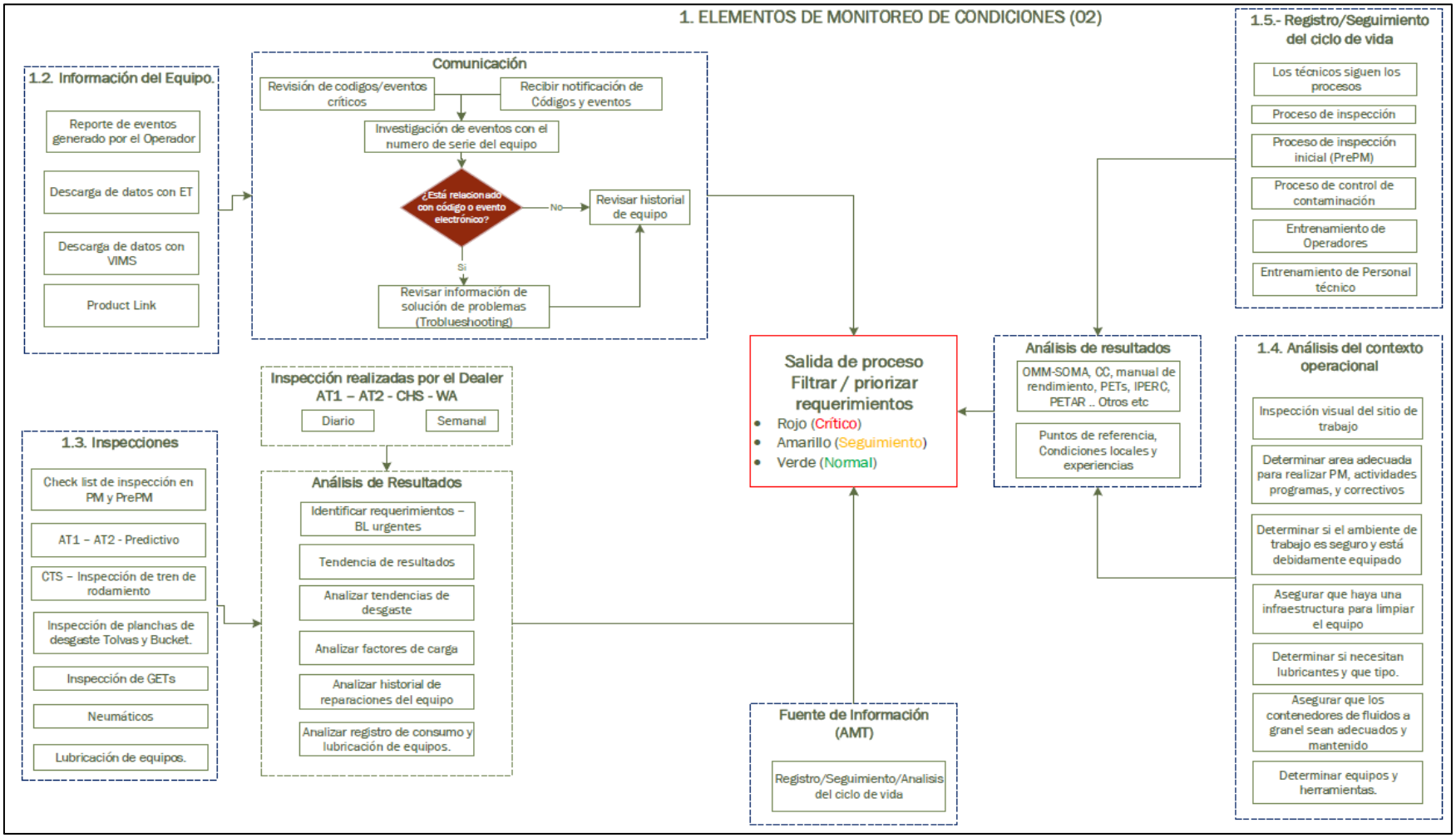
Obtenida de: Elaboración propia.

Anexo 24. Diagrama de proceso Gestión de ingreso de datos SOS



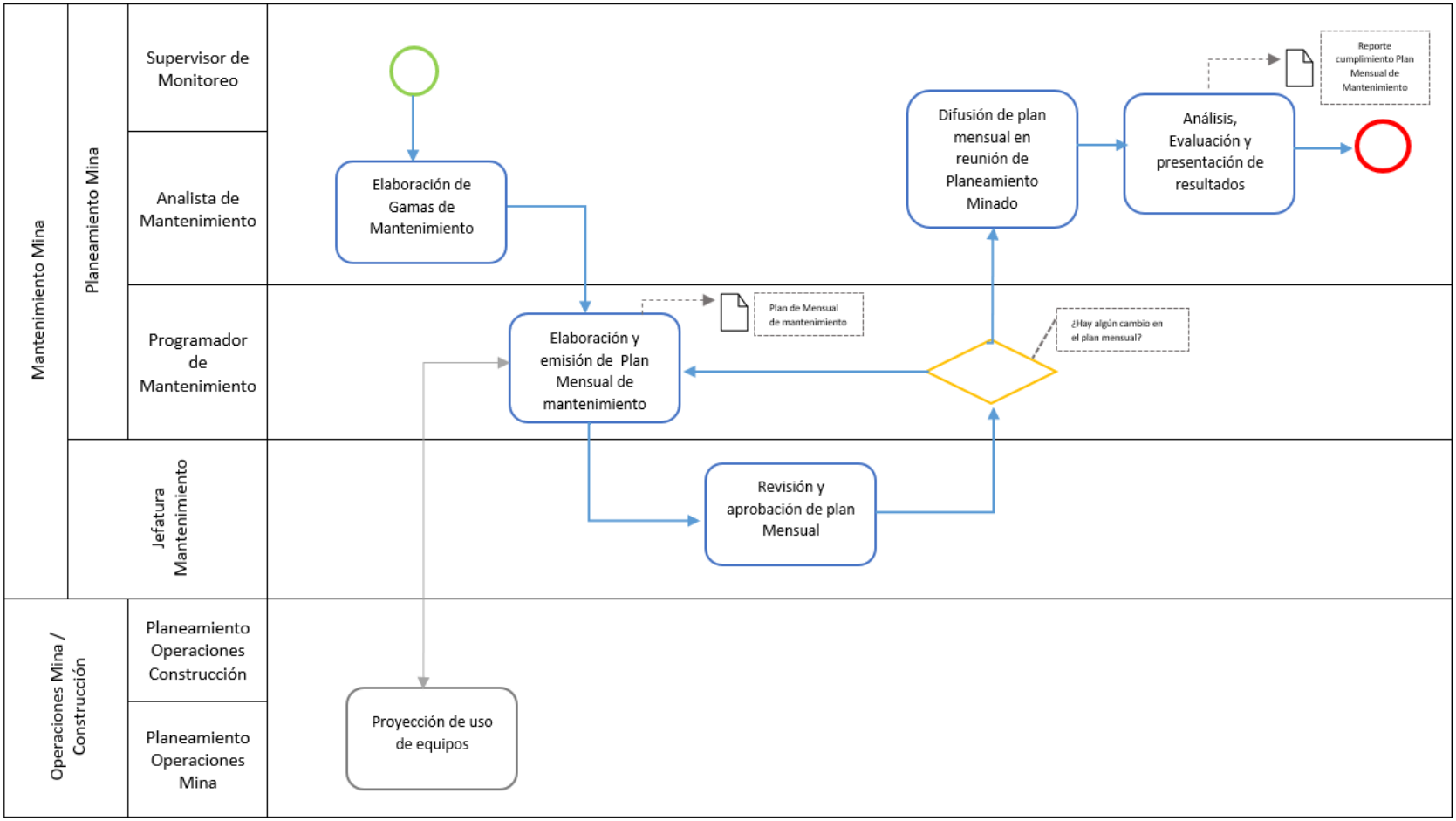
Obtenida de: Elaboración propia.

Anexo 25. Diagrama de proceso Gestión de ingreso de datos Varios



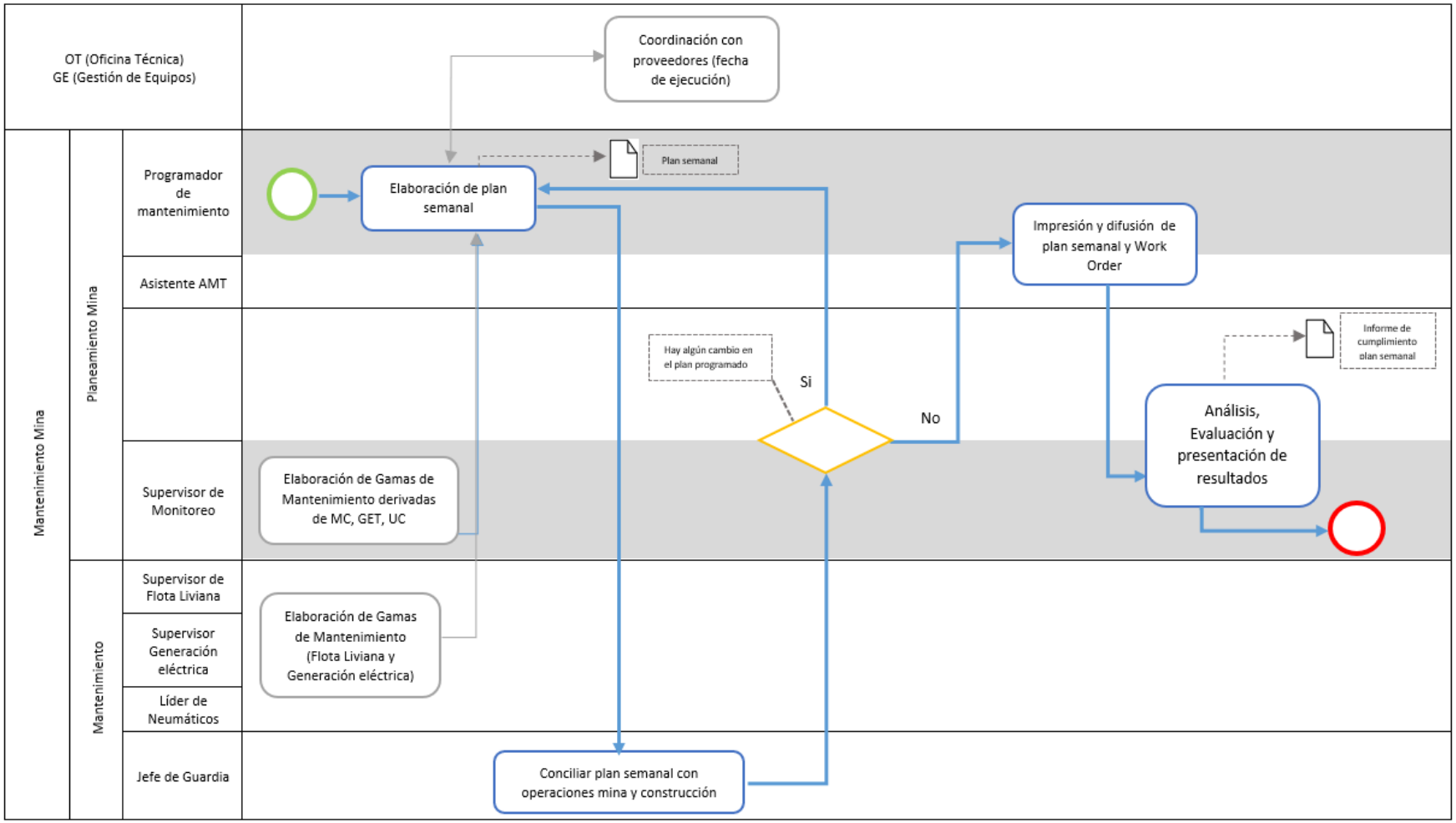
Obtenida de: Elaboración propia.

