Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
Metalúrgica y Geográfica
Unidad de Posgrado

Gestión de equipos mineros para mejorar la rentabilidad económica en la UEA Capitana-Caravelí

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ingeniería de Minas con mención en Gestión Minera y Ambiental

AUTOR

Janina ARAMBURU PALOMINO

ASESOR

Dr. Carlos DEL VALLE JURADO

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Aramburu, J. (2025). *Gestión de equipos mineros para mejorar la rentabilidad económica en la UEA Capitana-Caravelí*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Janina Aramburu Palomino
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43049260
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-2696-8887
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos del Valle Jurado
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10266187
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-3040-1396
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jorge Escalante Contreras
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	28286636
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Nora Rosa Concepción Malca Casavilca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08129250
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Luis Miguel Soto Juscamayta
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	70229130
Datos de investigación	

Línea de investigación	C.0.4.30. Gestión Minera
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Los Olivos Urbanización: Villa del Norte Avenida: Las Palmeras cdra. 52 Latitud: -12.011934506282111 Longitud: -77.09764174075644
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022-2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería ambiental, Minería: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.05 Otras ingenierías y tecnologías: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.02

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima, a los doce días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las once horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen Nº 000416-2025-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 10 de diciembre del 2025, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TÍTULO

«GESTIÓN DE EQUIPOS MINEROS PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD ECONÓMICA EN LA UEA CAPITANA-CARAVELÍ»

Presentado por la Bach. **JANINA ARAMBURU PALOMINO**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **INGENIERÍA DE MINAS con mención en GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL.**

El Secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente Nº F16A1-20240000721, de fecha 27 de setiembre del 2024, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y que cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral Nº 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación, se procede con la calificación de la Tesis, de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente de conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

Muy Bueno (17)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **INGENIERÍA DE MINAS con mención en GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL** a la Bach. **JANINA ARAMBURU PALOMINO.**

Siendo las 12:00 horas, se dio por concluido al acto académico.

DR. JORGE ESCALANTE CONTRERAS
Presidente

DRA. NORA ROSA CONCEPCIÓN MALCA CASAVILCA
Secretario

MG. LUIS MIGUEL SOTO JULCAMAYTA
Miembro

DR. CARLOS DEL VALLE JURADO
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

Anexo 1
CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **CARLOS DEL VALLE JURADO** en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la **UPG** Nº 000364-2024-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM de la tesis, cuyo título es «**GESTIÓN DE EQUIPOS MINEROS PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD ECONÓMICA EN LA UEA CAPITANA- CARAVELÍ**», presentado por la Bach. **JANINA ARAMBURU PALOMINO** para optar el grado académico de **MAGISTER EN INGENIERÍA DE MINAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL**, **CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **5%** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado académico de **MAGISTER EN INGENIERÍA DE MINAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL.**

Lima, 22 de setiembre del 2026

Firma del Asesor 

Nombres y Apellidos del asesor: Dr. Carlos Del Valle Jurado

DNI: 10266187

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

DEDICATORIA:

A dios por permitirme culminar mis estudios y seguir creciendo mi espíritu de superación.

A mis padres por su constante apoyo e incondicional

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a la Facultad y a los docentes de post grado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

A mi jefe y personal de mantenimiento por brindarme su apoyo con sus comentarios y recomendaciones

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN XVIII

ABSTRACT XIX

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 20

1.1. Situación Problemática 21

1.2. Formulación del Problema 22

1.2.1. Problema General 22

1.2.2. Problemas Específicos 22

1.3. Justificación de la Investigación 22

1.3.1. Justificación Teórica 22

1.3.2. Justificación Práctica 23

1.4. Objetivos de la Investigación 23

1.4.1. Objetivo General 23

1.4.2. Objetivos Específicos 23

1.5. Hipótesis 24

1.5.1. Hipótesis General 24

1.5.2. Hipótesis Específica 24

1.5.3. Matriz de Consistencia 25

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 26

2.1. Antecedentes 26

2.1.1. Internacionales 26

2.1.2. Nacionales 32

2.2. Bases Teóricas 34
2.2.1. Gestión de Activos en la Minería 34
2.2.1.1. Definición de Gestión de Activos 34
2.2.1.2. Normativa Internacional Relevante (ISO 55000) 35
2.2.1.3. Aplicación de la Gestión de Activos en la Minería 36
2.2.2. Equipos Mineros en Operaciones Subterráneas 37
2.2.2.1. Tipos de Equipos Mineros y sus Funciones 37
2.2.2.2. Ciclo de Vida de los Equipos Mineros 40
2.2.2.3. Factores que Afectan la Vida Útil de los Equipos 42
2.2.3. Indicadores Clave de Desempeño (KPI) en la Minería 44
2.2.3.1. Disponibilidad Mecánica 44
2.2.3.2. Índice de Utilización 45
2.2.3.3. Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) 45
2.2.3.4. Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) 45
2.2.4. Impacto de los Costos Operativos en la Rentabilidad 45
2.2.4.1. Análisis del Costo por Hora de Equipos 46
2.2.4.2. Relación entre Costos Operativos y Rentabilidad 46
2.2.4.3. Mejores Prácticas en Mantenimiento Preventivo y Correctivo 46
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 51
3.1. Tipo y Diseño de la Investigación 51
3.2. Variables 52
3.2.1. Variables Independientes 52
3.2.2. Variable Dependiente 52

3.2.3. Variables Controladas 52
3.2.4. Matriz de Operacionalización de Variables 52
3.3. Unidad de Análisis 53
3.3.1. Descripción General 53
3.3.2. Ubicación y Accesibilidad 54
3.3.3. Características Geológicas y Mineralógicas 54
3.3.4. Método de Explotación Minera 54
3.4. Población y Muestra 56
3.4.1. Población 56
3.4.2. Muestra 56
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información 56
3.5.1. Técnicas de Investigación 56
3.5.2. Instrumentos de Investigación 56
3.5.2.1. Matriz de Instrumentos 57
3.6. Análisis e Interpretación de la Información 58
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 59
4.1. Presentación de Resultados 59
4.1.1. Descripción de Operaciones Mina 59
4.1.2. Estimación de Costos en Operaciones Mina 60
4.1.3. Evaluación de Indicadores de Desempeño 63
4.1.3.1. Data Histórica y Análisis Estadístico de la Disponibilidad Mecánica de Lomocotoras 63

4.1.3.2. Análisis Estadístico de la Disponibilidad Mecánica de las Locomotoras 65

4.1.3.2.1. Evaluación de la Disponibilidad Mecánica de las Locomotoras Observadas 66

4.1.3.3. Análisis Estadístico del Tiempo Medio entre Fallas de las Locomotoras 67

4.1.3.3.1. Evaluación del Tiempo Medio entre Fallas de las Locomotoras 69

4.1.3.4. Análisis Estadístico del Tiempo Medio para Reparación de las Locomotoras 70

4.1.3.4.1. Evaluación del Tiempo Medio para Reparación de las Locomotoras 71

4.1.3.5. Análisis Estadístico de la Confiabilidad de las Locomotoras ... 72

4.1.3.5.1. Evaluación de la Confiabilidad de las Locomotoras.. 74

4.1.3.6. Análisis Estadístico del Número de fallas de las Locomotoras 74

4.1.3.6.1. Evaluación del Número de Fallas de las Locomotoras.. 76

4.1.3.7. Data Histórica y Análisis Estadístico de la Disponibilidad Mecánica de los Equipos Trackless 77

4.1.3.8. Análisis Estadístico de la Disponibilidad Mecánica de los Dumpers 79

4.1.3.8.1. Evaluación de la Disponibilidad Mecánica de los Dumpers 80

4.1.3.9. Análisis Estadístico del Tiempo Medio entre Fallas de los Dumpers 81

4.1.3.9.1. Evaluación del Tiempo Medio entre Fallas de los Dumpers 83

4.1.3.10. Análisis Estadístico del Tiempo Medio para Reparación de los Dumpers 83

4.1.3.10.1. Evaluación del Tiempo Medio para Reparación de los Dumpers 85

4.1.3.11. Análisis Estadístico de la Confiabilidad de los Dumpers 85

4.1.3.11.1. Evaluación de la Confiabilidad de los Dumpers..... 87

4.1.3.12. Análisis Estadístico del Número de Fallas de los Dumpers ... 87

4.1.3.12.1. Evaluación del Número de Fallas de los Dumpers .. 89

4.1.3.13. Análisis Estadístico de la Disponibilidad Mecánica de los Scooptrams..... 90

4.1.3.13.1. Evaluación de la Disponibilidad Mecánica de los Scooptrams 91

4.1.3.14. Análisis Estadístico del Tiempo Medio entre Fallas de los Scooptrams..... 92

4.1.3.14.1. Evaluación de la Disponibilidad Mecánica de los Scooptrams 94

4.1.3.15. Análisis Estadístico del Tiempo Medio para Reparación de los Scooptrams..... 95

4.1.3.15.1. Evaluación del Tiempo Medio para Reparación de los Scooptrams 97

4.1.3.16. Análisis Estadístico de la Confiabilidad de los Scooptrams ... 98

4.1.3.16.1. Evaluación de la Confiabilidad de los Scooptrams 100

4.1.3.17. Análisis Estadístico del Número de Fallas de los Scooptrams 101

4.1.3.17.1. Evaluación del Número de Fallas de los Scooptrams 103

4.1.4. Costos de Operación de Equipos Mineros 104

4.1.4.1. Costo de Operación de Locomotoras 105

4.1.4.1.1. Costo de Operación de Locomotora LE04..... 105

4.1.4.1.2. Costo de Posesión de Locomotora LE04 106

4.1.4.1.3. Costo de Operación de Locomotora LE09..... 108

4.1.4.1.4. Costo de Posesión de Locomotora LE09 108

4.1.4.1.5. Costo de Operación de Locomotora LE30..... 111

4.1.4.1.6. Costo de Posesión de Locomotora LE30 111

4.1.4.1.7. Costo de Operación de Locomotora LE34..... 113

4.1.4.1.8. Costo de Posesión de Locomotora LE34 114

4.1.4.2. Costo de Operación de Dumpers 116

4.1.4.2.1. Costo de Operación de Dumper DM01 116

4.1.4.2.2. Costo de Posesión de Dumper DM01 117

4.1.4.2.3. Costo de Operación de Dumper DM04 120

4.1.4.2.4. Costo de Posesión de Dumper DM04 120

4.1.4.3. Costo de Operación de Scooptrams 123
4.1.4.3.1. Costo de Operación de Scooptram SD05..... 123
4.1.4.3.2. Costo de Posesión de Scooptram SD05 124
4.1.4.3.3. Costo de Operación de Scooptram SD06..... 126
4.1.4.3.4. Costo de Posesión de Scooptram SD06 127
4.1.4.3.5. Costo de Operación de Scooptram SD12..... 129
4.1.4.3.6. Costo de Posesión de Scooptram SD12 130
4.1.5. Evaluación del Reemplazo de Activos 132
4.1.5.1. Evaluación del Reemplazo de la Locomotora LE04..... 132
4.1.5.1.1. Proyección de Flujo de Costos de la Locomotora Nueva 133
4.1.5.2. Evaluación del Reemplazo del Dumper DM01 135
4.1.5.2.1. Proyección de Flujo de Costos del Dumper Nuevo . 135
4.1.5.3. Evaluación del Reemplazo del Scooptram SD05 137
4.1.5.3.1. Proyección de Flujo de Costos del Scooptram Nuevo... 138
4.2. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados..... 140
4.3. Comprobación de Hipótesis..... 143
4.3.1. Hipótesis General..... 143
4.3.2. Hipótesis Específica 1..... 144
4.3.3. Hipótesis Específica 2..... 144
4.3.4. Hipótesis Específica 3..... 145
CONCLUSIONES 146

RECOMENDACIONES 148

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 150

ANEXOS 154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 *Distribución de costos en mina* 62

Figura 2 *Gráfica de caja de disponibilidad mecánica de las locomotoras* 65

Figura 3 *Gráficas lineales con marcadores de la disponibilidad mecánica de las locomotoras observadas* 67

Figura 4 *Gráfica de caja del tiempo medio entre fallas de las locomotoras* 68

Figura 5 *Gráficas lineales con marcadores del tiempo medio entre fallas de las locomotoras observadas* 69

Figura 6 *Gráfica de caja del tiempo medio para reparación de las locomotoras* 70

Figura 7 *Gráficas lineales con marcadores del tiempo medio para reparación de las locomotoras observadas* 72

Figura 8 *Gráfica de caja de la confiabilidad de las locomotoras* 73

Figura 9 *Gráficas lineales con marcadores de la confiabilidad de las locomotoras observadas* 74

Figura 10 *Gráfica de caja del número de fallas de las locomotoras* 75

Figura 11 *Gráficas lineales con marcadores del número de fallas de las locomotoras observadas* 77

Figura 12 *Gráfica de caja de disponibilidad mecánica del equipo Dumper* 79

Figura 13 *Gráficas lineales con marcadores de la disponibilidad mecánica de los dumpers* 81

Figura 14 *Gráfica de caja del tiempo medio entre fallas del equipo Dumper* 82

Figura 15 *Gráficas lineales con marcadores del tiempo medio entre fallas de los dumpers* 83

Figura 16 *Gráfica de caja del tiempo medio para reparación del equipo Dumper* 84

Figura 17 *Gráficas lineales con marcadores del tiempo medio para reparación de los equipos dumpers* 85

Figura 18 *Gráfica de caja de la confiabilidad del equipo Dumper* 86

Figura 19 *Gráficas lineales con marcadores de la confiabilidad de los equipos dumpers* 87

Figura 20 *Gráfica de caja del número de fallas del equipo Dumper* 88

Figura 21 *Gráficas lineales con marcadores del número de fallas de los dumpers* 89

Figura 22 *Gráfica de caja de disponibilidad mecánica de los equipos Scooptrams* 90

Figura 23 *Gráficas lineales con marcadores de la disponibilidad mecánica de los scooptrams* 92

Figura 24 *Gráfica de caja del tiempo medio entre fallas de los equipos Scooptrams* 93

Figura 25 *Gráfica lineal con marcadores del tiempo medio entre fallas de los equipos Scooptrams* 95

Figura 26 *Gráfica de caja del tiempo medio para reparación de los equipos Scooptrams* 96

Figura 27 *Gráfica lineal con marcadores del tiempo medio para reparación de los scooptrams* 98

Figura 28 *Gráfica de caja de la confiabilidad de los equipos Scooptrams* 99

Figura 29 *Gráfica lineal con marcadores de la confiabilidad de los scooptrams* 101

Figura 30 *Gráfica de caja del número de fallas de los equipos Scooptrams* 102

Figura 31 *Gráfica lineal con marcadores del número de fallas de los scooptrams* 104

Figura 32 *Costos operativos según el año de la locomotora LE04* 107

Figura 33 *Costos operativos según el año de la locomotora LE09* 110

Figura 34 *Costos operativos según el año de la locomotora LE30* 112

Figura 35 *Costos operativos según el año de la locomotora LE34* 115

Figura 36 *Costos operativos según el año del dumper DM01* 119

Figura 37 *Costos operativos según el año del dumper DM04* 122

Figura 38 *Costos operativos según el año del scooptram SD05* 125

Figura 39 *Costos operativos según el año del scooptram SD05* 128

Figura 40 *Costos operativos según el año del scooptram SD12* 131

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 *Matriz de consistencia* 25

Tabla 2 *Matriz de la operacionalización de variables* 53

Tabla 3 *Descripción de los enfoques de la investigación* 57

Tabla 4 *Lista de locomotoras de la mina Capitana* 64

Tabla 5 *Análisis estadísticos de la data histórica de la disponibilidad mecánica de las locomotoras* 66

Tabla 6 *Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio entre fallas de las locomotoras* 68

Tabla 7 *Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio para reparación de las locomotoras* 71

Tabla 8 *Análisis estadísticos de la data histórica de la confiabilidad de las locomotoras* 73

Tabla 9 *Análisis estadísticos de la data histórica de la confiabilidad de las locomotoras* 76

Tabla 10 *Lista de equipos trackless de la mina Capitana* 78

Tabla 11 *Análisis estadísticos de la data histórica de la disponibilidad mecánica del equipo Dumper* 80

Tabla 12 *Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio entre fallas del equipo Dumper* 82

Tabla 7 *Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio para reparación del equipo Dumper* 84

Tabla 14 *Análisis estadísticos de la data histórica de la confiabilidad del equipo Dumper*..... 86

Tabla 15 *Análisis estadísticos de la data histórica del número de fallas del equipo Dumper*..... 89

Tabla 16 *Análisis estadísticos de la data histórica de la disponibilidad mecánica de los Scooptrams* 91

Tabla 17 *Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio entre fallas de los Scooptrams* 94

Tabla 18 *Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio entre fallas de los Scooptrams* 97

Tabla 19 *Análisis estadísticos de la data histórica de la confiabilidad de los Scooptrams* 100

Tabla 20 *Análisis estadísticos de la data histórica del número de fallas de los Scooptrams*..... 103

Tabla 21 *Datos técnicos de la locomotora LE04* 105

Tabla 22 *Costos de operación de la locomotora LE04* 106

Tabla 23 *Costos de operación proyectados de la locomotora LE04* 107

Tabla 24 *Datos técnicos de la locomotora LE09* 108

Tabla 25 *Costos de operación de la locomotora LE09* 109

Tabla 26 *Costos de operación proyectados de la locomotora LE09* 110

Tabla 27 *Datos técnicos de la locomotora LE30* 111

Tabla 28 *Costos de operación de la locomotora LE30* 112

Tabla 29 *Costos de operación proyectados de la locomotora LE30* 113

Tabla 30 *Datos técnicos de la locomotora LE34* 114

Tabla 31 *Costos de operación de la locomotora LE34* 115

Tabla 29 *Costos de operación proyectados de la locomotora LE34* 116

Tabla 33 *Datos técnicos del dumper DM01* 117

Tabla 34 *Costos de operación del dumper DM01* 118

Tabla 35 *Costos de operación proyectados del dumper DM01* 119

Tabla 36 *Datos técnicos del dumper DM04* 120

Tabla 37 *Costos de operación del dumper DM04* 121

Tabla 38 *Costos de operación proyectados del dumper DM04* 122

Tabla 39 *Datos técnicos del scooptram SD05* 123

Tabla 40 *Costos de operación del scooptram SD05* 124

Tabla 41 *Costos de operación proyectados del scooptram SD05* 125

Tabla 42 *Datos técnicos del scooptram SD06* 126

Tabla 43 *Costos de operación del scooptram SD06* 127

Tabla 44 *Costos de operación proyectados del scooptram SD06* 128

Tabla 45 *Datos técnicos del scooptram SD12* 129

Tabla 46 *Costos de operación del scooptram SD12* 130

Tabla 47 *Costos de operación proyectados del scooptram SD12* 131

Tabla 48 *Flujo de costos simplificado de la locomotora LE04* 132

Tabla 49 *Datos técnicos de la locomotora nueva* 133

Tabla 50 *Costos de operación proyectados de la locomotora nueva* 134

Tabla 51 *Flujo de costos simplificado de la locomotora nueva* 134

Tabla 52 *Flujo de costos simplificado del dumper DM01* 135

Tabla 53 *Datos técnicos del dumper nuevo* 136

Tabla 54 *Costos de operación proyectados del dumper nuevo* 136

Tabla 55 *Flujo de costos simplificado del dumper nuevo* 137

Tabla 56 *Flujo de costos simplificado del scoop SD-05* 138

Tabla 57 *Datos técnicos del scooptram nuevo* 138

Tabla 58 *Costos de operación proyectados del scooptram nuevo* 139

Tabla 59 *Flujo de costos simplificado del scooptram nuevo* 139

RESUMEN

La presente tesis de maestría evaluó la gestión de equipos mineros considerados como críticos por su alto impacto en la rentabilidad económica de la operación de la UEA La Capitana en Caraveli, provincia de Nazca. Los equipos evaluados fueron las Locomotoras cuyo indicador estándar determinado por operaciones mina fue de 90%, sin embargo la media de dicho indicador según el análisis estadístico determinó datos atípicos menor al 92.26%, sin embargo, equipos como la locomotora LE04, LE05, LE30 y LE34 demostraron tener bajo desempeño, observando tendencias a aumentar el número de fallas en los equipos se pudo observar tendencias positivas para los equipos LE04, LE30, y LE34, mientras que la locomotora LE09 disminuyó dicho indicador en el tiempo. La antigüedad del equipo LE04 determinó su evaluación de reemplazo. Con respecto a los equipos Dumper fueron evaluados por bajo desempeño los equipos DM01, y DM04, cuyos valores históricos de disponibilidad mecánica para este último demostró una tendencia negativa, sin embargo, dicho equipo se encuentra dentro del periodo de vida útil de fábrica, por último, se evaluó el desempeño de los Scooptram bajo el estándar de 83% de disponibilidad mecánica requerida por la operación, determinando al equipo SD05 como un activo critico en la operación.

Con respecto a la gestión de reemplazo de activos se determinó que no es económicamente rentable cambiar la locomotora LE04, ni el equipo Dumper DM01, los cuales fueron evaluando los CAUE hasta el año 2035, por otro lado, el cambio del equipo SCOOPTRAM SD05, determinó un VP de –10520375.05 S/. y un CAUE de -11402964.65 S/., por un equipo nuevo, el cual proyecto analizo un VP de –3701752,57 S/. y un CAUE de -493654.27S/., lo que demostró que el cambio de dicho activo permitirá aumentar la rentabilidad económica la UEA La Capitana en Caravelí.

Palabras claves: Gestión de equipos mineros, rentabilidad, reemplazo, disponibilidad.

ABSTRACT

This master's thesis evaluated the management of mining equipment considered critical due to its high impact on the economic profitability of the La Capitana UEA operation in Caraveli, Nazca province. The equipment evaluated were the locomotives whose standard indicator determined by mine operations was 90%, however the average of said indicator according to the statistical analysis determined atypical data was less than 92.26%, however, equipment such as locomotive LE04, LE05, LE30 and LE34 demonstrated low performance, observing tendencies to increase the number of equipment failures. Positive trends could be observed for equipment LE04, LE30, and LE34, while locomotive LE09 decreased said indicator over time. The age of the LE04 equipment determined its replacement evaluation. Regarding the Dumper equipment, the DM01 and DM04 equipment were evaluated for poor performance, with historical mechanical availability values for the latter showing a negative trend. However, said equipment is within its factory useful life. Finally, the performance of the Scooptram was evaluated under the 83% mechanical availability standard required by the operation, determining the SD05 equipment as a critical asset in the operation.

Regarding asset replacement management, it was determined that it is not economically profitable to replace the LE04 locomotive and the DM01 Dumper equipment, for which the CAUEs were evaluated until 2035. On the other hand, the replacement of the SCOOPTRAM SD05 equipment determined an NPV of -1,052,0375.05 S/. and a CAUE of -1,1402,964.65 S/., for new equipment, for which the project analyzed an NPV of -3,701,752.57 S/. and a CAUE of -493,654.27 S/., which demonstrated that the change in said asset will allow the economic profitability of the UEA La Capitana in Caravelí to increase.

Keywords: Mining equipment management, profitability, replacement, availability.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En la industria minera, la gestión eficiente de los equipos mineros constituye un pilar fundamental para garantizar la productividad y rentabilidad de las operaciones. La creciente demanda de minerales preciosos como el oro y las condiciones desafiantes de las minas subterráneas exigen una planificación minuciosa y una gestión técnica adecuada de los activos. En este contexto, la UEA Capitana, ubicada en el distrito de Huanu-Huanu, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, enfrenta diversos desafíos relacionados con la gestión y el mantenimiento de su flota de equipos mineros. Estos desafíos afectan directamente la disponibilidad mecánica, el tiempo medio entre fallas y los costos operativos, repercutiendo en la rentabilidad global de la operación.

La gestión de activos mineros ha evolucionado considerablemente en las últimas décadas, con la implementación de estándares internacionales como la norma ISO 55000 y su predecesora PAS 55, que establecen un marco integral para optimizar el ciclo de vida de los activos. Sin embargo, en operaciones de mediana escala, como la UEA Capitana, se observa una brecha significativa en la aplicación de estas metodologías, lo que conlleva deficiencias en la planificación de mantenimiento, control de costos y utilización de equipos. Por ello, esta investigación busca abordar estas limitaciones y proponer estrategias basadas en principios de gestión de activos que permitan mejorar la eficiencia operativa y, en consecuencia, la rentabilidad económica de la unidad minera.

La presente investigación no solo contribuirá al fortalecimiento de las capacidades de gestión de la UEA Capitana, sino que también se alinea con las mejores prácticas internacionales en el sector minero, promoviendo un enfoque sostenible y eficiente en la administración de

recursos críticos. Además, este estudio generará conocimiento útil para otras operaciones mineras con características similares, consolidando así la importancia de una gestión adecuada de activos en la mejora continua de las operaciones mineras en el Perú.

1.1. Situación Problemática

La investigación se centrará en una empresa minera de mediana escala dedicada a la extracción de oro mediante métodos subterráneos, ubicada en el distrito de Huanuhuanu, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa. Aunque la estructura organizativa de la unidad cuenta con áreas definidas, como mantenimiento de mina y planta, lideradas por un adjunto a la jefatura de mantenimiento y apoyadas por personal técnico, se evidencian importantes deficiencias en la supervisión, organización y capacitación del personal.

Estas deficiencias se reflejan en la ausencia de un control efectivo de los indicadores clave de desempeño, como la disponibilidad mecánica, el tiempo medio entre fallas y el tiempo promedio de reparación. Adicionalmente, los programas de mantenimiento son elaborados de manera empírica, sin una base de datos consolidada que permita evaluar la vida útil de los equipos ni realizar un análisis financiero de su rendimiento. Esta situación genera costos operativos elevados y reduce la eficiencia de las operaciones.

El desconocimiento de los costos por hora de los equipos mineros, la falta de históricos sobre su desempeño y la ausencia de planes de contingencia frente a fallas recurrentes también limitan la capacidad de la empresa para optimizar sus recursos. A nivel global, se reconoce que la implementación de sistemas de gestión de activos, como los desarrollados bajo la norma ISO 55000, puede mejorar significativamente la eficiencia operativa y financiera de las empresas

mineras. Sin embargo, la UEA Capitana carece de estas herramientas, lo que representa una oportunidad clave para implementar mejoras sustanciales en su gestión de activos.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

- ¿De qué forma podemos mejorar la rentabilidad económica en la UEA Capitana- Caravelí?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo podemos identificar equipos críticos en la operación de minado de la UEA la Capitana- Caravelí?
- ¿De qué manera podemos relacionar el periodo y el costo de operación de un equipo critico en la UEA Capitana- Caravelí?
- ¿De qué manera podemos evaluar el reemplazo de un equipo critico en la UEA Capitana- Caravelí?

1.3. Justificación de la Investigación

1.3.1. Justificación Teórica

La presente investigación se fundamenta en principios y teorías relacionadas con la gestión de activos, el análisis financiero y los indicadores clave de desempeño en equipos mineros. Al analizar y correlacionar indicadores como la disponibilidad mecánica, el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo para reparaciones (MTTR) con estándares internacionales, se podrán identificar brechas y oportunidades de mejora. Además, se busca generar un marco conceptual que permita implementar herramientas avanzadas para la toma de decisiones, como modelos de

optimización de costos y evaluaciones del ciclo de vida de los activos. Este enfoque contribuirá a llenar un vacío en el conocimiento existente, proporcionando bases sólidas para futuras investigaciones en gestión de activos mineros.

1.3.2. Justificación Práctica

A nivel práctico, los resultados de esta investigación proporcionarán a la UEA Capitana S.A.C. un conjunto de estrategias y herramientas para mejorar la gestión de sus equipos mineros. Esto incluirá una planificación más efectiva de los costos operativos, un monitoreo adecuado del rendimiento de los equipos y la implementación de políticas de mantenimiento basadas en datos. También se espera que la investigación ayude a reducir el tiempo de inactividad de los equipos, prolongar su vida útil y optimizar el uso de los recursos financieros. En última instancia, estas mejoras contribuirán a aumentar la rentabilidad económica de la empresa, fortalecer su sostenibilidad y mejorar su competitividad en el mercado minero, garantizando al mismo tiempo el cumplimiento de estándares de seguridad y eficiencia operativa.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

- Mejorar la rentabilidad económica de la UEA Capitana – Caravelí mediante la gestión eficiente de los equipos mineros, a través del análisis de criticidad y evaluación de reemplazo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar los equipos críticos en la operación de minado de la UEA Capitana – Caravelí mediante el análisis de indicadores de desempeño (KPI’s) y criticidad.

- Analizar la relación entre el tiempo de operación y los costos operativos de los equipos críticos en base a la data histórica disponible.
- Evaluar el reemplazo de los equipos críticos comparando los flujos de costos proyectados entre equipos actuales y nuevas adquisiciones.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

- La gestión de los equipos mineros permitió mejorar la rentabilidad económica de la UEA Capitana – Caravelí.

1.5.2. Hipótesis Específica

- El análisis de criticidad y los análisis estadísticos de los indicadores de desempeño permitieron determinar los equipos críticos en la UEA Capitana – Caravelí.
- El análisis estadístico de la data histórica de los costos de operación de los equipos críticos permitió estimar los costos de operación a lo largo del tiempo.
- Los flujos de costos proyectados de un equipo nuevo y de un equipo crítico permitieron evaluar la conveniencia del reemplazo del activo.

1.5.3. Matriz de Consistencia

Tabla 1

Matriz de consistencia

Problema	**Objetivos**	**Hipótesis**	**Variables**
Problema general	**Objetivo general**	**Hipótesis general**	**Variable independiente**
¿De qué forma podemos mejorar la rentabilidad económica en la UEA Capitana- Caravelí?	Mejorar la rentabilidad económica de la UEA Capitana – Caravelí mediante la gestión eficiente de los equipos mineros, a través del análisis de criticidad y evaluación de reemplazo.	La gestión de los equipos mineros permitirá mejorar la rentabilidad económica de la UEA Capitana -Caravelí.	Gestión de equipos mineros
Problemas específicos	**Objetivos específicos**	**Hipótesis específicas**	**Variable dependiente**
¿Cómo podemos identificar equipos críticos en la operación de minado de la UEA la Capitana- Caravelí?	Identificar los equipos críticos en la operación de minado de la UEA Capitana – Caravelí mediante el análisis de indicadores de desempeño (KPI's) y criticidad.	El análisis de criticidad y análisis estadísticos de los indicadores de desempeño permitirán determinar los equipos críticos en la UEA Capitana-Caravelí.	Rentabilidad económica
¿De qué manera podemos relacionar el periodo y el costo de operación de un equipo critico en la UEA Capitana-Caravelí?	Analizar la relación entre el tiempo de operación y los costos operativos de los equipos críticos en base a la data histórica disponible.	El análisis estadístico de la data histórica de los costos de operación de los equipos críticos permitirá estimar los costos de la operación en el tiempo.	
¿De qué manera podemos evaluar el reemplazo de un equipo critico en la UEA Capitana-Caravelí?	Evaluar el reemplazo de los equipos críticos comparando los flujos de costos proyectados entre equipos actuales y nuevas adquisiciones.	Los flujos de costos proyectados de un equipo nuevo y un equipo critico permitirá evaluar si un activo debe ser reemplazado.	

Nota: Resumen del planteamiento de los problemas, objetivos, hipótesis y variables.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Chibukhchyan (2024) evaluó la fiabilidad operativa de las máquinas de transporte subterráneo con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa, garantizar la seguridad en las operaciones y reducir costos asociados a averías y tiempos de inactividad. El estudio consideró indicadores de fiabilidad operativa y rendimiento técnico de las máquinas utilizadas en condiciones subterráneas, los cuales permitieron determinar la frecuencia óptima de mantenimiento de los componentes principales. Los resultados obtenidos se enfocaron en desarrollar medidas para minimizar las tasas de accidentes y pronosticar la seguridad operativa, destacando la importancia de planificar un mantenimiento adecuado que contribuya a la reducción de costos financieros adicionales y al aumento de la productividad en operaciones subterráneas.

Javad & Ghodrati (2024) evaluaron la confiabilidad, la capacidad de mantenimiento y la disponibilidad de los sistemas de transmisión en máquinas de perforación rotatoria utilizadas en minería a cielo abierto. La investigación se desarrolló mediante un estudio de caso en Irán, recopilando datos de fallas de cuatro máquinas de perforación diferentes y proponiendo programas de mantenimiento preventivo para cada una. Los autores observaron que la confiabilidad del sistema de transmisión disminuyó progresivamente hasta alcanzar valores nulos entre 1000 y 3500 horas de operación, mientras que el tiempo de reparación de las fallas varió entre 10 y 45 horas. Los resultados destacaron la importancia de mejorar la capacidad de mantenimiento de los sistemas de transmisión como un factor clave para aumentar la confiabilidad y la continuidad operativa en

las actividades de perforación minera. Este análisis proporciona una base para optimizar los programas de mantenimiento preventivo y maximizar la eficiencia en las operaciones mineras.

Castañón et al. (2024) realizaron un estudio sobre el tiempo de reemplazo de equipos mineros utilizando la metodología mejorada de la Efectividad General del Equipo Minero (OMEE), con el objetivo de analizar el rendimiento en tiempo real de seis plataformas de perforación en una mina a cielo abierto durante 27.000 horas de operación. El estudio evaluó parámetros técnicos como la tasa de disponibilidad técnica, la disponibilidad mecánica, la tasa de producción y el índice de productividad, con el fin de determinar el tiempo de reemplazo óptimo. Los resultados demostraron que la metodología OMEE es confiable para evaluar el rendimiento del equipo y tomar decisiones sobre el reemplazo, destacando que la degradación de los equipos y los costos asociados pueden ser gestionados eficazmente mediante el análisis de estos factores.

Odeyar et al. (2022) realizaron una revisión exhaustiva de las técnicas estadísticas empleadas para el análisis de confiabilidad y predicción de fallas en equipos pesados y sus componentes utilizados en la minería. Su estudio abordó desde métodos estadísticos tradicionales hasta la aplicación de inteligencia artificial, destacando las ventajas y limitaciones de cada enfoque en contextos industriales. Además, analizaron cómo los avances tecnológicos de la Industria 4.0 han impulsado la transición hacia estrategias de mantenimiento predictivo, permitiendo la identificación y corrección de fallas potenciales para incrementar la confiabilidad y eficiencia de los equipos. Los autores evaluaron la eficiencia de los métodos modernos de machine learning (ML) en comparación con los métodos tradicionales, concluyendo que la adopción de tecnologías avanzadas puede optimizar el ciclo de vida de los equipos mineros, reducir costos operativos y mejorar la planificación del mantenimiento en la industria minera. Este trabajo proporciona una

base teórica y práctica sólida para implementar herramientas de diagnóstico avanzadas en operaciones mineras.

Samatemba et al. (2020) desarrollaron un algoritmo utilizando el software Rstudio para evaluar los datos sensibles al ciclo de vida de equipos mineros y determinar la eficacia general de estos como una herramienta para la optimización de las operaciones en la mina subterránea Chibuluma South. En su investigación, analizaron indicadores como los tiempos del ciclo de proceso, la utilización, la capacidad de mantenimiento, el rendimiento y las eficiencias de producción de plataformas de perforación, cargadoras y camiones volquete. Los resultados revelaron que la eficacia general de los equipos estaba por debajo del 50% para los tres tipos de equipos evaluados. El algoritmo propuesto permite registrar y procesar los datos operativos del equipo, siendo reproducible y reutilizable para otras operaciones subterráneas con ajustes mínimos en las variables. Este modelo demostró ser eficaz en la planificación y optimización de las operaciones mineras, proporcionando tendencias claras sobre la vida útil del equipo y permitiendo una mejor toma de decisiones para mejorar la rentabilidad operativa.

Guerra & Montes (2019) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de establecer la relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la minería a cielo abierto a gran escala, analizando su desempeño bajo condiciones específicas de explotación. Los autores caracterizaron el equipamiento minero utilizado en la explotación, evaluaron las condiciones para la sustitución de maquinaria y analizaron los efectos negativos que las deficiencias en el proceso de reemplazo causan en los costos operacionales. A través del cálculo del índice de productividad total del equipamiento de transporte, excavación-carga y buldóceres, encontraron una reducción de productividad en el parque de máquinas, influenciada por la disponibilidad técnica y los defectos en el cumplimiento de los planes de mantenimiento. Este

estudio es relevante para el análisis de la eficiencia operativa de los equipos mineros y resalta la importancia de una gestión adecuada del mantenimiento y reemplazo de maquinaria para optimizar el desempeño y reducir los costos operacionales.

Bahamóndez (2017) desarrolló e implementó un sistema de gestión en Minera Escondida con el objetivo de mejorar el desempeño de los componentes de los equipos de carguío y transporte, que se encontraba por debajo de lo esperado. El autor aplicó la metodología Six Sigma para identificar los componentes que presentaban dificultades para cumplir con la vida útil esperada y analizar las causas del desgaste prematuro. A través de este enfoque, se detectaron componentes críticos, como los motores de tracción de los camiones de extracción y los cables y baldes de las palas, cuya baja eficiencia se atribuía a malas prácticas operacionales de los operadores. La investigación concluyó que la implementación de mejoras basadas en esta metodología tuvo repercusiones positivas en los costos operativos y la continuidad de las operaciones, sirviendo como referencia para optimizar la gestión y el mantenimiento de los equipos mineros en el contexto de la minería a gran escala.

Fourie (2016) llevó a cabo un estudio de caso en la mina Mogalakwena, enfocándose en la mejora de la eficiencia general del equipo (OEE), identificando áreas clave de mejora en la operación minera. El proyecto se centró en ocho elementos de mejora relacionados con la baja OEE, estableciendo métricas y indicadores clave de rendimiento (KPI) para cada uno. A medida que la mina implementaba estas mejoras, se observó un cambio significativo en el rendimiento, con una mayor motivación de los empleados y mejoras en diversas áreas, como la seguridad y la productividad. La iniciativa no solo mejoró la OEE, sino que también desencadenó un efecto dominó de mejora en otras actividades mineras, lo que permitió a la mina alcanzar y superar sus

objetivos operacionales. El éxito del proyecto mostró cómo la implementación de un plan integral de mejora puede transformar una operación ineficiente en una más efectiva y motivada.

Botín & Vergara (2015) desarrollaron y aplicaron una metodología innovadora de gestión de costos operativos en minería, combinando el Costeo Basado en Actividades (ABC) y el ciclo de Deming (PDCA) para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos en un marco de mejora continua. La metodología fue probada en el sector Panel III de la mina subterránea Andina de CODELCO, en Chile, logrando un cambio del enfoque tradicional de gestión de costos de arriba hacia abajo a uno integrado de abajo hacia arriba, donde gerentes y supervisores asumieron un rol activo en la toma de decisiones y el control de los impulsores de costos. Los resultados demostraron que esta herramienta permite generar presupuestos operativos desde la base, identificar desviaciones y proponer soluciones a través de ciclos iterativos, contribuyendo a ganancias sostenibles en productividad. Aunque aplicada en una mina subterránea, los autores concluyen que esta metodología es adaptable a otras operaciones mineras y plantas, destacándose por su eficiencia y facilidad de implementación.

Rodríguez (2013) desarrolló un modelo analítico para el dimensionamiento de la flota de transporte en minería a cielo abierto, con el objetivo de optimizar el proceso de carguío y transporte cuando la flota disponible es heterogénea en términos de capacidad y costos operacionales. El autor analizó la importancia de establecer prioridades de atención en el rendimiento de los ciclos de carguío y transporte, destacando la relevancia del control y operación de la flota para mejorar la productividad y reducir costos operacionales. Rodríguez propuso que el uso de este modelo analítico facilita el dimensionamiento adecuado de la flota, en contraposición al uso tradicional del método del factor de acoplamiento (MFA). La investigación es significativa para nuestro estudio, ya que ofrece herramientas para establecer alcances precisos en la gestión de flotas de

transporte en minería, permitiendo simular y mejorar los sistemas de gestión y desempeño de equipos mineros, reduciendo las brechas de bajo rendimiento.

García et al. (2013) investigaron el impacto del rendimiento en el reemplazo de equipos mineros y su relación con los servicios técnicos de la contratación, específicamente en el contexto de la minería del níquel en Cuba. Los autores enfocaron su estudio en la constante depreciación de los equipos mineros, lo que lleva a la necesidad de reemplazo, especialmente en equipos de arranque, carga y transporte. La investigación destacó que, aunque el grupo empresarial Cubaniquel ha recurrido al contrato de arrendamiento (leasing) para la adquisición de equipos, la obsolescencia y el desgaste de estos requieren una renovación acorde con los avances tecnológicos. Los servicios técnicos de contratación, centrados principalmente en la reparación y mantenimiento, no abordan aspectos cruciales como la renovación de equipos, lo que lleva a la conclusión de que no existen modelos adecuados de reemplazo que integren el rendimiento y los servicios técnicos. Esta investigación es relevante para nuestro estudio, ya que resalta la importancia de una gestión eficiente de los equipos mineros para mejorar su desempeño y, en consecuencia, la productividad.

Chang (2009) desarrolló una tesis enfocada en el diseño y la evaluación técnico-económica de un nuevo sistema de carguío y transporte para la minería de hundimiento, cuyo objetivo principal fue establecer una metodología para el diseño y evaluar la productividad alcanzable de un sistema de manejo de minerales compuesto por palas LHD, pique de traspaso y Panzer. El autor destacó la relevancia de los camiones y el transportador de cadenas (Panzer) en la productividad minera, subrayando la necesidad de evaluar el rendimiento de estos equipos mediante el uso de tecnologías LHD más grandes y con mayor capacidad. A través de esta metodología, fue posible diseñar geométricamente el sistema de manejo de minerales, permitiendo valorar el rendimiento de las palas LHD, la productividad por área hundida y los costos operativos. Esta investigación es

particularmente útil en el contexto de nuestro estudio, ya que enfatiza la importancia de medir el rendimiento de los equipos mineros para optimizar la producción y la productividad de las empresas mineras, lo cual es esencial en la gestión de equipos mineros.

2.1.2. Nacionales

Salvador (2024) realizó una investigación centrada en la mejora operativa para incrementar la rentabilidad en el contrato de servicio de explotación de mina en Cajamarca durante el año 2024. Este estudio evaluó el impacto de diversas estrategias, como el alquiler y la adquisición progresiva de volquetes, para mejorar el margen operativo de las operaciones mineras, que a finales de 2023 experimentaban un margen negativo del -1%. Gracias a la implementación de estas estrategias, se logró incrementar el margen operativo en los primeros meses de 2024 hasta alcanzar un 10.33%, con una proyección del 14% para abril de 2024. La investigación se enfocó en un análisis cuantitativo de los procesos operativos, el mantenimiento de equipos, la gestión de recursos y la optimización de costos, con el fin de mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones mineras a largo plazo.

Belizario (2017) utiliza el método del valor actual neto para determinar si es conveniente reemplazar los camiones de acarreo, valorando los flujos de caja futuros y trasladándolos al presente con el fin de evaluar la viabilidad económica del reemplazo de los camiones. Se enfoca en el costo progresivo en la actividad de acarreo y la operación de los camiones actuales, proponiendo como alternativa el reemplazo de los camiones viejos por modelos más modernos, lo cual puede mejorar la eficiencia operativa. Su investigación resalta la importancia de considerar los costos de los activos en la rentabilidad económica de la minera, y concluye que la metodología del valor actual neto es la más adecuada para tomar decisiones de reemplazo en este contexto.

Gómez (2017) se centra en cómo mantener la productividad a pesar de condiciones climáticas severas, riesgos operacionales y la insuficiencia de equipos operativos. Analiza cómo la eficiencia y eficacia de los equipos, combinada con un factor humano adecuado, son fundamentales para alcanzar los objetivos operativos. Concluye que, al implementar una correcta metodología de trabajo, es posible optimizar la productividad a pesar de las adversidades, lo cual es de gran relevancia para la eficiencia operativa en el sector minero, un aspecto que también es considerado en nuestro estudio sobre la optimización de equipos mineros.

Requejo (2016) plantea que el sistema de control de equipos en la empresa minera no es adecuado ni eficiente, lo que afecta la gestión de las horas efectivas de los equipos y los costos operativos. Propone implementar un sistema de control eficiente (DISPASH) para mejorar la gestión de los equipos y asegurar una base de datos confiable para optimizar el uso de estos. Concluye que un sistema adecuado de control de equipos es clave para la gestión de operaciones en minería, pues permite un mejor seguimiento de los equipos y su rendimiento, lo que impacta directamente en la productividad y rentabilidad de la empresa minera.

