



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria línea amarilla, empresa CONCREMAX - Lurín, 2020.”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
INDUSTRIAL

AUTOR:

Shupingahua Leon, Erick (orcid.org/0000-0002-4128-5693)

ASESOR:

Mg. Ing. Villar Tiravanti, Lily Margot (orcid.org/0000-0003-1456-8951)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión empresarial y productiva

CHIMBOTE – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios, por permitirme culminar mis estudios superiores iluminándome y guiándome en cada momento para seguir por el camino correcto y así lograr mis metas.

A mis padres, quienes se esfuerzan a diario y me brindan incondicionalmente su apoyo moral y económico.

A mis hermanos, que son parte importante en mi vida y por ayudarme de alguna manera a seguir adelante durante mi vida universitaria.

A mis amigos y todas aquellas personas especiales, que en algún momento me aconsejaron, estuvieron a mi lado en los días buenos y malos dándome fuerzas y alegrías necesarias para seguir adelante.

Agradecimiento

A Dios, por guiar mis pasos y estar a mi lado ayudándome a cumplir mis objetivos ya que sin el nada sería posible.

A mis Padres, por hacer un esfuerzo en apoyarme en toda la etapa de mi vida.

A la Universidad César Vallejo, por darme la oportunidad de pertenecer a esta casa de estudios.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Índice de contenidos	i
Índice de tablas	ii
Índice de gráficos y figuras	iv
Resumen	v
Abstract	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de investigación	15
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.5. Procedimientos	19
3.6. Método de análisis de datos	20
3.7. Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIÓN	47
VI. CONCLUSIONES	51
VII. RECOMENDACIONES	52
REFERENCIAS	53

Índice de tablas

Tabla 1. Técnicas e instrumentos para recolección de datos.....	18
Tabla 2. Método de análisis de datos.....	20
Tabla 3. Resumen inicial del cuestionario de la auditoría de gestión de mantenimiento.....	23
Tabla 4. Índice de conformidad del resultado inicial de la situación actual de mantenimiento.....	24
Tabla 5. Tabla de valores del cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento.....	24
Tabla 6. Reporte de fallas iniciales.....	27
Tabla 7. Tiempo medio entre fallas (MTBF) inicial.	28
Tabla 8. Tiempo medio para reparar (MTTR) inicial.....	29
Tabla 9. Disponibilidad inicial de las máquinas.	30
Tabla 10. Plan de mantenimiento preventivo de las máquinas en Concremax. ...	30
Tabla 11. Descripción del mantenimiento preventivo de las máquinas en Concremax.....	32
Tabla 12. Plan de capacitación del personal.....	34
Tabla 13. Personal del plan de capacitación.....	35
Tabla 14. Costo de capacitación al personal.....	36
Tabla 15. Resumen final del cuestionario de la auditoría de gestión de mantenimiento.....	37
Tabla 16. Índice de conformidad del resultado final de la situación actual de mantenimiento.....	38
Tabla 17. Reporte de fallas finales.	40
Tabla 18. Tiempo medio entre fallas (MTBF) final.....	41
Tabla 19. Tiempo medio de reparación (MTTR) final.	42
Tabla 20. Disponibilidad de las máquinas final.....	43

Tabla 21. Impacto de disponibilidad.....	44
Tabla 22. Comparación de disponibilidad de máquinas.....	44
Tabla 23. Análisis estadístico T – Student.....	45

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Procedimientos de investigación.....	19
Figura 2. Estado inicial de la gestión de mantenimiento.	25
Figura 3. Situación específica inicial de la gestión de mantenimiento de máquinas.	26
Figura 4. Estado final de la gestión de mantenimiento.....	38
Figura 5. Situación específica final de la gestión de mantenimiento de máquinas.	39
Figura 6. Análisis de hipótesis.....	46

Resumen

La presente investigación titulada “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria línea amarilla, empresa CONCREMAX - Lurín, 2020”; tuvo un diseño pre experimental, la población y la muestra fueron igual y estuvieron conformados por las máquinas de la empresa Concremax. Para determinar la situación inicial, se empleó el diagrama de Ishikawa y Pareto, dando como resultado que el problema central en la empresa, radica en la falta de mantenimiento preventivo y la falta de capacitación del personal. En cuanto a la auditoría inicial se tuvo un resultado del 50.16%, mostrando que tiene un nivel aceptable, pero mejorable. En la disponibilidad inicial se tuvo que las máquinas tuvieron un 79.75%, luego de ello, se aplicó el plan de mantenimiento preventivo y capacitaciones al personal en pro de mejorar la disponibilidad de las máquinas, logrando tener como resultado final de 89.87% en la disponibilidad de las máquinas. Después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo se logró determinar que la disponibilidad de las máquinas aumentó en un 10.12%, y que el valor de estadístico fue de $t=-3.24$, llegando a la conclusión que la implementación del mantenimiento preventivo aumentó la disponibilidad de las máquinas de la empresa Concremax.

Palabras claves: Disponibilidad, Mantenimiento Preventivo, Cargador frontal 966H, Excavadora hidráulica 330 DL.

Abstract

This research entitled "Implementation of a preventive maintenance plan to improve the availability of the yellow line machinery, company CONCREMAX - Lurín, 2020"; It had a pre-experimental design, the population and the sample were the same and were made up of the machines from the Concremax company. To determine the initial situation, the Ishikawa and Pareto diagram was used, resulting in that the central problem in the company lies in the lack of preventive maintenance and the lack of staff training. As for the initial audit, a result of 50.16% was obtained, showing that it has an acceptable level, but can be improved. In the initial availability, the machines had a 79.75%, after that, the preventive maintenance plan and training of the personnel were applied in order to improve the availability of the machines, achieving a final result of 89.87% in the availability of the machines. After the application of the preventive maintenance plan, it was possible to determine that the availability of the machines increased by 10.12%, and that the statistical value was $t = -3.24$, reaching the conclusion that the implementation of preventive maintenance increased availability. of the machines of the company Concremax.

Keywords: Availability, Preventive Maintenance, 966H Front Loader, 330 DL Hydraulic Excavator.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación, titulada “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria línea amarilla, empresa CONCREMAX - Lurín, 2020.”, plantea la integración de este tipo de metodología por los beneficios de su empleabilidad en cuanto a la eficiencia de los equipos, es así que es un tema relevante para la empresa, ya que, para lograr un óptimo desarrollo de está, se requiere de un efectivo sistema de gestión de mantenimiento y capacitaciones al personal, y con ello un aumento de la disponibilidad de las maquinarias, a fin de evitar paradas no previstas, que conllevan a una pérdida de costes. Para todas las empresas es de suma importancia analizar y determinar a través de indicadores, que factores están afectando en su proceso operativo y productivo, puesto que un inadecuado e ineficiente programa de mantenimiento influye directamente en el rendimiento de los factores productivos de la empresa.

A nivel mundial, las empresas emplean diferentes métodos y herramientas para mantener en buen estado sus activos no corrientes (maquinarias) y así prolongar la vida útil. Según Marín y Martínez (2013), el Mantenimiento productivo total, se manifestó por primera vez en Japón, en el año 1971 por Seiichi Nakajima y es desarrollado a partir del mantenimiento preventivo. El mantenimiento orientado a la confiabilidad, deben ser conocimientos base tanto para directivos, gerentes, y técnicos que manejan los programas de mantenimiento preventivo en los procesos operativos de éstas; ya que contribuye provechosamente con la mentalidad actual acerca de “preservar el equipo” a la de “preservar la función”, siendo de esta manera una excelente maniobra de gestión de mantenimiento (Smith, et al, 2004).

En el trabajo realizado por Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM), desarrollan las conceptualizaciones y diferencias de los diferentes tipos de mantenimiento, brindándole mayor vitalidad para la aplicación en el país, al mantenimiento autónomo y preventivo (TPM), definiéndolo como aquel sistema que mantiene su posicionamiento frente a la competencia por sobre todo su mejora en cuanto a los tiempos de respuesta y también demás beneficios (Galván, 2012 pág. 06). Esta filosofía de trabajo empresarial, según Rey (2001)

en las industrias líderes en el continente occidental, utilizan el Mantenimiento preventivo y dos movimientos más: Control Total de Calidad (TQS) y Sistema Total de Producción (TPS); para obtener incrementos significativos en su productividad, basándose desde una perspectiva de “mejora continua”; en base a procesos operativos eficientes y que si bien estos se fundamentan en este enfoque, no pueden desarrollarse conjuntamente en una organización, cada uno de estos movimientos aplicados en estas grandes empresas, por separado contribuyen con la integración de estrategias para el logro de objetivos.

Así también, empresas peruanas se han visto involucradas en casos donde han terminado realmente afectadas por el hecho de no contar con un eficiente sistema de mantenimiento, no permitiendo así hacer mejoras en cuanto a problemas como: la falta de mantenimiento y disponibilidad de maquinarias, que conllevaba a una parada innecesaria y repentina de las máquinas y procesos operativos respectivamente, provocando efectos desfavorables para el desarrollo de las empresas. De acuerdo a García, Romero y Noriega (2012) es sumamente importante que este nuevo sistema parta desde la intervención de la alta gerencia; promoviendo la integración, compromiso de cada uno de los colaboradores para la efectiva aplicación del mantenimiento preventivo, logrando así que las existencias de las empresas, como lo son las maquinarias y equipos sean una ventaja competitiva para la empresa y que además contribuyan con el manejo de liderazgo del departamento de mantenimiento.

Llevando esta **problemática al contexto local**, la empresa Concremax, perteneciente al sector industrial, en la unidad operativa, Lurín; dedicada a la preparación y comercialización de agregados (piedra chancada, arena gruesa y fina), y concreto pre mezclado, donde se ha podido observar la existencia de ciertos deficientes en el área de mantenimiento, en cuanto a sus activos fijos (maquinarias), presentando paradas imprevistas, resultando así afectado su proceso operativo, pues las tres máquinas con las que cuenta la empresa (cargadores frontales, excavadora hidráulicas), siempre están presentando fallas, por el deterioro prematuro de estas, lo que provoca paradas de un momento a otro.

Además de no contar con personal especializado para el área, llevándola a realizar costos por las reparaciones y compras de partes dañadas, que ha influido como un obstaculizador para que la empresa se desenvuelva óptimamente en un mercado tan exigente y complejo; a razón de ello la empresa se ve en la necesidad de integrar un sistema eficiente que le permita reforzar la disponibilidad de la maquinaria existente. En la empresa Concremax no existe una cultura en cuanto al mantenimiento preventivo, debido a que el personal que labora en la empresa no está capacitado para realizar este trabajo, además, no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, el cual le permite minimizar o reducir las paradas intempestivas en el trabajo.

Las causas que mayor impacto en la disponibilidad de los equipos son las paradas de producción, falta de mantenimiento, piezas oxidadas, mangueras y cañerías en mal estado, falta de repuestos, falta de historial de máquina, ausencia de medición, procedimientos inadecuados, mala regulación de máquinas, personal sin capacitación y personal insuficiente. La empresa no tiene un registro de mantenimiento en el cual refleje todas las actividades realizadas a las máquinas, sumado a ello, todos sus mantenimientos son correctivos, el cual afecta directamente al proceso productivo, dentro del área de mantenimiento se tiene piezas oxidadas. La falta de implementación de un plan de mantenimiento ha generado que se aumente los costos de fabricación en horas máquinas improductivas y horas – hombre improductivas.

Debido a esto, el impacto negativo en el área de mantenimiento se ve reflejado en los índices de productividad de trabajo no realizados y a destiempo en la producción. Donde los indicadores más alarmantes son: Deficiencias en mantenimiento 30%, defectos de armado o montaje 25%, operación fuera de diseño 15%, operación inapropiada 12%, errores de fabricación 8%, diseño defectuoso 6%, defectos de materiales 4%. Causando problemas en tiempos de atención en el área de mantenimiento, las cuales llegan en malas condiciones en gran mayoría desarmadas para reemplazar piezas o fabricar los repuestos, definiendo objetivos como; reparar en menor tiempo las máquinas en el área de mantenimiento.

El personal mecánico viene aplicando métodos de trabajos inadecuados, por falta de capacitación, poca experiencia, generando sobre esfuerzo, afectando su ambiente laboral, influyendo el desempeño productivo mecánico en un 70% de productividad, tiempos muertos en 30%, la empresa no cuenta con herramientas y equipos suficientemente operativa, ya que estas son repotenciadas cada vez que presentan una falla. El ambiente y espacios del taller son reducidos los cuales obstaculizan al momento de laborar, también existe desorden de las herramientas, a su vez éstas no se encuentran clasificadas, en la zona de trabajo se evidencia presencia de residuos sólidos y existe una mala distribución. Ante la problemática expuesta, se planteó la siguiente **formulación de problema:** ¿En qué medida la implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejorará de disponibilidad de las maquinarias, empresa Concremax – Lurín, 2020?

La **justificación** de la presente investigación en cuanto al aspecto social se enfocó en los clientes, ya que son la razón de ser de las empresas, es por ello que el propósito es cumplir con sus altas expectativas (calidad, precio y tiempo), a fin de fidelizarlos y con ello lograr maximizar el valor de la empresa, así también se enfatizó en la satisfacción de los colaboradores, pues a mayor demanda, hubo incremento en la producción y por ende pro actividad por parte de los colaboradores y satisfacción laboral. Así también en cuanto al aspecto económico, a través de la toma de la propuesta de implementación del mantenimiento preventivo, se logró reducir costos en el área de mantenimiento, ya que se contó con un sistema eficiente, por lo cual se requirió de menos costes y con ello resultó beneficiada la empresa, ahorrando recursos financieros para emplearlos en otros asuntos.

En el aspecto metodológico, la realización de este proyecto de investigación, servirá de base de datos para otros trabajos académicos, de tal modo que sirva como una fuente confiable para otros proyectos de investigación, por último en cuanto al aspecto práctico, a través de este proyecto se podrá analizar y determinar información clave del área de mantenimiento de la empresa, de tal manera que se permita hacer mejoras en base a la metodología aplicada, optimizando así el proceso de mantenimiento de las máquinas; para así

determinar las estrategias y beneficios de este método, y que sea una base de datos viable para que se tomen las respectivas consideraciones por los encargados. Para esta investigación se planteó la siguiente **hipótesis: H1:** La implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejorará de disponibilidad de las maquinarias, empresa Concremax – Lurín, 2020.

De acuerdo al planteamiento del problema se desarrolla el **objetivo general** desarrollar la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de maquinarias, empresa Concremax - Lurín, 2020. Para poder conseguir el objetivo general, se planteó los siguientes **objetivos específicos:** **1)** Diagnosticar la disponibilidad inicial de las maquinarias de la empresa Concremax - Lurín, 2020. **2)** Determinar como la integración de un plan de mantenimiento preventivo incrementará la disponibilidad de maquinaria de la empresa Concremax - Lurín, 2020. **3)** Evaluar el impacto del mantenimiento preventivo respecto del diagnóstico de la disponibilidad de las maquinarias de la empresa Concremax - Lurín, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Para poder tener un sustento teórico y metodológico, la investigación se centró y tomó como referencias a los siguientes antecedentes, extraídos de artículos científicos y de algunas tesis internacionales, nacionales y locales.

En el artículo científico de Filscha y Hendy (2019) titulado “Total Productive Maintenance Policy to Increase Effectiveness and Maintenance Performance Using Overall Equipment Effectiveness”, respecto al departamento de Ingeniería Industrial, para la revista de investigación aplicada en la industria Ingeniería en el año 2019 en la ciudad de Jakarta – Indonesia, el estudio tuvo como objetivo incrementar la actividad y superar el rendimiento de la máquina, mediante el uso del mantenimiento productivo total (TPM), se llevó a cabo un análisis del OEE actual, donde se propuso mejorar la efectividad, y además contrarrestar las pérdidas que se evaluaron bajo dos criterios: Tiempo medio entre fallos (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR), posteriormente bajo el estudio, el resultado evidenció que la OEE, a causa de la mala disponibilidad y sobre todo por averías, no logró su valor ideal. De tal manera que se propuso la implementación del TPM, ya que bajo los aspectos MTBF y MTTR, se evaluó el rendimiento del área de mantenimiento. Concretando que, para un óptimo proceso de fabricación, es necesaria la eficiencia de la máquina.

En la tesis de Meza (2019) titulada “Propuesta de un plan para la mejora de disponibilidad de flota en una empresa de carga utilizando la metodología TPM” con el objetivo de alcanzar el grado de bachiller en Ingeniería Industrial en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) en el año 2019, en Lima – Perú, con el fin de implementar la propuesta del TPM, para conseguir una mejora en cuanto a la disponibilidad y eficiencia de la flota, en la empresa de carga pesada, para ello se llevó a cabo una auditoría específicamente para el área de mantenimiento, también un análisis exhaustivo sobre las causas, así también se evaluó las diferentes soluciones propuestas, posterior a ello se procedió a validar la propuesta de implementación del TPM, obteniendo finalmente como resultado una disminución de 44,6% en cuanto a fallas mecánicas y así generando un incremento de disponibilidad de 72,92% a un 85%.

