



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
MAQUINARIA PESADA PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD
DE EQUIPOS EN LA EMPRESA CENFOMIN EDUCACION SAC,
CAJAMARCA - 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

JEREMÍAS ELIAZER ESPINOZA TARRILLO

ASESORES:

ING. CARRASCAL SANCHEZ, JENNER

ING. PURIHUAMAN LEONARDO, CELSO NAZARIO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

CHICLAYO – PERÚ

2018

ACTA DE SUSTENTACION

1268



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 7:15pm horas, del día 21 de Dic. del 2018, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 3232, del 19 de Diciembre del 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada:

PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS EN LA EMPRESA CENFOMIN EDUCACION SAC, CAJAMARCA - 2018

presentado por EL BACHILLER: JEREMIAS ELIAZER ESPINOZA TARRILLO

con la finalidad de obtener el Título Profesional de INGENIERO INDUSTRIAL, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

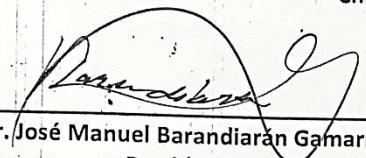
PRESIDENTE : Dr. José Manuel Barandiarán Gamarra
SECRETARIO : Dr. Celso Nazario Purihuamán Leonardo
VOCAL : Dr. Jenner Carrascal Sánchez

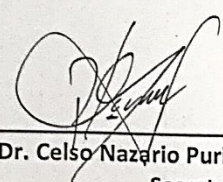
Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

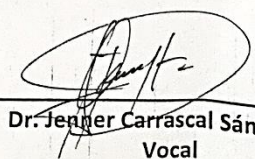
APROBAR POR UNANIMIDAD

Siendo las 7:40 pm del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 21 de Diciembre del 2018


Dr. José Manuel Barandiarán Gamarra
Presidente


Dr. Celso Nazario Purihuamán Leonardo
Secretario


Dr. Jenner Carrascal Sánchez
Vocal

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de investigación a Dios, a mis padres y hermanos.

A Dios, por su infinito amor incondicional, bendición constante y fortaleza en cada etapa de mi vida.

A mis padres, quienes siempre inculcaron en mí, valores que me formaron como una persona de bien.

A mis hermanos, por motivarme a continuar con mis deseos de superación y logros de metas establecidas.

Jeremías Eliazer Espinoza Tarrillo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por brindarme vida, salud y guiarme por el sendero de la felicidad y paz interior.

En segundo lugar, a cada miembro de mi familia, en especial a mis queridos padres, quienes siempre me apoyaron e incentivaron a cumplir mis sueños.

Jeremías Eliazer Espinoza Tarrillo

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Jeremías Eliazer Espinoza Tarrillo con DNI 46182956, con el objetivo de cumplir con las disposiciones vigentes en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que forma parte de esta tesis es verídica y auténtica.

Al mismo tiempo, declaro que todos los datos de información que contiene la presente tesis son veraces y originales.

Para tal efecto me responsabilizo sobre cualquier falsedad u omisión de documentos, como de la información acotada; por el cual me someto a lo dispuesto en las normas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 15 de enero del 2019



Jeremías Eliazer Espinoza Tarrillo

DNI 46182956

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada **“PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS EN LA EMPRESA CENFOMIN EDUCACION SAC, CAJAMARCA - 2018”**, la misma que someto a vuestra evaluación y espero que cumpla con sus expectativas de aprobación.

JEREMIAS ELIAZER ESPINOZA TARRILLO

INDICE

ACTA DE SUSTENTACION.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
INDICE.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I.INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Realidad Problemática.....	15
1.2. Trabajos previos.....	17
1.2.1. A nivel internacional:.....	17
1.2.2. A nivel nacional:.....	19
1.2.3. A nivel local:.....	21
1.2.4. Artículos científicos:.....	22
1.3. Teorías Relacionadas al Tema.....	23
1.3.1. Herramientas de Análisis.....	23
1.3.1.1. Diagrama de Ishikawa.....	23
1.3.1.2. Diagrama de Pareto.....	24
1.3.2. Diferencia entre Mantenimiento y Mantenibilidad.....	24
1.3.2.1. Mantenimiento.....	25
1.3.2.2. Mantenibilidad.....	25
1.3.3. Tipos de Mantenimiento.....	25
1.3.3.1. Mantenimiento Preventivo.....	25
1.3.3.1.1. Mantenimiento basado en el tiempo (TBM).....	26
1.3.3.2. Mantenimiento Correctivo.....	26
1.3.3.3. Mantenimiento Predictivo.....	27
1.3.4. El Proceso de Mantenimiento.....	27
1.3.5. Plan de Mantenimiento Preventivo.....	28
1.3.5.1. Manual de Operación y Mantenimiento.....	28
1.3.6. Conceptos sobre Indicadores de Mantenimiento.....	29
1.3.6.1. Tiempo Medio Entre Fallas.....	29

1.3.6.2. Tiempo Medio Entre Reparaciones	29
1.3.6.3. Disponibilidad.....	30
1.4. Formulación del Problema	30
1.5. Justificación del Estudio.....	31
1.5.1. Justificación Práctica.....	31
1.5.2. Justificación Técnica	31
1.5.3. Justificación Económica	31
1.5.4. Justificación social.....	31
1.6. Hipótesis	32
1.7. Objetivos.....	32
1.7.1. Objetivo General	32
1.7.2. Objetivos Específicos	32
II. MÉTODO.....	33
2.1. Tipo y diseño de investigación	33
2.2. Variables y Operacionalización.....	33
2.2.1. Variable Dependiente	33
2.2.2. Variable Independiente	33
2.3. Población y muestra	35
2.3.1. Población.....	35
2.3.2. Muestra	35
2.4. Técnicas de recolección de datos.....	35
2.4.1. Observación	35
2.4.2. Análisis documental	35
2.4.3. Entrevista	35
2.5. Instrumentos	36
2.6. Validez y confiabilidad	36
2.7. Métodos de análisis de datos.....	36
2.8. Aspectos éticos.....	36
III. RESULTADOS	37
3.1. Análisis y descripción de las condiciones, características y procedimientos del área de mantenimiento.....	37
3.1.1. Maquinaria pesada de la empresa	37
3.1.2. Análisis de la entrevista.....	37
3.1.3. Análisis de disponibilidad	38
3.1.4. Identificación de posibles causas - DIAGRAMA DE ISHIKAWA	40

3.2. Identificación de las causas que originan tiempos totales por reparaciones elevados.....	41
3.2.1. Análisis de resultados mediante el principio de PARETO	41
3.3. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo para cada equipo	44
3.3.1. Información general de la empresa	44
3.3.2. Proceso de atención de maquinaria no definido.....	44
3.3.2.1. Propuesta de solución	44
3.3.2.2. Actividades a realizar	46
3.3.2.3. Recursos	46
3.3.2.4. Costos	46
3.3.2.5. Tiempo	47
3.3.3. Falta de procedimientos de inspección antes de operar los equipos	47
3.3.3.1. Propuesta de solución	47
3.3.3.2. Actividades a realizar	51
3.3.3.3. Recursos	51
3.3.3.4. Costos	51
3.3.3.5. Tiempo	51
3.3.4. Falta de planeación de mantenimiento preventivo	51
3.3.4.1. Propuesta de solución	51
3.3.4.2. Mantenimiento preventivo diario de la retroexcavadora CATERPILLAR 420F.....	52
3.3.4.3. Mantenimiento preventivo PM1 de la retroexcavadora CATERPILLAR 420F.....	53
3.3.4.4. Mantenimiento preventivo PM2 de la retroexcavadora CATERPILLAR 420F.....	54
3.3.4.5. Mantenimiento preventivo PM3 de la retroexcavadora CATERPILLAR 420F	55
3.3.4.6. Mantenimiento preventivo PM4 de la retroexcavadora CATERPILLAR 420F.....	57
3.3.4.7. Mantenimiento preventivo diario de la excavadora KOMATSU PC300-LC7.....	58
3.3.4.8. Mantenimiento preventivo PM1 de la excavadora KOMATSU PC300-LC7.....	59
3.3.4.9. Mantenimiento preventivo PM2 de la excavadora KOMATSU PC300-LC7.....	60
3.3.4.10. Mantenimiento preventivo PM3 de la excavadora KOMATSU PC300-LC7.....	61

3.3.4.11. Mantenimiento preventivo PM4 de la excavadora KOMATSU PC300-LC7.....	62
3.3.4.12. Mantenimiento preventivo diario de la motoniveladora CATERPILLAR 140H	64
3.3.4.13. Mantenimiento preventivo PM1 de la motoniveladora CATERPILLAR 140H	64
3.3.4.14. Mantenimiento preventivo PM2 de la motoniveladora CATERPILLAR 140H	65
3.3.4.15. Mantenimiento preventivo PM3 de la motoniveladora CATERPILLAR 140H	66
3.3.4.16. Mantenimiento preventivo PM4 de la motoniveladora CATERPILLAR 140H	67
3.3.4.17. Mantenimiento preventivo cuando sea necesario para todas las máquinas	69
3.3.4.18. Actividades a realizar	69
3.3.4.19. Recursos	70
3.3.4.20. Costos	70
3.3.4.21. Tiempo	72
3.3.5. Proyección de resultados	72
3.4. Evaluar el beneficio-costos del plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada	72
IV. DISCUSIONES	75
V. CONCLUSIONES	76
VI. RECOMENDACIONES.....	77
VII. REFERENCIAS	78
ANEXOS	80
ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	80
ANEXO 02: GUÍA DE ENTREVISTA.....	81
ANEXO 03: GUÍA DE OBSERVACIÓN.....	83
ANEXO 04: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.....	84
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	88
AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	89
ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	90
REPORTE DE TURNITIN	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de causa – efecto.....	22
Figura 2: Regla 80/20.....	23
Figura 3: Operacionalización de variables.....	33
Figura 4: Resumen de técnicas e instrumentos.....	35
Figura 5: Maquinaria de la empresa CENFOMIN EDUCACION SAC.....	36
Figura 6: Disponibilidad de la retroexcavadora Caterpillar 420F	37
Figura 7: Disponibilidad de la excavadora PC300-LC7	38
Figura 8: Disponibilidad de la motoniveladora 140H	38
Figura 9: Diagrama de Ishikawa.....	39
Figura 10: Lista de posibles causas.....	40
Figura 11: Asignación de valores de frecuencia	41
Figura 12: Asignación de valores de frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado	42
Figura 13: Representación de valores de frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado	42
Figura 14: Resultado del análisis de Pareto.....	44
Figura 15: Diagrama de flujo para atender los equipos.....	45
Figura 16: Costos de recursos.....	46
Figura 17: Formato de checklist de retroexcavadora.....	48
Figura 18: Formato de checklist de excavadora	49
Figura 19: Formato de checklist de motoniveladora	50
Figura 20: Costos de recursos.....	51
Figura 21: Niveles de mantenimiento preventivo.....	52
Figura 22: Formato de Mantenimiento Preventivo diario de la Retroexcavadora 420F.....	53
Figura 23: Formato de Mantenimiento Preventivo de 250 horas de la Retroexcavadora 420F	54
Figura 24: Formato de Mantenimiento Preventivo de 500 horas de la Retroexcavadora 420F	55
Figura 25: Formato de Mantenimiento Preventivo de 1000 horas de la Retroexcavadora 420F	56

Figura 26: Formato de Mantenimiento Preventivo de 2000 horas de la Retroexcavadora 420F	57
Figura 27: Formato de Mantenimiento Preventivo Diario de la Excavadora PC300-LC7.....	59
Figura 28: Formato de Mantenimiento Preventivo de 250 horas de la Excavadora PC300-LC7.....	60
Figura 29: Formato de Mantenimiento Preventivo de 500 horas de la Excavadora PC300-LC7.....	61
Figura 30: Formato de Mantenimiento Preventivo de 1000 horas de la Excavadora PC300-LC7.....	62
Figura 31: Formato de Mantenimiento Preventivo de 2000 horas de la Excavadora PC300-LC7.....	63
Figura 32: Formato de Mantenimiento Preventivo Diario de la Motoniveladora 140H.....	64
Figura 33: Formato de Mantenimiento Preventivo de 250 horas de la Motoniveladora 140H	65
Figura 34: Formato de Mantenimiento Preventivo de 500 horas de la Motoniveladora 140H.....	66
Figura 35: Formato de Mantenimiento Preventivo de 1000 horas de la Motoniveladora 140H.....	67
Figura 36: Formato de Mantenimiento Preventivo de 2000 horas de la Motoniveladora 140H.....	68
Figura 37: Formato de Mantenimiento preventivo cuando sea necesario	69
Figura 38 Costos de recursos de retroexcavadora 420F	70
Figura 39: Costos de recursos de excavadora PC300-LC7.....	71
Figura 40: Costos de recursos de motoniveladora 140H.....	71
Figura 41: Hora de trabajo ideales.....	72
Figura 42: Comparación de la propuesta actual.....	72
Figura 43: Costos del plan.....	73
Figura 44: Cálculo de beneficios.....	74
Figura 45: Resultado del beneficio costo.....	74

RESUMEN

El presente trabajo de investigación ha sido desarrollado como una alternativa de solución a los problemas que ha venido experimentando la empresa CENFOMIN EDUCACIÓN SAC sobre la disponibilidad de los equipos de maquinaria pesada que brinda en calidad de alquiler a empresas contratistas encargadas de proyectos de movimiento de tierras. El objetivo es proponer un estratégico plan de mantenimiento preventivo como medida principal de solución, éste plan se ha basado en las recomendaciones del fabricante, no obstante, se han añadido algunas consideraciones sobre tareas de mantenimiento provenientes del juicio de expertos en el tema. Los expertos consultados consideran que, si bien es cierto el fabricante recomienda un plan de mantenimiento preventivo por cada máquina, éste no siempre se puede ejecutar de manera completa debido a diferentes factores como la calidad de combustible de nuestro país, las condiciones climáticas y geografía de los frentes de trabajo, una realidad que los manuales de operación y mantenimiento no ha tomado muy en cuenta. El plan propuesto se ajusta a los intereses de la empresa en cuanto a costos, simplicidad y recursos humanos.

Con la presente propuesta se logró proyectar una reducción de tiempos muertos por cada turno de trabajo, es decir anteriormente se había registrado 02 horas de tiempo por reparación, aplicando la propuesta se proyecta reducir éste valor hasta 0.8 horas.

Finalmente se concluyó que la propuesta pudo seleccionar de manera acertada los problemas principales que afectaban los procesos de mantenimiento de la empresa, mediante la aplicación del diagrama de Ishikawa y principio de Pareto, por lo que la estructuración del plan de mantenimiento preventivo demostró la capacidad de incrementar la disponibilidad de los equipos en una fase de implementación.

PALABRAS CLAVE: Disponibilidad, plan, mantenimiento.

ABSTRACT

This research work has been developed as an alternative solution to the problems that the company CENFOMIN EDUCACIÓN SAC has been experiencing about the availability of heavy machinery equipment that provides rental services to contractor companies in charge of earthmoving projects. A strategic preventive maintenance plan has been proposed as the main solution measure, this plan has been based on the manufacturer's recommendations, however, some considerations about maintenance tasks coming from the judgment of experts in the subject have been added. The experts consulted believe that, although it is true that the manufacturer recommends a preventive maintenance plan for each machine, this can not always be carried out completely due to different factors such as the quality of our country's fuel, the climatic conditions and the geography of the fronts of work, a reality that the manuals of operation and maintenance have not taken very into account. The proposed plan is adjusted to the interests of the company in terms of costs, simplicity and human resources.

With the present proposal it was possible to project a reduction of dead times for each work shift, it was said that 2 hours of time had been registered, the proposal was applied until 0.8 hours.

Finally, he concluded that the proposal was able to correctly select the problems that affect the maintenance processes of the company, through the application of the Ishikawa diagram and the Pareto principle, for which the structuring of the preventive maintenance plan demonstrated the capacity to increase the availability of the equipment in an implementation phase.

KEY WORDS: Availability, plan, maintenance.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

A nivel internacional:

Olarte y otros (2010) en Colombia, las empresas se han visto obligadas a cumplir con altos estándares de calidad internacionales que les permita tener niveles de competencia que cumplan con las expectativas de los clientes; ello ha conllevado a que inviertan parte de sus ganancias en mejorar el área de mantenimiento para optimizar la prevención y detección de fallas a fin de garantizar la máxima optimización de sus procesos y evitar paradas de producción.

Osorio (2000) el autor, en calidad de usuario a bordo de unidades navales y como asesor de ingeniería en el área de mantenimiento, nos da a conocer la implementación de un Sistema de Gestión de Mantenimiento aplicado a unidades navales y marítimas de la armada de Chile, mostrando la importancia del rol del mantenimiento, sus ventajas y requisitos, lo cual ha concluido en resultados óptimos que han permitido una disminución de los costos totales en el sostenimiento de la flota.