Zegarra (2015) resalta la importancia del mantenimiento adecuado de equipos pesados, enfocándose en indicadores como la Disponibilidad Mecánica (DM) y la Confiabilidad (R), que son fundamentales para la toma de decisiones técnicas y económicas en minería. Destaca que la implementación de buenas prácticas en el mantenimiento de equipos, tanto en el ámbito técnico como administrativo, permite optimizar la eficiencia operativa de los equipos, mejorando así la rentabilidad de las operaciones mineras. Su investigación es relevante para nuestro estudio, ya que subraya la importancia de la efectividad del mantenimiento de equipos para la gestión de la productividad en el sector minero.

Cjuno (2014) se enfoca en la estimación de la vida económica de un equipo de carguío y en la toma de decisiones sobre su reemplazo, utilizando modelos económicos para determinar el momento adecuado para sustituir el equipo. Identifica que la baja eficiencia, la baja disponibilidad mecánica y el aumento de los costos operativos del cargador frontal CAT 980G, a medida que aumenta su uso, justifican su reemplazo. Resalta que los costos de mantenimiento y la disponibilidad de los equipos son factores determinantes en las operaciones mineras a cielo abierto, y concluye que el reemplazo de equipos basado en la vida útil económica es esencial para maximizar los beneficios y minimizar los costos operativos.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Gestión de Activos en la Minería

2.2.1.1. Definición de Gestión de Activos

La gestión de activos es un enfoque sistemático y coordinado para optimizar el rendimiento, el costo y el riesgo asociado con los activos físicos a lo largo de su ciclo de vida. Según la definición de la norma ISO 55000, la gestión de activos implica la aplicación de prácticas, estrategias y metodologías para maximizar el valor generado por los activos de una organización, asegurando su sostenibilidad y eficiencia operativa.

En la minería, los activos incluyen equipos móviles, infraestructura de procesamiento, sistemas eléctricos, instalaciones auxiliares, y maquinaria de extracción y perforación, que son críticos para mantener la continuidad operativa.

La importancia de la gestión de activos radica en que permite:

- Reducir los costos asociados al mantenimiento y reparación de equipos.
- Mejorar la disponibilidad y la utilización de los activos.

- Prolongar la vida útil de los equipos mediante un mantenimiento preventivo y predictivo.
- Asegurar el cumplimiento de estándares de seguridad y medioambientales.

En el contexto de la minería, donde los activos trabajan bajo condiciones extremas, como altas temperaturas, humedad, abrasión y presión constante, una gestión eficiente garantiza la estabilidad financiera y operativa de la empresa (Flynn & Vlok, 2015).

2.2.1.2. Normativa Internacional Relevante (ISO 55000)

La norma ISO 55000 es el estándar internacional que establece los principios y requisitos para implementar un sistema de gestión de activos efectivo. Fue publicada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en 2014 y se centra en tres pilares principales:

- Valor: Los activos deben gestionarse de manera que maximicen su contribución al logro de los objetivos organizacionales.
- Alineación: La gestión de activos debe integrarse con los planes estratégicos y operativos de la organización.
- Liderazgo y gobernanza: Es fundamental el compromiso de los líderes para establecer políticas y proporcionar recursos adecuados (Ihemegbulem et al., 2017).

2.2.1.2.1. Requisitos Clave de la Norma ISO 55000

- Gestión del ciclo de vida de los activos: Desde la adquisición y operación hasta el mantenimiento y disposición final.
- Análisis de riesgos y oportunidades: Identificar posibles fallos y desarrollar estrategias para mitigarlos.

- Toma de decisiones basada en datos: Uso de indicadores clave de desempeño (KPI) para monitorear y mejorar continuamente la gestión de activos.
- Optimización de costos: Equilibrar los costos de inversión, mantenimiento y operación con los beneficios esperados (Woodhouse, 2015).

2.2.1.2.2. Aplicaciones en Minería

La implementación de la norma ISO 55000 en la industria minera ha demostrado beneficios significativos, como la reducción de tiempos muertos, el aumento de la confiabilidad de los equipos y una planificación financiera más precisa. Además, promueve la sostenibilidad mediante la optimización del uso de recursos y la minimización de impactos ambientales (Ihemegbulem et al., 2017).

2.2.1.3. Aplicación de la Gestión de Activos en la Minería

La gestión de activos en la minería se enfrenta a desafíos únicos debido a la naturaleza compleja de las operaciones mineras. Los equipos operan en entornos hostiles, como minas subterráneas con altas concentraciones de humedad, polvo abrasivo y temperaturas extremas, lo que aumenta el riesgo de fallas. Por ello, la aplicación de principios de gestión de activos es fundamental para garantizar la continuidad operativa y la rentabilidad (Komljenovic, 2008).

2.2.1.3.1. Prácticas Clave en la Gestión de Activos Mineros

- Mantenimiento basado en condición (CBM): Utiliza datos en tiempo real (vibración, temperatura, desgaste) para programar intervenciones antes de que ocurra una falla.

- Mantenimiento predictivo: Uso de herramientas como análisis de aceite, ultrasonido y termografía para predecir fallas.
- Monitoreo remoto: Sistemas de telemetría y sensores IoT (Internet de las cosas) para rastrear el desempeño de los equipos en tiempo real.
- Optimización del ciclo de vida de los activos: Implementación de estrategias para maximizar la vida útil y la productividad de los equipos mineros.
- Planificación estratégica: Uso de software especializado en gestión de activos (CMMS - Computerized Maintenance Management Systems) para coordinar actividades de mantenimiento y evaluar indicadores de desempeño (Flynn & Vlok, 2015).

2.2.2. Equipos Mineros en Operaciones Subterráneas

Las operaciones mineras subterráneas presentan desafíos únicos en cuanto a la gestión de equipos debido a las condiciones extremas y la complejidad operativa. La selección, uso, y mantenimiento de los equipos adecuados son fundamentales para garantizar la productividad y la seguridad en estos entornos. A continuación, se desarrollan los aspectos clave relacionados con los equipos mineros en operaciones subterráneas (Samatemba et al., 2020).

2.2.2.1. Tipos de Equipos Mineros y sus Funciones

Los equipos mineros subterráneos se utilizan para diversas tareas en el proceso de extracción, carga, transporte y ventilación, entre otros. Estos equipos deben estar diseñados para soportar las condiciones adversas de las minas subterráneas, como la alta humedad, el polvo, el

calor extremo y los espacios reducidos. A continuación, se detallan los tipos de equipos más comunes y sus funciones en una operación minera subterránea (Burt & Caccetta, 2018).

2.2.2.1.1. Locomotoras

Las locomotoras se utilizan para el transporte de material dentro de las minas subterráneas, transportando tanto mineral como desechos y equipos. Son fundamentales para mover grandes volúmenes de material a través de túneles.

a. Función principal

Las locomotoras arrastran o empujan vagonetas llenas de mineral o materiales, recorriendo rutas específicas subterráneas. Su capacidad de carga y eficiencia son cruciales para mantener el flujo de material en las operaciones mineras.

b. Tipos de locomotoras

- Locomotoras eléctricas: Utilizan la energía eléctrica proporcionada por cables aéreos o sistemas de batería. Son eficaces en minas donde se necesita un transporte constante y de bajo costo energético.
- Locomotoras diésel: Generalmente se utilizan en operaciones que requieren una mayor autonomía y no dependen de cables aéreos.

c. Importancia en minería subterránea

El uso de locomotoras en minas subterráneas es esencial para garantizar que el mineral extraído llegue a las áreas de procesamiento o almacenamiento de manera eficiente. Son útiles especialmente en operaciones de minería profunda o en minas que operan en condiciones de espacio limitado.

d. Características clave

- Potencia de arrastre adecuada para mover cargas pesadas en entornos subterráneos.
- Alta fiabilidad y capacidad para operar de manera continua sin interrupciones.
- Sistemas de seguridad para evitar accidentes en los túneles y garantizar la protección de los operadores (Yu et al., 2017).

2.2.2.1.2. Equipos Trackless

Los equipos trackless son vehículos que operan sin la necesidad de un sistema de raíles o vías, lo que les permite moverse con flexibilidad en las galerías de la mina. Estos equipos son fundamentales en operaciones mineras subterráneas donde el espacio es limitado y el terreno es irregular.

a. Función principal

Los equipos trackless se utilizan para diversas funciones, como la perforación, carga, transporte de mineral y desechos, y otras tareas en las que se requiere un alto grado de maniobrabilidad. Son esenciales en minas subterráneas donde el uso de trenes o raíles sería menos práctico.

b. Tipos de equipos trackless

- Cargadores de minería: Vehículos sin vías que se utilizan para cargar mineral y otros materiales en vagonetas o sistemas de transporte. Son comunes en minas subterráneas con espacios reducidos.
- Perforadoras trackless: Equipos de perforación que se desplazan sin la necesidad de raíles. Estos equipos pueden perforar barrenos y túneles sin estar limitados por la infraestructura fija.

- Camiones de minería trackless: Camiones sin raíles que transportan mineral, equipos y desechos a través de los túneles, proporcionando flexibilidad en las rutas.

c. Importancia en minería subterránea

Los equipos trackless son esenciales en las minas subterráneas modernas, ya que permiten una mayor flexibilidad y eficiencia en comparación con los equipos tradicionales que dependen de sistemas de vías. Son particularmente útiles en minas con configuraciones geológicas complejas o en expansión.

d. Características clave

- Gran maniobrabilidad y capacidad para operar en espacios reducidos.
- Alta fiabilidad y capacidad para operar en condiciones de alta carga y desgaste.
- Diversos modelos adaptados para perforación, carga, y transporte (Wang et al., 2020).

2.2.2.2. Ciclo de Vida de los Equipos Mineros

El ciclo de vida de los equipos mineros subterráneos es un proceso complejo que incluye varias etapas desde la adquisición hasta la disposición final. Cada fase del ciclo de vida está asociada a costos y responsabilidades específicos que deben ser gestionados eficientemente para maximizar la rentabilidad y el rendimiento de los activos. A continuación, se describe cada etapa (García et al., 2013):

2.2.2.2.1. Adquisición de Equipos

En esta fase, la empresa minera evalúa y selecciona los equipos adecuados en función de las necesidades operativas, los costos y las características del yacimiento. La adquisición de

equipos incluye la compra, el transporte y la instalación en la mina. Los equipos deben cumplir con las normativas de seguridad y eficiencia operativa (Palma, 2024).

2.2.2.2.2. Operación

Una vez que los equipos están instalados y operativos, entran en la fase de operación. Durante esta etapa, los equipos mineros realizan las actividades diarias de perforación, transporte, carga, etc. La operación requiere un monitoreo constante para asegurar el desempeño adecuado de los equipos. La capacitación del personal operativo es crucial para evitar fallas operativas debido a un manejo inadecuado (Bahamóndez, 2017).

2.2.2.2.3. Mantenimiento

El mantenimiento de los equipos mineros es una parte fundamental para asegurar la continuidad de las operaciones y la prolongación de la vida útil de los activos. Se pueden distinguir dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo: Se realizan intervenciones periódicas para prevenir fallas mayores, como lubricación, reemplazo de piezas desgastadas, revisión de sistemas eléctricos y mecánicos, entre otros.
- Mantenimiento correctivo: Implica la reparación de equipos cuando ocurre una falla inesperada. Este tipo de mantenimiento genera costos adicionales y puede afectar la productividad (Guerra & Montes, 2019).

2.2.2.2.4. Rehabilitación y Modernización

En algunas ocasiones, los equipos subterráneos pueden ser sometidos a procesos de rehabilitación o modernización para mejorar su rendimiento o adaptarlos a nuevas condiciones operativas. Esto puede incluir la actualización de sistemas de control, la mejora de la capacidad de carga o la modernización de los sistemas hidráulicos (Bahamóndez, 2017).

2.2.2.2.5. Descarte o Disposición Final

Cuando los equipos alcanzan el final de su vida útil, se procede a su retiro y disposición. Esto puede incluir su venta como chatarra o la disposición en instalaciones especializadas. La obsolescencia y el costo de mantener equipos antiguos a menudo llevan a las empresas a reemplazarlos antes de que lleguen al final de su vida útil técnica (Palma, 2024).

2.2.2.3. Factores que Afectan la Vida Útil de los Equipos

La vida útil de los equipos mineros en operaciones subterráneas está influenciada por una serie de factores que pueden reducir o prolongar su desempeño. Estos factores varían dependiendo del tipo de equipo, las condiciones operativas y el enfoque de mantenimiento. A continuación, se detallan los principales factores que afectan la vida útil de los equipos mineros:

a. Condiciones operativas

Las condiciones de trabajo en las minas subterráneas son extremadamente severas. Los equipos enfrentan altos niveles de humedad, polvo, temperaturas extremas y terrenos irregulares. La exposición constante a estas condiciones acelera el desgaste de los componentes del equipo y puede afectar su rendimiento.

b. Mantenimiento preventivo y correctivo

Un mantenimiento adecuado y oportuno puede extender significativamente la vida útil de los equipos. El mantenimiento preventivo asegura que los equipos se mantengan en condiciones óptimas, reduciendo la probabilidad de fallas inesperadas. Por otro lado, un mantenimiento reactivo puede acelerar el desgaste debido a reparaciones tardías o inadecuadas.

c. Cargas de trabajo

Los equipos mineros a menudo están sometidos a cargas de trabajo intensas. La sobrecarga de trabajo puede aumentar el desgaste de los componentes y reducir la vida útil del equipo. Las operaciones de alta carga, como el transporte de grandes volúmenes de mineral, pueden desgastar prematuramente los sistemas de suspensión, los motores y los sistemas hidráulicos.

d. Calidad del equipo

La calidad del equipo y los materiales con los que se fabrican son cruciales para determinar su durabilidad. Los equipos fabricados con materiales de alta calidad y que cumplen con los estándares internacionales tienen una vida útil más larga. Además, la elección de equipos adecuados para las condiciones específicas de la mina, como la resistencia a la corrosión o la abrasión, influye directamente en su desempeño a largo plazo.

e. Capacitación del personal

El uso adecuado de los equipos por parte de los operadores es fundamental para mantener su vida útil. La capacitación continua del personal en el manejo y mantenimiento de los equipos es esencial para evitar fallas causadas por mal uso o manejo inapropiado.

f. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales, como la ventilación, la temperatura y la humedad dentro de la mina, también afectan la vida útil de los equipos. Las minas con mala ventilación o temperaturas extremadamente altas pueden acelerar el desgaste de los componentes mecánicos y eléctricos.

g. Actualización tecnológica

La evolución de la tecnología en la minería también juega un papel importante. La introducción de nuevas tecnologías de monitoreo, control y automatización puede mejorar la eficiencia de los equipos y extender su vida útil al proporcionar datos más precisos para el mantenimiento predictivo (Burt & Caccetta, 2018).

2.2.3. Indicadores Clave de Desempeño (KPI) en la Minería

Los indicadores clave de desempeño (KPI) son métricas fundamentales que se utilizan para medir la eficacia y eficiencia de las operaciones mineras, especialmente en lo que respecta a la gestión de los equipos y recursos. En minería, estos KPIs permiten identificar áreas de mejora, optimizar el uso de los equipos y maximizar la producción. A continuación, se detallan algunos de los KPIs más relevantes para el sector (Peral et al., 2017).

2.2.3.1. Disponibilidad Mecánica

La disponibilidad mecánica es un indicador clave que mide la capacidad de un equipo o sistema para estar operativo y disponible para trabajar cuando se le necesita, en comparación con el tiempo total que podría estar operativo. Se calcula como un porcentaje y refleja el tiempo en el que el equipo está disponible para la producción en relación con el tiempo total disponible.

2.2.3.2. Índice de Utilización

El índice de utilización mide la cantidad de tiempo que un equipo está siendo utilizado activamente en relación con el tiempo total disponible para su operación. Este indicador ayuda a determinar si los equipos están siendo utilizados de manera eficiente o si existe subutilización que pueda generar costos innecesarios.

2.2.3.3. Tiempo Medio entre Fallas (MTBF)

El Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) es un KPI fundamental que mide el tiempo promedio transcurrido entre fallas sucesivas de un equipo o sistema. Este indicador ayuda a evaluar la fiabilidad de los equipos y su desempeño a largo plazo, proporcionando una visión de la durabilidad y robustez del equipo.

2.2.3.4. Tiempo Promedio de Reparación (MTTR)

El Tiempo Promedio de Reparación (MTTR) es un KPI que mide el tiempo promedio que se tarda en reparar un equipo o sistema después de que ha fallado. Este indicador es clave para evaluar la eficacia de los equipos de mantenimiento y la rapidez con la que se pueden devolver los equipos a la operación.

2.2.4. Impacto de los Costos Operativos en la Rentabilidad

Los costos operativos son aquellos gastos incurridos en el proceso de producción y explotación minera. Estos incluyen el costo de los equipos, el mantenimiento, la energía, los insumos, la mano de obra, entre otros. Los costos operativos tienen un impacto directo en la rentabilidad de una operación minera, ya que, a medida que estos costos aumentan, la capacidad

de generar beneficios se ve reducida. Por lo tanto, gestionar los costos operativos de manera eficiente es clave para mantener la rentabilidad en las operaciones mineras (Mithas et al., 2012).

2.2.4.1. Análisis del Costo por Hora de Equipos

El costo por hora de equipos es una métrica fundamental utilizada en minería para calcular el costo asociado con la operación de un equipo específico durante una hora de uso. Este análisis permite a las empresas mineras evaluar la eficiencia de sus activos y tomar decisiones informadas sobre el uso de los equipos, el mantenimiento y las inversiones.

2.2.4.2. Relación entre Costos Operativos y Rentabilidad

La relación entre los costos operativos y la rentabilidad de una operación minera es directa. A medida que los costos operativos aumentan, la capacidad de la operación para generar ganancias disminuye, ya que los ingresos obtenidos deben cubrir los costos y aún dejar un margen de beneficio. La clave es equilibrar los costos operativos con los ingresos generados por la venta del mineral, optimizando los procesos y reduciendo los gastos innecesarios.

2.2.4.3. Mejores Prácticas en Mantenimiento Preventivo y Correctivo

El mantenimiento preventivo y correctivo son fundamentales en las operaciones de minería subterránea para asegurar que los equipos y maquinaria funcionen de manera eficiente, segura y con mínima interrupción en la producción. La aplicación de mejores prácticas en estos procesos contribuye a la prolongación de la vida útil de los equipos, reduce los tiempos de inactividad no planificados y minimiza los costos operativos.

2.2.4.3.1. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se refiere a la realización de actividades de mantenimiento en los equipos antes de que ocurran fallas. Esto se planifica y se realiza en intervalos regulares según las especificaciones del fabricante o las condiciones operativas. El objetivo es detectar posibles problemas antes de que afecten el rendimiento del equipo.

a. Actividades comunes de mantenimiento preventivo

- Inspección regular de equipos (revisión de frenos, sistemas hidráulicos, sistemas eléctricos, etc.).
- Lubricación de partes móviles para evitar el desgaste prematuro.
- Reemplazo programado de componentes que tienen una vida útil definida (filtros, mangueras, correas, etc.).
- Limpieza de sistemas de ventilación, sistemas eléctricos y motores para evitar el sobrecalentamiento.
- Calibración y ajuste de equipos de medición y control, como termómetros, manómetros y sistemas de monitoreo.

b. Ventajas del mantenimiento preventivo

- Reducción de fallas inesperadas: El mantenimiento preventivo permite detectar posibles fallas antes de que se conviertan en problemas graves, reduciendo el riesgo de paradas no planificadas.
- Mayor vida útil de los equipos: Al prevenir el desgaste prematuro de los equipos, se extiende su vida útil.

- Mejora de la seguridad: El mantenimiento adecuado previene fallas que podrían comprometer la seguridad de los trabajadores, especialmente en un entorno subterráneo.
- Aumento de la eficiencia operativa: Un equipo bien mantenido funciona de manera más eficiente, lo que contribuye a la reducción de los costos operativos.

2.2.4.3.2. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo se refiere a la reparación de un equipo después de que se ha producido una falla. En minería subterránea, las fallas pueden ocurrir debido a la naturaleza del trabajo, el desgaste de los equipos, o la operación en condiciones extremas. Este tipo de mantenimiento es reactivo y generalmente se realiza cuando los equipos dejan de funcionar.

a. Actividades comunes de mantenimiento correctivo

- Diagnóstico de fallas para determinar la causa raíz del problema.
- Reparación de componentes dañados o reemplazo de partes defectuosas.
- Verificación del funcionamiento adecuado del equipo después de la reparación.
- Pruebas de seguridad para asegurarse de que el equipo reparado cumpla con los estándares de seguridad.

b. Desventajas del mantenimiento correctivo

- Paradas no planificadas: El mantenimiento correctivo puede generar tiempos de inactividad no planeados, lo que afecta la productividad de la mina.
- Costos más altos: Las reparaciones de emergencia suelen ser más costosas que el mantenimiento preventivo debido a la urgencia y la necesidad de reemplazar piezas dañadas de forma inmediata.

- Riesgos de seguridad: Las fallas imprevistas pueden poner en peligro la seguridad de los trabajadores, especialmente en un entorno subterráneo.

2.2.4.3.3. Mejores Prácticas para la Gestión del Mantenimiento

- Planificación adecuada del mantenimiento preventivo: Establecer un programa de mantenimiento preventivo basado en las recomendaciones del fabricante, condiciones de trabajo y análisis históricos de fallas.
- Uso de tecnologías de monitoreo: Implementar tecnologías de monitoreo remoto y diagnóstico, como sistemas de telemetría, que permitan la supervisión continua del estado de los equipos en tiempo real.
- Capacitación del personal de mantenimiento: Asegurarse de que los equipos de mantenimiento estén bien capacitados en las mejores prácticas y tecnologías para abordar tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo.
- Registro de datos y análisis de fallas: Mantener registros detallados de las fallas y las reparaciones para identificar patrones y evitar problemas recurrentes.
- Mantenimiento basado en condiciones: Utilizar sensores y tecnologías avanzadas para realizar mantenimiento solo cuando los equipos lo necesiten, en lugar de seguir un calendario fijo. Esto puede ayudar a optimizar recursos y reducir costos.

2.2.4.3.4. Beneficios de la Implementación de Mejores Prácticas en Mantenimiento

- Mayor disponibilidad de los equipos: La aplicación de un enfoque sistemático y planificado para el mantenimiento aumenta el tiempo de operación de los equipos y reduce el tiempo de inactividad.
- Optimización de costos operativos: La implementación de mantenimiento preventivo reduce los costos relacionados con las reparaciones de emergencia y prolonga la vida útil de los equipos.
- Mejora de la seguridad: Un enfoque riguroso en el mantenimiento asegura que los equipos sean seguros para su operación, reduciendo los riesgos laborales.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y Diseño de la Investigación

La presente investigación es de tipo evaluativa, con un diseño descriptivo y explicativo, ya que analiza y aplica conocimientos existentes de los informes de mantenimiento y financieros, así como indicadores y procedimientos operativos de los equipos mineros para mejorar la rentabilidad económica de la UEA Capitana - Caravelí.

Asimismo, combina un enfoque cuantitativo y cualitativo:

- Desde la perspectiva cuantitativa, el análisis se basa en datos objetivos obtenidos a través de indicadores de mantenimiento, tales como la disponibilidad, el TMEF (tiempo medio entre fallas), el TMPR (tiempo medio para reparación) y la confiabilidad. Este enfoque utiliza un razonamiento deductivo, partiendo de teorías y estándares técnicos establecidos para evaluar el desempeño de los equipos y buscar mejoras que incrementen la rentabilidad operativa. La finalidad principal es comparativa, enfocándose en la obtención de resultados numéricos que permitan realizar análisis estadísticos y proyecciones. La validez del enfoque cuantitativo radica en su objetividad y repetibilidad, proporcionando resultados confiables y sólidos.
- En paralelo, el estudio incorpora un enfoque cualitativo que permite explorar de manera más profunda el contexto real de la operación minera. A través de la observación directa y la revisión documental, se busca comprender las condiciones operativas, las rutinas de mantenimiento y los factores humanos que influyen en el funcionamiento de los equipos. Este enfoque, de naturaleza exploratoria, se

caracteriza por un razonamiento inductivo y una percepción más subjetiva de la realidad, centrada en la interpretación del desempeño en el entorno específico de la mina. Su punto fuerte es la profundidad en el análisis contextual, proporcionando una visión interna y complementaria a los datos numéricos.

En conjunto, ambos enfoques permiten analizar la realidad de manera integral: el enfoque cuantitativo aporta datos objetivos para la toma de decisiones técnicas, mientras que el enfoque cualitativo enriquece el análisis con una comprensión más detallada del entorno operativo de la UEA Capitana.

3.2. Variables

3.2.1. Variables Independientes

- Gestión de equipos mineros

3.2.2. Variable Dependiente

- Rentabilidad económica

3.2.3. Variables Controladas

- Historial de mantenimiento de los equipos.
- Condiciones operativas y ambientales de la mina subteránea.
- Métodos de monitoreo y análisis utilizados para evaluar el rendimiento de los equipos.
- Estándares y normativas aplicados.

3.2.4. Matriz de Operacionalización de Variables

A continuación, se presenta la Tabla 2, donde se especifican las dimensiones e indicadores para cada variable.

Tabla 2

Matriz de la operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable (X): Gestión de Equipos Mineros	La Gestión de Equipos mineros, es la capacidad que tiene la empresa para sacarle la mayor utilidad a la inversión realizada en los activos mineros. Aplicando las normas establecidas para el control de Activos.	Para evaluar las dimensiones de la Variable Gestión de Equipos Mineros, se utilizará la entrevista como técnica de recolección de datos, para diagnosticar la situación actual de la variable en análisis.	Productividad de los Equipos	Producción Anual Ventas Netas
			Vida útil del Equipo	Años de Uso/Años de vida útil
			Mantenimiento de Equipos	Índice de Mantenimiento por año
			Disponibilidad	Disponibilidad Mecánica
Variable (Y): Rentabilidad económica	Es un indicador financiero que permite comparar el costo total de diferentes alternativas de inversión, expresado como un valor anual uniforme durante su vida útil.	Se calculará usando los costos de inversión, operación y mantenimiento proyectados de los equipos críticos, aplicando la fórmula del CAE para evaluar la opción más rentable entre mantener o reemplazar un equipo.	Rotación de Activos	Ventas/Activos
			Viabilidad de la Inversión	Van TIR

Nota: Datos organizados según las variables X y Y.

3.3. Unidad de Análisis

3.3.1. Descripción General

La unidad de análisis de este estudio está conformada por los equipos mineros utilizados en la operación subterránea de la UEA Capitana - Caravelí, una empresa de mediana minería enfocada en la extracción de oro. La unidad minera opera bajo un sistema de explotación subterránea, con un procesamiento metalúrgico orientado a la recuperación de valores auríferos mediante lixiviación con carbón activado.

3.3.2. Ubicación y Accesibilidad

La UEA Capitana se sitúa en el distrito de Huanu Huanu, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, a una altitud media de 2,100 metros sobre el nivel del mar (msnm). La vía de acceso principal es la carretera Panamericana Sur, hasta el kilómetro 607, desde donde se debe recorrer un tramo adicional de 38 km por una carretera de penetración minera hasta llegar a las instalaciones de la unidad operativa.

3.3.3. Características Geológicas y Mineralógicas

El yacimiento explotado en la UEA Capitana está compuesto por vetas de minerales sulfurados y oxidados de oro, hospedados en una secuencia de rocas metamórficas y volcánicas del Precámbrico. Las estructuras mineralizadas presentan buzamiento pronunciado y espesores variables, lo que ha condicionado el método de minado empleado.

Principales minerales presentes en la mina:

Minerales de mena. - Oro nativo, electrum y sulfuros asociados como pirita y arsenopirita.

Minerales de ganga. - Cuarzo, carbonatos y silicatos.

3.3.4. Método de Explotación Minera

La extracción de mineral se lleva a cabo mediante minería subterránea, empleando el método de corte y relleno ascendente. Este método se seleccionó debido a la geometría del yacimiento, su inclinación pronunciada y la necesidad de asegurar la estabilidad del macizo rocoso tras la extracción.

a. Etapas del proceso de minado

- Perforación y voladura: Se utilizan equipos neumáticos y jumbos electrohidráulicos para el desarrollo de labores mineras y la fragmentación del mineral.
- Carguío y transporte: Se emplean scooptrams para el carguío del material roto, que posteriormente es transportado con camiones de bajo perfil hasta los puntos de vaciado.
- Sostenimiento y relleno: Tras la extracción, se rellena el área trabajada con material estéril o cementado, para garantizar la seguridad y estabilidad de la mina.
- Ventilación y drenaje: Se cuenta con un sistema de ventilación forzada y estaciones de bombeo subterráneas para evacuar el agua acumulada.

b. Equipos utilizados en la operación

La unidad minera opera con maquinaria especializada en minería subterránea, incluyendo:

- Equipos de perforación: Jumbos electrohidráulicos y perforadoras neumáticas.
- Equipos de carguío y acarreo: Scooptrams y camiones mineros de bajo perfil.
- Sistemas de sostenimiento: Perforadoras para pernos de anclaje, mallas metálicas y shotcrete.
- Equipos auxiliares: Bombas de drenaje, ventiladores secundarios y locomotoras para transporte interno.

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

La población de estudio está constituida por los activos mineros que operan en los diferentes niveles de la UEA Capitana - Caravelí, según el informe mensual de mantenimiento de los años 2022 al 2024. Esta población incluye:

- 24 locomotoras.
- 14 equipos trackless.

3.4.2. Muestra

Para el análisis se selecciona, en base a la data histórica, los equipos observados por tener valor por debajo de los permitidos, en la disponibilidad, TMEF, TMPR y confiabilidad.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

3.5.1. Técnicas de Investigación

- Observación directa: Evaluación del funcionamiento de los equipos in situ.
- Análisis porcentual: Ponderación en forma porcentual de los resultados para garantizar representatividad de la muestra.
- Consulta documental: Revisión de informes de mantenimiento, reportes financieros y manuales técnicos.

3.5.2. Instrumentos de Investigación

- Checklists de mantenimiento: Para registrar el estado operativo y las intervenciones realizadas a los equipos.

- Horómetros y registros históricos: Para evaluar la utilización y vida útil de los equipos.
- Software de análisis estadístico: Para procesar y analizar los datos recolectados.

3.5.2.1. Matriz de Instrumentos

Tabla 3

Descripción de los enfoques de la investigación

Instrumento	Técnica de investigación asociada	Variable	Indicador	Fuente de información	Frecuencia de recolección
Checklists de mantenimiento	Observación directa	Disponibilidad mecánica	Tiempo disponible / tiempo total	Informes de mantenimiento	Mensual
Horómetro	Observación directa / documental	Tiempo medio entre fallas (TMEF)	Horas de operación sin fallas	Horómetro del equipo / reportes técnicos	Diario / acumulativo
Horómetro	Observación directa / documental	Tiempo medio para reparación (TMPR)	Tiempo promedio de reparación por falla	Informes de mantenimiento	Diario / acumulativo
Registros históricos	Consulta documental	Confiabilidad operativa	Número de fallas por unidad de tiempo / distancia	Informes de mantenimiento / reportes técnicos	Mensual
Software estadístico	Análisis porcentual / documental	Costos operativos y rentabilidad	Costos de mantenimiento y operación; proyección de CAUE	Estados financieros / costos históricos	Trimestral
Software estadístico	Análisis porcentual	Identificación de equipos críticos	Ranking de criticidad (por TMEF, TMPR, disponibilidad, costo)	Informes de mantenimiento	Anual

Nota: Características de los enfoques cuantitativo y cualitativo.

3.6. Análisis e Interpretación de la Información

La investigación se desarrollará en las instalaciones de la Unidad Minera Capitana en Tocota. Este consistirá en:

- Clasificación de equipos: Identificación y agrupación por tipo (locomotoras, compresoras y trackless).
- Registro de datos: Recopilación de información relevante, como: Valor de adquisición, depreciación acumulada, horómetros, indicadores de mantenimiento, estado actual, vida útil, etc.
- Codificación: Organización de los datos para su análisis.
- Análisis estadístico: Uso de herramientas analíticas para comprobar la hipótesis y formular conclusiones.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de Resultados

4.1.1. Descripción de Operaciones Mina

La Unidad Económica Administrativa (UEA) Capitana, ubicada en la provincia de Caravelí, desarrolla una operación minera subterránea centrada en la extracción de minerales metálicos mediante el método de explotación sublevel stoping, adaptado a la geología del yacimiento y las condiciones estructurales del macizo rocoso. Esta técnica permite una operación continua con adecuada recuperación del mineral, favoreciendo la productividad y seguridad del personal operativo.

Las operaciones mineras en la UEA Capitana se ejecutan en distintos frentes y niveles de trabajo, y comprenden una secuencia ordenada de procesos interrelacionados, que permiten el desarrollo del ciclo minero subterráneo. Estas actividades son:

- Perforación: Se realiza utilizando equipos neumáticos y jumbo hidráulicos, con el objetivo de generar los taladros necesarios para alojar las cargas explosivas, tanto en labores de desarrollo como de producción.
- Voladura: Mediante el uso controlado de explosivos, se fragmenta el macizo rocoso para facilitar la posterior extracción del mineral o desmonte. La voladura se realiza de acuerdo con diseños técnicos que garantizan una fragmentación adecuada y mínima dilución.
- Ventilación: Es una operación crítica para garantizar condiciones seguras de trabajo, permitiendo el ingreso de aire fresco y la evacuación de gases contaminantes producto de la voladura, operación de equipos y presencia humana.

- Sostenimiento: Luego de la voladura, se evalúa la estabilidad del terreno y se aplican medidas de sostenimiento como pernos, mallas metálicas o concreto proyectado, de acuerdo con las recomendaciones geomecánicas.
- Carguío y acarreo: El mineral fragmentado es recogido por equipos scoop o similares y transportado hacia los puntos de descarga, piques o tolvas de transferencia, mediante diferentes sistemas de acarreo como locomotoras, camiones mineros y fajas transportadoras, dependiendo de la accesibilidad y longitud de los niveles.
- Evacuación del mineral: Una vez concentrado en zonas de transferencia, el material es transportado a superficie mediante skips, winches, o por rampas de acarreo con camiones, desde donde será enviado a planta para su procesamiento.
- Mantenimiento y Servicios Auxiliares: Incluyen el mantenimiento mecánico y eléctrico de equipos e instalaciones, la gestión del agua, energía, comunicación, abastecimiento de materiales y la supervisión continua de la seguridad y medio ambiente.

Estas operaciones se ejecutan de manera coordinada bajo un sistema de gestión minera que busca optimizar recursos, garantizar la continuidad del ciclo de producción y mantener condiciones seguras y eficientes para el desarrollo de la actividad extractiva.

4.1.2. Estimación de Costos en Operaciones Mina

Dentro de las actividades operativas en la UEA Capitana, el acarreo de mineral y desmonte representa una de las fases con mayor incidencia en el costo operativo total de la mina. En este contexto, se evaluó detalladamente la participación porcentual de los equipos involucrados en esta

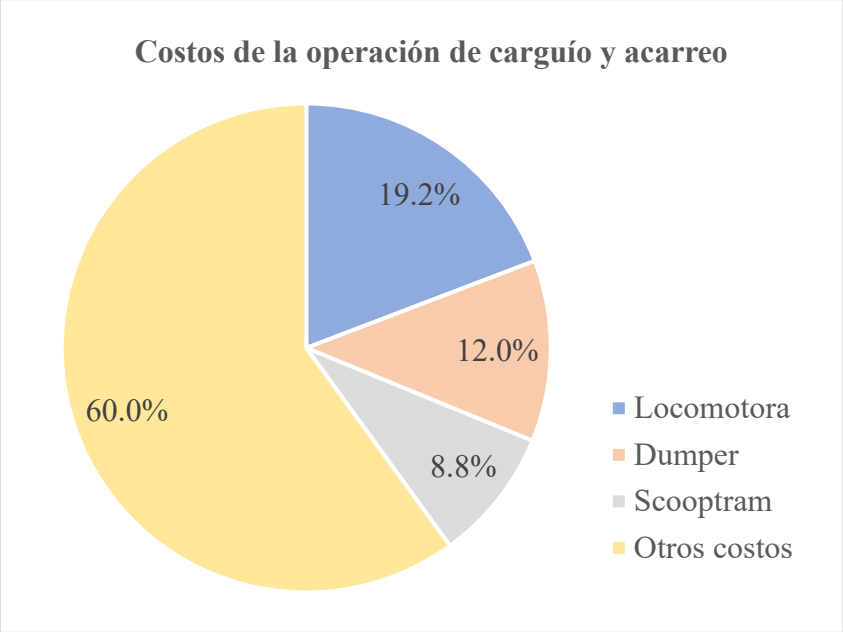
etapa —específicamente locomotoras, equipos dumpers y scooptrams— con el fin de identificar oportunidades de mejora y optimización en el uso de los recursos.

El estudio realizado permitió establecer que, del total de costos de operación directa en la mina subterránea, aproximadamente el 40% corresponde a las actividades de carguío y acarreo. Este porcentaje refleja la significativa participación de esta operación en el costo global, siendo por tanto un eje estratégico para el análisis de rentabilidad económica.

Del total correspondiente al acarreo, se ha determinado la siguiente distribución porcentual de costos según el tipo de equipo utilizado, que se presenta en la figura 1, donde se observa claramente la mayor participación de las locomotoras en el costo del acarreo, debido a su uso intensivo en tramos largos y su capacidad de movilizar grandes volúmenes de material. Los dumpers, utilizados especialmente en zonas de transición y en el transporte intermedio, representan una fracción importante pero menor, mientras que los scooptrams, cuya función principal está orientada al carguío y acarreo corto en frentes de producción, muestran una participación más moderada en el costo total del acarreo.

Figura 1

Distribución de costos en mina



Nota: Gráfico de pastel de la distribución de los costos.

Este análisis pone en evidencia la necesidad de establecer estrategias de gestión y mantenimiento diferenciadas para cada tipo de equipo, priorizando la eficiencia energética, la reducción de tiempos muertos y el mantenimiento predictivo, en especial para las locomotoras, cuya contribución al costo de acarreo es la más significativa.

La adecuada gestión del uso de estos equipos y su eficiencia operativa tiene un impacto directo en la rentabilidad económica de la unidad minera, siendo clave en la toma de decisiones para la optimización de recursos, asignación presupuestal y mejora continua en las operaciones de transporte de material.

4.1.3. Evaluación de Indicadores de Desempeño

Se evaluaron los KPIS de disponibilidad mecánica, TMEF, TMPR, confiabilidad y número de fallas en las operaciones de transporte de mineral con locomotoras, sistema de trackless (Scoop y Dumper), teniendo en cuenta los registros de mantenimiento de equipos en los años 2022, 2023, y 2024.

4.1.3.1. Data Histórica y Análisis Estadístico de la Disponibilidad Mecánica de Lomocotoras

La operación de transporte de mineral dispone de 24 locomotoras, de marcas Clayton (5), Goodman (1), y Serminsa (18), tal y como se puede observar en la tabla 4, además se puede observar que los equipos Goodman y Clayton son los más antiguos y son de fabricación extranjero, por otro lado, la marca nacional Serminsa ha ido consolidándose paulatinamente como único proveedor de estos equipos en esta operación de mina subterránea.

Tabla 4

Lista de locomotoras de la mina Capitana

Código	Nombre de norma de reparto	Localidad	Fecha de adquisición	Costo sin IGV	Fecha de fabricación
LE 04	LOCOMOTORA N4-CLAYTON/B 4288	MINA CAPITANA	1/01/2012	54295.36	1965
LE 05	LOCOMOTORA N5-CLAYT/MCB12S430	MINA CAPITANA	31/08/2013	135282.88	1968
LE 06	LOCOMOTORA N6-IMIN CBL 2/LB 2	MINA CAPITANA	7/03/2007	96703.44	1995
LE 08	LOCOMOTORA N8-SERMINSA/BEV	MINA CAPITANA	31/12/2015	59960.03	2000
LE 09	LOCOMOTORA N09-CLAYTON/	MINA CAPITANA	31/12/2016	24074.24	1965
LE 10	LOCOMOTORA N10-CLAYTON/B1810	MINA CAPITANA	1/01/2012	80148.00	1970
LE 11	LOCOMOTORA N11-GOODMAN/	MINA CAPITANA	1/01/2012	115243.86	1955
LE 14	LOCOMOTORA N14-SERMINSA/BEV	MINA CAPITANA	9/03/2017	263487.06	2005
LE 17	LOCOMOTORA N17-SERMINSA/BEV	MINA CAPITANA	15/09/2016	173498.56	2005
LE 20	LOCOMOTORA N20-SERMINSA/BEV	MINA CAPITANA	20/04/2015	159614.59	2010
LE 21	LOCOMOTORA N21-SERMINSA/BEV	MINA CAPITANA	11/04/2016	225741.00	2010
LE 22	LOCOMOTORA N22-SERMINSA/BEV	MINA CAPITANA	15/09/2016	271886.01	2010
LE 24	LOCOMOTORA N24-SERMINSA/BEV	MINA CAPITANA	11/04/2016	261887.26	2010
LE 25	LOCOMOTORA N25-SERMINSA/SM183	MINA CAPITANA	1/04/2018	258287.71	2010
LE 26	LOCOMOTORA N26-SERMINSA/BEV	MINA CAPITANA	16/03/2018	164821.08	2010
LE 27	LOCOMOTORA N27-SERMINSA/SM188	MINA CAPITANA	16/03/2018	164821.07	2010
LE 28	LOCOMOTORA N28-SERMINSA/SM186	MINA CAPITANA	6/11/2018	269566.30	2010
LE 29	LOCOMOTORA N29-SERMINSA/SM189	MINA CAPITANA	6/11/2018	230416.30	2010
LE 30	LOCOMOTORA N30-SERMINSA/SM191	MINA CAPITANA	30/05/2019	269176.08	2010
LE 31	LOCOMOTORA N31-SERMINSA/SM193	MINA CAPITANA	25/07/2019	175809.32	2010
LE 32	LOCOMOTORA N32-SERMINSA/SM195	MINA CAPITANA	25/07/2019	269176.08	2010
LE 33	LOCOMOTORA N31-SERMINSA/SM221	MINA CAPITANA	17/11/2022	241787.38	2015
LE 34	LOCOMOTORA N32-SERMINSA/SM222	MINA CAPITANA	17/11/2022	241787.38	2015
LE 35	LOCOMOTORA N31-SERMINSA/SM223	MINA CAPITANA	4/07/2023	337375.73	2015

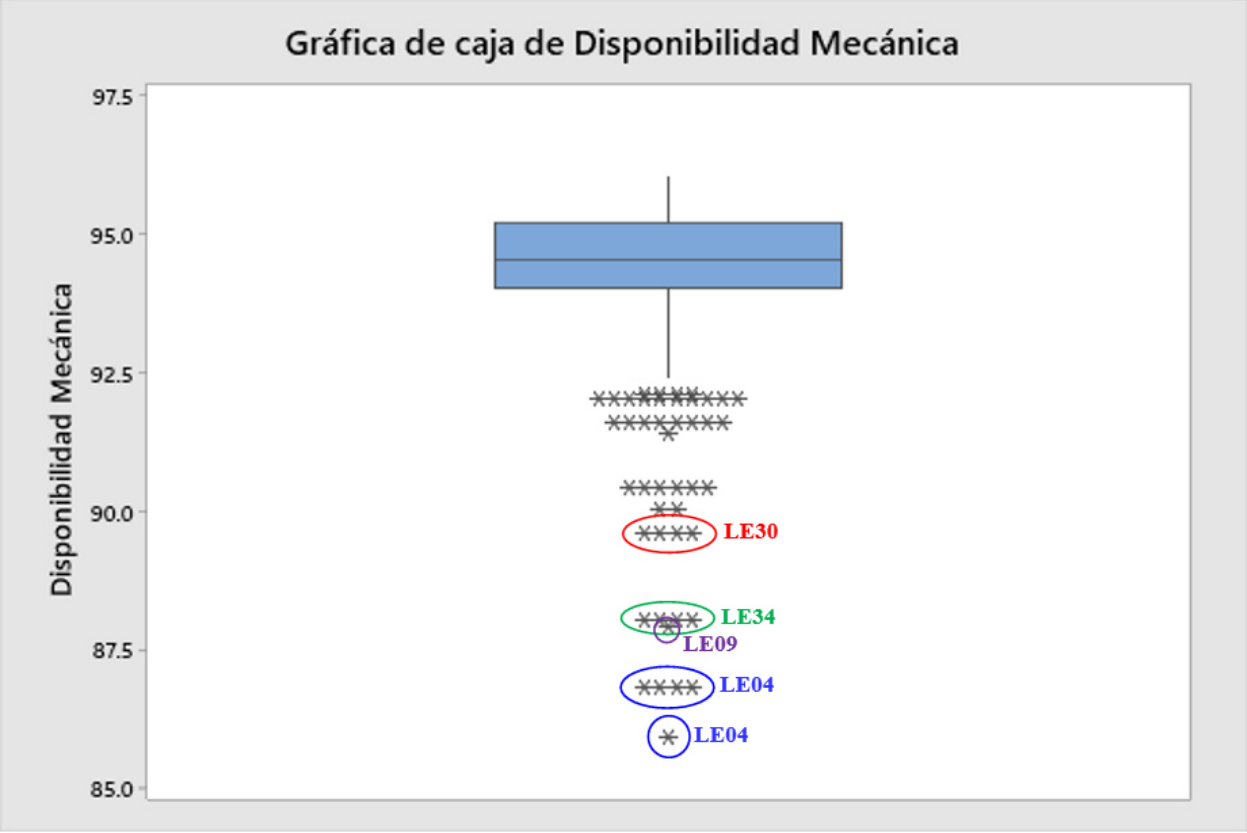
Nota: Se trabaja con costos en soles, moneda nacional.