Anexo 26. Mapa de Proceso Gestión del Plan Mensual de Mantenimiento Mina.



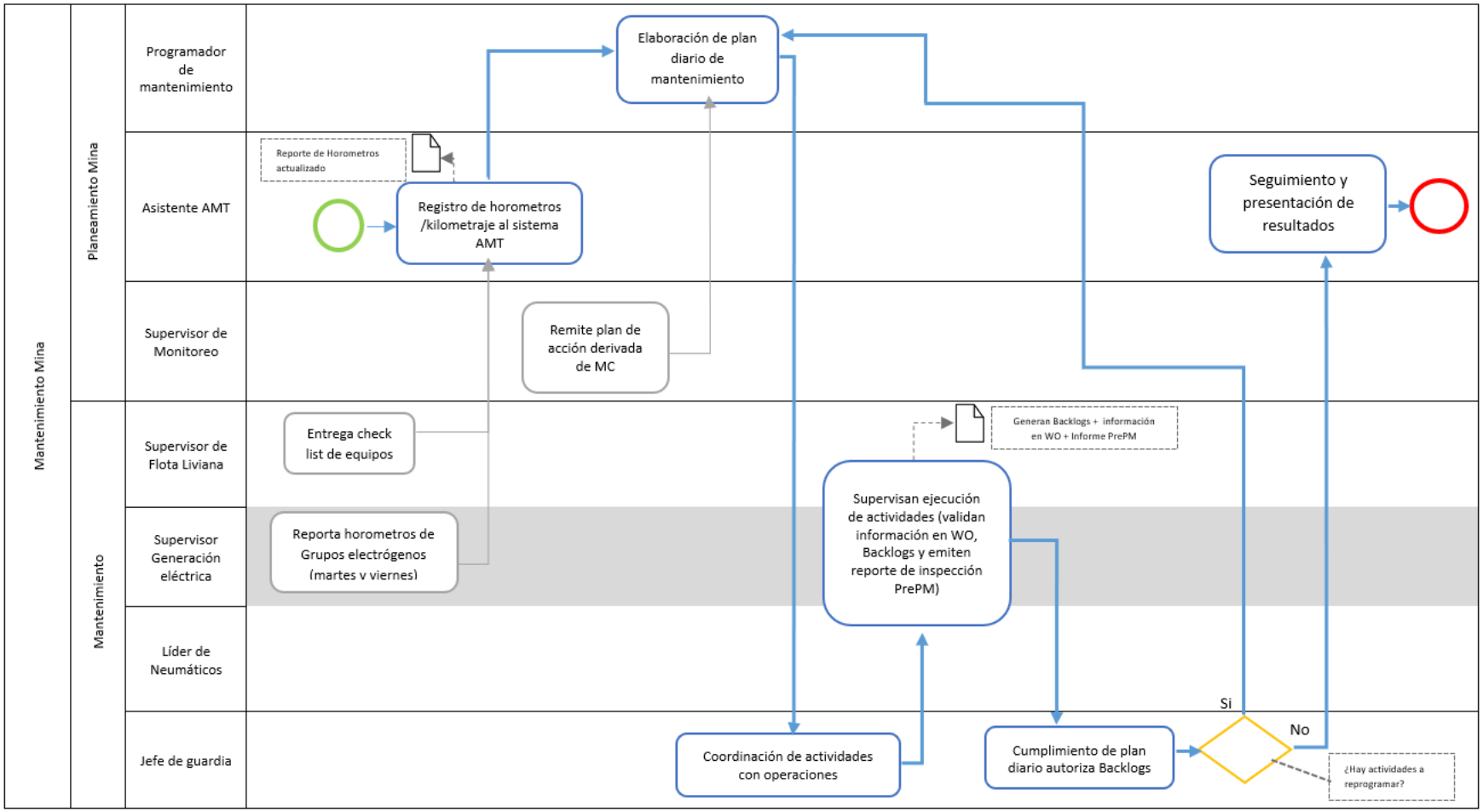
Obtenida de: Elaboración propia.

Anexo 27. Mapa de Proceso Gestión del Plan Semanal de Mantenimiento Mina



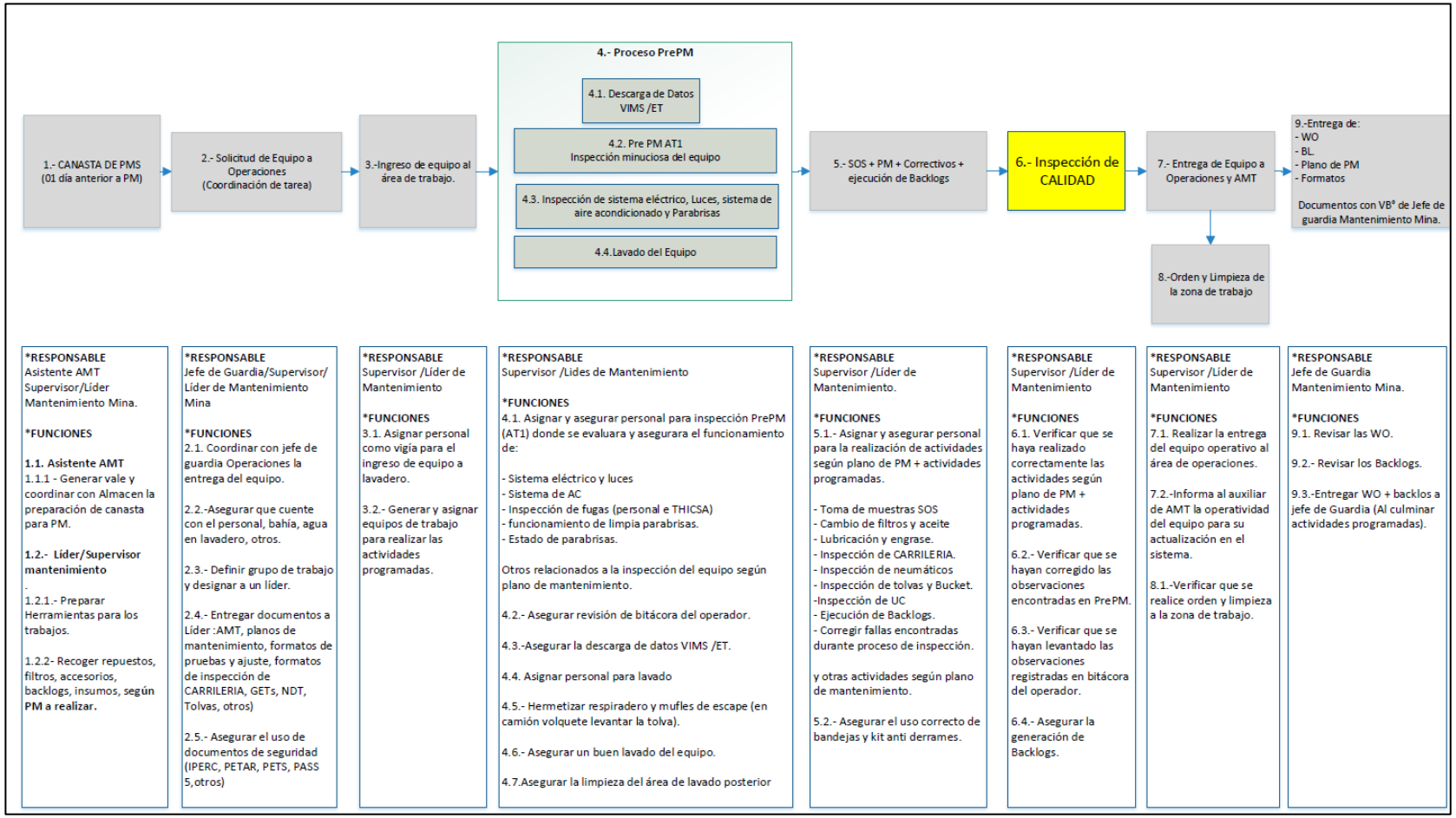
Obtenida de: Elaboración propia.

Anexo 28. Mapa de Proceso Gestión del Plan Diario de Mantenimiento Mina



Obtenida de: Elaboración propia.

Anexo 29. Mapa de Proceso Ejecución de Plan de Mantenimiento Preventivo - Mantenimiento Mina



Obtenida de: Elaboración propia.