En la tesis de Rojas (2019) titulada “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad de los Equipos en la planta de chancado de una unidad minera en La Libertad, 2019” perteneciente a la Universidad Privada del Norte en Trujillo, Perú. El objetivo planteado fue proponer un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos en la nueva planta de chancado de una unidad minera en la Libertad, 2019. Como resultados se basó en la criticidad ya diagnosticada de la maquinaria, se elaboró la implementación y se planificó el mantenimiento según el periodo y complejidad para reunir la cantidad necesaria de posibles tareas, con el fin de estandarizar los procesos. Como conclusiones se determinó que se logró un aumento de 84.27% resultado obtenido del periodo 2018 a 97.81% desde enero a octubre 2019.

En la tesis de Tejada (2019) titulada “Propuesta de Modelo de Optimización de la Disponibilidad de Maquinaria y Equipo del Área de Maestranza de la Empresa FAMAI, Utilizando la Metodología del Mantenimiento Productivo Total –TPM” en la ciudad de Arequipa – Perú, con el propósito de proponer la integración del TPM a fin de optimizar la disponibilidad de máquinas y equipos en la empresa FAMAI, para lo cual se realizó un diagnóstico situacional de la empresa, evidenciando fallas y paradas, lo que generaba incumplimiento comerciales, y luego se establece al TPM como metodología de optimización, bajo 12 aspectos los cuales son: toma de decisión por la dirección, adquisición de documentos con respecto a los terceristas que están en la empresa, y la creación de un plan de mantenimiento preventivo basado en el TPM. Obteniendo un incremento de un 89,7% a un 97,20% en relación a la disponibilidad de las maquinarias, concluyendo así un 7,5% de mejora, por la aplicación del modelo del TPM.

Según Herrera (2018) en su tesis titulada Propuesta de Mejora del Plan de Mantenimiento en Equipos Frigoríficos de Cencosud, en Viña del Mar, Chile. El autor presentó como objetivo principal implementar mejoras en el plan de mantenimiento de Cencosud, orientado a establecer lineamientos de control para la empresa contratista Nova Service. Como resultados, el autor obtuvo que el plan de mantenimiento utilizado posee deficiencias y desorden generalmente hablando. En las conclusiones, manifestó que se calculó la disponibilidad para

observar el comportamiento de la mantención a cada una de las maquinarias, es así que se determinaron los puntos más críticos para su mejora. Según el plan de gestión en mantenimiento es importante aminorar los tiempos en mantenimiento correctivo hasta llegar a la optimización de rentabilidad empresarial.

Según la tesis de Limache (2018) titulada “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos Trackles de la Empresa Serminas SAC. en la Unidad Alpamarca” en la ciudad de Huancayo, Perú. El autor planteó como objetivo general proponer los procedimientos del plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos trackles de la empresa SERMINAS SAC. en la unidad Alpamarca. En los resultados se alcanzó un aumento de disponibilidad mecánica del 12.3% realizando la propuesta brindada en el transcurso de 4 meses de diagnóstico. En las conclusiones, el autor manifestó que al mantener el tiempo en horas de parada menor o igual a 90 horas mensuales, logra que la disponibilidad mecánica sea mayor o igual al 85%, que sería una correcta disponibilidad según al departamento operativo.

En la tesis de Xiaomeng (2018) titulada “Implementing a Total Productive Maintenance Approach into an Improvement At S Company” con el propósito de obtener la titulación para maestro de la ciencia de la Universidad de Western Kentucky Bowling Green, para la facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas en el año 2018 en la ciudad de Kentucky - Bowling Green, teniendo como objetivo mejorar el nivel de eficacia en cuanto al área de fabricación de la Compañía S, mediante la implantación de TPM, realizando evaluaciones OEE, desempeño de los operadores, condiciones , gestión del mantenimiento autónomo, y de los diferentes procesos de dicha área, obteniendo así como resultado que la ejecución del AM por los operadores, se manejan tiempos más eficientes(planificación productiva, control y limpieza), teniendo esto como efecto una disminución en las paradas y averías repentinas y con ello resultando mayor rendimiento a causa de una efectiva disponibilidad de la maquinaria. Concluyendo que la integración de un mantenimiento productivo total, mejora significativamente la efectividad total del equipo (OEE), abarcando tanto

máquinas como diferentes procesos operativos, provocando un alto impacto en cuanto a la disponibilidad.

En la tesis de Chandra (2017) titulada “Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in a machine shop”, para conseguir el grado académico de Maestría en Ciencias en Ingeniería, en el Departamento de Ingeniería de Energía Eléctrica y Mecatrónica, en el año 2017 en Tallin – Estonia, el proyecto de investigación tuvo como objetivo generar un criterio con respecto al impacto que se produce mediante la implementación del TPM, en una planta industrial: Eksamo AS, donde se resaltó que actualmente las empresas recurren a la adquisición de nuevas máquinas a fin de incrementar su producción, pero esta no es la mejor decisión, sino que se debe tener un óptimo sistema de mantenimiento integral, para que el rendimiento de las máquinas sean a su 100%. En el estudio de la empresa, dio como resultado, un alto nivel de eficacia de los equipos y máquinas, además permite alargar su vida.

Según Bravo (2016) en su tesis titulada “Elaboración de un Plan de Mantenimiento centrado en Confiabilidad Caso Línea Seis de PEPSICO ALIMENTOS S.C.A. de la Universidad Central de Venezuela, donde el autor manifiesta como objetivo principal proponer una alternativa para la disminución de las horas de paradas no programadas en la Línea Seis de Pepsico Alimentos. En sus resultados, se ejecutó un plan de mantenimiento dirigido a la confiabilidad, más adelante, como conclusiones se determinó que la razón más relevante en las horas de paradas inesperadas es que las actividades se enfocan mayormente a un mantenimiento correctivo, por ese motivo, se desarrolló planes estratégicos que otorguen un máximo provecho al uso de componentes de extrusores, para incrementar su vida útil.

En el artículo científico de Herrera y Duany (2016) titulado Metodología e implementación de un programa de gestión de mantenimiento, de la Habana, Cuba, publicado por la revista SciELO. Ambos autores determinaron el objetivo principal que fue conocer la empresa, el producto y el proceso productivo para poder evaluar su estado inicial y poder así definir los cambios necesarios a realizar en el Departamento de Mantenimiento, para conseguir una mejora de los resultados totales. Como resultado, los autores mencionan que una vez ya

teniendo en mente la metodología a ejecutar, la implementación se realiza en la Planta de producción, con esta planta ya remodelada y con su función principal de perfeccionar las buenas prácticas. En las conclusiones se manifiesta lo importante que es la implementación de un sistema integrado de mantenimiento para controlar las actividades que ejecuta el área, muy a parte de la disponibilidad de los recursos, tal como la necesidad de códigos internos del equipamiento adjunto al control del área de calidad.

En relación a las teorías relacionadas al tema, la variable independiente es el mantenimiento preventivo es un conjunto de pasos que se realiza al equipo, el cual consiste en resguardar el tiempo de vida de la máquina y de esa manera se tenga un mejor tiempo de durabilidad en el proceso establecido. Por ende, se puede decir que la función principal del mantenimiento preventivo es detectar a tiempo los problemas y solucionarlos mediante correcciones técnicas; por otro lado, el mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades ejecutadas en los recursos físicos de una organización con la finalidad de garantizar la calidad de servicio que la empresa brinda (Jiménez, 2019, p.4).

El mantenimiento preventivo es descubrir y corregir los problemas mínimos antes de que provoquen fallas más serias, para la ejecución del mantenimiento, se tiene que realizar una lista de actividades a realizar, todas estas tareas serán ejecutadas por los operarios de mantenimiento, y para asegurar la adecuada ejecución del mantenimiento estará a cargo el supervisor de mantenimiento, de esta manera se tendrá el aseguramiento del aumento de confiabilidad de las máquinas que operen en buenas condiciones de seguridad, dado que se tendrá el aumento de manera significativa en la confiabilidad de los equipos, se conocerá sus estados y el nivel de funcionamiento, por ende se tendrá una disminución significativa en la reducción de los tiempos muertos (Alavedra, 2016, p.12).

Tal es así que se empezó con definiciones del mantenimiento, ésta estuvo puntualizada como un conjunto de acciones organizadas y dirigidas, inmediatas, ocasionales o periódicas que se ejecutan para mantener en estado óptimo la funcionalidad de un cuerpo productivo, ello quiere decir que se realizaron actividades necesarias para que la frecuencia de fallos del equipo sea mínima,

alargando la vida útil del tangible estudiado. Pese a esto, el mantenimiento para muchas organizaciones implica un gasto innecesario y poco útil por lo que si se quiere lograr mejoras debe ser visto como una inversión, ya que trae grandes beneficios a las empresas que lo aplican, por este motivo se debe conocer los objetivos que precisan el mantenimiento y estos son los siguientes: la disponibilidad constante de los tangibles, conservar su imagen y funcionalidad al máximo, calidad en el producto final, evitar los tiempos inactivos, incrementar la vida productiva de los activos fijos o móviles y la rentabilidad que se ve reflejado con la disminución de los costos de mantenimiento, todo ello necesario para obtener ventajas competitivas que influyan en la gestión empresarial (Sosa, 2014, p. 31).

Por tal motivo, no todos los equipos son iguales y tampoco son los tipos de mantenimiento aplicadas a ellos, por ende una de las primeras clases de mantenimiento es el correctivo, debido a que consiste en un conjunto de actividades designadas a corregir defectos y solucionar fallas, con el objetivo de recuperar su capacidad operativa inicial, en la actualidad se pretende minimizar este tipo de mantenimiento ya que los costos asociados a las reparaciones son mayores con el transcurrir del tiempo; también existe el mantenimiento preventivo que pretende anticiparse a la ocurrencia de fallas o averías con tareas planificadas que buscan fortalecer puntos frecuentes de falla; por otro lado el mantenimiento predictivo es aquel que recoge y analiza información del momento y lugar adecuado para efectuar actividades de mantenimiento preventivo, de esta forma brindar una ventaja significativa al reducir los costos de mantenimiento por el uso eficiente de los recursos; por último el autor indica que el mantenimiento integrado, es aquel que involucra directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento, ya que la problemática debe ser conocida por técnicos, profesionales, ejecutivos y directivos para desarrollar adecuadas labores de mantenimiento (Fernández, 2018, p. 47).

El mantenimiento preventivo es descubrir y corregir los problemas mínimos antes de que provoquen fallas más serias, para la ejecución del mantenimiento, se tiene que realizar una lista de actividades a realizar, todas estas tareas serán ejecutadas por los operarios, y para asegurar la adecuada ejecución del

mantenimiento estará a cargo el supervisor de mantenimiento, de esta manera se tendrá el aseguramiento del aumento de confiabilidad de las máquinas que operen en buenas condiciones de seguridad, dado que se tendrá el aumento de manera significativa en la confiabilidad de los equipos, se conocerá sus estados y el nivel de funcionamiento, por ende se tendrá una disminución significativa en la reducción de los tiempos muertos (Alavedra, 2016).

Tal es así que se empezó con definiciones del mantenimiento, ésta estuvo puntualizada como un conjunto de acciones organizadas y dirigidas, inmediatas, ocasionales o periódicas que se ejecutan para mantener en estado óptimo la funcionalidad de un cuerpo productivo, ello quiere decir que se realizaron actividades necesarias para que la frecuencia de fallos del equipo sea mínima, alargando la vida útil del tangible estudiado. Pese a esto, el mantenimiento para muchas organizaciones implica un gasto innecesario y poco útil por lo que si se quiere lograr mejoras debe ser visto como una inversión, ya que trae grandes beneficios a las empresas que lo aplican, por este motivo se debe conocer los objetivos que precisan el mantenimiento y estos son los siguientes: la disponibilidad constante de los tangibles, conservar su imagen y funcionalidad al máximo, calidad en el producto final, evitar los tiempos inactivos, incrementar la vida productiva de los activos fijos o móviles y la rentabilidad que se ve reflejado con la disminución de los costos de mantenimiento, todo ello necesario para obtener ventajas competitivas que influyan en la gestión empresarial (Sosa, 2014, p. 31).

Por tal motivo, no todos los equipos son iguales y tampoco son los tipos de mantenimiento aplicadas a ellos, por ende una de las primeras clases de mantenimiento es el correctivo, debido a que consiste en un conjunto de actividades designadas a corregir defectos y solucionar fallas, con el objetivo de recuperar su capacidad operativa inicial, en la actualidad se pretende minimizar este tipo de mantenimiento ya que los costos asociados a las reparaciones son mayores con el transcurrir del tiempo; también existe el mantenimiento preventivo que pretende anticiparse a la ocurrencia de fallas o averías con tareas planificadas que buscan fortalecer puntos frecuentes de falla; por otro lado el mantenimiento predictivo es aquel que recoge y analiza información del

momento y lugar adecuado para efectuar actividades de mantenimiento preventivo, de esta forma brindar una ventaja significativa al reducir los costos de mantenimiento por el uso eficiente de los recursos; por último el autor indica que el mantenimiento integrado, es aquel que involucra directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento, ya que la problemática debe ser conocida por técnicos, profesionales, ejecutivos y directivos para desarrollar adecuadas labores de mantenimiento (Fernández, 2018, p. 47).

Ahora se procederá a hablar de la variable dependiente. La disponibilidad de maquinarias es el porcentaje de tiempo en el que los equipos o maquinarias, se encuentran aptos para su funcionamiento, y se cumplan con los distintos procesos operativos de la empresa (Fitzgerald y Baltazar, 2016). Del mismo modo se dice que es un indicador del tiempo en el que se encuentran operativo los equipos. Que la disponibilidad sea óptima depende de varios factores, por ende, es importante contar con una herramienta que permita tomar decisiones inmediatas. La disponibilidad, se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir (Flores, et al, 2016).

La disponibilidad es un indicador efectivo para que las máquinas o equipos estudiados estén operando por más tiempo, así se demuestra que no solo abarca beneficios en la parte operativa del sistemas, por el contrario evidencia mejoras significativas en toda la empresa, de esta manera el área de mantenimiento debe de contar con instrumentos necesarios para evitar inconvenientes mayores como tiempos inactivos por reparación de las maquinarias o que el bien tangible ya no opere más porque no se contó con las precauciones del caso, por este motivo las acciones preventivas aseguran que el activo funcione por más tiempo y supone un incremento en las ganancias de la empresa (Mesa, et al, 2008).

La mantenibilidad es expresada es aquella probabilidad que se tiene de mejorar las máquinas, en todos sus aspectos, con la finalidad de que la durabilidad y el tiempo de trabajo de las máquinas aumenten y reduzcan las paradas intempestivas de las máquinas, para poder medir la mantenibilidad se emplea las fórmulas del tiempo medio para reparar y el tiempo medio entre fallas, estos indicadores determinan en cuanto tiempo se tiene que reparar una máquina y en cuanto tiempo también falla. De esta manera la mantenibilidad es entendida

como el tiempo en que un equipo está en reparación, puesto que es importante para que funcione de manera normal (Mesa, et al, 2008).

Y como sus dimensiones: Eficiencia y confiabilidad; para lo que respecta a eficiencia, de acuerdo con Salvador y Yambay (2020), la valoración de este indicador sirve para verificar si existe un buen uso de los recursos, a través de la diferencia entre los insumos (inputs) y la producción (outputs), es así que se puede analizar y determinar si se están alcanzando los objetivos. La eficiencia está severamente conectada con el uso que se les da a los recursos, a fin de cumplir objetivos, por lo mismo, tiene una amplia relación con respecto a la productividad (Fontalvos, et al, 2017). La confiabilidad es como la garantía de un equipo o maquinaria, al ser empleado para la función establecida, y mostrar su capacidad en óptimas condiciones en su tiempo de vida útil. La confiabilidad es la competencia de los activos de la empresa, de tal manera que operen eficientemente en un tiempo determinado, por lo cual es importante emplear tiempos medios entre fallas y tiempos medio por reparación (Solís, 2018).

III.METODOLOGÍA

3.1.Tipo y diseño de investigación

En este estudio se planteó el enfoque cuantitativo, debido a los resultados obtenidos en las variables fue a través de frecuencias, valores numéricos y estadísticos, representados en tablas de frecuencias (Hernández, et al, 2014).

El estudio fue de tipo aplicado, debido a que el problema central radicó en la mejora de la disponibilidad de las máquinas, se procedió a aplicar el mantenimiento preventivo para solucionar todos los problemas existentes de las máquinas de la empresa Concremax- Lurín (Hernández, et al, 2014).

