



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICANDO
LA METODOLOGÍA AMEF EN LA MUNICIPALIDAD
PROVINCIAL DE PUNO, PUNO 2022

TESIS

PRESENTADA POR:

MARDEL ALEXIS HUARCAYA CONDORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA A MEF EN LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO, PUNO 2022

AUTOR

MARDEL ALEXIS HUARCAYA CONDORI

RECuento DE PALABRAS

11087 Words

RECuento DE CARACTERES

65246 Characters

RECuento DE PÁGINAS

85 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.8MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 6, 2023 9:33 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 6, 2023 9:34 PM GMT-5

● 15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



Ing. Julio Freddy Chura Acero
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
CIP: 135145
VOB
Asesor



Ing. Julio Freddy Chura Acero
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
CIP: 135145
VOB
Sub. Dirección de Investigación
EDIME

Resumen



DEDICATORIA

A mis amados padres, Elizabeth y Germán, ambos mi fuente de motivación, inspiración y superación; quienes fueron los principales impulsores para poder concretar este peldaño más en mi vida.

A mi familia, mis amigos, y toda persona que me proporcionó sabiduría y empeño a lo largo de este laborioso pero satisfactorio proceso.

Mardel Alexis Huarcaya Condori



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de la vida, y a la Virgen María, por velar cada uno de mis pasos.

A mis padres, por haberme acompañado en cada etapa de este trayecto, con palabras de cariño y aliento.

A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, y a toda la plana docente por haberme enriquecido de conocimientos y preparación.

Mardel Alexis Huarcaya Condori



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 17

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 18

1.2.1 Problema General 18

1.2.2 Problemas Específicos 18

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 19

1.3.1 Objetivo General..... 19

1.3.2 Objetivos Específicos 19

1.4 HIPÓTESIS..... 19

1.4.1 Hipótesis General..... 19

1.4.2 Hipótesis Específicas 19

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES..... 20

2.1.1 Antecedentes Nacionales 20



2.1.2 Antecedentes Internacionales	21
2.2 MARCO TEÓRICO.....	22
2.2.1 Maquinaria Pesada.....	22
2.2.2 Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)	22
2.2.3 Fallas Funcionales	23
2.2.4 Modos de Fallas	23
2.2.5 Jerarquización de Criticidad	23
2.2.6 Criterios generales para el diseño de plan de trabajo	25
2.2.7 Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)	25
2.2.8 Tiempo Promedio para Reparar (MTTR).....	26
2.2.9 Valoración de un Equipo	26
2.2.10 Herramientas Exploratorias	26
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	26
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 CLASIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.1.1 Tipo de Investigación	29
3.1.2 Nivel de Investigación	29
3.1.3 Diseño de Investigación.....	29
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	29
3.2.1 Población	29
3.2.2 Muestra... ..	30
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	30
3.3.1 Técnicas e instrumentos de la investigación.....	30



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	32
4.1.1 Diagrama de Ishikawa	32
4.1.2 Operaciones Principales de Gerencia Mantenimiento	35
4.1.3 El Modelo de Negocio de Gerencia de Mantenimiento.....	36
4.1.4 Gestión de Indicadores de Gerencia de Mantenimiento	36
4.1.5 Principales Equipos	37
4.1.6 Análisis de los resultados de la Investigación	39
4.2 RESULTADOS DE LOS OBJETIVOS.....	45
4.2.1 Objetivo específico 1	45
4.2.2 Diseño.....	52
4.2.3 Organización del Taller	53
4.2.4 Disponibilidad Mecánica	58
4.2.5 Utilización.....	58
4.2.6 Indicador de Consumo de Combustible por Hora.....	58
4.2.7 Determinación de la Situación de la Excavadora 336D CATERPILLAR	59
4.2.8 Determinación de los Tiempos Promedios y de los Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) de la Excavadora 336D CATERPILLAR.....	59
4.2.9 Tiempo Medio de Reparación (MTTR) o Mantenibilidad	61
4.2.10 Porcentaje de Disponibilidad Operativa	62
4.2.11 Cronograma del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	63
4.2.12 Nuevo Porcentaje de Disponibilidad Operativa	65
4.2.13 Objetivo específico 2	65



4.2.14 Cálculo de la Producción antes, después y proyección del PMP con AMEF	67
4.2.15 Cálculo de la Eficiencia antes y después del PMP con AMEF	67
4.2.16 Cálculo de la Eficacia antes y después del PMP con AMEF	68
4.2.17 Cálculo de la Productividad antes, después y durante la proyección del PMP con AMEF.....	68
4.2.18 Evaluación Económica	68
4.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	74
V. CONCLUSIONES.....	76
VI. RECOMENDACIONES.....	77
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS.....	82

Área: Ingeniería Mecánica

Tema: Mantenimiento

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 de Julio del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Ishikawa.....	33
Figura 2: Diagrama de Pareto.....	35
Figura 3: Procesos principales de la Gerencia de Mantenimiento.	36
Figura 4: Cadena de Valor.....	36
Figura 5: Gestión de Indicadores de Gerencia de Mantenimiento.	37
Figura 6: Principales Equipos.....	37
Figura 7: Cantidad de Equipos de Producción y Estratégicos.....	38
Figura 8: Etapas de Plan Estratégico.....	38
Figura 9: Planificación y Programación de Recursos.....	39
Figura 10: Gestión de Información.....	39
Figura 11: Diagrama AMEF de Excavadoras Caterpillar 336DL.....	44
Figura 12: Excavadora 336D Caterpillar.....	45
Figura 13: Diagrama de Pareto en relación al tiempo perdido.....	51
Figura 14: Funciones del Jefe del taller.....	54
Figura 15: Funciones del Mecánico.	55
Figura 16: Formato Operador de Carga.....	56
Figura 17: Tiempos en Producción.....	58
Figura 18: Consumo de Combustible.....	59
Figura 19: Cronograma de Mantenimiento Preventivo.....	64
Figura 20: Confiabilidad de Weibull R.....	73



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Jerarquización de Criticidad.	24
Tabla 2: Criticidad.....	25
Tabla 3: Especialistas evaluadores.....	30
Tabla 4: Coeficiente de correlación de Spearman.....	31
Tabla 5: Factores de causas de baja disponibilidad.	33
Tabla 6: Frecuencia de las causas de la baja disponibilidad de la maquinaria pesada.	34
Tabla 7: Indicadores de gestión.....	40
Tabla 8: Análisis de Pareto en total de Costo Mantenimiento por Equipo 2022.	41
Tabla 9: Jerarquización de Equipos.	42
Tabla 10: Resultado de Flota Crítica.....	42
Tabla 11: Descripción de Equipos.	43
Tabla 12: Rango de severidad.	46
Tabla 13: Rango de ocurrencia.	46
Tabla 14: Rango de dirección.	46
Tabla 15: Fallas del sistema hidráulico.....	47
Tabla 16: Fallas del sistema de implementos.....	47
Tabla 17: Fallas del sistema eléctrico.	47
Tabla 18: Fallas del sistema de motor.....	48
Tabla 19: Porcentaje de ocurrencias del sistema.....	48
Tabla 20: Registro de fallas de la Excavadora 336D Caterpillar.	49
Tabla 21: Análisis del Diagrama de Pareto.....	52
Tabla 22: Plan de Mantenimiento General.....	52
Tabla 23: Ciclos de Mantenimiento de Excavadora 336D CATERPILLAR.	53



Tabla 24: Comparación de tareas versus AMEF.....	57
Tabla 25: Excavadora 336D CATERPILLAR.....	59
Tabla 26: Cálculo del MTTF para Motor de la Excavadora 336D CATERPILLAR.	60
Tabla 27: Cálculo del MTTF para el Sistema Hidráulico y Combustible de la Excavadora 336D CATERPILLAR.....	60
Tabla 28: Cálculo del MTTF para el sistema eléctrico de la Excavadora 336D CATERPILLAR.	60
Tabla 29: Cálculo del MTTF para el tren de rodamiento de la Excavadora 336D CATERPILLAR.	61
Tabla 30: Cuadro Resumen de la Confiabilidad de la Excavadora 336D.....	61
Tabla 31: Cuadro Resumen de la Mantenibilidad de la Excavadora 336D CATERPILLAR.	62
Tabla 32: Datos obtenidos de la cantidad de fallas totales y el tiempo de inactividad total de cada equipo crítico.	62
Tabla 33: Cálculo del tiempo total de operación.	63
Tabla 34: Datos para hallar el % de la Disponibilidad Operativa.....	65
Tabla 35: Disponibilidad Histórica.	65
Tabla 36: Proyección con el Método de Regresión Lineal.	66
Tabla 37: Disponibilidad Proyectada.	66
Tabla 38: Tarifa de Excavadora modelo 336DL.....	69
Tabla 39: Valorización de las causas.	69
Tabla 40: Inversión AMEF.	70
Tabla 41: Estructura de Financiamiento.	70
Tabla 42: Simulación de pago.....	71



Tabla 43: Flujo de caja económica.....	71
Tabla 44: Indicadores económicos.....	72
Tabla 45: Flujo de caja financiera.....	72
Tabla 46: Indicadores financieros.....	73
Tabla 47: Distribución de Weibull.....	73
Tabla 48: Confiabilidad de Weibull.....	74



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AMEF	Análisis de Modos y Efecto de Fallas.
RCM	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
PMP	Plan de Mantenimiento Preventivo.
KPI	Indicadores de Rendimiento de Mantenimiento.
PR	Prioridad de Riesgo.
MTBF	Tiempo Promedio Entre Fallas.
MTTR	Tiempo Promedio Para Reparar.
VAN	Valor Actual Neto.



RESUMEN

Este estudio titulado: “Mejora de la gestión de mantenimiento aplicando la metodología AMEF en la Municipalidad Provincial de Puno, Puno 2022”, tiene por objetivo saber cómo la metodología AMEF mejora la gestión de mantenimiento en los equipos en la entidad edil. Para este estudio se utiliza una metodología de enfoque cuantitativo de tipo aplicada de nivel explicativa. La población y muestra estará formada por los 30 equipos de la entidad. El instrumento que se utiliza será la ficha técnica, la técnica será por medio de la observación. Se concluye que la disponibilidad de los equipos por mes es del 92%, tomando en horas programadas de 10 horas cada turno.

Palabras clave: Gestión de mantenimiento, AMEF, confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad.



ABSTRACT

This study entitled: "Improvement of maintenance management applying the AMEF methodology in the Provincial Municipality of Puno, Puno 2022", aims to know how the AMEF methodology improves maintenance management in the teams in the edile entity. For this study, a quantitative approach methodology of applied type of explanatory level is used. The population and sample will be made up of the 30 teams of the entity. The instrument used will be the technical sheet, the technique will be through observation. It is concluded that the availability of the equipment per month is 92%, taking an average of 10 hours per shift in scheduled hours.

Keywords: Maintenance management, FMEA, reliability, maintainability, availability.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los consumidores exigen a las entidades ofrecer sus servicios con dos características en específico, las cuales son rapidez y eficiencia. Para poder cumplir con dichas finalidades, las entidades planificarán distintas habilidades con el objetivo de que los costos reduzcan y la productividad crezca en el proceso, ello para poder cumplir con las expectativas del ciudadano.

Se conoce también que la gestión de mantenimiento es un procedimiento fundamental en donde toda organización tiene que realizar una evaluación para conservar operable su activo fijo. Si se da el caso de que una organización carezca de apoyo de la junta directiva, sufrirá ineludibles pérdidas debido a paradas imprevistas. Por lo anterior, la proposición de la presente tesis pretende remediar los turnos de operatividad y gastos, para así optimizar el tiempo de trabajo de sus grupos.

El método usado en el desarrollo del mandato existente, es el método de mantenimiento concentrado en la confiabilidad, para la creación de algún equipo el cual halla al servicio de la Municipalidad Provincial de Puno.

La investigación identificará los mecanismos estratégicos con grandes gastos de sustento y óptimo grado de productividad, los cuales repercuten en toda entidad edil en el que se presenten imperfecciones.

Posteriormente, se efectúa un estudio con el método AMEF de las trascendentales imperfecciones del aparato, seguido a ello, diseñar un planeamiento de mantención preventiva, conceptualizando los primordiales trabajos que realizarán los equipos pesados, en un tiempo estimado del recorrido de cada equipo.



De esta manera, se analizará la viabilidad de la filosofía llevada a cabo, mediante la estimación de los indicadores que aluden a los momentos de trabajo, momentos de fallas y proporción del costo de mantenimiento de cada horario trabajado.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La prueba distintiva de la problemática surge de la falta de trabajo en la organización por la enorme cantidad de equipo que tramita la entidad edil. Así, la investigación consta de hacer un estudio que dé a conocer las consecuencias al ejecutar toda filosofía AMEF, esto con el fin de desarrollar aún más el trabajo de sustento, para poder inspeccionar y neutralizar el aplazamiento debido a la poca disponibilidad del equipo. La principal problemática en la entidad edil parte de la ausencia de accesibilidad funcional de los equipos de fabricación. Con el propósito de decidir los orígenes de dicha problemática, se usó el diagrama de Ishikawa, el cual ayudó a distinguir cuatro clases primordiales.

Con respecto al gráfico de Ishikawa (Figura 1), observamos que el método utilizado por la organización es impropia, debido a la gran cantidad de grupos a vigilar. Del mismo modo, la forma de inspeccionar los equipos es inadecuada, dado que hay una cantidad excesiva de sistemas, por lo que no va de acuerdo con las cualidades y requerimientos del equipo. En cuanto al trabajo, los colaboradores no están preparados ni capacitados para realizar la revisión de activos.

Al momento de analizar la ausencia de accesibilidad de los equipos, se determina que las principales causantes son:

- Inoportuno plan de mantenimiento.
- Poca estandarización de procedimientos.