Anexo 30. Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Determinación de Controles. - IPERC

PAN AMERICAN SILVER — PERÚ

2.- IPERC CONTINUO

CÓDIGO:	FP-SH-SEG-14-02
VERSIÓN:	'02
VIGENTE DESDE:	30/04/2023
PÁGINA 1 DE 2	

TAREA: Conduccion de camioneta

LUGAR DE TRABAJO (LABOR/ZONA/NIVEL/AREA): Truck Stop - Tajo

DATOS DE LOS TRABAJADORES (AS):

FECHA	HORA	NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	FIRMA	FECHA	HORA	NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	FIRMA
18-03-25	8:25	Einer Cerna Gomez	Tec. Asistente						

DESCRIPCIÓN DEL PELIGRO	RIESGO	EVALUACIÓN IPERC A	M	B	MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	EVALUACIÓN RIESGO RESIDUAL A	M	B
Vehiculos y equipos en movimiento	Choques, Volcaduras	8			Verificar funcionamiento de camara retroceso			
					sensores de proximidad, equipo en general.		12	
Ilos Resbaladizos	Derrames - Caidas	8			Uso correcto de 4 x 4 - Manejo defensivo		12	
Tormentas electricos	descarga electrica				Mantener ventanas cerradas.- personal			
	directa e indirecta	8			dentro de la camioneta		12	
Presencia de piedras en la via	Proyeccion de piedras				Mantener distancia minima de			
	al parabrisa		18		seguridad 25 m			21
Generacion de polvo mayor M6/M3	Inalacion de polvo		13		Mantener ventanas cerradas en la via			17
Radiacion Solar	Afectacion a				uso de bloqueador solar fp ≥ 50			17
	la piel		13					
Ruido Generado por el	Estres auditivo		13		Uso de tapones auditivos			17
Mismo equipo								

SECUENCIA PARA CONTROLAR EL PELIGRO Y REDUCIR EL RIESGO:

1. - Verificar funcionamiento de equipo
2. - Manejo defensivo
3. - Mantener distancia entre equipos
4.

DATOS DE LOS SUPERVISORES QUE APRUEBA EL IPERC CONTINUO

HORA	NOMBRE SUPERVISOR	MEDIDA CORRECTIVA	FIRMA
8:20	Brandon Mantilla Julca JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MINA PAN AMERICAN SILVER HUANUNDO	No estacionarse cerca a talud No exceder limite de velocidad	Brandon Mantilla Julca JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MINA PAN AMERICAN SILVER

NOTA: Eliminar peligros en Etapa Prioritaria antes de Iniciar las Operaciones Diarias

Anexo 31. Procedimiento de Trabajo Seguro - PETS

PAN AMERICAN SILVER — PERÚ	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO		SHAHUINDO
	INDICE		
	CÓDIGO: PETS-SH-MMI-XXX	Versión: 3	
	Área: Energía y Mantenimiento	Página 2 de 11	

1. PETS-SH-MMI-001 EVALUACION INSTRUMENTAL AT2 - PERFORADORAS (DM45, T455WS)
2. PETS-SH-MMI-002 CAMBIO DE MANGUERAS HIDRÁULICAS - PERFORADORAS (DM45, T455WS)
3. PETS-SH-MMI-003 PRECARGA DE CABEZAL EN PERFORADORAS - PERFORADORAS (DM45, T455WS)
4. PETS-SH-MMI-004 EVALUACION INSTRUMENTAL AT2 - EXCAVADORAS DE ORUGAS (395,390F,349 ,336)
5. PETS-SH-MMI-005 CAMBIO DE MANGUERAS HIDRÁULICAS - EXCAVADORAS DE ORUGAS (395,390F,349 ,336)
6. PETS-SH-MMI-006 DESMONTAJE Y MONTAJE DE CILINDROS HIDRÁULICOS - EXCAVADORAS DE ORUGAS (395,390F,349 ,336)
7. PETS-SH-MMI-007 DESMONTAJE Y MONTAJE DE STICK Y BOOM - EXCAVADORAS DE ORUGAS (395,390F,349 ,336)
8. PETS-SH-MMI-008 DESMONTAJE Y MONTAJE DE CUCHARÓN - EXCAVADORAS DE ORUGAS (395,390F,349 ,336)
9. PETS-SH-MMI-009 EVALUACION INSTRUMENTAL AT2 - TRACTORES DE ORUGAS (D10, D9, D8, D6)
10. PETS-SH-MMI-011 DESMONTAJE Y MONTAJE DE CILINDROS HIDRÁULICOS - TRACTORES DE ORUGAS (D10, D9, D8, D6)
11. PETS-SH-MMI-012 DESMONTAJE Y MONTAJE DE LAMPÓN Y BRAZOS DE EMPUJE - TRACTORES DE ORUGAS (D10, D9, D8, D6)
12. PETS-SH-MMI-013 EVALUACION INSTRUMENTAL AT2 - CARGADOR FRONTAL (980L, 966H)
13. PETS-SH-MMI-015 DESMONTAJE Y MONTAJE DE CUCHARÓN - CARGADOR FRONTAL (980L, 966H)
14. PETS-SH-MMI-016 EVALUACION INSTRUMENTAL AT2 - MOTONIVELADORA (14M, 140K)
15. PETS-SH-MMI-021 CAMBIO Y REPARACIÓN DE NEUMÁTICOS DE VOLQUETES EN TALLER
16. PETS-SH-MMI-022 CAMBIO DE NEUMÁTICOS EN CAMPO CON CAMIÓN BARANDA
17. PETS-SH-MMI-023 ROTACION DE NEUMATICOS OTR
18. PETS-SH-MMI-024 CAMBIO Y REPARACION EN VERTICAL DE NEUMATICOS OTR
19. PETS-SH-MMI-025 CAMBIO Y REPARACIÓN CON DESENLLANTADORA DE NEUMATICOS OTR
20. PETS-SH-MMI-026 REPARACION DE ESTRUCTURAS Y FISURAS EN SOBRE CHASIS DE VOLQUETES G540
21. PETS-SH-MMI-027 CAMBIO DE PINES Y BOCINAS DE TOLVA (BRAZOS, COMPUERTAS, EJE PIVOT, CILINDROS DE LEVANTE)
22. PETS-SH-MMI-028 REPARACION, BLINDAJE DE TOLVAS Y ESTRUCTURA DE VOLQUETES.
23. PETS-SH-MMI-029 REPARACION DE BUCKET Y BULDOZER (EXCAVADORA, CARGADOR FRONTAL, RETROEXCAVADORAS Y TRACTORES)
24. PETS-SH-MMI-030 CORTE DE PERNOS DE CUCHILLAS, CANTONERAS, SEGMENTOS, (EXCAVADORA, CARGADOR FRONTAL, RETROEXCAVADORAS Y TRACTORES)
25. PETS-SH-MMI-032 CAMBIO DE ADAPTERS EN CUCHARONES
26. PETS-SH-MMI-034 VOLTEO DE CUCHARON (CON CAMIÓN GRÚA, PORTICO)
27. PETS-SH-MMI-035 ENCARRILAMIENTO DE EQUIPOS (EXCAVADORAS, PERFORADORAS Y TRACTORES)
28. PETS-SH-MMI-036 CAMBIO DE COMPONENTES DEL TREN DE RODAMIENTO (CADENA, ZAPATAS, RUEDA GUÍA, RODILLOS, GUIADORES, SPROCKETS, TEMPLADORES, BOGIES, BALANCINES Y BASTIDORES)
29. PETS-SH-MMI-037 CAMBIO, VOLTEO Y ROTACIÓN DE PUNTAS. CAMBIO, VOLTEO DE CUCHILLAS

REVISADO POR:

NOMBRE	PUESTO	FIRMA
BRANDON MANTILLA JULCA	JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MINA	Brandon Mantilla Julca JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MINA PAN AMERICAN SILVER — SHAHUINDO
RICHARD SANCHEZ CALDERÓN	JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MINA	

APROBADO POR:

NOMBRE	PUESTO	FIRMA
EDMUNDO ROCA PINTO	GERENTE DE OPERACIONES	

Anexo 32. Instructivos de Trabajo de Mantenimiento.

PAN AMERICAN SILVER PERÚ	INSTRUCTIVOS DE TRABAJO		SHAHUINDO
	INDICE		
	CÓDIGO: IT-SH-MMI-XXX	Versión: 3	
	Área: Energía y Mantenimiento	Página 2 de 11	

1.	IT-SH-MG-001	Inspección PrePM
2.	IT-SH-MG-002	Ejecución de PM1 (250 Hrs)
3.	IT-SH-MG-003	Ejecución de PM2 (500 Hrs)
4.	IT-SH-MG-004	Ejecución de PM3 (1000 Hrs)
5.	IT-SH-MG-005	Ejecución de PM4 (2000 Hrs)
6.	IT-SH-MG-006	Evaluacion y ajuste de tornamesa en excavadoras
7.	IT-SH-MG-007	Calibración de valvulas de motor y altura de inyector
8.	IT-SH-MG-008	Engrase de equipos con camión lubricador en campo y taller
9.	IT-SH-MG-009	Evaluación del sistema eléctrico
10.	IT-SH-MG-010	Evaluación del sistema hidraulico (Perforadoras , Excavadoras ,Volquetes)
11.	IT-SH-MG-011	Evaluación del sistema de tren de potencia tractor.
12.	IT-SH-MG-012	Evaluación de motores Diesel lubricacion
13.	IT-SH-MG-013	Cambio y Evaluación de componentes del sistema de Lubricacion y engrase automático
14.	IT-SH-MG-014	Mantenimiento preventivo de A/C en campo
15.	IT-SH-MG-015	Calibración y ajustes de sistemas electricos (PLC , ET)
16.	IT-SH-MG-016	Cambio de componentes y correctivos menores del sistema hidraulico.
17.	IT-SH-MG-017	Cambio de componentes y correctivos menores del sistema neumatico
18.	IT-SH-MG-018	Cambio de componentes y correctivos menores del tren de potencia
19.	IT-SH-MG-019	Cambio de componentes y correctivos menores de motores Diesel
20.	IT-SH-MG-020	Cambio de componentes y correctivos menores del sistema de perforación
21.	IT-SH-MG-021	Cambio de componentes del sistema de A/C
22.	IT-SH-MG-022	Retorque de neumáticos con torquimetro
23.	IT-SH-MG-023	Uso de Manipulador OTR y Llantas de Volquetes
24.	IT-SH-MG-024	Extraccion de Roca de los neumaticos duales
25.	IT-SH-MG-025	USO DE ABRIDOR NEUMATICO
26.	IT-SH-MG-026	USO DE DESTALONADOR HIDRAULICO
27.	IT-SH-MG-027	Corte con equipo Plasma
28.	IT-SH-MG-028	Corte con equipo Oxicorte
29.	IT-SH-MG-029	Corte con proceso ARCAIR
30.	IT-SH-MG-030	Corte con electrodo CHAMFERCORD
31.	IT-SH-MG-032	Soldadura Electrica con proceso SMAW FCAW