El diseño fue de tipo Pre Experimental, ya que existió una ligera manipulación en el mantenimiento preventivo (variable independiente), el cual se aplicó en las máquinas, para después determinar su efecto en cuanto a la disponibilidad (variable dependiente) se empleará un pre prueba y post prueba para determinar la mejora de la productividad en la línea de cocido (Hernández, 2014 pág. 120).



Dónde:

G = Empresa Concremax- Lurín

O1 = Disponibilidad inicial (PRE PRUEBA).

X = Mantenimiento preventivo (ESTÍMULO)

O2 = Disponibilidad final (POST PRUEBA).

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Mantenimiento preventivo

Variable dependiente: Disponibilidad

La matriz de operacionalización de variables se muestra en el Anexo 3.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: Este apartado es conocido como el conjunto del total de casos que mantienen un grupo de especificaciones similares, así mismo se centra en la

totalidad del fenómeno dado como estudio, donde estos elementos presentan características comunes que es importante para la concepción de la información del estudio (Hernández, et al, 2017). Por ello, la población en esta investigación fueron todas las máquinas de la empresa Concremax, los cuales son 2 cargador frontal 966H y 1 excavadora hidráulica 330 DL.

- **Criterios de inclusión:** Se tomó como muestra a las máquinas presentes en la empresa Concremax- Lurín.
- **Criterios de exclusión:** No se consideró como muestra a las máquinas presentes en la empresa Concremax- Lurín.

Muestra: El apartado de muestra se refiere al subgrupo desligado de la población total, el mismo que alberga elementos con características comunes, que van a ser sujetos directo de la fuente de información para la investigación. (Hernández, et al, 2014). Por ello, la muestra en esta investigación fue igual que la población, los cuales son 2 cargador frontal 966H y 1 excavadora hidráulica 330 DL.

Muestreo: Según Vivanco (2016 p.53). el muestreo es esencial para la investigación, es muy importante elegir los grupos que contengan la menor cantidad de fallas posibles y tener en cuenta hasta qué punto se puede evaluar los resultados para la población en general; en esta investigación el muestreo fue no probabilístico por conveniencia, puesto que todos los elementos de la muestra mantienen la misma opción de ser elegidas a la recojo de información, por medio de la ejecución aleatoria.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En toda investigación siempre se emplea técnicas para hacer posible la recolección de datos, una técnica es un conjunto de procesos que se ejecutan con la finalidad de obtener la información deseada en un determinado lugar o espacio (Hernández y Mendoza, 2017). Las técnicas empleadas fueron: Encuesta: esta técnica permitió recoger información acerca de la situación de la gestión de mantenimiento en la empresa. Observación directa: se realizó antes de manipular las variables, con el fin de obtener información de la situación inicial en la que se encuentra la gestión de mantenimiento. Análisis

de datos históricos: Se realizó para poder conocer datos del mantenimiento correctivo en periodos anteriores al actual, esto sirvió para el estudio de la variable independiente. Revisión documental: Técnica que permitió tomar datos necesarios de la empresa respecto a los indicadores iniciales de las variables. Análisis documental: Análisis del manual de operación del objeto de estudio para la planeación del plan de mantenimiento.

Los instrumentos de recolección de datos, son aquellos que permiten recepcionar toda la información obtenida por las técnicas, pueden ser formularios, registros, validados o de elaboración propia (Miranda, 2007). Cuestionario de auditoría de mantenimiento: Instrumento de investigación que ratificó el diagnóstico situacional de la empresa, el cual está sistematizado mediante un cuestionario determinado para la auditoría de gestión de mantenimiento. Ficha técnica: Formato que sirvió para determinar las condiciones en las que se encuentra cada máquina de diferente capacidad y poder detectar problemas que ayuden al plan de mantenimiento preventivo. Reporte de fallas: Formato en el que se registró datos que ayudaron a medir los indicadores de la variable dependiente, es por ello que este instrumento contó con una estructura que abarca el sistema que fallará, la causa de la falla, el número de fallas de la máquina, el responsable, entre otros.

Plan de mantenimiento preventivo: Instrumento que sirvió para mostrar las actividades de mantenimiento en periodos determinados a realizarse en las máquinas. Formato de tiempo medio entre fallas (MTBF): Instrumento en el que se evidenció los datos necesarios como son las horas de proceso y el número de reparaciones para hallar la disponibilidad en los dos ámbitos inicial y final. Formato de tiempo medio de reparación (MTTR): Instrumento en el que se tuvo los datos necesarios como son horas de reparación y el número de reparaciones para hallar la disponibilidad en los dos ámbitos inicial y final.

Todo instrumento de elaboración propia, tiene que ser validado, de manera estadística y con un experto, se tiene en cuenta que la validez es aquel que permite que todos los instrumentos sean confiables (Páramo y Gómez, 2008). Por tal motivo, se brindó a 3 profesionales de ingeniería con la finalidad que emitan su opinión de juicio para poder ser viable los instrumentos, cuyo

resultado arrojó un 83%, teniendo una excelente validez, el cual se visualiza en el Anexo 10, 11, 12 y 13. La confiabilidad es aquel instrumento estadístico que permite determinar el grado de congruencia que existe en un cuestionario (Hernández, et al, p. 200), considerando lo citado, la confiabilidad de los instrumentos será aplicados a todos los indicadores de cada dimensión de la investigación.

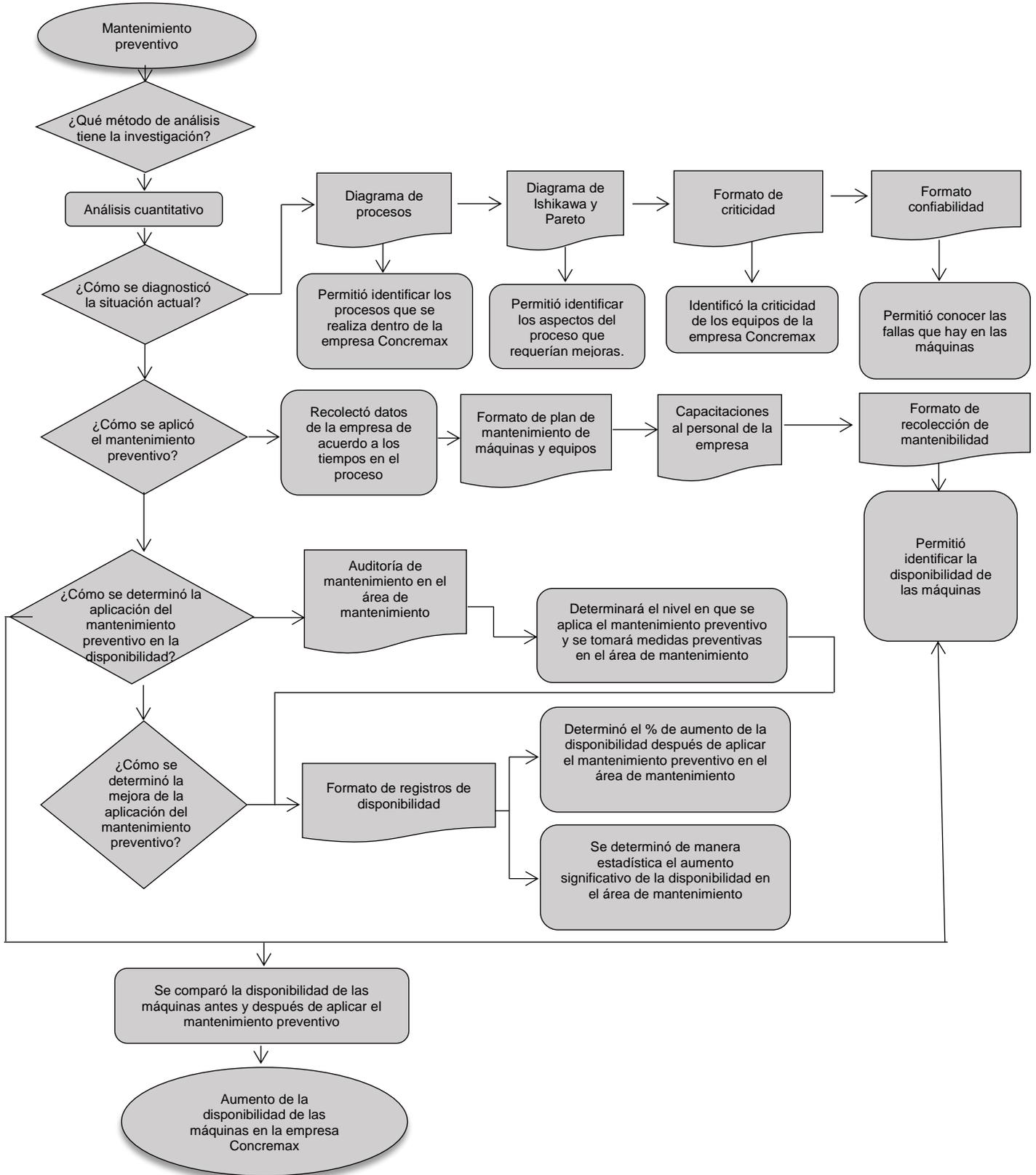
Tabla 1. *Técnicas e instrumentos para recolección de datos.*

Variable	Técnica de procesamiento	Instrumento	Fuente
Mantenimiento preventivo	Encuesta	Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento (Anexo 2)	Libro de mantenimiento.
	Observación directa	Ficha técnica de mantenimiento (Anexo 3)	
	Análisis documental	Plan de mantenimiento preventivo (Anexo 4)	Historial de equipo.
	Análisis de datos	Formato de capacitaciones (Anexo 5)	Catálogos y manuales de equipos.
	Análisis de datos históricos	Reporte de fallas (Anexo 6)	
Disponibilidad	Revisión documental	Formato de tiempo medio entre fallas (Anexo 7)	Área de mantenimiento de la empresa Concremax.
	Observación directa	Formato de tiempo medio de reparación (Anexo 8)	
	Observación directa	Formato de disponibilidad (Anexo 9)	

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procedimientos

Figura 1. Procedimiento de investigación.



Fuente: Elaboración Propia.

3.6. Método de análisis de datos

Tabla 2. Método de análisis de datos.

Objetivo específico	Técnica de procesamiento	Instrumento	Resultados
Diagnosticar la disponibilidad inicial de las maquinarias de la empresa Concremax - Lurín, 2020.	Análisis de datos	Diagrama de Ishikawa (Anexo 16)	Hallazgos de las principales causas dentro de la empresa
	Análisis de datos	Diagrama de Pareto (Anexo 17)	
	Encuesta	Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento (Anexo 2)	Se mostró la situación inicial de la gestión de mantenimiento
	Observación directa	Ficha técnica de mantenimiento (Anexo 3)	Se demostró las condiciones de las máquinas.
	Análisis de datos históricos	Reporte de fallas (Anexo 6)	Se obtuvo datos del mantenimiento correctivo realizado en periodos anteriores al actual
	Revisión documental	Formato de tiempo medio entre fallas (Anexo 7)	Se halló los datos necesarios para aplicar el formato de disponibilidad inicial de las máquinas.
	Observación directa	Formato de tiempo medio de reparación (Anexo 8)	
Determinar como la integración de un plan de mantenimiento preventivo incrementará la disponibilidad de maquinaria de la empresa Concremax - Lurín, 2020.	Observación directa	Formato de disponibilidad (Anexo 9)	Se halló el porcentaje de la disponibilidad inicial de las máquinas.
	Análisis documental	Plan de mantenimiento preventivo (Anexo 4)	Se programó y ejecutó las actividades del plan de mantenimiento preventivo y capacitaciones en la empresa Concremax.
Evaluar el impacto del mantenimiento preventivo respecto del diagnóstico de la disponibilidad de las maquinarias de la empresa Concremax - Lurín, 2020.	Análisis de datos	Formato de capacitaciones (Anexo 5)	
	Prueba t Student para muestras independientes	Software SPSS 22.0	Aumento significativo de la disponibilidad en las máquinas de la empresa Concremax.

Fuente: Elaboración Propia.

3.7. Aspectos éticos

La investigación presenta las siguientes condiciones éticas, estipulada en la normativa y en los artículos de la Resolución del consejo Universitario N°0126-2017-UCV. De acuerdo al Art.14 con la publicación de las investigaciones, se elaborará un permiso que garantizará la originalidad del presente proyecto de investigación asumiendo un compromiso ético y moral. En el Art.15 de la Política anti plagio, el informe será evaluado mediante el software turnitin. Art.16 basado en los Derechos autor, se realizará una declaratoria de autenticidad y no cometiendo ningún tipo de plagio y respetando el Art.15 de la Resolución del Consejo Universitario N°0126-2017-UCV. El Art. 17 del investigador principal y personal investigador, porque como investigadoras nos comprometemos a mantener veracidad de los resultados y la confiabilidad de los recursos proporcionados por la empresa. Para la aplicación del siguiente proyecto de investigación la empresa fue informada acerca de la investigación y procedimiento que se realizará en sus instalaciones. Para poder recolectar dicha información se adjuntará el permiso por la empresa para la veracidad de la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnosticar la disponibilidad inicial de las maquinarias de la empresa Concremax - Lurín, 2020.

A fin de diagnosticar la situación actual de la empresa Concremax, se procedió a analizar en primera instancia el área de mantenimiento de la empresa, con la finalidad de determinar las causas que generan la baja disponibilidad de las máquinas. En el Anexo 16 se visualiza el diagrama de Ishikawa, en el cual se detalló que el principal problema que existe en la empresa la baja disponibilidad de las máquinas, se procedió a conocer cuáles son las principales causas que afectan a la disponibilidad de las máquinas, llegando a la conclusión de las siguientes causas mangueras y cañerías en mal estado, piezas oxidadas, ausencia de materiales de repuestos, no existe registros de mantenimiento, no hay indicadores de medición de mantenimiento, métodos ineficientes, no hay un buen control de las máquinas, presencia de colaboradores no capacitados, espacios inadecuados y desorden.

Una vez realizado el análisis a través del diagrama de Ishikawa se procedió a determinar cuáles son las principales causas que generan que se tenga una disponibilidad baja en las máquinas, para ello, se aplicó el diagrama de Pareto, el cual se visualiza en el Anexo 17, con la finalidad de clasificar las principales causas y en base a ello tomar acciones de mejora que contribuyan a la mejora de la disponibilidad de las máquinas. Las causas principales que afectan a la disponibilidad de las máquinas son la falta de mantenimiento, personal sin capacitación, piezas oxidados, mangueras y cañerías en mal estado y falta de historial de máquinas.

Para diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento se realizó una auditoría inicial (Anexo 14), el cual se le aplicó al jefe de mantenimiento con apoyo del análisis del investigador de esta tesis, este cuestionario analiza los ocho criterios del mantenimiento, por lo tanto, en la Tabla 4 se muestra los porcentajes por cada criterio en el área de mantenimiento de la empresa Concremax.

Tabla 3. Resumen inicial del cuestionario de la auditoría de gestión de mantenimiento.

Criterios de la auditoría de gestión de mantenimiento	Puntaje obtenido	Puntaje óptimo	Porcentaje
1. Cualificación y rendimiento del personal de mantenimiento.	42	84	27%
2. Herramientas y medios técnicos.	16	42	10%
3. El mantenimiento preventivo y el plan de mantenimiento.	14	21	9%
4. Organigrama de mantenimiento correctivo.	19	30	12%
5. Procedimiento de mantenimiento.	14	21	9%
6. Gestión de información	14	36	9%
7. Gestión de repuestos.	17	36	11%
8. Resultados del mantenimiento.	22	45	14%
TOTAL	158	315	100%

Fuente: Cuestionario de la auditoría de gestión de mantenimiento (Anexo 16).

Se obtuvo como resultado que, de los ocho criterios a evaluar en la auditoría, el Mantenimiento Preventivo es uno de los más críticos con un 9% (Tabla 3) debido a que la empresa Concremax., no contó con actividades necesarias que aseguren una disponibilidad óptima en las máquinas, así mismo posee inadecuados procedimientos de mantenimiento, ya que mostró un 9% de ineficiencia lo que significa que no ejecutan un sistema acorde a sus necesidades, del mismo modo la gestión de la información presenta un 9% que indica un déficit en el proceso de manejo de datos que ayude a la prevención de largos tiempos inactivos de operación en las máquinas.

Todo ello engloba un deficiente sistema de gestión de mantenimiento, pues necesita mejorar con instrumentos que ayuden a la empresa en los diferentes aspectos, debido a que Concremax., reveló ser deficiente, puesto que utiliza el Microsoft Excel para los informes de mantenimiento, las órdenes de trabajo, el stock entre otros; se debe diseñar planes de acción para mejorar la eficiencia de los sistemas. El resultado inicial de la situación actual del mantenimiento:

Tabla 4. Índice de conformidad del resultado inicial de la situación actual de mantenimiento.