Esto repercute a la carente competitividad en la entidad edil. Respecto a las causas, también influye el personal técnico, el cual desconoce los arreglos de sustento en la entidad, ya que la labor no satisface la pauta ideal. Por esta razón, los costos de reparación de un equipo en algunas ocasiones son superiores a los precios obtenidos por la fabricación, a su vez, el colaborador especializado es ineficiente al momento de efectuar la correcta reparación del equipo.

Mediante la inspección de la maquinaria, se presume que el problema vive al momento de no completar los parámetros adecuados para un funcionamiento eficaz y constante de los equipos, los cuales provocan un desbalance en los tiempos de mantenimiento programados.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema General

¿De qué manera la aplicación de la metodología AMEF incide en la mejora de la gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de la maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno, 2022?

1.2.2 Problemas Específicos

¿De qué manera la aplicación de la metodología AMEF mejora la confiabilidad de la maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno, 2022?

¿De qué manera la aplicación de la metodología AMEF reduce el periodo de mantenibilidad de la maquinaria pesada en Municipalidad Provincial de Puno, 2022?



1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General

Determinar cómo la aplicación de la metodología AMEF incide en la mejora de la gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de la maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno, 2022.

1.3.2 Objetivos Específicos

Analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMEF mejora la confiabilidad de la maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno, 2022.

Analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMEF aumenta el periodo de mantenibilidad de la maquinaria pesada en Municipalidad Provincial de Puno, 2022.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis General

La aplicación de la metodología AMEF incide en la mejora de la gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de la maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno, 2022.

1.4.2 Hipótesis Específicas

La aplicación de la metodología AMEF incide en la mejora de la confiabilidad de la maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno, 2022.

La aplicación de la metodología AMEF incide en la reducción del periodo de mantenibilidad de la maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno, 2022.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes Nacionales

Vásquez (2021), tuvo por finalidad determinar en qué medida la metodología AMEF mejora la disponibilidad de los equipos en la organización. Para la investigación se efectuó un método de tipo aplicada, con enfoque mixto y diseño cuasi-experimental. Concluyendo que el procedimiento AMEF amplió la accesibilidad de los equipos en la organización al pasar de un grado de accesibilidad de 87,5 % en pre-test normal a 96,7 % en post-test normal; del mismo modo se vieron cambios positivos en el intervalo de fallas (34,10 hrs. hasta 102,91 hrs), y el intervalo para arreglar (4,85 hrs. hasta 2,75 hrs.), promediando para las dos situaciones.

Albujar y Jesusi (2020), en su estudio tuvo por objetivo precisar si aplicando la metodología AMEF aumenta la disponibilidad de los equipos en una empresa. En la investigación se utiliza una metodología tipo aplicada, enfoque mixto de diseño cuasi-experimental. Concluyendo que toda disposición de los pequeños cargadores crece en un 15.46% en la organización mencionada por lo que se acepta la hipótesis como válida.

Juárez (2019), en su estudio tuvo por finalidad emplear la metodología AMEF para mejorar la disponibilidad de los equipos en la empresa. Para la investigación se realizó un método de tipo aplicada, enfoque cuantitativo de diseño cuasi-experimental. Llegando hasta la conclusión de que la disponibilidad creció en un 95,65 % hasta 97,30 %, por ello se redujo el tiempo de resarcimiento promedio de 468 hrs. hasta 290 hrs.

Barrientos (2018), en su estudio tuvo por finalidad realizar mejoras en la gestión de mantenimiento, para ello empleó la metodología AMEF. En dicho estudio se realizó



un método tipo aplicada, con enfoque mixto, diseño cuasi-experimental. Concluyendo que al implementar métodos de mantenimiento, redujeron los tiempos de descanso, y de esta forma incrementó la capacidad de realización y productividad, cumpliendo con los parámetros del usuario. Finalmente, el estudio económico de la propuesta manifiesta que el nuevo planeamiento es factible.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

Pineda (2021), tuvo por finalidad realizar mantenimiento basado en la metodología AMEF, para aumentar la disponibilidad de los equipos en la empresa. Para la investigación se realizó un método aplicado, de enfoque cuantitativo de diseño cuasi experimental. Concluyendo que el precio de mantenimiento restaurativo del sistema en el 2021 fue de \$USD 2 042 000; mediante la realización de distintas actividades de soporte preparatorio, sugeridas en investigación de modos y efectos de imperfecciones, en el segundo periodo del 2021 se logró bajar los gastos de mantenimiento.

Silva *et al.* (2019), su propósito fue elaborar un plan de gestión de mantenimiento, para aumentar la disponibilidad de los equipos mediante la metodología AMEF. Se utilizó una metodología de tipo aplicada, enfoque mixto, diseño cuasi-experimental. Concluyendo que, gracias a la presencia de los indicadores de mantenimiento, se avalará el continuo mejoramiento de los dispositivos, incrementando la disposición de los equipos.

Pérez (2019), en su investigación tuvo como propósito que mediante la metodología AMEF, se aplique mantenimiento preventivo de los equipos. Para la investigación se realizó un método de tipo aplicada, enfoque mixto, diseño cuasi experimental. Concluyendo que tuvo éxito en el desarrollo de la metodología AMEF, y



en la ejecución de la línea de producción se minimizaron los costos por defectos en mantenimientos correctivos.

González *et al.* (2018), en la investigación su propósito fue aumentar la disponibilidad de los equipos mediante el mantenimiento preventivo por medio de la metodología AMEF. Para la investigación se realizó un método tipo aplicada, enfoque mixto, diseño cuasi-experimental. Concluyendo que gracias a la aplicación del AMEF, se observó mejora en la producción de los bienes y equipos, reforzando los patrones, como también se apreciaron disminuciones en los tiempos de apoyo, ampliación de fiabilidad, y seguridad del equipo basado en la metodología de sustento moderna, mostrando mejores opciones para el mantenimiento de los equipos.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Maquinaria Pesada

Se comprende a todo dispositivo versátil, hidráulico o eléctrico utilizado únicamente en construcciones modernas en áreas como la minería, transporte marítimo o portuario. Los cuales componen de diferentes estructuras mecánicas e hidráulicas para trabajos con un gran límite de carga o esfuerzo.

2.2.2 Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)

Se comprende como un dispositivo elemental RCM para mejorar la gestión de mantenimiento. Esta estrategia logra distinguir la problemática antes de que influyan en el equipo dada su calidad funcional. Capacitado para cada disposición del dispositivo que posteriormente se refiere a un pequeño sistema que decide su capacidad y su poca capacidad para hallar el método de complicaciones. No se relaciona exclusivamente con la actividad de cada pieza de equipo, sino también con las partes singulares de cada marco. Las reglas AMEF intentan darse cuenta de la complicación y posteriormente aceptarla



como una circunstancia de inadecuación que se comprime al paso de la capacidad o falta de valor. El procedimiento de ejecución de AMEF2 se basará esencialmente en lo siguiente:

- Conceptualización de ocupaciones.
- Determinar los aspectos de imperfección.
- Identificar los efectos y resultados de las imperfecciones.

2.2.3 Fallas Funcionales

Conceptualizándolo como el acontecimiento imprevisible en el momento de la actividad, cuyo resultado es que el recurso no puede satisfacer su capacidad principal, funcionando de forma inadecuada. El nivel de la falla utilitaria se basa en el resultado que puede producir el momento a partir de distintas actividades. Las distintas complicaciones útiles suelen ser fraccionarias o absolutas. El desgaste pasa cuando el recurso no suele llevar a cabo sus tareas según la norma ideal, y el desgaste total pasa cuando un activo se paraliza de la nada.

2.2.4 Modos de Fallas

Se refiere a las causas físicas las cuales parten de fallas prácticas. El estudio del modo de falla coordina ejercicios de mantenimiento, enfocado por la composición de labores para perseguir los términos de falla relacionados con su falla de función, lo cual fue un enfoque con visión de futuro para supervisar las labores de mantenimiento. Los modos saltados y de fallas deben distinguir todas las razones imaginables.

2.2.5 Jerarquización de Criticidad

Se refiere que la jerarquía usada para elegir los grupos son los más significativos en la organización, permite dar valor a los grupos más excepcionales que producen costos masivos en la organización. El orden jerárquico de los grupos se caracteriza pensando en:

Tabla 1: Jerarquización de Criticidad.

Nivel	Características
Críticos	Se refiere a grupos cuya parada o avería influye fundamentalmente en las consecuencias de la organización como creación por valoraciones.
Importantes	Se refiere a los grupos cuyo mal función repercute en la organización, pero los resultados son manejables.
Prescindibles	Se refiere a los que, con un acontecimiento escaso en los hallazgos, ocasionan una mínima molestia, un mínimo cambio de poco efecto, o poco gasto agregado.

Elaboración propia

Lo crítico del equipo es la técnica la cual se considera en la realización del plan de mantenimiento en los dispositivos principales de toda organización. Las reglas principales están relacionadas con: creación, actividad, costo de operación, tasa de falla y tiempo fijo. Respecto a John Moubray, “Se debe ponderar los criterios de evaluación y asignar un valor específico a cada ítem dependiendo de las características del equipo”, en este sentido, se solicitarán los métodos más básicos. Hay numerosas estrategias las cuales ofrecen un arreglo de orden fundamental en un recurso crítico (C), semicrítico (SC) y no crítico (NC). Este estudio depende de los análisis probabilísticos de la apuesta y de la adquisición en la lista de riesgos de los recursos. Los datos se pueden conseguir de los registros correspondientes a cada grupo. El modelo usado en dicho punto de postulación es subjetivo cuantificable en el que interviene la información para medir la recurrencia de decepciones, fijar gastos y fijar tiempos. Los modelos de cada componente cuantificable abordan el significado último de la progresión ordenada de criticidad.

Tabla 2: Criticidad.

FRECUENCIA	N...123	SC	SC	C	C	C	C	C
		SC	SC	SC	C	C	C	C
		NC	SC	SC	SC	C	C	C
		NC	NC	SC	SC	SC	C	C
		NC	NC	NC	SC	SC	C	C
		NC	NC	NC	NC	SC	SC	C
			1	2	3	.	.	.
								M

IMPACTO

Fuente: Texto adaptado de (Duque, 2021)

El estudio cuantitativo trata de medir de manera económica las variables, las cuales caracterizan la crítica de cada marco y pequeños sistemas del grupo estudiado. Estos deben considerar factores como, por ejemplo, los costos directos de mantenimiento (repuestos y trabajo), el efecto financiero de la falta de producción, etc. Esta investigación reflexiona el efecto inmediato acerca de la accesibilidad funcional del equipo en vista del sostenimiento respecto a la confiabilidad.

2.2.6 Criterios generales para el diseño de plan de trabajo

La configuración del plan de trabajo se caracteriza como la disposición de los individuos comprometidos con las capacidades de la asociación. Cada parte debe tener claro el objetivo del trabajo para tener la opción de coordinar sus obligaciones del día a día con las metas de la organización, y de esta manera lograr el mejor arreglo. Para el plan de trabajo se planificarán las obligaciones del administrador o potencial ingeniero asociado a los sistemas de apoyo. El objetivo es dar un manual de procesos basado en RCM para garantizar la eficacia de ejecución.

2.2.7 Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)

Ello se caracteriza por ser el indicador que analiza toda estrategia de sustento, la cual se usa con el fin de comunicar la confiabilidad de un marco, mediante archivos



cuantificables como PR (Prioridad de riesgo), así mismo, utilizamos el análisis de la gravedad, el riesgo y el descubrimiento de fallas en el proceso de operación.

2.2.8 Tiempo Promedio para Reparar (MTTR).

Se conoce como la combinación de configuraciones desde el plazo que lleva restablecer un aparato a su estado utilitario después de haber ocurrido la complicación.

2.2.9 Valoración de un Equipo

La valoración del equipo comienza a contarse desde el día en que el equipo se presenta en el emprendimiento con el administrador. Si el equipo carece de un operador, no se estima hasta que tenga este.

2.2.10 Herramientas Exploratorias

Se usaron dispositivos de ingeniería para recolectar, examinar e inspeccionar los datos adquiridos a la hora del trabajo de postulación. Los aparatos ayudan a proponer posibles respuestas a la cuestión de fondo.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Abastecimiento: Se refiere a la acción monetaria encaminada a satisfacer las necesidades de utilización de una unidad financiera en tiempo, estructura y calidad, como una familia, una empresa, aplicándose particularmente cuando ese sujeto financiero comprende una sociedad.

Ciudadano: En un concepto jurídico, filosófico y político, es una persona física que es parte de una comunidad.

Cronograma: Es un dispositivo fundamental para la elaboración de calendarios de trabajo o actuación. Un informe que establezca la duración de un compromiso, la fecha



de apertura y fecha final de cada diligencia; es decir, un método sencillo para coordinar el trabajo.

Funcionario: Un funcionario público es aquel individuo que desempeña una tarea para otra persona, en ayuda de la gestión de la administración a cambio de una compensación, y limitado por una relación jurídica (reglamentos y directrices) representada por el derecho administrativo.

Gestión: La administración utiliza diferentes instrumentos para tener la opción de trabajar, los primeros aluden al control y mejora de ciclos, además están los documentos, estos se encargarán de racionar la información, por último, a base de la fusión de estos elementos, tenemos la opción de liquidar elecciones correctas.

Mantenimiento: Son actividades que pretenden conservar una cosa o restablecerla a un estado en el que pueda desempeñar algún papel necesario. Estas actividades juntan tareas especializadas y de gestión.

Maquinaria: Un grupo de partes o componentes vinculados, relacionadas para una aplicación determinada, dicha equipación recibirá un sistema de transmisión que no sea el poder humano o animal.

Mejora: Un ciclo implica transformarlo para hacerlo más potente, eficaz y versátil; qué cambiar y cómo cambiar se basa en la metodología particular del visionario del negocio y la producción.

Municipalidad: Es la entidad autónoma de la regulación pública, con carácter de lícita y con recursos propios, se dirige institucionalmente al distrito, es importante para el Estado, y se suma a la ejecución de sus fines.