REVISADO POR:

NOMBRE	PUESTO	FIRMA
BRANDON MANTILLA JULCA	JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MINA	Brandon Mantilla Julca JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MINA PAN AMERICAN SILVER SHAHUINDO
RICHARD SANCHEZ CALDERÓN	JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MINA	

APROBADO POR:

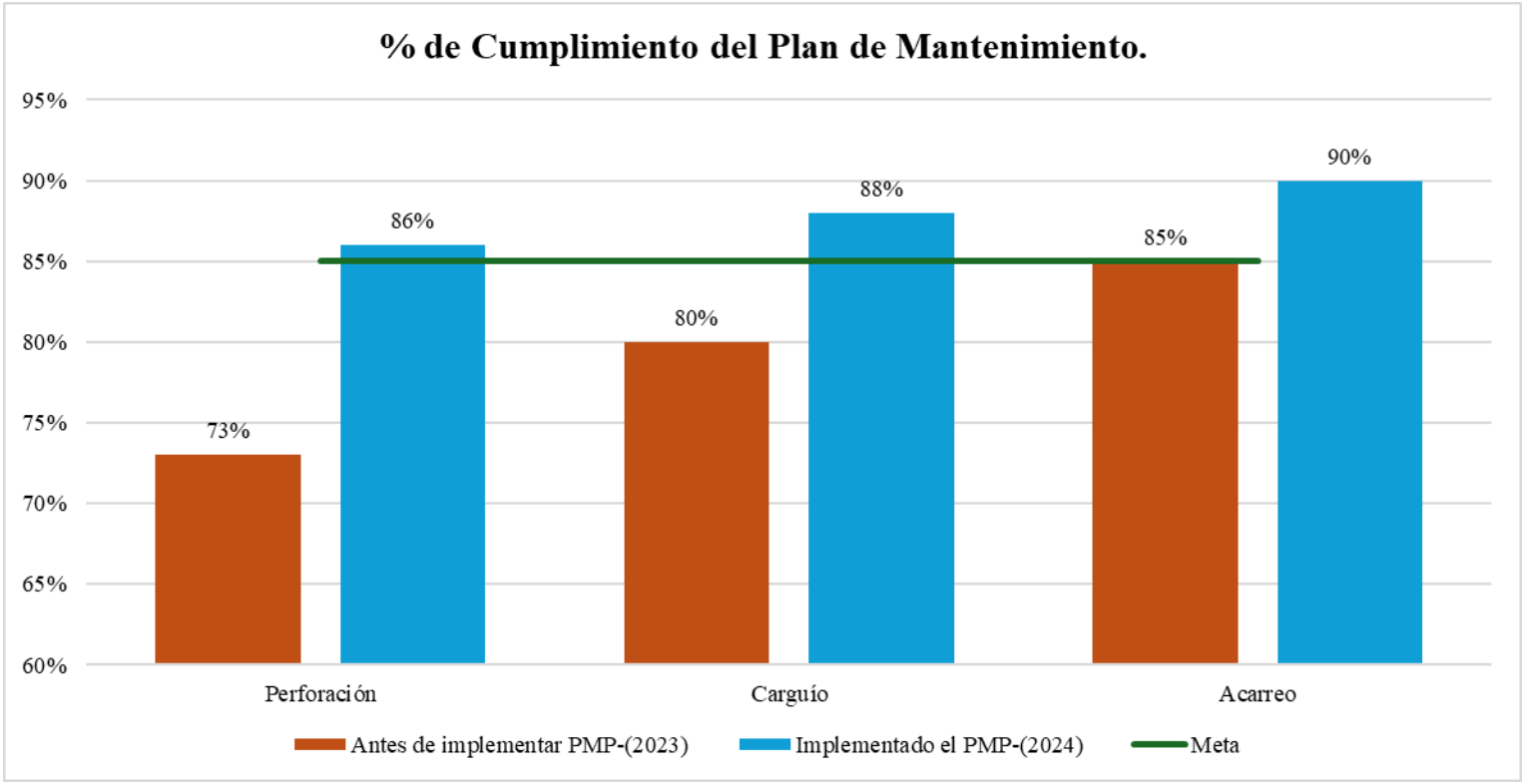
NOMBRE	PUESTO	FIRMA
EDMUNDO ROCA PINTO	GERENTE DE OPERACIONES	

Anexo 33. Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA Implementación de un plan de mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo SAC.						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
General	General	General				
¿Cómo la Implementación de un plan de mantenimiento preventivo incide en la disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo?	Determinar la incidencia en la disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la Unidad Minera Shahuindo.	Con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la unidad Minera Shahuindo, se incrementará la disponibilidad de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo.		Disponibilidad Física	Porcentaje de tiempo operativo respecto al tiempo total. (% Porcentaje)	
Específicos	Específicos	Específicos				
1. ¿Cómo varía las horas de trabajo sin fallas mecánicas de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo?	1. Determinar la variación de las horas de trabajo sin fallas mecánicas, en la flota de equipos de Perforación , Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo, una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo.	1. Con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, variará las horas de trabajo sin fallas mecánicas de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo.	Variable dependiente: **Disponibilidad de la flota de equipos de perforación y carguío.**	1. Confiabilidad de Equipos	Tiempo promedio entre fallas de un equipo - MTBF - (Hr. Horas)	Cuasi experimental
2. ¿Cómo varía el tiempo de reparación de las fallas mecánicas en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo?	2. Determinar la variación del tiempo de reparación por fallas mecánicas, en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo, una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo.	2. Con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, variará el tiempo que se toma para reparar las fallas mecánicas de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo.	Variable independiente: **Plan de Mantenimiento preventivo**	2. Mantenibilidad de Equipos	Tiempo promedio para reparar una falla de un equipo MTTR (Hr. Horas)	
3. ¿Cómo varía el costo de mantenimiento en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, una vez una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo?	3. Determinar la variación el costo de mantenimiento en la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, en la Unidad Minera Shahuindo, una vez implementado el plan de mantenimiento preventivo.	3. Con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, variará el costo de mantenimiento de la flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo.		3. Budget de mantenimiento	Variación de Costo consumido en relación al Presupuesto (USD Dólares)	

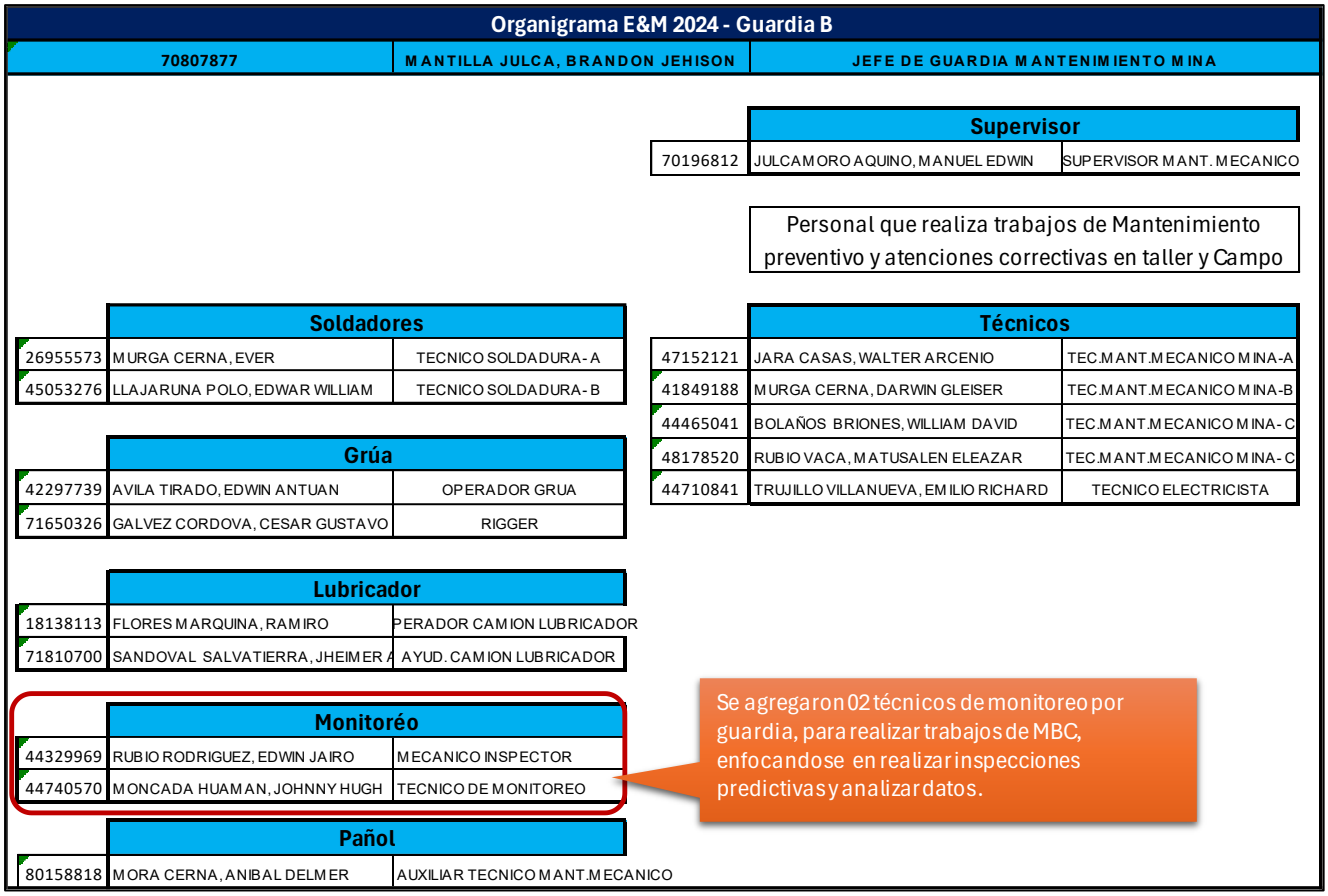
Obtenida de: Elaboración propia

Anexo 34. Evidencia del % de Cumplimiento del Plan de Mantenimiento de flota de equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, antes y después de la implementación del PMP.