4.1.3.2. Análisis Estadístico de la Disponibilidad Mecánica de las Locomotoras

Para el análisis de la DM de las 24 locomotoras, se tomaron en cuenta 2000 valores históricos de dicho indicador KPI, considerados como data bruta. La depuración de los datos atípicos se realizó con la ayuda del software estadístico Minitab 19, obteniéndose una data cruda con 500 valores de DM, cuya dispersión de valores se representa en el gráfico de cajas de la figura 2.

Figura 2

Gráfica de caja de disponibilidad mecánica de las locomotoras



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

El tratamiento de la información permitió observar el comportamiento histórico de la disponibilidad mecánica del total de locomotoras, lográndose identificar 4 equipos que alcanzaron valores de disponibilidad mecánica menor que 90%. Para determinar este valor fue necesario recopilar información de dicho indicador en operaciones de minado subterráneo en minas de la costa, lo cual nos permitió establecer un valor estándar para la disponibilidad mecánica teniendo en cuenta la geografía del lugar. Los valores estándar de KPI recopilados y su lugar de aplicación se describen en la tabla 5.

La estadística descriptiva de la data filtrada de disponibilidad mecánica determinó una media de 94.386, teniendo un valor mínimo de 85.90 y un máximo de 96.00, tal y como se puede observar en la tabla 5. El análisis estadístico de la data filtrada de disponibilidad mecánica determinó que las locomotoras LE04, LE09, LE30 y LE34 trabajan por debajo de los valores de KPIS preestablecidos.

Tabla 5

Análisis estadísticos de la data histórica de la disponibilidad mecánica de las locomotoras

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Disponibilidad Mecánica	94.386	0.0548	1.432	2.051	1.52	85.900	94.000	94.500	95.194	96.000

Nota: Tabla generada de la data cruda.

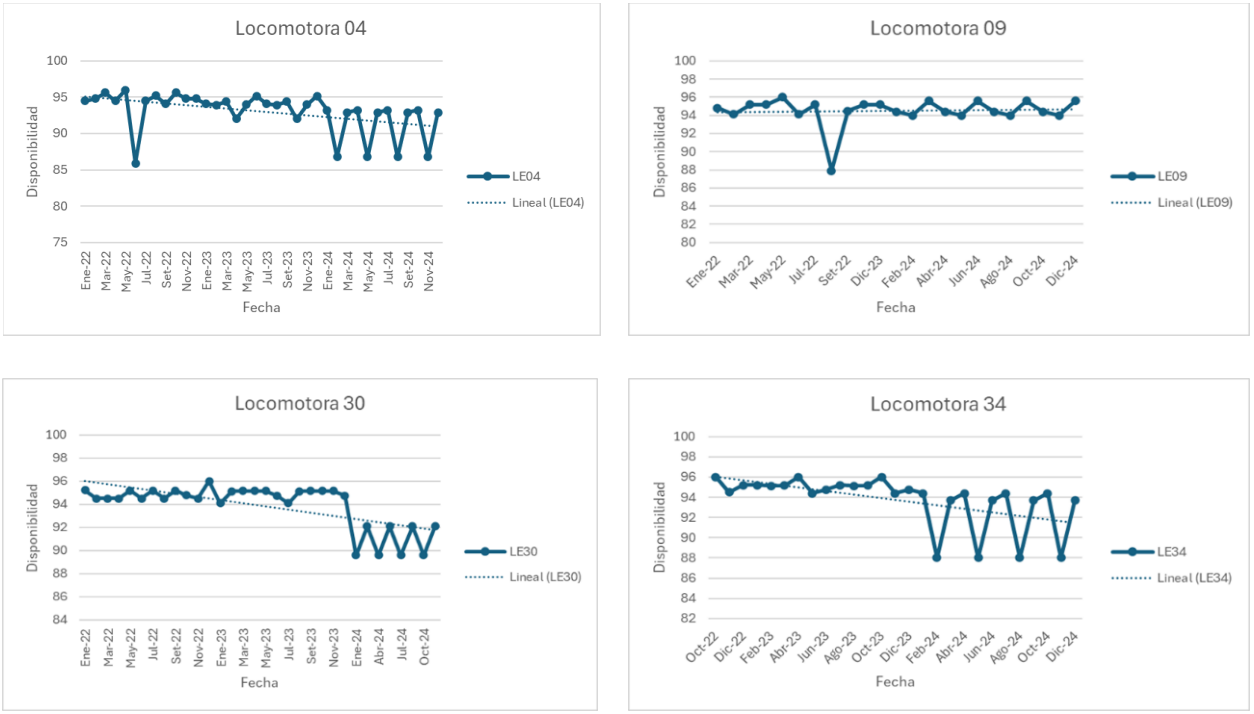
4.1.3.2.1. Evaluación de la Disponibilidad Mecánica de las Locomotoras Observadas

La figura 3 representa los valores de disponibilidad mecánica en el tiempo, teniendo en cuenta las locomotoras que fueron observadas, observándose que los equipos LE04, LE09, LE30,

Y LE34 presentan una tendencia a la disminución de dichos valores, identificándose como pendientes negativas en las gráficas siguientes.

Figura 3

Gráficas lineales con marcadores de la disponibilidad mecánica de las locomotoras observadas



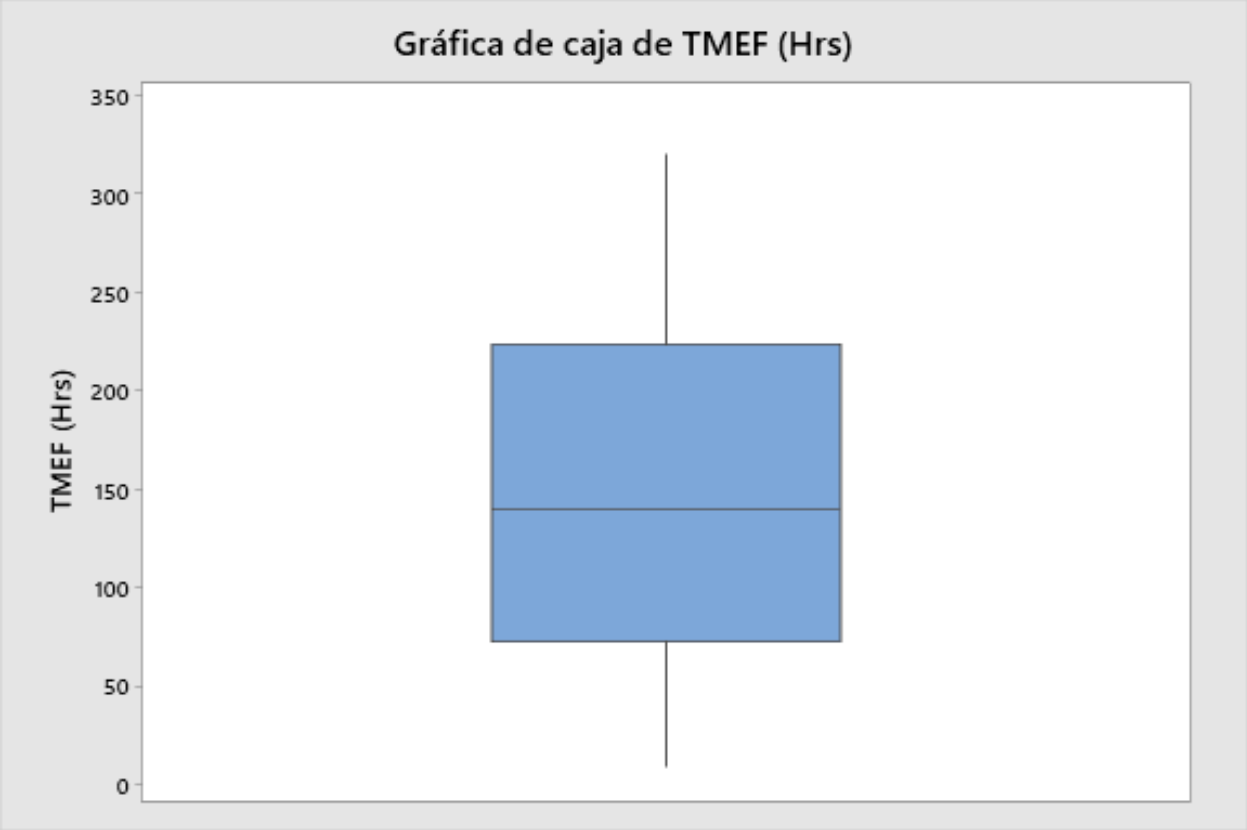
Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.3.3. Análisis Estadístico del Tiempo Medio entre Fallas de las Locomotoras

El análisis estadístico de la data cruda de los valores del TMEF de las 24 locomotoras se realizó con la ayuda del software estadístico Minitab 19, cuya dispersión de valores se presenta en el gráfico de cajas de la figura 4, así mismo, la Tabla 6 representa la estadística descriptiva de los valores analizados, observándose una media de 145.24 horas, un valor mínimo de 10 horas y un máximo de 320 horas.

Figura 4

Gráfica de caja del tiempo medio entre fallas de las locomotoras



Nota: En este caso no hay datos atípicos evidenciables.

Tabla 6

Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio entre fallas de las locomotoras

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
TMEF (Hrs)	145.24	2.89	75.40	5684.76	51.91	10.00	73.00	140.00	224.00	320.00

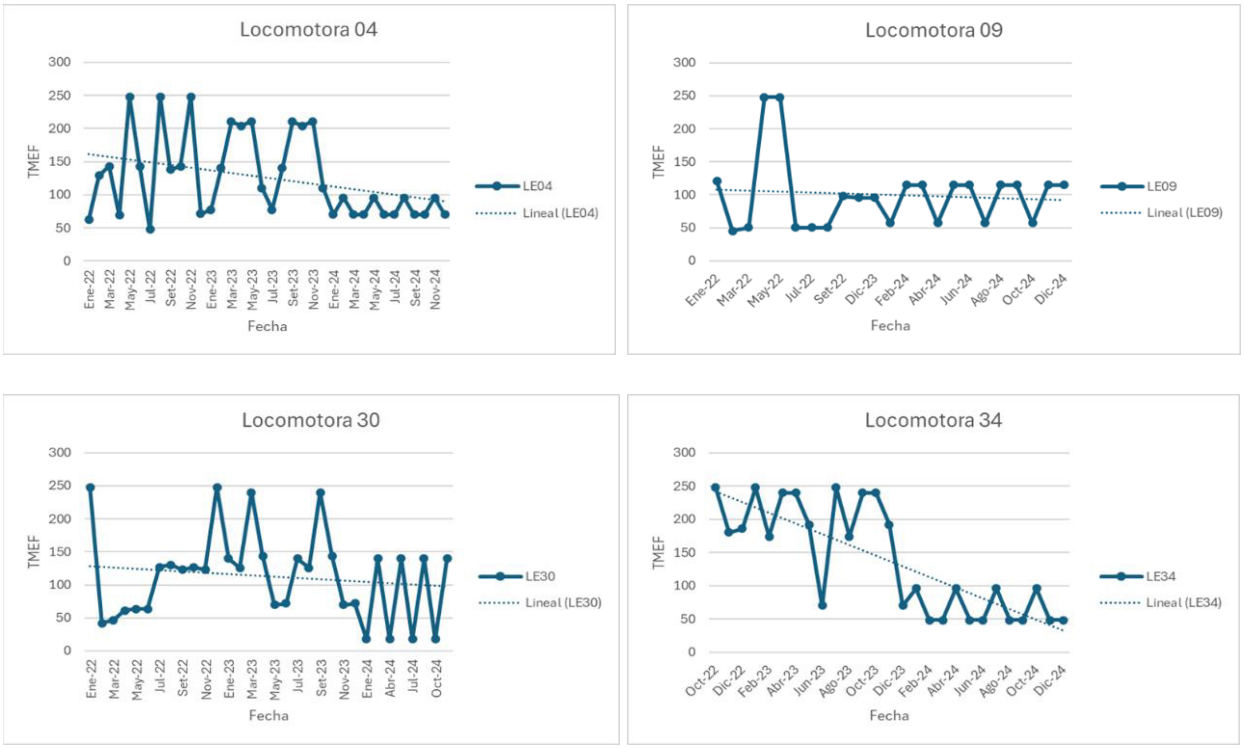
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.3.1. Evaluación del Tiempo Medio entre Fallas de las Locomotoras

Teniendo en cuenta el análisis de los valores de DM para las locomotoras LE04, LE09, LE30, Y LE34, se analizó la variación del TMEF en el tiempo, tal y como se puede observar en la figura 5, así mismo, las líneas de tendencia ajustadas demostraron una pendiente negativa para el total de los equipos observados, siendo más pronunciada para las locomotoras LE04 y LE34.

Figura 5

Gráficas lineales con marcadores del tiempo medio entre fallas de las locomotoras observadas



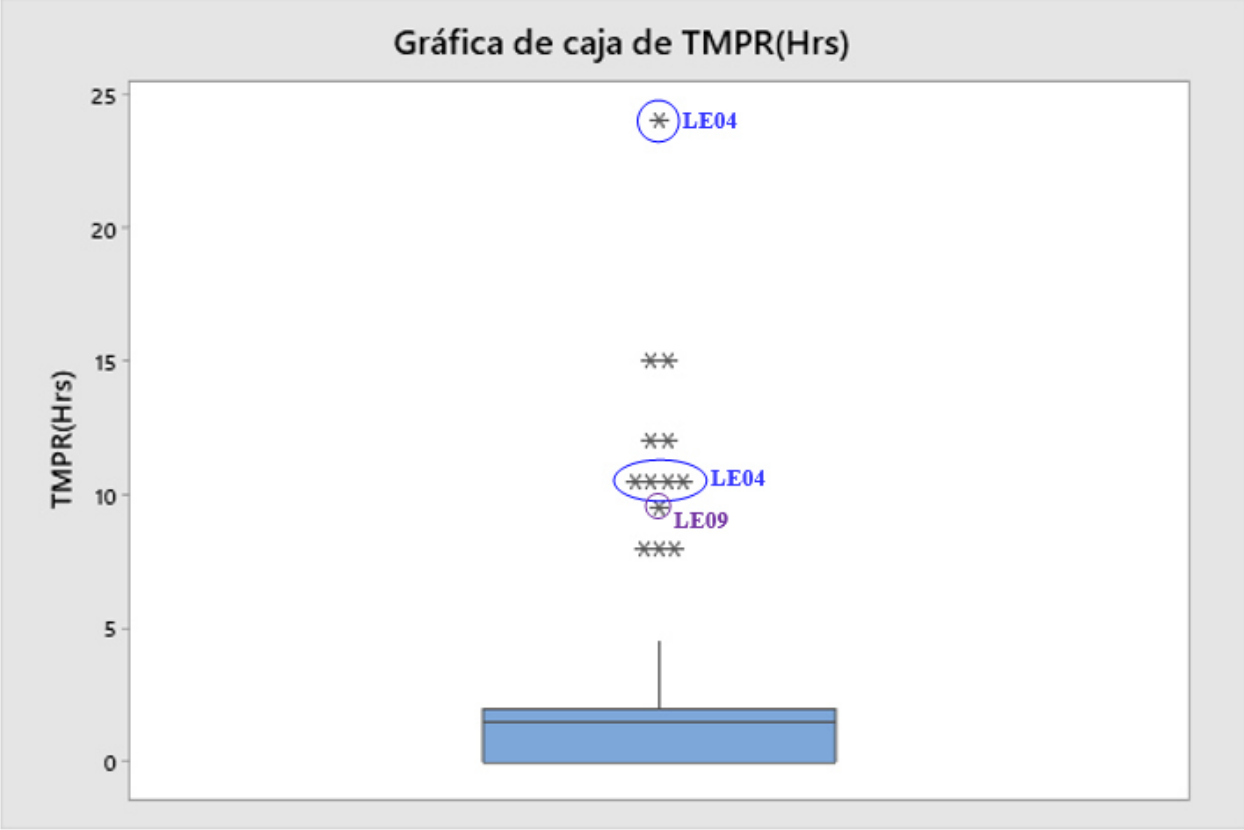
Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.3.4. Análisis Estadístico del Tiempo Medio para Reparación de las Locomotoras

El análisis estadístico de los valores de TMPR de la data filtrada determinó una mediana de 1.5 horas, una media de 1.435 horas, un valor mínimo de 0.00 horas, los cuales representan a los equipos con mayor DM, y un valor máximo de 24 horas, tal y como se puede observar en la tabla 7, así también la gráfica de cajas de la figura 6 representa la dispersión de los valores del TMPR en el tiempo prestablecido.

Figura 6

Gráfica de caja del tiempo medio para reparación de las locomotoras



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

Tabla 7

Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio para reparación de las locomotoras

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
TMPH (Hrs)	1.4355	0.0716	1.8706	3.4993	130.32	0.0000	0.0000	1.5000	2.0000	24.0000

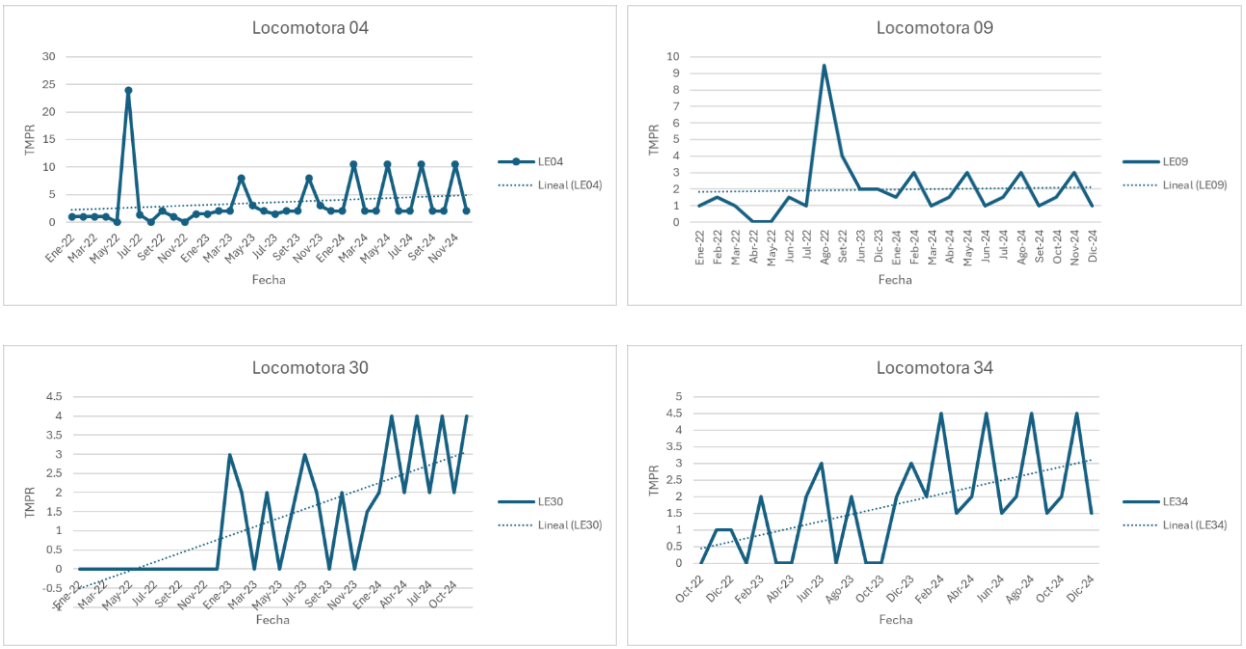
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.4.1. Evaluación del Tiempo Medio para Reparación de las Locomotoras

El análisis de los valores del TMPR en el tiempo, se representa en la figura 7, observándose una pendiente positiva pronunciada en las líneas de tendencia del TMPR de los equipos 30, 34, sin embargo, se observa que los valores del TMPR para estos equipos presentan máximo de 4 horas, por otro lado, los equipos 04, y 09, se mantienen una línea de tendencia casi horizontal, observándose valores de 25 horas de TMPR como máximo para la locomotora 04, y 9 horas para la locomotora 09.

Figura 7

Gráficas lineales con marcadores del tiempo medio para reparación de las locomotoras observadas



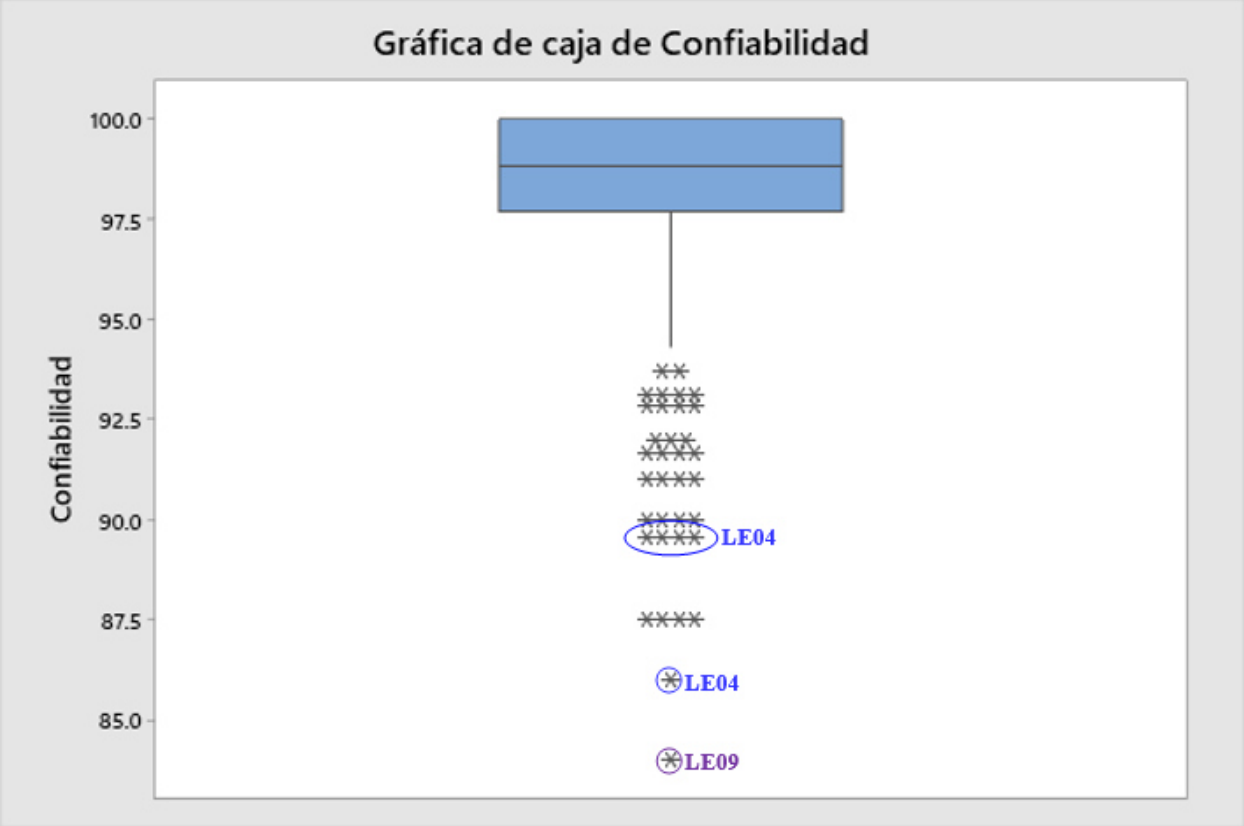
Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.3.5. Análisis Estadístico de la Confiabilidad de las Locomotoras

La distribución de los valores históricos de la confiabilidad se representa en el gráfico de cajas de la figura 8 y el análisis estadístico de la data cruda determinó una media de 98.336 %, un valor mínimo de 84.00 %, y un máximo de 100.00 %, tal como se observa en la tabla 8.

Figura 8

Gráfica de caja de la confiabilidad de las locomotoras



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

Tabla 8

Análisis estadísticos de la data histórica de la confiabilidad de las locomotoras

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Confiabilidad	98.336	0.0843	2.202	4.847	2.24	84.000	97.701	98.837	100.000	100.000

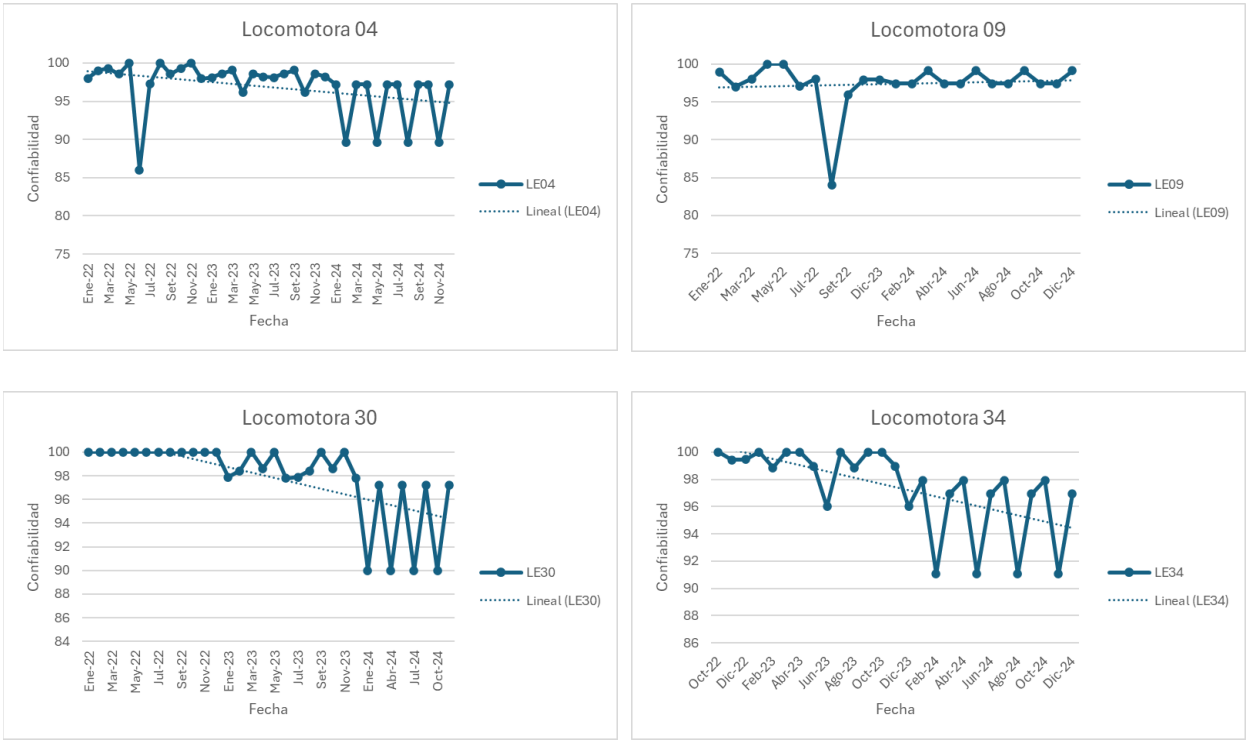
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.5.1. Evaluación de la Confiabilidad de las Locomotoras

El análisis de la confiabilidad en el tiempo demostró que las locomotoras LE04, LE30 y LE34 tienden a disminuir, observándose en las líneas de tendencia una pendiente negativa, por otro lado, la tendencia de la confiabilidad de la locomotora LE09 es casi constante, lo cual se presenta en la figura 9.

Figura 9

Gráficas lineales con marcadores de la confiabilidad de las locomotoras observadas



Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

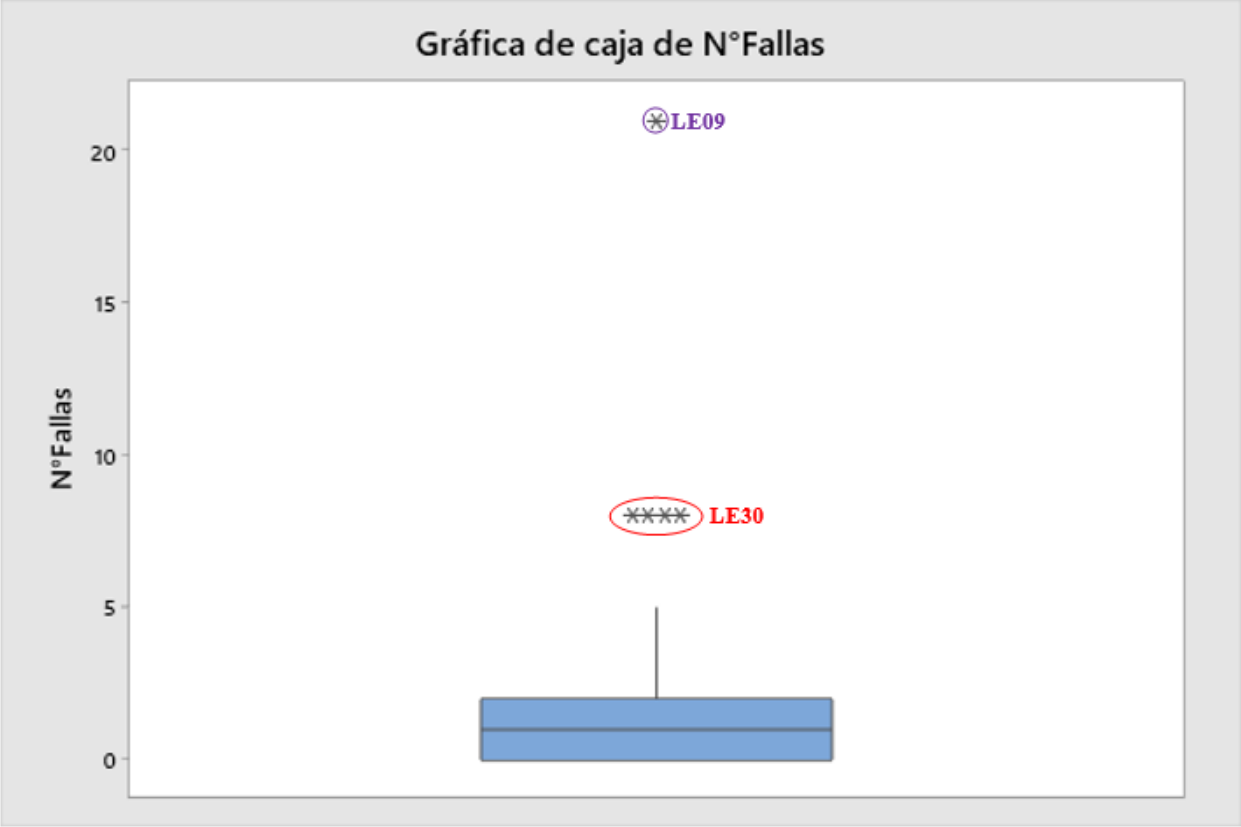
4.1.3.6. Análisis Estadístico del Número de fallas de las Locomotoras

La estadística descriptiva de los valores del número de fallas en el tiempo prestablecido se ajustó a sus próximos valores enteros, dado que no podemos asumir una falla con valor decimal,

representando valores de 1 falla tanto para la media como la mediana, así también se observó un valor máximo de 21 fallas. El total de los valores de la estadística descriptiva, se representan en la tabla 9, y el gráfico de cajas de la figura 10 representan la dispersión de los valores analizados.

Figura 10

Gráfica de caja del número de fallas de las locomotoras



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

Tabla 9

Análisis estadísticos de la data histórica de la confiabilidad de las locomotoras

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
N° de fallas	1.3680	0.0579	1.5119	2.2858	110.51	0.0000	0.0000	1.0000	2.0000	21.0000

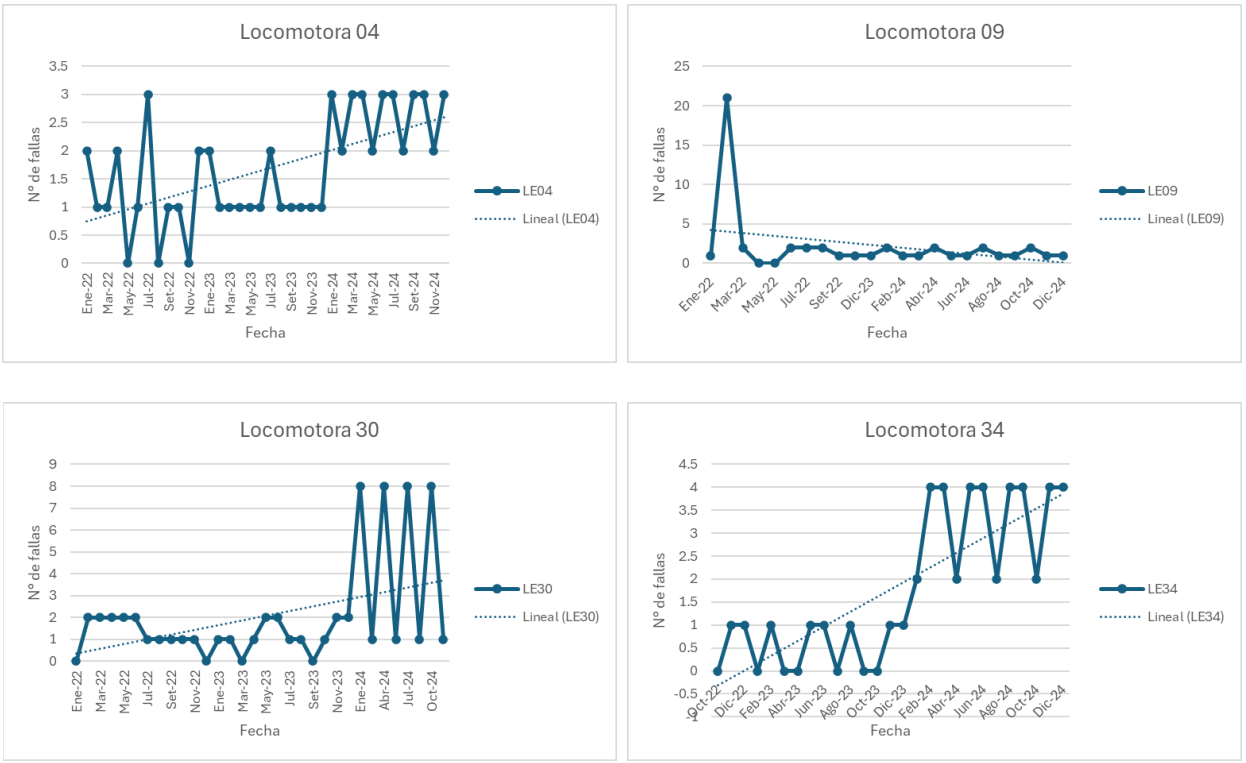
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.6.1. Evaluación del Número de Fallas de las Locomotoras

El análisis de la tendencia del número de fallas en el tiempo se realizó mediante gráficas de dispersión con líneas de tendencia que demuestran que la locomotora LE04, LE30 y LE34 tienden aumentar las fallas en tiempo con una pendiente positiva bastante pronunciada en las líneas de tendencia, por otro lado, se puede observar que la locomotora LE09 representa variación de datos con una ligera pendiente negativa en la línea de tendencia, con valores casi constantes, sin embargo este equipo reportó el mayor número total de fallas, tal y como se puede observar en la figura 11.

Figura 11

Gráficas lineales con marcadores del número de fallas de las locomotoras observadas



Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.3.7. Data Histórica y Análisis Estadístico de la Disponibilidad Mecánica de los Equipos Trackless

La operación minera cuenta con un total de 14 equipos trackless, los cuales se distribuyen en tres grandes categorías: Dumper y Scoop.

La tabla 10 detalla los modelos, marcas, cantidad de unidades, y el año de adquisición de cada equipo. Este inventario es fundamental para el análisis de la disponibilidad mecánica, considerando que la variabilidad en el rendimiento de estos equipos tiene un impacto directo sobre los ciclos de avance y la eficiencia global de la operación subterránea.

Tabla 10

Lista de equipos trackless de la mina Capitana

Código	Nombre de norma de reparto	Localidad	Fecha de adquisición	Costo sin IGV	Fecha de fabricación
DM-01	Dumper EJC417	MINA CAPITANA	14/11/2012	108,067.90	2005
DM-02	Dumper ODUS 6	MINA CAPITANA	10/09/2015	95,169.05	2010
SD-02	Scoop MTI 250	MINA CAPITANA	15/02/2007	18,415.95	2000
SD-05	Scoop Sandv LH202	MINA CAPITANA	4/04/2011	643,260.01	2010
SD-06	Scoop Sandv LH203	MINA CAPITANA	30/04/2014	884,520.00	2010
SD-07	Scoop Sandv LH203	MINA CAPITANA	21/03/2018	951,490.00	2015
SD-08	Scoop XLM05D	MINA CAPITANA	5/06/2012	841,600.00	2010
SD-09	Scoop Sandvik LH203	MINA CAPITANA	18/08/2016	920,130.00	2012
SD-11	Scooptram Onedrill	MINA CAPITANA	12/09/2013	785,080.00	2012
SD-12	Scooptram Onedrill	MINA CAPITANA	7/07/2015	810,400.00	2010
SD-13	Scooptram Onedrill	MINA CAPITANA	19/10/2017	860,115.00	2015
SE-01	Scooptram Aramine Eléctrico	MINA CAPITANA	14/09/2022	950,148.06	2021
DM-03	Dumper Normet	MINA CAPITANA	29/05/2014	37,670.08	2010
DM-04	Dumper Normet	MINA CAPITANA	22/02/2015	38,412.70	2018

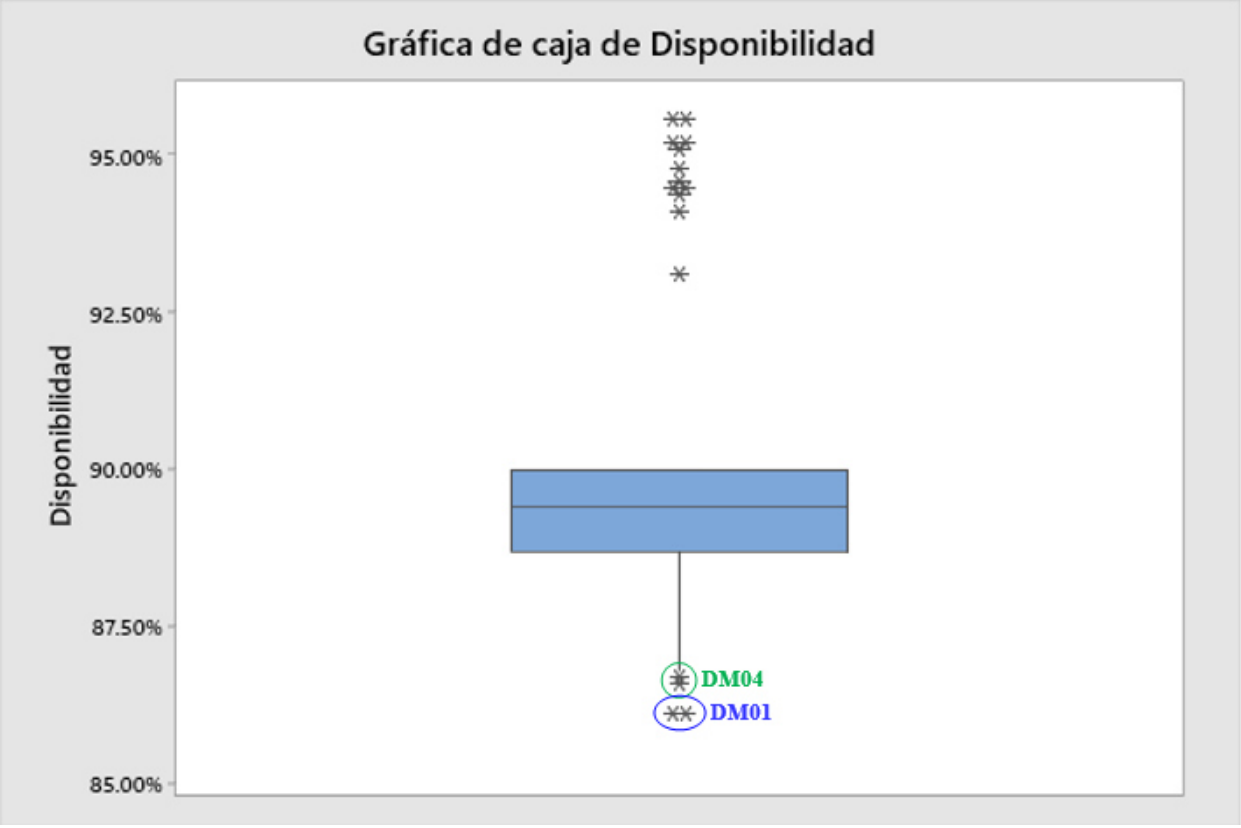
Nota: Se trabaja con costos en soles, moneda nacional.

4.1.3.8. Análisis Estadístico de la Disponibilidad Mecánica de los Dumpers

Para el análisis de la disponibilidad mecánica de los 4 dumpers, se utilizó un conjunto inicial de 300 registros históricos correspondientes a dicho indicador clave de desempeño (KPI), los cuales fueron considerados como datos brutos. Posteriormente, mediante el uso del software estadístico Minitab 19, se procedió a la depuración de valores atípicos, obteniéndose una base depurada compuesta por 211 registros válidos de DM. La variabilidad de estos datos se encuentra representada en el diagrama de caja mostrado en la figura 12.

Figura 12

Gráfica de caja de disponibilidad mecánica del equipo Dumper



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

El análisis de datos permitió evaluar el comportamiento histórico de la disponibilidad mecánica de los equipos trackless, identificándose 2 equipos con un índice inferior al 90%. Con esta información, se puede establecer un valor estándar de DM considerando las condiciones geográficas del área.

Según la tabla 11, el análisis descriptivo de los datos filtrados de DM muestra un promedio de 89.930, con valores entre 86.100 y 95.600. Se identificó que el DM-01 y DM-04 operan por debajo de los indicadores establecidos.

Tabla 11

Análisis estadísticos de la data histórica de la disponibilidad mecánica del equipo Dumper

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Disponibilidad Mecánica	89.930	0.300	2.459	6.048	2.73	86.100	88.700	89.400	90.000	95.600

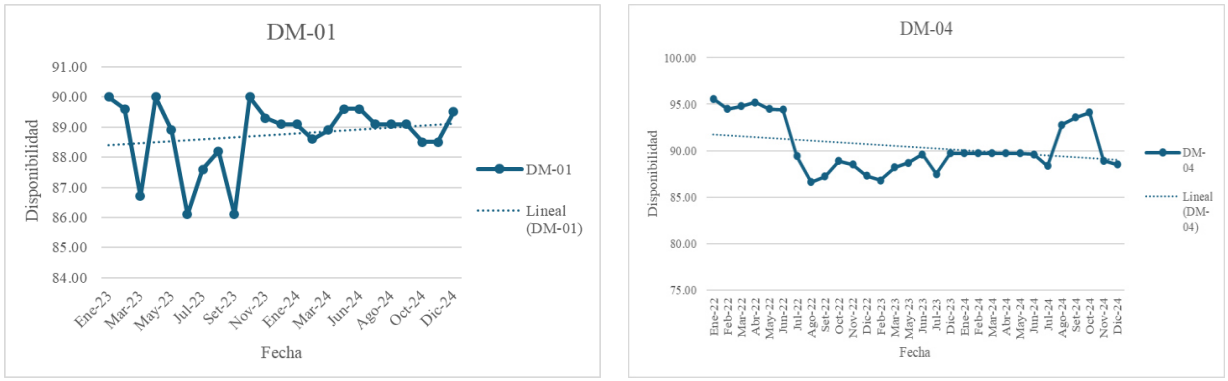
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.8.1. Evaluación de la Disponibilidad Mecánica de los Dumpers

La figura 13 representa la disponibilidad mecánica histórica de los Dumpers DM01 y DM04, para el dumper 01 donde se puede observar que los valores de disponibilidad mecánica que alcanzó el equipo en operación se encontraron en el intervalo de 86% a 90%, sin embargo, el equipo presenta una tendencia positiva de la DM, en el caso del dumper 04, se puede observar que los valores de disponibilidad mecánica presentan una tendencia negativa, además, los valores de DM alcanzaron máximos de 95 % y mínimos de 85%.