Plan: Es un resumen de pasos con sutilezas de tiempo y recursos, que se utiliza para lograr un objetivo de seguir adelante con algo. En su mayor parte, se percibe como un arreglo transitorio de actividades organizadas, a través de las cuales se busca lograr una meta. Cuanto más organizado y elaborado sea el plan, se obtendrán mejores resultados.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CLASIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo de Investigación

Según Carrasco (2018), la investigación es de tipo aplicada, recoge los recursos necesarios para envolver las carencias y el análisis fundamental, coordina con la información para descubrir partes de las peculiaridades.

3.1.2 Nivel de Investigación

Respecto a ello Hernández *et al.* (2018), indica que la exploración explicativa es la cual busca exponer distintas razones de la situación presentada, tratando de responder de donde parte la peculiaridad y en qué aspectos se visualiza.

3.1.3 Diseño de Investigación

Acorde con Caycho *et al.* (2019), “Hay distintos tipos de diseños, el primero es el diseño experimental, compuesta mediante pruebas previas, análisis completos y cuasi experimentales, el tipo posterior es el diseño no exploratorio, separado en diseños transversales y longitudinales.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

Desde el punto de vista de Caycho *et al.* (2019), indica que “Es un conjunto de unidades que tienen características parecidas, que servirá para un estudio determinado”. La población estará formada por los 30 equipos pesados de la Municipalidad Provincial de Puno.

3.2.2 Muestra

De acuerdo con Caycho *et al.* (2019), “Está conformado por un subconjunto de la población, además posee similares características”. En la presente investigación la muestra será censal, que es igual a la población. En esta investigación la muestra estará compuesta por los 30 equipos pesados de la Municipalidad Provincial de Puno.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 Técnicas e instrumentos de la investigación

Técnicas e instrumentos de la investigación: Desde la óptica de Caycho *et al.* (2019), será a través de encuesta, percepción directa y entrevista. Los instrumentos para la identificación de las reuniones fueron las guías de entrevista y los estudios elaborados a través de encuestas. En cuanto a la interacción ordenada, vale la pena centrarse en que la investigación subjetiva incluye coordinar la información recopilada, convertirla en texto y codificarla. (Kvale, 2012).

Validez: Acorde con Denzin *et al.* (2015), la validez consta de la aprobación y resguardo de expertos en la materia.

Tabla 3: Especialistas evaluadores.

Ítems	Nombres y Apellidos	Cargo
1		
2		
3		

Fuente: SPSS V.26

Confiabilidad: Se realizó el coeficiente alfa de Cronbach con el propósito de evaluar la confiabilidad del elemento. A lo que Denzin *et al.* (2015), expresan que este coeficiente es vital para sustentar la confiabilidad de una investigación.

Método de análisis: Se realizó estadísticas descriptivas; es decir, se compilarán tablas estadísticas, del mismo modo se construirán gráficos de barras, las cuales



analizarán e interpretarán el dato. Por lo mismo, se utilizó el *software* estadístico SPSS versión 26. Los métodos consignados usan la estadística exponencial.

Prueba de normalidad: Se utilizó para confirmar la información que proviene del ejemplo de un modelo específico o circulación de probabilidad, razón por la cual se utilizan pruebas de verificación medibles. Para establecer que el nivel de importancia está por debajo de 0,05, la circulación de la prueba sigue la información y las experiencias a efectuar Denzin *et al.* (2015).

Coefficiente de correlación de Spearman: Se estima como una prueba encargada de examinar la relación entre dos variables. Ambas variables al ser monótonas varían al mismo tiempo, pero a un ritmo distinto.

Tabla 4: Coeficiente de correlación de Spearman.

Valor del coeficiente de correlación de O	Interpretación
0	Ausencia de correlación lineal
0.10 a 0.20	Correlación lineal insignificante
0.20 a 0.40	Correlación lineal baja - leve
0.40 a 0.70	Correlación lineal moderada
0.70 a 0.100	Correlación lineal alta - muy alta

Fuente: Denzin *et al.* (2015)

Nivel de Significancia

Abarca toda estimación mediante la probabilidad en el cual sucedan eventos. Se conoce que el valor p- es inferior al nivel de significancia (α), estimado por 0.05. Lo que importa se estima como realmente crítico, y toda especulación inválida de la prueba puede descartarse.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 INGENIERÍA DEL PROYECTO

Nuestro problema es la baja disponibilidad de la maquinaria pesada, debido a este inconveniente se desarrolló un estudio para detectar las posibles causas del problema.

4.1.1 Diagrama de Ishikawa

Este diagrama nos permitió conocer las causas más relevantes de la baja disponibilidad de los generadores de oxígeno. Para ello se invitó a cuatros trabajadores seleccionados en base a su experiencia y tiempo en la empresa: Analista de soporte técnico, supervisor de maquinaria pesada, y dos técnicos de mayor experiencia y tiempo en la empresa.

- Primero, se halló un espacio vacío para hacer la reunión.
- Segundo, se presentó el tema central de la reunión. El formato que se utilizó para recolectar las ideas fue un mapa mental.
- Tercero, todos los miembros expusieron sus ideas.
- Cuarto, se procedió a realizar un consenso de ideas.
- Quinto, se ordenan las ideas mencionadas.

Se logró identificar cinco causas mediante reportes de fallas, sucediendo todas estas antes de la implementación de una metodología para el mantenimiento.

Tabla 5: Factores de causas de baja disponibilidad.

ITEM	CAUSAS	Cant. Causas	% Causas
1	Mano de obra	8	13%
2	Maquinaria	11	18%
3	Método	34	57%
4	Medio ambiente	2	3%
5	Material	5	8%
Total		60	100%

Elaboración propia

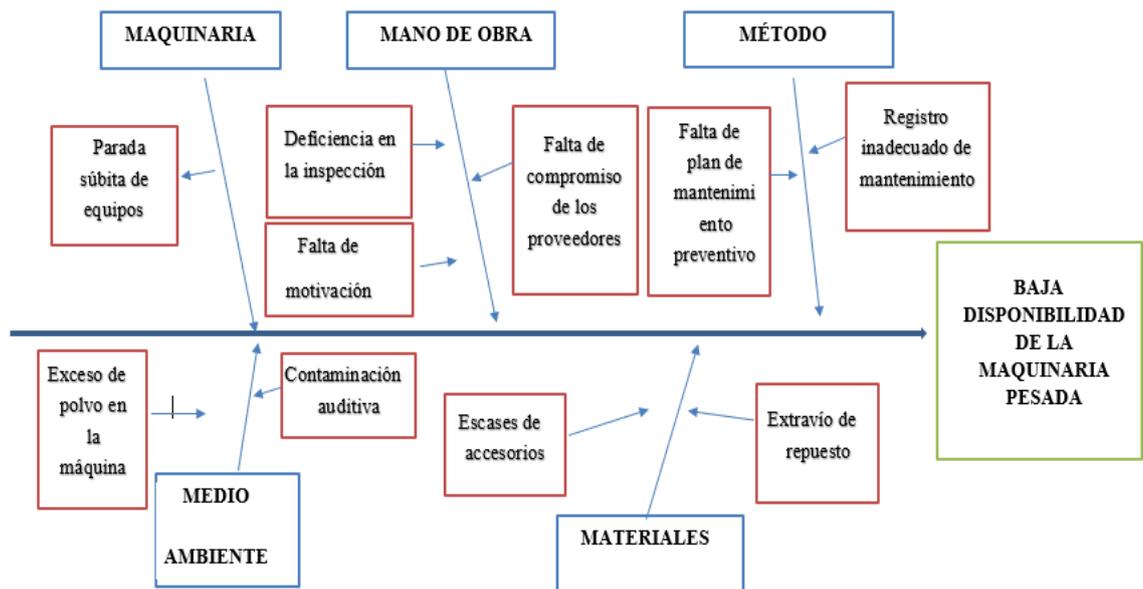


Figura 1: Diagrama de Ishikawa

Elaboración propia

En la Figura 1, se aprecia que existen diez causas principales de la baja disponibilidad de la maquinaria pesada en cinco factores: Mano de obra (13%), maquinaria (18%), método (57%), medio ambiente (3%), y material (8%). El mayor



porcentaje de la causa es por factor de método, ya que carecen de un plan de mantenimiento preventivo y falta de registro adecuado de mantenimiento.

Tabla 6: Frecuencia de las causas de la baja disponibilidad de la maquinaria pesada.

ITEMS	RAZONES	FRECUENCIA	% DE FRECUENCIA	% DE FRECUENCIA ACUMULADA
1	Falta de plan de mantenimiento preventivo.	18	30%	30%
2	Registro inadecuado de mantenimiento.	16	27%	57%
3	Paradas súbitas de equipos.	11	18%	75%
4	Deficiencia en la inspección.	5	8%	83%
5	Escasez de accesorio.	3	5%	88%
6	Extravío de repuesto.	2	3%	92%
7	Falta de motivación del personal.	2	3%	95%
8	Falta de compromiso de los proveedores.	1	2%	97%
9	Desorden en el lugar de trabajo.	1	2%	98%
10	Contaminación auditiva.	1	2%	100%
TOTAL		60	100%	

Elaboración propia

En seguida, obtuvimos un diagnóstico con mayor rigor y precisión, aplicando el diagrama de Pareto.

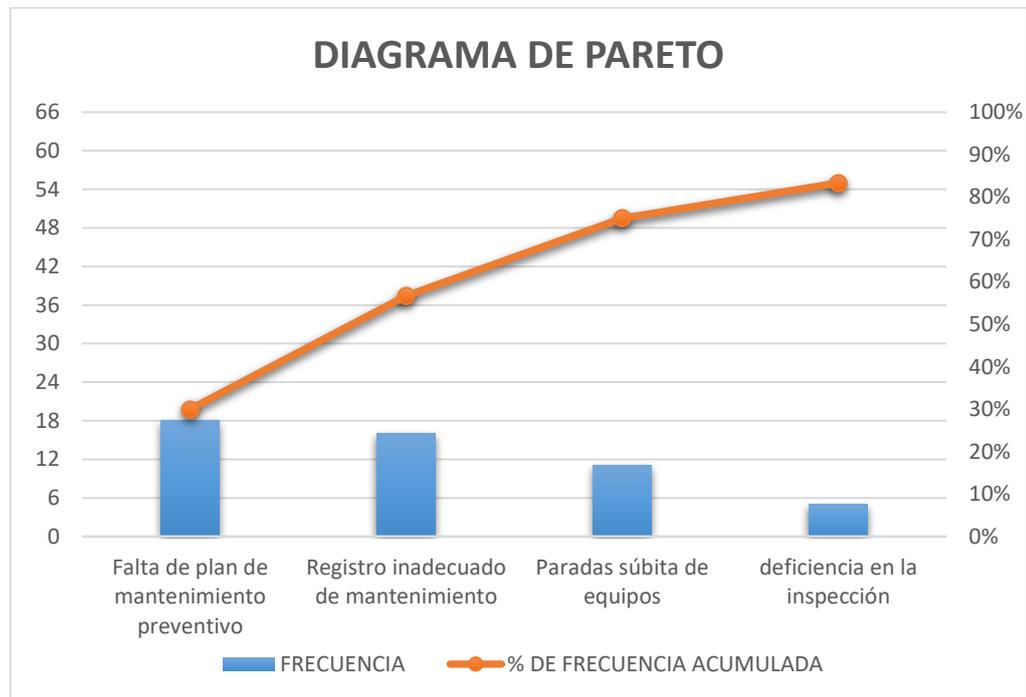


Figura 2: Diagrama de Pareto.

Elaboración propia

En la figura 2, se aprecian los principales factores que provocan la baja disponibilidad de la maquinaria pesada. El más determinante se debe a la falta de un plan de mantenimiento preventivo (30%), seguido por el registro inadecuado de mantenimiento (27%), con un menor porcentaje pero también importante están las paradas súbitas de los equipos (18%), y por último la deficiencia en la etapa de inspección (8%).

4.1.2 Operaciones Principales de Gerencia Mantenimiento

La gerencia de mantenimiento tiene como principal función el suministro de la maquinaria en las diferentes obras de construcción de la provincia de Puno. Seguidamente, se describen los procesos que conforman dicha área.

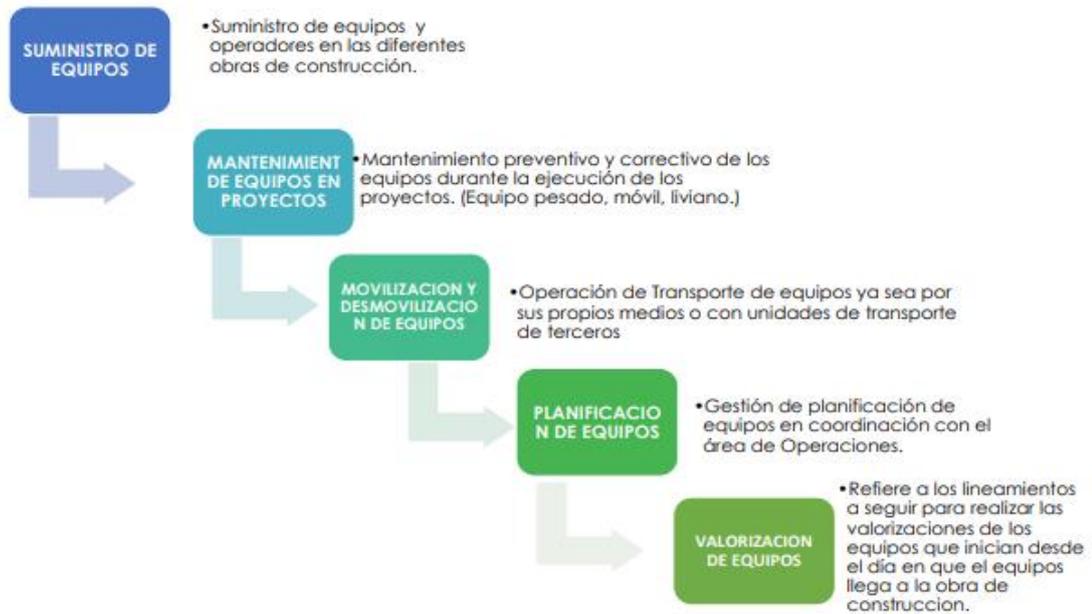


Figura 3: Procesos principales de la Gerencia de Mantenimiento.