Obtenida de: Elaboración propia - Datos extraídos del área de E&M de la UM Shahuindo

Anexo 35. Evidencia de la incorporación de personal técnico de MBC, para inspeccionar los equipos de Perforación, Carguío y Acarreo, después de la implementación del PMP.



Organigrama E&M 2024 - Guardia B

70807877	MANTILLA JULCA, BRANDON JEHISON	JEFE DE GUARDIA MANTENIMIENTO MINA

Supervisor

70196812	JULCAMORO AQUINO, MANUEL EDWIN	SUPERVISOR MANT. MECANICO

Personal que realiza trabajos de Mantenimiento preventivo y atenciones correctivas en taller y Campo

Soldadores

26955573	MURGA CERNA, EVER	TECNICO SOLDADURA- A
45053276	LLAJARUNA POLO, EDWAR WILLIAM	TECNICO SOLDADURA- B

Técnicos

47152121	JARA CASAS, WALTER ARCENIO	TEC.MANT.MECANICO MINA-A
41849188	MURGA CERNA, DARWIN GLEISER	TEC.MANT.MECANICO MINA-B
44465041	BOLAÑOS BRIONES, WILLIAM DAVID	TEC.MANT.MECANICO MINA- C
48178520	RUBIO VACA, MATUSALEN ELEAZAR	TEC.MANT.MECANICO MINA- C
44710841	TRUJILLO VILLANUEVA, EMILIO RICHARD	TECNICO ELECTRICISTA

Grúa

42297739	AVILA TIRADO, EDWIN ANTUAN	OPERADOR GRUA
71650326	GALVEZ CORDOVA, CESAR GUSTAVO	RIGGER

Lubricador

18138113	FLORES MARQUINA, RAMIRO	PERADOR CAMION LUBRICADOR
71810700	SANDOVAL SALVATIERRA, JHEIMER A	AYUD. CAMION LUBRICADOR

Monitoréo

44329969	RUBIO RODRIGUEZ, EDWIN JAIRO	MECANICO INSPECTOR
44740570	MONCADA HUAMAN, JOHNNY HUGH	TECNICO DE MONITOREO

Se agregaron 02 técnicos de monitoreo por guardia, para realizar trabajos de MBC, enfocandose en realizar inspecciones predictivas y analizar datos.

Pañol

80158818	MORA CERNA, ANIBAL DELMER	AUXILIAR TECNICO MANT.MECANICO

Obtenida de: Elaboración propia – Parte del Organigrama del área de E&M de la UM Shahuindo.

Anexo 36. Evidencia de elaboración de tabla de PCR de componentes para el control del PMP.

PAN AMERICAN SILVER — PERÚ

PCR DE COMPONENTES - EQUIPOS SHAHUINDO

EXCAVADORA 395

				COMPONENTES MAYORES						ULTIMA REPARACION			PROXIMO CAMBIO			
ITEM	EQUIPO	HOROMETRO ACTUAL	SUB SISTEMA	COMPONENTE	CANT.	LADO	N/P	Cod. Oracle	PCR (+-10%)	FECHA	HOROMETRO	OT DE CAMBIO	HR ACTUALES COMPONENTE	HRS FALTANTES	Días faltantes	Fecha de cambio
1	EXE0005	12,498	Motor Basico	Motor Diesel	1	0	532-7025 Basic // 559-5481 Completo		16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
2	EXE0005	12,498	Sistema de Giro	Rodaje y Engranaje de Tornamesa (Pala)	1	0	378-9573	10065582	20,000			Nuevo	12,498	7,502	469	13/10/2026
3	EXE0005	12,498	Sistema de Giro	Reductor de Giro	1	DEL	595-9502//607-5657	10064619	16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
4	EXE0005	12,498	Sistema de Giro	Reductor de Giro	1	POS	595-9505//607-5658	10064620	16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
5	EXE0005	12,498	Tren de Rodaje	Mando Final	1	DE	601-7522	10065583	16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
6	EXE0005	12,498	Tren de Rodaje	Mando Final	1	IZ	601-7521	10065586	16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
7	EXE0005	12,498	Sistema Hidraulico	Control Principal de Valvulas / block de Valvulas	1	0	551-6264	10064436	20,000			Nuevo	12,498	7,502	469	13/10/2026
8	EXE0005	12,498	Motores y Bombas	Bomba de Giro	1	0	593-3841	10054464	16,000	15/02/2024	4,093	PT764591	8,405	7,595	475	19/10/2026
9	EXE0005	12,498	Motores y Bombas	Bomba de Implementos / Trabajo	1	0	584-0380 // 6271304	10054463	16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
10	EXE0005	12,498	Motores y Bombas	Bomba-Motor del Ventilador / FAN	1	0	542-7626	10054465	16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
11	EXE0005	12,498	Motores y Bombas	Bomba de Pilotaje / Servo / Tandem	1	0	564-9804	10054462	16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
12	EXE0005	12,498	Motores y Bombas	Motor de Giro	1	DE	547-9727	10054466	16,000	8/08/2023	2,116	PT711537	10,382	5,618	351	18/06/2026
13	EXE0005	12,498	Motores y Bombas	Motor de Giro	1	IZ	547-9727	10054466	16,000	8/08/2023	2,116	PT711537	10,382	5,618	351	18/06/2026
14	EXE0005	12,498	Motores y Bombas	Motor de Traslacion / Traslado	1	DE	587-4966	10054467	16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
15	EXE0005	12,498	Motores y Bombas	Motor de Traslacion / Traslado	1	IZ	587-4966	10054467	16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
16	EXE0005	12,498	Implementos	Cilindro de Levante de Boom	1	DE	564-4924	10054457	16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
17	EXE0005	12,498	Implementos	Cilindro de Levante de Boom	1	IZ	564-4924	10054457	16,000			Nuevo	12,498	3,502	219	5/02/2026
18	EXE0005	12,498	Implementos	Cilindro del Bucket / Vuelco / Cucharon	1	0	564-4946	10054460				Nuevo	12,498			
19	EXE0005	12,498	Implementos	Cilindro de Stick / Ataque	1	0	564-4932	10054459				Nuevo	12,498			
20	EXE0005	12,498	Implementos	Cucharon / Bucket	1	0	610-6797	10065587				Nuevo	12,498			

				COMPONENTES MENORES												
ITEM	EQUIPO	HOROMETRO	Grupo	COMPONENTE	CANT.	LADO	N/P	Cod. Oracle	PCR	FECHA	HOROMETRO	OT DE CAMBIO	HR ACTUALES COMPONENTE	HRS FALTANTES	Días faltantes	Fecha de cambio
1	EXE0005	12,498	TURBOCHARGER GP	Empaquetadura De Turbocompresor	1	0	357-1752	10004913	14,000	23/02/2025	10,305	PT45901	2,193	11,807	738	9/07/2027
2	EXE0005	12,498	TURBOCHARGER GP	Contratuerca De Brida (M10X1.5-THD)	4	0	375-2467	10006384	14,000	23/02/2025	10,305	PT45901	2,193	11,807	738	9/07/2027
3	EXE0005	12,498	TURBOCHARGER GP	**Grupo De Turbocompresor**	1	0	544-1228	10056437	14,000	23/02/2025	10,305	PT45901	2,193	11,807	738	9/07/2027
4	EXE0005	12,498	SUPPORT GP-ENGINE	Conjunto De Ménsula De Apoyo	1	0	426-2729	10065588	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
5	EXE0005	12,498	SUPPORT GP-ENGINE	Tuerca De Soldar (M10X1.5-THD)	1	0	8T-3490	10046699	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
18	EXE0005	12,498	MOUNTING GP-ENGINE	Arandela Dura (26X50X8-MM Thk)	6	0	451-2188	10035886	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
19	EXE0005	12,498	MOUNTING GP-ENGINE	Soporte Trasero	2	0	548-0223	10061033	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
20	EXE0005	12,498	MOUNTING GP-ALTERNAT	**Grupo De Compresor De Refrigerante**	1	0	567-5159	10056440	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
31	EXE0005	12,498	PUMP GP-FUEL INJECTION	Espaciador (9.8X15.85X37.6-MM Thk)	6	0	100-5072	10010213	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
32	EXE0005	12,498	PUMP GP-FUEL INJECTION	**Grupo De Inyector De Combustible**	6	0	291-5911	10042112	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
33	EXE0005	12,498	PUMP GP-FUEL INJECTION	Perno (3/8-16X4-IN)	6	0	8S-9191	10001369	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
34	EXE0005	12,498	ALTERNATOR GP-CHARGI	Polea (8-GROOVE)	1	0	382-5420	10044141	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
35	EXE0005	12,498	ALTERNATOR GP-CHARGI	**Grupo De Alternador De Carga (24-VOLT, 95-AMPER**	1	0	2267683 / 5613001	10000591	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
36	EXE0005	12,498	ALTERNATOR GP-CHARGI	Arandela Dura (11X21X2.5-MM Thk)	4	0	8T-4121	10011848	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
37	EXE0005	12,498	ALTERNATOR GP-CHARGI	Perno (M10X1.5X100-MM)	4	0	8T-4198	10023902	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
38	EXE0006	12,498	ALTERNATOR GP-CHARGI	Faja de alternador	1	0	162-2742	10056339	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
40	EXE0005	12,498	STARTING MOTOR & MTG	**Grupo De Motor De Arranque Eléctrico (24-VOLT)**	1	0	594-8721	10056447	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
41	EXE0005	12,498	STARTING MOTOR & MTG	Conjunto De Mazo De Cables De Interruptor	1	0	355-1642	10060129	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
48	EXE0005	12,498	STARTING MOTOR & MTG	**Grupo De Motor De Arranque Eléctrico (24-VOLT)**	1	0	594-8720	10056446	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
49	EXE0005	12,498	Bomba principal de refri	Bomba principal de refrigerante	1	0	280-8039 // 6031668	10065592	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
50	EXE0005	12,498	Bomba de Transferencia	Bomba de Transferencia de Combustible	1	0	384-8612	10008489	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
51	EXE0005	12,498	Enfriador de Aceite HYD	Enfriador de Aceite HYD	1	0	541-1427	10065593	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
52	EXE0005	12,498	Baterías	**Baterías**	2	0	153-5710	10000974	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
54	EXE0005	12,498	Bomba de sistema de en	Bomba de sistema de engrase centralizado	1	0	105-6991		14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
55	EXE0005	12,498	Amortiguadores de Cabi	Amortiguadores de Cabina	4	0	484-8018	10065594	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
56	EXE0005	12,498	**Implementos (Barrenar)**	**Implementos (Barrenar)**	1	0	Solicitar servicio		14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
57	EXE0005	12,498	Condensador	Condensador	1	0	488-6612	10060371	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
58	EXE0005	12,498	CONTROL GP-JOYSTICK (R	CONTROL GP-JOYSTICK (RH)	1	0	611-7549	10060126	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
59	EXE0005	12,498	CONTROL GP-JOYSTICK (LI	CONTROL GP-JOYSTICK (LH)	1	0	611-7548	10056819	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025
60	EXE0005	12,498	ASIENTO DE OPERADOR	ASIENTO DE OPERADOR	1	0	488-6511	10064494	14,000				12,498	1,502	94	3/10/2025