A nivel nacional:

Komatsu (2016) “Todo sistema es productivo, siempre y cuando opere bajo un mínimo de fallas”. Ése fue el principio en el cual se basó la empresa Komatsu Maquinarias Perú S.A. para realizar una investigación sobre el estado actual de la flota de camiones modelo 730E mediante el análisis de los indicadores MTBF (tiempos medio entre fallas) y MTTR (tiempos medios entre reparaciones para relacionar la disponibilidad de los equipos con la gestión de mantenimiento. Al verificar los resultados de los años 2012 y 2013 se observa que la disponibilidad tiene un descenso en éste período, lo que indica que los mantenimientos preventivos no se están realizando de manera

correcta y adecuada; lo que a su vez afecta directamente a la producción y el incremento de costos.

A nivel local:

En el transcurso de los últimos años, los empresarios han asimilado la importancia que tiene el correcto funcionamiento y conservación de los equipos y/o maquinaria que participan como fuente de la producción con respecto a las utilidades de sus compañías. Es por eso que, invierten parte de sus recursos en mejorar el área de mantenimiento mediante la elaboración y dirección de planes de mantenimiento efectivos que garanticen resultados de máxima disponibilidad de equipos en la línea de producción o como bienes activos de prestación de servicios.

La empresa CENFOMIN EDUCACIÓN S.A.C. brinda servicios de educación y formación académica en carreras técnicas ligadas a la operación y mantenimiento de maquinaria pesada, además ofrece el servicio de alquiler de equipos de maquinaria pesada para proyectos de movimiento de tierras en general, en éste rubro la empresa ha venido experimentado continuas paradas por inoperatividad de equipos asociados a problemas mecánicos, los cuales se han concentrado en solucionar con atención correctiva espontánea y desorganizada, conllevando a incurrir en costos que afectan directamente los réditos de la empresa y poner en riesgo la buena relación con la empresa contratista al estar al límite del porcentaje de incumplimiento de horas contratadas que se establece en el contrato de alquiler equipos.

El origen de los percances que se mencionan, está en la falta de un plan de gestión de mantenimiento preventivo que sea efectivo y que garantice la operatividad de los equipos, por lo que es determinante contar con uno para contribuir a la solución.

La propuesta de la presente investigación se enfoca en proponer un Plan de Mantenimiento Preventivo para reducir los tiempos de inoperatividad de los

equipos de maquinaria pesada que la empresa ofrece en calidad de alquiler a empresas dedicadas al rubro de proyectos de movimiento de tierras.

1.2. Trabajos previos

En el proceso de investigación del presente estudio se revisó material bibliográfico relacionado a la Gestión de Mantenimiento, el cual es de apoyo en cuanto a la metodología y técnicas utilizadas para formular un plan de gestión de mantenimiento preventivo óptimo, a continuación, se muestran los más relevantes:

1.2.1. A nivel internacional:

García (2015) en su tesis “Modelo de Gestión de Mantenimiento para Incrementar la Calidad en el Servicio en el Departamento de Alta Tensión de STC Metro de la Ciudad de México” analiza el estado actual del área de mantenimiento y encuentra problemas que fundamentalmente se relacionan con la falta de una metodología estandarizada en los procedimientos de mantenimiento que se llevan a cabo en el Departamento de Alta Tensión Eléctrica. Para resolver el problema el autor implementa un modelo de Gestión de Mantenimiento que adopta una serie de herramientas de mejora continua, metodologías de gestión de proyectos con enfoque PMI (Project Management Institute) y la adecuación de indicadores de fiabilidad y disponibilidad. Con la aplicación de éste modelo el autor obtuvo resultados positivos, mejorando el nivel de calidad que se presta en el suministro y manutención de la distribución de energía eléctrica en las subestaciones eléctricas de toda la red del Metro se eleva dando una mayor garantía de satisfacción al usuario al mantener el servicio del transporte, se reducen el número de fallas que se manifiestan en los equipos por realizar mantenimientos de mejor calidad, se redujeron los costos de mantenimiento correctivo y el índice de servicio aumenta garantizando una entrega continua de

energía eléctrica. El autor llegó a la siguiente conclusión, los elementos clave de éxito del mantenimiento son la calidad, la disponibilidad, la fiabilidad y el desempeño; los cuales se alcanzan mediante la aplicación de herramientas y técnicas que indiquen qué hacer y cómo hacerlo en el mínimo tiempo posible, al mínimo costo y con la calidad que aseguren un funcionamiento confiable de los equipos.

Alave (2016) en su tesis denominada “Desarrollo e Implementación de una Metodología de Gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo para Microcentrales Hidroeléctricas”, el autor planteó los siguientes objetivos: disminuir las horas de parada no programadas, elevar la disponibilidad del sistema y minimizar los costos asociados al mantenimiento de las mismas, para lo cual implementó un programa de mantenimiento basado en el riesgo (RBM) con un enfoque en la fiabilidad de operación de las microcentrales, basándose en el principio de Pareto para concentrar las actividades de mantenimiento en los elementos verdaderamente críticos. Finalmente el responsable de la investigación llegó a la siguiente conclusión: se lograron identificar un total de 80 causas de fallas de diferentes componentes, lo que sirvió de base fundamental para una correcta selección de herramientas preventivas, correctivas y predictivas, como los procedimientos de inspección; elevando así el nivel de precisión en la atención de síntomas prematuros de fallas potenciales.

Tuarez (2013) en su tesis para obtener el grado de Magíster, “Diseño de un Sistema de Mejora Continua en una Embotelladora y Comercializadora de Bebidas Gaseosas de la Ciudad de Guayaquil por Medio de la Aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total)” explica el proceso de implementación de un Sistema de Mejora Continua bajo la filosofía del TPM en la planta embotelladora de bebidas gaseosas, mediante el incremento de la confiabilidad de los

equipos, la reducción de tiempos muertos, la disminución de los desperdicios de producto generados debidos a falla en el proceso y el compromiso de adaptabilidad de los colaboradores con la filosofía del TPM. De este modo el autor llegó a las siguientes conclusiones, mencionando las más relevantes: se redujo la cantidad de tareas de mantenimiento correctivo no planificado de 25 registradas en el mes de enero a 13 registradas en el mes de junio y también se obtuvo una reducción de 35 minutos en el tiempo promedio de parada por fallas, que antes de la implementación basado en TPM era de 113 minutos y despues se registró un valor promedio de 78 minutos.

Enriquez (2016) en su tesis denominada “Manual para la Implementación de un Modelo de Gestión de Mantenimiento para los Equipos Principales de Generación de Energía Eléctrica de la Central Paute Molino de CELEC EP HIDROPAUTE”, el autor analiza el plan de Gestión de Mantenimiento actual de la empresa y determina que requiere de una actualización que considere nuevas estrategias de mantenimiento; para esto, clasificó los equipos que intervienen directamente en la generación de electricidad utilizando la metodología para determinar su criticidad, luego se analizaron los grupos clasificados mediante diferentes herramientas técnicas de mantenimiento (TPM, MBC y RCM) para establecer los criterios básicos y definir las estrategias aplicables a cada grupo de criticidad. Por último, el autor concluye que la implementación de una sola estrategia de mantenimiento no es la solución definitiva, sino que el modelo de Gestión de Mantenimiento debe contemplar la combinación de diferentes estrategias y enfocarlas a determinados grupos de componentes y elementos que forman parte directa del proceso en la generación de electricidad.

1.2.2. A nivel nacional:

Izaguirre (2014) en su tesis, para optar el grado de Doctor, denominada “Propuesta para Mejorar la Planificación y Programación

del Mantenimiento Aplicado a la Empresa Siderúrgica del Perú”, el autor consciente de la falta de un programa de mantenimiento efectivo en la empresa, implementa una propuesta de un Modelo de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) para la planificación y programación de mantenimiento, tomando en cuanto indicadores de gestión para medir, controlar y mejorar los resultados de gestión. Finalmente se concluye que los indicadores registrados arrojan valores positivos en cuanto a la mejora en la eficiencia de gestión de mantenimiento.

Huari (2017) en su tesis, para optar el grado académico de Magíster, denominada “Programa de Mantenimiento basado en la Confiabilidad para mejorar la Disponibilidad de un Colector Parabólico Cilíndrico Solar” presenta un diseño de un programa de mantenimiento que se basa en la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, el cual busca determinar los requerimientos de mantenimiento en un contexto de operación mediante el análisis de las funciones del sistema, la revisión de sus posibles fallas, la detección de los modos de falla o causas de falla, el estudio de sus efectos y la evaluación de las consecuencias; a partir de lo cual se definirá las estrategias mas adecuadas considerando que sean técnicamente factibles y económicamente viables. Luego de la implementación del programa disminuyeron los riesgos y fallas, por lo que la disponibilidad se incrementó de 92.21% a 94.71%.

Adanaqué (2015) en su tesis denominada “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Total para la Maquinaria Pesada en la Empresa Ángeles - Proyecto Minero la Granja, 2015” evalúa y describe el plan de mantenimiento actual con el que trabaja la empresa, logrando identificar fallas potenciales y paradas imprevistas por éstas, lo que ayudó a analizar la disponibilidad y rendimiento de los equipos para elaborar la estrategia de acción, la misma que se basó en la metodología del Mantenimiento Productivo Total, el que a su vez

considera como pilares fundamentales las filosofías o técnicas de gestión de las 5 “s”, Just In Time (JIT) y el Total Quality Management (TQM). El autor concluyó que aplicando las metodologías mencionadas se lograron procedimientos más ordenados y eficientes en cuanto a la gestión de mantenimiento.

1.2.3. A nivel local:

Galarza (2017) en su tesis denominada, “Plan de Mantenimiento Basado en el Análisis de Aceite para Mejorar la Disponibilidad de la Excavadora Caterpillar 390FL de STRACON GYM – Cajamarca”, el autor tiene como objetivo mejorar la disponibilidad mecánica de la principal máquina en trabajos de carguío, la excavadora CAT 390FL, aplicando un plan de mantenimiento predictivo basado en un programa de análisis de aceite. En conclusión, aplicando éste plan de mantenimiento predictivo basado en el análisis de aceite, se pudo incrementar la disponibilidad del equipo de un 89.66% a un 92%, es decir un incremento desmotrado de 2.34 %; lo que logró exceder la valla corporativa del 90% de disponibilidad como límite mínimo.

Rodríguez (2012) en su tesis denominada “Propuesta de Mejora de la Gestión de Mantenimiento Basado en la Mantenibilidad de Equipos de Acarreo de una Empresa Minera de Cajamarca”, en la cual mediante un análisis actual de la gestión de mantenimiento se encontraron deficiencias de la actual gestión, por lo que se propuso un plan de mejoras que consideran indicadores como MTTR (tiempo medio hasta la reparación), disponibilidad, y porcentaje de variación costos de mantenimiento. El autor concluyo que el plan propuesto demuestra una reducción de costos y optimización de los procesos de mantenimiento de la flota equipos de acarreo.

1.2.4. Artículos científicos:

Zegarra (2015). La gestión de maquinaria pesada de movimiento de tierras y de construcción no es una tarea del todo fácil. El equipo mecánico a cargo debe tomar decisiones técnicas y económicas estratégicas sobre la funcionalidad de las máquinas bajo su cargo. Estas decisiones incluyen deben estar nutridas de conocimientos sobre adquisiciones, mantenimiento, reparación, reconstrucción, eficiencia, costos, pronóstico de tasas de arrendamiento interno, disponibilidad, confiabilidad, reemplazos y baja de activos. Las empresas del rubro de construcción de presencia internacional están inmersas en lo que se conoce como Mantenimiento de Clase Mundial, lo que significa la adopción de políticas de calidad para realizar las labores rutinarias de trabajo con buenas prácticas tanto en el campo administrativo como en el campo técnico y operativo. Como parte del estudio del mantenimiento de equipos, existen indicadores definidos como primordiales, que son la Disponibilidad Mecánica y la Confiabilidad. En este trabajo de investigación, el autor trata temas relacionados a las buenas prácticas de tareas y actividades de mantenimiento de maquinaria pesada, así como el significado y técnicas de evaluación de los indicadores citados anteriormente.

Zegarra (2016). La Gestión de Mantenimiento de Maquinaria y Equipos pesados, incluye la Gestión de Ingeniería del Mantenimiento y la Gestión Administrativa del Mantenimiento. La primera tiene que ver con la solución a nivel técnico de los problemas que se presentan en las máquinas, implementación de prácticas de calidad para la solución de percances mecánicos o servicio de atención a reparaciones, etc. La segunda, tiene por objetivo concentrarse en los procesos administrativos de recolección de datos, flujo de información entre los integrantes del equipo, planeamiento y programación, organización efectiva para atender las fallas en el menor período de tiempo posible, etc. El modo de conocer si la gestión de

mantenimiento está siendo conducida adecuadamente es midiéndola y registrando valores que nos indiquen si los resultados están dentro de los parámetros esperados para la gestión. La selección de los KPI (Key Performance Indicators), dependerá mucho del nivel en que se encuentren los procesos de las instancias involucradas (transaccionales, supervisión, gerenciales). Esta investigación trata sobre los indicadores gerenciales o de alto nivel, que nos facultarán conocer si la gestión de mantenimiento de la maquinaria y equipos pesados en una empresa constructora, minera, industrial, etc., está siendo controlada y dirigida de manera adecuada.

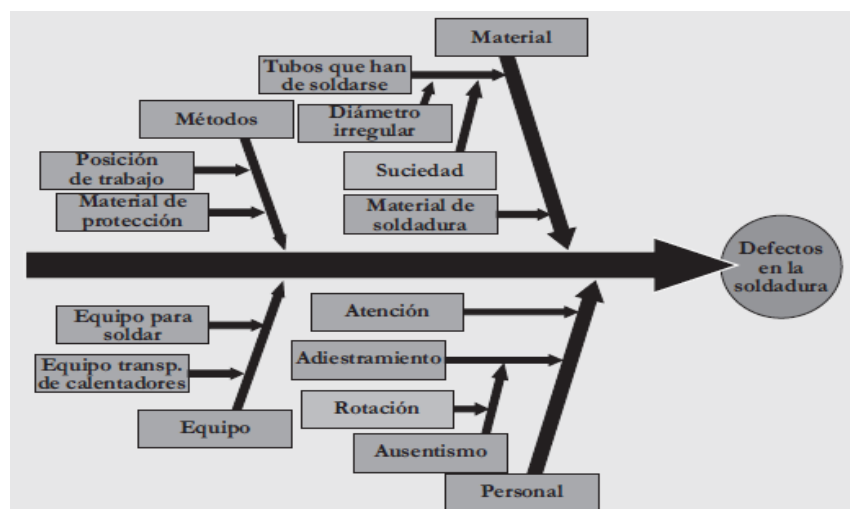
1.3. Teorías Relacionadas al Tema

1.3.1. Herramientas de Análisis

1.3.1.1. Diagrama de Ishikawa

Pulido (2015) menciona que el Diagrama de Ishikawa permite clasificar los riesgos o causas de no conformidades detectadas de un problema en análisis. Consiste en un gráfico tipo pez donde en la cabeza se coloca el problema y en sus espinas se coloca sus causas del problema.

Figura N° 01: Diagrama de causa – efecto

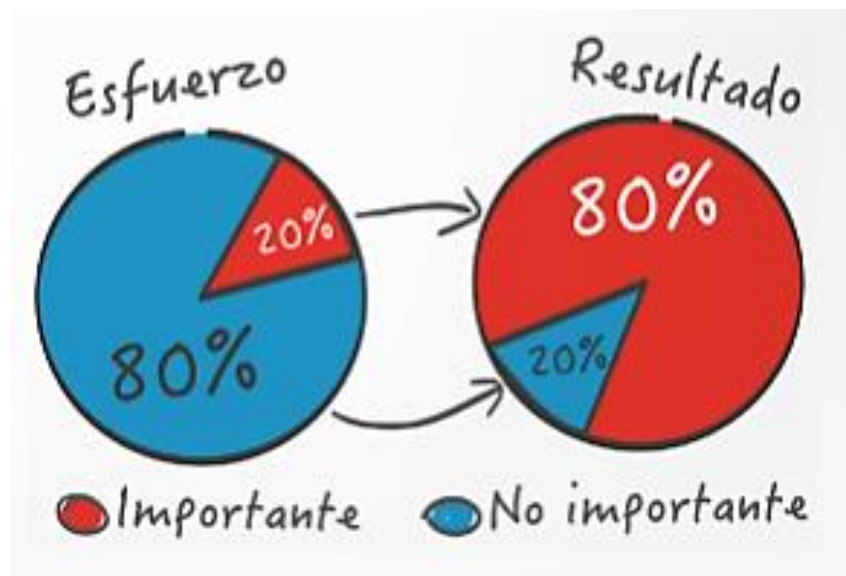


Fuente: Administración de la Calidad Total

1.3.1.2. Diagrama de Pareto

Lemler (2015) manifiesta que el diagrama de Pareto viene a ser un gráfico de barras verticales ordenadas de mayor a menor frecuencia donde cada barra representa la importancia de los factores que se analizan. El principio de Pareto establece que el 80% de los efectos son causados por 20% de las causas; es decir, el 80% de problemas deben ser objeto de análisis prioritariamente.