Elaboración propia

4.1.3 El Modelo de Negocio de Gerencia de Mantenimiento

Esta área se encarga de suministrar equipos para ser utilizados en obras para el beneficio de la ciudad, además tienen que verificar la disponibilidad de los mismos.

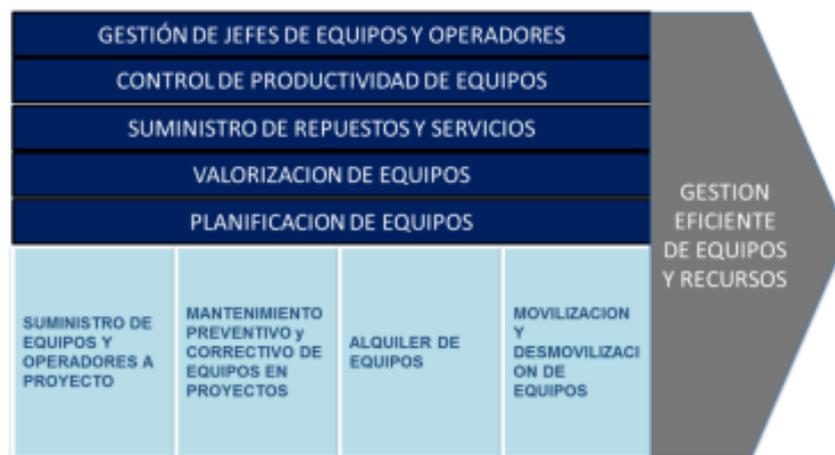


Figura 4: Cadena de Valor.

Fuente: Adaptado de (Duque, 2021)

4.1.4 Gestión de Indicadores de Gerencia de Mantenimiento

La gestión de indicadores del área se realiza de manera semanal. De esta manera se realiza una planificación para las actividades. Estas son definidas de la siguiente manera:



Figura 5: Gestión de Indicadores de Gerencia de Mantenimiento.

Fuente: Adaptado de (Duque, 2021)

4.1.5 Principales Equipos

La figura muestra los principales equipos que operan en las diferentes obras.



Figura 6: Principales Equipos.

Elaboración propia

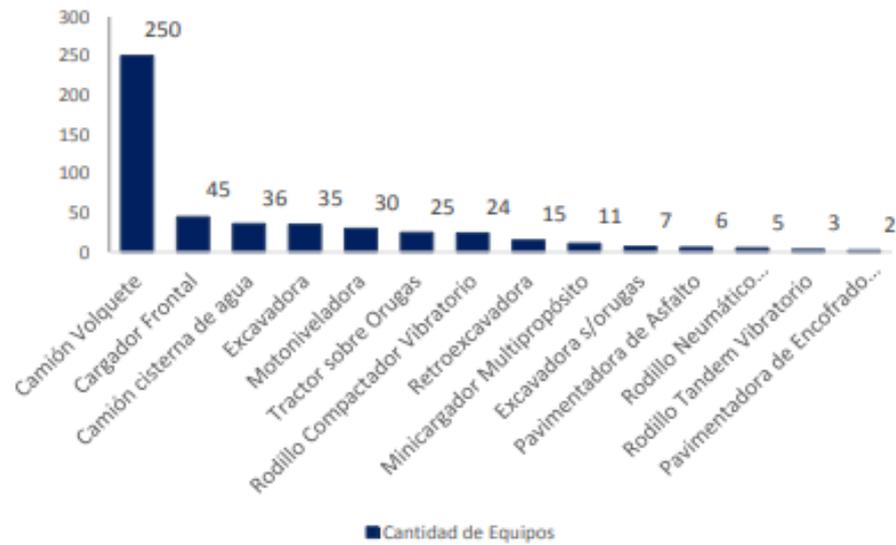


Figura 7: Cantidad de Equipos de Producción y Estratégicos.

Elaboración propia

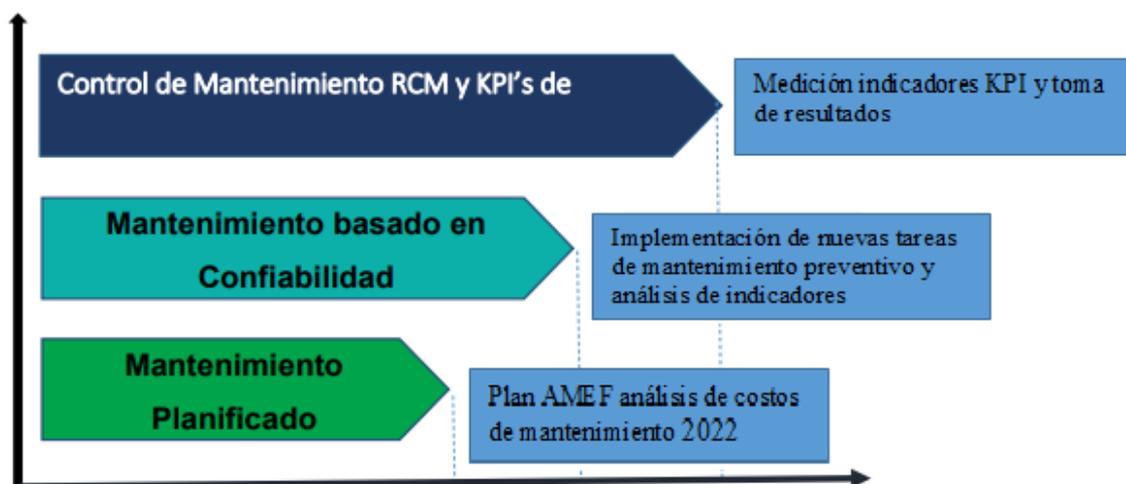


Figura 8: Etapas de Plan Estratégico.

Fuente: Adaptado de (Ordaya, 2020)

La planificación y programación de las gestiones de mantenimiento están definidas por 4 ítems.

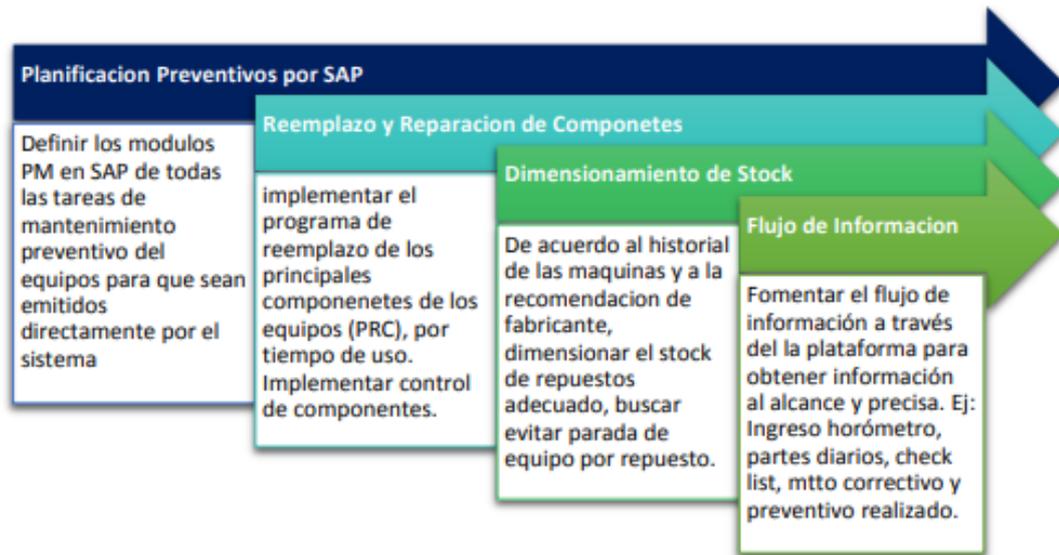


Figura 9: Planificación y Programación de Recursos.

Fuente: Adaptado de (Ordaya, 2020)

Es importante tener el histórico de la información para realizar la comparación, por ende, se muestra a continuación en la Figura 10.

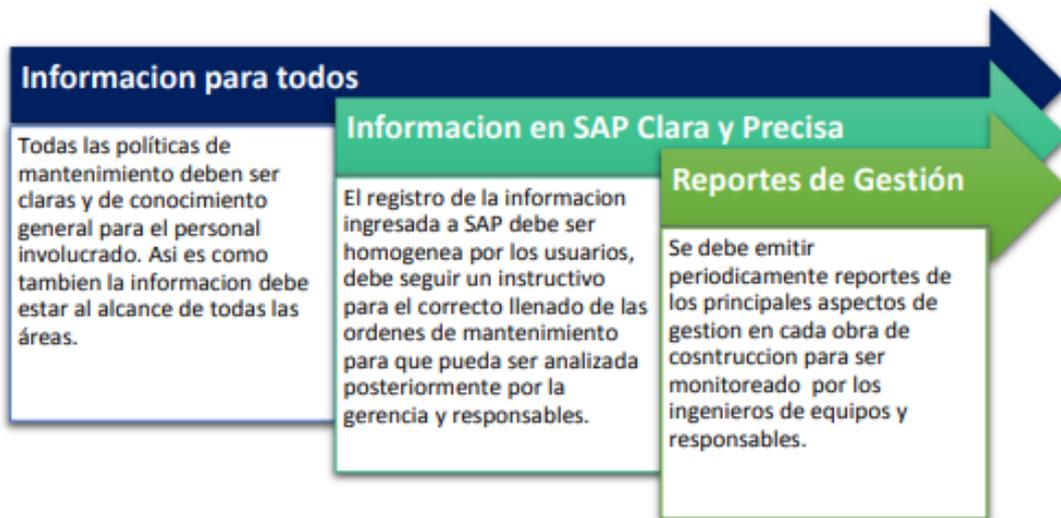


Figura 10: Gestión de Información.

Fuente: Adaptado de (Ordaya, 2020)

4.1.6 Análisis de los resultados de la Investigación

La siguiente tabla describe el AMEF por cada indicador en forma detallada:



Tabla 7: Indicadores de gestión.

Indicadores de gestión				
Objetivo	Indicadores	Metas	Iniciativas	Responsable
Mejorar plan de mantenimiento para el año 2022	Número de tareas implementadas para el nuevo mantenimiento preventivo 2022	Mejorar plan de mantenimiento 2022	Cumplir con los programas de mantenimiento	Supervisor de mantenimiento
Mejorar el tiempo promedio entre fallas	MTBF (Tiempo promedio entre fallas)	\geq a 150 hrs.	Mantenimiento correctivo en menor tiempo posible y realizar seguimiento	Gerente de mantenimiento
Mejorar ratios de costo de mantenimiento de cada hora trabajada del equipo	Ratio de costo de mantenimiento por hora trabajada	Costo de mantenimiento por hora < Tarifa del alquiler del equipo	Revisar los costos mensuales de mantenimiento	Ingeniero de mantenimiento
Aumentar la disponibilidad del equipo	Disponibilidad de equipos KPI (Hrs. Totales de un equipo para producir)	> 90%	Si la disponibilidad es < 90% programar mantenimiento preventivo fuera de las horas de producción	Gerente de mantenimiento

Elaboración propia

Tabla 8: Análisis de Pareto en total de Costo Mantenimiento por Equipo 2022.

Equipo	Flota	Marca	Modelo	Serie	Costo de Mant. (S/.)	Costo total	Pareto (%)
I01-322	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01819	358 147	10.12%	10.12%
I01-38	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01474	307 119	8.68%	18.79%
I01-324	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01940	278 406	7.86%	26.66%
I03-88	TRACTOR SOBRE ORUGAS	CAT	D8T	J8B02998	218 974	6.19%	32.84%
I01-328	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01951	210 656	5.95%	38.79%
I70-22	CHANCADORA SECUNDARIA	METSO	LT200HP s/orug	s00076455	209763	5.93%	44.72%
I01-39	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01523	208 017	5.88%	50.59%
I01-311	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01635	198 515	5.61%	56.20%
I01-327	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01950	164 275	4.64%	60.84%
I70-11	CHANCADORA PRIMARIA	METSO	LT96 s/orug	s00076425	160258	4.53%	65.37%
I01-323	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01818	148 561	4.51%	69.88%
I03-87	TRACTOR SOBRE ORUGAS	CAT	D8T	J8B02995	148507	4.20%	74.08%
I01-320	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01816	139 313	4.19%	78.27%
I70-23	CHANCADORA SECUNDARIA	METSO	LT200HP s/orug	76895	128991	3.94%	82.21%
I04-412	MOTONIVELADORA	CAT	140K	JPA00219	128587	3.64%	85.85%
I03-83	TRACTOR SOBRE ORUGAS	CAT	D8T	J8B02848	127973	3.63%	89.48%
I72-05	ZARANDA MECÁNICA	METSO	ST 4.8 s/orug	76888	123987	3.61%	93.10%
I01-316	EXCAVADORA	DOOSAN	336DL	DHKHEL WOLCOOO	120 327	3.50%	96.60%
I03-621	TRACTOR SOBRE ORUGAS	CAT	D6T FR	PEZ00728	116 865	3.40%	100%
					3 540	100%	
					218		

Elaboración propia

Este es el listado de los equipos que recibieron mantenimiento el año 2022, además del costo del mismo; se realizó el seguimiento de la maquinaria mediante su modelo y serie para verificar su operatividad.

Se realizó una jerarquización de la información de los equipos según su importancia.