Perforadora DM45

				COMPONENTES MAYORES						ULTIMA REPARACION/CAMBIO			PROXIMO CAMBIO			
ITEM	EQUIPO	HOROMETRO ACTUAL 08.03.2	SUB SISTEMA	COMPONENTE	CANT.	LADO	N/P	Cod. Oracle	PCR	FECHA	HOROMETRO	OT DE CAMBIO	HR ACTUALES COMPONENTE	HRS FALTANTES	Días faltantes	Fecha de Pox. cambio
1	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Cabezal de Rotación incluye motores "ROTARYHEAD,HI S"	1	0	2657922023	10067008	10,000	3/09/2024	5,016	PT827326	35	9,965	830	15/12/2026
2	PEE0002	5,051	Diesel engine	Motor diesel Caterpillar C-18 de 630hp	1	0	2657760647		16,000				5,051	10,949	912	4/03/2027
3	PEE0002	5,051	Sistema de transmisión	Carrilería completa CS y NCS	1	0	2657735763		40,000				5,051	34,949	2,912	24/08/2032
4	PEE0002	5,051	Sistema de transmisión	Orugas completas para rodado del equipo	2	0	2657700536		20,000				5,051	14,949	1,246	31/01/2028
5	PEE0002	5,051	Sistema de transmisión	Mando Final sin motor de propulsion	2	0	2657415929		20,000				5,051	14,949	1,246	31/01/2028
6	PEE0002	5,051	Sistema de aire	Compresor de Aire Modelo HR2.5	1	0	2658357409		12,000				5,051	6,949	579	5/04/2026
7	PEE0002	5,051	Sistema hidráulico	Mando de bombas (PTO)	1	0	2657651234		12,000				5,051	6,949	579	5/04/2026
8	PEE0002	5,051	Sistema estructural	Estructura unica de torre de perforación de 30 pies	1	0	2659597454		20,000				5,051	14,949	1,246	31/01/2028

				COMPONENTES MENORES												
1	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Motor hidráulico de ventilador para endriadores	1	0	2658607591		12,000				5,051	6,949	579	5/04/2026
2	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Valvula de control de Motor de ventilador de enfri	1	0	2658607584		12,000				5,051	6,949	579	5/04/2026
3	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Cilindros hidraulicos de gatas delanteras	1	0	2658252641		15,000				5,051	9,949	829	11/12/2026
4	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Cilindro hidraulico de gata posterior	1	0	2658268801		10,000				5,051	4,949	412	20/10/2025
5	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Compresor de aire acondicionado	2	0	2659613556		12,000				5,051	6,949	579	5/04/2026
6	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Motor de presurizacion de cabina de aire acondico	1	0	2658504068		10,000				5,051	4,949	412	20/10/2025
7	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Motor hidraulico de inyeccion de agua	1	0	2657423824		14,000				5,051	8,949	746	18/09/2026
8	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Bomba de inyeccion de agua	1	0	2657531626		12,000				5,051	6,949	579	5/04/2026
9	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Enfriador de aire de admision de motor (radiador)	1	0	2657638041		10,000				5,051	4,949	412	20/10/2025
10	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Enfriador de refrigerante de motor (radiador)	1	0	2658389933		10,000				5,051	4,949	412	20/10/2025
11	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Enfriador de aceite compresor (radiador)	1	0	2657039638		12,000				5,051	6,949	579	5/04/2026
12	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Enfriador de aceite hidráulico (radiador)	4	0	2657106429		14,000				5,051	8,949	746	18/09/2026
13	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Enfriador de combustible	2	0	2657506446		8,000				5,051	2,949	246	6/05/2025
14	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Motor hidraúlico del colector de polvo	2	0	2657501116		8,000				5,051	2,949	246	6/05/2025
15	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Hélices del colector de polvo	1	0	2657154916		10,000				5,051	4,949	412	20/10/2025
16	PEE0002	5,051	Sistema de perforación	Tanque completo para sistema de lubricación de n	2	0	2658488003		10,000				5,051	4,949	412	20/10/2025

Obtenida de: Elaboración propia - Datos extraídos del área de E&M de la UM Shahuindo.

Anexo 37. Evidencia de reporte de Backlog una vez implementado el PMP.

PAN AMERICAN SILVER — PERÚ

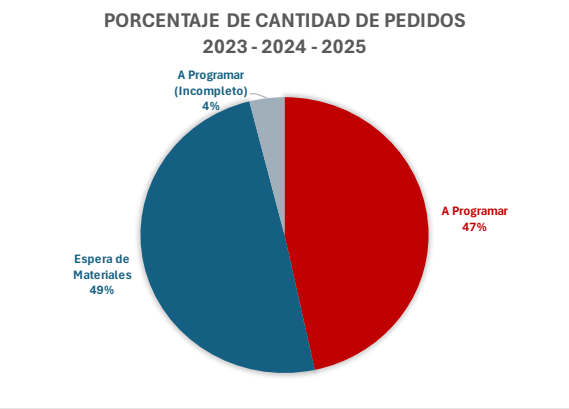
REPORTE DE SEGUIMIENTO DE BACKLOGS
MANTENIMIENTO MINA

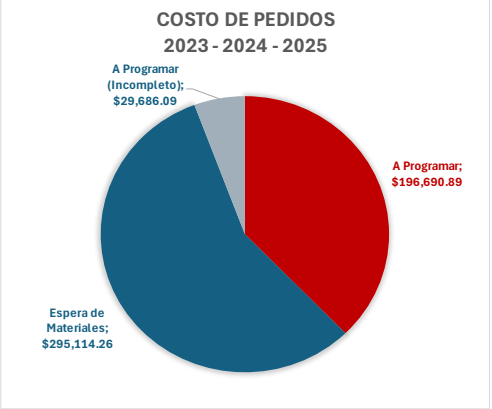
30/07/2025

CANTIDAD DE BACKLOGS

EQUIPO	CANTIDAD
A Programar	83
Espera de Materiales	88
A Programar (Incom	7
Total general	**178**

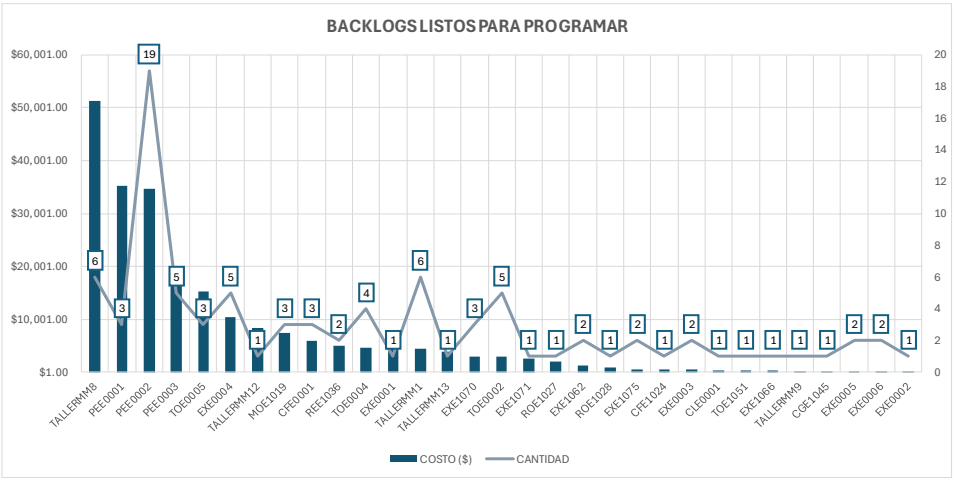
EQUIPO	COSTO ($)
A Programar	$ 196,690.89
Espera de Materiales	$ 295,114.26
A Programar (Incom	$ 29,686.09
Total general	**$ 521,491.23**





BACKLOGS A PROGRAMAR

EQUIPO	COSTO ($)	CANTIDAD
TALLERMM8	$ 51,209.88	6
PEE0001	$ 35,161.23	3
PEE0002	$ 34,685.33	19
PEE0003	$ 19,198.74	5
TOE0005	$ 15,189.31	3
EXE0004	$ 10,485.18	5
TALLERMM12	$ 8,463.94	1
MOE1019	$ 7,395.08	3
CFE0001	$ 5,934.72	3
REE1036	$ 4,958.24	2
TOE0004	$ 4,662.85	4
EXE0001	$ 4,589.65	1
TALLERMM1	$ 4,542.84	6
TALLERMM13	$ 3,868.16	1
EXE1070	$ 3,037.24	3
TOE0002	$ 3,006.43	5
EXE1071	$ 2,679.01	1
ROE1027	$ 1,998.00	1
EXE1062	$ 1,200.38	2
ROE1028	$ 837.67	1
EXE1075	$ 551.91	2
CFE1024	$ 496.26	1
EXE0003	$ 491.05	2
Total general	**$ 226,376.97**	**90**