Índice de conformidad de la gestión de mantenimiento	
Suma total de los valores de la auditoría de gestión de mantenimiento.	158
Valor máximo del cuestionario.	315
Índice de conformidad.	50.16%

Fuente: Resumen inicial del cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento (Tabla 4).

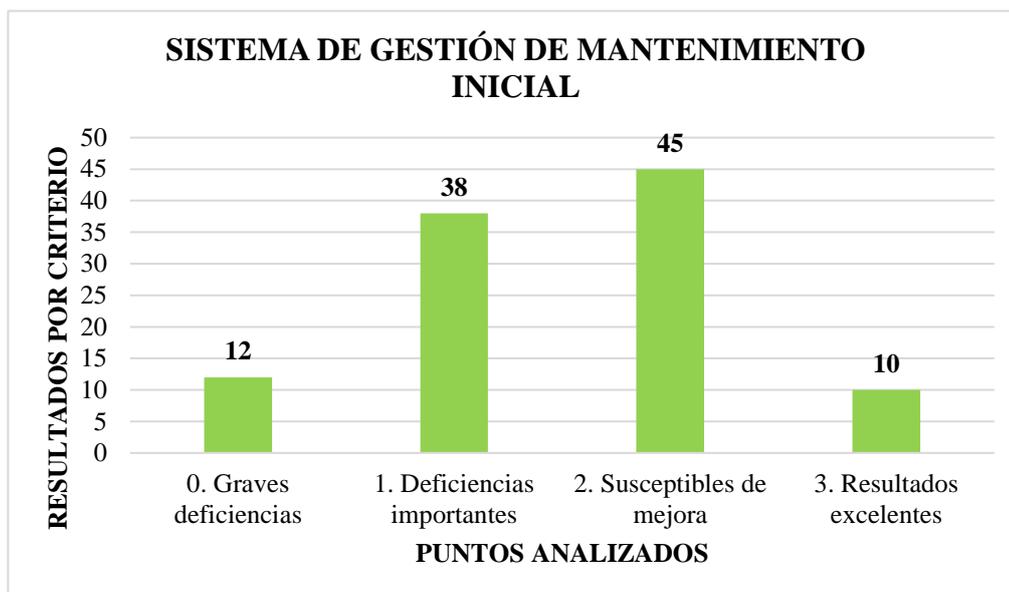
Tabla 5. Tabla de valores del cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento.

Tabla de valores	
< 40% de índice de conformidad	Sistema muy deficiente
40 – 60% de índice de conformidad	Aceptable pero mejorable
60 – 75% de índice de conformidad	Buen sistema de mantenimiento
75 – 85% de índice de conformidad	El sistema de mantenimiento es muy bueno
< 85% de índice de conformidad	El sistema de mantenimiento puede considerarse excelente.

Fuente: Renovetec, 2017.

Los criterios de la auditoría de gestión de mantenimiento efectuada evidenciaron un índice de conformidad de 50.16% (Tabla 4), que indicó que la gestión de mantenimiento es aceptable pero mejorable (Tabla 5), por lo que el sistema puede cambiar por medio de instrumentos que maximicen las deficiencias encontradas en el cuestionario. Tal es así que dicho cuestionario permite evaluar el mantenimiento agrupándolos en puntos clave, denominados puntos analizados, que corresponden a graves deficiencias que tiene un valor de 0, deficiencias importantes que adquiere el valor 1, susceptibles de mejora que posee valor 2 y resultado excelente que alcanza un valor 3.

Figura 2. Estado inicial de la gestión de mantenimiento.



Fuente: Cuestionario de la auditoría de gestión de mantenimiento (Anexo 16).

En la Figura 2 se puede apreciar la valoración final de cada uno de los puntos analizados del cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento. De este modo, Concremax, se encuentra en un punto clave denominado susceptibles de mejora, ya que obtuvo el valor de 2 donde se respondió 45 preguntas del cuestionario, lo que quiere decir que maneja un sistema de gestión de mantenimiento eficaz, pero necesita mejorar varios aspectos que involucran las graves deficiencias y carencias importantes que no deberían hallarse por lo que supone un peligro en el todo el sistema de gestión de mantenimiento; si se optimiza esas deficiencias entonces se tendría un sistema de gestión con resultados excelentes.

Por consiguiente, dicha auditoría permitió que la información sea clasificada según criterios analizados y estos fueron: cualificación y rendimiento del personal de mantenimiento, herramientas y medios técnicos, el mantenimiento preventivo y el plan de mantenimiento, organigrama de mantenimiento correctivo, procedimientos de mantenimiento, gestión de la información, gestión de repuestos y resultados de mantenimiento que se evaluaron para evidenciar en detalle las fortalezas y deficiencias del sistema, a fin de conocer los puntos importantes para mejorar la calidad en mantenimiento.

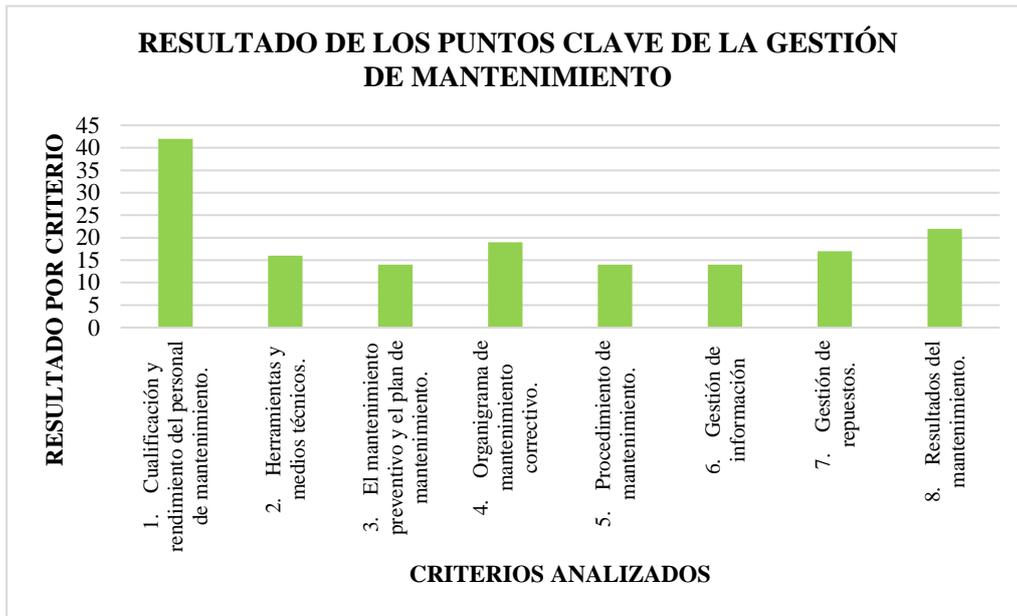


Figura 3. Situación específica inicial de la gestión de mantenimiento de máquinas.

Fuente: Cuestionario de la auditoría de gestión de mantenimiento (Tabla 4).

La Figura 3 muestra los resultados de un análisis específico por cada pauta establecida en el cuestionario; actualmente para la empresa Concremax., lo primordial es tener la lealtad de sus trabajadores, tal es así que, evidencia un alto valor en el criterio de cualificación y rendimiento del personal de mantenimiento, esto es posible ya que los horarios de entrada, salida y los descansos son respetados, además cuenta con un buen sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Luego de diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento se procedió a hallar la disponibilidad inicial y para ello se empleó en primer lugar el reporte de fallas inicial (Tabla 6) donde se detallaron las causas de las fallas en los sistemas más críticos, se aplicó las fórmulas descritas en el cuadro de operacionalización, con el fin de hallar el tiempo medio entre fallas (MTBF) (Tabla 7) y las fórmulas descritas en el cuadro de operacionalización referidas al tiempo medio de reparación (MTTR) (Tabla 8) que indicaron valores importantes para encontrar la disponibilidad inicial en los sistemas de las máquinas, por lo tanto, todos estos alcances fueron obtenidos hasta el mes anterior al que se aplicó el plan de mantenimiento preventivo. Los datos fueron obtenidos del mes de enero de 2020 a junio del 2020.

Tabla 6. Reporte de fallas iniciales.

Máquina	Sistema	Causa de la falla	Horas trabajadas de la máquina	Número de reparaciones de la máquina	Horas de reparación
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	Reparación de llanta	76.2	2	12
	Sistema de dirección	Cambio de un espejo lateral derecho	77.5	2	6
	Sistema hidráulico	Reparación del pistón de dirección posterior derecho	77.4	2	45
	Sistema eléctrico	Mantenimiento de alternador	75.2	4	20
	Sistema de motor	Desarmado del tubo de escape y silenciador	76.7	2	25
	Sistema de motor	Desmontaje de radiador, ventilador y parte del cigüeñal	78.5	3	30
	Sistema de motor	Cambio de aceite de motor	72.6	1	30
	Sistema de dirección	Desarmado total de un pistón para su reparación	78.5	4	27
	Sistema eléctrico	Mantenimiento de ruedas posteriores y luces delanteras	71.4	2	21
Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	Cambio de aceite de motor	76.4	4	24
	Sistema de motor	Reparación de bomba de agua	75.9	3	10
	Sistema de dirección	Cambio de 02 rotulas de mando de aceleración	77.3	3	5
	Sistema de motor	Cambio de bornes de batería y reparación parcial de tubo de escape	77.4	2	15
	Sistema de dirección	Reparación del freno delantero de llanta	76.7	2	18
	Sistema hidráulico	Cambio de manguera, timón hidráulico	78.4	4	11
	Sistema eléctrico	Reparación de arrancador	77.8	4	12
	Sistema de motor	Cambio del filtro de petróleo y base del filtro	79.7	4	20
	Suma total			1303.6	48
MTBF: Tiempo medio entre fallas			27.16		
MTRR: Tiempo medio entre reparaciones			6.90		
Tasa de falla			0.04		
%Disponibilidad			79.75%		

Fuente: Área de mantenimiento de la empresa Concremax.

El reporte de fallas inicial mostrado en la Tabla 7 presentó una disponibilidad inicial en todos los equipos de 79.75% lo que significó que se encuentra en un

estado deseable, pero podría mejorar de acuerdo al plan establecido, continuamente se presentó la tasa de fallas (Anexo 16) que mostró el reporte inicial, el cual fue de 0.04 fallas/hora en todos los sistemas de las máquinas, lo que significó deficiencia en la fiabilidad en algunos sistemas de las máquinas. Este diagnóstico sirvió para evidenciar el estado en el que se encuentran los valores referidos al tiempo medio entre fallas inicial (MTBF) identificada en la Tabla 7.

Tabla 7. Tiempo medio entre fallas (MTBF) inicial.

Máquina	Sistemas	Horas de procesos	Número de reparaciones	MTBF por sistema	MTBF por máquina
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	63.5	2	31.75	32.86
	Sistema de dirección	68.1	2	34.05	
	Sistema hidráulico	74.4	2	37.20	
	Sistema eléctrico	75.2	4	18.80	
	Sistema de motor	69.5	2	34.75	
	Sistema de motor	68.3	3	22.77	
	Sistema de motor	72.6	1	72.60	
	Sistema de dirección	60.8	4	15.20	
	Sistema eléctrico	57.3	2	28.65	
Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	58.6	4	14.65	23.75
	Sistema de motor	55.6	3	18.53	
	Sistema de dirección	58.5	3	19.50	
	Sistema de motor	77.3	3	25.77	
	Sistema de dirección	71.5	2	35.75	
	Sistema hidráulico	76.7	2	38.35	
	Sistema eléctrico	75.4	4	18.85	
	Sistema de motor	74.5	4	18.63	

Fuente: Área de mantenimiento de la empresa Concremax.

En la Tabla 8 se mostró que el número de reparaciones que se realizó en los seis primeros meses del año 2020 fue elevado y que las horas trabajadas son pocas debido a las constantes ineficiencias al operar.

Tabla 8. *Tiempo medio para reparar (MTTR) inicial.*

Máquina	Sistemas	Número de reparaciones	Horas de reparación	MTTRF por sistema	MTTR por máquina
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	2	12	6.00	13.11
	Sistema de dirección	2	6	3.00	
	Sistema hidráulico	2	45	22.50	
	Sistema eléctrico	4	20	5.00	
	Sistema de motor	2	28	14.00	
	Sistema de motor	3	36	12.00	
	Sistema de motor	1	30	30.00	
	Sistema de dirección	4	60	15.00	
	Sistema eléctrico	2	21	10.50	
	Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	3	26	
Sistema de motor		3	18	6.00	
Sistema de dirección		3	10	3.33	
Sistema de motor		3	8	2.67	
Sistema de dirección		2	16	8.00	
Sistema hidráulico		2	18	9.00	
Sistema eléctrico		3	11	3.67	
Sistema de motor		3	12	4.00	

Fuente: Área de mantenimiento de la empresa Concremax.

En cuanto al tiempo medio de reparación inicial (MTTR) expresado en la Tabla 8 se observó que existe un incremento considerable en las horas de reparación y el número de reparaciones, por lo que se afirmó que los posibles inconvenientes con los equipos operativos se debieron a que la empresa no está preparada con la mejor maquinaria cuando se requieren los servicios de las máquinas.

Tabla 9. Disponibilidad inicial de las máquinas.

Máquina	Sistemas	MTTR por sistema	MTBF por sistema	Disponibilidad por sistema	Disponibilidad por máquina
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	6.00	31.75	84.11%	72.04%
	Sistema de dirección	3.00	34.05	91.90%	
	Sistema hidráulico	22.50	37.20	62.31%	
	Sistema eléctrico	5.00	18.80	78.99%	
	Sistema de motor	14.00	34.75	71.28%	
	Sistema de motor	12.00	22.77	65.48%	
	Sistema de motor	30.00	72.60	70.76%	
	Sistema de dirección	15.00	15.20	50.33%	
	Sistema eléctrico	10.50	28.65	73.18%	
	Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	8.67	14.65	
Sistema de motor		6.00	18.53	75.54%	
Sistema de dirección		3.33	19.50	85.40%	
Sistema de motor		2.67	25.77	90.62%	
Sistema de dirección		8.00	35.75	81.71%	
Sistema hidráulico		9.00	38.35	80.99%	
Sistema eléctrico		3.67	18.85	83.72%	
Sistema de motor		4.00	18.63	82.32%	

Fuente: Área de mantenimiento de la empresa Concremax.

La Tabla 9 muestra los valores oscilantes entre 60% y 90% de disponibilidad en los sistemas de motor, dirección, hidráulico y eléctrico, lo que explica que este indicador fue bueno pero si se aplicase un plan de mantenimiento preventivo los valores pueden mejorar en los sistemas más críticos como son los sistemas de motor e hidráulico debido a que el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación presentan un valor deficiente que afectó a las máquinas por lo tanto se hizo énfasis en un plan que mejore estos aspectos para que en la segunda revisión logre un cambio significativo en los valores finales.

4.2. Determinar como la integración del mantenimiento preventivo incrementará la disponibilidad de maquinaria de la empresa Concremax.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El plan de mantenimiento preventivo fue elaborado en base al manual del Operador de las máquinas, conjuntamente con los especialistas de mantenimiento se realizó la actualización de los formatos de fichas técnicas (Anexo 3 y 4), instrumento por el cual se describieron los sistemas, componentes, características técnicas y la vida útil del equipo, además se tuvieron en cuenta los valores que se encontraron en los formatos anteriormente explicados como son los referidos al tiempo medio entre fallas, el tiempo medio de reparación y de disponibilidad inicial, los cuales sirvieron como base para realizar un plan acorde a los inconvenientes presentados en las máquinas. Por ello se elaboró un instrumento que detalla el tipo de sistema que tiene el equipo, los accesorios, la frecuencia de mantenimiento, la descripción de la operación, los materiales, la duración y el tipo de mantenimiento que se ejecutó, además se especificó los sistemas críticos y los componentes de cada sistema para demostrar el mantenimiento según horómetros y frecuencia de tiempo recomendados por el manual.

Así mismo, la Tabla 11 reveló las actividades planificadas para brindar soluciones a las paradas inesperadas y/o los tiempos largos de reparación, de esta manera se evidenció que el sistema de motor logró cambios significativos con respecto a la limpieza, cambio y revisión del cigüeñal, monoblock, aceite de motor, entre otros componentes; por otro lado el sistema hidráulico reflejó tener inconvenientes mayores porque no se reemplazaba una pieza para prevenir fallos sino cuando la máquina así lo requiriese, en consecuencia se tuvo mayor cuidado al colocar una frecuencia de mantenimiento menor a la que se encontraba. En cuanto al sistema eléctrico se sugirió mayor inspección con los elementos de este sistema, finalmente el sistema de dirección no tuvo gran inconveniente significativo por lo que su frecuencia de mantenimiento fue mayor a las demás, de esta forma se optimizó los equipos para mejorar la disponibilidad y así tener máquinas en buen estado y listas para utilizarse cuando el trabajador así lo requiera.