Tabla 9: Jerarquización de Equipos.

Nivel	Característica
Críticos	Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa
Importantes	Son aquellos equipos cuya parada , avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles
Prescindibles	Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados, Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia.

Elaboración propia

Tabla 10: Resultado de Flota Crítica.

Equipo	Flota	Marca	Modelo	Serie	Nivel
I01-322	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01819	Crítico
I01-38	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01474	Crítico
I01-324	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01940	Crítico
I03-88	TRACTOR SOBRE ORUGAS	CAT	D8T	J8B02998	Crítico
I01-328	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01951	Crítico
I70-22	CHANCADORA SECUNDARIA	METSO	LT200HP s/orug	s00076455	Crítico
I01-39	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01523	Crítico
I01-311	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01635	Importante
I01-327	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01950	Importante
I70-11	CHANCADORA PRIMARIA	METSO	LT96 s/orug	s00076425	Importante
I01-323	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01818	Importante
I03-87	TRACTOR SOBRE ORUGAS	CAT	D8T	J8B02995	Importante
I01-320	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01816	Importante
I70-23	CHANCADORA SECUNDARIA	METSO	LT200HP s/orug	76895	Prescindible
I04-412	MOTONIVELADORA	CAT	140K	JPA00219	Prescindible
I03-83	TRACTOR SOBRE ORUGAS	CAT	D8T	J8B02848	Prescindible
I72-05	ZARANDA MECÁNICA	METSO	ST 4.8 s/orug	76888	Prescindible
I01-316	EXCAVADORA	DOOSAN	336DL	DHKHEL WOLCOOO	Prescindible
I03-621	TRACTOR SOBRE ORUGAS	CAT	D6T FR	PEZ00728	Prescindible

Elaboración propia



La siguiente tabla nos indica una lista de los equipos a analizar con la descripción respectiva para su identificación. 11 equipos fueron utilizados en las diferentes tareas de la entidad, se realizará un análisis de sus costos de mantenimiento, fallas más ocurrentes, y valorización por equipo.

Tabla 11: Descripción de Equipos.

Equipo	Flota	Marca	Modelo	Serie	HR actual 2022
I01-322	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T011819	11,675
I01-38	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01474	8.873
I01-324	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01940	10.581
I01-328	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01951	9.364
I01-39	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01523	9.084
I01-311	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01635	8.238
I01-327	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01950	9.445
I01-323	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01818	9.699
I01-320	EXCAVADORA	CAT	336DL	M4T01816	10.578
I01-316	EXCAVADORA	DOOSAN	336DL	DHKHELWOLC01	8.571

Elaboración propia

De todas las maquinarias de la entidad, se seleccionaron para el monitoreo estos 11 equipos debido a que son los que más fallas y paradas presentan, identificando el componente específico que sufrió la avería.

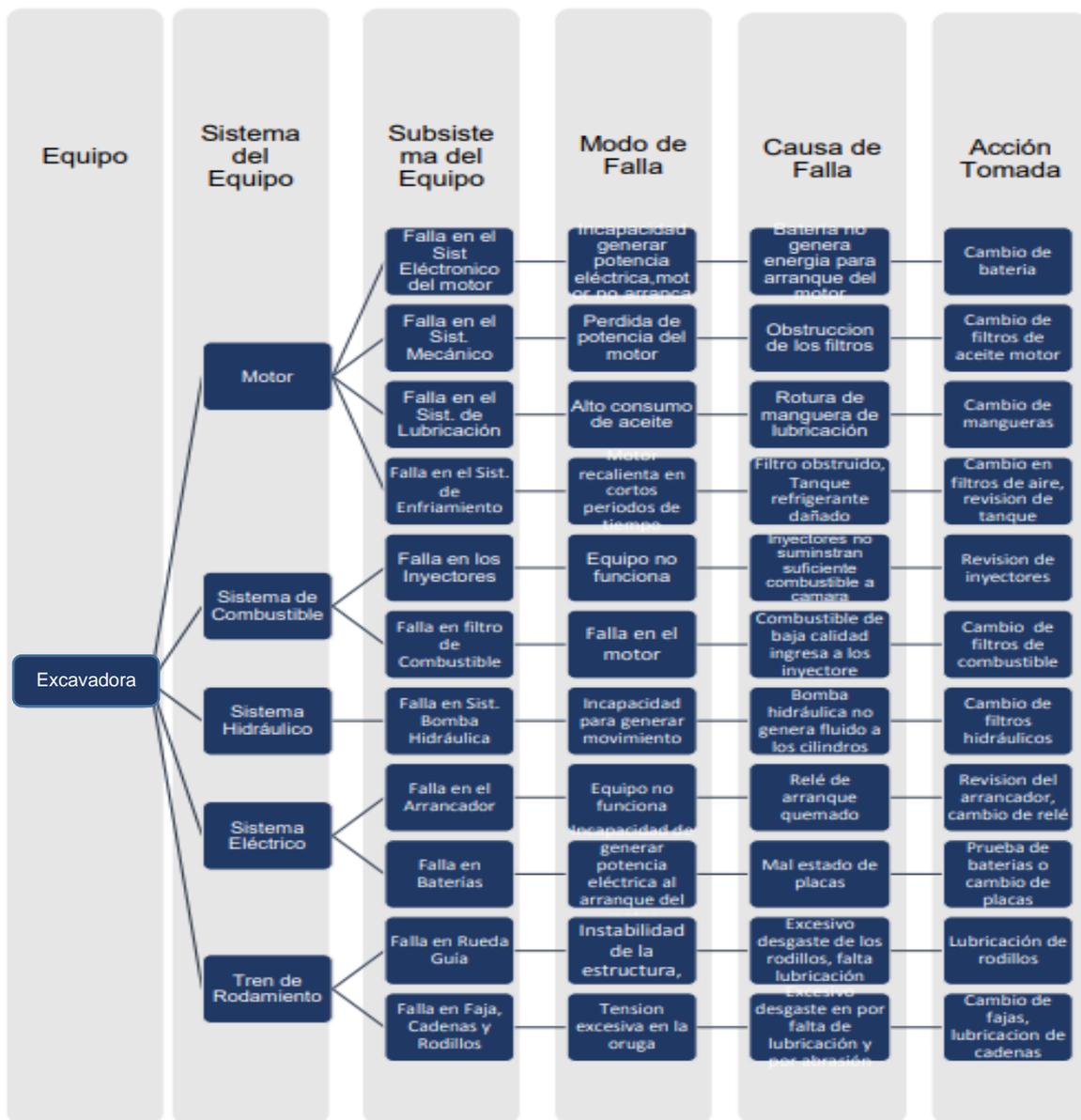


Figura 11: Diagrama AMEF de Excavadoras Caterpillar 336DL.

Elaboración propia

4.2 RESULTADOS DE LOS OBJETIVOS

4.2.1 Objetivo específico 1

Analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMEF mejora la confiabilidad de maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno, 2022.

Identificar las tareas basadas en confiabilidad AMEF.

Se analizó e identificó las actividades que se deben realizar basada en la metodología AMEF.



Figura 12:Excavadora 336D Caterpillar.

Fuente: “Ferreyros”. <https://static.ferreyros.com.pe>

Excavadora 336D Caterpillar, la cual brinda servicio a la Municipalidad Provincial de Puno. Las fallas frecuentes ocurren durante la remoción de tierra, se producen paradas en forma constante originadas por el motor y las orugas.

Tabla 12: Rango de severidad.

Rango de severidad		
Efecto	Rango	Criterio
Ninguno	1	Sin efecto
Muy poco	2	Muy poco efecto en el desempeño del equipo
Poco	3	Poco efecto en el desempeño del equipo
Menor	4	Efecto menor en el desempeño del equipo
Moderado	5	Efecto moderado en la productividad del equipo
Significativo	6	Efecto significativo en la productividad del equipo
Mayor seriamente	7	El desempeño del artículo se ve afectado, pero es funcional de baja productividad
Extremo inoperable	8	Equipo opera a un 60%, afecta la operación
Serio riesgo de tiempo	9	Efecto de peligro potencial capaz de discontinuar el equipo, opera al 30%
Efecto peligroso, inoperable	10	Falla repentina, equipo inoperativo

Elaboración propia

Tabla 13: Rango de ocurrencia.

Rango de ocurrencia		
Efecto	Rango	Criterio
Remota	1	Falla improbable
Muy poco	2	Falla aislada por mal manejo de equipo
Poco	3	Falla asociada con el desgaste
Moderado	4,5,6	Fallas ocasionales
Alto	7,8	Fallas recurrentes
Muy alto	9,10	Fallas inevitables

Elaboración propia

Tabla 14: Rango de dirección.

Rango de dirección		
Efecto	Rango	Criterio
Muy visible	1,2	Detectado en la inspección rutinaria
Visible	3,4	Detectado en la inspección preventiva
Moderado	5,6	Detectado en campo
Poco visible	7,8	Detectado en medio de la operación
No visible	9,10	No detectable

Elaboración propia

Tabla 15: Fallas del sistema hidráulico.

Componente	Ocurrencia	Acumulado (%)	%
Mangueras	219	72.80%	72.80%
Cilindros	37	85.05%	12.30%
Swivel	25	93.36%	8.30%
Bomba Hidráulica	15	98.34%	5.00%
Sellos	4	99.67%	1.30%
Tanque Hidráulico	1	100.00%	0.30%
Total	301		100.00%

Elaboración propia

Tabla 16: Fallas del sistema de implementos.

Componente	Ocurrencia	Acumulado (%)	%
Cucharon	100	43.30%	43.30%
Pernos de cantonera	72	74.46%	31.20%
Adaptador	49	95.67%	21.20%
Cantoneras	10	100.00%	4.30%
Total	231		100.00%

Elaboración propia

Tabla 17: Fallas del sistema eléctrico.

Componente	Ocurrencia	Acumulado (%)	%
Focos, faro, y otros	66	61.70%	61.70%
Arrancador	12	72.90%	11.20%
Batería	11	83.18%	10.30%
Alternador	7	89.72%	6.50%
Fusibles	4	93.46%	3.70%
Switch	3	96.26%	2.80%
Sensor	2	98.13%	1.90%
ECM	1	99.07%	0.90%
Harness	1	100.00%	0.90%
Total	107		100.00%

Elaboración propia

Tabla 18: Fallas del sistema de motor.

Componente	Ocurrencia	Acumulado (%)	%
Inyectores	30	22.90%	22.90%
Bomba de aceite motor	27	43.51%	21.60%
Tanque combustible	15	54.96%	20.50%
Manguera	11	63.36%	15.40%
Turbocompresor	8	69.47%	2.10%
Radiador	9	75.57%	2.10%
Tapa de radiador	7	80.92%	5.30%
Otros	25	100.00%	19.10%
Total	132		100.00%

Elaboración propia

Tabla 19: Porcentaje de ocurrencias del sistema.

Componente	Ocurrencia	%
Hidráulico	301	25.00%
Implementos	231	27.00%
Motor	131	15.30%
Eléctrico	107	12.00%
Tren de rodamiento	103	12.00%
Chasis	101	11.80%
Tren de fuerza	16	1.90%
Total	990	100.00%

Elaboración propia

Tabla 20: Registro de fallas de la Excavadora 336D Caterpillar.

Equipo	Sistema	Subsistemas de Modo Potencial de Falla	Severidad	Efecto(s) Potencia (es) de Falla	Ocurrencia	Causa Potencial de Falla	Detección	RPN	Cantidad de fallas	Tiempo de fallas en horas
Excavadora 336D CATERPILLAR	Motor	Falla en el Sistema Eléctrico del motor	10	Incapacidad general potencia eléctrica motor no arranca	3	Batería no genera energía para arranque del motor	5	150	1	24
		Falla en el Sistema	9	Pérdida de potencia del motor	7	Obstrucción de los filtros del motor	8	504	1	24
		Falla en el Tubo compresor	6	Perdida de potencia del motor	4	Perdida de potencia en el motor	2	48	1	24
		Falla en Bomba de motor	9	Perdida de potencia del motor	6	Perdida de potencia en el motor	8	432	1	24
		Falla en el Sistema Lubricación	4	Alto consumo	7	Rotura de manguera de lubricación	5	140	1	24
		Falla en el Sistema Enfriamiento	8	Motor recalienta en cortos periodos de tiempo	7	Filtro obstruido, tanque refrigerante dañado	8	448	1	24
	Sistema de Combustible	Falla en los inyectores	8	Equipo no funciona	9	Inyectores no suministra suficiente combustible a cámara	7	504	1	12
		Tanque de Combustible dañado	5	Motor no arranca	4	Fisura en el tanque	7	140	1	8
		Falla en los filtros de Combustible	8	Motor recalienta y baja potencia	10	Obstrucción de los filtros. Combustible de baja calidad ingresa a los inyectores	6	480	1	8
	Sistema Hidráulico	Manguera dañada	10	Incapacidad para generar movimiento. Alto consumo de aceite	10	Rotura de manguera de lubricación	8	800	1	4
		Falla en el Cilindro	7	La pluma de la excavadora no funciona	9	Ralladura en el vástago	7	441	1	4
		Falla Swivel	5	Pérdida de movimiento giratorio	5	Golpe	5	125	1	4
		Falla en la Bomba Hidráulica	10	Incapacidad para generar movimiento.	4	Bomba Hidráulica no genera fluido a los cilindros	2	80	1	12
		Sello Dañado	6	Fuga de aceite	3	Mal armado del sello	3	54	1	12



	Tanque dañado	6	Incapacidad para generar movimiento	1	Fisura en el tanque	2	12		
Sistema Eléctrico	Falla de foco, faros y otros	5	Iluminación	10	Vibración y uso	8	400	1	4
	Falla en el arrancador	10	Equipo no funciona	9	Relé de arranque quemado	8	720	1	4
	Fallan las Baterías	5	Incapacidad de generar potencia eléctrica al arranque del motor	8	Mal estado de placas	6	240		1 4
	Falla en Alternador	6	Incapacidad generar potencia, equipo no arranca	5	Desgaste, uso. Bobinado no genera energía	4	120		1 8
	Daño de fusibles y switch	4	Equipo no prende	4	Vibración, uso	5	80		
	Daño de Sensor de brazo	4	No funciona la señal de emergencia en caso de proximidad	2	Falta de limpieza o vibración	5	40		
		Daño en el cucharón	5	Incapacidad de operar	8	Impacto	9	360	
Implementos	Daño en los pernos de cantonera	4	Cantonera genera un desgaste acelerado en el cucharón	5	Impacto	8	160		
	Falla del Adapter	3	Adaptar genera un desgaste acelerado en el cucharón	3	Impacto	7	63		1 8
	Daño a Cantoneras	1	Cantonera genera un desgaste acelerado en el cucharón	1	Impacto	7	7		
		Falla en la Rueda Guía	3	Inestabilidad de la estructura	4	Excesivo desgaste de los rodillos falta lubricación	7	84	
Tren de Rodamiento	Falla en las Fajas, Cadenas y Rodillo	2	Tensión excesiva en la oruga	3	Excesivo desgaste por falta de lubricación y por abrasión	8	48		1 8
TOTAL								18	232

Elaboración propia

Selección de Equipos Críticos pertenecientes Excavadora 336D

CATERPILLAR

Para realizar la elección de los equipos críticos se empleó el diagrama de Pareto, en el que se consideró como dato fundamental las incidencias de fallas. Cabe recalcar que el 80% de tiempos de reparación fueron en consecuencia de fallas que no fueron programadas.