EQUIPO	PT	ESTADO PT	DESCRIPCIÓN	COSTO ($)	EN ALMACÉN (DÍAS
EXE0002	1513887	A Programar	BLMM_3425_CAMBIAR CONJUNTO DE INTERRUPTOR BASCULANTE DE CIRCULINA	$ 54.73	2
EXE0003	787600	A Programar	BLMM_2598_CAMBIO DE GASKET DEL CARTER DEL MOTOR POR FUGA DE ACEITE	$ 273.28	397
EXE0003	1517486	A Programar	P.inv-RQMM_3201REQUERIMIENTO DE PLANCHAS HARDOX PARA REPARACION DE CUCHARONES ,TOLVAS,LAMPOI	$ 217.77	0
EXE0004	766901	A Programar (Inco	BLMM_2415_CAMBIO DE PINES Y BOCINAS DEL STICK Y LINK AS	$ 6,273.45	469
EXE0004	799274	A Programar	BLMM_2590_CAMBIO DE BOMBA DE REFRIGERANTE DE MOTOR C.DIRECTA (Fuera del Acuerdo SHA - 08 FESA)	$ 2,514.29	360
EXE0004	1499306	A Programar	BLMM_3303_CAMBIO DE ANTENA DE LA RADIO AM Y FM	$ 14.51	48
EXE0004	1513888	A Programar	BLMM_3426_CAMBIAR CONJUNTO DE INTERRUPTOR BASCULANTE DE CIRCULINA	$ 54.73	2
EXE0004	1517490	A Programar	P.inv-EAM - 1473678|TALLERMM1|RQMM_3227_REQUERIMIENTO DE GRASA PARA ENGRASE DE CHAPAS, BISAGRAS	$ 1,628.20	0
EXE0005	1505005	A Programar	BLMM_3345_CAMBIO DE SELLO DE TAPA DE CAJA DE VOLANTE POR FUGA EEXTERNA DE ACEITE	$ 20.80	27
EXE0005	1513894	A Programar	BLMM_3427_CAMBIAR CONJUNTO DE INTERRUPTOR BASCULANTE DE CIRCULINA	$ 54.73	2
EXE0006	1509456	A Programar (Inco	BLMM_3394_INSTALACION DE PERNOS DE BASE DEL SOPORTE LH DE COMPUERTAS DE ENFRIADORES	$ 16.08	21
EXE0006	1513896	A Programar	BLMM_3428_CAMBIAR CONJUNTO DE INTERRUPTOR BASCULANTE DE CIRCULINA	$ 54.73	2
PEE0002	819654	A Programar	BLMM_2879_CAMBIO DE KIT DE O-RING MOTORHYD VARIABLE DE CABEZAL DE ROTACIÓN	$ 783.80	297
PEE0002	842351	A Programar (Inco	BLMM_2953_CAMBIO DE POLEAS, SPROCKET, CADENAS Y CABLES DE AVANCE POR DESGASTE	$ 6,435.28	241

Obtenida de: Elaboración propia - Datos extraídos del área de E&M de la UM Shahuindo.

Anexo 38. Evidencia de Cartillas de mantenimiento - Volquete G540 Scania.

CARTILLAS DE MANTENIMIENTO MECANICO
CAMION VOLQUETE SCANIA G540
S - 1000 HRS

SCANIA — PAN AMERICAN SILVER

WORKSCOPE

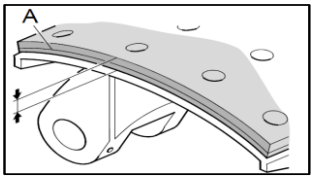
DATOS DEL EQUIPO.		REALIZADO.	
CÓDIGO	:	FECHA	:
DESCRIPCIÓN	: **PM - Mantenimiento 1000 Hrs**	HR / KM	:

- TODO TRABAJO DE REPARACIÓN REQUIERE EL BLOQUEO DEL EQUIPO.
- TODO BLOQUEO ES INDIVIDUAL Y SE HACE EN LA LLAVE DE CORTE GENERAL DE ENERGÍA.
- EL ACEITE CALIENTE PUEDE CAUSAR SEVEROS DAÑOS A LA PIEL.

SI ✓ NO ✗

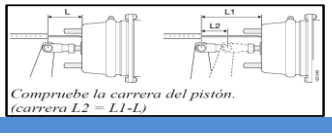
DURANTE LA RECOGIDA DEL VEHICULO			
1	Colocar Tarjeta de Bloqueo - vehículo en mantenimiento.		
2	Lavado : Limpiar la suciedad y el barro del chasis para facilitar su comprobación.		
EN LA ZONA DE MANTENIMIENTO			
3	Colocar Tarjeta de Bloqueo - vehículo sin energía.		
4	Seguridad : Calzar las ruedas, fijar el dispositivo basculante y desconectar el interruptor de batería.		
DEBE REALIZARSE CON UN ORDENADOR			
5	Datos de funcionamiento : Enviar los datos de funcionamiento del vehículo con el SDP3. Si no dispone de una conexión a Internet activa, guarde los datos de funcionamiento recuperados en el ordenador. Los datos de funcionamiento se pueden enviar a fábrica posteriormente.		
6	Unidades de mando : Leer y anotar los códigos de avería. Borrar los códigos de avería.		
7	Software : Compruebe si es necesario actualizar el software.		
8	Indicador de mantenimiento : Establecer la distancia recorrida para el siguiente evento de mantenimiento. Activar el recordatorio para el siguiente evento de mantenimiento.		
MEDIDAS BAJO EL VEHICULO			
9	Frenos de tambor : Comprobar si hay juego en la palanca de freno y la leva de frenos.		
Los forros de freno deben tener un grosor superior a 8 mm.			
10	Forros de freno : Comprobar el grosor de los forros de freno en el eje 1, 2, 3 y 4 en el lado izquierdo y el derecho. No debe ser menor a **8 mm**. anotar el resultado		

EJE	IZQUIERDA	DERECHA
1		
2		
3		
4		



11	Frenos de tambor, palanca de freno : Comprobar el ajuste básico y la carrera del pistón. Medir la posición del freno (L1); Medir el reglaje básico (L); Calcular la carrera (L2 = L1 - L) **30-51mm**.		

EJE	IZQUIERDA	DERECHA
1		
2		



Compruebe la carrera del pistón. (carrera L2 = L1-L)

EN LA CABINA			
12	Parabrisas, limpiaparabrisas : Comprobar el estado del parabrisas y las escobillas. Realizar comprobaciones del funcionamiento del lavaparabrisas y del lavafaros.		
13	Cinturón de seguridad : Realizar una comprobación del funcionamiento.		
FUERA DE LA CABINA			
14	Iluminación exterior : Comprobar el funcionamiento de las luces. Comprobar toda la iluminación exterior, los reflectores y la bocina. Comprobar el funcionamiento del ajuste de altura de los faros utilizando el mando de la cabina.		
15	Cerraduras de puerta: Realizar una comprobación del funcionamiento.		
16	Líquido lavacristales : Reponer el nivel de líquido lavacristales.		
17	A/A : Comprobar los tubos flexibles, la fijación del condensador y el cojinete del compresor.		
18	Sistema de refrigeración : Comprobar el nivel de líquido y medir el contenido de glicol etileno (anticongelante e inhibidor de corrosión). Contenido de glicol etileno: 45 %. Ajustar según sea necesario.		
19	Servodirección : Importante. Limpie la zona alrededor de la varilla de nivel de aceite. Comprobar el nivel de aceite.		
20	Cartucho del filtro de aire : Comprobar el indicador de obstrucción del filtro y cambiar el cartucho del filtro de aire y el cartucho de seguridad si es necesario.		
21	Lubricación : Lubricar la cabina según el diagrama de lubricación.		
PARA EL CHASIS			
22	Baterías : Comprobar que las baterías estén bien fijadas. Comprobar que las conexiones y los cables no estén dañados.		
23	Baterías : Comprobar el nivel de líquido. Ya no se incluye para baterías sin mantenimiento.		
24	Baterías : Comprobar el estado de las baterías.		
25	Depósito de combustible : Vaciar el agua del depósito de combustible.		
CABINA BASCULADA			

Obtenida de: Datos extraídos del área de E&M de la UM Shahuindo.

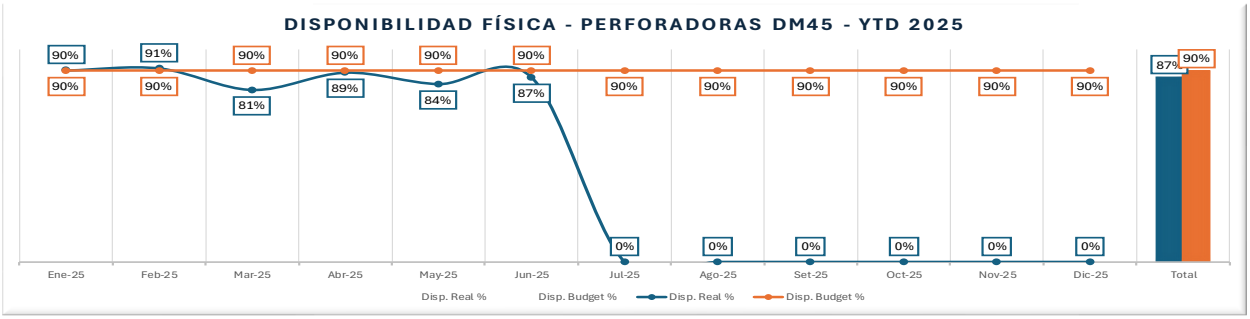
Anexo 39. Evidencia de elaboración de Informe Mensual de Mantenimiento.