Tabla 10. Plan de mantenimiento preventivo de las máquinas en Concremax.

PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA CONCREMAX																												
ÁREA DE MANTENIMIENTO				FECHA DE ELABORACIÓN																				Julio del 2020				
Máquina	Sistema	Modelo	SERIE	jul-20		ago-20				sep-20				oct-20				nov-20				dic-20				Mecánico	% Cumplimiento	
				S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50			S51
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	V225B	70Y29 - D	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Fermín Gonzales Dextre	100%		
	Sistema de dirección			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Eder Paul Muñoz Angulo	100%	
	Sistema hidráulico			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Amadeo Dextre Morales	100%	
	Sistema eléctrico			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Elvis Ñuñuvero Murga	100%	
	Sistema de motor			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Julio Arellano Padilla	100%
	Sistema de motor			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Ángel Tarazona Ramírez	100%
	Sistema de motor			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Gustavo Hidalgo Obeso	100%
	Sistema de dirección			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Ángel Rabanal Padilla	100%

	Sistema eléctrico		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		José Luis Paredes Sánchez	100%			
	Sistema de motor		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Fernando Paredes Sánchez	100%
	Sistema de motor		X		X		X		X		X		X		X		X		X		Darwin Joel Pulido Vargas	100%			
	Sistema de dirección		X		X		X		X		X		X		X		X		X		Lorenzo Mendoza Llanos	100%			
Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	FD0- 5 110103834		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	Carlos Alberto Marrero Jara	100%	
	Sistema de dirección			X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		Gabriel Quipuseo Vásquez	100%		
	Sistema hidráulico			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Jhon Rolando Carlos López	100%
	Sistema eléctrico			X		X		X		X		X		X		X		X		X		Manuel E. Gutiérrez Gonzales	100%		
	Sistema de motor			X		X		X		X		X		X		X		X		X		José Denis Pulido Varas	100%		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Descripción del mantenimiento preventivo de las máquinas en Concremax.

Máquina	Sistemas	Frecuencia de mantenimiento	Descripción de la operación	Materiales	Duración	Tipo de mantenimiento
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	250 horas	Cambiar el aceite del motor	Varillas de medición y aceite para motor	0.5 hora	Preventivo
	Sistema de dirección	1000 horas	Limpiar el filtro del motor diésel	Llaves y balón de aceite para motor	1 hora	Preventivo
	Sistema hidráulico	300 horas	Vaciar el radiador	Limpia radiadores refrigerantes	2 hora	Preventivo
	Sistema eléctrico	1000 horas	Revisar el encendido y sincronización del motor	Gasolina, trapos industriales, juego de llaves mixtas	2 hora	Preventivo
	Sistema de motor	1001 horas	Limpiar la culata en general	Juego de llaves mixtas y juego de dados	1.5 hora	Preventivo
	Sistema de motor	1000 horas	Realizar el afinamiento del motor	Destornillador, cepillo metálico, soplete	1 hora	Preventivo
	Sistema de motor	5000 horas	Limpieza general e inspección de daño	Agua destilada	0.5 hora	Preventivo
	Sistema de dirección	500 horas	Revisión de estado de pernos	Compresora de aire	1 hora	Preventivo
	Sistema eléctrico	500 horas	Ajustes de purga de pistón de levante	Compresora de aire	2 hora	Preventivo

Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	500 horas	Limpiar guías del mástil de elevación	Comprensora de aire	2 hora	Preventivo
	Sistema de motor	700 horas	Revisar el nivel de aceite hidráulico	Comprensora de aire	1.5 hora	Preventivo
	Sistema de dirección	5000 horas	Limpieza de horquillas	Comprensora de aire	1 hora	Preventivo
	Sistema de motor	500 - 1000 horas	Comprobar el nivel de aceite de la transmisión	Comprensora de aire	0.5 hora	Preventivo
	Sistema de dirección	500 - 1000 horas	Verificar el funcionamiento de la válvula	Varillas de medición y aceite hidráulico	1 hora	Preventivo
	Sistema hidráulico	500 - 1000 horas	Limpiar el base del tanque reactor	Manguera de aire comprimido	2 hora	Preventivo
	Sistema eléctrico	1000 horas	Revisar la condición y nivel de líquido del tanque reactor	Comprensora de aire	2 hora	Preventivo
	Sistema de motor	200 horas	Cambiar el nivel de aceite del tanque de aire	Manguera de aire comprimido	1.5 hora	Preventivo

Fuente: Elaboración propia.

CAPACITACIÓN AL PERSONAL

La capacitación de personal, tiene un efecto de manera inmediata dentro del mantenimiento preventivo y en el aumento de la disponibilidad de las máquinas de la empresa Concremax. El personal es capacitado en:

- Indicadores de gestión
- Uso y manejo de formatos
- Elaboración de informes diarios y mensuales.
- Perfeccionar los instructivos
- Mejorar los procedimientos
- Prevenir fallas

Tabla 12. *Plan de capacitación del personal.*

Ítems	Temas	Fechas
1	Introducción al mantenimiento preventivo	10/07/2020
2	Sobre indicadores de gestión de mantenimiento	24/07/2020
3	Clasificar	14/08/2020
4	Ordenar	28/08/2020
5	Limpiar	12/09/2020
6	Estandarizar	26/09/2020
7	Disciplina y control	09/10/2020
8	Introducción al mantenimiento TPM	23/10/2020
9	Limpieza e inspección	7/11/2020
10	Acciones correctivas	21/11/2020
11	Preparación de estándares	06/12/2020
12	Inspección general	21/12/2020

Fuente: Elaboración propia.

El personal que estuvo involucrado en la capacitación fueron especialmente los del área de mantenimiento, debido a que ellos están en constante reparación de las máquinas de la empresa Concremax, sumado a ello, todos los temas dictados y capacitados, las capacitaciones se dieron dos veces al mes tal y como se muestra en la Tabla 12. Todas las evidencias de las capacitaciones realizado en la empresa Concremax se evidencia en el Anexo 18.

Tabla 13. Personal del plan de capacitación.

Nombres y Apellidos	Cargo	Máquina	Responsabilidad	Capacitación
Fermín Gonzales Dextre	Mecánico	Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	Asistente
Eder Paul Muñoz Angulo	Mecánico		Sistema de dirección	Asistente
Amadeo Dextre Morales	Mecánico		Sistema hidráulico	Asistente
Elvis Nuñuvero Murga	Mecánico		Sistema eléctrico	Asistente
Julio Arellano Padilla	Mecánico		Sistema de motor	Asistente
Ángel Tarazona Ramírez	Mecánico		Sistema de motor	Asistente
Gustavo Hidalgo Obeso	Mecánico		Sistema de motor	Asistente
Ángel Rabanal Padilla	Mecánico		Sistema de dirección	Asistente
José Luis Paredes Sánchez	Mecánico		Sistema eléctrico	Asistente
Fernando Paredes Sánchez	Mecánico		Sistema de motor	Asistente
Darwin Joel Pulido Vargas	Mecánico	Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	Asistente
Lorenzo Mendoza Llanos	Mecánico		Sistema de dirección	Asistente
Carlos Alberto Marrero Jara	Mecánico		Sistema de motor	Asistente
Gabriel Quipuseo Vásquez	Mecánico		Sistema de dirección	Asistente
Jhon Rolando Carlos López	Mecánico		Sistema hidráulico	Asistente
Manuel E. Gutiérrez Gonzales	Mecánico		Sistema eléctrico	Asistente
José Denis Pulido Varas			Sistema de motor	Capacitador

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Costo de capacitación al personal.

Nombres y Apellidos	Cargo	Operador	Sueldo	Costo hora hombre	Horas	Sesiones	Costo total de capacitación
Fermín Gonzales Dextre	Mecánico	-	S/. 3,500.00	S/. 21.88	3	12	S/. 787.50
Eder Paul Muñoz Angulo	Mecánico	Sistema de dirección	S/. 2,600.00	S/. 16.25	3	12	S/. 585.00
Amadeo Dextre Morales	Mecánico	Sistema hidráulico	S/. 2,600.00	S/. 16.25	3	12	S/. 585.00
Elvis Nuñuvero Murga	Mecánico	Sistema eléctrico	S/. 2,600.00	S/. 16.25	3	12	S/. 585.00
Julio Arellano Padilla	Mecánico	Sistema de motor	S/. 2,600.00	S/. 16.25	3	12	S/. 585.00
Ángel Tarazona Ramírez	Mecánico	Sistema de motor	S/. 2,600.00	S/. 16.25	3	12	S/. 585.00
Gustavo Hidalgo Obeso	Mecánico	Sistema de motor	S/. 2,600.00	S/. 16.25	3	12	S/. 585.00
Ángel Rabanal Padilla	Mecánico	Sistema de dirección	S/. 1,700.00	S/. 10.63	3	12	S/. 382.50
José Luis Paredes Sánchez	Mecánico	Sistema eléctrico	S/. 1,700.00	S/. 10.63	3	12	S/. 382.50
Fernando Paredes Sánchez	Mecánico	Sistema de motor	S/. 1,700.00	S/. 10.63	3	12	S/. 382.50
Darwin Joel Pulido Vargas	Mecánico	Sistema de motor	S/. 1,700.00	S/. 10.63	3	12	S/. 382.50
Lorenzo Mendoza Llanos	Mecánico	Sistema de dirección	S/. 1,700.00	S/. 10.63	3	12	S/. 382.50
Carlos Alberto Marrero Jara	Mecánico	Sistema de motor	S/. 1,700.00	S/. 10.63	3	12	S/. 382.50
Gabriel Quipuseo Vásquez	Mecánico	Sistema de dirección	S/. 1,700.00	S/. 10.63	3	12	S/. 382.50
Jhon Rolando Carlos López	Mecánico	Sistema hidráulico	S/. 1,300.00	S/. 8.13	3	12	S/. 292.50
Manuel E. Gutiérrez Gonzales	Mecánico	Sistema eléctrico	S/. 1,300.00	S/. 8.13	3	12	S/. 292.50
José Denis Pulido Varas	Capacitador	Sistema de motor	S/. 1,300.00	S/. 8.13	3	12	S/. 292.50
COSTO TOTAL DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL							S/. 7,852.50

Fuente: Elaboración propia.

Para poder llevar a cabo estas capacitaciones, se necesitó la aprobación del jefe de mantenimiento de la empresa Concremax, debido a que él es el responsable del funcionamiento de las máquinas. Este plan de capacitaciones está ligada a una evaluación del jefe de mantenimiento, para poder verificar si se está cumpliendo con los propósitos de la mejora continua para aumentar la disponibilidad de las máquinas de la empresa Concremax. La implementación de las capacitaciones, se dieron inicio cuando el jefe de mantenimiento aprobó el plan de mantenimiento, el cual fue el 15 de junio del 2020. La capacitación

del personal, tiene un efecto directo en la disponibilidad de las máquinas de la empresa Concremax.

4.3. Evaluar el impacto del mantenimiento preventivo respecto del diagnóstico de la disponibilidad de las maquinarias de la empresa Concremax – Lurín.

Para diagnosticar la situación final en el que se encuentra los sistemas de las máquinas después de haber aplicado el Plan de Mantenimiento Preventivo se realizó por segunda vez el Cuestionario de Auditoría de Gestión de Mantenimiento (Anexo 15) para obtener datos finales y corroborar la hipótesis alternativa. De tal forma que se utilizó una tabla con criterios específicos que muestran puntajes y porcentajes finales.

Tabla 15. *Resumen final del cuestionario de la auditoría de gestión de mantenimiento.*

Criterios de la auditoría de gestión de mantenimiento	Puntaje obtenido	Puntaje óptimo	Porcentaje
1. Cualificación y rendimiento del personal de mantenimiento.	48	84	24%
2. Herramientas y medios técnicos.	20	42	10%
3. El mantenimiento preventivo y el plan de mantenimiento.	21	21	11%
4. Organigrama de mantenimiento correctivo.	19	30	10%
5. Procedimiento de mantenimiento.	21	21	11%
6. Gestión de información	20	36	10%
7. Gestión de repuestos.	18	36	9%
8. Resultados del mantenimiento.	30	45	15%
TOTAL	197	315	100%

Fuente: Cuestionario de la auditoría de gestión de mantenimiento (Anexo 17).

En la Tabla 15 se muestran valores con puntaje elevado en comparación con la primera auditoría, debido a que después de la aplicación de ésta, en el área de mantenimiento se ejecutaron acciones correctivas y preventivas con el fin de mejorar el sistema de gestión del mantenimiento y estas pueden apreciarse en los criterios de mantenimiento preventivo y plan de mantenimiento puesto que incrementó a un 11% en ambos casos, debido al plan de mantenimiento que se aplicó a las máquinas, de esta manera los procedimientos de mantenimiento logra una mejora en 11% pues el instrumento aplicado fue el mejor para ayudar al área de mantenimiento; por otro lado la gestión de la información aumento a un 10% en vista de que se actualizaron los formatos de

órdenes de trabajo y fichas técnicas para el buen manejo de información de las máquinas, por último el criterio de resultados de mantenimiento se acrecentó a un 15% luego de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo favoreciendo así el aumento de la disponibilidad final de las máquinas. El resultado final de la situación actual del mantenimiento:

Tabla 16. Índice de conformidad del resultado final de la situación actual de mantenimiento.

Índice de conformidad de la gestión de mantenimiento	
Suma total de los valores de la auditoría de gestión de mantenimiento.	197
Valor máximo del cuestionario.	315
Índice de conformidad.	62.54%

Fuente: Resumen final del cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento (Tabla 16).

Como resultado final de auditoría de la gestión de mantenimiento se obtuvo un valor de 62.54% (Tabla 16) que indica una mejora en los criterios requeridos al plan de mantenimiento, de esta forma el valor se encuentra en el rango de buen sistema de mantenimiento ya que en la Tabla 6 los valores deben oscilar entre 60% al 70% de modo que, este porcentaje revela que la gestión de mantenimiento puede mejorar gracias a la prevención.

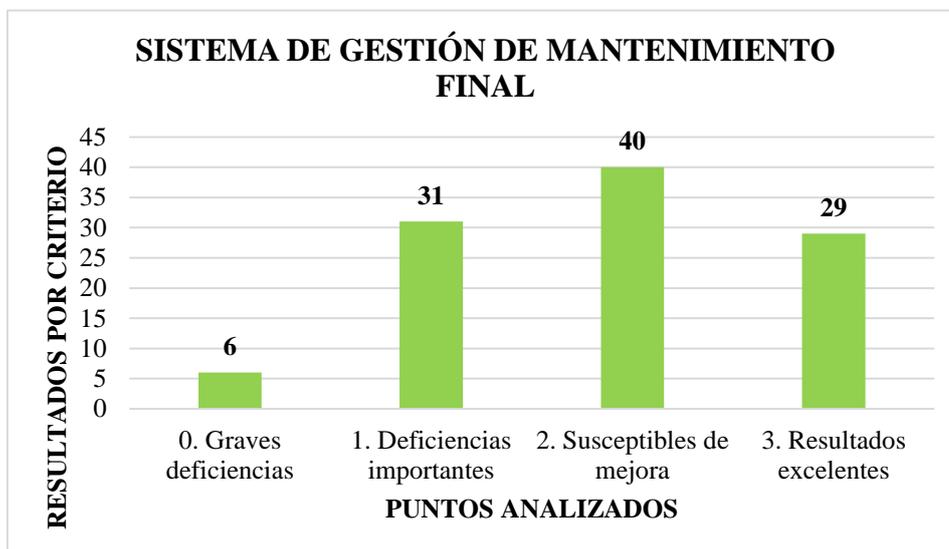


Figura 4. Estado final de la gestión de mantenimiento.

Fuente: Cuestionario de la auditoría de gestión de mantenimiento (Anexo 17).

En la Figura 3, se aprecia una valoración final de cada uno de los puntos claves evaluados en el cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento. La empresa posee niveles óptimos 2 y 3 correspondientes a susceptible de mejora

y resultados excelentes respectivamente, siendo las respuestas brindadas luego del estímulo aplicado en el desarrollo.