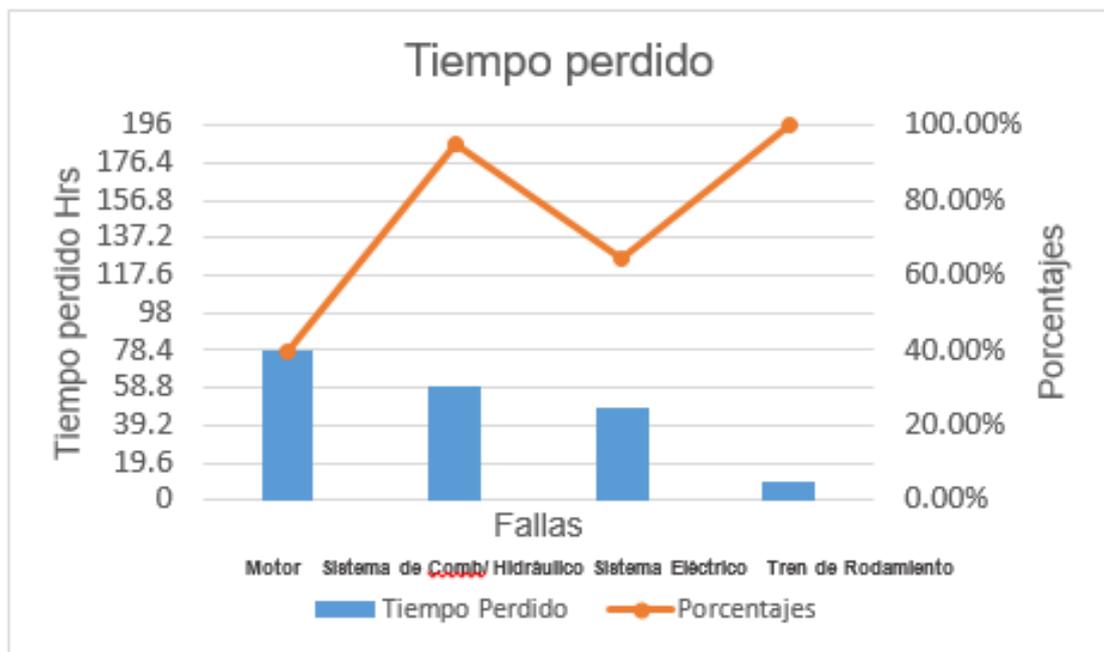


Figura 13: Diagrama de Pareto en relación al tiempo perdido.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 21 obtenemos que al 60%, hay un total de 232 horas perdidas por hombre.



Tabla 21: Análisis del Diagrama de Pareto.

	TIEMPO PERDIDO/HRS. HOMBRE	%	ACUMULADO	%
MOTOR	144	0.39795918	78	39.80%
SISTEMA COMB/HIDRAULICO	40	0.30612245	186	94.90%
SISTEMA ELECTRICO	28	0.24489796	126	64.29%
TREN DE RODAMIENTO	20	0.05102041	196	100.00%
TOTAL	232	100.00%		

Elaboración propia

4.2.2 Diseño

Para realizar el plan de mantenimiento, observamos y analizamos las necesidades de la entidad y sus prioridades.

Tabla 22: Plan de Mantenimiento General.

PM	Plan de mantenimiento
PM1	Intervalo de 250 horas, cambios de aceite del motor
PM2	Intervalo de 500 horas, cambios de aceite del motor, sellos filtros
PM3	Intervalo de 1000 horas, reemplazo de filtro de aceite de motor , aire, combustible
PM4	Intervalo de 2000 horas, filtros y sellos anulares

Elaboración propia.



Tabla 23: Ciclos de Mantenimiento de Excavadora 336D CATERPILLAR.

Mantenimiento				Equipo: Excavadora 336D CATERPILLAR							
Fecha				25/08/2225/10/22 25/12/2225/02/2325/04/23							
Tipo de Mantenimiento				PM1	PM2	PM3			PM4		
Horas de servicio				250	500	750	1 000	1 250	1 500	1 750	2 000
Horas estimadas Reales				12 000	12 287	12 574	12 861	13 148	13 435	13 722	14 009
Descripción	Código	N# de parte	Cantidad								
Filtros de Aire	FA-001	E-5682P 1		X							
Aceite de Transmisión	15W-40	BT-9572 15 GLNS		X	X	X	X	X			X
Filtro de combustible	FC-002	X-P076 1		X							
Nivel de refrigerante	NR-041	093-75 10		X				X			
Separador de agua/ combustible	SA/C-004	61-2503 1		X		X		X			
Filtro de transmisión	FT-008	A-V238 1		X		X		X			X
Aceite hidráulicos y malquerías	EC/H/M-020	Y-3096 25 GLNS		X		X		X			X
Nivel de la batería	NB	NB-02 1		X				X			X
Calibración de inyectores	CI-0014										
Calibración de válvulas de admisión	CVA-0010										
Calibración de válvulas de escape	CVE-0011										

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Organización del Taller

Jefe del taller: Es el coordinador responsable del funcionamiento de los equipos y su disponibilidad inmediata, para que puedan ser emplearlos según el área usuaria lo disponga.

DATOS GENERALES		
NOMBRE:	ÁREA:	EQUIPO:
JEFE DE MANTENIMIENTO	EQUIPO PESADO	PLANTA
EJERCE LÍNEA DE AUTORIDAD SOBRE:	ASISTENTE , MECÁNICOS, ELECTRICISTA, AUTOMOTRIZ, OPERADORES DE MAQUINARIA PESADA	
OBJETIVO		
Reportar y resolver los trabajos de mantenimiento; problemas en los equipos, para que estos estén operativos para el cumplimiento de los trabajos asignados en planta. Instrucción y operación en los equipos con los operarios.		
FUNCIONES		
1	Supervisión de los trabajos de mantenimiento	
2	Asignación a los operarios en los equipos	
3	Reporte de los trabajos y horas trabajadas	
4	Monitoreo según horas de trabajo	
5	Distribución de equipos según trabajos a realizarse	
6	Monitoreo por kilómetro recorrido a las unidades	
7	Registro del consumo de combustible	
9	Resolver problemas y/o fallas en los equipos	
10	Solicitud del requerimiento de insumos para el mantenimiento de los equipos	
11	Programación de trabajos diarios en taller y de los equipos	
12	Registro de trabajos en taller	
13	Dar cumplimiento a los reglamentos de seguridad.	
RESPONSABILIDADES		
Elaborado por:		
Verificado por:		
Aprobado por:		

Figura 14: Funciones del Jefe del taller.

Elaboración propia

Mecánicos: Su función es la de reparar los equipos para que puedan cumplir el control de calidad.

DATOS GENERALES		
NOMBRE:	ÁREA:	UNIDAD:
MECANICO EQUIPO PESADO	EQUIPO PESADO	PLANTA
EJERCE LÍNEA DE AUTORIDAD SOBRE:	ASISTENTE MECÁNICOS, ELECTRICISTA AUTOMOTRIZ, OPERADOR	
OBJETIVO		
Reportar y resolver los trabajos de mantenimiento; problemas en los equipos.		
FUNCIONES		
1	Realiza el mantenimiento	
2	Resuelve problemas que se presentan	
3	Monitorea a los equipos	
4	Informa el estado de los equipos	
5	Registra componentes e insumos a requerir	
6	Mantiene el orden y limpieza en el área de trabajo.	
7	Ejecutar los programas de Mantenimiento preventivos de los equipos, en coordinación con el Jefe de Mantenimiento	
RESPONSABILIDADES		
De una descripción de sus trabajos anteriores:		
Nivel educativo; Técnico mecánico de equipos pesados		

Figura 15: Funciones del Mecánico.

Elaboración propia

Operadores: Son encargados de revisar los equipos en el área de mantenimiento de la entidad, para así poder disponer de ellos.

DATOS GENERALES		
NOMBRE:	ÁREA:	UNIDAD:
OPERADORES DE CARGA	EQUIPO PESADO	PLANTA
EJERCE LÍNEA DE AUTORIDAD SOBRE:	JEFE DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO	
OBJETIVO		
Velar por el buen funcionamiento y operatividad de los equipos pesados de la Unidad		
FUNCIONES		
1	Realiza la conducción y operación en los equipos	
2	Realiza el check- list.	
3	Engrasa los pines y bocinas	
4	Reporta deficiencias en los equipos	
5	Realiza los trabajos de movimiento de tierra con los equipos.	
6	Realiza diferentes trabajos solicitados en las demás áreas	
7	Mantiene el orden y la limpieza en el área de trabajo.	
RESPONSABILIDADES		
De una descripción de sus trabajos anteriores:		
<p>Nivel educativo: Constancia y/o Certificado de Operador De Equipo Pesado Teórico</p>		

Figura 16: Formato Operador de Carga.

Elaboración propia

El taller: Es el lugar donde se realizan las reparaciones y mantenimiento de los equipos.

Tabla 24: Comparación de tareas versus AMEF.

Pre identificar las tareas	Post identificar las tareas basadas en AMEF
Existía una lista de completa de los equipos, pero no había una lista de los equipos con necesidad de mantenimiento. No se tenía un registro de fallas por equipo	Se creó una tabla con los equipos que presentan fallas
No se tenía un registro de fallas por equipo	Se creó un resgistro de fallas por equipo, para darles mantenimiento
En la MPP la mantenibilidad era sólo para la reparación, a consecuencia de fallas que no fueron programadas	Se obtuvo un incremento del 20% en la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos
Sólo se atendía por indicencia, mientras llegaban los equipos a reparación	Se diseñó un diagrama de actividades para la organización de la MPP
No se contaban con formatos de atención por equipo	Se desarrollaron formatos de actividades, Jefe de taller, mecánicos y operadores

Elaboración propia

Detectar los KPI para la medición de la Confiabilidad Operacional de la Maquinaria

Los KPI cumplen con las siguientes características:

- Los KPI permiten alcanzar los objetivos de la organización.
- Los procesos serán mucho más rápidos y sencillos.
- Nos permite realizar una comparación sobre las mejoras.
- Identifica los posibles errores y los corrige.
- Mejora continua de los procesos.



Figura 17: Tiempos en Producción.

Fuente: Tomado de Miguel Gómez Yáñez

4.2.4 Disponibilidad Mecánica

Este indicador de mantenimiento se basa en las horas trabajadas o efectivas en función a las horas programadas o planificadas durante el día, semana o mes, de acuerdo el análisis que se efectúe.

$$DM (\%) = \frac{\text{Horas Trabajadas}}{\text{Horas Programadas}}$$

La Disponibilidad Mecánica por mes es del 92%, tomándolas en horas programadas de 10 horas por turno.

4.2.5 Utilización

La investigación nos demostró, que la utilización de la Excavadora 336D CATERPILLAR alcanza un 90% de disponibilidad, teniendo en cuenta los retrasos operativos.

4.2.6 Indicador de Consumo de Combustible por Hora

Este indicador nos permite ver el consumo de Combustible de la Excavadora 336D CATERPILLAR, por Hora efectiva o Trabajada, sin embargo esto depende de la utilización del equipo, tratando de minimizar los tiempos muertos.

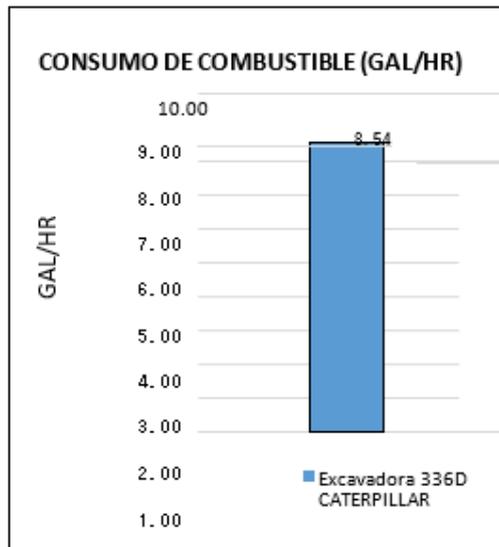


Figura 18: Consumo de Combustible.

Elaboración propia

4.2.7 Determinación de la Situación de la Excavadora 336D CATERPILLAR

Tabla 25: Excavadora 336D CATERPILLAR.