Figura N° 02: Regla 80/20



Fuente: El Principio de Pareto

1.3.2. Diferencia entre Mantenimiento y Mantenibilidad

Muy a menudo estos términos suelen ser confundidos por el personal de una empresa, por lo que resulta de carácter importante conocer sobre cada uno de ellos para entender la estructura del plan de mantenimiento preventivo.

1.3.2.1. Mantenimiento

Buelvas y otros (2014). Es una disciplina que tiene como objetivo la capacidad de mantener las máquinas y equipos en un estado óptimo de funcionamiento, llevando a cabo actividades de servicio, revisiones, ajustes, remplazos, reinstalaciones, calibraciones, reparaciones y reconstrucciones. Se enfoca en desarrollar conceptos, criterios y técnicas mediante la estructura de programas que facilitan la administración de actividades que permiten la restauración de las funciones operativas de los equipos y máquinas.

1.3.2.2. Mantenibilidad

Knezevic (1996). Es una característica inherente de un elemento, relacionada con su capacidad de ser restaurado a un estado que le permita realizar sus funciones de acuerdo a su diseño original, mediante la ejecución de tareas de mantenimiento específicas.

1.3.3. Tipos de Mantenimiento

Los tipos de mantenimiento relacionados a la presente investigación las podemos clasificar de la siguiente manera:

1.3.3.1. Mantenimiento Preventivo

Prando (1996). Es conocido también como Mantenimiento Periódico o FTM (Mantenimiento de tiempo establecido), ya que las actividades que se llevan a cabo se establecen en cuanto a tiempos predeterminados y cuya esencia es prevenir la ocurrencia de fallas.

Buelvas y otros (2014). Se refiere al conjunto de tareas de sustitución que se realizan en intervalos de tiempo fijo,

independientemente de la condición y estado del elemento o componente. Entre las ventajas más importantes el autor menciona:

- a. Costos bajos en comparación con el mantenimiento predictivo.
- b. Reducción del riesgo por fugas y/o fallas.
- c. Reducción de la probabilidad de paradas imprevistas.
- d. Facilita llevar un mejor control y planeación de mantenimiento de los equipos.

1.3.3.1.1. Mantenimiento basado en el tiempo (TBM)

Albrice y otros (2015). Es el principio en el cual se basa la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo a intervalos preestablecidos, tomando como referencia las horas de funcionamiento de la máquina.

1.3.3.2. Mantenimiento Correctivo

García (2003). Es el conjunto de actividades que corrigen las anomalías que surgen en los distintos equipos mientras están en funcionamiento, y que son comunicados oportunamente al área de mantenimiento para su atención correspondiente.

Prado (1996), clasifica el Mantenimiento Correctivo en:

- a. **No planificado**: Es el mantenimiento que se ejecuta cuando se presentan averías imprevistas que se deben corregir lo antes posible o por una situación de urgencia que amerita su rápida restauración a condiciones de funcionamiento.
- b. **Planificado**: Se ejecuta cuando se tiene previo conocimiento de lo que se debe hacer, de modo que cuando el equipo pare, se disponga de manera

organizada los recursos, personal y documentación para llevar a cabo las tareas programas de mantenimiento.

1.3.3.3. Mantenimiento Predictivo

García (2003). Es el mantenimiento que busca conocer y reportar en todo momento el estado y operatividad de máquinas o instalaciones mediante el conocimiento de los valores de variables determinadas y representativas. Para la aplicación de éste mantenimiento es necesario identificar de manera acertada las variables físicas (temperatura, consumo de energía, vibración, etc.) cuya modificación o variación sea indicador de problemas que puedan estar surgiendo en el funcionamiento del equipo. Éste tipo de mantenimiento es el más avanzado hasta hoy, por lo que requiere de medios técnicos muy desarrollados, y de sólidos conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.

1.3.4. El Proceso de Mantenimiento

Knezevic (1996). Es primordial que los sistemas creados por el hombre funcionen de acuerdo a las especificaciones de diseño para las que fueron fabricados, para que esto sea una realidad práctica se tiene en cuenta el proceso de mantenimiento mediante el cual se conserva la capacidad de correcto funcionamiento de los sistemas y es definido como el conjunto de tareas o actividades de mantenimiento ejecutadas por el usuario para mantener el sistema en óptimo estado de funcionamiento durante su utilización.

Los objetivos de las tareas de mantenimiento realizadas durante un proceso de mantenimiento se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a. *Reducción de la tasa de cambio de condición*, lo que permite que el tiempo de vida operativa del sistema sea extendido. Ejemplos típicos son: lavado, limpieza, pintura, ajustes, lubricación, calibración, etc.
- b. *Garantía de la fiabilidad y la seguridad exigidas*, lo que minimiza la probabilidad que aparezcan defectos o fallas. Las actividades ligadas a este objetivo son: inspección, detección, exámenes, pruebas.
- c. *Provisión de la tasa óptima de consumo*, el aprovechamiento eficiente de recursos como combustible, lubricantes, neumáticos, etc., lo que impacta en los costos y gastos por mantenimiento.
- d. *Recuperación de la funcionabilidad del sistema*. Permite la restauración o recuperación de la funcionabilidad del sistema mediante actividades de sustitución, reparación, restauración, renovación, etc.”

1.3.5. Plan de Mantenimiento Preventivo

García (2003). Es un documento en el cual está contenido el conjunto de tareas o actividades de mantenimiento programado que se llevan a cabo para asegurar niveles de disponibilidad de los equipos. La lista de tareas de mantenimiento, principalmente se basan en las recomendaciones del fabricante, aunque se recomienda considerar también factores del escenario de trabajo para afinar el plan de mantenimiento.

1.3.5.1. Manual de Operación y Mantenimiento

Komatsu America International Company (2007).

Este documento contiene la información técnica necesaria para las operaciones que se llevan a cabo en un taller de servicio, con la finalidad de mejorar la calidad de la realización de las tareas de mantenimiento. Contiene información relacionada a

las especificaciones técnicas de la máquina, funcionamiento de los componentes, tareas de mantenimiento preventivo, procedimientos de mantenimiento, localización y diagnóstico de averías.

1.3.6. Conceptos sobre Indicadores de Mantenimiento

La finalidad de utilizar indicadores de mantenimiento, es para medir los resultados esperados de la presente investigación. En este caso se ha utilizado los siguientes:

1.3.6.1. Tiempo Medio Entre Fallas

Salazar (2017). También se conoce en inglés como MTBF (Mean Time Between Failures), representa un importante indicador que expresa el tiempo promedio durante el cual un equipo funciona de manera óptima de acuerdo a su diseño; entendido de otro modo, es el tiempo promedio transcurrido entre una falla y otra.

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{n}$$

Dónde: TBF = Tiempo entre fallas (horas)
n = Número de fallas

1.3.6.2. Tiempo Medio Entre Reparaciones

Salazar (2017). También se conoce como MTTR, por sus siglas en inglés (Mean Time Through Repair), es un indicador que permite medir el tiempo que transcurre cuando un equipo está siendo atendido con tareas de mantenimiento, el tiempo promedio que éstas atenciones necesitan.

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{n}$$

Dónde: TTR = Tiempo total por reparaciones
n = Número de fallas

1.3.6.3. Disponibilidad

Buelvas y otros (2014). Es el parámetro fundamental asociado al mantenimiento, dado que tiene la capacidad de limitar la producción. Está definida como la probabilidad de que una máquina esté en óptimas condiciones para producir en un período de tiempo establecido, o sea que no esté parada por averías o fallas.

Se determina por la siguiente fórmula:

$$D (\%) = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

Dónde: MTBF = Tiempo medio entre fallas
MTTR = Tiempo medio entre reparaciones

1.4. Formulación del Problema

El análisis del escenario actual y las situaciones que se presentan en la empresa nos conllevan a la interrogante base que nos sirve para el desarrollo y formulación del plan de gestión de mantenimiento.

¿De qué manera la propuesta de un Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada, permitirá incrementar la disponibilidad de equipos de la empresa CENFOMIN Educación S.A.C.?

1.5. Justificación del Estudio

1.5.1. Justificación Práctica

La presente investigación permitirá brindar una hoja de ruta clara, ordenada y específica para cada una de las actividades de mantenimiento, mediante programaciones, estimaciones de paradas y asignación de cantidad de personal correcta para cada actividad, permitiendo que el personal de mantenimiento pueda desarrollar dichas tareas en un período de tiempo óptimo, entregar un trabajo de calidad y mejorar sus habilidades profesionales.

1.5.2. Justificación Técnica

Garantiza una reducción de tiempos en los que, los equipos permanecen inoperativos por necesidad de mantenimiento, asegurando así la máxima disponibilidad posible para que sigan en funcionamiento mediante la programación y periodicidad de las actividades de mantenimiento.

1.5.3. Justificación Económica

Permitirá a la empresa usar de manera eficiente sus recursos económicos asignados a la mantenibilidad de los equipos, de este modo se espera que los costos generados por actividades de mantenimiento disminuyan proporcionalmente a medida que se implementan nuevos modelos de gestión de mantenimiento.

1.5.4. Justificación social

Promover una comunicación efectiva con las comunidades involucradas en los planes propuestos en la presente investigación para llevar a cabo actividades de interés común, mediante la participación masiva en foros de consulta y

reuniones, mediante las cuales se pretende recoger sus opiniones y sugerencias que canalicen decisiones hacia un ambiente armonioso de trabajo conjunto para lograr un desarrollo sostenible de la región y el país.

1.6. Hipótesis

La elaboración de un Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada permitirá incrementar la disponibilidad de equipos de la empresa CENFOMIN EDUCACIÓN S.A.C.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Elaborar un Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada para incrementar la disponibilidad de equipos de la empresa CENFOMIN EDUCACIÓN S.A.C.

1.7.2. Objetivos Específicos

- a. Analizar y describir las condiciones, características y procedimientos de la gestión actual de mantenimiento.
- b. Identificar las causas que originan tiempos totales por reparaciones elevados.
- c. Elaborar el plan de mantenimiento preventivo para cada equipo.
- d. Evaluar el beneficio – costo del plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

Sampieri y otros (2014). Por el tipo de investigación es aplicada, porque la propuesta se desarrolla en un escenario y situación real, basándose en investigaciones realizadas previamente por otros autores; es decir, tomando conocimiento existente para mejorar una realidad que contiene un problema a solucionar.

Sampieri y otros (2014). Tiene un alcance descriptivo porque, “se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas”.

Sampieri y otros (2014). Por su diseño es no experimental porque, podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal cual se dan en su contexto natural, para ser analizados como parte de una investigación.

2.2. Variables y Operacionalización

$$Y = f(X)$$

2.2.1. Variable Dependiente

Y = Disponibilidad de equipos

2.2.2. Variable Independiente

X = Plan de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada

Figura N° 03: Operacionalización de Variables

ALUMNO :		Jeremías Eliazer Espinoza Tarrillo		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :		Sistemas de Gestión de la Calidad		
TÍTULO DEL PROYECTO :		"PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS EN LA EMPRESA CENFOMIN EDUCACION SAC, CAJAMARCA - 2018"		
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TECNICAS
Variable Dependiente: Disponibilidad de equipos.	Es la probabilidad de que una máquina esté preparada para ofrecer un servicio en un período de tiempo determinado.	-Tiempo medio entre fallas. -Tiempo medio entre reparaciones.	$MTBF = \frac{\sum TBF}{n}$ <p>Dónde: TBF = Tiempo entre fallas (horas) n = Número de fallas</p>	- Análisis documental. - Observación. - Entrevista.
			$MTTR = \frac{\sum TTR}{n}$ <p>Dónde: TTR = Tiempo total por reparaciones n = Número de fallas</p>	
Variable Independiente: Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada.	Es un documento que contiene el conjunto de tareas o actividades de mantenimiento programado que se llevan a cabo para asegurar niveles de disponibilidad de los equipos.	-Etapas de mantenimiento. -Niveles de mantenimiento periódico.	- Diagrama de flujo - Periodicidad de ejecución (diario, PM1, PM2, PM3, PM4)	- Observación. - Entrevista.

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Proceso de mantenimiento, personal y maquinaria pesada de la empresa CENFOMIN EDUCACIÓN S.A.C.

2.3.2. Muestra

Por conveniencia la muestra para la presente investigación se utilizará el 100 % de la población en el presente estudio.

2.4. Técnicas de recolección de datos

2.4.1. Observación

Se obtiene, de manera perceptiva y seleccionada, datos sobre las actividades que se llevan a cabo en el área de mantenimiento de la empresa CENFOMIN EDUCACION SAC, tanto en campo como en taller, mediante la interacción visual directa con los escenarios involucrados.

2.4.2. Análisis documental

Se toma en cuenta los datos e información que se ha sido registrado en el historial del área de mantenimiento de la empresa y otras fuentes de consulta para generar nuevos documentos afines a la investigación.

2.4.3. Entrevista

Conjunto de diálogos estructurados y específicos a modo de conversación directa acerca de temas puntuales para obtener información sobre todo lo que está involucrado dentro del área de mantenimiento.

2.5. Instrumentos

Figura N° 04: Resumen de técnicas e instrumentos

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación	-Guía de observación.
Análisis documental	-Ficha de registro de datos.
Entrevista	-Guía de entrevista.

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Validez y confiabilidad

No fue necesario realizar un análisis de validez y confiabilidad puesto que los instrumentos no han sido aplicados a una muestra numéricamente considerable.

2.7. Métodos de análisis de datos

La organización y validación de los datos recolectados se realizará mediante el uso del software Microsoft Office Word, Excel y PowerPoint, además de software especializado en caso se requiera.

2.8. Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación tomará en cuenta los estándares definidos en el estilo ISO 690 y 690 – 2 del “Manual de referencias de la Universidad César Vallejo”; considerando principalmente las normas éticas establecidas para el desarrollo de los trabajos de investigación de la universidad.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis y descripción de las condiciones, características y procedimientos del área de mantenimiento

3.1.1. Maquinaria pesada de la empresa

La empresa cuenta con las siguientes máquinas, las cuales fueron objetos de análisis en la presente investigación.

Figura N° 05: Maquinaria de la empresa CENFOMIN EDUCACION SAC

CANTIDAD	TIPO DE MAQUINA	MARCA	MODELO	HORAS	AÑO
01	RETROEXCAVADORA	CATERPILLAR	420F	6552	2013
01	EXCAVADORA	KOMATSU	PC300-LC7	14732	2008
01	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140H	19089	2005

Fuente: Registros de la empresa.

3.1.2. Análisis de la entrevista

Para contribuir con el principal objetivo de la presente investigación, se realizó una entrevista al supervisor de mantenimiento de la empresa, con la finalidad de obtener información precisa y detallada sobre la gestión de las actividades de mantenimiento que se llevan a cabo. A continuación, se resumen los resultados del análisis de las condiciones actuales del área de mantenimiento:

- a. No existe un plan de mantenimiento organizado y definido, el área de mantenimiento se concentra en atender las fallas de los equipos mediante acciones correctivas.
- b. El equipo de trabajo no tiene metodología para solucionar fallas de manera puntual, lo que toma períodos más prolongados para poner en funcionamiento los equipos.
- c. No registran las atenciones de mantenimiento a los equipos, tiempos de parada de máquinas y demás información vital para tomar decisiones estratégicas.

d. No existe un control sobre los gastos que generan las tareas de mantenimiento.

3.1.3. Análisis de disponibilidad

Se revisó la información del historial de la maquinaria para analizar los tiempos entre fallas, los tiempos entre reparaciones, MTBF, MTTR y disponibilidad de los últimos 12 meses, teniendo en cuenta que cada equipo tiene un total de 192 horas de trabajo programadas al mes.