Figura 13

Gráficas lineales con marcadores de la disponibilidad mecánica de los dumpers



Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

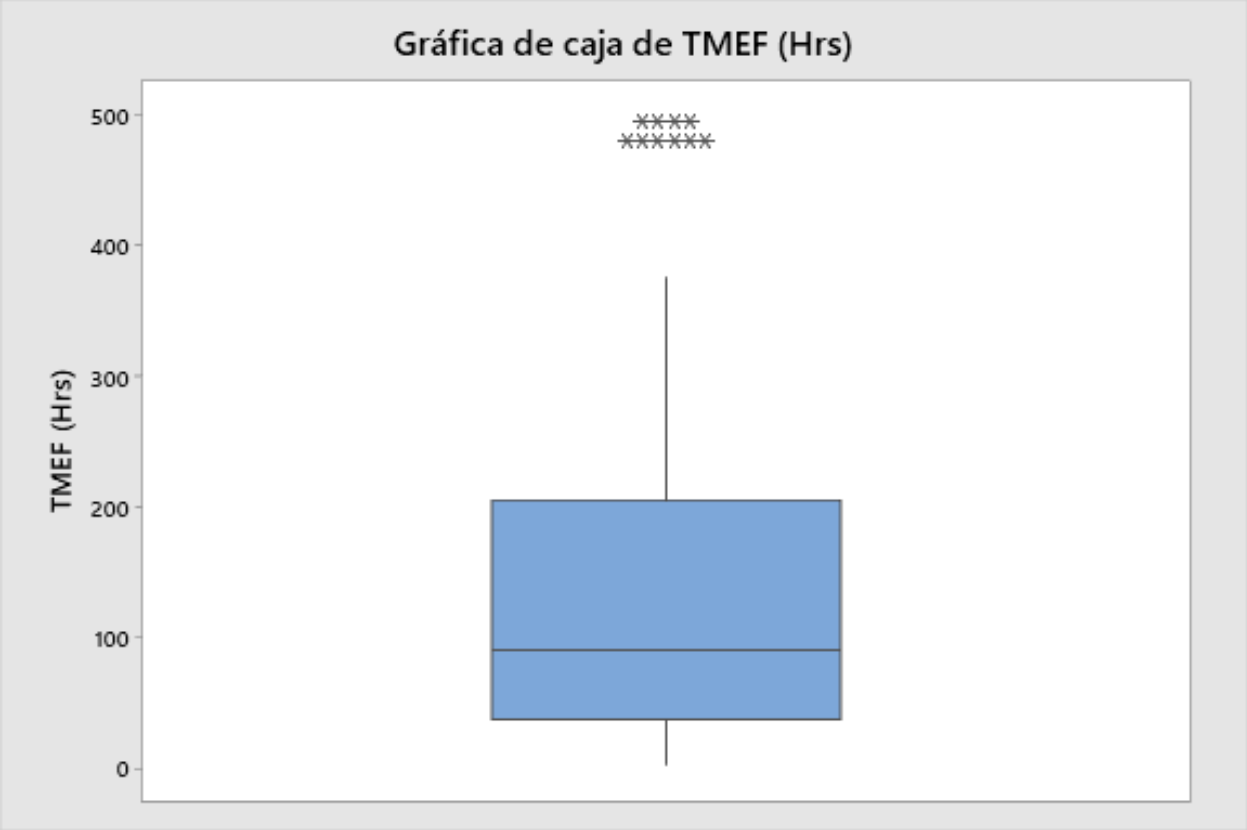
4.1.3.9. Análisis Estadístico del Tiempo Medio entre Fallas de los Dumpers

El gráfico de cajas de la figura 14 representa la distribución de los valores de TMEF del total de equipos Dumper en la operación, así mismo se puede observar algunos valores máximos de TMEF cercano a las 500 horas.

El análisis estadístico descriptivo de los valores de TMEF de los equipos en operación determinó una mediana de 91 horas, una media de 156 horas, un valor mínimo de 4 horas y un máximo de 496 horas, tal como se ve en la tabla 12.

Figura 14

Gráfica de caja del tiempo medio entre fallas del equipo Dumper



Nota: Los datos atípicos no se encirculan porque son datos por encima del promedio, pero son valores mayores.

Tabla 12

Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio entre fallas del equipo Dumper

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
TMEF (Hrs)	156.0	19.7	161.0	25910.0	103.17	4.0	38.0	91.0	206.0	496.0

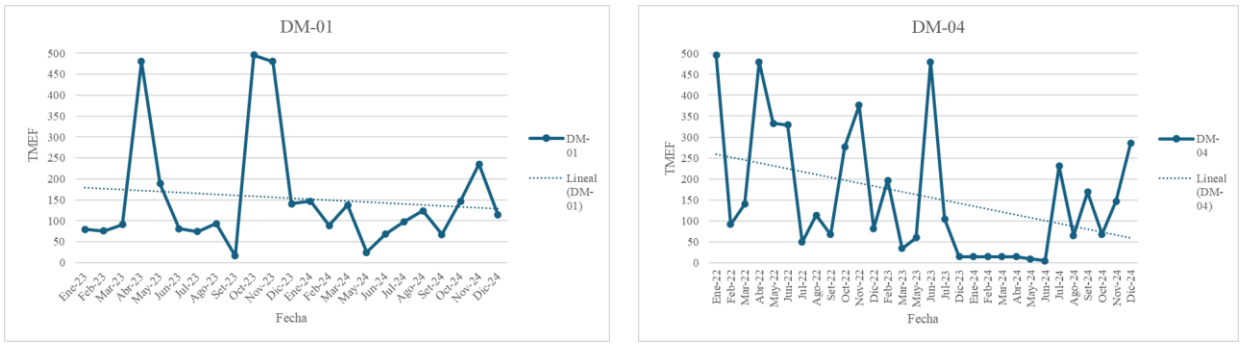
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.9.1. Evaluación del Tiempo Medio entre Fallas de los Dumpers

En la figura 15, se puede observar la data histórica de los valores de TMEF de los Dumpers DM01 y DM04 en el tiempo, para el dumper 01 se observa una tendencia negativa, además, desde el año 2024 el equipo no presentó picos superiores a las 250 horas de dicho KPI y el dumper 04 presenta una tendencia negativa, observándose picos de valores máximos cercanos a las 500 horas, sin embargo, a partir de julio del 2023 el equipo no superó las 200 horas de dicho indicador, así también, en el año 2024 se puede observar diversos valores cercanos a las 10 horas, los cuales representan los valores mínimos alcanzando por los equipos Dumper.

Figura 15

Gráficas lineales con marcadores del tiempo medio entre fallas de los dumpers



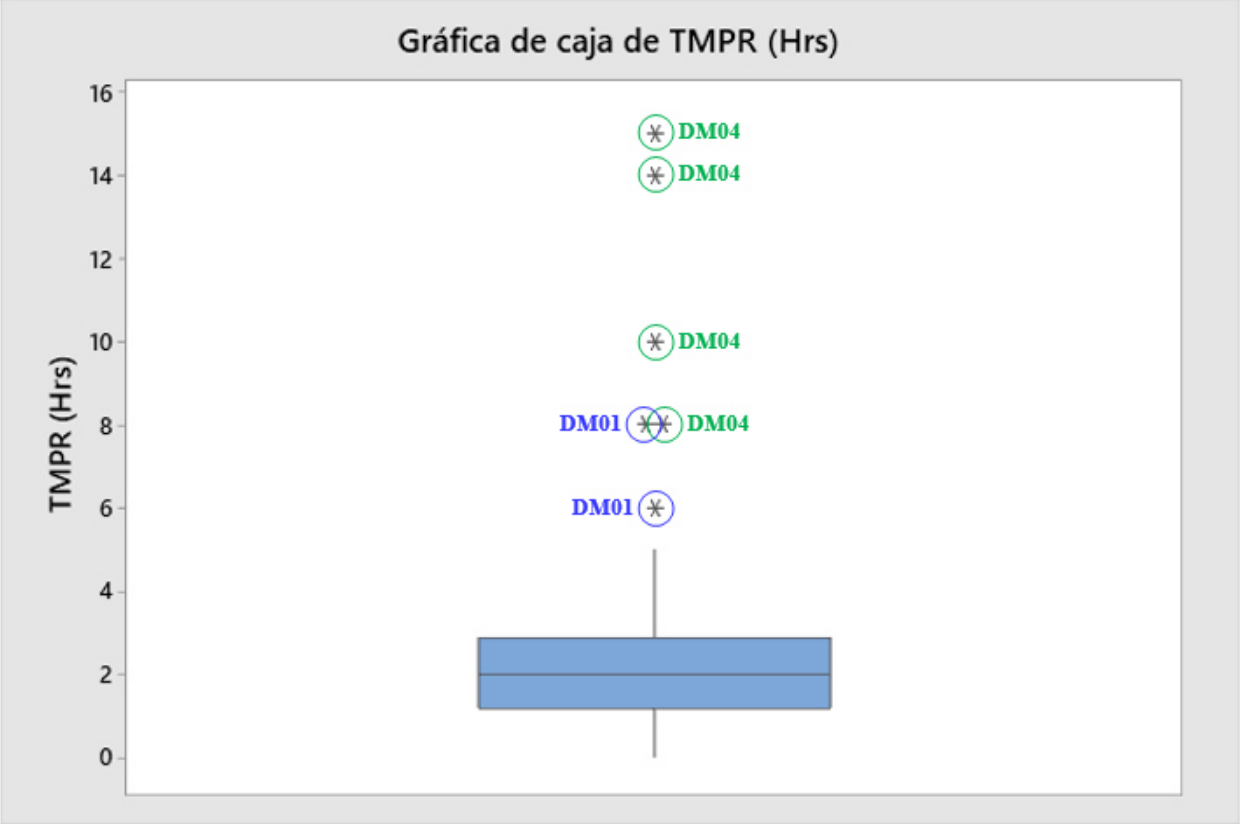
Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.3.10. Análisis Estadístico del Tiempo Medio para Reparación de los Dumpers

Los valores del TMPR alcanzados por los equipos Dumper en el tiempo, se representan en el gráfico de cajas de la figura 16, donde se puede observar algunos valores mayores a las 5 horas, sin embargo, la mayor distribución de los valores que se puede observar en la caja azul de la gráfica.

Figura 16

Gráfica de caja del tiempo medio para reparación del equipo Dumper



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

Tabla 13

Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio para reparación del equipo Dumper

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
TMPH (Hrs)	2.521	0.325	2.773	7.692	110.03	0.0000	1.200	2.000	2.900	15.000

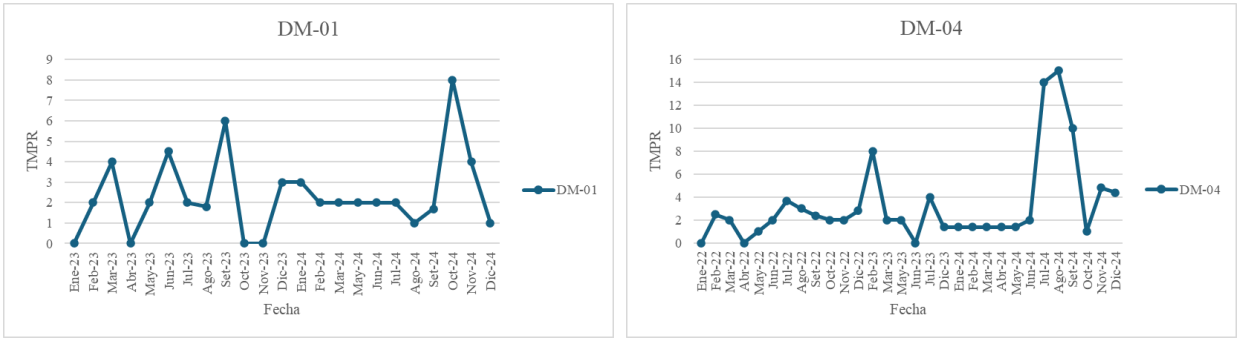
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.10.1. Evaluación del Tiempo Medio para Reparación de los Dumpers

En la figura 17, el DM01 alcanzó un valor máximo de 8 horas de TMPR en octubre del 2024, y se puede observar una tendencia positiva, lo cual indica que hay un aumento en el tiempo de para del equipo, lo cual repercute en los objetivos de producción, así mismo, el TMPR del DM04 presenta una tendencia a incrementar este valor en el tiempo, lo cual puede observarse como una pendiente positiva en la línea punteada.

Figura 17

Gráficas lineales con marcadores del tiempo medio para reparación de los equipos dumpers



Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

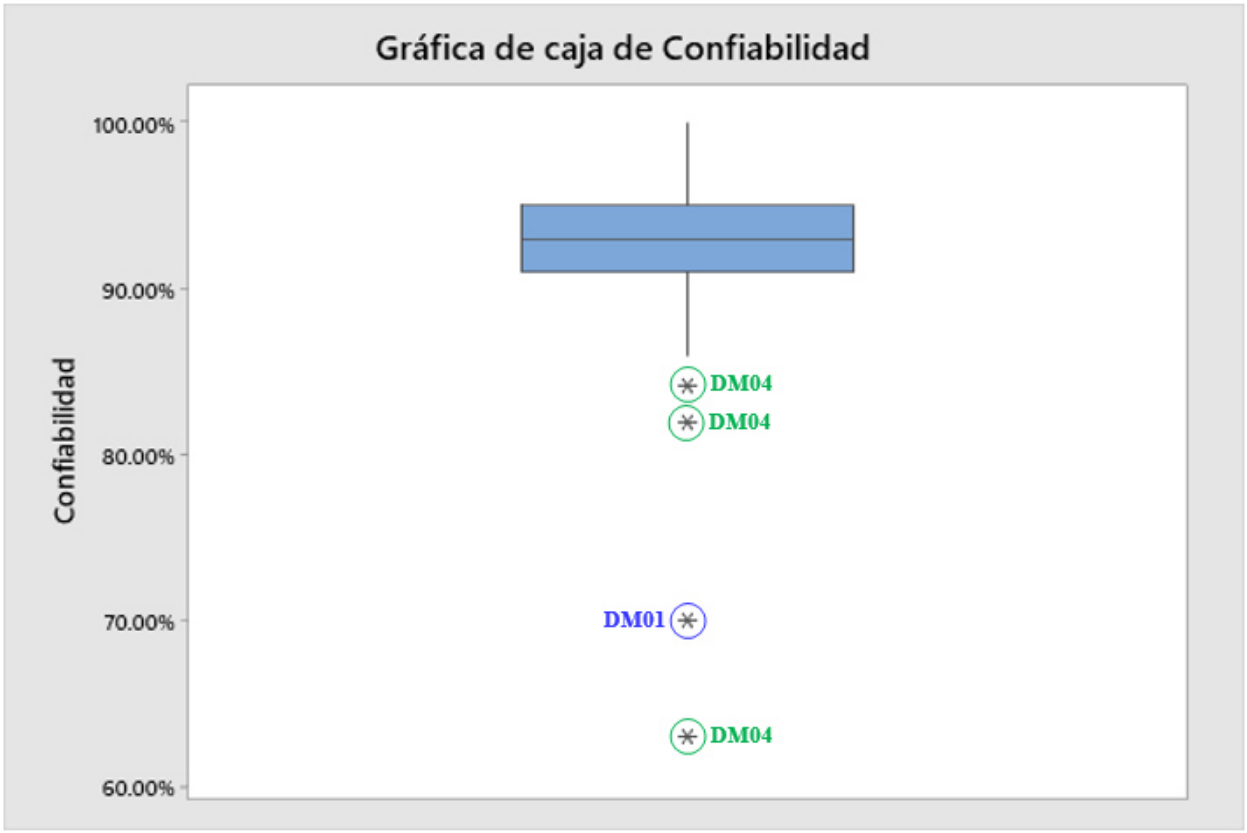
4.1.3.11. Análisis Estadístico de la Confiabilidad de los Dumpers

El gráfico de cajas de la figura 18 representa la distribución de los valores de confiabilidad alcanzados por el total de equipos Dumper en operación, observándose algunos valores por debajo del 90% de confiabilidad.

La estadística descriptiva de los valores de confiabilidad determinó una media de 91.976% y una mediana de 93.00%, además de ello, se reportó un valor mínimo de 63.00% y un máximo de 100%, tal y como se puede observar en la tabla 14.

Figura 18

Gráfica de caja de la confiabilidad del equipo Dumper



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

Tabla 14

Análisis estadísticos de la data histórica de la confiabilidad del equipo Dumper

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Confiabilidad	91.732	0.686	5.859	34.326	6.39	63.000	90.000	93.000	95.000	100.000

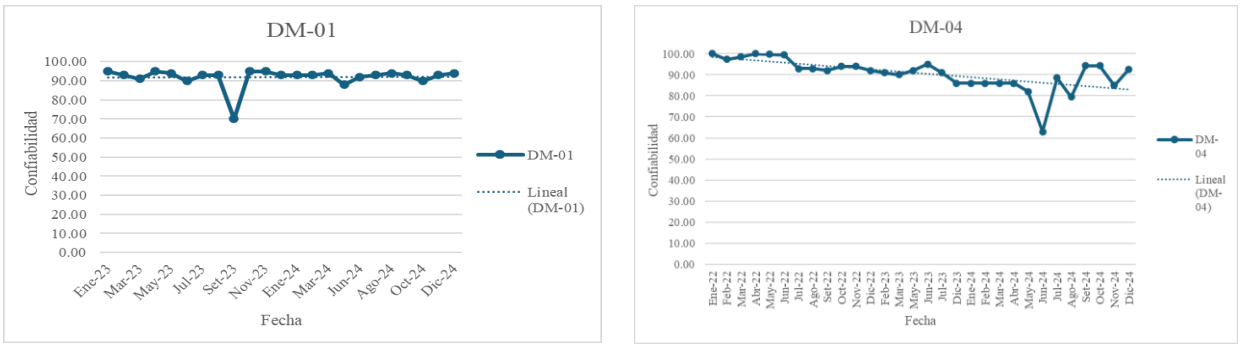
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.11.1. Evaluación de la Confiabilidad de los Dumpers

En la figura 19, los valores de confiabilidad alcanzados por el DM01 en el tiempo presentaron una tendencia horizontal, es decir tiende a mantenerse constante en el tiempo, sin embargo, existen valores de confiabilidad menores que 90%, los cuales se encuentran por debajo de los KPIS establecidos, para los valores de confiabilidad del equipo DM04, donde se puede observar una línea de tendencia con una pendiente negativa, lo que indica la disminución de los valores de confiabilidad del equipo en el tiempo, además se puede observar que en Julio del 2024 el equipo alcanzó un valor mínimo de 60%.

Figura 19

Gráficas lineales con marcadores de la confiabilidad de los equipos dumpers



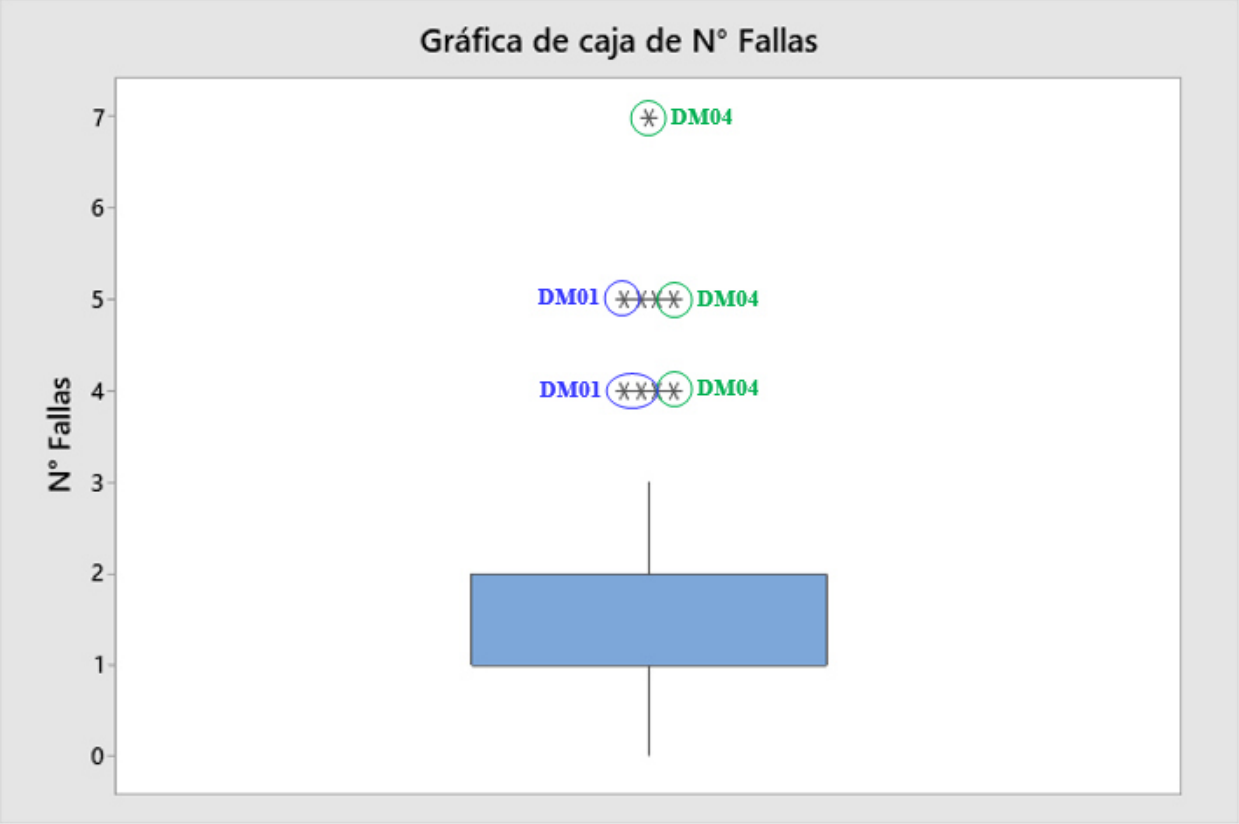
Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.3.12. Análisis Estadístico del Número de Fallas de los Dumpers

La gráfica de cajas de la figura 20 representa la distribución de los valores del número de fallas alcanzado por el total de los equipos Dumper alcanzados en el tiempo, así también, se puede observar que algunos equipos reportaron un N° de fallas mayor a 4.

Figura 20

Gráfica de caja del número de fallas del equipo Dumper



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

El análisis estadístico descriptivo de la data histórica del número de fallas de los equipos Dumper determinó una mediana de 1 falla, y un valor máximo de 7 fallas. Tal y como se puede observar en la tabla 15.

Tabla 15

Análisis estadísticos de la data histórica del número de fallas del equipo Dumper

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
N° de fallas	1.630	0.177	1.514	2.292	92.87	0.000	1.000	1.000	2.000	7.000

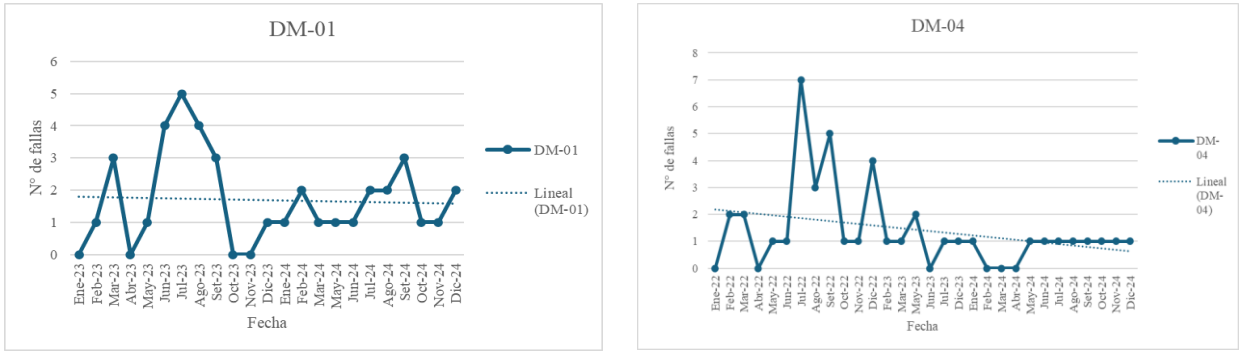
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.12.1. Evaluación del Número de Fallas de los Dumpers

En la figura 21, el análisis de la data histórica de fallas del DM01 determinó una ligera tendencia a disminuir en el tiempo, sin embargo, este equipo reportó un máximo de 5 fallas, y el análisis del Dumper DM04 determinó una tendencia a aumentar en el tiempo, observándose como una pendiente positiva, además este equipo reportó un máximo de 7 fallas en julio del 2022, y en los últimos 2 meses del 2024 reportó valores de 5 fallas.

Figura 21

Gráficas lineales con marcadores del número de fallas de los dumpers



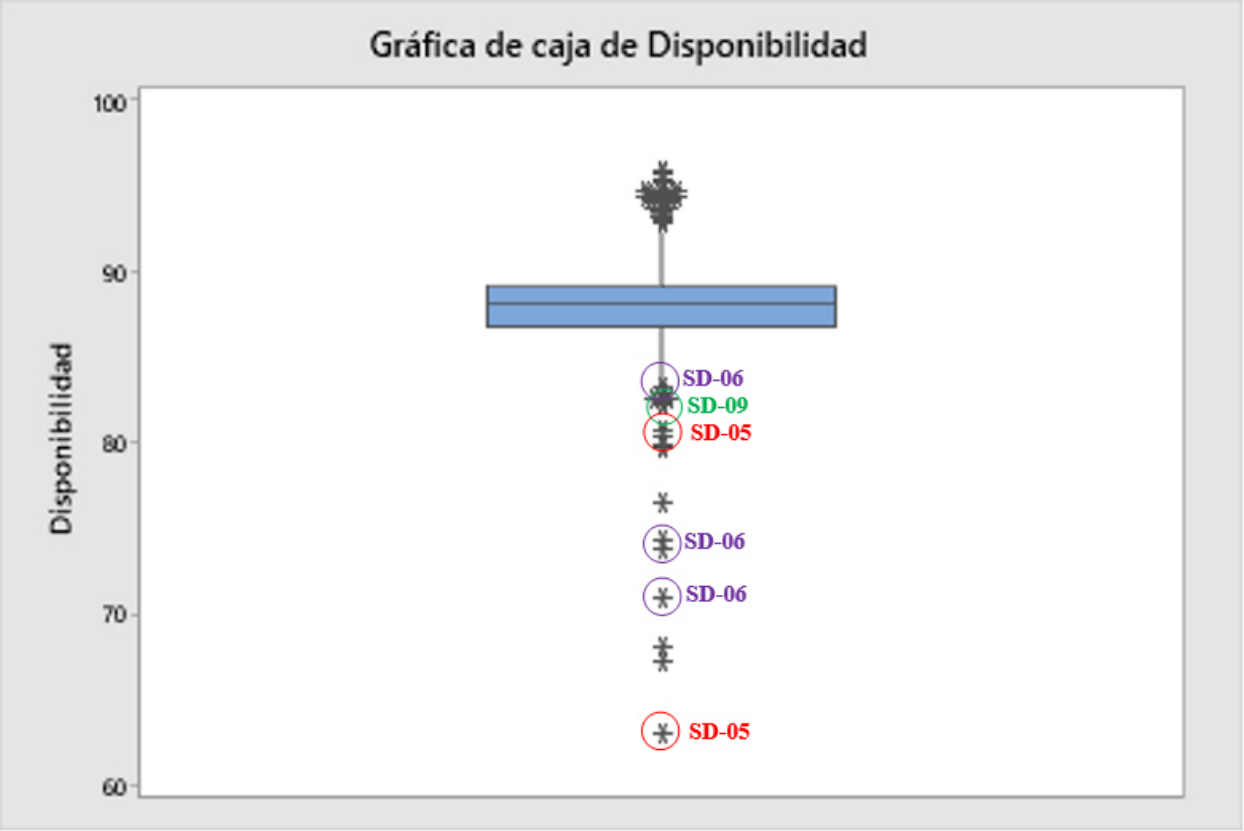
Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.3.13. Análisis Estadístico de la Disponibilidad Mecánica de los Scooptrams

La gráfica de cajas de la figura 22 representa la distribución de los valores de DM alcanzado por el total de los equipos Scoop, en el tiempo, así también, se puede observar la caja azul que representa la mayoría de los equipos los cuales reportaron valores menores a 90%.

Figura 22

Gráfica de caja de disponibilidad mecánica de los equipos Scooptrams



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

El análisis estadístico descriptivo de la data histórica de DM del total equipos Scoop en operación, determinó una mediana de 88.20 %, y un valor mínimo de 63.00 %, tal y como se observa en la tabla 16.

Tabla 16

Análisis estadísticos de la data histórica de la disponibilidad mecánica de los Scooptrams

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Disponibilidad Mecánica	87.608	0.297	4.311	18.587	4.92	63.000	86.800	88.200	89.100	96.000

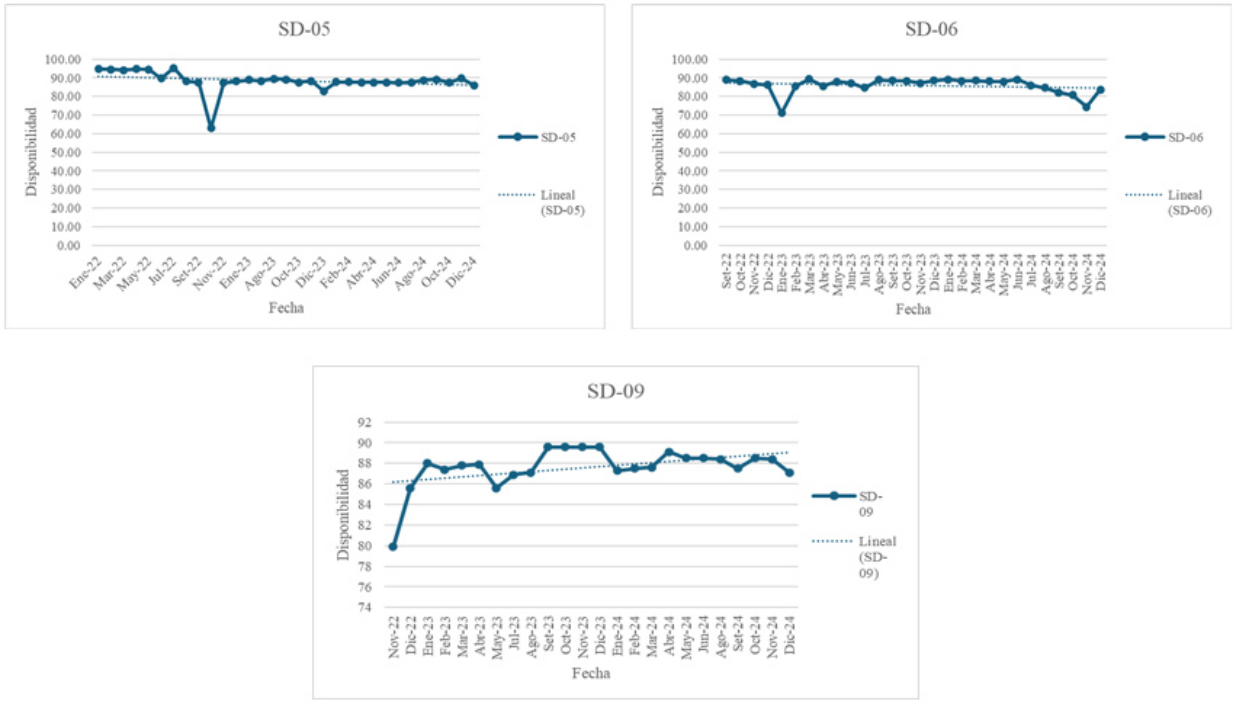
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.13.1. Evaluación de la Disponibilidad Mecánica de los Scooptrams

La figura 23 muestra la evolución de la disponibilidad mecánica (DM) de los equipos Scoop SD05, SD06 y SD09 durante el periodo analizado. Se observa una tendencia decreciente en los tres casos, reflejada en las líneas de tendencia con pendiente negativa. El equipo SD05 presentó un valor mínimo de 60 % en noviembre del 2022; el SD06 alcanzó su punto más bajo con 70 % en enero del 2023; mientras que el SD09 mostró un valor mínimo de DM del 80 %. Esta tendencia sugiere una necesidad de revisión en el mantenimiento y gestión operativa de dichos equipos.

Figura 23

Gráficas lineales con marcadores de la disponibilidad mecánica de los scooptrams



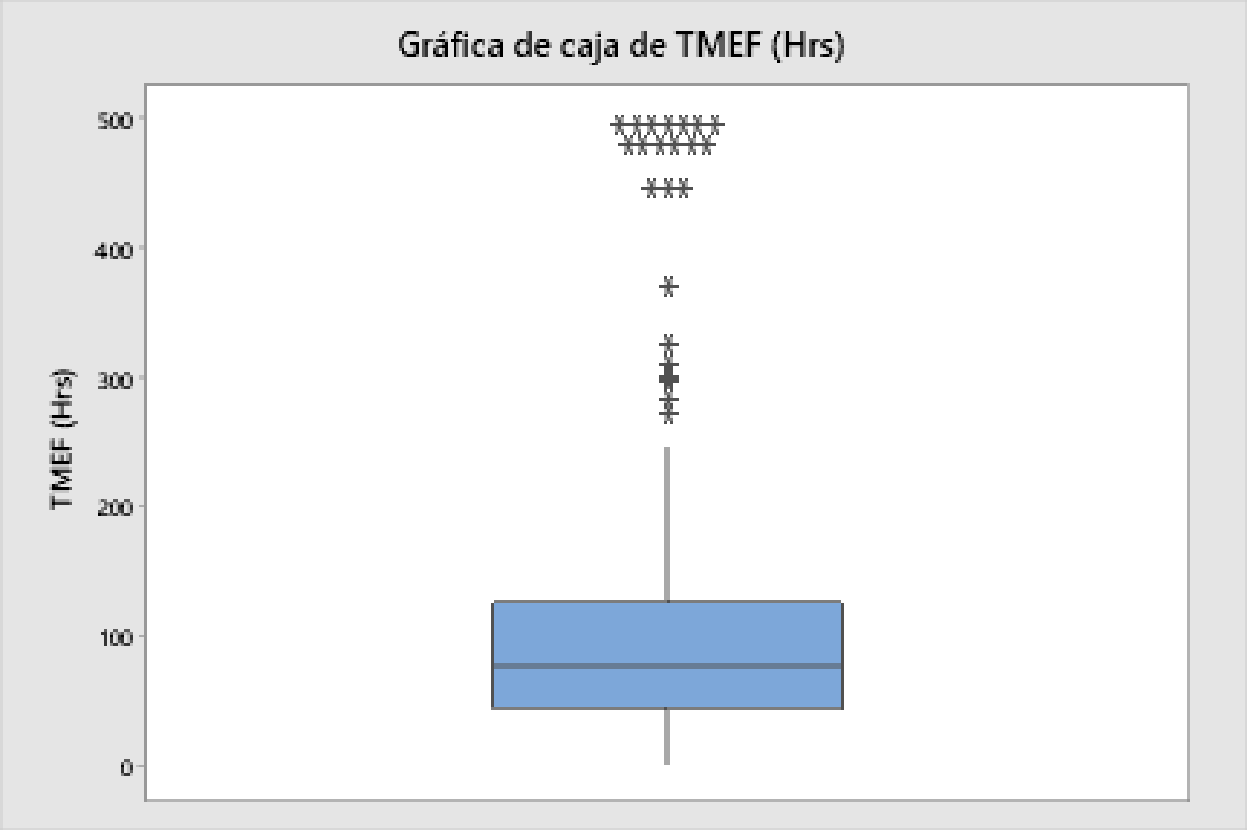
Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.3.14. Análisis Estadístico del Tiempo Medio entre Fallas de los Scooptrams

La gráfica de cajas de la figura 24 representa la distribución de los valores de TMEF alcanzado por el total de los equipos Scoop, en el tiempo, así también, se puede observar la caja azul que representa la mayoría de los equipos los cuales reportaron valores menores a 90%.

Figura 24

Gráfica de caja del tiempo medio entre fallas de los equipos Scooptrams



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

El análisis estadístico descriptivo de la data histórica del tiempo medio entre fallas del total equipos Scoop en operación, determinó una mediana de 77.67 horas, y un valor máximo de 496 horas, tal y como se observa en la tabla 17.

Tabla 17

Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio entre fallas de los Scooptrams

Variable	Media	Error est. de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Disponibilidad Mecánica	119.14	8.45	122.79	15077.15	103.06	2.70	46.00	77.67	127.00	496.00

Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.14.1. Evaluación de la Disponibilidad Mecánica de los Scooptrams

La figura 25 muestra el comportamiento del TMEF para los equipos Scoop SD05, SD06 y SD09 durante el periodo analizado. El equipo SD05 presenta una tendencia creciente, alcanzando su valor máximo en agosto del 2023, lo que sugiere una mejora en su confiabilidad. En contraste, el equipo SD06 muestra una tendencia ligeramente decreciente a lo largo del tiempo, aunque alcanzó su valor máximo en noviembre del 2023. Finalmente, el equipo SD09 evidencia una tendencia negativa, con valores más altos concentrados en los meses de abril, setiembre y diciembre del 2023, lo que indica variabilidad en su desempeño a lo largo del año.

Figura 25

Gráfica lineal con marcadores del tiempo medio entre fallas de los equipos Scooptrams



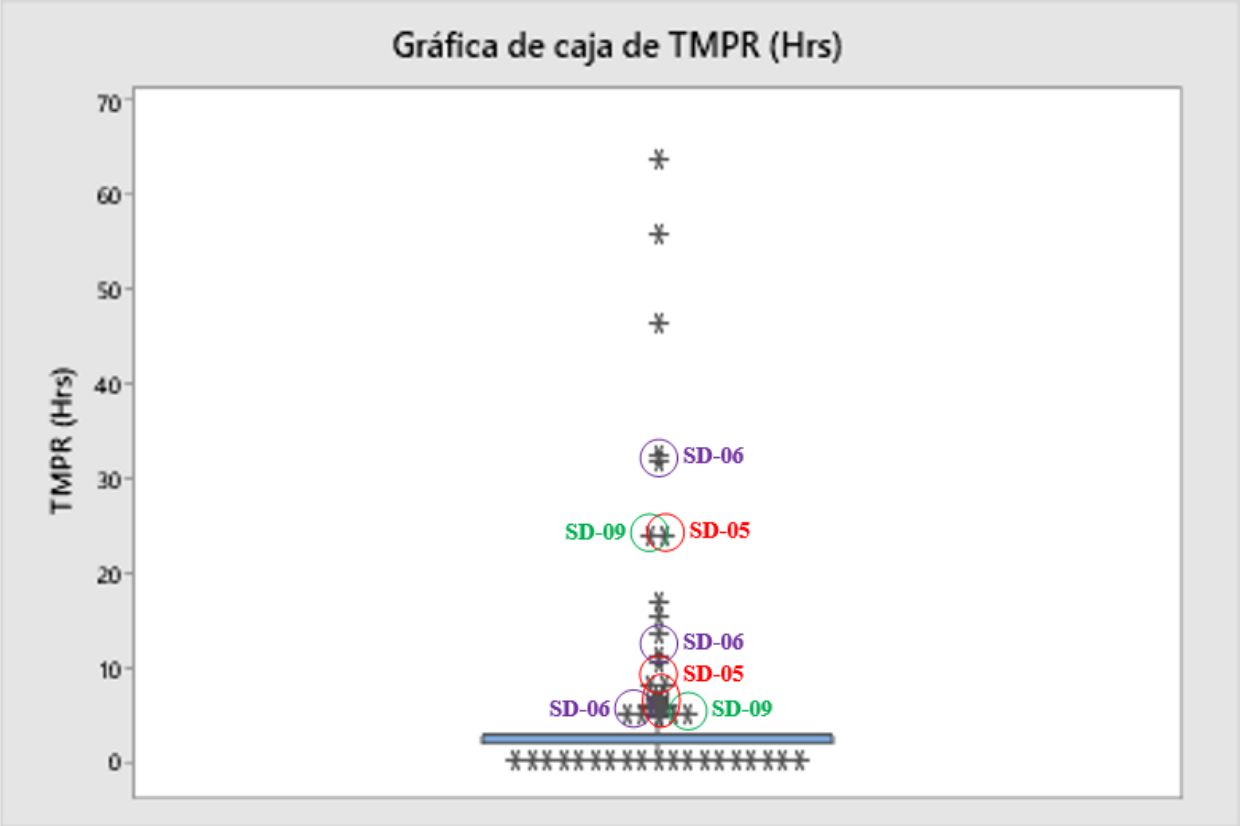
Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.3.15. Análisis Estadístico del Tiempo Medio para Reparación de los Scooptrams

El gráfico de cajas de la figura 26 representa la distribución de los valores del TMPR alcanzados por el total de equipos Scoop en operación, observándose la mayor concentración de valores en la caja azul lo cual representa valores menores a las 5 horas, por otro lado, se puede observar equipos que alcanzaron valores de TMPR mayor a las 10 horas.

Figura 26

Gráfica de caja del tiempo medio para reparación de los equipos Scooptrams



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

El análisis estadístico descriptivo de la data histórica del TMPR del total equipos Scoop en operación, determinó una mediana de 2 horas y un valor máximo de 64 horas, tal y como se observa en la tabla 18.

Tabla 18

Análisis estadísticos de la data histórica del tiempo medio entre fallas de los Scooptrams

Variable	Media	Error est. de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
TMPR (Hrs)	3.976	0.520	7.547	56.956	189.83	0.000	2.000	2.000	3.000	64.000

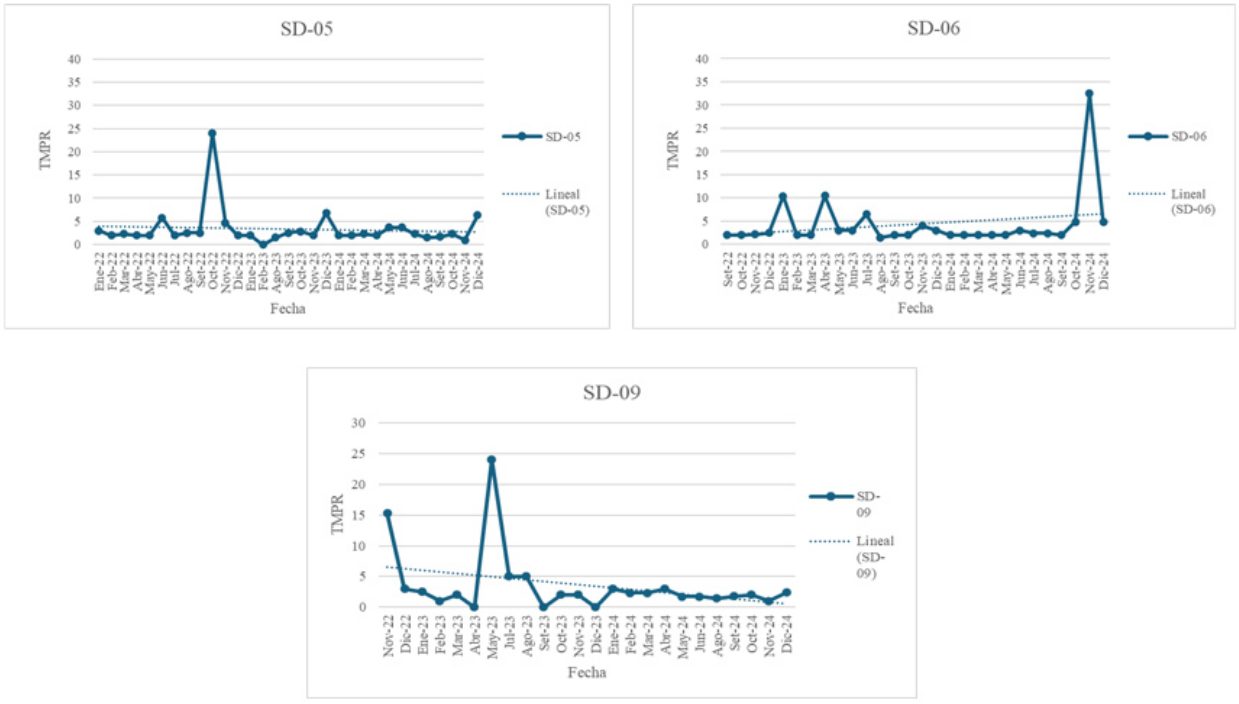
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.15.1. Evaluación del Tiempo Medio para Reparación de los Scooptrams

La figura 27 muestra el comportamiento del TMPR para los equipos Scoop SD05, SD06 y SD09 durante el periodo evaluado. El equipo SD05 presenta una tendencia decreciente, destacando un valor máximo de 25 horas en octubre del 2022, aunque la mayoría de sus registros se mantuvieron por debajo de las 5 horas. Por otro lado, el equipo SD06 evidencia una tendencia creciente, alcanzando un valor máximo de 30 horas en noviembre del 2024. Finalmente, el Scoop SD09 también muestra una tendencia a la baja, con un valor máximo de 30 horas aproximadamente de TMPR.