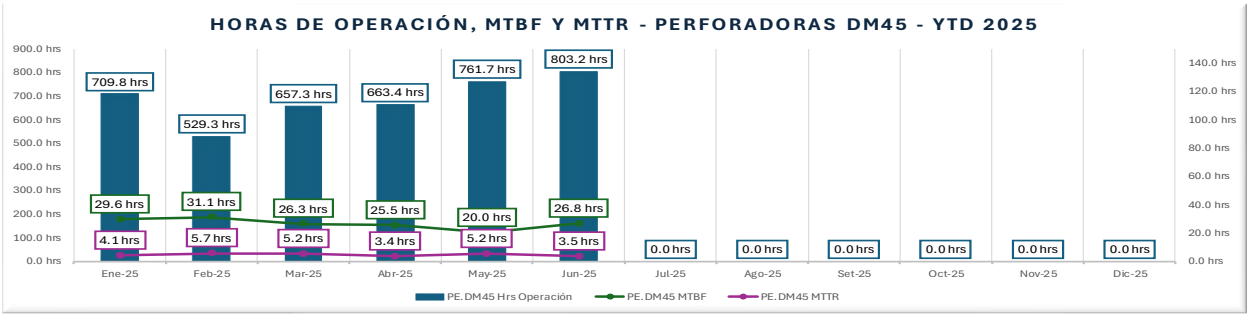
INDICADORES DE MANTENIMIENTO MINA 2025
ENERGÍA & MANTENIMIENTO

PAN AMERICAN SILVER — PERÚ

FLOTA PERFORADORAS DM45

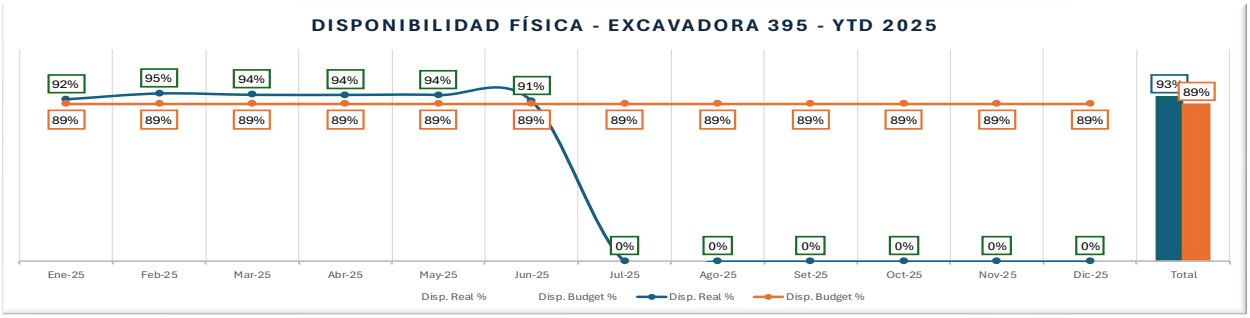
Equipo	Modelo	Ene-25	Feb-25	Mar-25	Abr-25	May-25	Jun-25	Jul-25	Ago-25	Set-25	Oct-25	Nov-25	Dic-25	Total
PEE0002	PE.DM45	94%	89%	88%	89%	88%	87%	-	-	-	-	-	-	89%
PEE0003	PE.DM45	87%	93%	74%	89%	80%	87%	-	-	-	-	-	-	85%
Disp. Real %		**90%**	**91%**	**81%**	**89%**	**84%**	**87%**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**87%**
Disp. Budget %		**90%**	**90%**	**90%**	**90%**	**90%**	**90%**	**90%**	**90%**	**90%**	**90%**	**90%**	**90%**	**90%**





FLOTA EXCAVADORAS 395

Equipo	Modelo	Ene-25	Feb-25	Mar-25	Abr-25	May-25	Jun-25	Jul-25	Ago-25	Set-25	Oct-25	Nov-25	Dic-25	Total
EXE0002	EX.395	94%	94%	97%	96%	89%	87%	-	-	-	-	-	-	93%
EXE0003	EX.395	84%	97%	91%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91%
EXE0004	EX.395	-	99%	95%	96%	93%	78%	-	-	-	-	-	-	92%
EXE0005	EX.395	94%	91%	91%	96%	96%	93%	-	-	-	-	-	-	94%
EXE0006	EX.395	91%	93%	97%	91%	96%	97%	-	-	-	-	-	-	94%
EXE1072	EX.395	95%	-	-	91%	97%	98%	-	-	-	-	-	-	95%
Disp. Real %		**92%**	**95%**	**94%**	**94%**	**94%**	**91%**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**93%**
Disp. Budget %		**89%**	**89%**	**89%**	**89%**	**89%**	**89%**	**89%**	**89%**	**89%**	**89%**	**89%**	**89%**	**89%**





Obtenida de: Datos extraídos del área de E&M de la UM Shahuindo.

Anexo 40. Evidencia de Reporte mensual de costos Indirectos

PAN AMERICAN SILVER — PERÚ

Reporte de Costos Directos

Costos Directos de Equipos - Mantenimiento Mina
Unidad: Mina Shahuindo
Mes: Jul-24

Flota	Modelo	Julio							0202 - Perforacion (Drilling) YTD Julio						
PERFORADORA DM45		Budget US$	Budget Hr	Budget US$ / Hr	Actual US$	Actual Hr	Actual US$ / Hr	Var (A-B)	%	Budget US$	Budget Hr	Budget US$ / Hr	Actual US$	Actual Hr	Actual US$ / Hr	Var (A-B)	%
PERFORADORA DM45	8012 - Maintenance Costs	$ 52,397	689	$ 76.0	$ 28,829	606	$ 47.57	$ -23,568	-45%	$ 330,610	3976	$ 83.1	$ 319,156	4089	78.1	$ -11,454	-3%



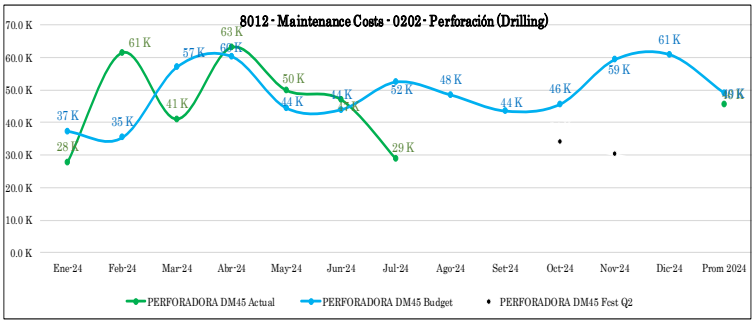
Budget Mes: -24K por debajo del presupuesto, debido a:

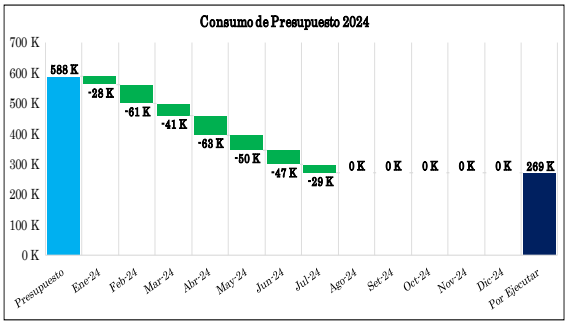
No se realizó los servicios de:
Inspección de equipo AT2 por parte de Epiroc + Cambio de Joysticks

YTD Budget: -151K (46%) por debajo del presupuesto, debido a:

No se realizó los servicios de:
Evaluación NDT de estructuras a Perforadoras
Evaluación de Épiroc general antes de culminación de garantía

----------En Setiembre se realizaá el cambio de Cabezal por uno nuevo, el cual imcurrirá en un costo mayor a 131K, nivelando los costos presupuestados----------





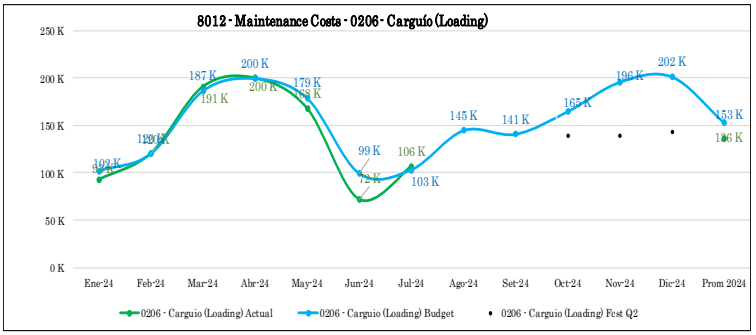
Modelo	Flota	Julio							0206 - Carguio (Loading) YTD Julio						
Excavadoras	395	Budget US$	Budget Hr	Budget US$ / Hr	Actual US$	Actual Hr	Actual US$ / Hr	Var (A-B)	%	Budget US$	Budget Hr	Budget US$ / Hr	Actual US$	Actual Hr	Actual US$ / Hr	Var (A-B)	%
Excavadoras	8012 - Maintenance Costs	$ 102,886	2776	$ 37.1	$ 106,481	2600	$ 40.95	$ 3,596	3%	$ 989,062	16491	$ 60.0	$ 950,554	16124	$ 58.95	$ -38,507	-4%

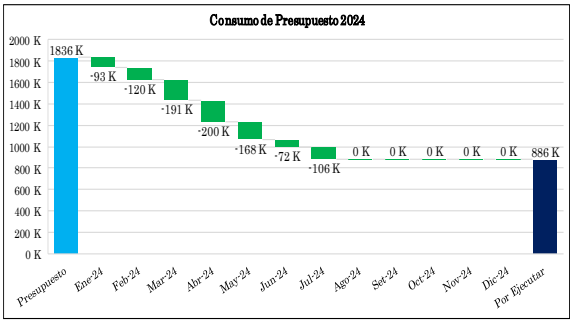


Budget Mes: ok

YTD Budget: -39K (40%) por debajo de lo presupuestado.

-No se realiza el Barrenado a 02 excavadoras "Se realizará en el Q4", No se realiza el cambio de componetes menores a la EXE0006 "Esto se realizará en Agosto"
-Tenemos menor costo en Gets debido a que no Usamos puntas Advansys
-No se realiza Evaluación General por de culminación de Garantía





Obtenida de: Datos extraídos del área de E&M de la UM Shahuindo.