Figura N° 06: Disponibilidad de la retroexcavadora Caterpillar 420F

RETROEXCAVADORA CATERPILLAR 420F							
AÑO	MES	Σ TBF	Σ TTR	n	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
2017	JULIO	165	27	9	18.3	3.0	86%
	AGOSTO	160	32	11	14.5	2.9	83%
	SETIEMBRE	168	24	10	16.8	2.4	88%
	OCTUBRE	161	31	12	13.4	2.6	84%
	NOVIEMBRE	170	22	8	21.3	2.8	89%
	DICIEMBRE	159	33	13	12.2	2.5	83%
2018	ENERO	160	32	12	13.3	2.7	83%
	FEBRERO	163	29	9	18.1	3.2	85%
	MARZO	157	35	13	12.1	2.7	82%
	ABRIL	162	30	11	14.7	2.7	84%
	MAYO	170	22	7	24.3	3.1	89%
	JUNIO	158	34	12	13.2	2.8	82%

Fuente: Registros de la empresa.

Por lo tanto, obtuvimos que, durante los últimos 12 meses la retroexcavadora Caterpillar 420F tuvo una disponibilidad promedio del 85 %.

Figura N° 07: Disponibilidad de la excavadora PC300-LC7

EXCAVADORA KOMATSU PC300-LC7							
AÑO	MES	Σ TBF	Σ TTR	n	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
2017	JULIO	142	50	13	10.9	3.8	74%
	AGOSTO	138	54	11	12.5	4.9	72%
	SETIEMBRE	145	47	12	12.1	3.9	76%
	OCTUBRE	156	36	13	12.0	2.8	81%
	NOVIEMBRE	168	24	10	16.8	2.4	88%
	DICIEMBRE	160	32	12	13.3	2.7	83%
2018	ENERO	158	34	12	13.2	2.8	82%
	FEBRERO	143	49	15	9.5	3.3	74%
	MARZO	139	53	15	9.3	3.5	72%
	ABRIL	139	53	14	9.9	3.8	72%
	MAYO	147	45	14	10.5	3.2	77%
	JUNIO	158	34	11	14.4	3.1	82%

Fuente: Registros de la empresa.

Por lo tanto, obtuvimos que, durante los últimos 12 meses la excavadora PC300-LC7 tuvo una disponibilidad promedio del 78 %.

Figura N° 08: Disponibilidad de la motoniveladora 140H

MOTONIVELADORA CATERPILLAR 140H							
AÑO	MES	Σ TBF	Σ TTR	n	MTBF	MTTR	DISPONIBILIDAD
2017	JULIO	145	47	11	13.2	4.3	76%
	AGOSTO	139	53	13	10.7	4.1	72%
	SETIEMBRE	143	49	12	11.9	4.1	74%
	OCTUBRE	155	37	10	15.5	3.7	81%
	NOVIEMBRE	159	33	10	15.9	3.3	83%
	DICIEMBRE	160	32	11	14.5	2.9	83%
2018	ENERO	155	37	14	11.1	2.6	81%
	FEBRERO	140	52	16	8.8	3.3	73%
	MARZO	140	52	16	8.8	3.3	73%
	ABRIL	138	54	16	8.6	3.4	72%
	MAYO	145	47	13	11.2	3.6	76%
	JUNIO	148	44	12	12.3	3.7	77%

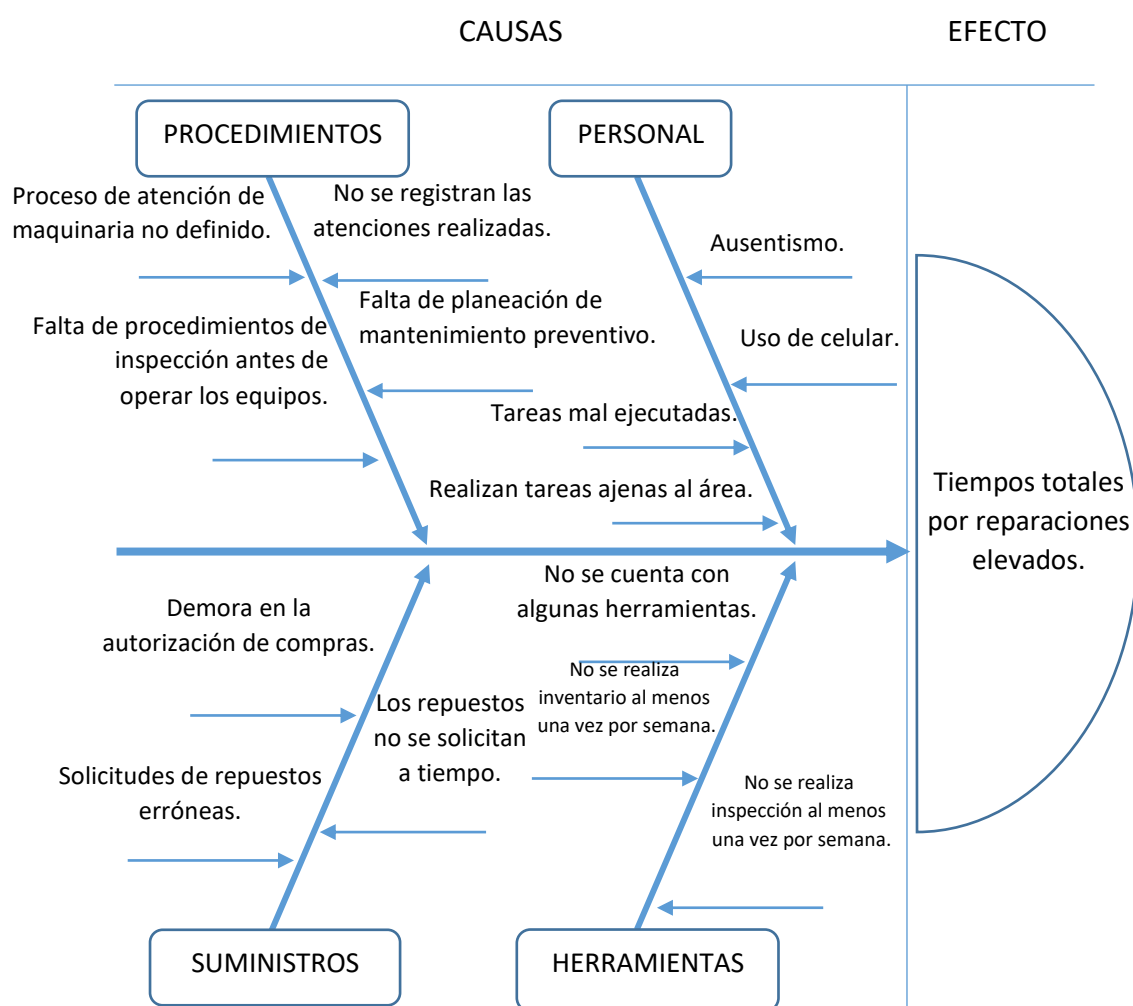
Fuente: Registros de la empresa.

Por lo tanto, obtuvimos que, durante los últimos 12 meses la motoniveladora 140h tuvo una disponibilidad promedio del 77 %.

3.1.4. Identificación de posibles causas mediante DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Mediante una lluvia de ideas, en la cual participó el equipo de mantenimiento de la empresa, se determinaron las probables causas raíz que originan el efecto estudiado mediante la aplicación práctica del diagrama de Ishikawa.

Figura N° 09: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia.

Luego se hizo una lista con las causas encontradas en cada categoría, recordando que éstas tienen carácter cualitativo hasta ahora.

Figura N° 10: Lista de posibles causas

CATEGORÍA	ITEM	CAUSAS
PERSONAL	C1	Ausentismo.
	C2	Uso del celular.
	C3	Tareas mal ejecutadas.
	C4	Realizan tareas ajenas al área.
PROCEDIMIENTOS	C5	Proceso de atención de maquinaria no definido.
	C6	No se registran las atenciones realizadas.
	C7	Falta de procedimientos de inspección antes de operar los equipos.
	C8	Falta de planeación de mantenimiento preventivo.
SUMINISTROS	C9	Demora en la autorización de compras.
	C10	Los repuestos no se solicitan a tiempo.
	C11	Solicitudes de repuestos erróneas.
HERRAMIENTAS	C12	No se inspeccionan al menos una vez por semana.
	C13	No se realiza inventario al menos una vez por semana.
	C14	No se cuenta con algunas herramientas.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Identificación de las causas que originan tiempos totales por reparaciones elevados

3.2.1. Análisis de resultados mediante el principio de PARETO

Luego que se identificaron las causas, se procedió a realizar el análisis de los resultados del Diagrama de Ishikawa, ya que debemos trabajar con datos cuantitativos con la finalidad de ser objetivos. A continuación, el proceso:

Primero: Mediante la guía de observación se recolectaron los siguientes datos en campo, los mismos que se relacionan directamente con las causas identificadas. Ahora debemos listar de mayor a menor las frecuencias de las causas encontradas.

Figura N° 11: Asignación de valores de frecuencia

ITEM	CAUSAS	FRECUENCIA
C5	Proceso de atención de maquinaria no definido.	40
C7	Falta de procedimientos de inspección antes de operar los equipos.	32
C8	Falta de planeación de mantenimiento preventivo.	30
C3	Tareas mal ejecutadas.	16
C4	Realizan tareas ajenas al área.	15
C6	No se registran las atenciones realizadas.	14
C11	Solicitudes de repuestos erróneas.	11
C9	Demora en la autorización de compras.	10
C10	Los repuestos no se solicitan a tiempo.	10
C14	No se cuenta con algunas herramientas.	10
C2	Uso del celular.	8
C12	No se inspeccionan al menos una vez por semana.	8
C13	No se realiza inventario al menos una vez por semana.	8
C1	Ausentismo.	3

Fuente: Elaboración propia.

Segundo: Se agregan los datos de frecuencia, frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado.

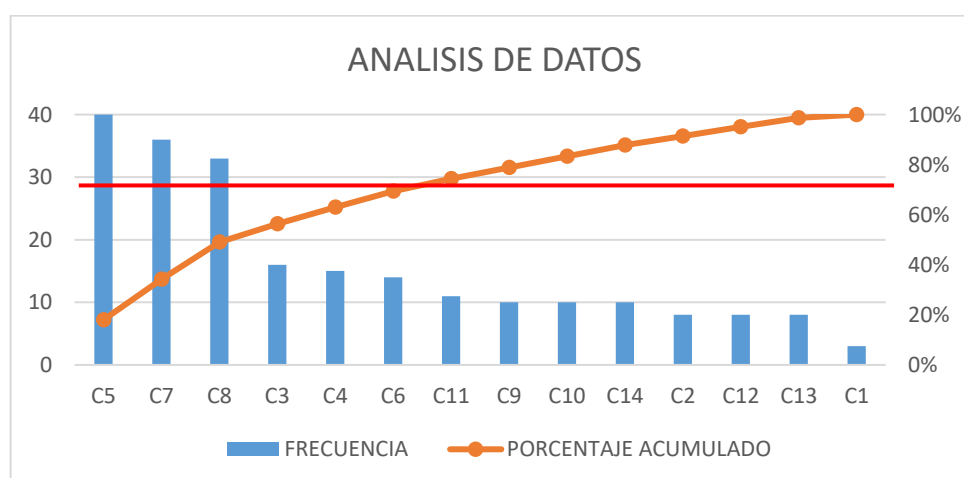
Figura N° 12: Asignación de valores de frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado

ITEM	CAUSAS	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
C5	Proceso de atención de maquinaria no definido.	40	40	19%	19%
C7	Falta de procedimientos de inspección antes de operar los equipos.	32	72	15%	33%
C8	Falta de planeación de mantenimiento preventivo.	30	102	14%	47%
C3	Tareas mal ejecutadas.	16	118	7%	55%
C4	Realizan tareas ajenas al área.	15	133	7%	62%
C6	No se registran las atenciones realizadas.	14	147	7%	68%
C11	Solicitudes de repuestos erróneas.	11	158	5%	73%
C9	Demora en la autorización de compras.	10	168	5%	78%
C10	Los repuestos no se solicitan a tiempo.	10	178	5%	83%
C14	No se cuenta con algunas herramientas.	10	188	5%	87%
C2	Uso del celular.	8	196	4%	91%
C12	No se inspeccionan al menos una vez por semana.	8	204	4%	95%
C13	No se realiza inventario al menos una vez por semana.	8	212	4%	99%
C1	Ausentismo.	3	215	1%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tercero: Representamos la información de la tabla anterior para identificar las causas sobre las que debemos enfocarnos para solucionar el problema.

Figura N° 13: Representación de valores de frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado



Fuente: Elaboración propia.

Cuarto: Ahora señalamos las causas definitivas que representan el 20 % de acciones que impactan en el 80 % de resultados. Sobre éstas debemos enfocar las actividades principales y plantear nuestro plan de mantenimiento preventivo.

Figura N° 14: Resultados del análisis de Pareto

ITEM	CAUSAS	% DE CAUSAS	% DE EFECTOS
C5	Proceso de atención de maquinaria no definido.	20 %	% 80
C7	Falta de procedimientos de inspección antes de operar los equipos.		
C8	Falta de planeación de mantenimiento preventivo.		

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Elaboración del plan de mantenimiento preventivo para cada equipo

3.3.1. Información general de la empresa

- a. Razón social : CENFOMIN EDUCACION SAC
- b. RUC : 20600126181
- c. Domicilio fiscal : Jr. José Sabogal N° 623
- d. Distrito/Provincia : Cajamarca-Cajamarca
- e. Fecha de inicio de actividades : 01 de febrero de 2015
- f. Actividad comercial : Enseñanza superior y alquiler de maquinaria

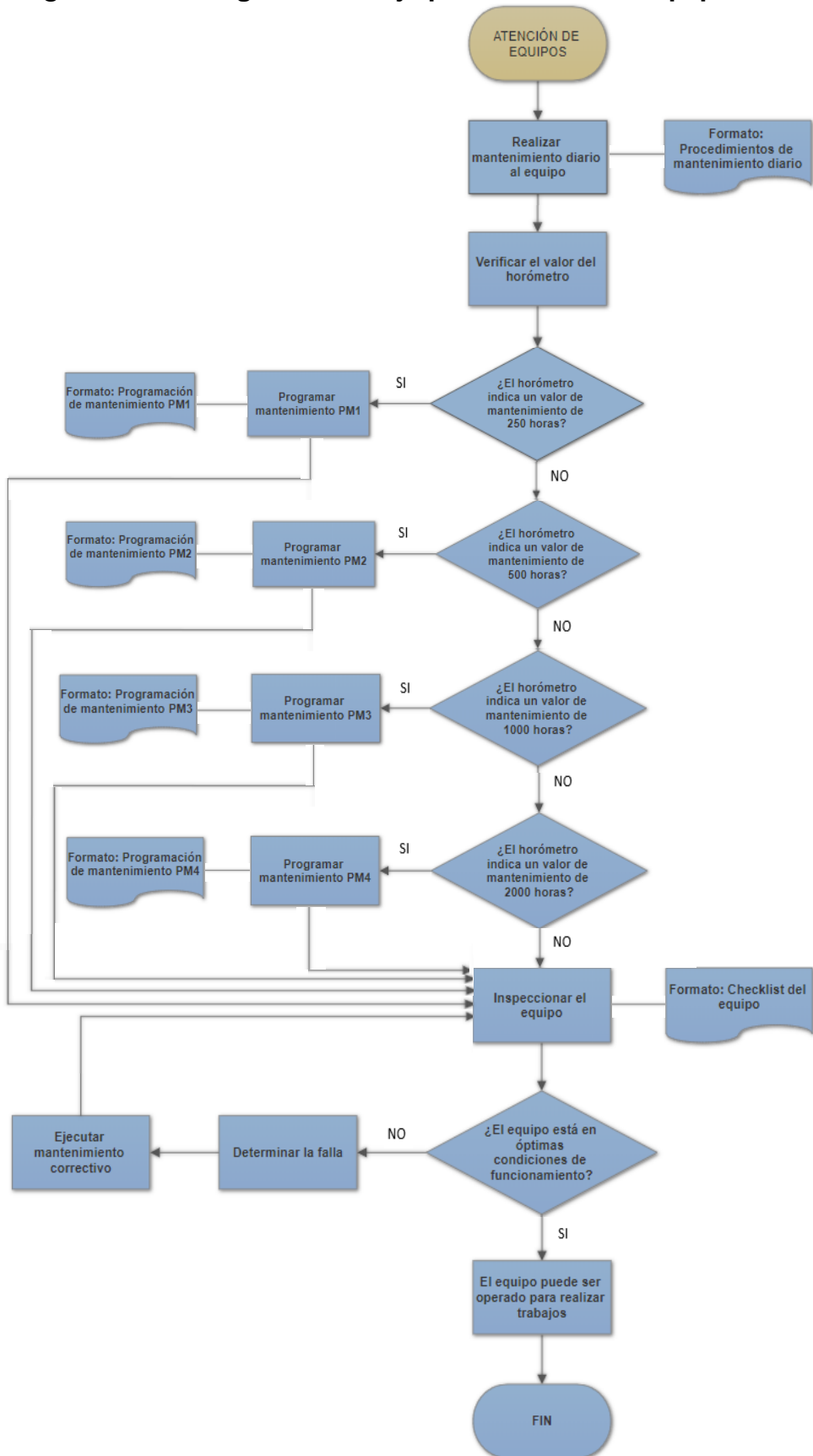
3.3.2. Proceso de atención de maquinaria no definido.