Figura 27

Gráfica lineal con marcadores del tiempo medio para reparación de los scooptrams



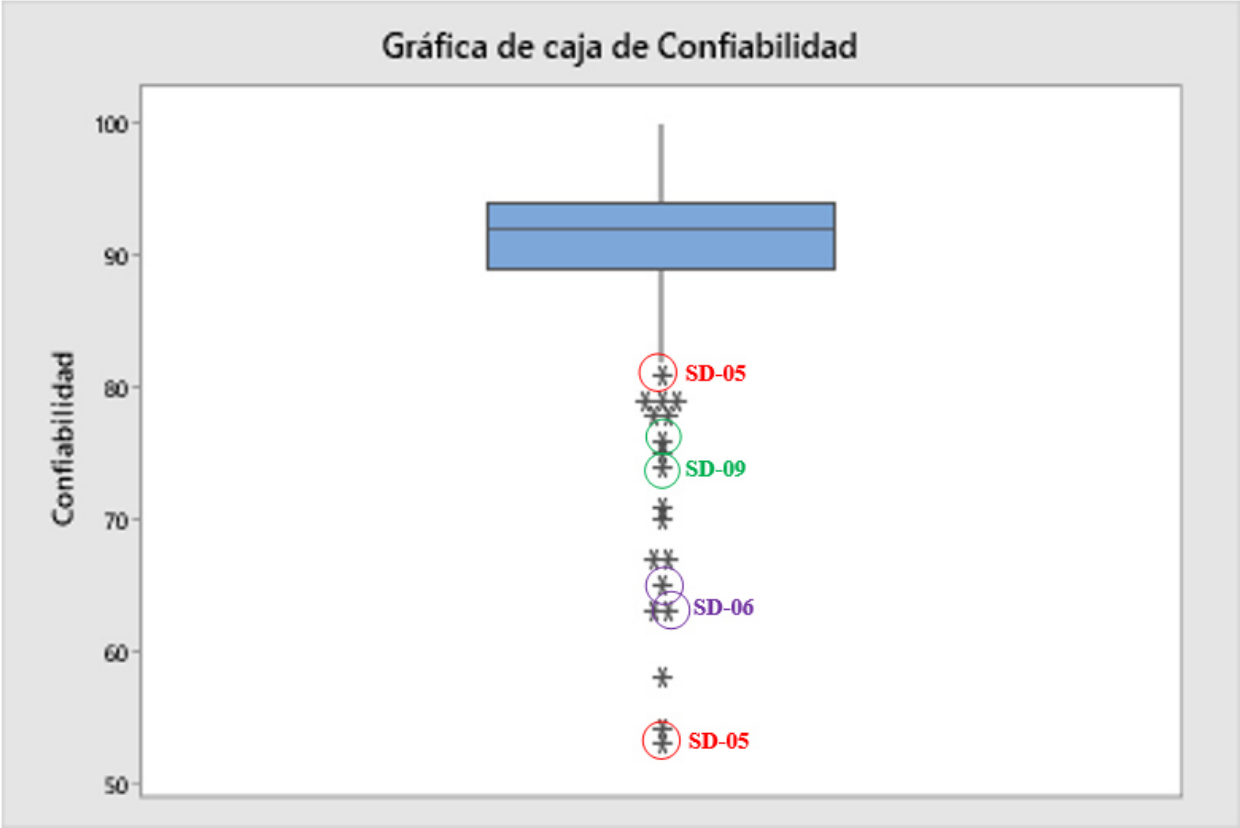
Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.3.16. Análisis Estadístico de la Confiabilidad de los Scooptrams

Se recopilo data histórica de la confiabilidad de los equipos Scoop durante la operación de minado en los años antes mencionados, y se realizó el análisis estadístico de dichos valores. La figura 28 representa la distribución de los valores de confiabilidad de los equipos mediante un gráfico de cajas, donde se puede observar los equipos que alcanzaron los menores valores de confiabilidad, por debajo de la caja azul que representa la mayor concentración de datos.

Figura 28

Gráfica de caja de la confiabilidad de los equipos Scooptrams



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

La estadística descriptiva de los valores de confiabilidad determinó una media de 90.069%, con un valor mínimo de 53% y una desviación estándar de 7.634%, tal y como se puede observar en la tabla 19.

Tabla 19

Análisis estadísticos de la data histórica de la confiabilidad de los Scooptrams

Variable	Media	Error est. de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
TMPR (Hrs)	90.069	0.526	7.634	58.273	8.48	53.000	89.000	92.000	94.000	100.000

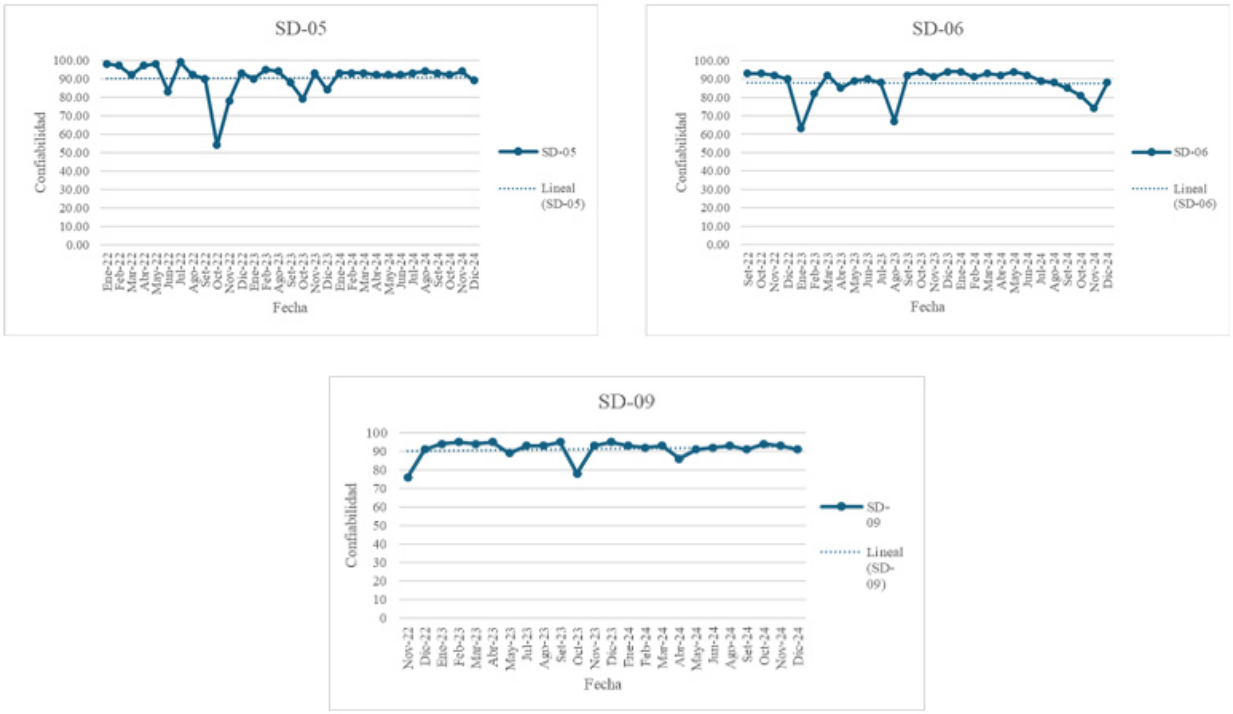
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.16.1. Evaluación de la Confiabilidad de los Scooptrams

La figura 29 presenta la evolución de la confiabilidad de los equipos Scoop SD05, SD06 y SD09 durante el periodo analizado. El equipo SD05 muestra una tendencia casi horizontal, reflejando estabilidad, aunque alcanzó un valor mínimo del 50 % en octubre de 2022. El SD06 también presenta una tendencia constante, con valores mínimos cercanos al 60 % en 2023 y una disminución progresiva por debajo del 90 % en 2024. En contraste, el SD09 evidencia una tendencia casi constante, registrando su punto más bajo en noviembre del 2022 con más del 70 % de confiabilidad.

Figura 29

Gráfica lineal con marcadores de la confiabilidad de los scooptrams



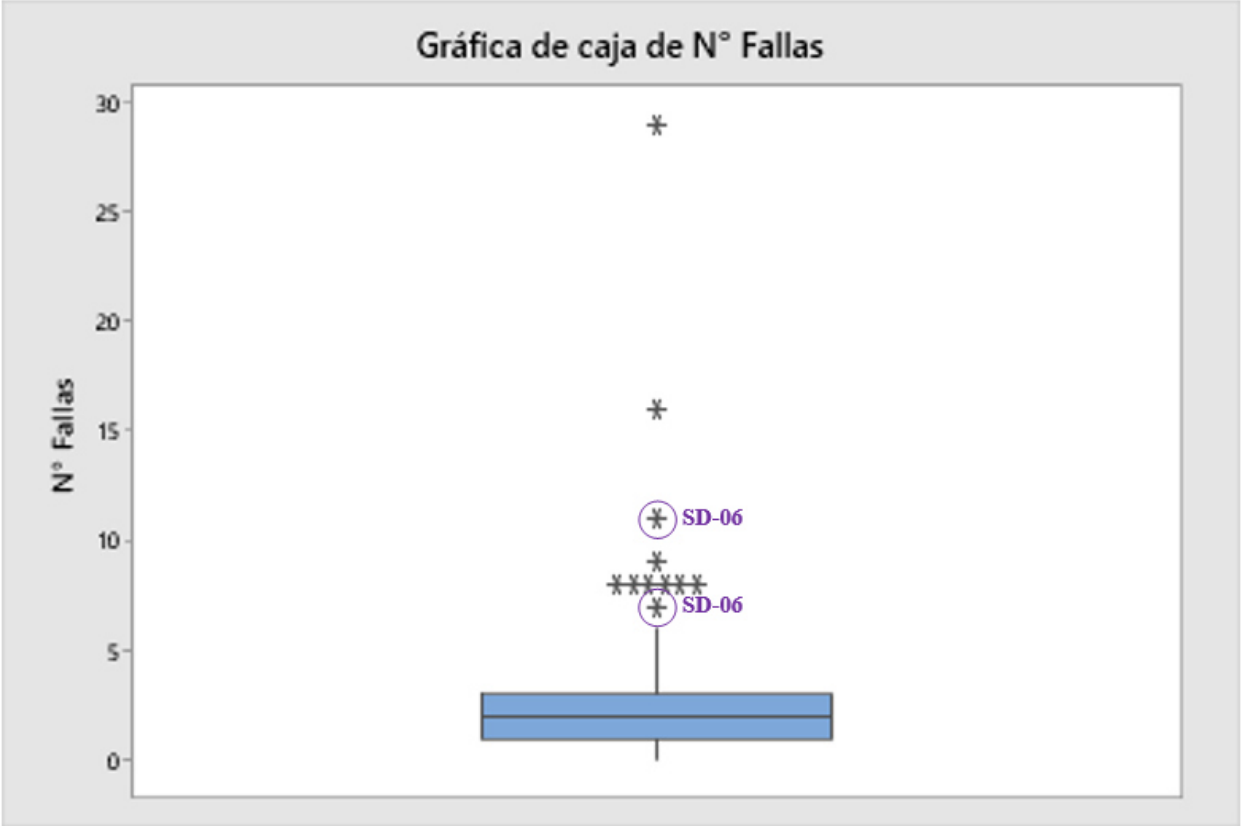
Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.3.17. Análisis Estadístico del Número de Fallas de los Scooptrams

El gráfico de cajas de la figura 30 representa la distribución de los valores del número de fallas alcanzados por el total de equipos Scoop en operación, observándose la mayor concentración de valores en la caja azul lo cual representa valores entre 2 a 5 fallas, por otro lado, se puede observar equipos que alcanzaron valores de numero de fallas mayores a 5.

Figura 30

Gráfica de caja del número de fallas de los equipos Scooptrams



Nota: Se encircula los datos atípicos de los equipos analizados.

Los valores recopilados presentaron una media de 3 fallas, un valor máximo de 29 fallas, y una desviación estándar de 2.78, tal y como se puede observar en el análisis estadístico descriptivo de la tabla 20.

Tabla 20

Análisis estadísticos de la data histórica del número de fallas de los Scooptrams

Variable	Media	Error est. de la media	Desv. Est.	Varianza	Coef. Var	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
N° Fallas	2.787	0.194	2.819	7.950	101.18	0.000	1.000	2.000	3.000	29.000

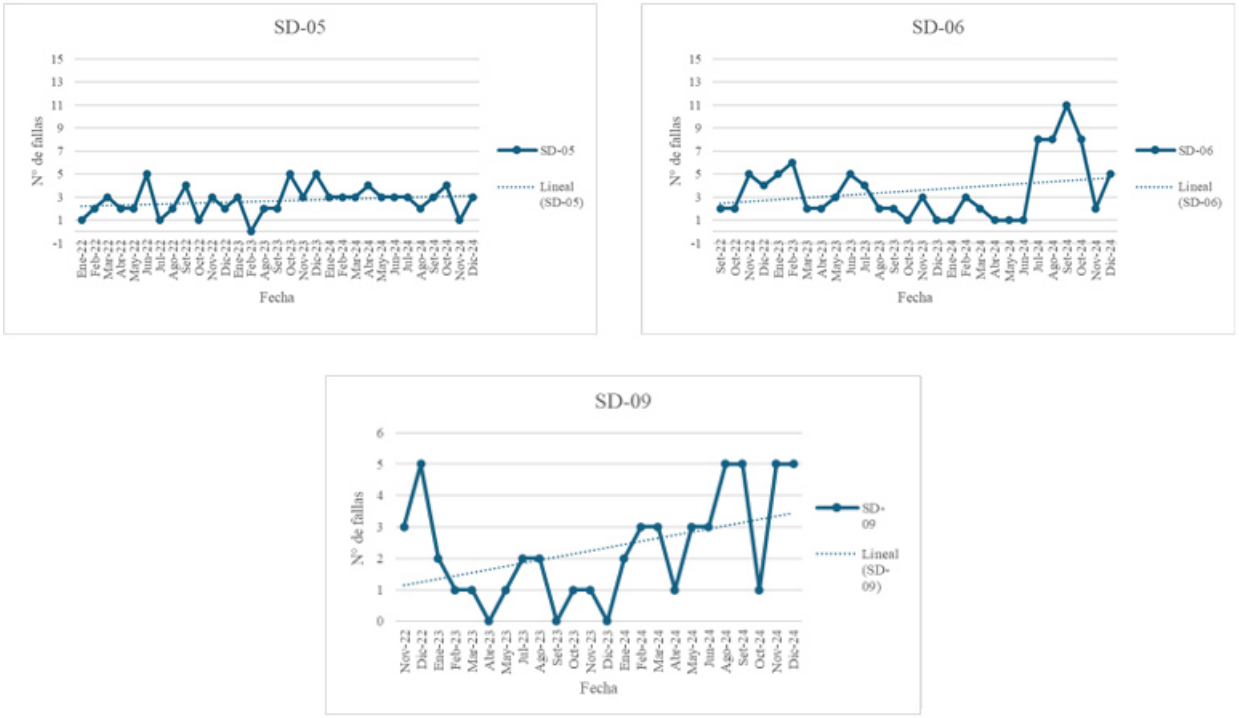
Nota: Tabla generada de la data cruda.

4.1.3.17.1. Evaluación del Número de Fallas de los Scooptrams

La figura 31 muestra la evolución del número de fallas de los equipos Scoop SD05, SD06 y SD09 durante el periodo analizado. El equipo SD05 presenta una tendencia creciente con un máximo de 5 fallas, indicando un incremento en la frecuencia de fallos. Por su parte, el equipo SD06 también muestra una tendencia positiva más pronunciada, alcanzando un máximo de 9 fallas en el año 2024, lo cual evidencia un deterioro más acelerado en su desempeño. En cuanto al equipo SD09, aunque presenta menos fallas en general, su tendencia también es ascendente, lo que refleja un comportamiento similar a los anteriores. Este incremento constante en el número de fallas a lo largo del tiempo sugiere la necesidad de revisar la estrategia de mantenimiento y priorizar acciones correctivas en estos activos críticos.

Figura 31

Gráfica lineal con marcadores del número de fallas de los scooptrams



Nota: Datos representados del año 2022 al 2024.

4.1.4. Costos de Operación de Equipos Mineros

Se estimó los costos horarios de las locomotoras que fueron observadas por no cumplir con los KPIS prestablecidos, así como los costos que implican operar una maquina en perfecto estado, con la finalidad de correlacionar la vida útil del equipo y los costos horarios. Los costos horarios estimados corresponden desde el periodo de adquisición del activo, hasta el finalizar la vida útil de la mina, determinando los costos de posesión y de operación para cada año de explotación de la mina.

4.1.4.1. Costo de Operación de Locomotoras

Para determinar los costos operativos de un activo se debe tener en cuenta los costos de posesión y los costos directos de operación, para lo cual, se recopiló data histórica de los costos de operación de las locomotoras LE04, LE09, LE30, y LE34, en los años antes mencionados.

4.1.4.1.1. Costo de Operación de Locomotora LE04

Para determinar los costos de operación de la locomotora LE04 se ha tenido en cuenta los datos de la ficha técnica del equipo, la cual especifica, marca, valor y año de adquisición, valor de rescate del equipo, la tasa de interés, entre otros, tal y como se puede observar en la tabla 21.

Tabla 21

Datos técnicos de la locomotora LE04

Dato	Valor
Marca	Clayton
Modelo	Clayton B-4288
Número de serie	CL4288-1965-004
Chasis	CH4288-XYZ
Motor	Diesel 6-cilindros turboalimentado
Año	1965
País de origen	Estados Unidos
Tipo de combustible	Diesel
Potencia (Hp)	200
Valor de adquisión (Va)	64068.52
Valor de piezas especiales (Vpe)	5000
Costo de los neumáticos (Ll)	3000
Valor residual (Vr)	20%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2000
Costo de combustible (C)	4

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

4.1.4.1.2. Costo de Posesión de Locomotora LE04

Para estimar los costos de operación de las locomotoras fue necesario determinar los costos de posesión desde que fue adquirido el activo, para lo cual se tuvo en cuenta una depreciación de 10%. En la tabla G se representa los costos de posesión calculados para cada año de operación, y los valores recopilados de costos de operación de dicha locomotora.

Tabla 22

Costos de operación de la locomotora LE04

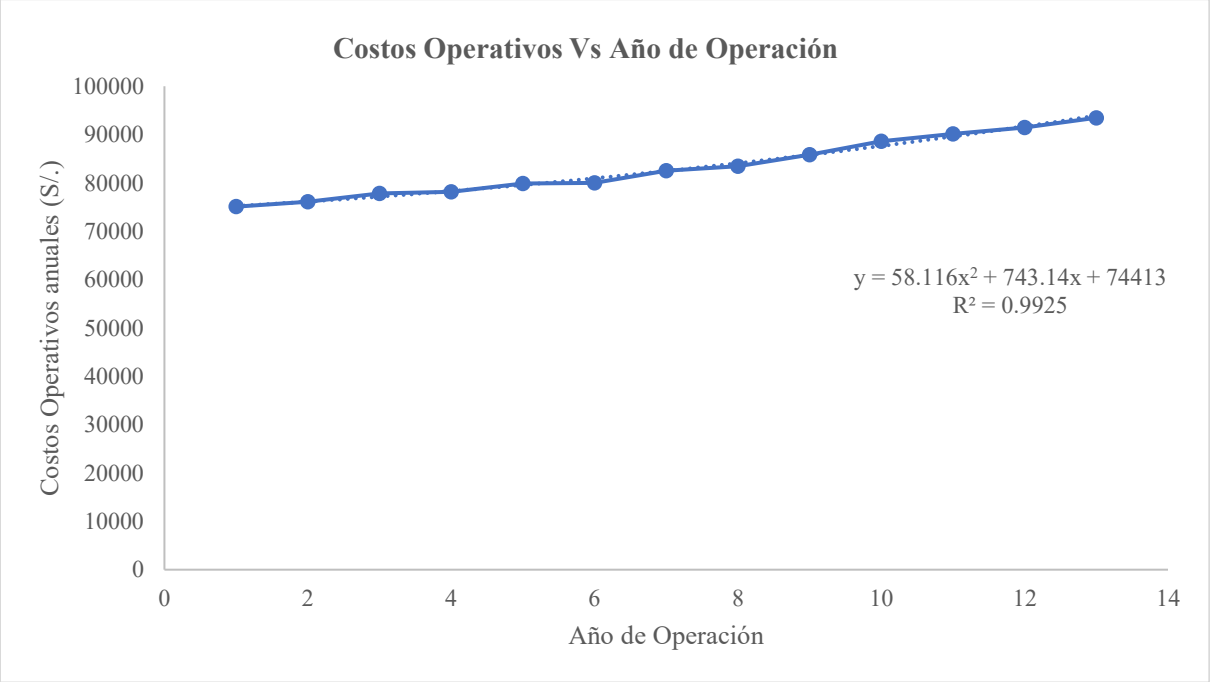
N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2012	75087.84	3203.42
2	2013	76095.14	3043.25
3	2014	77844.50	2891.09
4	2015	78146.57	2746.54
5	2016	79854.66	2609.21
6	2017	79987.44	2478.75
7	2018	82541.37	2354.81
8	2019	83457.88	2237.07
9	2020	85840.11	2125.22
10	2021	88640.33	2018.96
11	2022	90141.30	1918.01
12	2023	91478.22	1822.11
13	2024	93472.15	1731.00

Nota: Generado en base a la data histórica y técnica.

La figura 32 representa los costos operativos de la locomotora LE04 en función del año de operación, observándose la ecuación $y = 58.116x^2 + 743.14x + 74413$ que representa el modelo de los costos operativos en función del año de operación, la cual presenta un coeficiente de correlación de 99.25%. Este modelo nos permitirá predecir los costos operativos en los años siguientes y evaluar un posible cambio o programa de mantenimiento preventivo.

Figura 32

Costos operativos según el año de la locomotora LE04



Nota: Gráfico generado desde el año de adquisición.

Tabla 23

Costos de operación proyectados de la locomotora LE04

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual	Valor restante
14	2025	96207.696	1644.4526	31244.63056
15	2026	98636.2	1562.2299	29682.40064
16	2027	101180.936	1484.1184	28198.28221
17	2028	103841.904	1409.9125	26788.3697
18	2029	106619.104	1339.4169	25448.95282
19	2030	109512.536	1272.446	24176.50678
20	2031	112522.2	1208.8237	22967.68304
21	2032	115648.096	1148.3826	21819.30049
22	2033	118890.224	1090.9634	20728.33707
23	2034	122248.584	1036.4153	19691.92182
24	2035	125723.176	984.59449	18707.32733

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

4.1.4.1.3. Costo de Operación de Locomotora LE09

Para determinar los costos de operación de la locomotora LE09 se ha tenido en cuenta los datos de la ficha técnica del equipo representada en la tabla 24.

Tabla 24

Datos técnicos de la locomotora LE09

Dato	Valor
Marca	Clayton
Modelo	Clayton N09
Número de serie	CL-N09-1968-009
Chasis	CH-N09-XYZ
Motor	Diesel, 6-cilindros
Año	1968
País de origen	Estados Unidos
Tipo de combustible	Diesel
Potencia (Hp)	180
Valor de adquisión (Va)	28407.6
Valor de piezas especiales (Vpe)	3000
Costo de los neumáticos (Ll)	2500
Valor residual (Vr)	20%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2000
Costo de combustible (C)	4

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

4.1.4.1.4. Costo de Posesión de Locomotora LE09

En la tabla 33 se representa los costos de posesión de la locomotora LE09 calculados para cada año de operación con una depreciación del 10%, y los valores recopilados de costos de operación de dicha locomotora.

Tabla 25

Costos de operación de la locomotora LE09

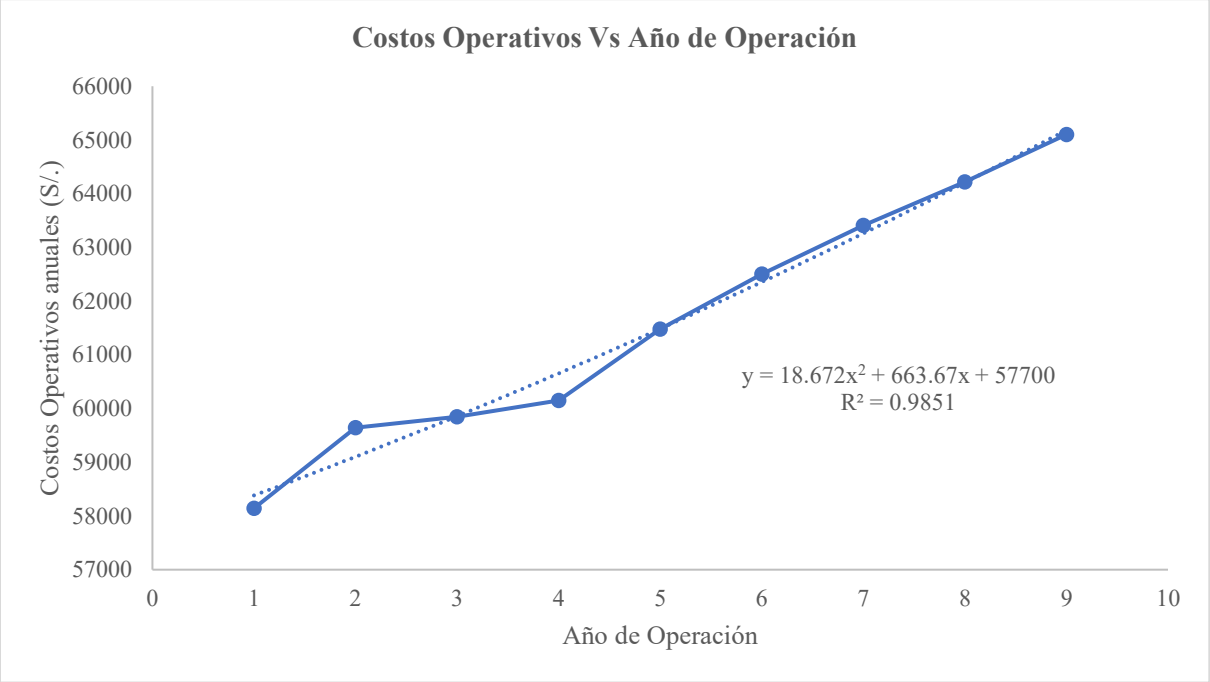
N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2016	58142.51	5681.52
2	2017	59645.21	4545.21
3	2018	59849.11	3636.17
4	2019	60148.05	2908.94
5	2020	61477.04	2327.15
6	2021	62500.33	1861.72
7	2022	63407.88	1489.38
8	2023	64217.98	1191.50
9	2024	65101.42	953.20

Nota: Generado en base a la data histórica y técnica.

La figura 48 representa los costos operativos del equipo en función del año de operación, la cual obedece al modelo $y = 18.672x^2 + 663.67x + 57700$, con un coeficiente de correlación del 98.51%, asegurando la confiabilidad del modelo.

Figura 33

Costos operativos según el año de la locomotora LE09



Nota: Gráfico generado desde el año de adquisición.

Tabla 26

Costos de operación proyectados de la locomotora LE09

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual	Valor restante
10	2025	65185.462	762.56	52208.80
11	2026	66203.9	610.05	51598.75
12	2027	67259.682	488.04	51110.71
13	2028	68352.808	390.43	50720.28
14	2029	69483.278	312.34	50407.94
15	2030	70651.092	249.88	50158.06
16	2031	71856.25	199.90	49958.16
17	2032	73098.752	159.92	49798.24
18	2033	74378.598	127.94	49670.30
19	2034	75695.788	102.35	49567.96
20	2035	77050.322	81.88	49486.08

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

4.1.4.1.5. Costo de Operación de Locomotora LE30

Para determinar los costos de operación de la locomotora LE30 se ha tenido en cuenta los datos de la ficha técnica del equipo representada en la tabla 27, donde se puede observar que este equipo es de fabricación nacional, y en la última década solo se adquirió esta marca de equipo.

Tabla 27

Datos técnicos de la locomotora LE30

Dato	Valor
Marca	Serminsa
Modelo	SM191
Número de serie	SM191-2010-030
Chasis	CH-SM191-XYZ
Motor	Diesel de alta eficiencia
Año	2010
País de origen	Perú
Tipo de combustible	Diesel
Potencia (Hp)	300
Valor de adquisión (Va)	317627.77
Valor de piezas especiales (Vpe)	10000
Costo de los neumáticos (Ll)	5000
Valor residual (Vr)	20%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2000
Costo de combustible (C)	4

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

4.1.4.1.6. Costo de Posesión de Locomotora LE30

En la tabla 28 se representa los costos de posesión calculados para cada año de operación teniendo en cuenta una depreciación del 10%, y los valores recopilados de costos de operación de dicho equipo.

Tabla 28

Costos de operación de la locomotora LE30

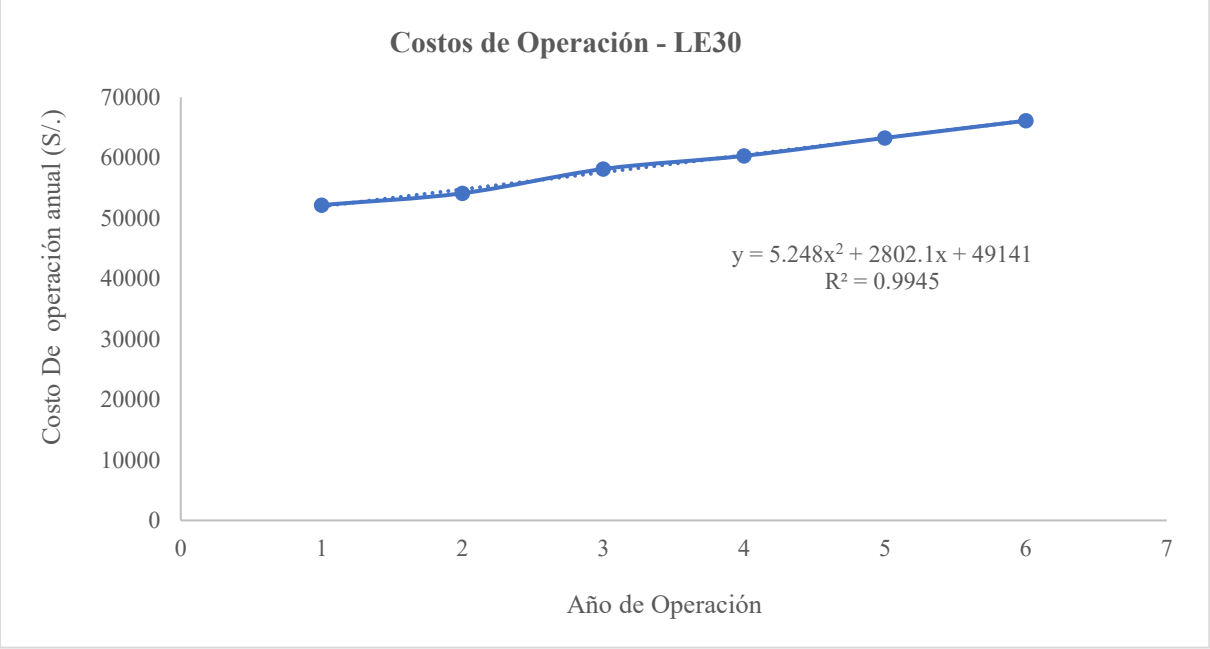
N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2019	52179.88	31762.76112
2	2020	54126.55	28586.48501
3	2021	58140.08	25727.83651
4	2022	60314.5	23155.05286
5	2023	63280.99	20839.54757
6	2024	66124.07	18755.59281

Nota: Generado en base a la data histórica y técnica.

En la figura 34 se puede observar el incremento de los costos de operación de la locomotora LE30 en el tiempo, la cual obedece al modelo $y = 5.248x^2 + 2802.1x + 49141$ con un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9945$.

Figura 34

Costos operativos según el año de la locomotora LE30



Nota: Gráfico generado desde el año de adquisición.

Tabla 29

Costos de operación proyectados de la locomotora LE30

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual	Valor restante
7	2025	69012.852	16880.03353	151920.4606
8	2026	71893.672	15192.03018	136728.4304
9	2027	74784.988	13672.82716	123055.6033
10	2028	77686.8	12305.54444	110750.0588
11	2029	80599.108	11074.99	99675.06881
12	2030	83521.912	9967.491	89707.57781
13	2031	86455.212	8970.7419	80736.83591
14	2032	89399.008	8073.66771	72663.1682
15	2033	92353.3	7266.300939	65396.86727
16	2034	95318.088	6539.67	58857.19642
17	2035	98293.372	5885.70	52971.49266

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

4.1.4.1.7. Costo de Operación de Locomotora LE34

La locomotora LE34 es un equipo de marca nacional con 5 años de operación sin embargo su bajo desempeño nos obligó a evaluar su relevancia en los costos de operación, cuya ficha técnica se representa en la tabla 30.

Tabla 30

Datos técnicos de la locomotora LE34

Dato	Valor
Marca	Serminsa
Modelo	SM222
Número de serie	SM222-2015-034
Chasis	CH-SM222-XYZ
Motor	Diesel de alta eficiencia
Año	2015
País de origen	Perú
Tipo de combustible	Diesel
Potencia (Hp)	280
Valor de adquisión (Va)	285309.11
Valor de piezas especiales (Vpe)	10000
Costo de los neumáticos (Ll)	5000
Valor residual (Vr)	20%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2000
Costo de combustible (C)	4

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

4.1.4.1.8. Costo de Posesión de Locomotora LE34

La tabla 31 representa la estimación de la depreciación anual del equipo teniendo en cuenta un valor de depreciación del activo de 20%, además se presentan los costos operativos del equipo que fueron datos recopilados de la operación.

Tabla 31

Costos de operación de la locomotora LE34

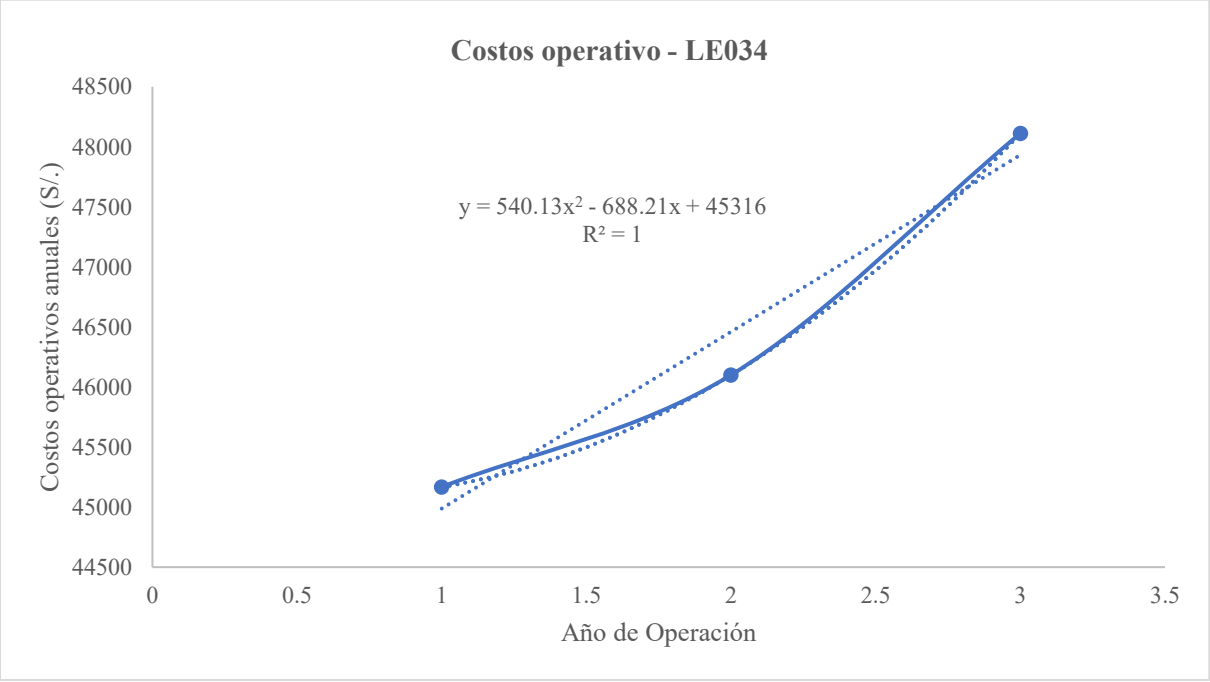
N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2022	45167.88	2814.2
2	2023	46100.05	2251.36
3	2024	48112.47	1801.09

Nota: Generado en base a la data histórica y técnica.

El ajuste de una ecuación para predecir los costos de operación en función del año de operación si bien presenta un coeficiente de correlación del 100% es no confiable dado que no es posible predecir eficientemente el comportamiento de una variable con poca data, sin embargo, nos permitirá establecer comparativos con marcas similares nacionales o extranjeras.

Figura 35

Costos operativos según el año de la locomotora LE34



Nota: Gráfico generado desde el año de adquisición.

Tabla 32

Costos de operación proyectados de la locomotora LE34

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual	Valor restante
4	2025	51205.24	29215.638	116862.7
5	2026	55378.2	23372.511	93490.2
6	2027	60631.42	18698.008	74792.2
7	2028	66964.9	14958.407	59833.8
8	2029	74378.64	11966.725	47867.0
9	2030	82872.64	9573.380	38293.7
10	2031	92446.9	7658.704	30635.0
11	2032	103101.42	6126.963	24508.0
12	2033	114836.2	4901.571	19606.4
13	2034	127651.24	3921.257	15685.2
14	2035	141546.54	3137.005	12548.2

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

4.1.4.2. Costo de Operación de Dumpers

Se estimaron los costos operativos de los equipos Dumper, DM01 y DM04, teniendo en cuenta el valor de adquisición y una depreciación del 10% para estimar los costos de posesión, y para los costos directos de operación, se recopiló data histórica de la operación de dichos equipos, dado que fueron observados por no cumplir con los estándares de KPIS establecidos en la operación.

4.1.4.2.1. Costo de Operación de Dumper DM01

El Dumper DM01 es un equipo adquirido en el 2005 de fabricación sueca, con un valor de adquisición de 127520.12 $ y un valor residual del 12%, tal y como se describe en la tabla 33.

Tabla 33

Datos técnicos del dumper DM01

Dato	Valor
Marca	Atlas Copco
Modelo	EJC417
Número de serie	EJC417-05-01
Chasis	Articulado reforzado para mina subterránea
Motor	Deutz BF6M1013FC o Volvo TAD720VE
Año	2005
País de origen	Suecia
Tipo de combustible	Diesel
Potencia (Hp)	174
Valor de adquisión (Va)	127520.12
Valor de piezas especiales (Vpe)	35000
Costo de los neumáticos (Ll)	18000
Valor residual (Vr)	12%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2000
Costo de combustible (C)	4.5

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

4.1.4.2.2. Costo de Posesión de Dumper DM01

Se recopiló data histórica de los costos de operación anual de dicho activo, tal y como se puede observar en la tabla 34.

Tabla 34

Costos de operación del dumper DM01

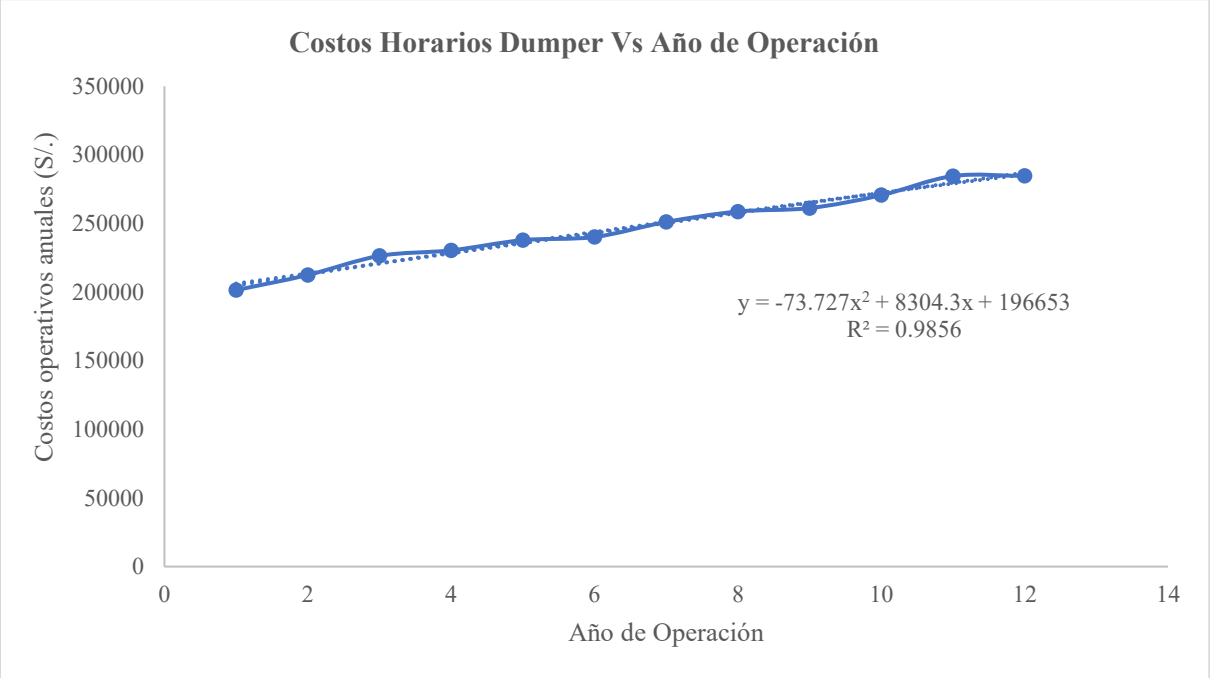
N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2012	201457.88	12752.012
2	2013	212477.8	11476.8108
3	2014	226377.88	10329.1297
4	2015	230443.09	9296.21675
5	2016	237852.01	8366.59507
6	2017	240159.77	7529.93557
7	2018	251126.05	6776.94201
8	2019	258700.69	6099.24781
9	2020	261234.1	5489.32303
10	2021	270621.17	4940.39072
11	2022	284562.32	4446.35165
12	2023	284639.22	4001.71649
13	2024	292149.037	3601.54484

Nota: Generado en base a la data histórica y técnica.

La gráfica de la figura 36 representa los costos operativos en función del tiempo, el cual obedece al modelo $y = -73.727x^2 + 8304.3x + 196653$, con una correlación de 98.56%.

Figura 36

Costos operativos según el año del dumper DM01



Nota: Gráfico generado desde el año de adquisición.

Tabla 35

Costos de operación proyectados del dumper DM01

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual	Valor restante
14	2025	298462.708	3241.39035	29172.5132
15	2026	304628.925	2917.25132	26255.2619
16	2027	310647.688	2625.52619	23629.7357
17	2028	316518.997	2362.97357	21266.7621
18	2029	322242.852	2126.67621	19140.0859
19	2030	327819.253	1914.00859	17226.0773
20	2031	333248.2	1722.60773	15503.4696
21	2032	338529.693	1550.34696	13953.1226
22	2033	343663.732	1395.31226	12557.8104
23	2034	348650.317	1255.78104	11302.0293
24	2035	353489.448	1130.20293	10171.8264

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

4.1.4.2.3. Costo de Operación de Dumper DM04

Se analizaron los costos del equipo Dumper DM04 de procedencia Finlandesa, con un valor de adquisición de 45326.99 $, y un valor de rescate de 12%, tal y como se observa en la ficha técnica de la tabla 36.

Tabla 36

Datos técnicos del dumper DM04

Dato	Valor
Marca	Normet
Modelo	Utimec Dumper D33
Número de serie	NMD-DP2015PER004
Chasis	NORMET-CHD-2015
Motor	Cummins QSB 6.7
Año	2015
País de origen	Finlandia
Tipo de combustible	Diesel
Potencia (Hp)	170
Valor de adquisión (Va)	45,326.99
Valor de piezas especiales (Vpe)	10000
Costo de los neumáticos (Ll)	25000
Valor residual (Vr)	12%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2000
Costo de combustible (C)	4.5

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

4.1.4.2.4. Costo de Posesión de Dumper DM04

La tabla 37 denota la data histórica de los costos de operación anual del equipo.