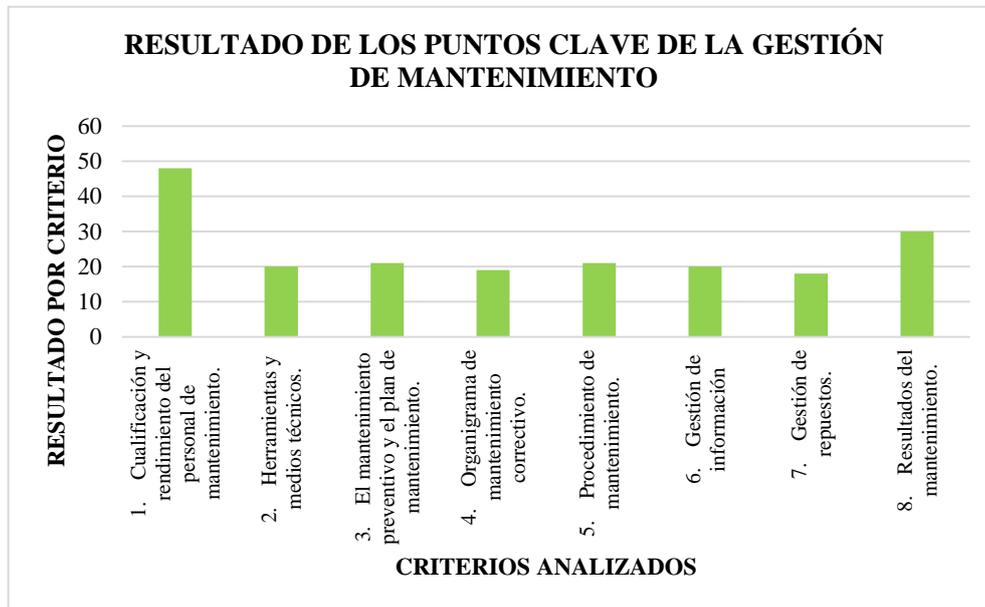


Figura 5. Situación específica final de la gestión de mantenimiento de máquinas.

Fuente: Resumen final del cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento (Anexo 17).

En la Figura 5 se muestran los resultados de un análisis específico por cada criterio en el cuestionario de auditoría de mantenimiento; actualmente la empresa cuenta con valores altos en la mayoría de los criterios, pudiendo interpretarse como un avance respecto a la primera auditoría y una mejora para Concremax, puesto que un buen sistema de mantenimiento ayuda a disminuir costos de mantenimiento y tiempos de reparación. En efecto, si la auditoría mejoró también lo realizaron el caso del reporte de fallas final (Tabla 18) que brindó información para verificar si la aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejoró los tiempos de reparación, por lo tanto se evidenció que el tiempo medio entre fallas final (Tabla 19) y el tiempo medio de reparación final (Tabla 20) sirvieron como base para determinar la disponibilidad final (Tabla 21) de los sistemas de las máquinas con el objeto de que la empresa se beneficie. Los datos fueron obtenidos del mes de julio – diciembre del 2020.

Tabla 17. Reporte de fallas finales.

Máquina	Sistema	Causa de la falla	Horas trabajadas de la máquina	Número de reparaciones de la máquina	Horas de reparación
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	Reparación de llanta	78.6	1	10
	Sistema de dirección	Cambio de un espejo lateral derecho	78.1	2	5
	Sistema hidráulico	Reparación del pistón de dirección posterior derecho	84.4	2	8
	Sistema eléctrico	Mantenimiento de alternador	75.2	2	5
	Sistema de motor	Desarmado del tubo de escape y silenciador	79.5	2	14
	Sistema de motor	Desmontaje de radiador, ventilador y parte del cigüeñal	78.3	3	18
	Sistema de motor	Cambio de aceite de motor	82.6	1	15
	Sistema de dirección	Desarmado total de un pistón para su reparación	80.8	2	15
	Sistema eléctrico	Mantenimiento de ruedas posteriores y luces delantales	79.3	2	10
Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	Cambio de aceite de motor	79.6	2	12
	Sistema de motor	Reparación de bomba de agua	85.6	3	8
	Sistema de dirección	Cambio de 02 rotulas de mando de aceleración	89.5	3	7
	Sistema de motor	Cambio de bornes de batería y reparación parcial de tubo de escape	89.3	3	7
	Sistema de dirección	Reparación del freno delantero de llanta	86.5	2	6
	Sistema hidráulico	Cambio de manguera, timón hidráulico	88.7	2	9
	Sistema eléctrico	Reparación de arrancador	85.4	2	4
	Sistema de motor	Cambio del filtro de petróleo y base del filtro	88.5	2	6
Suma total			1409.9	36	159
MTBF: Tiempo medio entre fallas			39.16		
MTTR: Tiempo medio entre reparaciones			4.42		
Tasa de falla			0.03		
%Disponibilidad			89.87%		

Fuente: Área de mantenimiento de la empresa Concremax.

La Tabla 17 muestra el reporte de fallas final que fue proporcionado por la empresa Concremax., luego de aplicado el estímulo, obteniéndose un valor de 89.87% que demostró que el plan elaborado ayudó a incrementar la disponibilidad de las máquinas y por ende disminuyó la tasa de fallos que fue

de 0.03 fallas/hora en todos los sistemas de las máquinas, lo que significó una mejora en la fiabilidad de los sistemas de las maquinarias, por lo tanto este instrumento ayudó en la ejecución de las posteriores tablas para el análisis respectivo.

Tabla 18. *Tiempo medio entre fallas (MTBF) final.*

Máquina	Sistemas	Horas de procesos	Número de reparaciones	MTBF por sistema	MTBF por máquina
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	78.6	1	78.60	47.33
	Sistema de dirección	78.1	2	39.05	
	Sistema hidráulico	84.4	2	42.20	
	Sistema eléctrico	75.2	2	37.60	
	Sistema de motor	79.5	2	39.75	
	Sistema de motor	78.3	3	26.10	
	Sistema de motor	82.6	1	82.60	
	Sistema de dirección	80.8	2	40.40	
	Sistema eléctrico	79.3	2	39.65	
	Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	79.6	2	
Sistema de motor		85.6	3	28.53	
Sistema de dirección		89.5	3	29.83	
Sistema de motor		89.3	3	29.77	
Sistema de dirección		86.5	2	43.25	
Sistema hidráulico		88.7	2	44.35	
Sistema eléctrico		85.4	2	42.70	
Sistema de motor		88.5	2	44.25	

Fuente: Área de mantenimiento de la empresa Concremax.

En la Tabla 18 se muestra el tiempo medio entre fallas final (MTBF) donde se evidencia una mejora que influyó en la obtención de valores importantes para

el desarrollo de la mejora de la disponibilidad final en las máquinas de la empresa Concremax.

Tabla 19. Tiempo medio de reparación (MTTR) final.

Máquina	Sistemas	Número de reparaciones	Horas de reparación	MTTR por sistema	MTTR por máquina
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	1	10	10.0	6.6
	Sistema de dirección	2	5	2.5	
	Sistema hidráulico	2	8	4.0	
	Sistema eléctrico	2	5	2.5	
	Sistema de motor	2	14	7.0	
	Sistema de motor	3	18	6.0	
	Sistema de motor	1	15	15.0	
	Sistema de dirección	2	15	7.5	
	Sistema eléctrico	2	10	5.0	
Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	2	12	6.0	3.2
	Sistema de motor	3	8	2.7	
	Sistema de dirección	3	7	2.3	
	Sistema de motor	3	7	2.3	
	Sistema de dirección	2	6	3.0	
	Sistema hidráulico	2	9	4.5	
	Sistema eléctrico	2	4	2.0	
	Sistema de motor	2	6	3.0	

Fuente: Área de mantenimiento de la empresa Concremax.

En la Tabla 19 se muestra el tiempo medio de reparación final (MTTR) donde se evidencia una mejora que influyó en la obtención de valores importantes para el desarrollo de la mejora de la disponibilidad final en las máquinas de la empresa Concremax.

Tabla 20. Disponibilidad de las máquinas final.

Máquina	Sistemas	MTTR	MTBF	Disponibilidad por sistema	Disponibilidad por máquina
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	10.00	78.60	88.71%	87.99%
	Sistema de dirección	2.50	39.05	93.98%	
	Sistema hidráulico	4.00	42.20	91.34%	
	Sistema eléctrico	2.50	37.60	93.77%	
	Sistema de motor	7.00	39.75	85.03%	
	Sistema de motor	6.00	26.10	81.31%	
	Sistema de motor	15.00	82.60	84.63%	
	Sistema de dirección	7.50	40.40	84.34%	
	Sistema eléctrico	5.00	39.65	88.80%	
Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	6.00	39.80	86.90%	92.16%
	Sistema de motor	2.67	28.53	91.45%	
	Sistema de dirección	2.33	29.83	92.75%	
	Sistema de motor	2.33	29.77	92.73%	
	Sistema de dirección	3.00	43.25	93.51%	
	Sistema hidráulico	4.50	44.35	90.79%	
	Sistema eléctrico	2.00	42.70	95.53%	
	Sistema de motor	3.00	44.25	93.65%	

Fuente: Área de mantenimiento de la empresa Concremax.

En la Tabla 20 se observa los porcentajes de una disponibilidad final superior a la inicial, a causa de que la empresa cumple con las expectativas adecuadas por medio del cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento final (Anexo 15) y los formatos de disponibilidad para poder ofrecer productos de buena calidad. Al generalizarse los datos se pudo verificar un cambio significativo en las máquinas, debido a que se comprobó que la empresa se encontraba en un 79.75% de disponibilidad, pero luego de aplicar el Plan de

Mantenimiento y las capacitaciones se obtuvo una disponibilidad de 89.87%, resultando un incremento valioso para la empresa Concremax.

Tabla 21. Impacto de disponibilidad.

IMPACTO DE DISPONIBILIDAD	
Disponibilidad inicial total	Disponibilidad final total
79.75%	89.87%
Disponibilidad final – Disponibilidad inicial =	
89.87% - 79.75% = 10.12%	

Fuente: Reporte de fallas inicial y final (Tabla 7 y 18).

Teniendo como referencia la Tabla 21 la disponibilidad final de las máquinas, incrementó en un 10.12%, luego de aplicar el plan de mantenimiento preventivo y las capacitaciones al personal, esto representa una serie de beneficios para la empresa ya que mejora sus ingresos por el servicio de los equipos alquilados, disminuye paradas inesperadas por contar con actividades programadas que mejoran la ejecución las tareas de mantenimiento. A continuación, se muestra la disponibilidad inicial y final de cada sistema en las máquinas, teniendo como resultados lo siguiente:

Tabla 22. Comparación de disponibilidad de máquinas.

Máquina	Sistemas	Disponibilidad inicial	Disponibilidad final
Cargador frontal 966 H	Sistema de dirección	84.11%	88.71%
	Sistema de dirección	91.90%	93.98%
	Sistema hidráulico	62.31%	91.34%
	Sistema eléctrico	78.99%	93.77%
	Sistema de motor	71.28%	85.03%
	Sistema de motor	65.48%	81.31%
	Sistema de motor	70.76%	84.63%
	Sistema de dirección	50.33%	84.34%
	Sistema eléctrico	73.18%	88.80%
	Sistema de motor	62.83%	86.90%
Excavadora hidráulica 330 DL	Sistema de motor	75.54%	91.45%
	Sistema de dirección	85.40%	92.75%
	Sistema de motor	90.62%	92.73%
	Sistema de dirección	81.71%	93.51%
	Sistema hidráulico	80.99%	90.79%
	Sistema eléctrico	83.72%	95.53%
	Sistema de motor	82.32%	93.65%

Fuente: Reporte de disponibilidad inicial y final (Tabla 10 y 21).

Luego de mostrar los datos de disponibilidad se realizó un análisis para elegir la hipótesis adecuada por medio del método estadístico T-Student en Excel con una confiabilidad de 95% y un margen de error de 5%, donde se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 23. Análisis estadístico T – Student.

Análisis estadístico	Disp. Inicial	Disp. final
Media	0.7975	0.8987
Varianza	0.0101	0.0052
Observaciones	17	17
Coeficiente de correlación de Pearson	0.1070	
Diferencia hipotética de las medias	0.00000	
Grados de libertad	15	
Estadístico t	-3.2457	
P(T<=t) una cola	0.0027	
Valor crítico de t (una cola)	1.7531	

Fuente: Contrastación de disponibilidades (Tabla 23).

La ecuación presentada como $D_i - D_f < 0$ expresa la diferencia hipotética de las medias, es decir la disponibilidad inicial menos la disponibilidad final tiene que ser menor que cero, es así que el valor -3.24 cumple esta orden por lo que la cola en la Campana de Gauss sería hacia la izquierda. Por lo tanto, al presentarse la Tabla 24 se observa que la media de disponibilidad inicial fue de 0.7975 y la media de la disponibilidad final fue de 0.8987, por lo que se utilizaron 17 observaciones y estuvieron dados por las máquinas sistemas principales como el sistema de motor, hidráulico, eléctrico y de dirección en relación a las máquinas en investigación, también se obtuvo valores como los grados de libertad con un valor de 15 y una significancia de 0.0027 siendo menor que el $\alpha=0.05$, por lo que H_0 es rechazada y se acepta H_1 , además se usó un valor crítico “t” cuando se tiene una cola de 1.7531 (valor brindado por la tabla de valores críticos de la distribución t) que puede ser positivo o negativo, de acuerdo al planteamiento establecido, por lo tanto en el trabajo propuesto sería de manera negativa ya que se especificó desde un comienzo hacia dónde estaría la dirección de la cola.

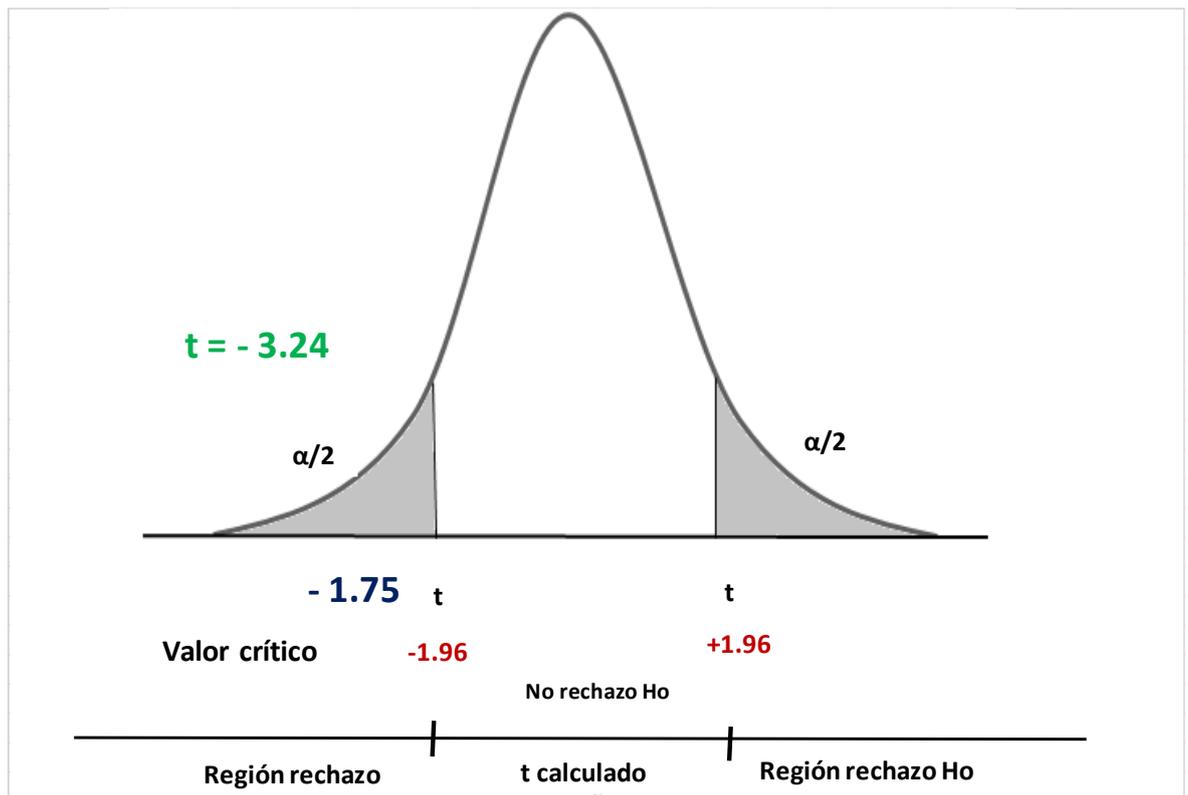


Figura 6. Análisis de la hipótesis – Campana de Gauss.

Fuente: Análisis estadístico T – Student (Tabla 24)

Como se observa en la Figura 5 la Campana de Gauss se guía de los resultados que mostró el análisis de la T-Student en la investigación, pues la diferencia entre medias dio como resultado un valor negativo, mostrando así una cola hacia la izquierda con un valor crítico “t” -1.75 hallándose en la parte negativa del eje de coordenadas; en consecuencia si el valor del estadístico “t” cae dentro de ésta zona entonces se rechazará la hipótesis nula y se aceptará la alternativa, pues esto es aseverado debido a que el valor fue -3.2457 , de este modo se puede apreciar que la investigación evidencia una mejora significativa en la disponibilidad, ya que ésta fue contrastada por medio de la prueba hipotética, concluyendo que la propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo incrementó la disponibilidad de las máquinas de la empresa Concremax, por lo que se desprenden beneficios significativos para la misma.