En la primera etapa del plan se solucionó la falta de procedimientos establecidos para realizar la atención por mantenimiento a los equipos.

3.3.2.1. Propuesta de solución

Se propuso una secuencia de procedimientos para atender los equipos, de este modo se obtuvo un conjunto de actividades ordenadas por niveles de atención y ejecución; para esto la propuesta se determinó mediante un diagrama de flujo.

Figura N° 15: Diagrama de flujo para atender los equipos



Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.2. Actividades a realizar

- a. Realizar mantenimiento diario.
- b. Verificar valores de los horómetros.
- c. Según corresponda, realizar mantenimiento PM1.
- d. Según corresponda, realizar mantenimiento PM2.
- e. Según corresponda, realizar mantenimiento PM3.
- f. Según corresponda, realizar mantenimiento PM4.
- g. Inspeccionar el equipo.
- h. Según corresponda, determinar la falla y ejecutar mantenimiento correctivo.
- i. Autorizar la operación y realización de trabajos con el equipo.

3.3.2.3. Recursos

- a. Formato de "Procedimientos de mantenimiento diario".
- b. Formato de "Programación de mantenimiento PM1".
- c. Formato de "Programación de mantenimiento PM2".
- d. Formato de "Programación de mantenimiento PM3".
- e. Formato de "Programación de mantenimiento PM4".
- f. Formato de "Checklist del equipo".
- g. Personal de mantenimiento y operadores de los equipos.

3.3.2.4. Costos

Figura N° 16: Costos de recursos

ITEM	DESCRIPCION	COSTOS S/.
1	Impresión de 01 millar de cada formato propuesto.	480.00
2	Supervisor de mantenimiento. (por mes)	2000.00
3	Mecánico. (por mes)	1500.00
Total		3980.00

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.5. Tiempo

Se considera que para implementar la adecuación de estos procesos llevará 01 mes como máximo.

3.3.3. Falta de procedimientos de inspección antes de operar los equipos

Otro problema a solucionar es la falta de acciones orientadas a ejecutar inspecciones de los equipos antes de ser operados.



3.3.3.1. Propuesta de solución

De acuerdo al diagrama de flujo del proceso de atención de los equipos, se propuso utilizar un formato que permita evaluar las condiciones de los equipos antes de ser operados, a continuación, se presenta los formatos de checklist para cada equipo, el cual debe ser utilizado por los operadores al inicio de cada turno de trabajo. Éste formato servirá también como un registro de eventos y serán archivados como parte del historial de fallas y atenciones de mantenimiento.

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones sobre los formatos de checklist:



- a. Se debe imprimir bloques de formatos de checklist, diferenciados por máquina y correctamente enumerados.
- b. Estos formatos de checklist deben encontrarse dentro de la cabina de cada equipo.
- c. Deben ser revisados, firmados y archivados por el supervisor de mantenimiento durante el transcurso del turno de trabajo.

Figura N° 17: Formato de Checklist de Retroexcavadora

		CHECKLIST DE RETROEXCAVADORA									
OPERADOR						FECHA					
LUGAR						HORA					
MARCA Y MODELO						COMBUSTIBLE					
SUPERVISOR						HOROMETRO					
OK	En óptimas condiciones de funcionamiento				<input checked="" type="checkbox"/>	NC	Necesita corrección				<input checked="" type="checkbox"/>
		¿Qué está inspeccionando?		Estado				¿Qué está inspeccionando?		Estado	
ITEM	IMPLEMENTO DELANTERO			OK	NC	ITEM	COMPARTIMIENTO DEL MOTOR			OK	NC
1	Cucharón.					29	Correas y fajas.				
2	Elementos de corte (uñas o cuchilla)					30	Radiador.				
3	Cilindros hidráulicos.					31	Enfriador hidráulico.				
4	Conexiones y líneas hidráulicas.					32	Filtros de combustible.				
5	Traba del mecanismo de levante.					33	Filtro de aceite.				
6	Mecanismo de posición del cucharón.					34	Interruptor general de energía.				
		IMPLEMENTO POSTERIOR		OK	NC			PRUEBAS OPERACIONALES		OK	NC
8	Cucharón.					35	Avance.				
9	Elementos de corte (uñas o cuchilla)					36	Retroceso.				
10	Cilindros hidráulicos.					37	Viraje/giros.				
11	Conexiones y líneas hidráulicas.					38	Frenos de servicio.				
12	Traba del mecanismo de giro.					39	Freno de estacionamiento.				
13	Seguro de implemento para traslado.					40	Sistema del implemento delantero.				
14	Estabilizadores.					41	Sistema del implemento posterior.				
		SISTEMA ELÉCTRICO		OK	NC			SEGURIDAD		OK	NC
15	Luces delanteras.					42	Conos de seguridad.				
16	Luces posteriores.					43	Extintor.				
17	Neblineros.					44	Kit para derrames.				
18	Bocina.					45	Botiquín.				
19	Alarma de retroceso.					46	Cinturón de seguridad.				
20	Luces de freno.					47	Espejos.				
21	Luces de estacionamiento.					48	Vidrios y parabrisas.				
22	Baliza.					49	Accesos a cabina (escalera, barandas)				
		NIVELES DE FLUIDOS		OK	NC			VARIOS		OK	NC
23	Combustible.					50	Neumáticos delanteros.				
24	Aceite hidráulico.					51	Neumáticos posteriores.				
25	Aceite de transmisión.					52	Pernos y tuercas de ruedas.				
26	Aceite de motor.					53	Limpiaparabrisas.				
27	Refrigerante.					54	Sistema de aire acondicionado.				
28	Agua del limpiaparabrisas.					55	Limpieza interior y exterior.				
OBSERVACIONES						SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO					



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 18: Formato de Checklist de Excavadora

		CHECKLIST DE EXCAVADORA					
OPERADOR			FECHA				
LUGAR			HORA				
MARCA Y MODELO			COMBUSTIBLE				
SUPERVISOR			HOROMETRO				
OK	En óptimas condiciones de funcionamiento		<input checked="" type="checkbox"/>	NC	Necesita corrección		<input checked="" type="checkbox"/>
¿Qué está inspeccionando?		Estado		¿Qué está inspeccionando?		Estado	
ITEM	IMPLEMENTO	OK	NC	ITEM	TREN DE RODAMIENTO	OK	NC
1	Cucharón.			26	Cadenas.		
2	Elementos de corte (cuchillas y cantonera)			27	Zapatas.		
3	Pines y bocinas.			28	Rueda motriz.		
4	Cilindros hidráulicos.			29	Rueda guía.		
5	Conexiones y líneas hidráulicas.			30	Rodillos superiores.		
6	Mecanismo de giro (tornamesa).			31	Rodillos inferiores.		
SISTEMA ELÉCTRICO		OK	NC	PRUEBAS OPERACIONALES		OK	NC
8	Luces.			32	Avance.		
9	Neblineros.			33	Retroceso.		
10	Bocina.			34	Giro.		
11	Baliza.			35	Funcionamiento de implemento.		
12	Alarma de retroceso.			36	Contrarotación de cadenas.		
NIVELES DE FLUIDOS		OK	NC	SEGURIDAD		OK	NC
13	Combustible.			37	Conos de seguridad.		
14	Aceite hidráulico.			38	Extintor.		
15	Aceite de transmisión.			39	Kit para derrames.		
16	Aceite del motor de giro.			40	Botiquín.		
17	Aceite de la caja de amortiguación.			41	Cinturón de seguridad.		
18	Aceite de motor.			42	Espejos.		
19	Refrigerante.			43	Vidrios y parabrisas.		
20	Agua del limpiaparabrisas.			44	Accesos a plataforma (escalera, barandas)		
COMPARTIMIENTO DEL MOTOR		OK	NC	VARIOS		OK	NC
21	Correas y fajas.			45	Pala para limpieza de cadenas.		
22	Radiador.			46	Compuertas de compartimientos.		
23	Enfriador hidráulico.			47	Lubricación.		
24	Filtros de combustible.			48	Limpiaparabrisas.		
25	Filtro de aceite.			49	Sistema de aire acondicionado.		
OBSERVACIONES				SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO			

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 19: Formato de Checklist de Motoniveladora

		CHECKLIST DE MOTONIVELADORA					
OPERADOR				FECHA			
LUGAR				HORA			
MARCA Y MODELO				COMBUSTIBLE			
SUPERVISOR				HOROMETRO			
OK	En óptimas condiciones de funcionamiento	✓		NC	Necesita corrección		
¿Qué está inspeccionando?		Estado		¿Qué está inspeccionando?			
ITEM	IMPLEMENTO PRINCIPAL	OK	NC	ITEM	COMPARTIMIENTO DEL MOTOR		
1	Hoja de trabajo.			29	Correas y fajas.		
2	Elementos de corte (cuchillas y cantonera)			30	Radiador.		
3	Cilindros hidráulicos.			31	Enfriador hidráulico.		
4	Conexiones y líneas hidráulicas.			32	Filtros de combustible.		
5	Mecanismo de giro (tornamesa).			33	Filtro de aceite.		
6	Traba de fijación del implemento.			34	Interruptor general de energía.		
IMPLEMENTO SECUNDARIO		OK	NC	PRUEBAS OPERACIONALES			
8	Escarificadores.			35	Avance.		
9	Seguros de escarificadores.			36	Retroceso.		
10	Elementos de penetración (uñas).			37	Viraje/giros/articulación.		
11	Seguros de uñas.			38	Frenos de servicio.		
12	Cilindros hidráulicos.			39	Freno de estacionamiento.		
13	Conexiones y líneas hidráulicas.			40	Sistema del implemento principal.		
14	Guardas de protección.			41	Sistema del implemento secundario.		
SISTEMA ELÉCTRICO		OK	NC	SEGURIDAD			
15	Luces delanteras.			42	Conos de seguridad.		
16	Luces posteriores.			43	Extintor.		
17	Neblineros.			44	Kit para derrames.		
18	Bocina.			45	Botiquín.		
19	Alarma de retroceso.			46	Cinturón de seguridad.		
20	Luces de freno.			47	Espejos.		
21	Luces de estacionamiento.			48	Vidrios y parabrisas.		
22	Baliza.			49	Accesos a cabina (escalera, barandas)		
NIVELES DE FLUIDOS		OK	NC	VARIOS			
23	Combustible.			50	Neumáticos delanteros.		
24	Aceite hidráulico.			51	Neumáticos posteriores.		
25	Aceite de transmisión.			52	Pernos y tuercas de ruedas.		
26	Aceite de motor.			53	Limpiaparabrisas.		
27	Refrigerante.			54	Sistema de aire acondicionado.		
28	Agua del limpiaparabrisas.			55	Limpieza interior y exterior.		
OBSERVACIONES				SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO			

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.2. Actividades a realizar

- a. Inspección de equipos antes de ser operados.
- b. Verificar sistemas de máquina y de motor.
- c. Coordinar con el área de mantenimiento en caso se requiera.

3.3.3.3. Recursos

- a. Formatos de “Checklist del equipo”.
- b. Personal de mantenimiento y operadores de los equipos.
- c. Medidor de aire de neumáticos.
- d. Artículos de limpieza (escoba, balde pequeño, franela y silicona)

3.3.3.4. Costos

Figura N° 20: Costos de recursos

ITEM	DESCRIPCION	COSTOS S/.
2	Medidor de aire de neumáticos.	45.00
3	Artículos de limpieza (escoba, balde pequeño, franela y silicona)	35.00
Total		80.00

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.5. Tiempo

Cada sesión de inspección de cada equipo se debe realizar en un período de 20 minutos como máximo.

3.3.4. Falta de planeación de mantenimiento preventivo

No cuentan con procedimientos para programar las actividades de los diferentes mantenimientos preventivos.

3.3.4.1. Propuesta de solución

Se organizó la programación de los niveles de mantenimiento preventivo, de esta manera se contará de manera clara el plan

de acciones en cada aplicación del programa. La siguiente tabla muestra la programación de acuerdo al horómetro de la máquina. Éstos se programarán en fechas que no interfieran con los trabajos que se realizan con la maquinaria.

Figura N° 21: Niveles de mantenimiento preventivo

HOROMETRO	PM	FRECUENCIA	EJECUCION DE TAREAS
10 horas	Diario	Cada turno	PM-D
250 horas	PM1	Cada 250 horas	PM1
500 horas	PM2	Cada 500 horas	PM1 + PM2
750 horas	PM1	Cada 250 horas	PM1
1000 horas	PM3	Cada 1000 horas	PM1 + PM2 + PM3
1250 horas	PM1	Cada 250 horas	PM1
1500 horas	PM2	Cada 500 horas	PM1 + PM2
1750 horas	PM1	Cada 250 horas	PM1
2000 horas	PM4	Cada 2000 horas	PM1+PM2+PM3+PM4
No definido.	--	Cuando sea necesario	De acuerdo a formato

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.2. Mantenimiento preventivo diario de la retroexcavadora CATERPILLAR 420F

Actividad realizada al inicio de cada turno de trabajo antes de que el operador realice el checklist del equipo.

Figura N° 22: Formato de Mantenimiento Preventivo Diario de la Retroexcavadora 420F

		<u>MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO (PM-D)</u>		
EQUIPO		FECHA		
EJECUTADO POR		HORA		
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)	
SUPERVISOR		HOROMETRO		
ITEM	REFERENCIA			ACCIÓN
1	Cojinetes del cucharón, cilindros y articulaciones del mecanismo de levante.			LUBRICAR
2	Cojinetes de la pluma, del brazo, del cucharón, cilindros y articulaciones de excavación.			LUBRICAR
3	Cojinetes del estabilizador y cilindros.			LUBRICAR
4	Cojinetes del bastidor y cilindros de rotación.			LUBRICAR
5	Par de apriete de las tuercas de las ruedas.			COMPROBAR
6	Presión de inflado de neumáticos.			COMPROBAR
7	Separador de agua del sistema de combustible.			DRENAR
8	Agua y sedimentos del tanque de combustible.			DRENAR
9	Verificar el nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento.			RELLENAR
10	Verificar el nivel de aceite de motor.			RELLENAR
11	Verificar el nivel de aceite de la transmisión.			RELLENAR
12	Verificar el nivel de aceite del sistema hidráulico.			RELLENAR
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO		

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.3. Mantenimiento preventivo PM1 de la retroexcavadora CATERPILLAR 420F

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 250 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro.

Figura N° 23: Formato de Mantenimiento Preventivo de 250 horas de la Retroexcavadora 420F


 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM1 (250 HORAS) 			
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	02 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	7W-2326	01 Unidad
3	Filtro secundario de combustible del separador de agua.	156-1200	01 Unidad
4	Filtro primario de combustible.	361-9554	01 Unidad
ITEM	REFERENCIA	ACCIÓN	
1	Respiradores de los ejes.	LIMPIAR	
2	Inspeccionar correas de transmisión.	AJUSTAR	
3	Verificar el nivel de aceite del diferencial delantero.	RELLENAR	
4	Verificar el nivel de aceite del diferencial posterior.	RELLENAR	
5	Verificar el nivel de aceite de mandos finales delanteros.	RELLENAR	
6	Verificar el nivel de aceite de mandos finales posteriores.	RELLENAR	
7	Crucetas de los ejes cardánicos.	LUBRICAR	
8	Aceite de motor.	CAMBIAR	
9	Filtro de aceite de motor.	CAMBIAR	
10	Filtro secundario del separador de agua del sistema de combustible.	CAMBIAR	
11	Filtro primario de combustible.	CAMBIAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.4. Mantenimiento preventivo PM2 de la retroexcavadora CATERPILLAR 420F

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 500 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro. Además, en cada PM2 también deben realizarse las actividades del PM1.