Tabla 37

Costos de operación del dumper DM04

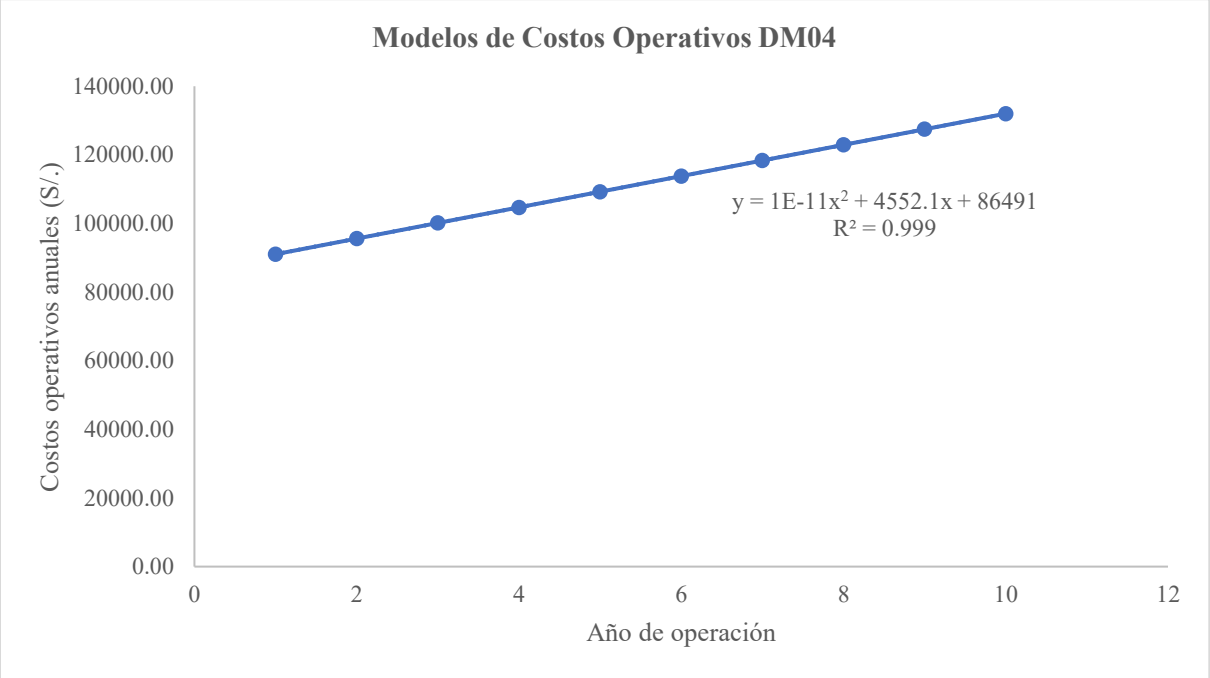
N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2015	91042.86	4532.696507
2	2016	95595.00	4079.426856
3	2017	100147.15	3671.484171
4	2018	104699.29	3304.335754
5	2019	109251.43	2973.902178
6	2020	113803.58	2676.511960
7	2021	118355.72	2408.860764
8	2022	122907.86	2167.974688
9	2023	127460.01	1951.177219
10	2024	132012.15	1756.059497

Nota: Generado en base a la data histórica y técnica.

En la gráfica de la figura 37 se puede observar la tendencia de los costos operativos del equipo DM04 con respecto al tiempo de operación, y se ajustó el modelo $y = 1e\text{-}11x^2 + 4552.1x + 86491$ que intenta predecir dicho comportamiento con un coeficiente de correlacion de 1.

Figura 37

Costos operativos según el año del dumper DM04



Nota: Gráfico generado desde el año de adquisición.

Tabla 38

Costos de operación proyectados del dumper DM04

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual	Valor restante
11	2025	136564.10	1580.45355	14224.11
12	2026	141116.20	1422.40819	12801.70
13	2027	145668.30	1280.16737	11521.53
14	2028	150220.40	1152.15064	10369.38
15	2029	154772.50	1036.93557	9332.45
16	2030	159324.60	933.242015	8399.20
17	2031	163876.70	839.917814	7559.29
18	2032	168428.80	755.926032	6803.36
19	2033	172980.90	680.333429	6123.03
20	2034	177533.00	612.300086	5510.73
21	2035	182085.10	551.070078	4959.66

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

4.1.4.3. Costo de Operación de Scooptrams

Para estimar los costos operativos de los Scooptram, se consideraron los costos de posesión y se usó data histórica de los equipos SD05, SD06 y SD12, debido a su bajo desempeño frente a los KPIs establecidos.

4.1.4.3.1. Costo de Operación de Scooptram SD05

El Scooptram SD05 es un equipo de marca Sandvik con 13 años de operación, adquirido en el 2014, el cual nos indica que ha culminado la vida útil del equipo según fabricante, además de ello, su bajo desempeño nos obligó a evaluar su impacto en el flujo de costos operativos, cuya ficha técnica se representa en la tabla 39.

Tabla 39

Datos técnicos del scooptram SD05

Dato	Valor
Marca	Sandvik
Modelo	LH202
Número de serie	202-11-SV-05
Chasis	LHD-S202-CH
Motor	Deutz BF6M1013FC
Año	2010
País de origen	Suecia
Tipo de combustible	Diesel
Potencia (Hp)	115
Valor de adquisión (Va)	759046.81
Valor de piezas especiales (Vpe)	50000
Costo de los neumáticos (Ll)	60000
Valor residual (Vr)	15%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2500
Costo de combustible (C)	6.5

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

4.1.4.3.2. Costo de Posesión de Scooptram SD05

En la tabla 40 se representa los costos de posesión calculados para cada año de operación teniendo en cuenta una depreciación del 10%, y los valores recopilados de costos de operación de dicho equipo en el tiempo.

Tabla 40

Costos de operación del scooptram SD05

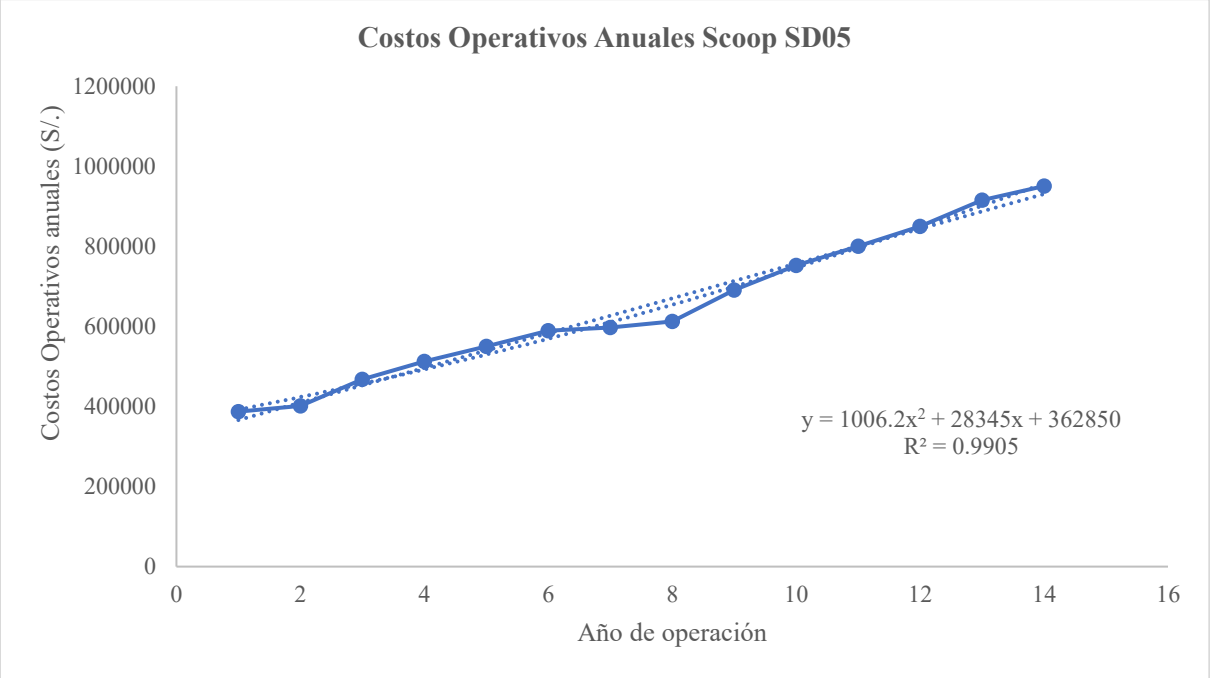
N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2011	387154.88	75904.649
2	2012	401235.68	68314.184
3	2013	467800.14	61482.765
4	2014	512400.37	55334.489
5	2015	550415.3	49801.040
6	2016	589401.77	44820.936
7	2017	597145.65	40338.842
8	2018	612457.88	36304.958
9	2019	691034.77	32674.462
10	2020	752146.27	29407.016
11	2021	800142.02	26466.315
12	2022	850267.44	23819.683
13	2023	915263.4	21437.715
14	2024	950633.22	19293.943

Nota: Generado en base a la data histórica y técnica.

La gráfica de la figura 38 representa los costos de operación en función del tiempo, observándose la ecuación $y = 1006.2x^2 + 28345x + 362850$ que intenta predecir el flujo de costos operativos en función del año de operación del equipo, con una correlación del 99.05%

Figura 38

Costos operativos según el año del scooptram SD05



Nota: Gráfico generado desde el año de adquisición.

Tabla 41

Costos de operación proyectados del scooptram SD05

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual	Valor restante
14	2025	1014420.00	17364.54896	156281.2632
15	2026	1073957.20	15628.09406	140653.1691
16	2027	1135506.80	14065.28465	126587.8845
17	2028	1199068.80	12658.75619	113929.1283
18	2029	1264643.20	11392.88057	102536.2477
19	2030	1332230.00	10253.59251	92282.65521
20	2031	1401829.20	9228.233262	83054.42195
21	2032	1473440.80	8305.409936	74749.01202
22	2033	1547064.80	7474.868942	67274.14307
23	2034	1622701.20	6727.382048	60546.76103
24	2035	1700350.00	6054.643843	54492.11718

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

4.1.4.3.3. Costo de Operación de Scooptram SD06

El Scooptram SD06 es un equipo de marca Sandvik con 10 años de operación, adquirido en el 2014, el cual nos indica que ha culminado la vida útil del equipo según fabricante, además de ello, su bajo desempeño nos obligó a evaluar su impacto en los costos operativos, cuya ficha técnica se observa en la tabla 42.

Tabla 42

Datos técnicos del scooptram SD06

Dato	Valor
Marca	Sandvik
Modelo	LH203
Número de serie	203-14-SV-06
Chasis	LHD-S203-CH
Motor	Deutz BF4M2012C
Año	2014
País de origen	Suecia
Tipo de combustible	Diesel
Potencia (Hp)	99
Valor de adquisión (Va)	1043733.6
Valor de piezas especiales (Vpe)	95000
Costo de los neumáticos (Ll)	60000
Valor residual (Vr)	15%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2500
Costo de combustible (C)	6.5

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

4.1.4.3.4. Costo de Posesión de Scooptram SD06

La tabla 43 representa la data histórica de costos operativos anuales del equipo SD06, data que fue proporcionada por el área de operaciones mina.

Tabla 43

Costos de operación del scooptram SD06

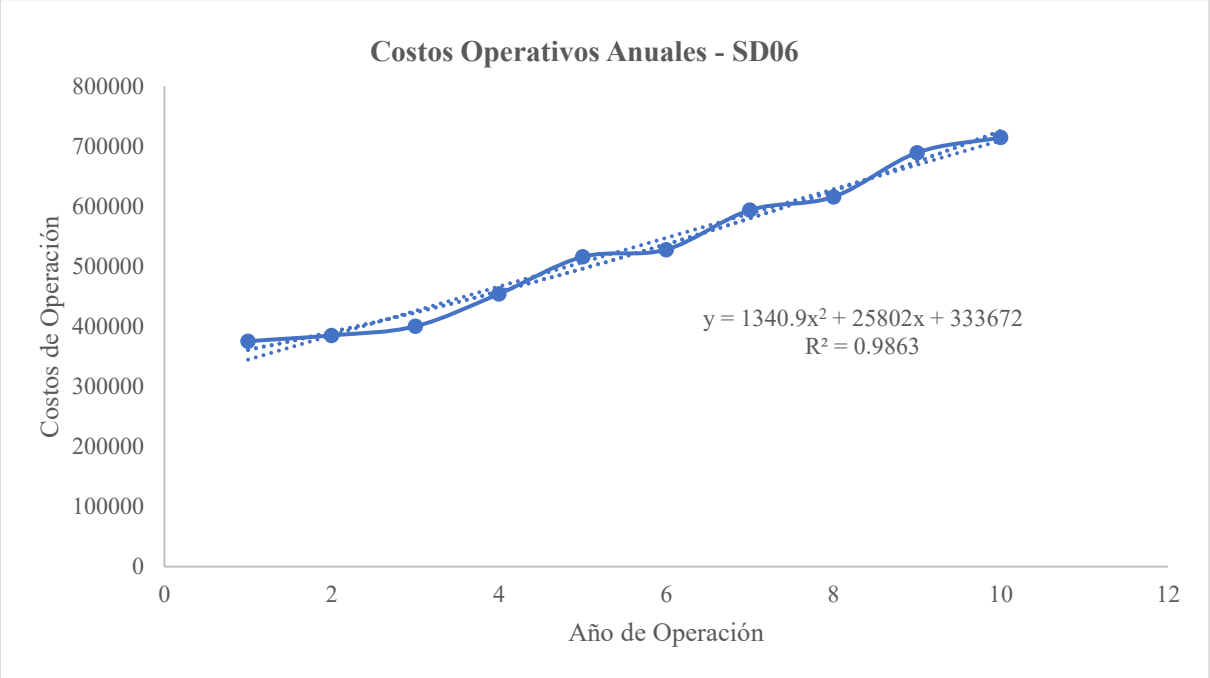
N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2014	375413.55	104373.3156
2	2015	385100.23	93935.98408
3	2016	400147.11	84542.38567
4	2017	454189.47	76088.1471
5	2018	515870.46	68479.33239
6	2019	527892.33	61631.39915
7	2020	593794	55468.25924
8	2021	615741.14	49921.43331
9	2022	689344.77	44929.28998
10	2023	714587.44	40436.36098
11	2024	779742.9	36392.76924

Nota: Generado en base a la data histórica y técnica.

La gráfica de la figura 39 representa los costos de operación en función del tiempo, observándose la ecuación $y = 1006.2x^2 + 28345x + 362850$ que intenta predecir el flujo de costos operativos en función del año de operación del equipo, con una correlación del 99.05%

Figura 39

Costos operativos según el año del scooptram SD05



Nota: Gráfico generado desde el año de adquisición.

Tabla 44

Costos de operación proyectados del scooptram SD06

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual	Valor restante
12	2025	836385.6	32753.49232	294781.4309
13	2026	895710.1	29478.14309	265303.2878
14	2027	957716.4	26530.32878	238772.959
15	2028	1022404.5	23877.2959	214895.6631
16	2029	1089774.4	21489.56631	193406.0968
17	2030	1159826.1	19340.60968	174065.4871
18	2031	1232559.6	17406.54871	156658.9384
19	2032	1307974.9	15665.89384	140993.0446
20	2033	1386072	14099.30446	126893.7401
21	2034	1466850.9	12689.37401	114204.3661
22	2035	1550311.6	11521.39305	102783.9295

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

4.1.4.3.5. Costo de Operación de Scooptram SD12

El Scooptram SD12 es un equipo de marca OneDrill con 9 años de operación, adquirido en el 2015, cuya ficha técnica se observa en la tabla 45.

Tabla 45

Datos técnicos del scooptram SD12

Dato	Valor
Marca	OneDrill
Modelo	ST-12
Número de serie	OD-ST122015PER001
Chasis	ONEDRILL-CHST-2015
Motor	Cummins QSB 6.7 Tier 3
Año	2015
País de origen	Canadá
Tipo de combustible	Diesel
Potencia (Hp)	165
Valor de adquisión (Va)	956272
Valor de piezas especiales (Vpe)	55000
Costo de los neumáticos (Ll)	68000
Valor residual (Vr)	15%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2500
Costo de combustible (C)	6.5

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

4.1.4.3.6. Costo de Posesión de Scooptram SD12

La tabla 46 representa los costos de posesión del equipo SD12 teniendo en cuenta una depreciación del 10%, valor asumido para la compra de dicho activo, además se presenta los valores de costo de operación anual del equipo.

Tabla 46

Costos de operación del scooptram SD12

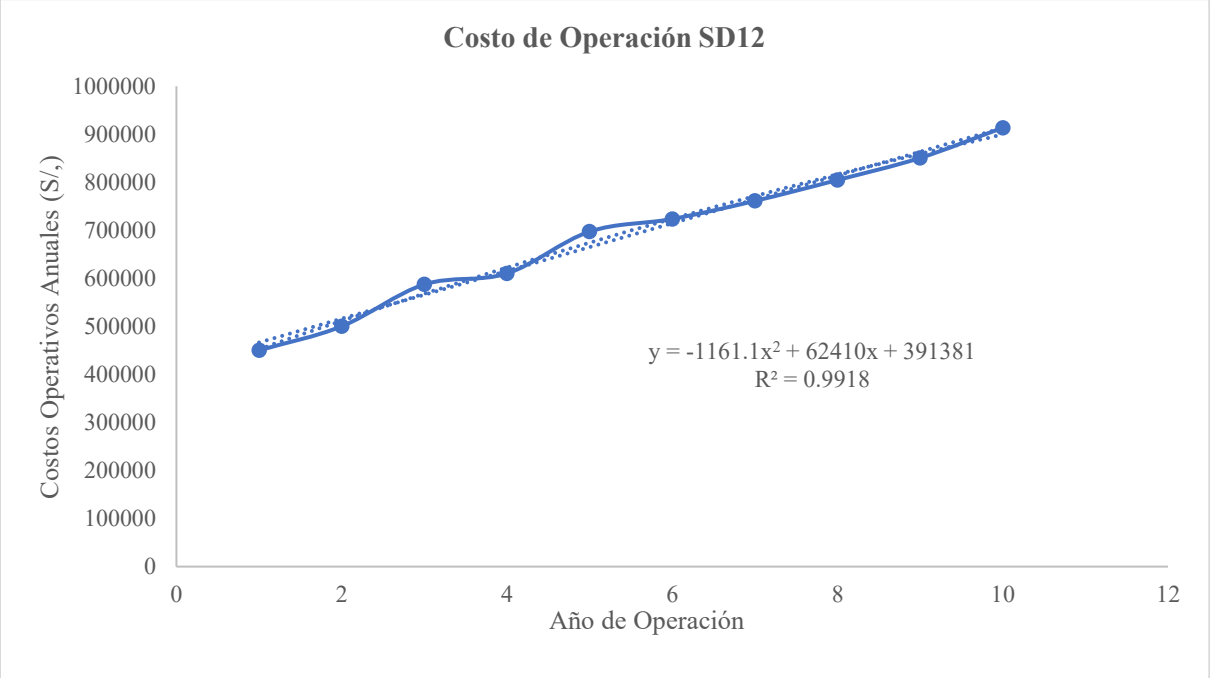
N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2015	450123.22	95627.2000
2	2016	500211.44	86064.4841
3	2017	587499.64	77458.0397
4	2018	610211.11	69712.2398
5	2019	697400.07	62741.0199
6	2020	723603.25	56466.9220
7	2021	761211.39	50820.2338
8	2022	804780.56	45738.2145
9	2023	850741.27	41164.3971
10	2024	913563.28	37047.9615

Nota: Generado en base a la data histórica y técnica.

En la gráfica 40 se puede observar los costos operativos en función del año de operación, ajustando la función polinómica $Y = -1161.1x^2 + 62410x + 391381$ que intenta predecir el comportamiento de los costos operativos anuales con un coeficiente de correlación de 99.18%.

Figura 40

Costos operativos según el año del scooptram SD12



Nota: Gráfico generado desde el año de adquisición.

Tabla 47

Costos de operación proyectados del scooptram SD12

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual	Valor restante
11	2025	937397.9	33343.1653	300088.4880
12	2026	973102.6	30008.8488	270079.6392
13	2027	1006485.1	27007.9639	243071.6753
14	2028	1037545.4	24307.1675	218764.5077
15	2029	1066283.5	21876.4508	196888.0570
16	2030	1092699.4	19688.8057	177199.2513
17	2031	1116793.1	17719.9251	159479.3261
18	2032	1138564.6	15947.9326	143531.3935
19	2033	1158013.9	14353.1394	129178.2542
20	2034	1175141	12917.8254	116260.4288
21	2035	1189945.9	11626.0429	104634.3859

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

4.1.5. Evaluación del Reemplazo de Activos

Para evaluar el reemplazo de un activo se determinó el costo anual uniforme equivalente (CAUE) de ambos equipos, lo cual nos permite comparar equipos que tienen diferentes vidas útiles.

4.1.5.1. Evaluación del Reemplazo de la Locomotora LE04

Se evaluó el posible reemplazo de la Locomotora LE04 dado que ha culminado su tiempo de vida útil, además, el equipo reportó bajo desempeño no cumpliendo con los estándares de KPIS establecidos en la operación. Se ha decidido evaluar la compra de un equipo nuevo, teniendo en cuenta los costos de operación proyectados por el fabricante, y con respecto al equipo actual, se determinaron los costos en base al modelo predictivo.

Los costos operativos anuales de la Locomotora LE04 calculados en base al modelo predictivo: $y = 58.116x^2 + 743.14x + 74413$.

La tabla 48 representa los flujos de costos de operación determinados por el modelo predictivo, determinando un VP = -881825.72, y un CAUE = -117597.55.

Tabla 48

Flujo de costos simplificado de la locomotora LE04

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ingresos												
- Costos												
- Gastos operativos	93472.15	96207.696	98636.2	101180.936	103841.904	106619.104	109512.54	112522.2	115648.096	118890.224	122248.584	125723.176
+ Gasto depreciación	1731.00	1644.45	1562.23	1484.12	1409.91	1339.42	1272.45	1208.82	1148.38	1090.96	1036.42	984.59
Flujo de caja	-91741.1473	-94563.2434	-97073.9701	-99696.8176	-102431.991	-105279.6871	-108240.09	-111313.3763	-114499.713	-117799.261	-121212.169	-124738.582
+ Valor salvamiento												10891.6484
- Inversión												
Flujo de caja neto	-91741.1473	-94563.2434	-97073.9701	-99696.8176	-102431.991	-105279.6871	-108240.09	-111313.3763	-114499.713	-117799.261	-110320.52	-113846.933

Nota: Este flujo se desarrolló considerando los 10 años de vida restantes de la mina.

4.1.5.1.1. Proyección de Flujo de Costos de la Locomotora Nueva

Con respectos al equipo nuevo, se plantea seguir con los equipos Serminsa dado que se tiene base de datos de la operación del equipo, así como el detalle de sus componentes críticos, en base a ello, en la tabla 49 se presentan la ficha técnica de un equipo nuevo, con un valor de adquisición de S/. 348,056.02.

Tabla 49

Datos técnicos de la locomotora nueva

Dato	Valor
Marca	Serminsa
Modelo	SM225
Número de serie	SM225-2023-036
Chasis	CH-SM225-XYZ
Motor	Perkins
Año	2024
País de origen	Perú
Tipo de combustible	Diesel
Potencia (Hp)	250
Valor de adquisión (Va)	348,056.02
Valor de piezas especiales (Vpe)	25000
Costo de los neumáticos (Ll)	15000
Valor residual (Vr)	20%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2000
Costo de combustible (C)	5

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

El fabricante de dichos equipos nos proporcionó datos proyectados de costos operativos anuales de un equipo nuevo, tal y como se puede observar en la tabla 50.

Tabla 50

Costos de operación proyectados de la locomotora nueva

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2025	176075.40	34805.60
2	2026	184879.17	31325.04
3	2027	193682.94	28192.54
4	2028	202486.71	25373.28
5	2029	211290.48	22835.96
6	2030	220094.25	20552.36
7	2031	228898.02	18497.12
8	2032	237701.79	16647.41
9	2033	246505.56	14982.67
10	2034	255309.33	13484.40
11	2035	264113.0957	12135.96

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

La tabla 51 representa el flujo de costos operativos anuales asociados a una locomotora nueva para un periodo de operación de 10 años, determinando un VP = -1721811.20, y un CAUE = -229615.41.

Tabla 51

Flujo de costos simplificado de la locomotora nueva

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ingresos												
- Costos												
- Gastos operativos		176075.40	184879.17	193682.94	202486.71	211290.48	220094.25	228898.02	237701.79	246505.56	255309.33	264113.096
+ Gasto depreciación		34805.60	31325.04	28192.54	25373.28	22835.96	20552.36	18497.12	16647.41	14982.67	13484.40	12135.96
Flujo de caja	0	-141269.795	-153554.125	-165490.399	-177113.423	-188454.521	-199541.887	-210400.892	-221054.375	-231522.886	-241824.923	-251977.133
+ Valor salvamiento												59169.5234
- Inversión	348056.02											
Flujo de caja neto	-348056.02	-141269.795	-153554.125	-165490.399	-177113.423	-188454.521	-199541.887	-210400.892	-221054.375	-231522.886	-182655.399	-192807.609

Nota: Este flujo se desarrolló considerando los 10 años de vida restantes de la mina.

Teniendo en cuenta que el CAUE de la locomotora LE04 es menor que el CAUE de la locomotora nueva se decide no adquirir el equipo nuevo.

4.1.5.2. Evaluación del Reemplazo del Dumper DM01

Se evaluó el posible reemplazo del Dumper DM01 dado que ha reportado bajo desempeño en la operación, además de culminar su periodo de vida útil recomendada por el fabricante. La proyección de costos de dicho equipo se determinó en base al modelo predictivo $y = -73.727x^2 + 8304.3x + 196653$.

La tabla 52 denota el flujo de costos proyectados por la operación del equipo hasta el año 2035, periodo que finaliza la vida útil de la mina, en la que se pudo determinar un VP= -S/2,691,066.14, y un CAUE = -S/358,872.25.

Tabla 52

Flujo de costos simplificado del dumper DM01

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ingresos												
- Costos												
- Gastos operativos	292149.037	298462.71	304628.93	310647.69	316519.00	322242.85	327819.25	333248.20	338529.69	343663.73	348650.32	353489.45
+ Gasto depreciación	3601.54484	3241.39	2917.25	2625.53	2362.97	2126.68	1914.01	1722.61	1550.35	1395.31	1255.78	1130.20
Flujo de caja	-288547.492	-295221.318	-301711.674	-308022.162	-314156.023	-320116.1758	-325905.244	-331525.592	-336979.346	-342268.42	-347394.54	-352359.25
+ Valor salvamiento												13007.0522
- Inversión												
Flujo de caja neto	-288547.492	-295221.318	-301711.674	-308022.162	-314156.023	-320116.1758	-325905.244	-331525.592	-336979.346	-342268.42	-347394.54	-339352.19

Nota: Este flujo se desarrolló considerando los 10 años de vida restantes de la mina.

4.1.5.2.1. Proyección de Flujo de Costos del Dumper Nuevo

En la tabla 53 se presentan la ficha técnica de un equipo nuevo, con un valor de adquisición de S/. 480153.07.

Con respectos al equipo nuevo, los costos operativos y de propiedad fueron proyectados por el vendedor, tal y como se puede observar en la tabla 54.

Tabla 53

Datos técnicos del dumper nuevo

Dato	Valor
Marca	Caterpillar
Modelo	PMKM8010
Número de serie	PMKM8010-006
Chasis	CAT-CHPMK8010-2025
Motor	CAT C7.1
Año	2024
País de origen	Estados Unidos
Tipo de combustible	Diesel
Potencia (Hp)	225
Valor de adquisión (Va)	480153.07
Valor de piezas especiales (Vpe)	25000
Costo de los neumáticos (Ll)	40000
Valor residual (Vr)	12%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2000
Costo de combustible (C)	4

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

Tabla 54

Costos de operación proyectados del dumper nuevo

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2025	843,680.00	150000
2	2026	876,853.60	135000
3	2027	911,415.57	121500
4	2028	947,427.23	109350
5	2029	984,952.67	98415
6	2030	1,024,059.00	88573.5
7	2031	1,064,816.45	79716.15
8	2032	1,107,298.38	71744.535
9	2033	1,151,581.64	64570.0815
10	2034	1,197,746.61	58113.0734
11	2035	1,226,995.91	42114.4958

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

Teniendo en cuenta los costos de propiedad y operativos se elaboró un flujo de costos proyectado, tal y como se representa en la tabla 55, además se determinó un VP= -S/7,190,570.07, y un CAUE= -S/958,912.17.

Tabla 55

Flujo de costos simplificado del dumper nuevo

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ingresos												
- Costos												
- Gastos operativos		843680.00	876853.60	911415.57	947427.23	984952.67	1024059.00	1064816.45	1107298.38	1151581.64	1197746.61	1226995.91
+ Gasto depreciación		150000.00	135000.00	121500.00	109350.00	98415.00	88573.50	79716.15	71744.54	64570.08	58113.07	42114.50
Flujo de caja	0	-693680	-741853.6	-789915.57	-838077.23	-886537.67	-935485.5	-985100.3	-1035553.8	-1087011.6	-1139633.5	-1184881.4
+ Valor salvamiento												45915.6131
- Inversión	450153.07											
Flujo de caja neto	-450153.07	-693680	-741853.6	-789915.57	-838077.23	-886537.67	-935485.5	-985100.3	-1035553.8	-1087011.6	-1093717.9	-1138965.8

Nota: Este flujo se desarrolló considerando los 10 años de vida restantes de la mina.

Teniendo en cuenta que el CAUE del Dumper DM01 es menor que el CAUE del Dumper nuevo se decide no adquirir el equipo nuevo.

4.1.5.3. Evaluación del Reemplazo del Scooptram SD05

Se evaluó el posible reemplazo del Scooptram SD05 dado que reportó bajo desempeño en la operación, además de culminar su periodo de vida útil recomendada por el fabricante. La proyección de costos de operación de dicho Scoop se determinó en base al modelo predictivo y = $1006.2x^2 + 28345x + 362850$.

El flujo de costos proyectados de la tabla 56, determinó un VP = -S/10,520,375.01, y un CAUE= -S/1,402,964.65.

Tabla 56

Flujo de costos simplificado del scoop SD-05

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ingresos												
- Costos												
- Gastos operativos	950633.22	1014420	1073957	1135507	1199069	1264643	1332230	1401829	1473441	1547065	1622701	1700350
+ Gasto depreciación	19293.943	17364.549	15628.0941	14065.2847	12658.7562	11392.8806	10253.5925	9228.23326	8305.40994	7474.86894	6727.38205	6054.64384
Flujo de caja	-931339.277	-997055	-1058329.1	-1121441.5	-1186410	-1253250.3	-1321976.4	-1392601	-1465135.4	-1539589.9	-1615973.8	-1694295.4
+ Valor salvamiento												96778.4683
- Inversión												
Flujo de caja neto	-931339.28	-997055.45	-1058329.1	-1121441.5	-1186410	-1253250.3	-1321976.4	-1392601	-1465135.4	-1539589.9	-1615973.8	-1597516.9

Nota: Este flujo se desarrolló considerando los 10 años de vida restantes de la mina.

4.1.5.3.1. Proyección de Flujo de Costos del Scooptram Nuevo

Con respectos al equipo nuevo, se tiene base de datos de la operación de un equipo nuevo, así como el detalle de sus componentes críticos, en base a ello, en la tabla 57 se presentan la ficha técnica de un equipo nuevo, con un valor de adquisición de S/. 396112.84.

Tabla 57

Datos técnicos del scooptram nuevo

Dato	Valor
Marca	Wagner
Modelo	ST 3.5
Número de serie	DA04P08-7
Chasis	WAGNER-CHD-ST35-2025
Motor	Cummins QSB 6.7 Tier 4F
Año	2024
País de origen	Estados Unidos
Tipo de combustible	Diésel
Potencia (Hp)	150
Valor de adquisión (Va)	396112.84
Valor de piezas especiales (Vpe)	30000
Costo de los neumáticos (Ll)	40000
Valor residual (Vr)	15%
Tasa de interés en el Perú (I)	15%
Tasa de seguros (S)	0%
Vida útil en años (Ve)	8
Horas al año (Ha)	2500
Costo de combustible (C)	6.5

Nota: Valor de adquisición considerando el IGV.

La tabla 58 representa los costos operativos proyectados por la empresa que oferta dicho activo.

Tabla 58

Costos de operación proyectados del scooptram nuevo

N°	Año	Costo de operación anual	Dep. anual
1	2025	128,650.00	50000.0000
2	2026	136369.00	45000.0000
3	2027	144551.14	40500.0000
4	2028	153224.21	36450.0000
5	2029	162417.66	32805.0000
6	2030	172162.72	29524.5000
7	2031	182492.48	26572.0500
8	2032	193442.03	23914.8450
9	2033	205048.55	21523.3605
10	2034	217351.47	19371.02445
11	2035	229156.48	17433.92201

Nota: Datos generados proyectos en base a la ecuación.

Teniendo en cuenta los costos de propiedad y operativos de un Scooptram nuevo, se elaboró un flujo de costos proyectado, tal y como se representa en la tabla 59, además se determinó un VP= -3701752.57, y un CAUE= -493654.27.

Tabla 59

Flujo de costos simplificado del scooptram nuevo

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ingresos												
- Costos												
- Gastos operativos		428650.00	436369.00	444551.14	453224.21	462417.66	472162.72	482492.48	493442.03	505048.55	517351.47	529156.48
+ Gasto depreciación		130000.00	117000.00	105300.00	94770.00	85293.00	76763.70	69087.33	62178.60	55960.74	50364.66	47150.80
Flujo de caja	0	-298650	-319369	-339251.14	-358454.21	-377124.66	-395399.02	-413405.15	-431263.43	-449087.81	-466986.81	-482005.68
+ Valor salvamiento												114254.387
- Inversión	896,113											
Flujo de caja neto	-896112.84	-298650	-319369	-339251.14	-358454.21	-377124.66	-395399.02	-413405.15	-431263.43	-449087.81	-466986.81	-367751.29

Nota: Este flujo se desarrolló considerando los 10 años de vida restantes de la mina.

Teniendo en cuenta que el CAUE del Scooptram SD05 es mayor que el CAUE del Scooptram nuevo se decide adquirir el equipo nuevo.

4.2. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

El análisis de criticidad determinaron que tanto las locomotoras, Dumper y Scooptram pueden tener un impacto negativo en la rentabilidad económica si no se gestionan adecuadamente, siendo responsables del más del 50 % de los costos de extracción del mineral, motivo por el cual se detalla la evaluación de la eficiencia de dichos equipos en la operación, para lo cual se realizó el análisis estadístico de la data histórica de la Disponibilidad Mecánica, como principal indicador de desempeño en los periodos 2022, 2023, y 2024, debido a que solo se cuenta con esta data para dicho análisis. Con respecto a la DM de las locomotoras, se observó la dispersión de los datos mediante un gráfico de cajas o bigotes empleando el software estadístico Minitab 19, determinando como valores atípicos aquellos con valores menor que 92.209%, sin embargo, operaciones mina definió el estándar de 90% para garantizar el transporte eficiente del mineral. Teniendo en cuenta los estándares de la operación, se determinaron que las locomotoras LE04, LE09, LE30, y LE34, además de ello, tanto el quipo LE04 y LE09 son de marca Clayton y la más antiguas en la operación, por otro lado, las locomotoras LE30 y LE34 son de marca nacional, con pocos años en la operación, sin embargo, reportaron bajo desempeño en la operación. Para la evaluación de estos equipos de transporte se ha tomado en cuenta la investigación realizada por **Herrera (2022)**, en la cual determinó una DM de 92% para la operación de minado en Mina Yauricocha, valor que es superior al estándar establecido en La Capitana, además de ello evaluó la Utilización efectiva de dichos equipos, por otro lado, dicho autor también analizó Locomotoras de marca Clayton, siendo está la principal similitud con respecto a nuestra investigación. Con respecto a las locomotoras

nacionales, estas son de procedencia seminueva y de pocos años de adquisición, sin embargo, han demostrado bajo desempeño, motivo por el cual se debe replantear el plan de mantenimiento preventivo de estos equipos. Con respecto al número de Fallas de estos equipos, se pudo observar tendencias positivas para los equipos LE04, LE30, y LE34, mientras que la locomotora LE09 ha disminuido su número de fallas en el tiempo, motivo por el cual no se evaluó su cambio, sin embargo, se debe de evaluar su mantenimiento preventivo.

Con respecto a los indicadores de desempeño de los equipos Dumper, la data histórica de DM se representa en un gráfico de cajas, la cual determinó datos atípicos menor que 86.75%, sin embargo, operaciones mina determinó un estándar de 88%, y se identificó a los equipos DM01 Y DM04 como aquellos que operaron en más de una ocasión por debajo del estándar, estableciéndose también como principal indicador para evaluar el desempeño de estos equipos. Para evaluar estos activos se tuvo analizó el trabajo realizado por **De La Cruz (2014)**, la cual determinó una disponibilidad mecánica de 96% para reducir costos en la extracción de minerales auríferos en La Libertad, siendo este valor superior a la media de valores con las que trabajan los equipos críticos en La Capitana, además de ello, otra diferencia es la capacidad de los equipos estudiados por dicho autor, los cuales superan a los equipos del presente estudio.

Otro equipo considerado crítico para la extracción de minerales, es el Scooptram dado que su desempeño tiene un impacto negativo en la rentabilidad económica, motivo por el cual operaciones mina estableció un estándar de 83% de disponibilidad mecánica, sin embargo, el análisis de la data histórica de dicho indicador, determinó que los equipos SD05, SD06 y SD12 presentaron valores atípicos en más de una ocasión, por otro lado, el análisis de la data histórica de Numero de Fallas determinó una tendencia a disminuir en el tiempo, los equipos que no se tomaron en cuenta para la evaluación de reemplazo también tomó en cuenta el año de adquisición

del activo, definiendo al equipo SD05 como un activo que culminó su periodo de vida útil de fábrica.

Con respecto a la gestión de los activos, la investigación trató determinar el posible reemplazo de los activos denominados críticos en la operación, determinado en base a la data histórica de los costos de operación un modelo en función del tiempo de operación de dicho activo, lo que nos permitió estimar un flujo de costos hasta el periodo 2035, año que culmina la operación de extracción en dicha mina, y poder evaluar la rentabilidad económica del cambio con un equipo nuevo, comparando los CAUE.

La evaluación del posible reemplazo de la locomotora LE04 con respecto a un equipo nuevo de marca nacional, presentó un VP de -8818.25 S/. y un CAUE de -117597.55 S/. para la locomotora LE04, y los costos proyectados de un equipo nuevo de marca nacional determinó un VP de -1721811.20 S/. y un CAUE de -229615.41 S/, valores que se proyectaron hasta el año 2035 que, desde una perspectiva puramente económica basada en costos, mantener la locomotora LE04 es más rentable que adquirir el nuevo equipo, ya que representa un menor costo anual, sin embargo, los valores de VP determinados indican que se debe realizar un análisis técnico a detalle.

La metodología del análisis de cambio por determinación del CAUE estimando flujos de costos de operación, es similar a la investigación realizada por **Palma (2024)** para una minera aurífera en Chile, quien sostuvo que estudios bajo esta metodología no es común en la industria, sin embargo, dicho estudio presentó la principal diferencia de simular con un software los resultados obtenidos, lo que le permitió modelar las principales variables que influyeron en su cálculo, otorgándole la posibilidad de ajustar el cálculo al contexto operativo y de mercado del equipo que evaluó.

Con respecto a la evaluación del reemplazo de los equipos Dumper con respecto a un equipo nuevo de marca nacional, presentó un VP de -2691066.14 S/. S/. y un CAUE de -358 872.25 S/. para el Dumper DM 01, y los costos proyectados de un equipo nuevo de marca nacional determinó un VP de -7190570.07 S/. y un CAUE de -958912.07 S/., de tal manera que se concluyó en no reemplazar dicho activo, sin embargo, su bajo desempeño requiere de reestructura su plan de mantenimiento. Por último, la evaluación de los Scooptram, fue con respecto al equipo SD05, el presente un VP de –10520375.05 S/. y un CAUE de -11402964.65 S/., y un equipo nuevo de marca nacional analizo un VP de –3701752,57 S/. y un CAUE de -493654.27S/., demostrando que el cambio del Scooptram SD05 por un equipo nuevo permitirá aumentar la rentabilidad económica en la UEA La Capitana en Caravelí.

Por lo resultados obtenidos de la evaluación del reemplazo, se estima que su acción permitirá aumentar la rentabilidad económica en la UEA La Capitana, además, la metodología propuesta servirá de base de datos para operaciones de minado subterráneo con locomotoras.

4.3. Comprobación de Hipótesis

Para validar las hipótesis planteadas, se formularon hipótesis nulas y alternativas, y se contrastaron con los resultados obtenidos del análisis de criticidad, el desempeño de los equipos críticos, los modelos predictivos de costos y los flujos económicos proyectados. A continuación, se presenta la verificación de cada hipótesis:

4.3.1. Hipótesis General

H_0: La gestión de los equipos mineros no mejorarán la rentabilidad económica de la UEA Capitana - Caravelí.

H_1: La gestión de los equipos mineros permitirá mejorar la rentabilidad económica de la UEA Capitana - Caravelí.

Resultado: Los análisis realizados permitieron identificar equipos críticos, establecer planes de mejora y evaluar reemplazos que optimizan los costos operativos y por tanto la rentabilidad de la operación.

Decisión: Se rechaza H_0 y se acepta H_1.

4.3.2. Hipótesis Específica 1

Hipótesis Nula (H_0): El análisis de criticidad y análisis estadísticos de los indicadores de desempeño no determinarán los equipos críticos en la UEA Capitana - Caravelí.

Hipótesis Alternativa (H_1): El análisis de criticidad y análisis estadísticos de los indicadores de desempeño permitirán determinar los equipos críticos en la UEA Capitana - Caravelí.

Resultado: Se identificaron como críticos los equipos locomotoras (LE04, LE09, LE30 y LE34), dumpers (DM01 y DM04) y scooptrams (SD05, SD06 y SD12), con base en su bajo desempeño y frecuencia de fallas.

Decisión: Se rechaza H_0 y se acepta H_1.

4.3.3. Hipótesis Específica 2

H_0: El análisis estadístico de la data histórica de los costos de operación de los equipos críticos no estimarán los costos de la operación en el tiempo.

H_1: El análisis estadístico de la data histórica de los costos de operación de los equipos críticos permitirá estimar los costos de la operación en el tiempo.

Resultado: Se desarrollaron modelos de regresión polinómica con altos coeficientes de correlación (superiores al 98%) para cada equipo crítico, lo que evidencia una capacidad predictiva confiable.

Decisión: Se rechaza H_0 y se acepta H_1.

4.3.4. Hipótesis Específica 3

H_0: Los flujos de costos proyectados de un equipo nuevo y un equipo crítico no evaluarán si un equipo debe ser reemplazado.

H_1: Los flujos de costos proyectados de un equipo nuevo y un equipo crítico permitirá evaluar si un activo debe ser reemplazado.

Resultado: En el caso del scooptram SD05, el CAUE proyectado fue considerablemente mayor al del equipo nuevo, justificando su reemplazo. Por el contrario, los equipos LE04, DM01 y DM04 resultaron más económicos de mantener, lo que permitió decidir no reemplazarlos.

Decisión: Se rechaza H_0 y se acepta H_1.

Todas las hipótesis alternativas fueron validadas, y se rechazan las hipótesis nulas. Esto demuestra que la metodología basada en análisis estadístico y económico permite identificar, evaluar y tomar decisiones estratégicas sobre los equipos críticos que afectan directamente la rentabilidad de la UEA La Capitana – Caravelí.

CONCLUSIONES

- La gestión eficiente de equipos mineros mediante el análisis de criticidad y evaluación económica demostró ser una herramienta clave para mejorar la rentabilidad en la UEA La Capitana – Caravelí. Se identificaron como equipos de alto impacto a las locomotoras, dumpers y scooptrams, debido a su participación directa en la operación minera subterránea y su influencia en los costos operativos y disponibilidad del sistema.
- Las locomotoras LE04, LE09, LE30 y LE34 registraron niveles de disponibilidad mecánica inferiores al estándar del 90% establecido por la operación, presentando datos atípicos por debajo del 92.21% y una tendencia decreciente. Los dumpers DM01 y DM04 también mostraron un desempeño deficiente, con valores por debajo del 88% y datos atípicos menores al 86.75%. En el caso de los scooptrams, el análisis estadístico identificó como críticos a los equipos SD05, SD06 y SD09 por presentar disponibilidades menores al umbral mínimo del 83%, afectando directamente la eficiencia operativa de la unidad.
- A partir de la data histórica de costos operativos, se construyeron modelos predictivos con alta correlación (mayores al 98%) para cada equipo crítico. El modelo de la locomotora LE04 ($y = 58.116x^2 + 743.14x + 7441$, $R^2 = 99.25\%$) evidenció un crecimiento sostenido de costos por antigüedad, lo cual también se reflejó en los dumpers DM01 ($R^2 = 98.56\%$) y DM04 ($R^2 = 99.42\%$). El scooptram SD05 presentó un modelo predictivo con $R^2 = 99.05\%$, confirmando que los costos de operación aumentan de forma significativa con el tiempo.
- El análisis económico determinó que no es rentable reemplazar la locomotora LE04 ni los dumpers DM01 y DM04, ya que sus Costos Anuales Uniformes Equivalentes (CAUE)

proyectados al 2035 fueron menores que los de una adquisición nueva. En cambio, el scooptram SD05 sí debe ser reemplazado, ya que su CAUE actual fue de -1,402,964.65 S/., mientras que el de un equipo nuevo fue de -493,654.27 S/., proyectando un ahorro significativo y una mejora operativa durante el periodo de evaluación de 10 años.