V. DISCUSIÓN

En el estudio presente se tuvo como objetivo general desarrollar la implementación de un mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de maquinarias en la empresa Concremax, se logró determinar en la Tabla 24 que el valor de estadístico fue de $t=-3.24$, siendo este valor menor al error en la presente investigación, llegando a la conclusión que la implementación del mantenimiento preventivo aumentó la disponibilidad de las máquinas; estos resultados se asemejan en la investigación de Tejada (2019) quien al aplicar el mantenimiento preventivo, logró determinar un aumento significativo en la disponibilidad, siendo el valor hallado de $t=0.0001$, llegando a la conclusión que la implementación del mantenimiento preventivo aumentó la disponibilidad de las máquinas.

La presente investigación, acaparó la mejora de la disponibilidad a través del mantenimiento preventivo para las máquinas de la empresa Concremax, por lo que en primer lugar se diagnosticó la gestión de mantenimiento a través de una auditoría, sustentado en las teorías tal como lo plantea (Parra y Crespo, 2012) quienes indican que ésta es la efectividad de la gestión de mantenimiento y puede ser medida por varios factores, estando identificados en la Tabla 4 de la investigación, es así que este instrumento fue utilizado en la tesis de (Boza y Donato, 2017), quienes aplicaron un cuestionario que les ayudó a determinar el índice de conformidad de la empresa presentando un desempeño muy deficiente, ya que hubo un mayor número de problemas en el área de mantenimiento que en la empresa investigada, de modo que Concremax., mostró un índice de conformidad aceptable pero mejorable, por este motivo se pudo aplicar técnicas e instrumentos para incrementar este valor y asumir una postura responsable en cuanto al cuidado de sus equipos y su proceso productivo mejore.

En segundo lugar se identificó el reporte de fallas y para ello se tomó en cuenta a (Arques, 2010) quien menciona que la falla es el cese de la capacidad de un elemento para realizar una función requerida, por esta razón se evidenció problemas frecuentes en las máquinas y se observó una tasa de fallos que según (Zapata, 2015) la define como la relación entre el número de fallas que

experimenta un componente por la unidad de tiempo que se encuentra operando, con estas dos teorías propuestas en la investigación se pudo acotar que el informe de averías contuvo las causas por las cuales se realizó un mantenimiento correctivo en diferentes periodos de tiempo, tal como se manifiesta en la tesis de (Ticlavilca, 2016) donde se mostró un reporte de fallas inicial y final, el primero evidenció un gran porcentaje de fallas mientras que el segundo tuvo un bajo porcentaje de éste, evidenciando similitudes con el desarrollo de tesis ya que se mostraron los instrumentos aplicados en dos tiempos, antes y después del estímulo, demostrando mejoras significativas para la empresa.

También se aplicaron los formatos de Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) y Tiempo Medio de Reparación (MTTR) que según (Montilla, 2016) explica que el primero sirve para evidenciar el tiempo promedio transcurrido hasta la llegada de la falla, mientras que el segundo es la medida de la distribución de los tiempos del sistema, por lo que estos instrumentos fueron utilizados por el autor antes mencionado (Ticlavilca, 2016) quien en su tesis indicó que estos formatos ayudaron a obtener valores iniciales y finales de disponibilidad para que sean objeto de comparación y poder demostrar la mejora de esta variable con la metodología planteada, por lo tanto se puede acotar que los formatos MTBF y MTTR también fueron incluidos en esta investigación, debido a que los valores iniciales ayudaron al análisis de la variable independiente para verificar como se encontraron los sistemas de las máquinas, asimismo estos formatos muestran un cambio significativo en las horas de proceso.

Como se evidenció en el artículo científico de (Hoseinie et. al, 2017) donde los autores indicaron que el modelo planteado ayudó a minimizar los tiempos de inactividad del equipo e incrementó así las horas operacionales de 136 horas a 142 horas, mostrando similitudes con respecto a los formatos utilizados en esta investigación, por lo que se aprecia que el factor Planificación del Mantenimiento Preventivo es el adecuado para cumplir con los objetivos propuestos en la investigación y por ende trae consigo beneficios para la empresa, entre ellos se encuentra la mayor operatividad del equipo y la reducción de los costos de mantenimiento, por consiguiente al compararse con

la investigación se puede aseverar que el mismo factor ayudó a incrementar las horas operacionales de las máquinas y minimizó la el número de reparaciones y las horas de reparación que implicaron estos sistemas.

Luego de identificar el sistema de gestión de mantenimiento de Concremax se procedió a realizar un Plan que ayude a mejorar los datos iniciales, por lo que primero se identificó los conceptos de mantenimiento que fue brindado por (Gramsch, 2017) donde indica que es cualquier actividad determinada a precaver que un equipo falle o repararlo para que vuelva a funcionar, mientras que (Sosa, 2017) menciona que es un conjunto de acciones organizadas que se ejecutan para mantener en estado óptimo la funcionalidad de un cuerpo productivo, de esta manera los autores citados mencionan que la variable independiente son actividades y ello se toma en cuenta para aplicar el mantenimiento preventivo.

De igual forma en la tesis de (Avilés, 2016) quien también aplicó capacitaciones en las actividades de mantenimiento preventivo para poder incrementar la disponibilidad mecánica en 16.11% por lo que mejoró la operatividad de sus equipos y en comparación con la investigación las máquinas también evidenciaron una mejora en las tareas de mantenimiento de los tangibles estudiados, debido a que no poseía un plan que evidencie actividades adecuadas para sus máquinas y solo contaba con acciones correctivas que traían como consecuencia un pésimo manejo de gestión del mantenimiento y que la maquinaria no opere el tiempo requerido.

Respecto al tercer objetivo se evaluó el impacto del mantenimiento preventivo en consideración del diagnóstico de la disponibilidad de los equipos de máquinas, por lo que evidencio una adecuada gestión de mantenimiento, cumpliendo con lo que indica (Ruíz, 2014) quien sustenta que esta mejora abarca la reducción de los costos de mantenimiento, incrementa la disponibilidad en los activos fijos y móviles y obtiene un mayor grado de conservación de los tangibles, todo ello se cumplió por lo que demostró un índice de conformidad mayor al inicial, pues se obtuvo un Buen Sistema de Mantenimiento, por lo tanto el reporte de fallas final mostró una mejora en los sistemas más críticos de las máquinas, minimizando la tasa de fallas en un 0.01

fallas/hora. También se aplicó los formatos mencionados en el primer objetivo como es el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) que según (Arques, 2010) menciona que es este instrumento muestra el indicador fiabilidad, lo cual es la probabilidad de que un equipo se mantenga en funcionamiento correcto durante un tiempo y condiciones determinadas; en cuanto al Tiempo Medio de Reparación (MTTR) sirvió para obtener una disponibilidad diferente al inicial y ello se puede demostrar en la tesis de (Gutiérrez, 2017) se evidencia que la disponibilidad aumentó en un 50% y que la aplicación del plan de mantenimiento intensificó la frecuencia de cambios de aceite de 250 horas a 375 horas.

Pero a diferencia de este proyecto el cambio de aceite de motor siguió en 250 horas modificándose la revisión de en este elemento, puesto que se realizó en un menor tiempo, es decir que tomaba más de media hora esta actividad por lo que se presentó una solución respectiva, en cuanto al sistema hidráulico un ejemplo de tarea realizada se encontró en el nivel de aceite hidráulico, debido a que se cambió cada 700 horas y con una duración respectiva de una hora, ya que el mayor tiempo ocupado para este sistema se encontró en la limpieza y revisión de la bomba madre y de las mangueras hidráulicas. De la misma manera en la tesis de (García, 2018) se demostró una disminución de las horas de mantenimiento preventivo de los sistemas más críticos como el hidráulico que pasó de 99.5 horas a 87.5 horas y del sistema eléctrico que evidenció un cambio de 23.9 horas a 22.1 horas y un incremento en la disponibilidad de 1.03%, estos valores mostraron similitud en la investigación, puesto que los sistemas más críticos fueron los sistemas de motor e hidráulico, debido a que se evidencian acciones preventivas en todas las máquinas, encontrando similitudes en los reportes de falla final pues las horas de reparación bajaron considerablemente en todos los sistemas de la maquinaria, asimismo los resultados de García (2017) con respecto al incremento de la disponibilidad demostró un impacto positivo de este indicador, en consecuencia la investigación este aumento se mostró un 10.12% lo que significó que el plan del mantenimiento preventivo si logró mejorar la disponibilidad en los sistemas de las máquinas y en los equipos por separado de la empresa Concremax.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó la validación de la hipótesis y la comprobación del objetivo general de la presente investigación, debido a que el valor estadístico en cuanto al aumento de la disponibilidad de las máquinas fue de $t = -3.24$, este valor determinó que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, la cual fue que la aplicación del mantenimiento preventivo si aumentó la disponibilidad de las máquinas de la empresa Concremax.
2. Se determinó a través de la aplicación del instrumento referido a la auditoría de mantenimiento se evaluó la situación inicial de la gestión de mantenimiento donde se obtuvo que un valor ordinal de 50.16% que indicó que es aceptable pero mejorable, seguidamente se evidenció la aplicación de instrumentos de evaluación de la disponibilidad inicial donde se obtuvo un valor del orden de 79.75% presentando así inconvenientes en las máquinas. También se halló que las causas principales que afectan a la disponibilidad de las máquinas son la falta de mantenimiento, personal sin capacitación, piezas oxidados, mangueras y cañerías en mal estado y falta de historial de máquinas.
3. Respecto a la ejecución del mantenimiento preventivo, se determinó la adecuada programación de ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo y capacitaciones al personal en temas de gestión de mantenimiento, de tal manera que propició las mejoras en la reducción de los tiempos de reparación y la frecuencia de mantenimiento en los sistemas más críticos, también se aplicó capacitaciones las cuales ayudaron al mejoramiento del funcionamiento de las máquinas de la empresa Concremax y el costo de las capacitaciones fue un total de S/. 7,852.50 soles.
4. Como instrumento de evaluación de lo ejecutado, se aplicó la auditoría final de la gestión de mantenimiento donde se obtuvo el valor de 62.54% que evidenció un índice de conformidad referido a buen sistema de mantenimiento; posteriormente a la aplicación de instrumentos de disponibilidad final se obtuvo un valor del orden de 89.87% con lo que se evidenció un incremento de este indicador.

VII. RECOMENDACIONES

Organizar de manera adecuada la gestión logística desde el punto de vista económico, a través de un inventario de repuestos e insumos de mantenimiento que permita obtener información relativa y oportuna de los stocks; asimismo, mantener actualizado el historial de equipos, puesto que las actividades descritas en ellos serán de ayuda para modificaciones en el plan ejecutado, de esta manera efectuar mejoras continuas del sistema de gestión del mantenimiento.

Cumplir cabalmente con los trabajos asignados en el plan de mantenimiento preventivo con el fin de aplicar el mantenimiento preventivo en las máquinas para optimizar la gestión del mantenimiento en el área de mantenimiento de la empresa Concremax.

Capacitar de manera técnica y adecuada al personal inmerso en el área de gestión de mantenimiento, a fin de que los trabajos de mantenimiento se realicen de manera adecuada y oportuna permitiendo mejorar la mantenibilidad, la disponibilidad y reducir las horas inactivas en los talleres de mantenimiento, de tal manera que permita efectuar una adecuada gestión comercial.

Implementar las herramientas del mantenimiento preventivo propuestas en esta presente investigación, para poder tener un mejor control en cuanto a la disponibilidad de las máquinas y se tenga a un personal altamente capacitado, así mismo, hacer un seguimiento al desarrollo de las herramientas utilizadas que han sido propuestas.

Sugerir para los próximos investigadores que puedan tomar en cuenta la metodología de esta investigación ya que es de alta fiabilidad y los datos obtenidos son confiables y verdaderos. Prevalecer y profundizar el nivel de capacitaciones para los trabajadores evaluando de manera continua los resultados y el aporte individual a la organización.

Hacer del mantenimiento preventivo una filosofía empresarial para continuar con la mejora de procesos en el área de mantenimiento de la empresa Concremax con la finalidad de siempre cumplir con las expectativas de todos los clientes.

REFERENCIAS

- ARIAS, Jesús. El protocolo de investigación III: la población de estudio. Revista Alergia México, 2016, vol. 63, no 2, p. 201-206.
- ALMEIDA, Zambrano. Mejora continua en productividad organizacional y su impacto en colaboradores. Colombia, 2017. 2017. pág. 20, Artículo científico.
- Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. MARÍN GARCÍA, Juan y MARTÍNEZ, Rafael Mateo. 2013. 3, Barcelona: OmniaScience, 2013, Vol. 9. 2014-3214.
- BURR, Irving. Statistical quality control methods. New York: New York Marcel Dekker, 2018, Vol. 16, pág. 522.
- CÁRDENAS, Anibal. Collection Instruments data through the statistics of deformation and pointing. Horizon of Science 3 (4): 165-180, July 2015. ISSN 2304 – 4330
- RUELLES, José. Mejora de Métodos y Tiempos de Fabricación. primera edición. México: Alfa Omega Grupo Editor,S.A.de C.V, 2012. pág. (22, 44, 131, 194). ISBN 9786077076148.
- CÉSPEDES, Pablo y RAMÍREZ, Nelson. 2016. Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias. Universidad del Pacífico, 2016.
- CRUELLES, José. Mejora de métodos y tiempos de fabricación. Barcelona: Marcombo, S.A, 2012. pág. 66-22-22. ISBN: 978-84-267-1812-9.
- DANIEL, Héctor. 2015. Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y proyecto. 2015. ISBN 978-958-771-346-6.
- DOMÍNGUEZ, Catherine y PÁEZ, Ingrid. 2019. Aplicación de los pilares del TPM para la mejora en el mantenimiento de la flota de ETIB S.A.S. Universidad distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C.: 2019.
- GARCÍA, Jorge; ROMERO, Jaime y NORIEGA, Salvador. 2012. México DF: Elsevier, 2012, Vol. 57. 0186-1042.
- ESCOBAR, Arturo, et al. 2018. Metodología de la investigación científica. Ciencias, 2018.

FALCONI. Aplicación de la mejora de método de trabajo para incrementar la productividad del producto filete de caballa en aceite vegetal de la empresa INVERSIONES ESTRELLA DE DAVID. 2017. pág. 138.

GALVÁN, Daniel. 2012. Análisis de la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) mediante el modelo de opciones reales. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA, México: 2012.

GARCÍA, Alfonso. 2017. Productividad y reducción de costos. 2ª edición. ISBN 9786071707338

GARCIA, Roberto. 2018. Estudio del Trabajo. Ingeniería de métodos del trabajo. 2ª edición. ISBN 9701046579.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la Investigación. Quinta edición. México D.F.: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, 2014. 613pp. ISBN: 978-607-15-0291-9.

HEYZER, Jay y RENDER, Barry. Principios de Administración de Operaciones. 7ma edición ISBN 9786074420999.”

HUAMÁN, Luis. 2018. ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA MEJORAR LOS. Huaraz: s.n., 2018. Tesis.

ICART, Teresa. 2016. Elaboración y presentación de un proyecto de investigación en una tesina. 2.ª ed. España: Universidad de Salamanca 2015. 55pp. ISBN: 8483894587

JIMÉNEZ, Fernando. 2015. Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. [En línea]. 2º. Ed. Malaga: IC Editorial, 2015 [fecha de consulta: 17 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=EP1qDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=mantenimiento+preventivo&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwix4ePo8a7IAhXqtlkKHQOZCaQQ6AEIKDAA#v=onepage&q=mantenimiento%20preventivo&f=false> ISBN:978-84-9198-339-2

KIRAN, Chandra. 2017. Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in a machine shop. Departamento de Ingeniería de Energía Eléctrica y Mecatrónica, Tallín: 2017.

MARTÍNEZ, Fernando. Design of a maintenance plan for high reliability equipment. *Industrial Technique* (20): 289-301, 2017.

ISSN: 0786 – 1342

MARVEL, Mirza; RODRIGUEZ, Carlos y NUÑEZ, Miguel. La productividad desde una perspectiva humana: Dimensiones y factores Intangible, España: Universitat Politècnica de Catalunya. *Intangible Capital*, 7 (2): 549-584, octubre 2016. ISSN: 2014-3214

MATA, Dayler; ALLER, Junior y GOOD, Andres. Probabilistic analysis of the predictive and corrective maintenance of rotating electric machines in a drawing plant. *Science and Technology*, (12): 28-43, 2016. ISSN: 1425-3422

MEDINA, Daniel. 2017. Mejora de la productividad mediante un sistema de gestión basado en lean six sigma en el proceso productivo de pallets en la empresa maderera Nuevo Perú S.A.C. Chiclayo, Perú. 2017. 26-45pp
ISSN: 2586-9562

MESA, Julio. 2019. Propuesta de un plan para la mejora de disponibilidad de flota en una empresa de carga utilizando la metodología TPM. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima: 2019.