Figura N° 24: Formato de Mantenimiento Preventivo de 500 horas de la Retroexcavadora 420F



		MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2 (500 HORAS) 	
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM1	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	02 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	7W-2326	01 Unidad
3	Filtro secundario de combustible del separador de agua.	156-1200	01 Unidad
4	Filtro primario de combustible.	361-9554	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM2	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Filtro de aceite de la transmisión.	119-4740	01 Unidad
ITEM	REFERENCIA PM1	ACCIÓN	
1	Respiradores de los ejes.	LIMPIAR	
2	Inspeccionar correas de transmisión.	AJUSTAR	
3	Verificar el nivel de aceite del diferencial delantero.	RELLENAR	
4	Verificar el nivel de aceite del diferencial posterior.	RELLENAR	
5	Verificar el nivel de aceite de mandos finales delanteros.	RELLENAR	
6	Verificar el nivel de aceite de mandos finales posteriores.	RELLENAR	
7	Crucetas de los ejes cardánicos.	LUBRICAR	
8	Aceite de motor.	CAMBIAR	
9	Filtro de aceite de motor.	CAMBIAR	
10	Filtro secundario del separador de agua del sistema de combustible.	CAMBIAR	
11	Filtro primario de combustible.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM2	ACCIÓN	
1	Traba de la consola de control del mecanismo de excavación.	LUBRICAR	
2	Filtro de aceite de la transmisión.	CAMBIAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.5. Mantenimiento preventivo PM3 de la retroexcavadora CATERPILLAR 420F

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 1000 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro. Además, en cada PM3 también deben realizarse las actividades del PM1 y PM2.

Figura N° 25: Formato de Mantenimiento Preventivo de 1000 horas de la Retroexcavadora 420F



 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM3 (1000 HORAS) 			
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM1	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	02 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	7W-2326	01 Unidad
3	Filtro secundario de combustible del separador de agua.	156-1200	01 Unidad
4	Filtro primario de combustible.	361-9554	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM2	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Filtro de aceite de la transmisión.	119-4740	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM3	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Elemento del filtro de aceite del sistema hidráulico.	362-1163	01 Unidad
2	Aceite del diferencial delantero SAE 30.	-	2.9 Galones
3	Aceite del diferencial posterior SAE 30.	-	4.4 Galones
4	Aditivo para aceite de eje y frenos.	197-0017	0.5 Litros
5	Aceite de mando finales delantero SAE 50. (Cada lado).		0.2 Galones
6	Aceite de mandos finales posteriores SAE 50. (Cada lado).		0.45 Galones
7	Aceite de transmisión SAE 30.		5 Galones
ITEM	REFERENCIA PM1	ACCIÓN	
1	Respiradores de los ejes.	LIMPIAR	
2	Inspeccionar correas de transmisión.	AJUSTAR	
3	Verificar el nivel de aceite del diferencial delantero.	RELLENAR	
4	Verificar el nivel de aceite del diferencial posterior.	RELLENAR	
5	Verificar el nivel de aceite de mandos finales delanteros.	RELLENAR	
6	Verificar el nivel de aceite de mandos finales posteriores.	RELLENAR	
7	Crucetas de los ejes cardánicos.	LUBRICAR	
8	Aceite de motor.	CAMBIAR	
9	Filtro de aceite de motor.	CAMBIAR	
10	Filtro secundario del separador de agua del sistema de combustible.	CAMBIAR	
11	Filtro primario de combustible.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM2	ACCIÓN	
1	Traba de la consola de control del mecanismo de excavación.	LUBRICAR	
2	Filtro de aceite de la transmisión.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM3	ACCIÓN	
1	Comprobar juego de válvulas del motor.	AJUSTAR.	
2	Elemento del filtro de aceite del sistema hidráulico.	CAMBIAR	
3	Aceite del diferencial delantero.	CAMBIAR	
4	Aceite del diferencial posterior.	CAMBIAR	
5	Aditivo para aceite de eje y frenos.	RELLENAR	
6	Aceite de mandos finales delanteros.	CAMBIAR	
7	Aceite de mandos finales posteriores.	CAMBIAR	
8	Aceite de transmisión.	CAMBIAR	
9	Cojinetes de las ruedas delanteras.	LUBRICAR	
10	Rejilla magnética de la transmisión.	LIMPIAR	
11	Inspeccionar pernos de la estructura contra vuelcos (ROPS).	AJUSTAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.6. Mantenimiento preventivo PM4 de la retroexcavadora CATERPILLAR 420F

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 2000 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro. Además, en cada PM4 también deben realizarse las actividades del PM1, PM2 y PM3.

Figura N° 26: Formato de Mantenimiento Preventivo de 2000 horas de la Retroexcavadora 420F

 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM4 (2000 HORAS) 			
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM1	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	02 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	7W-2326	01 Unidad
3	Filtro secundario de combustible del separador de agua.	156-1200	01 Unidad
4	Filtro primario de combustible.	361-9554	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM2	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Filtro de aceite de la transmisión.	119-4740	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM3	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Elemento del filtro de aceite del sistema hidráulico.	362-1163	01 Unidad
2	Aceite del diferencial delantero SAE 30.	-	2.9 Galones
3	Aceite del diferencial posterior SAE 30.	-	4.4 Galones
4	Aditivo para aceite de eje y frenos.	197-0017	0.5 Litros
5	Aceite de mando finales delantero SAE 50. (Cada lado).		0.2 Galones
6	Aceite de mandos finales posteriores SAE 50. (Cada lado).		0.45 Galones
7	Aceite de transmisión SAE 30.		5 Galones
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM4	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite hidráulico SAE 10.	-	11.1 Galones
ITEM	REFERENCIA PM1		ACCIÓN
1	Respiradores de los ejes.		LIMPIAR
2	Inspeccionar correas de transmisión.		AJUSTAR
3	Verificar el nivel de aceite del diferencial delantero.		RELLENAR
4	Verificar el nivel de aceite del diferencial posterior.		RELLENAR
5	Verificar el nivel de aceite de mandos finales delanteros.		RELLENAR
6	Verificar el nivel de aceite de mandos finales posteriores.		RELLENAR
7	Crucetas de los ejes cardánicos.		LUBRICAR
8	Aceite de motor.		CAMBIAR
9	Filtro de aceite de motor.		CAMBIAR
10	Filtro secundario del separador de agua del sistema de combustible.		CAMBIAR
11	Filtro primario de combustible.		CAMBIAR

ITEM	REFERENCIA PM2	ACCIÓN
1	Traba de la consola de control del mecanismo de excavación.	LUBRICAR
2	Filtro de aceite de la transmisión.	CAMBIAR

ITEM	REFERENCIA PM3	ACCIÓN
1	Comprobar juego de válvulas del motor.	AJUSTAR.
2	Elemento del filtro de aceite del sistema hidráulico.	CAMBIAR
3	Aceite del diferencial delantero.	CAMBIAR
4	Aceite del diferencial posterior.	CAMBIAR
5	Aditivo para aceite de eje y frenos.	RELLENAR
6	Aceite de mandos finales delanteros.	CAMBIAR
7	Aceite de mandos finales posteriores.	CAMBIAR
8	Aceite de transmisión.	CAMBIAR
9	Cojinetes de las ruedas delanteras.	LUBRICAR
10	Rejilla magnética de la transmisión.	LIMPIAR
11	Inspeccionar pernos de la estructura contra vuelcos (ROPS).	AJUSTAR

ITEM	REFERENCIA PM4	ACCIÓN
1	Aceite del sistema hidráulico.	CAMBIAR
2	Termostato.	LIMPIAR

OBSERVACIONES	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.7. Mantenimiento preventivo diario de la excavadora KOMATSU PC300-LC7

Actividad realizada al inicio de cada turno de trabajo antes de que el operador realice el checklist del equipo.

Figura N° 27: Formato de Mantenimiento Preventivo Diario de la Excavadora PC300-LC7



EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	REFERENCIA	ACCIÓN	
1	Pines y cilindros del boom.	LUBRICAR	
2	Pines y cilindros del brazo.	LUBRICAR	
3	Pines y cilindros del cucharón.	LUBRICAR	
4	Cremallera del sistema de giro.	LUBRICAR	
5	Agua y sedimentos del tanque de combustible.	DRENAR	
6	Verificar el nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento.	RELLENAR	
7	Verificar el nivel de aceite de motor.	RELLENAR	
8	Verificar el nivel de aceite de la caja de amortiguación.	RELLENAR	
9	Verificar el nivel de aceite del motor de giro.	RELLENAR	
10	Verificar el nivel de aceite del sistema hidráulico.	RELLENAR	
11	Verificar el nivel de agua del limpiaparabrisas.	RELLENAR	
12	Verificar la tensión de las cadenas.	AJUSTAR	
13	Verificar los pernos de zapata de las cadenas.	AJUSTAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.8. Mantenimiento preventivo PM1 de la excavadora KOMATSU PC300-LC7

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 250 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro.

Figura N° 28: Formato de Mantenimiento Preventivo de 250 horas de la Excavadora PC300-LC7



		MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM1 (250 HORAS) 	
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	09.25 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	6742-01-4540	01 Unidad
3	Filtro primario de combustible.	600-311-8321	01 Unidad
ITEM	REFERENCIA	ACCIÓN	
1	Inspeccionar correas de transmisión.	AJUSTAR	
2	Verificar el nivel de aceite de los mandos finales.	RELLENAR	
3	Aceite de motor.	CAMBIAR	
4	Filtro de aceite de motor.	CAMBIAR	
5	Filtro primario de combustible.	CAMBIAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.9. Mantenimiento preventivo PM2 de la excavadora KOMATSU PC300-LC7

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 500 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro. Además, en cada PM2 también deben realizarse las actividades del PM1.

Figura N° 29: Formato de Mantenimiento Preventivo de 500 horas de la Excavadora PC300-LC7



 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2 (500 HORAS) 			
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM1	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	09.25 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	6742-01-4540	01 Unidad
3	Filtro primario de combustible.	600-311-8321	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM2	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Elemento del respiradero del tanque hidráulico.	20Y-60-21470	01 Unidad
ITEM	REFERENCIA PM1	ACCIÓN	
1	Inspeccionar correas de transmisión.	AJUSTAR	
2	Verificar el nivel de aceite de los mandos finales.	RELLENAR	
3	Aceite de motor.	CAMBIAR	
4	Filtro de aceite de motor.	CAMBIAR	
5	Filtro primario de combustible.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM2	ACCIÓN	
1	Verificar el nivel de grasa del piñon de giro.	RELLENAR	
2	Elemento del respiradero del tanque hidráulico.	CAMBIAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.10. Mantenimiento preventivo PM3 de la excavadora KOMATSU PC300-LC7

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 1000 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro. Además, en cada PM3 también deben realizarse las actividades del PM1 y PM2.

Figura N° 30: Formato de Mantenimiento Preventivo de 1000 horas de la Excavadora PC300-LC7



 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM3 (1000 HORAS) 			
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM1	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	09.25 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	6742-01-4540	01 Unidad
3	Filtro primario de combustible.	600-311-8321	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM2	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Elemento del respiradero del tanque hidráulico.	20Y-60-21470	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM3	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	207-60-71180	01 Unidad
2	Aceite del motor de giro SAE 30.	-	3.54 Galones
3	Juego de filtros de aire de admisión.	600-185-5100	01 Unidad
ITEM	REFERENCIA PM1	ACCIÓN	
1	Inspeccionar correas de transmisión.	AJUSTAR.	
2	Verificar el nivel de aceite de los mandos finales.	RELLENAR	
3	Aceite de motor.	CAMBIAR	
4	Filtro de aceite de motor.	CAMBIAR	
5	Filtro primario de combustible.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM2	ACCIÓN	
1	Verificar el nivel de grasa del piñon de giro.	RELLENAR	
2	Elemento del respiradero del tanque hidráulico.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM3	ACCIÓN	
1	Comprobar juego de válvulas del motor.	AJUSTAR.	
2	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	CAMBIAR	
3	Aceite del motor de giro SAE 30.	CAMBIAR	
4	Inspeccionar los filtros de línea de los cuerpos de la bomba hidráulica.	LIMPIAR	
5	Comprobar la tensión de la correa del ventilador.	AJUSTAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.11. Mantenimiento preventivo PM4 de la excavadora KOMATSU PC300-LC7

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 2000 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro. Además, en cada PM4 también deben realizarse las actividades del PM1, PM2 y PM3.

Figura N° 31: Formato de Mantenimiento Preventivo de 2000 horas de la Excavadora PC300-LC7

 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM4 (2000 HORAS) 			
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM1	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	09.25 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	6742-01-4540	01 Unidad
3	Filtro primario de combustible.	600-311-8321	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM2	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Elemento del respiradero del tanque hidráulico.	20Y-60-21470	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM3	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	207-60-71180	01 Unidad
2	Aceite del motor de giro SAE 30.	-	3.54 Galones
3	Juego de filtros de aire de admisión.	600-185-5100	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM4	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite hidráulico SAE 10.	-	96.43 Galones
2	Aceite de mandos finales SAE 50. (Cada lado).	-	2.25 Galones
ITEM	REFERENCIA PM1	ACCIÓN	
1	Inspeccionar correas de transmisión.	AJUSTAR	
2	Verificar el nivel de aceite de los mandos finales.	RELLENAR	
3	Aceite de motor.	CAMBIAR	
4	Filtro de aceite de motor.	CAMBIAR	
5	Filtro primario de combustible.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM2	ACCIÓN	
1	Verificar el nivel de grasa del piñon de giro.	RELLENAR	
2	Elemento del respiradero del tanque hidráulico.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM3	ACCIÓN	
1	Comprobar juego de válvulas del motor.	AJUSTAR.	
2	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	CAMBIAR	
3	Aceite del motor de giro SAE 30.	CAMBIAR	
4	Inspeccionar los filtros de linea de los cuerpos de la bomba hidráulica.	LIMPIAR	
5	Comprobar la tensión de la correa del ventilador.	AJUSTAR	
ITEM	REFERENCIA PM4	ACCIÓN	
1	Termostato.	LIMPIAR	
2	Aceite del sistema hidráulico.	CAMBIAR	
2	Aceite de mandos finales.	CAMBIAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.12. Mantenimiento preventivo diario de la motoniveladora CATERPILLAR 140H

Actividad realizada al inicio de cada turno de trabajo antes de que el operador realice el checklist del equipo.

Figura N° 32: Formato de Mantenimiento Preventivo Diario de la Motoniveladora 140H

EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	REFERENCIA	ACCIÓN	
1	Pines y cilindros de la hoja topadora.	LUBRICAR	
2	Pines y cilindros de levante de tornamesa.	LUBRICAR	
3	Pines y cilindros del mecanismo de inclinación de la tornamesa.	LUBRICAR	
4	Pines y cilindros del sistema de direccion e inclinación de ruedas.	LUBRICAR	
5	Pines y cilindros del sistema de articulación.	LUBRICAR	
6	Pines y cilindros del mecanismo de desgarré.	LUBRICAR	
7	Dientes del piñon de giro.	LUBRICAR	
8	Verificar el nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento.	RELLENAR	
9	Verificar el nivel de aceite de motor.	RELLENAR	
10	Verificar el nivel de aceite del sistema hidráulico.	RELLENAR	
11	Verificar el nivel de agua del limpiaparabrisas.	RELLENAR	
12	Presión de inflado de neumáticos.	COMPROBAR	
13	Separador de agua del sistema de combustible.	DRENAR	
14	Agua y sedimentos del tanque de combustible.	DRENAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.13. Mantenimiento preventivo PM1 de la motoniveladora CATERPILLAR 140H

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 250 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro.

Figura N° 33: Formato de Mantenimiento Preventivo de 250 horas de la Motoniveladora 140H



EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	9.2 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	1R-0716	01 Unidad
3	Filtro primario de combustible.	133-5673	01 Unidad
ITEM	REFERENCIA	ACCIÓN	
1	Inspeccionar correas de transmisión.	AJUSTAR	
2	Verificar el nivel de aceite de los tamdens.	RELLENAR	
3	Aceite de motor.	CAMBIAR	
4	Filtro de aceite de motor.	CAMBIAR	
5	Filtro primario de combustible.	CAMBIAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.14. Mantenimiento preventivo PM2 de la motoniveladora CATERPILLAR 140H

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 500 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro. Además, en cada PM2 también deben realizarse las actividades del PM1.

Figura N° 34: Formato de Mantenimiento Preventivo de 500 horas de la Motoniveladora 140H



 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM2 (500 HORAS) 			
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM1	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	9.2 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	1R-0716	01 Unidad
3	Filtro primario de combustible.	133-5673	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM2	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Respiradero de los tandems.	1F-8487	01 Unidad
2	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	1R-0773	01 Unidad
3	Elemento del filtro de la transmisión y diferencial.	132-8875	01 Unidad
ITEM	REFERENCIA PM1	ACCIÓN	
1	Inspeccionar correas de transmisión.	AJUSTAR	
2	Verificar el nivel de aceite de los tandems.	RELLENAR	
3	Aceite de motor.	CAMBIAR	
4	Filtro de aceite de motor.	CAMBIAR	
5	Filtro primario de combustible.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM2	ACCIÓN	
1	Tapa y colador del tanque de combustible.	LIMPIAR	
2	Rejilla de la transmisión y diferencial.	LIMPIAR	
3	Respiradero de los tandems.	CAMBIAR	
4	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	CAMBIAR	
5	Elemento del filtro de la transmisión y diferencial.	CAMBIAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.15. Mantenimiento preventivo PM3 de la motoniveladora CATERPILLAR 140H

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 1000 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro. Además, en cada PM3 también deben realizarse las actividades del PM1 y PM2.