Máquina	Situación	
Excavadora 336D CATERPILLAR	Pt:	10
	Po:	10
	Pm:	6
	Pdo:	2

Elaboración propia

Donde:

Pt: Flota total.

Po: Flota en operación.

Pm: Flota en mantenimiento.

Pdo: Flota en demoras operacionales.

4.2.8 Determinación de los Tiempos Promedios y de los Indicadores Clave de Desempeño (KPIS) de la Excavadora 336D CATERPILLAR

Para hallar el tiempo promedio entre fallas, empleamos la ecuación:

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo total de horas en operación de la Excavadora 336D CATERPILLAR}}{\text{Cantidad de fallas}}$$



Tabla 26: Cálculo del MTTF para Motor de la Excavadora 336D CATERPILLAR.

Motor	
MTTF	38.6
Tiempo total en horas de paro de la Excavadora 336D CATERPILLAR	144
Cantidad de fallas	6

Elaboración propia

Tabla 27: Cálculo del MTTF para el Sistema Hidráulico y Combustible de la Excavadora 336D CATERPILLAR.

Sistema Hidráulico / Combustible	
MTTF	46.4
Tiempo total en horas de paro de la Excavadora 336D CATERPILLAR	40
Cantidad de Fallas	5

Elaboración propia

Tabla 28: Cálculo del MTTF para el sistema eléctrico de la Excavadora 336D CATERPILLAR.

Sistema eléctrico	
MTTF	58
Tiempo total en horas de paro de la Excavadora 336D CATERPILLAR	20
Cantidad de fallas	5

Elaboración propia

Tabla 29: Cálculo del MTTF para el tren de rodamiento de la Excavadora 336D

CATERPILLAR.

Tren de rodamiento	
MTTF	116
Tiempo total en horas de paro de la Excavadora 336D CATERPILLAR	20
Cantidad de fallas	2

Elaboración propia

Tabla 30: Cuadro Resumen de la Confiabilidad de la Excavadora 336D

CATERPILLAR.

Confiabilidad de la Excavadora 336D CATERPILLAR				
Parte	Tiempo total de producción de 6 meses	Tiempo de Paros en Horas	Cantidad de fallas	MTTF
Motor		144	6	38,6
Sistema hidráulico/combustible	232	40	5	46,4
Sistema eléctrico		28	5	58
Tren de rodamiento		20	2	116
Total		232	18	259

Elaboración propia

La tabla muestra el Resumen de la Confiabilidad de la Excavadora 336D CATERPILLAR, que fue sometido al plan de mantenimiento preventivo.

4.2.9 Tiempo Medio de Reparación (MTTR) o Mantenibilidad

Para encontrar se emplea la siguiente ecuación:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo para la restauración por cada equipo}}{\text{Cantidad de fallas}}$$

De la tabla podemos visualizar el tiempo medio de reparación de cada parte que ha sido considerada crítica.

Tabla 31: Cuadro Resumen de la Mantenibilidad de la Excavadora 336D

CATERPILLAR.

Parte	Cantidad de fallas	Tiempo de restauración por cada equipo	MTTR
Motor	6	38,6	6.4
Sistema hidráulico y combustible	5	46,4	9.28
Sistema eléctrico	5	58	11,6
Tren de rodamiento	2	116	58
Total	18	259	85,28

Elaboración propia

4.2.10 Porcentaje de Disponibilidad Operativa

De los datos encontrados se realizó la siguiente tabla cantidad, la cual clasificamos en cantidad de fallas y tiempo de inactividad.

Tabla 32: Datos obtenidos de la cantidad de fallas totales y el tiempo de inactividad total de cada equipo crítico.

Parte	Cantidad de Fallas	Tiempo de inactividad total
Motor	6	38,6
Sistema hidráulico y combustible	5	46,4
Sistema eléctrico	5	58
Tren de rodamiento	2	116
Total	18	259

Elaboración propia

Tabla 33: Cálculo del tiempo total de operación.

Tiempo total de operación en horas durante el periodo de observación	1440
Horas de operación en el día	9
Periodo de Observación (6 meses) en días	259

Elaboración propia

Para realizar el cálculo del porcentaje de la disponibilidad operativa se emplea la ecuación:

$$\% \text{ Disponibilidad operativa} = \frac{\text{Tiempo total de operación} - \text{tiempo de inactividad total}}{\text{Tiempo total de operación}}$$

Reemplazando se obtiene:

$$\begin{aligned}\% \text{ Disponibilidad operativa} &= \frac{1440 - 259}{1440} \\ \% \text{ Disponibilidad operativa} &= 82\%\end{aligned}$$

4.2.11 Cronograma del Plan de Mantenimiento Preventivo

Haciendo uso de los anteriores cálculos y resultados, se efectuó el cronograma de mantenimiento preventivo en un periodo de 6 meses para el año 2022.

4.2.12 Nuevo Porcentaje de Disponibilidad Operativa

Para este cálculo se tomaron los datos que se presentan en la tabla 34.

Tabla 34: Datos para hallar el % de la Disponibilidad Operativa.

Tiempo operativo total	1440
Tiempo total inoperativo	82

Elaboración propia

Para hallar la Disponibilidad Operativa se utiliza la ecuación:

$$D = \frac{\text{Tiempo operativo total} - \text{tiempo total inoperativo}}{\text{Tiempo total operativo}} \times 100$$

$$D = \frac{1440 - 82}{1440} \times 100 = 94\%$$

4.2.13 Objetivo específico 2

Analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMEF aumenta el periodo de mantenibilidad de maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno.

Proyección del porcentaje de la disponibilidad de maquinaria pesada aplicando la metodología AMEF.

Se emplea la siguiente fórmula:

$$y = a + bx$$

Tabla 35: Disponibilidad Histórica.

Año	Disponibilidad
2022-1	82%
2022-2	94%

Elaboración propia

Tabla 36: Proyección con el Método de Regresión Lineal.

Año	Y	X	XY	X ²
2022-1	0,82	-1	-0,82	1
2022-2	0,94	1	0,94	1
N	Sumatoria Y	Sumatorio X	Sumatorio XY	Sumatoria X ²
2	1,76	0,00	0,12	2

Elaboración propia

Por último, se halló a y b para elaborar la proyección de la disponibilidad de los equipos en los periodos 2023-1 y 2023-2.

$$a = \frac{\text{Sumatoria Y}}{N} = \frac{1,76}{2} = 0,88$$
$$b = \frac{\text{Sumatorio XY}}{\text{Sumatorio X}^2} = \frac{0,12}{2} = 0,06$$

$$y = 0,88 + 0,06(2,5) = 0,98 = 103\%$$

$$y = 0,88 + 0,06(3) = 1 = 106\%$$

Tabla 37: Disponibilidad Proyectada.

Nº	Año	Disponibilidad proyectada
1	2022-1	82%
2	2022-2	94%
3	2023-1	103%
4	2023-2	106%

Elaboración propia

En la tabla 37 podemos visualizar que va incrementando satisfactoriamente el porcentaje de la disponibilidad proyectada.



4.2.14 Cálculo de la Producción antes, después y proyección del PMP con AMEF

Para obtener la Productividad antes del Plan de Mantenimiento Preventivo se emplea la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Prod. antes del plan} &= \frac{\text{Disponibilidad del equipo antes del plan} \times \text{Producción máxima de medio año}}{\text{Disponibilidad máxima de los equipos}} \\ &= \frac{82 \% \times 5}{100\%} = 4,1 \end{aligned}$$

Para hallar la productividad después del Plan de Mantenimiento Preventivo se emplea la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Prod. después del pl} &= \frac{\text{Disponibilidad del equipo después del plan} \times \text{Producción máxima de medio año}}{\text{Disponibilidad máxima de los equipos}} \\ &= \frac{94 \% \times 5}{100\%} = 4,7 \end{aligned}$$

Para hallar las Productividades Proyectadas se emplea la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Prod. proyecta} &= \frac{\text{Disponibilidad del equipo proyectado} \times \text{Producción máxima de medio año}}{\text{Disponibilidad máxima de los equipos}} \\ &= \frac{103 \% \times 5}{100\%} = 5,15 \\ &= \frac{106 \% \times 5}{100\%} = 5,3 \end{aligned}$$

4.2.15 Cálculo de la Eficiencia antes y después del PMP con AMEF

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia} &= \frac{\text{Total horas de producción de 6 meses} - \text{Tiempo de inactividad total}}{\text{Total horas de producción de 6 meses}} \\ &= \frac{1440 - 259}{1440} = 0,82 \\ &= \frac{1440 - 85.28}{1440} = 0,94 \end{aligned}$$



4.2.16 Cálculo de la Eficacia antes y después del PMP con AMEF

Se emplea la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Eficacia antes PMP} &= \frac{\text{Lo que se llegó a producir} \times 100}{\text{Lo que esperaba producir}} \\ &= \frac{5,15 \times 100}{5} = 103 \\ &= \frac{5,3 \times 100}{5} = 106 \end{aligned}$$

4.2.17 Cálculo de la Productividad antes, después y durante la proyección del PMP con AMEF

Para hallar la productividad antes y después del plan de mantenimiento utilizamos la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Productividad} &= \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia} \\ &= 0,82 \times 103 = 84,4 \\ &= 0,94 \times 106 = 99,6 \end{aligned}$$

4.2.18 Evaluación Económica

Para conocer la viabilidad del proyecto se analizan los datos recogidos en un flujo de caja económico y financiero, tomando en cuenta los indicadores económicos con los que se evaluará si es rentable realizar el proyecto, para ello se hará uso del valor actual neto, la tasa de rentabilidad y el beneficio costo que hace mención a cuanto ganaremos por cada dólar invertido.

Se presenta el tarifario de mantenimiento expresado en dólares, de las 10 excavadoras utilizadas para el desarrollo del proyecto en la Municipalidad Provincial de Puno, en el periodo 2022.

Tabla 38: Tarifa de Excavadora modelo 336DL.

Tarifa Excavadora Modelo 336DL			TC = 3,82
Código Equipo	Nombre	Tarifa de mantenimientos S/.	\$USD
I01-322	EXCAVADORA	358 147	9 488
I01-38	EXCAVADORA	307 119	6 979
I01-324	EXCAVADORA	278 406	5 728
I01-328	EXCAVADORA	210 656	3 281
I01-39	EXCAVADORA	208 017	3 202
I01-311	EXCAVADORA	198 515	2 915
I01-327	EXCAVADORA	164 275	1 995
I01-323	EXCAVADORA	148 561	1 754
I01-320	EXCAVADORA	139 313	1 528
I01-316	EXCAVADORA	120 327	1 102
Total		2 133 336	37 973

Elaboración propia

De igual forma se valoró las causas que generan una baja disponibilidad, ya que son los principales factores por los que se toma en cuenta la aplicación de proceso AMEF.

Tabla 39: Valorización de las causas.

ITEM	CAUSAS	% Causas	\$USD
1	Mano de obra	0,13	10 892
2	Máquina	0,18	6 835
3	Método	0,57	3 896
4	Medio ambiente	0,03	1 645
5	Material	0,08	326
	Total		23 595

Elaboración propia

Para hallar el costo de implementación de la metodología AMEF, se estima la inversión anual del mantenimiento para todas las máquinas durante el proyecto de la Municipalidad Provincial del Puno en el periodo 2022.

Tabla 40: Inversión AMEF.

Inversión Anual de la Propuesta con la Metodología AMEF	
Descripción	\$USD
Mantenimiento programado para excavadoras	37 973
Paradas no programadas	6 835
Adquisición de repuestos y materiales	4 080
Fallas más ocurrentes	5 956
Inversión Total \$USD	54 845

Elaboración propia

Para costear la inversión de la implementación de la metodología AMEF, se requiere de un financiamiento otorgado por Mi Banco, teniendo el 70% de aportación propia y el 30% de monto financiamiento.

Tabla 41: Estructura de Financiamiento.

DETALLE	%	\$USD
Aporte Propio	70%	38 391
Monto a Financiar	30%	16 453
TOTAL DE INVERSIÓN	100%	54 845

Elaboración propia

La estructura de financiamiento se realizará mediante la tasa de rendimiento establecida por Mi Banco, presentando un TEA del 15%, a pagar en 6 meses, tiempo que se espera poner en marcha el proyecto aplicando la metodología AMEF.



Tabla 42: Simulación de pago.

MONTO	16 453			
TASA ANUAL	15,00%			
TASA MENSUAL	0,0117			
PERIODO (Meses)	6			
TIEMPO/Meses	SALDO	AMORTIZACIÓN	INTERÉS	CUOTA
0	16 453			-16 453
1	13 790	2 663	193	2 856
2	11 096	2 694	162	2 856
3	8 370	2 726	130	2856
4	5 613	2 758	98	2856
5	2 823	2 790	66	2 856
6	0	2 823	33	2 856

Elaboración propia

El flujo de caja económica muestra la propuesta implementada del nuevo plan de mantenimiento basada en la metodología AMEF, no toma en cuenta la deuda.

Tabla 43: Flujo de caja económica.

Flujo de caja económica	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Inversiones (\$USD)	-54 845						
Flujo de caja (\$USD)		23 595	23 595	23 595	23 595	23 595	23 595
Flujo económico (\$USD)	-54 845	23 595	23 595	23 595	23 595	23 595	23 595

Elaboración propia



El indicador de costo de oportunidad del proyecto es del 15% anual, el cual favorece a obtener una viabilidad de \$USD 80 424, con una rentabilidad de 36% y un beneficio costo mayor a uno.

Tabla 44: Indicadores económicos.

Anual COK	17%
Mensual COK	1,32%
VANE	80 424
TIR ANUAL E	36%
TIR MENSUALE	3%
Beneficio costo	1,5

Elaboración propia

Se presenta el flujo de caja financiero, el cual hace mención al préstamo requerido para hacer frente a la implementación AMEF.

Tabla 45: Flujo de caja financiera.