RECOMENDACIONES

- Fortalecimiento de la gestión del mantenimiento predictivo y preventivo para los equipos mineros críticos, con la finalidad de reducir la frecuencia de fallas y mejorar su desempeño operativo en el mediano y largo plazo.
- Implementación de un sistema de evaluación continua del desempeño de activos, que permita identificar oportunamente tendencias negativas en la disponibilidad mecánica y sustentar la toma de decisiones con información confiable.
- Revisión y actualización de los estándares internos de disponibilidad y confiabilidad operativa, ajustándolos a la realidad de la operación y a los resultados obtenidos mediante análisis estadísticos y económicos.
- Ejecución de análisis financieros periódicos, considerando indicadores como el Costo Anual Equivalente (CAUE) y el Valor Presente (VP), para determinar de manera técnica y objetiva el momento óptimo de reemplazo de activos.
- Priorización de la renovación de activos basada en el análisis económico, garantizando que cada inversión contribuya efectivamente a la mejora de la rentabilidad de la unidad minera.
- Desarrollo de políticas de gestión de activos alineadas con los objetivos económicos de la operación, integrando criterios técnicos, financieros y de ciclo de vida de los equipos.
- Capacitación del personal responsable de la gestión de equipos en herramientas de análisis técnico y económico, con el propósito de optimizar la toma de decisiones relacionadas con el mantenimiento, la operación y el reemplazo de maquinaria.
- Incorporación de prácticas de mantenimiento sostenible en la gestión de equipos, priorizando el uso de componentes y consumibles de bajo impacto ambiental, la adecuada

disposición de residuos peligrosos y la optimización del consumo de combustibles y lubricantes, con el fin de reducir la huella de carbono.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bahamóndez, M. (2017). *Implementación sistema de gestión para reducción de costos optimizando el desempeño por componente en equipos mineros.* Santiago de Chile: Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146289

Botín, J., & Vergara, M. (2015). A cost management model for economic sustainability and continuos improvement of mining operations. *Resources Policy, 46*(2), 212--218. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2015.10.004

Burt, C., & Caccetta, L. (2018). *Equipment Selection for Mining: With Case Studies* (Primera ed.). Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76255-5

Castañón, A., Gutiérrez, J., & Bascompta, M. (2024). Analysis of the mining equipment replacement time. A case study focused on drilling rig. *Results in Engineering, 24*(103057). https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103057

Chang, K. (2009). *Diseño y evaluación técnico económica de un nuevo sistema de carguío y transporte para la minería de hundimiento.* Santiago de Chile: Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103454

Chibukhchyan, S. (2024). Assessment of the Operational Reliability of Underground Transport and Technological Machines. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 53*, 733-737. https://doi.org/10.1134/S1052618824700596

De La Cruz, E. (2014). *Optimización económica aplicando el método de explotación long wall mining frente al método corte y relleno ascendente en Cía. Minera Poderosa S.A., Unidad Santa María.* Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Flynn, J., & Vlok, P. (2015). Lean Approaches in Asset Management Within the Mining Industry. In J. Amadi, C. Hoohlo, & J. Mathew, *9th WCEAM Research Papers. Lecture Notes in Mechanical Engineering.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15536-4_9

Fourie, H. (2016). Improvement in the overall efficiency of mining equipment: A case study. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 116*(3). https://doi.org/10.17159/2411-9717/2016/v116n3a9

García, M., Ulloa, M., & Belete, O. (2013). El reemplazo de equipos mineros: un enfoque desde el rendimiento y los servicios técnicos de la contratación. *Minería y Geología, 29*(2), 46-70. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223528710004

Guerra, E., & Montes, A. (2019). Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. *Boletín de Ciencias de la Tierra*(45), 14-21. https://doi.org/10.15446/rbct.n45.68711

Herrera, P. (2022). *Influencia en el rendimiento de extracción del NV 720 con la implementación del túnel Yauricocha-Sociedad Minera Corona-2021.* Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. http://hdl.handle.net/20.500.12894/8076

Ihemegbulem, I., Baglee, D., & Wheatley, A. (2017). The Role of ISO 55000 Standard in Asset Integrity. *30th International Congress & Exhibition on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management*, 172-176.

Javad, M., & Ghodrati, B. (2024). Reliability, Maintainability, and Availability of Mining Drilling Equipment. In S. Irawan, *Exploring the World of Drilling.* IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.114938

Komljenovic, D. (2008). Development of risk-informed, performance-based asset management in mining. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 22*(2), 146-153. https://doi.org/10.1080/17480930701562176

Mithas, S., Tafti, A., Bardhan, I., & Mein, J. (2012). Information Technology and Firm Profitability: Mechanisms and Empirical Evidence. *Management Information Systems Research Center, 36*(1), 205-224. https://doi.org/10.2307/41410414

Odeyar, P., Apel, D., Hall, R., Zon, B., & Skrzypkowski, K. (2022). A Review of Reliability and Fault Analysis Methods for Heavy Equipment and Their Components Used in Mining. *Energies, 15*(17). https://doi.org/10.3390/en15176263

Palma, J. (2024). *Optimización del intervalo de reemplazo de equipos mineros mediante simulación de escenarios.* Santiago de Chile: Universidad de Chile. https://doi.org/10.58011/qt3a-0347

Peral, J., Maté, A., & Marco, M. (2017). Application of Data Mining techniques to identify relevant Key Performance Indicators. *Computer Standards & Interfaces, 54*(2), 76-85. https://doi.org/10.1016/j.csi.2016.11.006

Rodríguez, D. (2013). *Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto : análisis de prioridades de atención según rendimiento.* Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. https://doi.org/10.7764/tesisUC/ING/1788

Samatemba, B., Zhang, L., & Besa, B. (2020). Evaluating and optimizing the effectiveness of mining equipment; the case of Chibuluma South underground mine. *Journal of Cleaner Production, 252*(119697). https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119697

Wang, H., Tenorio, V., Li, G., Hou, J., & Hu, N. (2020). Optimization of Trackless Equipment Scheduling in Underground Mines Using Genetic Algorithms. *Mining, Metallurgy & Exploration , 37*, 1531-1544. https://doi.org/10.1007/s42461-020-00285-8

Woodhouse, J. (2015). Briefing: Standards in asset management: PAS 55 to ISO 55000. *Infrastructure Asset Management, 1*(3), 57-59. https://doi.org/10.1680/iasma.14.00013

Yu, J., Zhixiong, L., & Xiaogang, Z. (2017). Recent progress on smart mining in China: Unmanned electric locomotive. *Advances in Mechanical Engineering, 9*(3). https://doi.org/10.1177/1687814017695045

ANEXOS

Anexo 1

Data recopilada de las locomotoras para el análisis

CÓDIGO	Fecha	CAPACIDAD TN	Horas programadas	Horas funcionamien	horas prev.	Horas paradas	N°Fallas	Disponibilidad Mecánica	TMEF (Hrs)	TMPR(Hrs)	Confiabilidad
LE04	Ene-22	1.75	248	125	2	2	2	94.5	62.5	1	98
LE06	Ene-22	2.5	248	121	2	2	2	94.5	60.5	1	98
LE08	Ene-22	2	248	114	2	3	2	94.1	57	1.5	97
LE09	Ene-22	2	248	121	2	1	1	94.8	121	1	99
LE10	Ene-22	2	248	178	2	6	3	92.9	59.3	2	97
LE11	Ene-22	4	248	115	2	0	0	95.2	248	0	100
LE17	Ene-22	2.5	248	121	3	1	2	94.5	121	1	99
LE20	Ene-22	2.5	248	129	2	1	1	94.8	129	1	99
LE21	Ene-22	2.5	248	98	2	2	1	94.5	98	3	98
LE22	Ene-22	2.5	248	111	2	0	0	95.2	248	0	100
LE25	Ene-22	4	248	114	2	0	0	95.2	248	0	100
LE26	Ene-22	2.5	248	98	2	0	0	95.2	248	0	100
LE27	Ene-22	2.5	248	112	2	0	0	95.2	248	0	100
LE28	Ene-22	4	248	116	2	4	2	93.7	58	0	100
LE29	Ene-22	4	248	84	3	1	1	94.5	84	0	100
LE30	Ene-22	4	248	125	2	0	0	95.2	248	0	100
LE31	Ene-22	4	248	124	2	0	0	95.2	248	0	100
LE32	Ene-22	2.5	248	126	2	0	0	95.2	248	0	100
LE04	Feb-22	1.75	248	129	2	1	1	94.8	129	1	99
LE06	Feb-22	2.5	248	126	2	3	2	94.1	63	1.5	98
LE08	Feb-22	2	248	94	2	2	1	94.5	94	2	98
LE09	Feb-22	2	248	91	2	3	21	94.1	45.5	1.5	97
LE10	Feb-22	2	248	176	2	1	1	94.8	176	1	99
LE11	Feb-22	4	248	151	2	1	1	94.8	151	1	99
LE17	Feb-22	2.5	248	109	2	1	1	94.8	109	1	99
LE20	Feb-22	2.5	248	132	2	2	1	94.5	132	2	99
LE21	Feb-22	2.5	248	112	2		0	95.2	248	0	100
LE22	Feb-22	2.5	248	100	2	2	1	94.5	100	2	98
LE25	Feb-22	4	248	112	2	3	2	94.1	56	1.5	97
LE26	Feb-22	2.5	248	70	2	2	1	94.5	70	2	97
LE27	Feb-22	2.5	248	101	2		0	95.2	248	0	100
LE28	Feb-22	4	248	280	2	1	1	94.8	280	0	100
LE29	Feb-22	4	248	90	2		0	95.2	248	0	100
LE30	Feb-22	4	248	84	2	2	2	94.5	42	0	100
LE31	Feb-22	4	248	98	2		0	95.2	248	0	100
LE32	Feb-22	2.5	248	73	2	2	1	94.5	73	2	97
LE04	Mar-22	1.75	248	143		1	1	95.59677419	143	1	99.30313872
LE06	Mar-22	2.5	248	140	2		0	95.19354839	248	0	100
LE08	Mar-22	2	248	104		4	3	94.5	34.66666667	1.333333333	96.22687144
LE09	Mar-22	2	248	101	0	2	2	95.19354839	50.5	1	98.03927913
LE10	Mar-22	2	248	195			0	96	248	0	100
LE11	Mar-22	4	248	167			0	96	248	0	100
LE17	Mar-22	2.5	248	113			0	96	248	0	100
LE20	Mar-22	2.5	248	146		7	4	93.17741935	36.5	1.75	95.3186015
LE21	Mar-22	2.5	248	153	2	1	1	94.79032258	153	1	99.34853651
LE22	Mar-22	2.5	248	113			0	96	248	0	100
LE25	Mar-22	4	248	124		1	1	95.59677419	124	1	99.19679148
LE26	Mar-22	2.5	248	78			0	96	248	0	100
LE27	Mar-22	2.5	248	112			0	96	248	0	100
LE28	Mar-22	4	248	174		8	3	92.9	58	0	100
LE29	Mar-22	4	248	99			0	96	248	0	100
LE30	Mar-22	4	248	93	2	2	2	94.5	46.5	0	100
LE31	Mar-22	4	248	109			0	96	248	0	100
LE32	Mar-22	2.5	248	81			0	96	248	0	100
LE04	Abr-22	1.75	248	138	2	2	2	94.5	69	1	98.56117608
LE06	Abr-22	2.5	248	135	2		0	95.19354839	248	0	100
LE08	Abr-22	2	248	101	2	4	4	93.7	25.3	1	96.11700252
LE09	Abr-22	2	248	98	2	0	0	95.19354839	248	0	100
LE10	Abr-22	2	248	189	2		0	95.19354839	248	0	100
LE11	Abr-22	4	248	162	2	2	2	94.5	81	1	98.77302162
LE17	Abr-22	2.5	248	113	2	2	2	94.5	56.5	1	98.24565943
LE20	Abr-22	2.5	248	141	2	2	2	94.5	70.5	1	98.59157274
LE21	Abr-22	2.5	248	150	2	2	2	94.5	75	1	98.67551618
LE22	Abr-22	2.5	248	123	2	1	1	94.79032258	123	1	99.19028784
LE25	Abr-22	4	248	120	2		0	95.19354839	248	0	100
LE26	Abr-22	2.5	248	117	2	1	1	94.79032258	117	1	99.14894133
LE27	Abr-22	2.5	248	108	2	4	3	93.7	36	0	100
LE28	Abr-22	4	248	300	2	1	1	94.79032258	300	1	99.66722161
LE29	Abr-22	4	248	129	2		0	95.19354839	248	0	100
LE30	Abr-22	4	248	123	2	2	2	94.5	61.5	0	100
LE31	Abr-22	4	248	132	2		0	95.19354839	248	0	100
LE32	Abr-22	2.5	248	114	2		0	95.19354839	248	0	100
LE04	May-22	1.75	248	143			0	96	248	0	100
LE06	May-22	2.5	248	140			0	96	248	0	100
LE08	May-22	2	248	104		3	3	94.79032258	34.7	1	97.15659247
LE09	May-22	2	248	101	0	0	0	96	248	0	100
LE10	May-22	2	248	195	4		0	94.5	248	0	100
LE11	May-22	4	248	167			0	96	248	0	100
LE17	May-22	2.5	248	117	1	2	1	94.79032258	117	2	98.30512567
LE20	May-22	2.5	248	146	1	1	1	95.19354839	146	1	99.3174088
LE21	May-22	2.5	248	155		3	2	94.79032258	77.5	1.5	98.08312636
LE22	May-22	2.5	248	127		1	1	95.59677419	127	1	99.21569031
LE25	May-22	4	248	124			0	96	248	0	100
LE26	May-22	2.5	248	121			0	96	248	0	100
LE27	May-22	2.5	248	112		2	1	95.19354839	112	2	98.23013511
LE28	May-22	4	248	310		4	1	94.5	310	0	100
LE29	May-22	4	248	133			0	96	248	0	100
LE30	May-22	4	248	127		2	2	95.19354839	63.5	0	100
LE31	May-22	4	248	136			0	96	248	0	100
LE32	May-22	2.5	248	118			0	96	248	0	100
LE04	Jun-22	1.75	248	143	2	24	1	85.9	143	24	86
LE06	Jun-22	2.5	248	140	2	4	1	93.7	140	4	97.1832875
LE08	Jun-22	2	248	104	2	3	2	94.1	52	1.5	97.15659247
LE09	Jun-22	2	248	101	2	3	2	94.1	50.5	1.5	97.07338275
LE10	Jun-22	2	248	195	3	1	1	94.5	195	1	99.48849217
LE11	Jun-22	4	248	167	2	2	2	94.5	83.5	1	98.80953795
LE17	Jun-22	2.5	248	117	5		0	94.1	248	0	100
LE20	Jun-22	2.5	248	146	2	5	3	93.3	48.7	1.666666667	96.63332013
LE21	Jun-22	2.5	248	155	2	3	2	94.1	77.5	1.5	98.08312636
LE22	Jun-22	2.5	248	127	2		0	95.19354839	248	0	100
LE25	Jun-22	4	248	124	2		0	95.19354839	248	0	100
LE26	Jun-22	2.5	248	121	2		0	95.19354839	248	0	100
LE27	Jun-22	2.5	248	112	2	7	5	92.5	22.4	1.4	100

LE28	Jun-22	4	248	310	2		0	95.19354839	248	0	100
LE30	Jun-22	4	248	127	2	2	2	94.5	63.5	0	100
LE31	Jun-22	4	248	136	2		0	95.19354839	248	0	100
LE32	Jun-22	2.5	248	118	2		0	95.19354839	248	0	100
LE04	Jul-22	1.75	248	143		4	3	94.5	47.7	1.333333333	97.24155669
LE06	Jul-22	2.5	248	140			0	96	248	0	100
LE08	Jul-22	2	248	104		2	2	95.19354839	52	1	98.09529624
LE09	Jul-22	2	248	101	0	2	2	95.19354839	50.5	1	98.03927913
LE10	Jul-22	2	248	195		2	2	95.19354839	97.5	1	98.97960074
LE11	Jul-22	4	248	167		4	3	94.5	55.7	1.333333333	97.63324791
LE17	Jul-22	2.5	248	120		4	3	94.5	40	1.333333333	96.72161005
LE20	Jul-22	2.5	248	146		3	3	94.79032258	48.7	1	97.96617253
LE21	Jul-22	2.5	248	155		6	4	93.7	38.8	1.5	96.20299676
LE22	Jul-22	2.5	248	127		2	2	95.19354839	63.5	1	98.43753204
LE27	Jul-22	2.5	248	112		7	3	93.3	37.3	0	100
LE28	Jul-22	4	248	310	1	4	4	94.1	77.5	0	100
LE30	Jul-22	4	248	127		2	1	95.19354839	127	0	100
LE31	Jul-22	4	248	136			0	96	248	0	100
LE32	Jul-22	2.5	248	118			0	96	248	0	100
LE04	Ago-22	1.75	248	143	2		0	95.19354839	248	0	100
LE06	Ago-22	2.5	248	140	2		0	95.19354839	248	0	100
LE08	Ago-22	2	248	104	2		0	95.19354839	248	0	100
LE09	Ago-22	2	248	101	2	19	2	87.9	50.5	9.5	84
LE10	Ago-22	2	248	195	2	1	1	94.79032258	195	1	99.48849217
LE11	Ago-22	4	248	167	2		0	95.19354839	248	0	100
LE17	Ago-22	2.5	248	120	2	10	5	91.4	24	2	92.00444146
LE20	Ago-22	2.5	248	146	2	3	2	94.1	73	1.5	97.96617253
LE21	Ago-22	2.5	248	155	2	2	2	94.5	77.5	1	98.71796639
LE22	Ago-22	2.5	248	127	2		0	95.19354839	248	0	100
LE25	Ago-22	4	248	124	2		0	95.2	248	0	100
LE26	Ago-22	2.5	248	121	2		0	95.2	248	0	100
LE27	Ago-22	2.5	248	112	2	2	1	94.5	112	0	100
LE28	Ago-22	4	248	260	2	2	2	94.5	130	0	100
LE30	Ago-22	4	248	130	2	2	1	94.5	130	0	100
LE31	Ago-22	4	248	140	2		0	95.19354839	248	0	100
LE32	Ago-22	2.5	248	122	2		0	95.19354839	248	0	100
LE04	Set-22	1.75	248	138	3	2	1	94.1	138	2	98.56117608
LE06	Set-22	2.5	248	135	3	2	1	94.1	135	2	98.52943846
LE08	Set-22	2	248	101			0	96	248	0	100
LE09	Set-22	2	248	98	0	4	1	94.5	98	4	96.00054413
LE10	Set-22	2	248	189	2	1	1	94.79032258	189	1	99.47229674
LE11	Set-22	4	248	162		2	1	95.19354839	162	2	98.77302162
LE17	Set-22	2.5	248	120	3	4	2	93.3	60	2	96.72161005
LE20	Set-22	2.5	248	141		1	1	95.59677419	141	1	99.29328917
LE21	Set-22	2.5	248	150			0	96	248	0	100
LE22	Set-22	2.5	248	123		3	2	94.79032258	61.5	1.5	97.59047945
LE25	Set-22	4	248	120			0	96	248	0	100
LE26	Set-22	2.5	248	117			0	96	248	0	100
LE27	Set-22	2.5	248	108	2	2	1	94.5	108	0	100
LE28	Set-22	4	248	300		4	2	94.5	150	0	100
LE30	Set-22	4	248	123		2	1	95.19354839	123	0	100
LE31	Set-22	4	248	132			0	96	248	0	100
LE32	Set-22	2.5	248	126			0	96	248	0	100
LE04	Oct-22	1.75	248	143		1	1	95.59677419	143	1	99.30313872
LE06	Oct-22	2.5	248	140		3	2	94.79032258	70	1.5	97.87993892
LE08	Oct-22	2	248	104	2		0	95.19354839	248	0	100
LE10	Oct-22	2	248	195	1	3	2	94.38709677	97.5	1.5	98.47331232
LE11	Oct-22	4	248	167			0	96	248	0	100
LE17	Oct-22	2.5	248	124	2	2	1	94.5	124	2	98.40003441
LE20	Oct-22	2.5	248	146			0	96	248	0	100
LE21	Oct-22	2.5	248	155	1	3	2	94.5	77.5	1.5	98.08312636
LE22	Oct-22	2.5	248	127			0	96	248	0	100
LE25	Oct-22	4	240	124		2	1	95.16666667	124	2	98.40003441
LE26	Oct-22	2.5	248	121			0	96	248	0	100
LE27	Oct-22	2.5	248	112		2	1	95.2	112	0	100
LE28	Oct-22	4	248	310		2	1	95.2	310	0	100
LE30	Oct-22	4	248	127	1	2	1	94.79032258	127	0	100
LE31	Oct-22	4	248	136			0	96	248	0	100
LE32	Oct-22	2.5	248	130			0	96	248	0	100
LE33	Oct-22	2.5	248	161		2	1	95.19354839	161	0	100
LE34	Oct-22	4	248	186			0	96	248	0	100
LE04	Nov-22	1.75	248	138	3		0	94.79032258	248	0	100
LE06	Nov-22	2.5	248	135	3	2	1	94.1	135	2	98.52943846
LE08	Nov-22	2	248	101	3		0	94.79032258	248	0	100
LE10	Nov-22	2	248	189	3	2	1	94.1	189	2	98.94737819
LE11	Nov-22	4	248	162	3	6	2	92.5	81	3	96.36404443
LE17	Nov-22	2.5	248	124	3	4	3	93.3	41.3	1.333333333	96.82566771
LE20	Nov-22	2.5	248	141	3		0	94.79032258	248	0	100
LE21	Nov-22	2.5	248	150	3		0	94.79032258	248	0	100
LE22	Nov-22	2.5	248	123	3	2	1	94.1	123	2	98.38713202
LE25	Nov-22	4	248	120	3	2	1	94.1	120	2	98.34714538
LE26	Nov-22	2.5	240	117	3		0	94.75	248	0	100
LE27	Nov-22	2.5	248	108	3	4	2	93.3	54	0	100
LE28	Nov-22	4	248	300	3		0	94.8	248	0	100
LE29	Nov-22	4	48	20			2	96	10	0	100
LE30	Nov-22	4	248	123	2	2	1	94.5	123	0	100
LE31	Nov-22	4	248	132	3		0	94.79032258	248	0	100
LE32	Nov-22	2.5	248	126	3		0	94.79032258	248	0	100
LE33	Nov-22	2.5	248	156	3	2	2	94.1	78	1	98.72613199
LE34	Nov-22	4	248	180	3	1	1	94.5	180	1	99.4459848
LE04	Dic-22	1.75	248	143		3	2	94.79032258	71.5	1.5	97.92395078
LE06	Dic-22	2.5	248	140	1	3	2	94.5	70	1.5	97.87993892
LE08	Dic-22	2	248	104		4	3	94.5	34.7	1.333333333	96.22687144
LE10	Dic-22	2	248	195			0	96	248	0	100
LE11	Dic-22	4	248	167			0	96	248	0	100
LE17	Dic-22	2.5	248	129		1	1	95.59677419	129	1	99.22780308
LE20	Dic-22	2.5	248	146			0	96	248	0	100
LE21	Dic-22	2.5	248	155			0	96	248	0	100
LE22	Dic-22	2.5	248	127	1	5	3	93.7	42.3	1.666666667	96.13948515
LE25	Dic-22	4	248	124			0	96	248	0	100
LE26	Dic-22	2.5	240	121			0	96	248	0	100
LE27	Dic-22	2.5	248	112	2	1	1	94.79032258	112	0	100
LE28	Dic-22	4	248	310		2	2	95.2	155	0	100
LE30	Dic-22	4	248	127			0	96	248	0	100
LE31	Dic-22	4	248	136		8	1	92.9	136	8	94.28731439
LE33	Dic-22	2.5	248	161		1	1	95.59677419	161	1	99.38080694
LE34	Dic-22	4	248	186	1	1	1	95.19354839	186	1	99.46380826
LE04	Ene-23	1.75	248	155	2	3	2	94.1	77.5	1.5	98.08312636
LE06	Ene-23	2.5	248	146	2	2	1	94.5	146	2	98.63947691
LE08	Ene-23	2	248	127	2	4	2	93.7	63.5	2	96.89947714
LE10	Ene-23	2	248	189	2	2	1	94.5	189	2	98.94737819
LE11	Ene-23	4	248	171	2	2	1	94.5	171	2	98.83722248
LE17	Ene-23	2.5	248	161	2	2	1	94.5	161	2	98.76544788
LE20	Ene-23	2.5	248	146	2	2	1	94.5	146	2	98.63947691

LE21	Ene-23	2.5	248	161	2	2	1	94.5	161	2	98.76544788
LE22	Ene-23	2.5	248	136	2		3	95.19354839	248	0	100
LE25	Ene-23	4	248	127	2	2	1	94.5	127	2	98.43753204
LE26	Ene-23	2.5	248	133	2	2	1	94.5	133	2	98.5074906
LE27	Ene-23	2.5	248	121	2		0	95.19354839	248	0	100
LE28	Ene-23	4	248	186	2	2	1	94.5	186	2	98.93049153
LE29	Ene-23	4	240	183	2	3	2	94	91.5	1.5	98.37401986
LE30	Ene-23	4	248	140	2	3	1	94.1	140	3	97.87993892
LE31	Ene-23	4	248	149	2		0	95.19354839	248	0	100
LE33	Ene-23	2.5	248	174	2		0	95.19354839	248	0	100
LE34	Ene-23	4	248	192	2		0	95.19354839	248	0	100
LE04	Feb-23	1.75	224	140	3	2	1	93.9	140	2	98.58158424
LE06	Feb-23	2.5	224	132		2	1	95.10714286	132	2	98.49626915
LE08	Feb-23	2	224	115	2		0	95.10714286	224	0	100
LE10	Feb-23	2	224	171			0	96	224	0	100
LE11	Feb-23	4	224	154	2		0	95.10714286	224	0	100
LE17	Feb-23	2.5	224	146	2	2	1	94.3	146	2	98.63947691
LE20	Feb-23	2.5	224	132		2	1	95.10714286	132	2	98.49626915
LE21	Feb-23	2.5	224	146			0	96	248	0	100
LE22	Feb-23	2.5	224	123	2	2	1	94.3	123	2	98.38713202
LE25	Feb-23	4	224	115		2	1	95.10714286	115	2	98.27590515
LE26	Feb-23	2.5	224	120			0	96	224	0	100
LE27	Feb-23	2.5	224	109	2		0	95.10714286	224	0	100
LE28	Feb-23	4	224	168		6	3	93.4	56	2	97
LE29	Feb-23	4	224	183		3	2	94.66071429	91.5	1.5	98.37401986
LE30	Feb-23	4	224	126		2	1	95.10714286	126	2	98.42522965
LE31	Feb-23	4	224	134	2		0	95.10714286	224	0	100
LE33	Feb-23	2.5	224	157	1		0	95.55357143	224	0	100
LE34	Feb-23	4	224	174		2	1	95.10714286	174	2	98.85715537
LE04	Mar-23	1.75	240	210	2	2	1	94.4	210	2	99.05213983
LE06	Mar-23	2.5	240	146	2	2	1	94.4	146	2	98.63947691
LE08	Mar-23	2	240	127	2	3	1	94	127	3	97.66547694
LE10	Mar-23	2	240	189	2	2	1	94.4	189	2	98.94737819
LE11	Mar-23	4	240	171	2		0	95.16666667	240	0	100
LE17	Mar-23	2.5	240	161	2	5	3	93.2	53.7	1.666666667	96.94213803
LE20	Mar-23	2.5	240	146	2	4	2	93.6	73	2	97.29746406
LE21	Mar-23	2.5	240	161	2		0	95.16666667	240	0	100
LE22	Mar-23	2.5	240	136	2	2	1	94.4	136	2	98.5401721
LE25	Mar-23	4	240	127	2		0	95.16666667	240	0	100
LE26	Mar-23	2.5	240	133	2		0	95.16666667	240	0	100
LE27	Mar-23	2.5	240	121	4	2	1	93.6	121	2	98.36069275
LE28	Mar-23	4	240	186	2	2	1	94.4	186	2	98.93049153
LE29	Mar-23	4	224	183	2	3	2	93.9	91.5	1.5	98.37401986
LE30	Mar-23	4	240	140	2		0	95.16666667	240	0	100
LE31	Mar-23	4	240	149	2		0	95.16666667	240	0	100
LE32	Mar-23	2.5	248	50	2		0	95.19354839	240	0	100
LE33	Mar-23	2.5	240	174	4	2	1	93.6	174	2	98.85715537
LE34	Mar-23	4	240	192	2		0	95.16666667	240	0	100
LE04	Abr-23	1.75	240	204	2	8	1	92	204	8	96.15432951
LE06	Abr-23	2.5	240	141		2	1	95.16666667	141	2	98.59157274
LE08	Abr-23	2	240	123	2	2	1	94.4	123	2	98.38713202
LE10	Abr-23	2	240	183			0	96	240	0	100
LE11	Abr-23	4	240	165		2	1	95.16666667	165	2	98.79519539
LE17	Abr-23	2.5	224	153	1	2	1	94.66071429	153	2	98.70131707
LE20	Abr-23	2.5	240	156	2	2	1	94.4	156	2	98.72613199
LE21	Abr-23	2.5	240	132		4	1	94.4	132	4	97.01515037
LE22	Abr-23	2.5	240	123		2	1	95.16666667	123	2	98.38713202
LE25	Abr-23	4	240	129			0	96	240	0	100
LE26	Abr-23	2.5	240	117	1	3	2	94.4	58.5	1.5	98
LE27	Abr-23	2.5	240	180		15	1	90	180	15	92.00444146
LE28	Abr-23	4	224	177	1	2	1	94.7	177	2	98.87641638
LE29	Abr-23	4	240	135	1	4	2	94	67.5	2	97.08050244
LE30	Abr-23	4	240	144		2	1	95.16666667	144	2	98.62071167
LE31	Abr-23	4	240	68			0	96	240	0	100
LE32	Abr-23	2.5	240	168		2	1	95.16666667	168	2	98.81658194
LE33	Abr-23	2.5	240	186	2		0	95.16666667	240	0	100
LE34	Abr-23	4	240	228			0	96	240	0	100
LE04	May-23	1.75	240	211	2	3	1	94	211	3	98.58825891
LE06	May-23	2.5	240	146	2	3	1	94	146	3	97.96617253
LE08	May-23	2	240	127	2		0	95.16666667	248	0	100
LE10	May-23	2	240	189	2	2	1	94.4	189	2	98.94737819
LE11	May-23	4	240	171	2	3	2	94	85.5	1.5	98.26091378
LE17	May-23	2.5	240	161	2	3	2	94	80.5	1.5	98.15389908
LE20	May-23	2.5	240	146	2		0	95.16666667	240	0	100
LE21	May-23	2.5	240	161	2		0	95.16666667	240	0	100
LE22	May-23	2.5	240	136	2		0	95.16666667	240	0	100
LE25	May-23	4	240	127	2	2	1	94.4	127	2	98.43753204
LE26	May-23	2.5	240	133	2	3	1	94	133	3	97.76961024
LE27	May-23	2.5	240	121	2	3	2	94	60.5	1.5	97.55114432
LE28	May-23	4	240	186	2	12	1	90.4	186	12	93.75209928
LE29	May-23	4	240	183	2	3	2	94	91.5	1.5	98.37401986
LE30	May-23	4	240	140	2		2	95.16666667	70	0	100
LE31	May-23	4	240	149	2	2	1	94.4	149	2	98.66668655
LE32	May-23	2.5	240	90	2		0	95.16666667	240	0	100
LE33	May-23	2.5	240	174	2	2	1	94.4	174	2	98.85715537
LE34	May-23	4	240	192	2	2	1	94.4	192	2	98.96373989
LE04	Jun-23	1.75	240	110		2	1	95.16666667	110	2	98.19824739
LE08	Jun-23	2	240	123			0	96	240	0	100
LE09	Jun-23	2	240	96	0	2	1	95.16666667	96	2	97.93821813
LE10	Jun-23	2	240	183		1	1	95.58333333	183	1	99.45504222
LE11	Jun-23	4	240	165			0	96	240	0	100
LE17	Jun-23	2.5	240	156	1	2	1	94.75	156	2	98.72613199
LE20	Jun-23	2.5	240	141		4	2	94.4	70.5	2	97.20298216
LE21	Jun-23	2.5	240	156		2	1	95.16666667	156	2	98.72613199
LE22	Jun-23	2.5	240	132		3	1	94.75	132	3	97.75290463
LE25	Jun-23	4	240	123			0	96	240	0	100
LE26	Jun-23	2.5	240	129			0	96	240	0	100
LE27	Jun-23	2.5	240	117	3	5	3	92.8	39	1.666666667	95.81652293
LE28	Jun-23	4	240	180		5	2	94	90	2.5	97.26044771
LE30	Jun-23	4	240	135		3	2	94.75	72	1.5	97.80228725
LE31	Jun-23	4	240	144			0	96	240	0	100
LE32	Jun-23	2.5	240	94		4	3	94.4	56	1.333333333	98
LE33	Jun-23	2.5	240	168			0	96	240	0	100
LE34	Jun-23	4	240	186		3	1	94.75	70	3	96
LE35	Jun-23	4	240	70			0	96	248	0	100
LE04	Jul-23	1.75	248	155	2	3	2	94.1	77.5	1.5	98.08312636
LE06	Jul-23	2.5	248	146	2	2	1	94.5	146	2	98.63947691
LE08	Jul-23	2	248	127	2	4	2	93.7	63.5	2	96.89947714
LE10	Jul-23	2	248	189	2	2	1	94.5	189	2	98.94737819
LE11	Jul-23	4	248	171	2	2	1	94.5	171	2	98.83722248
LE17	Jul-23	2.5	248	161	2	2	1	94.5	161	2	98.76544788
LE20	Jul-23	2.5	248	146	2	2	1	94.5	146	2	98.63947691
LE21	Jul-23	2.5	248	161	2	2	1	94.5	161	2	98.76544788
LE22	Jul-23	2.5	248	136	2		3	95.19354839	248	0	100

LE25	Jul-23	4	248	127	2	2	1	94.5	127	2	98.43753204
LE26	Jul-23	2.5	248	133	2	2	1	94.5	133	2	98.5074906
LE27	Jul-23	2.5	248	121	2		0	95.19354839	248	0	100
LE28	Jul-23	4	248	186	2	2	1	94.5	186	2	98.93049153
LE29	Jul-23	4	240	183	2	3	2	94	91.5	1.5	98.37401986
LE30	Jul-23	4	248	140	2	3	1	94.1	140	3	97.87993892
LE31	Jul-23	4	248	149	2		0	95.19354839	248	0	100
LE33	Jul-23	2.5	248	174	2		0	95.19354839	248	0	100
LE34	Jul-23	4	248	192	2		0	95.19354839	248	0	100
LE04	Ago-23	1.75	224	140	3	2	1	93.9	140	2	98.58158424
LE06	Ago-23	2.5	224	132		2	1	95.10714286	132	2	98.49626915
LE08	Ago-23	2	224	115	2		0	95.10714286	224	0	100
LE10	Ago-23	2	224	171			0	96	224	0	100
LE11	Ago-23	4	224	154	2		0	95.10714286	224	0	100
LE17	Ago-23	2.5	224	146	2	2	1	94.3	146	2	98.63947691
LE20	Ago-23	2.5	224	132		2	1	95.10714286	132	2	98.49626915
LE21	Ago-23	2.5	224	146			0	96	248	0	100
LE22	Ago-23	2.5	224	123	2	2	1	94.3	123	2	98.38713202
LE25	Ago-23	4	224	115		2	1	95.10714286	115	2	98.27590515
LE26	Ago-23	2.5	224	120			0	96	224	0	100
LE27	Ago-23	2.5	224	109	2		0	95.10714286	224	0	100
LE28	Ago-23	4	224	168		6	3	93.4	56	2	97
LE29	Ago-23	4	224	183		3	2	94.66071429	91.5	1.5	98.37401986
LE30	Ago-23	4	224	126		2	1	95.10714286	126	2	98.42522965
LE31	Ago-23	4	224	134	2		0	95.10714286	224	0	100
LE33	Ago-23	2.5	224	157	1		0	95.55357143	224	0	100
LE34	Ago-23	4	224	174		2	1	95.10714286	174	2	98.85715537
LE04	Set-23	1.75	240	210	2	2	1	94.4	210	2	99.05213983
LE06	Set-23	2.5	240	146	2	2	1	94.4	146	2	98.63947691
LE08	Set-23	2	240	127	2	3	1	94	127	3	97.66547694
LE10	Set-23	2	240	189	2	2	1	94.4	189	2	98.94737819
LE11	Set-23	4	240	171	2		0	95.16666667	240	0	100
LE17	Set-23	2.5	240	161	2	5	3	93.2	53.7	1.666666667	96.94213803
LE20	Set-23	2.5	240	146	2	4	2	93.6	73	2	97.29746406
LE21	Set-23	2.5	240	161	2		0	95.16666667	240	0	100
LE22	Set-23	2.5	240	136	2	2	1	94.4	136	2	98.5401721
LE25	Set-23	4	240	127	2		0	95.16666667	240	0	100
LE26	Set-23	2.5	240	133	2		0	95.16666667	240	0	100
LE27	Set-23	2.5	240	121	4	2	1	93.6	121	2	98.36069275
LE28	Set-23	4	240	186	2	2	1	94.4	186	2	98.93049153
LE29	Set-23	4	224	183	2	3	2	93.9	91.5	1.5	98.37401986
LE30	Set-23	4	240	140	2		0	95.16666667	240	0	100
LE31	Set-23	4	240	149	2		0	95.16666667	240	0	100
LE32	Set-23	2.5	248	50	2		0	95.19354839	240	0	100
LE33	Set-23	2.5	240	174	4	2	1	93.6	174	2	98.85715537
LE34	Set-23	4	240	192	2		0	95.16666667	240	0	100
LE04	Oct-23	1.75	240	204	2	8	1	92	204	8	96.15432951
LE06	Oct-23	2.5	240	141		2	1	95.16666667	141	2	98.59157274
LE08	Oct-23	2	240	123	2	2	1	94.4	123	2	98.38713202
LE10	Oct-23	2	240	183			0	96	240	0	100
LE11	Oct-23	4	240	165		2	1	95.16666667	165	2	98.79519539
LE17	Oct-23	2.5	224	153	1	2	1	94.66071429	153	2	98.70131707
LE20	Oct-23	2.5	240	156	2	2	1	94.4	156	2	98.72613199
LE21	Oct-23	2.5	240	132		4	1	94.4	132	4	97.01515037
LE22	Oct-23	2.5	240	123		2	1	95.16666667	123	2	98.38713202
LE25	Oct-23	4	240	129			0	96	240	0	100
LE26	Oct-23	2.5	240	117	1	3	2	94.4	58.5	1.5	98
LE27	Oct-23	2.5	240	180		15	1	90	180	15	92.00444146
LE28	Oct-23	4	224	177	1	2	1	94.7	177	2	98.87641638
LE29	Oct-23	4	240	135	1	4	2	94	67.5	2	97.08050244
LE30	Oct-23	4	240	144		2	1	95.16666667	144	2	98.62071167
LE31	Oct-23	4	240	68			0	96	240	0	100
LE32	Oct-23	2.5	240	168		2	1	95.16666667	168	2	98.81658194
LE33	Oct-23	2.5	240	186	2		0	95.16666667	240	0	100
LE34	Oct-23	4	240	228			0	96	240	0	100
LE04	Nov-23	1.75	240	211	2	3	1	94	211	3	98.58825891
LE06	Nov-23	2.5	240	146	2	3	1	94	146	3	97.96617253
LE08	Nov-23	2	240	127	2		0	95.16666667	248	0	100
LE10	Nov-23	2	240	189	2	2	1	94.4	189	2	98.94737819
LE11	Nov-23	4	240	171	2	3	2	94	85.5	1.5	98.26091378
LE17	Nov-23	2.5	240	161	2	3	2	94	80.5	1.5	98.15389908
LE20	Nov-23	2.5	240	146	2		0	95.16666667	240	0	100
LE21	Nov-23	2.5	240	161	2		0	95.16666667	240	0	100
LE22	Nov-23	2.5	240	136	2		0	95.16666667	240	0	100
LE25	Nov-23	4	240	127	2	2	1	94.4	127	2	98.43753204
LE26	Nov-23	2.5	240	133	2	3	1	94	133	3	97.76961024
LE27	Nov-23	2.5	240	121	2	3	2	94	60.5	1.5	97.55114432
LE28	Nov-23	4	240	186	2	12	1	90.4	186	12	93.75209928
LE29	Nov-23	4	240	183	2	3	2	94	91.5	1.5	98.37401986
LE30	Nov-23	4	240	140	2		2	95.16666667	70	0	100
LE31	Nov-23	4	240	149	2	2	1	94.4	149	2	98.66668655
LE32	Nov-23	2.5	240	90	2		0	95.16666667	240	0	100
LE33	Nov-23	2.5	240	174	2	2	1	94.4	174	2	98.85715537
LE34	Nov-23	4	240	192	2	2	1	94.4	192	2	98.96373989
LE04	Dic-23	1.75	240	110		2	1	95.16666667	110	2	98.19824739
LE08	Dic-23	2	240	123			0	96	240	0	100
LE09	Dic-23	2	240	96	0	2	1	95.16666667	96	2	97.93821813
LE10	Dic-23	2	240	183		1	1	95.58333333	183	1	99.45504222
LE11	Dic-23	4	240	165			0	96	240	0	100
LE17	Dic-23	2.5	240	156	1	2	1	94.75	156	2	98.72613199
LE20	Dic-23	2.5	240	141		4	2	94.4	70.5	2	97.20298216
LE21	Dic-23	2.5	240	156		2	1	95.16666667	156	2	98.72613199
LE22	Dic-23	2.5	240	132		3	1	94.75	132	3	97.75290463
LE25	Dic-23	4	240	123			0	96	240	0	100
LE26	Dic-23	2.5	240	129			0	96	240	0	100
LE27	Dic-23	2.5	240	117	3	5	3	92.8	39	1.666666667	95.81652293
LE28	Dic-23	4	240	180		5	2	94	90	2.5	97.26044771
LE30	Dic-23	4	240	135		3	2	94.75	72	1.5	97.80228725
LE31	Dic-23	4	240	144			0	96	240	0	100
LE32	Dic-23	2.5	240	94		4	3	94.4	56	1.333333333	98
LE33	Dic-23	2.5	240	168			0	96	240	0	100
LE34	Dic-23	4	240	186		3	1	94.75	70	3	96
LE35	Dic-23	4	240	70			0	96	248	0	100
LE04	Ene-24	1.75	240	211	1	6	3	93.2	70.3	2	97.19644795
LE06	Ene-24	2.5	240	60		8	2	92.8	30	4	87.5173319
LE08	Ene-24	2	240	127		11	4	91.6	31.8	2.75	91.70308424
LE09	Ene-24	2	240	115	1	3	2	94.4	57.5	1.5	97.42503685
LE10	Ene-24	2	240	175		9	4	92.4	43.8	2.25	94.98714955
LE11	Ene-24	4	240	171		2	2	95.16666667	85.5	1	98.83722248
LE14	Ene-24	4	240	171		6	4	93.6	42.8	1.5	96.55207177
LE17	Ene-24	2.5	240	172		4	1	94.4	172	4	97.70125184
LE20	Ene-24	2.5	240	146		4	2	94.4	73	2	97.29746406
LE21	Ene-24	2.5	240	147		2	1	95.16666667	147	2	98.64866935
LE24	Ene-24	4	240	215	2	5	3	93.2	71.7	1.666666667	97.70125184