Figura N° 35: Formato de Mantenimiento Preventivo de 1000 horas de la Motoniveladora 140H



 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM3 (1000 HORAS) 			
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM1	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	9.2 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	1R-0716	01 Unidad
3	Filtro primario de combustible.	133-5673	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM2	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Respiradero de los tandems.	1F-8487	01 Unidad
2	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	1R-0773	01 Unidad
3	Elemento del filtro de la transmisión y diferencial.	132-8875	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM3	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de la transmisión y diferencial SAE 30.	-	12.4 Galones
2	Filtro primario de aire de admisión.	6I-0273	01 Unidad
3	Filtro secundario de aire de admisión.	6I-0274	01 Unidad
ITEM	REFERENCIA PM1	ACCIÓN	
1	Inspeccionar correas de transmisión.	AJUSTAR	
2	Verificar el nivel de aceite de los tandems.	RELLENAR	
3	Aceite de motor.	CAMBIAR	
4	Filtro de aceite de motor.	CAMBIAR	
5	Filtro primario de combustible.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM2	ACCIÓN	
1	Tapa y colador del tanque de combustible.	LIMPIAR	
2	Rejilla de la transmisión y diferencial.	LIMPIAR	
3	Respiradero de los tandems.	CAMBIAR	
4	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	CAMBIAR	
5	Elemento del filtro de la transmisión y diferencial.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM3	ACCIÓN	
1	Comprobar juego de válvulas del motor.	AJUSTAR.	
2	Aceite de la transmisión y diferencial SAE 30.	CAMBIAR	
3	Filtro primario de aire de admisión.	CAMBIAR	
4	Filtro secundario de aire de admisión.	CAMBIAR	
5	Comprobar la tensión de la correa del ventilador.	AJUSTAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.16. Mantenimiento preventivo PM4 de la motoniveladora CATERPILLAR 140H

Actividad realizada cada vez que el equipo cumpla con 2000 horas de funcionamiento, el valor debe ser verificado en el horómetro. Además, en cada PM4 también deben realizarse las actividades del PM1, PM2 y PM3.

Figura N° 36: Formato de Mantenimiento Preventivo de 2000 horas de la Motoniveladora 140H


 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PM4 (2000 HORAS) 			
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM1	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de motor SAE 15W-40.	-	9.2 Galones
2	Filtro de aceite de motor.	1R-0716	01 Unidad
3	Filtro primario de combustible.	133-5673	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM2	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Respiradero de los tandems.	1F-8487	01 Unidad
2	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	1R-0773	01 Unidad
3	Elemento del filtro de la transmisión y diferencial.	132-8875	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM3	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite de la transmisión y diferencial SAE 30.	-	12.4 Galones
2	Filtro primario de aire de admisión.	6I-0273	01 Unidad
3	Filtro secundario de aire de admisión.	6I-0274	01 Unidad
ITEM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO PM4	N° DE PARTE	CANTIDAD
1	Aceite hidráulico SAE 10.	-	24.8 Galones
2	Aceite de los tandems SAE 50. (Cada lado).	-	16.9 Galones
3	Aceite de la caja de los engranajes del motor de giro SAE 50.	-	1.8 Galones
4	Aceite del compartimiento del eje de las ruedas delanteras SAE 50. (Cada lado).	-	0.13 Galones
ITEM	REFERENCIA PM1	ACCIÓN	
1	Inspeccionar correas de transmisión.	AJUSTAR	
2	Verificar el nivel de aceite de los tandems.	RELLENAR	
3	Aceite de motor.	CAMBIAR	
4	Filtro de aceite de motor.	CAMBIAR	
5	Filtro primario de combustible.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM2	ACCIÓN	
1	Tapa y colador del tanque de combustible.	LIMPIAR	
2	Rejilla de la transmisión y diferencial.	LIMPIAR	
3	Respiradero de los tandems.	CAMBIAR	
4	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	CAMBIAR	
5	Elemento del filtro de la transmisión y diferencial.	CAMBIAR	
ITEM	REFERENCIA PM3	ACCIÓN	
1	Comprobar juego de válvulas del motor.	AJUSTAR.	
2	Aceite de la transmisión y diferencial SAE 30.	CAMBIAR	
3	Filtro primario de aire de admisión.	CAMBIAR	
4	Filtro secundario de aire de admisión.	CAMBIAR	
5	Comprobar la tensión de la correa del ventilador.	AJUSTAR	
ITEM	REFERENCIA PM4	ACCIÓN	
1	Termostato.	LIMPIAR	
2	Acumulador de presión de la hoja.	COMPROBAR	
3	Aceite hidráulico SAE 10.	CAMBIAR	
4	Aceite de los tandems SAE 50. (Cada lado).	CAMBIAR	
5	Aceite de la caja de los engranajes del motor de giro SAE 50.	CAMBIAR	
6	Aceite del compartimiento del eje de las ruedas delanteras SAE 50. (Cada lado).	CAMBIAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.17. Mantenimiento preventivo cuando sea necesario para todas las máquinas

El formato presentado contiene un conjunto de actividades que se ejecutarán cada vez que como resultado de una inspección sea necesario ejecutar.

Figura N° 37: Formato de Mantenimiento preventivo cuando sea necesario

 MANTENIMIENTO PREVENTIVO CUANDO SEA NECESARIO			
EQUIPO		FECHA	
EJECUTADO POR		HORA	
LUGAR		COMBUSTIBLE	% (Aprox.)
SUPERVISOR		HOROMETRO	
ITEM	REFERENCIA	ACCIÓN	
1	Baterías.	COMPROBAR	
2	Tapa del radiador.	CAMBIAR	
3	Filtro de aire la cabina.	LIMPIAR	
4	Filtros de aire de admisión.	LIMPIAR	
5	Elementos de corte (uñas y cuchillas).	CAMBIAR	
6	Núcleo de enfriadores hidráulicos.	LIMPIAR	
7	Holgura de los implementos.	AJUSTAR	
8	Aire del sistema hidráulico.	PURGAR	
9	Máquina en general.	LIMPIAR	
OBSERVACIONES		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.18. Actividades a realizar

- a. Programar cada nivel de mantenimiento preventivo en un horario que no interfiera en el uso de la máquina, por ejemplo, la hora de almuerzo de los operadores.
- b. Archivar los formatos usados en la documentación del historial de mantenimiento.

- c. El supervisor de mantenimiento debe llevar un registro de los horómetros de la maquinaria para realizar las compras de los recursos para cada PM.

3.3.4.19. Recursos

- a. Formatos de Mantenimiento Preventivo de los diferentes niveles de ejecución.
 b. Personal de mantenimiento y operadores de los equipos.
 c. Insumos y elementos de cambio para cada nivel de PM.

3.3.4.20. Costos

Figura N° 38: Costos de recursos de retroexcavadora 420F

PM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO	CANTIDAD	COSTOS S/.
PM1	Aceite de motor SAE 15W-40.	02 Galones	155.00
	Filtro de aceite de motor.	01 Unidad	135.00
	Filtro secundario de combustible del separador de agua.	01 Unidad	127.00
	Filtro primario de combustible.	01 Unidad	148.00
PM2	Filtro de aceite de la transmisión.	01 Unidad	186.00
PM3	Elemento del filtro de aceite del sistema hidráulico.	01 Unidad	250.00
	Aceite del diferencial delantero SAE 30.	2.9 Galones	205.00
	Aceite del diferencial posterior SAE 30.	4.4 Galones	311.10
	Aditivo para aceite de eje y frenos.	0.5 Litros	15.80
	Aceite de mando finales delantero SAE 50. (Cada lado).	0.2 Galones	18.80
	Aceite de mandos finales posteriores SAE 50. (Cada lado).	0.45 Galones	38.00
	Aceite de transmisión SAE 30.	5 Galones	370.00
PM4	Aceite hidráulico SAE 10.	11.1 Galones	756.00
Costo total de los planes de mantenimiento preventivo			2715.70

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 39: Costos de recursos de excavadora PC300-LC7

PM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO	CANTIDAD	COSTOS S/.
PM1	Aceite de motor SAE 15W-40.	09.25 Galones	716.90
	Filtro de aceite de motor.	01 Unidad	169.00
	Filtro primario de combustible.	01 Unidad	189.00
PM2	Elemento del respiradero del tanque hidráulico.	01 Unidad	58.00
PM3	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	01 Unidad	187
	Aceite del motor de giro SAE 30.	3.54 Galones	250.3
	Juego de filtros de aire de admisión.	01 Unidad	402
PM4	Aceite hidráulico SAE 10.	96.43 Galones	6566.9
	Aceite de mandos finales SAE 50. (Cada lado).	2.25 Galones	379.80
Costo total de los planes de mantenimiento preventivo			8918.90

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 40: Costos de recursos de motoniveladora 140H

PM	ELEMENTOS DE REEMPLAZO	CANTIDAD	COSTOS S/.
PM1	Aceite de motor SAE 15W-40.	09.25 Galones	713.00
	Filtro de aceite de motor.	01 Unidad	195.00
	Filtro primario de combustible.	01 Unidad	215.00
PM2	Respiradero de los tandems.	01 Unidad	68.00
	Elemento del filtro del tanque hidráulico.	01 Unidad	256.00
	Elemento del filtro de la transmisión y diferencial.	01 Unidad	287.00
PM3	Aceite de la transmisión y diferencial SAE 30.	12.4 Galones	874.20
	Filtro primario de aire de admisión.	01 Unidad	125.00
	Filtro secundario de aire de admisión.	01 Unidad	245.00
PM4	Aceite hidráulico SAE 10.	24.8 Galones	1688.90
	Aceite de los tandems SAE 50. (Cada lado).	16.9 Galones	3105.90
	Aceite de la caja de los engranajes del motor de giro SAE 50.	1.8 Galones	303.80
	Aceite del compartimiento del eje de las ruedas delanteras SAE 50. (Cada lado).	0.13 Galones	11.00
Costo total de los planes de mantenimiento preventivo			8087.80

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.21. Tiempo

Figura N° 41: Horas de trabajo ideales

HORAS DE TRABAJO POR TURNO	HORAS POR MES	HORAS TRABAJADAS EN 10 MESES
8	192	1920

Fuente: Elaboración propia.

Se necesita al menos 10 meses para poder ejecutar todos los niveles de PM, de este modo se podrá cuantificar los costos de los recursos.

3.3.5. Proyección de resultados

La siguiente proyección se realizó únicamente teniendo en cuenta la aplicación del mantenimiento preventivo propuesto, considerando, a juicio de expertos que por cada turno de trabajo la maquinaria debería trabajar de 0.8 a 1.2 horas más en cuanto al TBF diario.

Figura N° 42: Comparación de la propuesta actual

MAQUINA	PROMEDIO TBF MENSUAL ACTUAL	DISPONIBILIDAD ACTUAL	PROYECCION DE TBF MENSUAL	DISPONIBILIDAD PROYECTADA
Retroexcavadora 420F	162.75	85%	188.25	92.4%
Excavadora PC300-LC7	149.4	78%	162.4	84.4%
Motoniveladora 140H	147.3	77%	168.6	87.8%

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Evaluar el beneficio-costos del plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada

La evaluación del beneficio-costos se enfoca en presentar cómo el plan propuesto puede incrementar la disponibilidad para generar mayores ganancias, por lo que podemos apreciar que con solamente ejecutar la propuesta los costos de la misma pueden ser cubiertos además de rentabilidad.

Figura N° 43: Costos del plan

PROBLEMA	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN	ACTIVIDADES A DESARROLLAR	RECURSOS	TIEMPO EN MESES	COSTO S/.
Proceso de atención de maquinaria no definido.	Diagrama de flujo de procedimientos.	a. Realizar mantenimiento diario. b. Verificar valores de los horómetros. c. Según corresponda, realizar mantenimiento PM1. d. Según corresponda, realizar mantenimiento PM2. e. Según corresponda, realizar mantenimiento PM3. f. Según corresponda, realizar mantenimiento PM4. g. Inspeccionar el equipo. h. Según corresponda, determinar la falla y ejecutar mantenimiento correctivo. i. Autorizar la operación y realización de trabajos con el equipo.	a. Formato de "Procedimientos de mantenimiento diario". b. Formato de "Programación de mantenimiento PM1". c. Formato de "Programación de mantenimiento PM2". d. Formato de "Programación de mantenimiento PM3". e. Formato de "Programación de mantenimiento PM4". f. Formato de "Checklist del equipo".	1	480.00
			g. Personal de mantenimiento y operadores de los equipos. (Supervisor y mecánico).	10	35000.00
Falta de procedimientos de inspección antes de operar los equipos	Uso de formatos de checklist de los equipos.	a. Inspección de equipos antes de ser operados. b. Verificar sistemas de máquina y de motor. c. Coordinar con el área de mantenimiento en caso se requiera.	a. Formatos de "Checklist del equipo". b. Personal de mantenimiento y operadores de los equipos. c. Medidor de aire de neumáticos. d. Artículos de limpieza (escoba, balde pequeño, franela y silicona)	1	80.00
Falta de planeación de mantenimiento preventivo.	Planes de mantenimiento preventivo.	a. Programar cada nivel de mantenimiento preventivo en un horario que no interfiera en el uso de la máquina, por ejemplo la hora de almuerzo de los operadores. b. Archivar los formatos usados en la documentación del historial de mantenimiento. c. El supervisor de mantenimiento debe llevar un registro de los horómetros de la maquinaria para realizar las compras de los recursos para cada PM.	a. Formatos de Mantenimiento Preventivo de los diferentes niveles de ejecución. b. Personal de mantenimiento y operadores de los equipos. c. Insumos y elementos de cambio para cada nivel de PM.	10	19722.4
TOTAL					55282.40

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 44: Cálculo de beneficios

MAQUINA	PRECIO DE HM S/.	INCREMENTO DE HORAS DE TRABAJO PO DIA	BENEFICIO POR MES	BENEFICIO POR 10 MESES
Retroexcavadora 420F	65	1.2	1872	18720
Excavadora PC300-LC7	75	1.2	2160	21600
Motoniveladora 140H	92	1.2	2649.6	26496
TOTAL			6681.6	66816

Figura N° 45: Resultado del beneficio-costo

BENEFICIO	66816.00
COSTO	55282.40
B/C	1.208630595
PROMEDIO %	20.86

Fuente: Elaboración propia.

IV. DISCUSIONES

De los resultados obtenidos de la presente investigación, encontramos que se proyecta incrementar la disponibilidad de la retroexcavadora Caterpillar 420F en un 7%, de la excavadora de cadenas Komatsu PC300-LC7 en un 6% y de la motoniveladora Caterpillar 140H en un 11%, estos resultados son similares a los expuestos en la tesis de **Galarza (2017)**, en la cual mediante la implementación de un plan de mantenimiento predictivo basado en los análisis de aceite se logró incrementar la disponibilidad de la excavadora de cadenas Caterpillar 390FL de la empresa STRACON GYM de un valor de 89.66% a un 92%, es decir un incremento de 2.34 %, elevando por consiguiente el índice de productividad.

Los resultados obtenidos en la presente investigación también guardan estrecha relación con la investigación realizada por **Rodríguez (2012)**, en la cual el autor propone una mejora en la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos, logrando así un incremento de la disponibilidad de los equipos de acarreo de 87% a 87.5% en una empresa minera de Cajamarca.