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Flujo económico	-54 845	23 595	23 595	23 595	23 595	23 595	23 595
(\$USD)							
Financiamiento	-16 453						
(\$USD)							
Servicio Deuda		2 856	2 856	2 856	2 856	2 856	2 856
(\$USD)							
Flujo financiero	-71 298	26 451	26 451	26 451	26 451	26 451	26 451
(\$USD)							

Elaboración propia

La implementación de la metodología AMEF presenta un VAN positivo de \$USD 81 071, y una tasa de rentabilidad mensual de 2%. El beneficio costo que presenta el proyecto es que por cada dólar invertido se gana 14 centavos de dólar.

Tabla 46: Indicadores financieros.

Anual WACC	15%
Mensual WACC	1,18%
VANF	81 071
TIR ANUAL F	29%
TIR MENSUALF	2%
Beneficio costo	1,14%

Elaboración propia

Tabla 47: Distribución de Weibull.

itf	R	Xi	Yi	xi*yi	xi2	yi2
2	0.159	0.301	-1.753	-0.528	0.091	3.073
5	0.386	0.699	-0.717	-0.501	0.489	0.514
5	0.614	0.699	-0.050	-0.035	0.489	0.003
6	0.841	0.778	0.609	0.474	0.606	0.371

Elaboración Propia

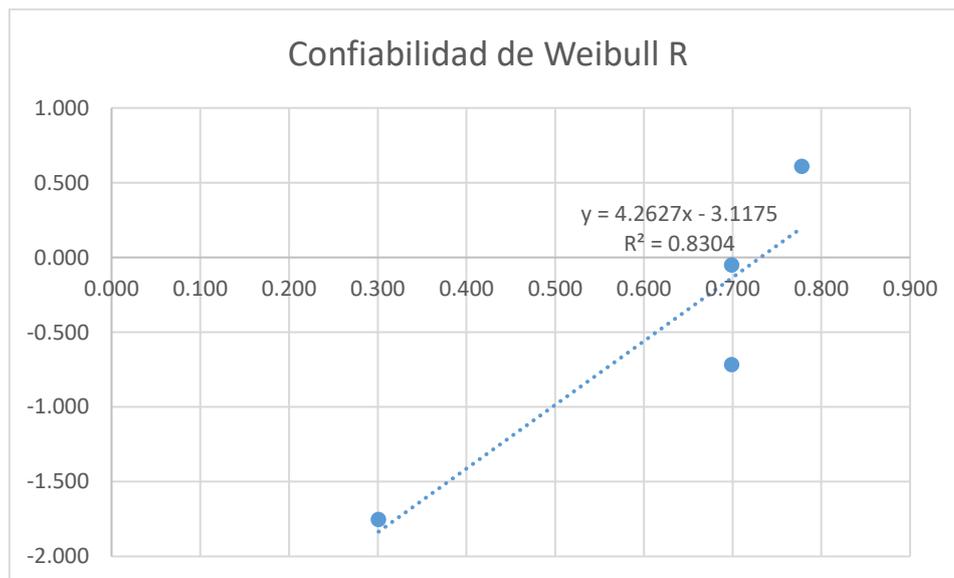


Figura 20: Confiabilidad de Weibull R.

Elaboración propia

Tabla 48: Confiabilidad de Weibull

<i>Confiabilidad de Weibull</i>	
<i>R</i>	0,830

Elaboración propia

Se observa de la Figura 20, que la Confiabilidad de Weibull R es 0.830.

4.3 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMEF mejora la confiabilidad de la maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno, 2022.

En este estudio obtuvimos que la confiabilidad antes de la aplicación de la metodología AMEF era del 40%, sin embargo, una vez aplicada dicha metodología ascendió a un 94%, lo que concuerda con los estudios (Farias, 2021) al aplicar la metodología AMEF. Antes la confiabilidad era del 32%, después de aplicar la metodología AMEF la confiabilidad es del 94%, lo que se confirma con el estudio realizado (Duque, 2021), que antes de emplear la metodología AMEF la confiabilidad de los equipos era apenas del 20%, y al hacer uso de la metodología resultó en un 96%. Por lo que podemos decir que al implementar la metodología AMEF mejora la confiabilidad de los equipos.

Analizar de qué manera la aplicación de la metodología AMEF aumenta el periodo de mantenibilidad de la maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno, 2022.

En nuestro estudio podemos observar que al principio el periodo de mantenibilidad era de 84,6 hrs., una vez aplicada el AMEF el periodo de mantenibilidad es de 99,6 hrs., por lo cual mejoró notablemente, estos resultados concuerdan con el estudio realizado (Barreto, Molina, & Gonzalez, 2019), nos menciona que antes el



periodo de mantenibilidad era de 83,4 hrs., y después una cifra de 96,2 hrs., estos resultados también guardan relación con el estudio de (Mosquera, 2022), el cual nos dice que antes el periodo de mantenibilidad era de 82,1 hrs., y después de aplicar la metodología AMEF el periodo de mantenibilidad es de 95,0 hrs. Por ende, al implementar la metodología AMEF incrementa el periodo de mantenibilidad de los equipos.

Determinar cómo la aplicación de la metodología AMEF incide en la mejora de la gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de la maquinaria pesada en la Municipalidad Provincial de Puno, 2022.

En nuestro estudio se obtuvo que la Disponibilidad Mecánica por mes es del 92%, tomando en horas programadas de 10 horas cada turno. Estos resultados concuerdan con el estudio realizado (Barreto, Molina, & Gonzalez, 2019), el cual nos dice que en 10 horas de trabajo la disponibilidad aumenta a un 95%, y estos resultados también coinciden con el estudio (Duque, 2021), nos manifiesta que en 10 horas de trabajo la disponibilidad aumenta a un 98%. Por ello podemos decir que al aplicar la metodología AMEF aumenta la disponibilidad de los equipos.



V. CONCLUSIONES

Con la implementación de la metodología AMEF, incidimos directamente en la mejora de la gestión de mantenimiento, asegurando e incrementando la Disponibilidad Mecánica por mes a un 92%, en jornadas laborales de 10 horas cada turno.

La confiabilidad antes de la aplicación de la metodología AMEF era del 40%; y al aplicar la metodología AMEF ascendió a un 94%, aseverando un 54% extra de confiabilidad, de esta manera evitamos eficazmente paradas e interrupciones del equipo pesado.

El periodo de mantenibilidad sin aplicar la metodología AMEF era de 84,6 hrs.; al implementar la metodología AMEF el periodo de mantenibilidad ascendió a una cifra de 99,6 hrs., garantizando el desempeño y funcionamiento continuo del equipo pesado por un periodo más largo.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda, que para mantener la disponibilidad de los equipos, se debe efectuar el plan de mantenimiento preventivo en forma constante y periódica, esto a fin de evitar fallas y paradas de la maquinaria, las cuales ocasionarían pérdidas mayores en contra de la entidad.

Adquirir en forma periódica y programada los bienes y materiales para dar el correcto mantenimiento a los equipos, debido a que los repuestos originales pueden tardar en ser abastecidos, asimismo, provocando un impacto económico negativo.

Capacitar eficientemente al personal encargado de realizar el mantenimiento, para que al momento del mismo, pueda efectuarse de manera óptima, y así evitar dañar aún más los equipos, además, protegiendo al personal de servicio ante cualquier accidente de trabajo.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albujar, B., & Jesusi, M. (2020). *Aplicación de la metodología AMEF para mejorar la disponibilidad de maquinaria pesada en una empresa de Lima Metropolitana 2020*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66882>
- Barreto, W., Molina, J., & Gonzalez, B. (2019). *Aplicación de metodología de Amef en mantenimiento de prensa hidráulica para ensamble de ejes pesados en Zoficol*. Colombia: Universidad ECCI. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/3021>
- Barrientos, G. (2018). *Mejora de la gestión de mantenimiento de maquinaria pesada con la metodología AMEF*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/3465>
- Begazo, v. (2019). *investigación para la mejora del mantenimiento preventivo utilizando la herramienta rcm para optimizar el servicio de mantenimiento a viviendas*.
- Campos, E. (2019). *Análisis de experiencias de implementación de planes de mantenimiento basados en la metodología RCM en la industria en los últimos 14 años: Revisión sistemática*.
- Carrasco, D. (2016). *Metodología de la investigación*. Lima: San Marcos E.I.R.L.
- Carrasco, D. (2018). *Metodología de la investigación científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Lima: San Marcos E.I.R.L.
- Caycho, C., Castillo, C., & Merino, V. (2019). *Manual de estadística no paramétrica aplicada a los negocios*. Lima: Alianza editorial.
- Chacon, H. (2020). *Plan De Mantenimiento Preventivo Para Incrementar La Productividad De Los Equipos De Chancado Secundario En Una Empresa Minera*.



- Cordova, F. (2018). *Determinación De Los Kpi'S De La Flota De Camiones Para La Optimización Del Acarreo De Lastre En La Mina Pierina 2017.*
- Denzin, N., & Lincoln, Y. (2015). *Data collection and analysis methods: Qualitative research manual. Vol IV.* USA: Gedisa.
- Duque, D. (2021). *Propuesta de mejora para la gestión de tecnología biomédica, aplicando la metodología AMFE en una Institución de Salud.* Colombia: Universidad ECCI. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/868>
- Farias, A. (2021). *Mejora en la gestión de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los equipos Scaler mediante la metodología AMEF en la unidad minera de Andaychagua.* Lima: Universidad Tecnológica del Perú. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/6148>
- Galvez, C., & Mescua, R. (2017). *Propuesta De Plan De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad Aplicado A Una Flota De Camiones Fuera De Carretera En Una Mina De Tajo Abierto.*
- Geldres Marchena, R. R. (2019). *Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en la industria peruana. Una revisión sistemática de literatura científica de los últimos 10 años.* Trujillo - Perú. Universidad Privada del Norte.
- González, J., Loyo, J., Pérez, P., Cruz, H., & López, M. (2018). *MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN MÁQUINAS HERRAMIENTAS POR MEDIO DE AMFE.*
Revista Ingeniería Industrial.
doi:<http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3923>
- Hanlin, Z., Yong, L., Lin, Z., Zelong, C., & Jing, C. (2020). *Research on Reliability-Centered Maintenance Strategy of Container Terminal Shore Crane.*
10.1109/iThings-GreenCom-CPSCCom-SmartData-Cybermatics50389.2020.00106.



- Hernandez, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. México: MC Graw Hill.
- Juarez, A. (2019). *Aplicación del AMEF para incrementar la disponibilidad de los equipos críticos de la Empresa S. M. R. L minera JUPITHER*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15211>
- Jurado, M. (2018). *“Implementación De Un Plan De Mantenimiento Centrado En Confiabilidad Para Mejorar La Disponibilidad Mecánica De Los Camiones 785 En Una Empresa Contratista Minera*.
- Kvale, S. (2012). *Interviews in qualitative research*. USA: Morata.
- Lopez, O., Tolentino, G., Toledo, M., & Tollentino, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *vol. 23*(núm. 1).
- Machado, Lisleandra; Gonçalves, Manoel; Carrazo, Nilton Cesar. (2017). The methodology of machinery and equipment maintenance adopted by the textile industries located in the Zona da Mata Mineira. *Revista Chilena de Ingeniería*, *vol. 25*(núm. 1), pp. 134-142.
- Miranda, C. (2019). *design of a maintenance plan based on the rcm strategy for a tailings press filter operating in a mine located at 4800 m.a.s.l.*
- Mosquera, P. (2022). *Plan de mantenimiento mediante el análisis AMEF para incrementar la disponibilidad mecánica del scoop R1600H en la unidad minera Andaychagua*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8374>
- Ordaya, J. (2020). *“Implementación De Mejoras Basadas En El Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad De Las Máquinas En La Empresa M&C Soluciones S.A.C.*



- Perez, J. (2019). *Análisis y desarrollo de un sistema de mantenimiento basado en la metodología del análisis modal de fallos y efectos (AMFE) en el proceso de producción de aceite de oliva virgen*. España: Universidad de Jaen. Obtenido de <https://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/13992>
- Pineda, H. (2021). *Modelo de plan de mantenimiento basado en la metodología de análisis de modo falla y efecto (fmea) para el sistema hidráulico de la flota de grúas del grupo empresarial la OCTAVA LTDA, GLOBAL GENESIS S.A.S*. Colombia: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/37772>
- Rodriguez, J. (2018). *Elaboracion De Una Propuesta De Plan De Mantenimiento Basado En Confiabilidad Para La Flota De Vehiculos De La Empresa Tranzit S.A.S Perteneciente Al Sitp*.
- Salas, R. (2020). *Propuesta del plan de mantenimiento en el taller de maquinaria pesada de la Empresa Minera Castor, Ancash*.
- Silva, I., Rodriguez, M., Acosta, R., & Gómez, P. (2019). Diseño de plan de mantenimiento preventivo para los talleres del centro CIES Sena Regional Norte de Santander utilizando metodología AMEF. *MUNDO FESC*. Obtenido de <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/446>
- Valderrama, S. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Vasquez, B. (2021). *Influencia de la metodología FMEA en la disponibilidad operativa de grúas telescópicas modelo R9130-2 de la Empresa Cosmos S. A*. Lima: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29876>



ANEXOS











DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MARDEL ALEXIS HUARCAYA CONDORI
identificado con DNI 72111225 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, **Programa de Segunda Especialidad**, **Programa de Maestría o Doctorado**
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la **Tesis** o **Trabajo de Investigación** denominada:

“MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA AMEF

EN LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO, PUNO 2022

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 07 de Julio del 2023

FIRMA (obligatoria)
MARDEL ALEXIS HUARCAYA CONDORI



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo MARDEL ALEXIS HUARCAYA CONDORI identificado con DNI 72111225 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA AMEF EN LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PUNO, PUNO 2022 ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 07 de Julio del 2023

FIRMA (obligatoria)
MARDEL ALEXIS HUARCAYA CONDORI



Huella