LE25	Ene-24	4	240	127		9	4	92.4	31.8	2.25	93.15865843
LE26	Ene-24	2.5	240	133			0	96	133	0	100
LE28	Ene-24	4	240	186			0	96	186	0	100
LE29	Ene-24	4	360	280	1	1	1	95.5	280	1	99.64349414
LE30	Ene-24	4	240	140		16	8	89.6	17.5	2	90
LE31	Ene-24	4	240	149	3	11	5	90.4	29.8	2.2	92.88337581
LE32	Ene-24	2.5	240	202	2	7	4	92.4	50.5	1.75	96.594009
LE33	Ene-24	2.5	240	210	2	8	4	92	52.5	2	96.26212583
LE34	Ene-24	4	240	192		4	2	94.4	96	2	97.93821813
LE35	Ene-24	4	240	171		2	1	95.16666667	171	2	98.83722248
LE04	Feb-24	1.75	240	191	2	21	2	86.8	95.5	10.5	89.58810388
LE06	Feb-24	2.5	240	84	2	1	1	94.75	84	1	98.81658194
LE08	Feb-24	2	240	189	2	9	5	91.6	37.8	1.8	95.34969548
LE09	Feb-24	2	240	115	2	3	1	94	115	3	97.42503685
LE10	Feb-24	2	240	175	2	6	3	92.8	58.33333333	2	96.62953808
LE11	Feb-24	4	240	171	2	1	1	94.75	171	1	99.41691128
LE14	Feb-24	4	240	195	2	8	4	92	48.8	2	95.98045193
LE17	Feb-24	2.5	240	172	2	1	1	94.75	172	1	99.42029148
LE20	Feb-24	2.5	240	146	2	6	3	92.8	48.7	2	95.9737096
LE21	Feb-24	2.5	240	147	2	2	1	94.4	147	2	98.64866935
LE24	Feb-24	4	240	215	2		0	95.16666667	215	0	100
LE25	Feb-24	4	240	127	2		0	95.16666667	127	0	100
LE26	Feb-24	2.5	240	133	3		0	94.75	133	0	100
LE28	Feb-24	4	240	156	2		0	95.16666667	156	0	100
LE29	Feb-24	4	360	320	2	2	1	94.88888889	320	2	99.37694906
LE31	Feb-24	4	240	149	2	1	1	94.75	149	1	99.33110618
LE32	Feb-24	2.5	240	216	2	2	1	94.4	216	2	99.07834757
LE33	Feb-24	2.5	240	210	2	2	1	94.4	210	2	99.05213983
LE34	Feb-24	4	240	192	2	18	4	88	48	4.5	91.05103614
LE35	Feb-24	4	240	171	2	3	2	94	85.5	1.5	98.26091378
LE04	Mar-24	1.75	248	211	2	6	3	92.9	70.3	2	97.19644795
LE06	Mar-24	2.5	248	146	2		0	95.19354839	146	0	100
LE08	Mar-24	2	248	127		4	2	94.5	63.5	2	96.89947714
LE09	Mar-24	2	248	115	0	1	1	95.59677419	115	1	99.13420457
LE10	Mar-24	2	248	189		4	2	94.5	94.5	2	97.90583651
LE11	Mar-24	4	248	171	2	5	2	93.3	85.5	2.5	97.11835797
LE14	Mar-24	4	248	185	4	2	1	93.7	185	2	98.9247416
LE17	Mar-24	2.5	248	161	5	3	2	92.9	80.5	1.5	98.15389908
LE20	Mar-24	2.5	248	146	2	4	2	93.7	73	2	97.29746406
LE21	Mar-24	2.5	248	161	2	1	1	94.79032258	161	1	99.38080694
LE24	Mar-24	4	248	186	2	2	1	94.5	186	2	98.93049153
LE25	Mar-24	4	248	127		3	2	94.79032258	63.5	1.5	97.66547694
LE26	Mar-24	2.5	248	133	2	3	2	94.1	66.5	1.5	97.76961024
LE28	Mar-24	4	248	186	2	1	1	94.79032258	186	1	99.46380826
LE29	Mar-24	4	360	320	2	5	3	94.05555556	106.7	1.666666667	98.4496437
LE30	Mar-24	4	248	140	6	4	1	92.1	140	4	97.1832875
LE31	Mar-24	4	248	149		1	1	95.59677419	149	1	99.33110618
LE32	Mar-24	2.5	248	155	2		0	95.19354839	155	0	100
LE33	Mar-24	2.5	248	174	2	4	3	93.7	58	1.333333333	97.72737167
LE34	Mar-24	4	248	192		6	4	93.7	48	1.5	96.92332345
LE35	Mar-24	4	248	171	2	2	1	94.5	171	2	98.83722248
LE04	Abr-24	1.75	240	211	1	6	3	93.2	70.3	2	97.19644795
LE06	Abr-24	2.5	240	60		8	2	92.8	30	4	87.5173319
LE08	Abr-24	2	240	127		11	4	91.6	31.8	2.75	91.70308424
LE09	Abr-24	2	240	115	1	3	2	94.4	57.5	1.5	97.42503685
LE10	Abr-24	2	240	175		9	4	92.4	43.8	2.25	94.98714955
LE11	Abr-24	4	240	171		2	2	95.16666667	85.5	1	98.83722248
LE14	Abr-24	4	240	171		6	4	93.6	42.8	1.5	96.55207177
LE17	Abr-24	2.5	240	172		4	1	94.4	172	4	97.70125184
LE20	Abr-24	2.5	240	146		4	2	94.4	73	2	97.29746406
LE21	Abr-24	2.5	240	147		2	1	95.16666667	147	2	98.64866935
LE24	Abr-24	4	240	215	2	5	3	93.2	71.7	1.666666667	97.70125184
LE25	Abr-24	4	240	127		9	4	92.4	31.8	2.25	93.15865843
LE26	Abr-24	2.5	240	133			0	96	133	0	100
LE28	Abr-24	4	240	186			0	96	186	0	100
LE29	Abr-24	4	360	280	1	1	1	95.5	280	1	99.64349414
LE30	Abr-24	4	240	140		16	8	89.6	17.5	2	90
LE31	Abr-24	4	240	149	3	11	5	90.4	29.8	2.2	92.88337581
LE32	Abr-24	2.5	240	202	2	7	4	92.4	50.5	1.75	96.594009
LE33	Abr-24	2.5	240	210	2	8	4	92	52.5	2	96.26212583
LE34	Abr-24	4	240	192		4	2	94.4	96	2	97.93821813
LE35	Abr-24	4	240	171		2	1	95.16666667	171	2	98.83722248
LE04	May-24	1.75	240	191	2	21	2	86.8	95.5	10.5	89.58810388
LE06	May-24	2.5	240	84	2	1	1	94.75	84	1	98.81658194
LE08	May-24	2	240	189	2	9	5	91.6	37.8	1.8	95.34969548
LE09	May-24	2	240	115	2	3	1	94	115	3	97.42503685
LE10	May-24	2	240	175	2	6	3	92.8	58.33333333	2	96.62953808
LE11	May-24	4	240	171	2	1	1	94.75	171	1	99.41691128
LE14	May-24	4	240	195	2	8	4	92	48.8	2	95.98045193
LE17	May-24	2.5	240	172	2	1	1	94.75	172	1	99.42029148
LE20	May-24	2.5	240	146	2	6	3	92.8	48.7	2	95.9737096
LE21	May-24	2.5	240	147	2	2	1	94.4	147	2	98.64866935
LE24	May-24	4	240	215	2		0	95.16666667	215	0	100
LE25	May-24	4	240	127	2		0	95.16666667	127	0	100
LE26	May-24	2.5	240	133	3		0	94.75	133	0	100
LE28	May-24	4	240	156	2		0	95.16666667	156	0	100
LE29	May-24	4	360	320	2	2	1	94.88888889	320	2	99.37694906
LE31	May-24	4	240	149	2	1	1	94.75	149	1	99.33110618
LE32	May-24	2.5	240	216	2	2	1	94.4	216	2	99.07834757
LE33	May-24	2.5	240	210	2	2	1	94.4	210	2	99.05213983
LE34	May-24	4	240	192	2	18	4	88	48	4.5	91.05103614
LE35	May-24	4	240	171	2	3	2	94	85.5	1.5	98.26091378
LE04	Jun-24	1.75	248	211	2	6	3	92.9	70.3	2	97.19644795
LE06	Jun-24	2.5	248	146	2		0	95.19354839	146	0	100
LE08	Jun-24	2	248	127		4	2	94.5	63.5	2	96.89947714
LE09	Jun-24	2	248	115	0	1	1	95.59677419	115	1	99.13420457
LE10	Jun-24	2	248	189		4	2	94.5	94.5	2	97.90583651
LE11	Jun-24	4	248	171	2	5	2	93.3	85.5	2.5	97.11835797
LE14	Jun-24	4	248	185	4	2	1	93.7	185	2	98.9247416
LE17	Jun-24	2.5	248	161	5	3	2	92.9	80.5	1.5	98.15389908
LE20	Jun-24	2.5	248	146	2	4	2	93.7	73	2	97.29746406
LE21	Jun-24	2.5	248	161	2	1	1	94.79032258	161	1	99.38080694
LE24	Jun-24	4	248	186	2	2	1	94.5	186	2	98.93049153
LE25	Jun-24	4	248	127		3	2	94.79032258	63.5	1.5	97.66547694
LE26	Jun-24	2.5	248	133	2	3	2	94.1	66.5	1.5	97.76961024
LE28	Jun-24	4	248	186	2	1	1	94.79032258	186	1	99.46380826
LE29	Jun-24	4	360	320	2	5	3	94.05555556	106.7	1.666666667	98.4496437
LE30	Jun-24	4	248	140	6	4	1	92.1	140	4	97.1832875
LE31	Jun-24	4	248	149		1	1	95.59677419	149	1	99.33110618
LE32	Jun-24	2.5	248	155	2		0	95.19354839	155	0	100
LE33	Jun-24	2.5	248	174	2	4	3	93.7	58	1.333333333	97.72737167
LE34	Jun-24	4	248	192		6	4	93.7	48	1.5	96.92332345
LE35	Jun-24	4	248	171	2	2	1	94.5	171	2	98.83722248
LE04	Jul-24	1.75	240	211	1	6	3	93.2	70.3	2	97.19644795

LE06	Jul-24	2.5	240	60		8	2	92.8	30	4	87.5173319
LE08	Jul-24	2	240	127		11	4	91.6	31.8	2.75	91.70308424
LE09	Jul-24	2	240	115	1	3	2	94.4	57.5	1.5	97.42503685
LE10	Jul-24	2	240	175		9	4	92.4	43.8	2.25	94.98714955
LE11	Jul-24	4	240	171		2	2	95.16666667	85.5	1	98.83722248
LE14	Jul-24	4	240	171		6	4	93.6	42.8	1.5	96.55207177
LE17	Jul-24	2.5	240	172		4	1	94.4	172	4	97.70125184
LE20	Jul-24	2.5	240	146		4	2	94.4	73	2	97.29746406
LE21	Jul-24	2.5	240	147		2	1	95.16666667	147	2	98.64866935
LE24	Jul-24	4	240	215	2	5	3	93.2	71.7	1.666666667	97.70125184
LE25	Jul-24	4	240	127		9	4	92.4	31.8	2.25	93.15865843
LE26	Jul-24	2.5	240	133			0	96	133	0	100
LE28	Jul-24	4	240	186			0	96	186	0	100
LE29	Jul-24	4	360	280	1	1	1	95.5	280	1	99.64349414
LE30	Jul-24	4	240	140		16	8	89.6	17.5	2	90
LE31	Jul-24	4	240	149	3	11	5	90.4	29.8	2.2	92.88337581
LE32	Jul-24	2.5	240	202	2	7	4	92.4	50.5	1.75	96.594009
LE33	Jul-24	2.5	240	210	2	8	4	92	52.5	2	96.26212583
LE34	Jul-24	4	240	192		4	2	94.4	96	2	97.93821813
LE35	Jul-24	4	240	171		2	1	95.16666667	171	2	98.83722248
LE04	Ago-24	1.75	240	191	2	21	2	86.8	95.5	10.5	89.58810388
LE06	Ago-24	2.5	240	84	2	1	1	94.75	84	1	98.81658194
LE08	Ago-24	2	240	189	2	9	5	91.6	37.8	1.8	95.34969548
LE09	Ago-24	2	240	115	2	3	1	94	115	3	97.42503685
LE10	Ago-24	2	240	175	2	6	3	92.8	58.33333333	2	96.62953808
LE11	Ago-24	4	240	171	2	1	1	94.75	171	1	99.41691128
LE14	Ago-24	4	240	195	2	8	4	92	48.8	2	95.98045193
LE17	Ago-24	2.5	240	172	2	1	1	94.75	172	1	99.42029148
LE20	Ago-24	2.5	240	146	2	6	3	92.8	48.7	2	95.9737096
LE21	Ago-24	2.5	240	147	2	2	1	94.4	147	2	98.64866935
LE24	Ago-24	4	240	215	2		0	95.16666667	215	0	100
LE25	Ago-24	4	240	127	2		0	95.16666667	127	0	100
LE26	Ago-24	2.5	240	133	3		0	94.75	133	0	100
LE28	Ago-24	4	240	156	2		0	95.16666667	156	0	100
LE29	Ago-24	4	360	320	2	2	1	94.88888889	320	2	99.37694906
LE31	Ago-24	4	240	149	2	1	1	94.75	149	1	99.33110618
LE32	Ago-24	2.5	240	216	2	2	1	94.4	216	2	99.07834757
LE33	Ago-24	2.5	240	210	2	2	1	94.4	210	2	99.05213983
LE34	Ago-24	4	240	192	2	18	4	88	48	4.5	91.05103614
LE35	Ago-24	4	240	171	2	3	2	94	85.5	1.5	98.26091378
LE04	Set-24	1.75	248	211	2	6	3	92.9	70.3	2	97.19644795
LE06	Set-24	2.5	248	146	2		0	95.19354839	146	0	100
LE08	Set-24	2	248	127		4	2	94.5	63.5	2	96.89947714
LE09	Set-24	2	248	115	0	1	1	95.59677419	115	1	99.13420457
LE10	Set-24	2	248	189		4	2	94.5	94.5	2	97.90583651
LE11	Set-24	4	248	171	2	5	2	93.3	85.5	2.5	97.11835797
LE14	Set-24	4	248	185	4	2	1	93.7	185	2	98.9247416
LE17	Set-24	2.5	248	161	5	3	2	92.9	80.5	1.5	98.15389908
LE20	Set-24	2.5	248	146	2	4	2	93.7	73	2	97.29746406
LE21	Set-24	2.5	248	161	2	1	1	94.79032258	161	1	99.38080694
LE24	Set-24	4	248	186	2	2	1	94.5	186	2	98.93049153
LE25	Set-24	4	248	127		3	2	94.79032258	63.5	1.5	97.66547694
LE26	Set-24	2.5	248	133	2	3	2	94.1	66.5	1.5	97.76961024
LE28	Set-24	4	248	186	2	1	1	94.79032258	186	1	99.46380826
LE29	Set-24	4	360	320	2	5	3	94.05555556	106.7	1.666666667	98.4496437
LE30	Set-24	4	248	140	6	4	1	92.1	140	4	97.1832875
LE31	Set-24	4	248	149		1	1	95.59677419	149	1	99.33110618
LE32	Set-24	2.5	248	155	2		0	95.19354839	155	0	100
LE33	Set-24	2.5	248	174	2	4	3	93.7	58	1.333333333	97.72737167
LE34	Set-24	4	248	192		6	4	93.7	48	1.5	96.92332345
LE35	Set-24	4	248	171	2	2	1	94.5	171	2	98.83722248
LE04	Oct-24	1.75	240	211	1	6	3	93.2	70.3	2	97.19644795
LE06	Oct-24	2.5	240	60		8	2	92.8	30	4	87.5173319
LE08	Oct-24	2	240	127		11	4	91.6	31.8	2.75	91.70308424
LE09	Oct-24	2	240	115	1	3	2	94.4	57.5	1.5	97.42503685
LE10	Oct-24	2	240	175		9	4	92.4	43.8	2.25	94.98714955
LE11	Oct-24	4	240	171		2	2	95.16666667	85.5	1	98.83722248
LE14	Oct-24	4	240	171		6	4	93.6	42.8	1.5	96.55207177
LE17	Oct-24	2.5	240	172		4	1	94.4	172	4	97.70125184
LE20	Oct-24	2.5	240	146		4	2	94.4	73	2	97.29746406
LE21	Oct-24	2.5	240	147		2	1	95.16666667	147	2	98.64866935
LE24	Oct-24	4	240	215	2	5	3	93.2	71.7	1.666666667	97.70125184
LE25	Oct-24	4	240	127		9	4	92.4	31.8	2.25	93.15865843
LE26	Oct-24	2.5	240	133			0	96	133	0	100
LE28	Oct-24	4	240	186			0	96	186	0	100
LE29	Oct-24	4	360	280	1	1	1	95.5	280	1	99.64349414
LE30	Oct-24	4	240	140		16	8	89.6	17.5	2	90
LE31	Oct-24	4	240	149	3	11	5	90.4	29.8	2.2	92.88337581
LE32	Oct-24	2.5	240	202	2	7	4	92.4	50.5	1.75	96.594009
LE33	Oct-24	2.5	240	210	2	8	4	92	52.5	2	96.26212583
LE34	Oct-24	4	240	192		4	2	94.4	96	2	97.93821813
LE35	Oct-24	4	240	171		2	1	95.16666667	171	2	98.83722248
LE04	Nov-24	1.75	240	191	2	21	2	86.8	95.5	10.5	89.58810388
LE06	Nov-24	2.5	240	84	2	1	1	94.75	84	1	98.81658194
LE08	Nov-24	2	240	189	2	9	5	91.6	37.8	1.8	95.34969548
LE09	Nov-24	2	240	115	2	3	1	94	115	3	97.42503685
LE10	Nov-24	2	240	175	2	6	3	92.8	58.33333333	2	96.62953808
LE11	Nov-24	4	240	171	2	1	1	94.75	171	1	99.41691128
LE14	Nov-24	4	240	195	2	8	4	92	48.8	2	95.98045193
LE17	Nov-24	2.5	240	172	2	1	1	94.75	172	1	99.42029148
LE20	Nov-24	2.5	240	146	2	6	3	92.8	48.7	2	95.9737096
LE21	Nov-24	2.5	240	147	2	2	1	94.4	147	2	98.64866935
LE24	Nov-24	4	240	215	2		0	95.16666667	215	0	100
LE25	Nov-24	4	240	127	2		0	95.16666667	127	0	100
LE26	Nov-24	2.5	240	133	3		0	94.75	133	0	100
LE28	Nov-24	4	240	156	2		0	95.16666667	156	0	100
LE29	Nov-24	4	360	320	2	2	1	94.88888889	320	2	99.37694906
LE31	Nov-24	4	240	149	2	1	1	94.75	149	1	99.33110618
LE32	Nov-24	2.5	240	216	2	2	1	94.4	216	2	99.07834757
LE33	Nov-24	2.5	240	210	2	2	1	94.4	210	2	99.05213983
LE34	Nov-24	4	240	192	2	18	4	88	48	4.5	91.05103614
LE35	Nov-24	4	240	171	2	3	2	94	85.5	1.5	98.26091378
LE04	Dic-24	1.75	248	211	2	6	3	92.9	70.3	2	97.19644795
LE06	Dic-24	2.5	248	146	2		0	95.19354839	146	0	100
LE08	Dic-24	2	248	127		4	2	94.5	63.5	2	96.89947714
LE09	Dic-24	2	248	115	0	1	1	95.59677419	115	1	99.13420457
LE10	Dic-24	2	248	189		4	2	94.5	94.5	2	97.90583651
LE11	Dic-24	4	248	171	2	5	2	93.3	85.5	2.5	97.11835797
LE14	Dic-24	4	248	185	4	2	1	93.7	185	2	98.9247416
LE17	Dic-24	2.5	248	161	5	3	2	92.9	80.5	1.5	98.15389908
LE20	Dic-24	2.5	248	146	2	4	2	93.7	73	2	97.29746406
LE21	Dic-24	2.5	248	161	2	1	1	94.79032258	161	1	99.38080694
LE24	Dic-24	4	248	186	2	2	1	94.5	186	2	98.93049153
LE25	Dic-24	4	248	127		3	2	94.79032258	63.5	1.5	97.66547694

LE26	Dic-24	2.5	248	133	2	3	2	94.1	66.5	1.5	97.76961024
LE28	Dic-24	4	248	186	2	1	1	94.79032258	186	1	99.46380826
LE29	Dic-24	4	360	320	2	5	3	94.05555556	106.7	1.666666667	98.4496437
LE30	Dic-24	4	248	140	6	4	1	92.1	140	4	97.1832875
LE31	Dic-24	4	248	149		1	1	95.59677419	149	1	99.33110618
LE32	Dic-24	2.5	248	155	2		0	95.19354839	155	0	100
LE33	Dic-24	2.5	248	174	2	4	3	93.7	58	1.333333333	97.72737167
LE34	Dic-24	4	248	192		6	4	93.7	48	1.5	96.92332345
LE35	Dic-24	4	248	171	2	2	1	94.5	171	2	98.83722248

Anexo 2

Data recopilada de las dumpers para el análisis

Equipo	Fecha	Hrs. Progra.	Hr. Func.	Hr. Prev.	Hrs. Paradas	N° Fallas	Disponibilidad	TMEF (Hrs)	TMPR (Hrs)	Confiabilidad
DM-01	2023	80	30			0	90.00	80.0	0.0	95.00
DM-01	2023	448	76		2	1	89.60	76.0	2.0	93.00
DM-01	2023	496	273	6	12	3	86.70	91.0	4.0	91.00
DM-01	2023	480	268			0	90.00	480.0	0.0	95.00
DM-01	2023	496	189	4	2	1	88.90	189.0	2.0	94.00
DM-01	2023	480	325	3	18	4	86.10	81.3	4.5	90.00
DM-01	2023	496	372	3	10	5	87.60	74.4	2.0	93.00
DM-01	2023	496	375	3	7	4	88.20	93.8	1.8	93.00
DM-01	2023	480	50	3	18	3	86.10	16.7	6.0	70.00
DM-01	2023	496	92		18	0	90.00	496.0	0.0	95.00
DM-01	2023	480	174	4	18	0	89.30	480.0	0.0	95.00
DM-01	2023	496	141	2	3	1	89.10	141.0	3.0	93.00
DM-01	2024	496	147	2	3	1	89.10	147.0	3.0	93.00
DM-01	2024	464	177	3	4	2	88.60	88.5	2.0	93.00
DM-01	2024	496	138	4	2	1	88.90	138.0	2.0	94.00
DM-01	2024	496	25		2	1	89.60	25.0	2.0	88.00
DM-01	2024	480	68		2	1	89.60	68.0	2.0	92.00
DM-01	2024	496	196	1	4	2	89.10	98.0	2.0	93.00
DM-01	2024	496	248	3	2	2	89.10	124.0	1.0	94.00
DM-01	2024	496	203		5	3	89.10	67.7	1.7	93.00
DM-01	2024	496	147		8	1	88.50	147.0	8.0	90.00
DM-01	2024	486	235	4	4	1	88.50	235.0	4.0	93.00
DM-01	2024	496	228	1	2	2	89.50	114.0	1.0	94.00
DM-02	2023	496	1			0	90.00	496.0	0.0	95.00
DM-02	2023	480	22			0	90.00	480.0	0.0	95.00
DM-02	2023	496	79		4	2	89.30	39.5	2.0	90.00
DM-02	2023	480	119	2	4	2	88.90	59.5	2.0	92.00
DM-02	2023	496	170	2	4	2	88.90	85.0	2.0	93.00
DM-02	2023	496	187	2	3	2	89.10	93.5	1.5	94.00
DM-02	2023	480	191	2	4	2	88.90	95.5	2.0	93.00
DM-02	2023	496	261	2		0	89.60	496.0	0.0	95.00
DM-02	2023	480	265	2	2	1	89.30	265.0	2.0	94.00
DM-02	2024	480	4	2		0	89.60	480.0	0.0	95.00
DM-02	2024	496	23	1	1	1	89.60	23.0	1.0	91.00
DM-02	2024	480	4			0	90.00	4.0	0.0	95.00
DM-04	2024	480	4		2	1	89.60	4.0	2.0	63.00
DM-05	2024	496	206	4		0	89.30	206.0	0.0	95.00
DM-03	2022	496	38		2	1	95.60	38.0	2.0	95.00
DM-03	2022	448	37	2	2	1	95.10	37.0	2.0	94.90
DM-03	2022	496	49	4	6	3	94.10	16.3	2.0	89.10
DM-03	2022	480	117	2	5	2	94.60	58.5	2.5	95.90
DM-03	2022	496	80		15	3	93.10	26.7	5.0	84.20
DM-03	2022	480	75	2	2	1	95.20	75.0	2.0	97.40
DM-03	2022	496	110		9	3	88.40	36.7	3.0	88.00
DM-04	2022	496	180	2		0	95.60	496.0	0.0	100.00
DM-04	2022	448	183	2	5	2	94.50	91.5	2.5	97.30
DM-04	2022	496	279	2	4	2	94.80	139.5	2.0	98.60
DM-04	2022	480	320	4		0	95.20	480.0	0.0	100.00
DM-04	2022	496	333	7	1	1	94.50	333.0	1.0	99.70
DM-04	2022	480	329	6	2	1	94.40	329.0	2.0	99.40
DM-04	2022	434	341	4	26	7	89.40	48.7	3.7	92.90
DM-04	2022	496	341	10	9	3	86.60	113.7	3.0	93.00
DM-04	2022	480	336	3	12	5	87.20	67.2	2.4	92.00
DM-04	2022	496	276	4	2	1	88.90	276.0	2.0	94.00
DM-04	2022	480	376	6	2	1	88.50	376.0	2.0	94.00
DM-04	2022	496	327	4	11	4	87.30	81.8	2.8	92.00
DM-04	2023	448	197	8	8	1	86.80	197.0	8.0	91.00
DM-04	2023	496	34	8	2	1	88.20	34.0	2.0	90.00
DM-04	2023	496	119	3	4	2	88.70	59.5	2.0	92.00
DM-04	2023	480	78	2		0	89.60	480.0	0.0	95.00
DM-04	2023	144	104		4	1	87.50	104.0	4.0	91.00
DM-04	2023	496	107	2	3	1	89.70	14.1	1.4	86.00
DM-04	2024	496	30	2	2	1	89.70	14.1	1.4	86.00
DM-04	2024	464	27			0	89.70	14.1	1.4	86.00
DM-04	2024	496	11			0	89.70	14.1	1.4	86.00
DM-04	2024	480	10	2		0	89.70	14.1	1.4	86.00
DM-04	2024	496	9		3	1	89.70	9.0	1.4	82.00

Anexo 3

Data recopilada de las scooptrams para el análisis

Equipo	Fecha	Hrs. Progra.	Hr. Func.	Hr. Prev.	Hrs. Paradas	N° Fallas	Disponibilidad	TMEF (Hrs)	TMPR (Hrs)	Confiabilidad
SD-02	Ene-22	496	45		7	2	94.60	22.5	3.5	86.50
SD-02	Feb-22	448				0	96.00	448.0	0.0	100.00
SD-02	Jul-22	124	48	0	7	3	90.60	16.0	2.3	87.00
SD-05	Ene-22	496	147	3	3	1	94.80	147.0	3.0	98.00
SD-05	Feb-22	448	116	3	4	2	94.50	58.0	2.0	97.00
SD-05	Mar-22	496	77	3	7	3	94.10	25.7	2.3	92.00
SD-05	Abr-22	480	145	2	4	2	94.80	72.5	2.0	97.00
SD-05	May-22	496	158	4	4	2	94.50	79.0	2.0	98.00
SD-05	Jun-22	480	138	3	29	5	89.60	27.6	5.8	83.00
SD-05	Jul-22	496	155	2	2	1	95.20	155.0	2.0	99.00
SD-05	Ago-22	496	177	5	5	2	88.20	88.5	2.5	92.00
SD-05	Set-22	480	181	3	10	4	87.60	45.3	2.5	90.00
SD-05	Oct-22	80	31		24	1	63.00	31.0	24.0	54.00
SD-05	Nov-22	480	64		14	3	87.40	21.3	4.7	78.00
SD-05	Dic-22	496	192	6	4	2	88.20	96.0	2.0	93.00
SD-05	Ene-23	496	104		6	3	88.90	34.7	2.0	90.00
SD-05	Feb-23	448	192	8		0	88.40	448.0	0.0	95.00
SD-05	Ago-23	496	260		3	2	89.50	130.0	1.5	94.00
SD-05	Set-23	480	62		5	2	89.10	31.0	2.5	88.00
SD-05	Oct-23	496	67		14	5	87.50	13.4	2.8	79.00
SD-05	Nov-23	480	241	3	6	3	88.30	80.3	2.0	93.00
SD-05	Dic-23	496	269	5	34	5	82.90	53.8	6.8	84.00
SD-05	Ene-24	496	359	6	6	3	87.80	119.7	2.0	93.00
SD-05	Feb-24	464	260	6	6	3	87.70	86.7	2.0	93.00
SD-05	Mar-24	496	364	6	7	3	87.60	121.3	2.3	93.00
SD-05	Abr-24	480	211	5	8	4	87.60	52.8	2.0	92.00
SD-05	May-24	496	312	3	11	3	87.50	104.0	3.7	92.00
SD-05	Jun-24	480	377	3	11	3	87.40	125.7	3.7	92.00
SD-05	Jul-24	496	323	6	7	3	87.60	107.7	2.3	93.00
SD-05	Ago-24	496	410	4	3	2	88.70	205.0	1.5	94.00
SD-05	Set-24	496	287		5	3	89.10	67.7	1.7	93.00
SD-05	Oct-24	496	299	4	9	4	87.60	74.8	2.3	92.00
SD-05	Nov-24	496	80	1	1	1	89.60	80.0	1.0	94.00
SD-05	Dic-24	496	295	3	19	3	86.00	98.3	6.3	89.00
SD-06	Set-22	480	173	2	4	2	88.90	86.5	2.0	93.00
SD-06	Oct-22	496	198	5	4	2	88.40	99.0	2.0	93.00
SD-06	Nov-22	480	331	6	11	5	86.80	66.2	2.2	92.00
SD-06	Dic-22	496	178	11	10	4	86.20	44.5	2.5	90.00
SD-06	Ene-23	256	103	2	52	5	71.00	20.6	10.4	63.00
SD-06	Feb-23	448	74	10	12	6	85.60	12.3	2.0	82.00
SD-06	Mar-23	496	127		4	2	89.30	63.5	2.0	92.00
SD-06	Abr-23	480	175	3	21	2	85.50	87.5	10.5	85.00
SD-06	May-23	496	146	2	9	3	88.00	48.7	3.0	89.00
SD-06	Jun-23	480	257		15	5	87.20	51.4	3.0	90.00
SD-06	Jul-23	496	308	3	26	4	84.70	77.0	6.5	88.00
SD-06	Ago-23	496	7	3	3	2	88.90	3.5	1.5	67.00
SD-06	Set-23	480	119	4	4	2	88.50	59.5	2.0	92.00
SD-06	Oct-23	496	301	7	2	1	88.40	301.0	2.0	94.00
SD-06	Nov-23	480	288	3	12	3	87.20	96.0	4.0	91.00
SD-06	Dic-23	496	284	5	3	1	88.50	284.0	3.0	94.00
SD-06	Ene-24	496	150	3	2	1	89.10	150.0	2.0	94.00
SD-06	Feb-24	464	135	2	6	3	88.40	45.0	2.0	91.00
SD-06	Mar-24	496	151	4	4	2	88.50	75.5	2.0	93.00
SD-06	Abr-24	480	53	8	2	1	88.10	53.0	2.0	92.00
SD-06	May-24	496	235	9	2	1	88.00	235.0	2.0	94.00
SD-06	Jun-24	480	92	2	3	1	89.10	92.0	3.0	92.00
SD-06	Jul-24	496	260	3	19	8	86.00	32.5	2.4	89.00
SD-06	Ago-24	496	223	10	19	8	84.70	27.9	2.4	88.00
SD-06	Set-24	390	195	12	22	11	82.20	17.7	2.0	85.00
SD-06	Oct-24	403	234	2	39	8	80.80	29.3	4.9	81.00
SD-06	Nov-24	390	229	3	65	2	74.30	114.5	32.5	74.00
SD-06	Dic-24	403	311	4	24	5	83.70	62.2	4.8	88.00
SD-07	Ene-22	496	192		3	1	95.40	192.0	3.0	98.00
SD-07	Feb-22	448	215	4	10	2	93.00	107.5	5.0	96.00
SD-07	Mar-22	496	256	10	4	2	93.30	128.0	2.0	98.00
SD-07	Abr-22	480	336	7	12	4	92.20	84.0	3.0	97.00
SD-07	May-22	496	339	11	5	3	92.90	113.0	1.7	99.00
SD-07	Jun-22	480	425	7	4	2	93.80	212.5	2.0	99.00
SD-07	Jul-22	496	354	4	54	4	84.80	88.5	13.5	87.00
SD-07	Ago-22	496	380	11	17	7	84.90	54.3	2.4	91.00
SD-07	Set-22	480	233	8	11	3	86.40	77.7	3.7	91.00
SD-07	Oct-22	496	159	4	32	1	83.50	159.0	32.0	79.00
SD-07	Nov-22	480	241	3	4	2	88.70	120.5	2.0	93.00
SD-07	Dic-22	496	216	3	4	3	88.70	72.0	1.3	93.00
SD-07	Ene-23	496	300	8	2	1	88.20	300.0	2.0	94.00
SD-07	Feb-23	448	177	3	64	1	76.50	177.0	64.0	70.00
SD-07	Mar-23	496	112	4	22	2	85.30	56.0	11.0	79.00
SD-07	Abr-23	480	91	5	10	3	87.20	30.3	3.3	86.00
SD-07	May-23	496	89		56	1	79.80	89.0	56.0	58.00

SD-07	Jun-23	480	140		10	5	88.10	28.0	2.0	89.00
SD-07	Jul-23	496	232	6	5	3	88.00	77.3	1.7	93.00
SD-07	Ago-23	496	166	8	4	2	87.80	83.0	2.0	93.00
SD-07	Set-23	480	287	3	4	2	88.70	143.5	2.0	94.00
SD-07	Oct-23	496	337	10	9	4	86.60	84.3	2.3	93.00
SD-07	Nov-23	480	323	3	8	3	87.90	107.7	2.7	93.00
SD-07	Dic-23	496	285	9	1	1	88.20	285.0	1.0	95.00
SD-07	Ene-24	496	254	3	34	2	83.30	127.0	17.0	84.00
SD-07	Feb-24	464	316	14	6	3	86.10	105.3	2.0	93.00
SD-07	Mar-24	496	188	2	2	2	89.30	94.0	1.0	94.00
SD-07	Abr-24	480	101	2	4	1	88.90	101.0	4.0	91.00
SD-07	May-24	496	115		6	3	88.90	38.3	2.0	90.00
SD-07	Jun-24	480	190	7	4	2	87.90	95.0	2.0	93.00
SD-07	Jul-24	496	116	13	5	2	86.70	58.0	2.5	91.00
SD-07	Ago-24	496	47		2	1	89.60	47.0	2.0	91.00
SD-07	Set-24	390	42		6	3	88.60	14.0	2.0	83.00
SD-07	Oct-24	403	83		5	2	88.90	41.5	2.5	90.00
SD-07	Nov-24	390	291	16	11	4	83.80	72.8	2.8	92.00
SD-07	Dic-24	403	124	2	5	3	88.40	41.3	1.7	91.00
SD-08	Jul-22	496	115	13		0	93.50	496.0	0.0	100.00
SD-08	Ago-22	496	288	4	4	0	88.50	144.0	2.0	94.00
SD-08	Set-22	496	265	8	4	2	87.80	132.5	2.0	94.00
SD-08	Oct-22	496	131	6	2	1	88.50	131.0	2.0	94.00
SD-08	Feb-23	448	59	3	5	2	88.40	29.5	2.5	88.00
SD-08	Mar-23	496	107	2	8	2	88.20	53.5	4.0	88.00
SD-08	Abr-23	480	25	8		0	88.50	480.0	0.0	95.00
SD-08	May-23	496	43		2	1	85.60	43.0	2.0	91.00
SD-08	Jun-23	480	24		8	1	88.50	24.0	8.0	71.00
SD-08	Jul-23	496	76	4	5	2	88.40	38.0	2.5	89.00
SD-08	Ago-23	496	189	3	8	3	88.00	63.0	2.7	91.00
SD-08	Set-23	480	70	3	2	1	89.10	70.0	2.0	92.00
SD-08	Oct-23	496	248	7		0	88.70	496.0	0.0	95.00
SD-08	Nov-23	480	255	6	4	2	88.10	127.5	2.0	94.00
SD-08	Dic-23	496	245	12	10	2	86.00	122.5	5.0	91.00
SD-08	Ene-24	496	224	5	37	8	82.40	28.0	4.6	82.00
SD-08	Feb-24	464	321	5	9	5	87.30	64.2	1.8	92.00
SD-08	Mar-24	496	184	12	29	5	82.60	36.8	5.8	82.00
SD-08	Abr-24	480	3			0	90.00	480.0	0.0	95.00
SD-08	May-24	496	36	3	3	2	88.90	18.0	1.5	88.00
SD-08	Jun-24	480	72	2	3	1	89.10	92.0	3.0	92.00
SD-08	Jul-24	496	124	3	11	8	87.50	15.5	1.4	87.00
SD-08	Ago-24	496	187	1	4	3	89.10	62.3	1.3	93.00
SD-08	Set-24	496	16		8	6	88.50	2.7	1.3	63.00
SD-08	Oct-24	496	18			0	90.00	18.0	0.0	95.00
SD-09	Nov-22	480	185	8	46	3	79.90	61.7	15.3	76.00
SD-09	Dic-22	496	350	9	15	5	85.60	70.0	3.0	91.00
SD-09	Ene-23	496	363	6	5	2	88.00	181.5	2.5	94.00
SD-09	Feb-23	448	311	12	1	1	87.40	311.0	1.0	95.00
SD-09	Mar-23	496	327	10	2	1	87.80	327.0	2.0	94.00
SD-09	Abr-23	480	267	11		0	87.90	480.0	0.0	95.00
SD-09	May-23	496	372		24	1	85.60	372.0	24.0	89.00
SD-09	Jul-23	496	411	7	10	2	86.90	205.5	5.0	93.00
SD-09	Ago-23	496	390	6	10	2	87.10	195.0	5.0	93.00
SD-09	Set-23	480	142	2		0	89.60	480.0	0.0	95.00
SD-09	Oct-23	496	9		2	1	89.60	9.0	2.0	78.00
SD-09	Nov-23	480	118		2	1	89.60	118.0	2.0	93.00
SD-09	Dic-23	496	68	2		0	89.60	496.0	0.0	95.00
SD-09	Ene-24	496	339	9	6	2	87.30	169.5	3.0	93.00
SD-09	Feb-24	464	237	6	7	3	87.50	79.0	2.3	92.00
SD-09	Mar-24	496	364	6	7	3	87.60	121.3	2.3	93.00
SD-09	Abr-24	480	29	2	3	1	89.10	29.0	3.0	86.00
SD-09	May-24	496	113	3	5	3	88.50	37.7	1.7	91.00
SD-09	Jun-24	480	137	3	5	3	88.50	45.7	1.7	92.00
SD-09	Ago-24	496	320	2	7	5	88.40	64.0	1.4	93.00
SD-09	Set-24	496	208	5	9	5	87.50	41.6	1.8	91.00
SD-09	Oct-24	496	166	6	2	1	88.50	166.0	2.0	94.00
SD-09	Nov-24	496	280	4	5	5	88.40	56.0	1.0	93.00
SD-09	Dic-24	496	251	4	12	5	87.10	50.2	2.4	91.00
SD-10	Feb-23	80	23			0	90.00	80.0	0.0	95.00
SD-10	Mar-23	496	63	2	2	1	89.30	63.0	2.0	92.00
SD-10	Abr-23	480	185		4	2	89.30	92.5	2.0	95.00
SD-10	Jul-23	496	84			0	88.50	496.0	0.0	100.00
SD-10	Ago-23	671	493	25	12	2	85.00	246.5	6.0	93.00
SD-10	Set-23	682	374		172	29	67.30	12.9	5.9	65.00
SD-10	Oct-23	660	389	12	106	16	73.90	24.3	6.6	75.00
SD-10	Nov-23	660	222.7			0	94.10	71.0	2.5	96.00
SD-10	Dic-23	396	258.8	19.5	4.9	4	93.80	37.0	1.0	93.00
SD-11	Mar-23	496	81	4		0	89.30	496.0	0.0	95.00
SD-11	Abr-23	480	49	2		0	89.60	480.0	0.0	95.00
SD-11	May-23	496	131		7	2	88.70	65.5	3.5	90.00
SD-11	Jun-23	480	199	2	6	2	88.50	99.5	3.0	92.00
SD-11	Jul-23	496	272	6	2	1	88.50	272.0	2.0	94.00
SD-11	Ago-23	496	297	12	2	1	87.50	297.0	2.0	94.00
SD-11	Set-23	480	150	3	6	2	88.30	75.0	3.0	91.00
SD-11	Oct-23	496	141	3	2	1	89.10	141.0	2.0	94.00
SD-11	Nov-23	480	205	5	2	1	88.70	205.0	2.0	94.00
SD-11	Dic-23	496	247	3	11	2	87.50	123.5	5.5	91.00

SD-11	Ene-24	496	203	5	10	5	87.30	40.6	2.0	91.00
SD-11	Feb-24	464	189	10	3	2	87.50	94.5	1.5	94.00
SD-11	Mar-24	496	134	11	12	2	85.80	67.0	6.0	87.00
SD-11	Abr-24	480	140	2	8	1	88.10	140.0	8.0	90.00
SD-11	May-24	496	202		3	2	89.50	101.0	1.5	94.00
SD-11	Jun-24	53	10			0	88.10	53.0	0.0	91.00
SD-11	Jul-24	496	105	3	4	2	88.70	52.5	2.0	92.00
SD-11	Ago-24	496	348	13	19	6	84.20	58.0	3.2	90.00
SD-11	Set-24	390	278	4	10	5	86.80	55.6	2.0	92.00
SD-11	Oct-24	403	228	2	6	2	88.20	114.0	3.0	93.00
SD-11	Nov-24	390	197	12	6	2	85.80	98.0	3.0	90.00
SD-11	Dic-24	403	258	10	33	8	80.40	32.3	4.1	84.00
SD-12	Mar-23	496	34	4		0	89.30	496.0	0.0	95.00
SD-12	Abr-23	480	79	2		0	89.60	480.0	0.0	95.00
SD-12	May-23	496	144		8	3	88.50	48.0	2.7	90.00
SD-12	Jun-23	480	293	14	20	4	83.60	73.3	5.0	89.00
SD-12	Jul-23	496	324	6	13	5	86.60	64.8	2.6	91.00
SD-12	Ago-23	496	321	7	19	6	85.30	53.5	3.2	90.00
SD-12	Set-23	480	246	3	6	2	88.30	123.0	3.0	93.00
SD-12	Oct-23	496	288	6		0	88.90	496.0	0.0	95.00
SD-12	Nov-23	480	211	6	4	2	88.10	105.5	2.0	93.00
SD-12	Dic-23	496	216	8	10	4	86.70	54.0	2.5	91.00
SD-12	Ene-24	496	204	6	2	1	88.50	204.0	2.0	94.00
SD-12	Feb-24	464	156	8	4	2	87.70	78.0	2.0	93.00
SD-12	Mar-24	496	174	3	3	2	88.90	87.0	1.5	93.00
SD-12	Abr-24	480	77		33	6	83.80	12.8	5.5	67.00
SD-12	May-24	496	100		7	3	88.70	33.3	2.3	89.00
SD-12	Jun-24	480	119	2	2	1	89.30	119.0	2.0	93.00
SD-12	Jul-24	496	252	5	6	3	88.00	84.0	2.0	83.00
SD-12	Ago-24	496	320	6	13	5	86.60	64.0	2.6	91.00
SD-12	Set-24	390	310	9	4	4	87.00	77.5	1.0	94.00
SD-12	Oct-24	403	322	10	23	9	82.60	35.8	2.6	89.00
SD-12	Nov-24	390	196	12	6	2	85.80	98.0	3.0	92.00
SD-12	Dic-24	403	161	2	24	6	84.20	26.8	4.0	83.00
SD-13	Jun-24	480	25			0	90.00	25.0	2.0	95.00
SD-13	Jul-24	496	157	7	13	3	86.40	52.3	4.3	88.00
SD-13	Ago-24	496	308	5	7	4	87.80	77.0	1.8	93.00
SD-13	Set-24	390	264	4	10	6	86.80	44.0	1.7	92.00
SD-13	Oct-24	403	325	10	6	2	86.40	162.5	3.0	93.00
SD-13	Nov-24	390	116	2	93	2	68.10	58.0	46.5	53.00
SE-01	Feb-22	448	7	1		0	95.80	448.0	0.0	100.00
SE-01	Abr-22	480	92	3	4	2	94.60	46.0	2.0	96.00
SE-01	May-22	496	111	2	7	3	94.30	37.0	2.3	94.00
SE-01	Jun-22	480	171	2	4	2	94.80	85.5	2.0	98.00
SE-01	Jul-22	496	61	6	2	1	94.50	61.0	2.0	97.00