V. CONCLUSIONES

1. Se realizó un análisis de la situación actual del área de mantenimiento de la empresa mediante la aplicación de encuestas y observación directa de los procesos, lo que permitió registrar las causas posibles que afectan directamente el tiempo total por reparaciones de los equipos de maquinaria pesada, estos datos fueron ordenados mediante el uso de un diagrama de Ishikawa.
2. En el desarrollo del siguiente objetivo específico se logró identificar de manera puntual las causas directas que originan la disponibilidad actual de los equipos, para esto se utilizó el principio de Pareto, el mismo que permitió señalar los problemas que se deben solucionar para poder tener resultados que impacten en un incremento de la disponibilidad.
3. Una vez identificados los problemas principales en el área de mantenimiento de la empresa, se propuso un plan que logre solucionar la falta de procedimientos para realizar atenciones a los equipos mediante la ejecución de diversas actividades ordenadas y secuenciales, las mismas que consideran el uso de formatos propuestos en el plan; también se propuso una estrategia de inspección de equipos antes de ser operados y finalmente se propuso los planes de mantenimiento preventivo basados en el tiempo de funcionamiento de los equipos, estos fueron ordenados por equipo y periodicidad de ejecución.
4. Finalmente se evaluó la propuesta mediante un análisis de beneficio-costos para determinar una proyección económica viable, para esto se consideró los costos de cada recurso utilizado en la ejecución de los planes propuestos, de este modo considerando una proyección TENTATIVA de poder recuperar 1.2 horas por cada turno de trabajo de 8 horas en el cual se perdían casi 2 horas antes de presentar la propuesta.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se requiere de manera urgente implementar un mecanismo de registro de eventos y demás documentos que permitan monitorear constantemente el estado del área de mantenimiento de la empresa.
2. Organizar auditorías internas que permitan medir el comportamiento de las medidas implementadas y medirlas de manera sistemática para localizar nuevas debilidades, en cumplimiento de un programa de mejora continua de la calidad.
3. Mejorar sus planes integrando técnicas de mantenimiento predictivo que supervise comportamientos de funcionamiento anormales en la maquinaria.
4. Prestar mayor interés en cuanto a los recursos económicos que consume el área de mantenimiento, con la finalidad de registrar y hacer seguimiento de las tareas que exigen de elementos de cambio o repuestos de las máquinas.

VII. REFERENCIAS

1. **GARCÍA, Santiago.** *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento.* Madrid : s.n., 2003.
2. **KNEZEVIC, Jezdimir.** *Mantenibilidad.* Madrid : s.n., 1996.
3. **HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar.** *Metodología de la investigación.* México DF : s.n., 2014.
4. **KOMATSU AMERICA INTERNATIONAL COMPANY.** *Manual de Taller.* USA : s.n., 2007.
5. **BUELVAS, Camilo Ernesto y MARTINEZ, Kevin Jair.** *Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada de la Empresa L & L.* Barranquilla : s.n., 2014.
6. **CHAU, Joanna Elida.** *Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierras.* Lima : s.n., 2010.
7. **RODRÍGUEZ, Miguel Ángel.** *Propuesta de Mejora de la Gestión de Mantenimiento basado en la Mantenibilidad de Equipos de Acarreo de una Empresa Minera de Cajamarca.* Cajamarca : s.n., 2012.
8. **BUELVAS, Camilo Ernesto y MARTINEZ, Kevin Jair.** *Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Pesada de la Empresa L & L.* Barranquilla : s.n., 2014.
9. **SALAZAR, Bryan.** Ingeniería Industrial Online. [En línea] [Citado el: 19 de Noviembre de 2017.] <https://www.ingenieriaindustrialonline.com>.
10. **OLARTE, William; BOTERO, Marcela y CAÑÓN, Benhur.** *Importancia del Mantenimiento Industrial dentro de los Procesos de Producción.* Pereira : s.n., 2010, Vol. XVI.
11. **OSORIO, Daniel.** *Implementación de un Sistema de Mantenimiento por Diagnóstico a Bordo de Unidades Navales y Marítimas.* 2000.
12. **KOMATU MAQUINARIAS PERÚ S.A.** *Gestión de Mantenimiento Preventivo y su Relación con la Disponibilidad de la Flota de Camiones 730E Komatsu-2013.* Chimbote : s.n., 2016.
13. **GARCÍA, César David.** *Modelo de Gestión de Mantenimiento para Incrementar la Calidad en el Servicio en el Departamento de Alta Tensión de STC Metro de la Ciudad de México.* México D.F. : s.n., 2015.
14. **ALAVE, Edwin Jesús.** *Desarrollo e Implementación de una Metodología de Gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo para Microcentrales Hidroeléctricas.* La Paz : s.n., 2016.
15. **TUAREZ, César Augusto.** *Diseño de un Sistema de Mejora Continua en una Embotelladora y Comercializadora de Bebidas Gaseosas de la Ciudad de*

Guayaquil por Medio de la Aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total).
Guayaquil : s.n., 2013.

16. **ENRIQUEZ, Wilson Gustavo.** *Manual para la Implementación de un Modelo de Gestión de Mantenimiento para los Equipos Principales de Generación de Energía Eléctrica de la Central Paute Molino de CELEC EP HIDROPAUTE.*
Cuenca : s.n., 2016.

17. **PRAND, Raúl Ramón.** *Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida.* San Salvador : s.n., 1996.

18. **PRANDO, Raúl.** *Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida.* San Salvador : s.n., 1996.

19. **HUARI, Nataly Madeleine.** *Programa de Mantenimiento basado en la Confiabilidad para mejorar la Disponibilidad de un Colector Parabólico Cilíndrico Solar.* Huancayo : s.n., 2017.

20. **IZAGUIRRE, Ricardo Ernesto.** *Propuesta para Mejorar la Planificación y Programación del Mantenimiento Aplicado a la Empresa Siderúrgica del Perú.*
Trujillo : s.n., 2014.

21. **ADANAQUÉ, Juan Manuel.** *Propuesta de un Plan de Mantenimiento Total para la Maquinaria Pesada en la Empresa Ángeles - Proyecto Minero la Granja, 2015.*
Chiclayo : s.n., 2015.

22. **GALARZA, James Anderson.** *Plan de Mantenimiento Basado en el Análisis de Aceite para Mejorar la Disponibilidad de la Excavadora Caterpillar 390FL de STRACON GYM - Cajamarca .* Huancayo : s.n., 2017.

23. **ZEGARRA, Manuel Enrique.** *Gestión Moderna del Mantenimiento de Equipos Pesados.* 2015, Vol. 1.

24. **ZEGARRA, Manuel Enrique.** *Indicadores para la Gestión del mantenimiento de Equipos Pesados.* 2016, Vol. 1.

25. **OLAZO, Renzo Cristofer.** *Propuesta de Mejora de Mantenimiento utilizando RCM en la Línea de Producción de Xantato de la Industria Química.* Lima : s.n., 2017.

26. **CARRO, Roberto y GONZÁLES, Daniel.** *Administración de la Calidad Total.*
Mar del Plata : s.n., 2012.

27. **DELERS, Antoine.** *El Principio de Pareto.* s.l. : Lepetitlitteraire, 2016.

28. **ALBRICE, David y BRANCH, Matthew.** *A Deterioration Model for Establishing an Optimal Mix of Time-Based Maintenance (TbM) and Condition-Based Maintenance (CbM) for the Enclosure System.* Kansas : s.n., 2015.

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ALUMNO :	Jeremías Eliazer Espinoza Tarrillo						
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :	Sistemas de Gestión de la Calidad						
TÍTULO DEL PROYECTO :	"PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS EN LA EMPRESA CENFOMIN EDUCACION SAC, CAJAMARCA - 2018"						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TECNICAS	POBLACION Y MUESTRA
Problema general: ¿De qué manera la propuesta de un Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada, permitirá incrementar la disponibilidad de equipos de la empresa CENFOMIN Educación S.A.C.?	General Elaborar un Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada para incrementar la disponibilidad de equipos de la empresa CENFOMIN EDUCACIÓN S.A.C.	La elaboración de un Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada permitirá incrementar la disponibilidad de equipos de la empresa CENFOMIN EDUCACIÓN S.A.C.	Variable Dependiente: Disponibilidad de equipos	-Tiempo medio entre fallas. -Tiempo medio entre reparaciones.	$MTBF = \frac{\sum TBF}{n}$	- Análisis documental. - Observación. - Entrevista.	Población Proceso de mantenimiento, personal y maquinaria pesada de la empresa CENFOMIN EDUCACIÓN S.A.C.
	Específicos a. Analizar y describir las condiciones, características y procedimientos de la gestión actual de mantenimiento. b. Identificar las causas que originan tiempos totales por reparaciones elevados. c. Elaborar el plan de mantenimiento preventivo para cada equipo. d. Evaluar el beneficio – costo del plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada.		- Variable Independiente: Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo de Maquinaria Pesada.	-Etapas de mantenimiento. -Niveles de mantenimiento periódico.	- Diagrama de flujo - Periodicidad de ejecución (diario, PM1, PM2, PM3, PM4)		

ANEXO 02: GUÍA DE ENTREVISTA

Entrevista

El presente instrumento se realiza con el objetivo de recolectar información relevante para la elaboración de un plan de gestión de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para incrementar la disponibilidad de equipos en la empresa CENFOMIN EDUCACION SAC, Cajamarca - 2018.

1. *¿Cuál es su participación en la toma de decisiones dentro del área de mantenimiento?*

.....
.....
.....

2. *¿Considera que los tiempos tomados en la ejecución de tareas de mantenimiento son elevados?*

a) Sí.

b) No.

¿Por qué?:
.....

3. *¿Todas las labores de reparación y mantenimiento son registradas en algún formato o documento?*

.....
.....
.....

4. *¿Existen procedimientos para atender un equipo que requiere de servicio de mantenimiento?*

.....
.....
.....

5. *¿Existen procedimientos para atender un equipo que requiere de servicio de mantenimiento?*

.....
.....
.....

6. *¿Existe un planeamiento de las tareas de mantenimiento preventivo que serán ejecutadas y se sigue este planeamiento?*

.....
.....
.....

7. *¿Considera eficiente la planificación y supervisión de las actividades de mantenimiento que lleva actualmente la empresa?*

.....
.....
.....

8. *¿El personal del área de mantenimiento es capacitado constantemente?*

a) Sí.

b) No.

¿Por qué?:

.....

9. *¿Considera que un plan de gestión de mantenimiento preventivo podría reducir los tiempos de tareas de mantenimiento?*

c) Sí.

d) No.

¿Por qué?:

.....

ANEXO 03: GUÍA DE OBSERVACIÓN

Guía de observación

El presente instrumento se realiza con el objetivo de recolectar información relevante para la elaboración de un plan de gestión de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para incrementar la disponibilidad de equipos en la empresa CENFOMIN EDUCACION SAC, Cajamarca - 2018.

Período de observación:

Lugar:

ITEM	¿Qué se observa? EVENTO	¿Cuántas veces se observa el evento?				TOTALES
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	
C1	Ausentismo.					
C2	Uso del celular.					
C3	Tareas mal ejecutadas.					
C4	Realizan tareas ajenas al área.					
C5	Proceso de atención de maquinaria no definido.					
C6	No se registran las atenciones realizadas.					
C7	Falta de procedimientos de inspección antes de operar los equipos.					
C8	Falta de planeación de mantenimiento preventivo.					
C9	Demora en la autorización de compras.					
C10	Los repuestos no se solicitan a tiempo.					
C11	Solicitudes de repuestos erróneas.					
C12	No se inspeccionan al menos una vez por semana.					
C13	No se realiza inventario al menos una vez por semana.					
C14	No se cuenta con algunas herramientas.					

ANEXO 04: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS



Escuela de Ingeniería Industrial

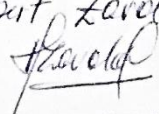
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO GUÍA DE LA ENTREVISTA

La investigación tiene como objetivo elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para incrementar la disponibilidad de equipos en la empresa CENFOMIN EDUCACION SAC. Por ello se necesita la aprobación de los instrumentos de recolección de datos para ser aplicados a la muestra.

ITEM	REAL		CONTENIDO		CRITERIO		CONSTRUCTOR	
	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada
1	✓		✓		✓		✓	
2	✓		✓		✓		✓	
3	✓		✓		✓		✓	
4	✓		✓		✓		✓	
5	✓		✓		✓		✓	
6	✓		✓		✓		✓	
7	✓		✓		✓		✓	
8	✓		✓		✓		✓	
9	✓		✓		✓		✓	

Observaciones:

.....

CONFORMIDAD
Henry Robert Zavala Ortiz  CIP 133593
Fecha:

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO GUÍA DE LA ENTREVISTA

La investigación tiene como objetivo elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para incrementar la disponibilidad de equipos en la empresa CENFOMIN EDUCACION SAC. Por ello se necesita la aprobación de los instrumentos de recolección de datos para ser aplicados a la muestra.

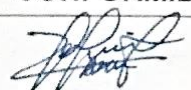
ITEM	REAL		CONTENIDO		CRITERIO		CONSTRUCTOR	
	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada
1	✓		✓		✓		✓	
2	✓		✓		✓		✓	
3	✓		✓		✓		✓	
4	✓		✓		✓		✓	
5	✓		✓		✓		✓	
6	✓		✓		✓		✓	
7	✓		✓		✓		✓	
8	✓		✓		✓		✓	
9	✓		✓		✓		✓	

Observaciones:

.....

.....

.....

CONFORMIDAD
 MALCOM DAVIS TAFUR CULQUI. CIP. 188302
Fecha:

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO GUÍA DE OBSERVACIÓN

La investigación tiene como objetivo elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para incrementar la disponibilidad de equipos en la empresa CENFOMIN EDUCACION SAC. Por ello se necesita la aprobación de los instrumentos de recolección de datos para ser aplicados a la muestra.

ITEM	REAL		CONTENIDO		CRITERIO		CONSTRUCTOR	
	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada
1	✓		✓		✓		✓	
2	✓		✓		✓		✓	
3	✓		✓		✓		✓	
4	✓		✓		✓		✓	
5	✓		✓		✓		✓	
6	✓		✓		✓		✓	
7	✓		✓		✓		✓	
8	✓		✓		✓		✓	
9	✓		✓		✓		✓	
10	✓		✓		✓		✓	
11	✓		✓		✓		✓	
12	✓		✓		✓		✓	
13	✓		✓		✓		✓	
14	✓		✓		✓		✓	

Observaciones:

.....

.....

.....

CONFORMIDAD
 MALCOMA DAVIS TAFUR COLQUI C.P. 188302
Fecha:

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO GUÍA DE OBSERVACIÓN

La investigación tiene como objetivo elaborar un plan de gestión de mantenimiento preventivo de maquinaria pesada para incrementar la disponibilidad de equipos en la empresa CENFOMIN EDUCACION SAC. Por ello se necesita la aprobación de los instrumentos de recolección de datos para ser aplicados a la muestra.

ITEM	REAL		CONTENIDO		CRITERIO		CONSTRUCTOR	
	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada	Adecuada	Inadecuada
1	✓		✓		✓		✓	
2	✓		✓		✓		✓	
3	✓		✓		✓		✓	
4	✓		✓		✓		✓	
5	✓		✓		✓		✓	
6	✓		✓		✓		✓	
7	✓		✓		✓		✓	
8	✓		✓		✓		✓	
9	✓		✓		✓		✓	
10	✓		✓		✓		✓	
11	✓		✓		✓		✓	
12	✓		✓		✓		✓	
13	✓		✓		✓		✓	
14	✓		✓		✓		✓	

Observaciones:

.....

CONFORMIDAD
<i>Henry Robert Zavala Ortiz</i> <i>H. Zavala</i> CIP. 139523
Fecha:

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

.....
ESPINOZA TARRILLO JEREMIAS ELIAZER
.....
D.N.I. : 46182956
.....
Domicilio : PASAJE SAN MIGUEL N° 176 - URB. RAMON CASTILLA - CAJAMARCA
.....
Teléfono : Fijo : Móvil : 937525563
.....
E-mail : je.espinosa.t@gmail.com
.....

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERIA
.....
Escuela : INGENIERIA INDUSTRIAL
.....
Carrera : INGENIERIA INDUSTRIAL
.....
Título : INGENIERO INDUSTRIAL
.....

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

.....
ESPINOZA TARRILLO JEREMIAS ELIAZER
.....
.....

Título de la tesis:

PLAN DE GESTION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MAQUINARIA PESADA PARA
INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS EN LA EMPRESA CENTOHA EDUCACION SAC,
CAJAMARCA - 2018

Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

Fecha : 16/03/19

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

ING. CELSO NAZARIO PURIHUAMÁN LEONARDO, docente del curso de desarrollo del proyecto de investigación, y revisor del trabajo académico (tesis) titulado:

**“PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
MAQUINARIA PESADA PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD
DE EQUIPOS EN LA EMPRESA CENFOMIN EDUCACION SAC,
CAJAMARCA - 2018”**

Del bachiller de la escuela profesional de Ingeniería Industrial:

JEREMIAS ELIAZER ESPINOZA TARRILLO

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud de 17%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencias y relevantes que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, 11 de diciembre 2018



ING. CELSO NAZARIO PURIHUAMAN
LEONARDO
DOCENTE

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

JEREMIAS ELIAZER ESPINOZA TARRILLO

INFORME TITULADO:

PLAN DE GESTION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
MAQUINARIA PESADA PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE
EQUIPOS EN LA EMPRESA CENTFOMIN EDUCACION SAC, CAJAMARCA-2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

SUSTENTADO EN FECHA: 21 DE DICIEMBRE DE 2018

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR UNANIMIDAD