MUHAMMAD, Fahad. Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning. *Cogent Engineering*, (1):108, 2016
ISSN: 2332-1916

NIEBEL, Benjamín y FREIVALDS, Andrés. 2014. Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. 13° Edición, México D.F. Editorial: MCGRAW-HILL, 2014. 548pp. ISBN: 9786071511546

OSEDA, Dulio y RAMÍREZ, Felisícimo. (2011). ¿Cómo aprender y enseñar investigación científica? Primera edición. S.I: Editorail Agencia Peruana de la Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. 2011. 219pp. ISBN: 978-612-46019-0-3

PARADINAS, Felipe. Metodología y técnica de investigación en ciencias sociales. 2.ª ed. Argentina: Universidad de Buenos Aires, 2017. 63pp.
ISBN: 9682315778

PÁRAMO, Pablo y GÓMEZ, Manuel. (2008). La investigación de las ciencias sociales. Bogotá: Universidad piloto de Colombia, Net educativa.

PEÑA, Tania. La complejidad del análisis documental Información, cultura y sociedad: revista del Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas, Buenos Aires. (16): 55-81, 2016.
ISSN: 1514-8327

PEYKARJOU, Kambiz Y MALEKSHAHI, Tahereh. An investigation on the effect of technology on total factor productivity improvement of insurance firms. Management Science Letters. Artículo científico, (7):1591-1594, 2014
ISSN: 1923-9335

RAMÍREZ, Juan. Study of productivity factors focused on improving productivity in building works. España. 1.ª ed. 2016. 139 pp.
ISBN: 9788479789671

RIERA, Jerson. Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa cubiertas del Ecuador Kubiec S.A. en la planta Esthela. Pichincha, Ecuador. (8): 89-97. 2015.
ISSN: 4578-9651

TEJADA, Jon. 2019. Propuesta de Modelo de Optimización de la Disponibilidad de Maquinaria y Equipo del Área de Maestranza de la empresa FAMAI, utilizando la metodología del Mantenimiento Productivo Total - TPM. Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa: 2019.

TERRAZAS, Rafael. Planificación y programación de operaciones. Cochabamba, Bolivia. (28): 12-27, 2015.
ISSN: 1994-3733

TORRES, Luis. Maintenance. Its implementation and management. Universitas (5): 77-87, 2017. ISSN: 0123-1234

ULUGBEK, Fayzimatov. A reliability-based preventive maintenance methodology for the projection spot welding machine. Management Science Letters. Artículo científico, (6): 497-506, 2018.
ISSN: 1923-9335

VELARDE, Alexander. Diseño de la mejora de la productividad en un taller de ebanistería y carpintería de artesanías de alta calidad. Chimbote, Perú. 2014. 15-56pp. ISBN: 458156782103

VIVANCO, Manuel. Muestreo estadístico diseño y aplicaciones. Santiago: Universidad de Chile, 2016. 53 pp. ISBN: 9561987180

VIVEROS, Pedro; STEGMAIER, Rodolfo; KRISTJANPOLLER, Fernando; BARBERA, Luis y CRESPO, Andrea. Proposal for a maintenance management model and its main support tools. I will engineer. (1): 10-21, 2016. ISSN: 0011 - 2918

WALPOLE, Rigoberto y MYERS, Renato. Probability and statistics for engineers. Pearson (7): 45-61, 2018. ISSN: 0654 – 5432

WORWELL, Irene. Reporting: exploring databases as instruments of analysis. Acimed. 9 (4): 20-32, 2017. ISSN 1024-9435

XIAOMENG, Sun. 2018. Implementing a Total Productive Maintenance Approach into an Improvement AT S Company. Universidad de Western Kentucky Bowling Green, Kentucky - Bowling Green: 2018.

ZAPATA, Carla. Design of a preventive maintenance management system for the H and L II plant equipment at the Orinoco Alfredo Maneiro steelworks. Experimental Polytechnic (9): 098-112, 2014. ISSN: 1256-6543

ZASADZIEN, Michał. Six Sigma methodology as a road to intelligent maintenance. Production Engineering. Artículo científico, (15): 45-48, 2017. ISSN: 2353-5156

Anexo 1. Matriz de operacionalización de las variables.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores		Escala de Medición
<p>Variable Independiente: mantenimiento preventivo</p>	<p>Es una metodología que busca obtener cero fallas, fragilidad y defectos a fin de mejorar el proceso productivo eficazmente hablando, ya que se alcanza reducir costes y así incrementando la productividad. El objetivo principal del mantenimiento preventivo es mantener en estado de referencia a todo aquel sistema productivo de las</p>	<p>El mantenimiento preventivo está dado por un diagnóstico a través de una auditoría de mantenimiento, para luego ejecutarse mediante un plan de mantenimiento preventivo y capacitaciones y de esa manera evaluar el impacto de los factores que involucran problemas en los equipos, en consecuencia, prevenir fallas inesperadas con</p>	<p>Diagnóstico de mantenimiento</p>	<p>Diagnóstico inicial de la empresa</p>	<p>N° de procesos con problemas / N° total de procesos</p>	<p>Razón</p>
				<p>Reporte de fallas</p>	<p>N° de causas principales del problema / N° total de causas</p>	<p>Razón</p>
				<p>Auditoría de mantenimiento</p>	<p>Puntaje obtenido del cuestionario / Puntaje óptimo del cuestionario</p>	<p>Razón</p>
			<p>Plan de mantenimiento</p>	<p>Ficha técnica de mantenimiento</p>	<p>N° de repuestos a reparar / N° de repuestos totales</p>	<p>Razón</p>
				<p>Número de horas de mantenimiento preventivo</p>	<p>N° de horas de mantenimiento / N° de horas programadas</p>	<p>Razón</p>
				<p>Costo programado para el mantenimiento preventivo</p>	<p>Costo de mantenimiento / Costo totales</p>	<p>Razón</p>

	empresas (Sacristán, 2001).	actividades planificadas.	Capacitaciones a los trabajadores de la empresa Concremax	Capacitación al personal operativo	<p>NCPA = % Nivel de cumplimiento de la programación de actividades</p> <p>PE = Pasos ejecutados</p> <p>PP = Pasos programados</p> $\%NCPA = \left(\frac{PE}{PP}\right) \times 100$	Razón
Variable Dependiente: Disponibilidad	La disponibilidad hace referencia como el nivel de confianza puesto en un sistema, genere productividad satisfactoriamente en un tiempo determinado (Ticlavilca, 2016).	La disponibilidad se medirá a través de la fiabilidad, mantenibilidad, el cual dará como resultado el % de disponibilidad existente en las máquinas de la empresa Concremax.	Fiabilidad	% fiabilidad	$MTBF = \frac{\text{Tiempo total operaciones}}{N^\circ \text{ de fallas}}$	Razón
			Mantenibilidad	% mantenibilidad	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de paradas}}{N^\circ \text{ de fallas}}$	Razón
			Disponibilidad	% disponibilidad	$Dispo = \left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}\right) \times 100$	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento.

Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento					
N°	Criterio	DES.F.		FAV.	
		0	1	2	3
1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?	Tiempo de respuesta muy lento	Desfavorable	Aceptable, pero con inconvenientes	Inmediato
2	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?	No	No siempre	Casi siempre	Si
3	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?	No	Sí, pero la forma no es adecuada	Mejorable, pero aceptable	Si
4	¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento de la planta mejoren?	No	Graves defectos	Mejorable, pero aceptable	Si
5	¿El plan de formación hace que los conocimientos en otras áreas de la planta (operaciones, seguridad, medioambiente, administración, etc.) mejoren?	No	Muy poca incidencia	Mejorable, pero aceptable	Si
6	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
7	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
8	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
9	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctrica o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
10	¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc.)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
11	¿Se respeta el horario de entrada y salida?	Generalmente no	A menudo, no	En general sin excepción	Siempre
12	¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?	En absoluto	En general, no	Si, con laguna excepción	Si
13	¿El personal de mantenimiento siente que la empresa se preocupa de sus necesidades para poder realizar un buen trabajo?	En absoluto	No siempre	Casi siempre	Si
14	¿El personal de mantenimiento considera que tiene proyección profesional dentro de la empresa?	No	Poca proyección	Lo ven posible	Si
15	¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa?	No	poco	Suficiente	Muy comprometidos
16	¿El personal de mantenimiento tiene un buen concepto de sus mandos?	En general no	Se detectan quejas	Pequeñas diferencias	Excelente concepto
17	¿El personal de mantenimiento considera que el ambiente del área de operaciones es agradable?	malo	regular	normal	Bueno
18	¿El nivel de absentismo entre el personal de mantenimiento es bajo?	Muy alto	Más alto de lo normal	normal	Muy bajo
19	¿Las herramientas mecánicas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
20	¿Las herramientas eléctricas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
21	¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
22	¿Las herramientas para el mantenimiento predictivo se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
23	¿Las herramientas de taller se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
24	¿El taller está situado en el lugar apropiado?	En el peor lugar posible	No, pero no tiene solución	Mejorable	Lugar optimo
25	¿Está limpio y ordenado su interior?	No. Muy desordena	Mal aspecto	Mejorable, pero aceptable	excelente

		do			
26	¿El mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?	No, muy desordenado	Mas aspecto	Mejorable, pero aceptable	excelente
27	¿El mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
28	¿Se disponen de los medios de transporte que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
29	¿Se dispone de los medios de elevación que se necesita (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúas, diferenciales, etc.?)	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
30	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
31	¿El plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?	No	En general, no	En general, si	Si
32	¿Se han analizado los fallos críticos de la planta?	No	Muy pocos	Lo más importante	Si
33	¿El plan está orientado a evitar esos fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
34	¿El plan de mantenimiento se realiza?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
35	¿La promoción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?	No, todo es correctivo	Gran parte correctivo	Mejorable, pero aceptable	Si
36	¿El número de averías es bajo?	Muy alto	regular	mejorable	Muy bajo
37	¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?	Muy alto	regular	mejorable	Muy bajo
38	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?	No	Sí, pero tiene grandes defectos	Sí, pero es mejorable	Si
39	¿Este sistema se atiza correctamente?	No	En general, no	En general, si	Si
40	¿El número de variaciones con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo?	Muy alto	regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
41	¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?	Muy alto	regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
42	¿La razón por la que las averías están pendientes está justificada?	No	En general, no	En general, si	Si, en todos los casos
43	¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se produce cambios?	No, nunca	En general, no	En general, si	Siempre, en forma sistemática
44	¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado?	Ningún proceso establecido	Sí, pero es incorrecto	Sí, pero es mejorable	si
45	¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado?	No	En general, no	En general, si	si
46	¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente?	No, nunca	En general, no	En general, si	si
47	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?	Nunca	En general, no	En general, si	siempre
48	¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?	No	Deficiencias graves	Mejorable, pero aceptable	Si
49	¿Los operarios cumplen correctamente estas órdenes?	No	En general, no	En general, si	Si
50	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	No	En general, no	Sí, pero de forma sistemática	Si
51	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
52	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	No	Solo se ha	Tendría que	Si

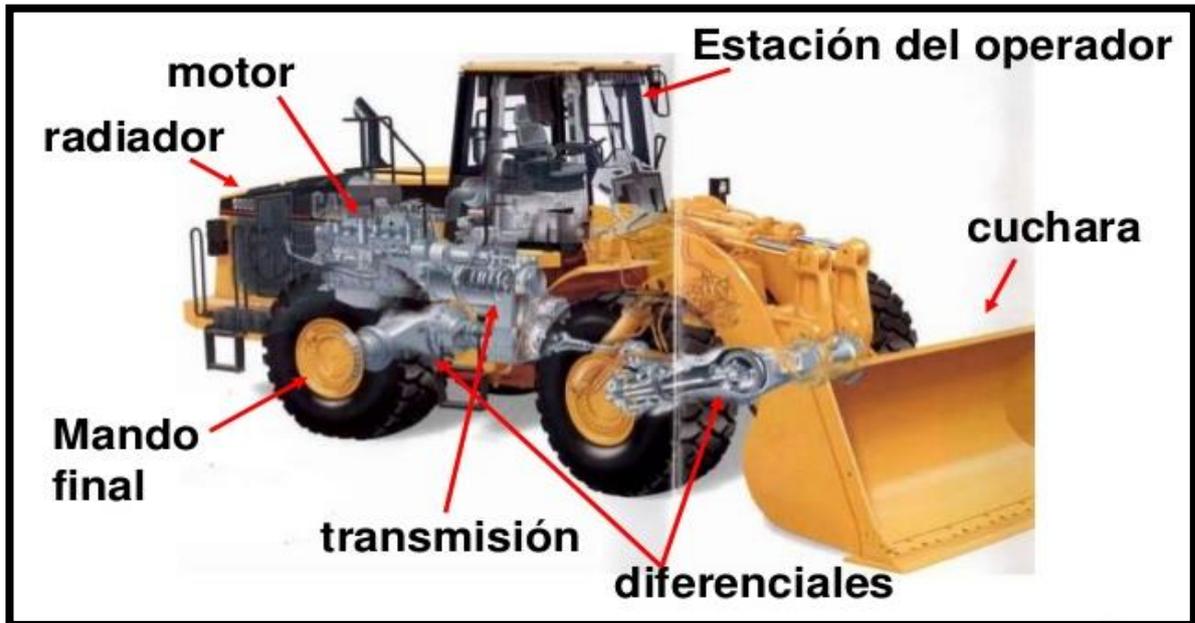
			hecho alguna vez	hacerse más a menudo	
53	¿Los movimientos de almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
54	¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
55	¿Se realizan comprobaciones de material cuando se recibe?	No, nunca	Solo algunas veces, pocas	Casi siempre	Siempre
56	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
57	¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
58	¿La evolución de la disponibilidad es positiva (está aumentando la disponibilidad)?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
59	¿El tiempo medio entre fallos en quipos significativos es el adecuado?	No	Es baja	Si	Excelente
60	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
61	¿El número de OT de emergencia es bajo?	No	Es alto	Si	Excelente
62	¿El número de OT de emergencia está descendiendo?	No	Es alto	Si	Excelente
63	¿El tiempo medio de reparación en quipos significativos es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
64	¿El proceso de implantación de un nuevo de procedimiento es el adecuado?	Ningún proceso establecido	Sí, pero es incorrecto	Sí, pero no es mejorable	Si
65	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
66	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
67	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
68	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
69	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
70	¿El gasto en repuestos es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
71	¿El gasto en repuestos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
72	¿El sistema informático supone una carga burocrática excesiva?	No	En general, no	En general, si	Si
73	¿El sistema informático aporta información fiable?	No	En general, no	En general, si	Si
74	¿El sistema informático aporta información útil?	No	En general, no	En general, si	Si
75	¿Los mandos de mantenimiento consultan la información contenida en el sistema informático?	No	En general, no	En general, si	Si
76	¿El personal de mantenimiento consulta la información contenida en el sistema informático?	No	En general, no	En general, si	Si
77	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?	No	Sí, pero no contiene información útil	Mejorable, pero aceptable	Si
78	¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
79	¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?	No	Sí, pero no es válida	Mejorable, pero aceptable	Si
80	¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
81	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	No	En general, no	Sí, pero no de forma sistemática	Si
82	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
83	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	No	Solo se ha	Tendría que	Si

			hecho alguna vez	hacerse más a menudo	
84	¿Los movimientos del almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
85	¿Coincide lo que se cree lo que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	No	Muchas discrepancias	Pequeñas deficiencias	Si
86	¿El almacén está limpio y ordenado?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
87	¿El almacén está situado en el lugar adecuado?	No			Si
88	¿Es fácil localizar cualquier pieza?	No	Difícil	Mejorable, pero aceptable	Si
89	¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?	No	Difícil	Mejorable, pero aceptable	Si
90	¿Se realizan comprobaciones de material cuando se recibe?	No, nunca	Solo algunas veces, pocas	Casi siempre	Siempre
91	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?		Es baja	Si	Excelente
92	¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada?		Es baja	Si	Excelente
93	¿La evolución de la disponibilidad es positiva (esta aumentado la disponibilidad)?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
94	¿El tiempo medio entre fallos en equipos significativos es el adecuado?	No	Es baja	Si	Excelente
95	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
96	¿El número de OT de emergencia es bajo?	No	Es alto	Si	Excelente
97	¿El número de OT de emergencia está descendiendo?	No	Es baja	Si	Excelente
98	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
99	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
100	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
101	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
102	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
103	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
104	¿El gasto en repuestos es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
105	¿El gasto en repuestos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si

Fuente: García, 2012.

Anexo 3. Ficha técnica de mantenimiento.

Para comprender la composición del cargador frontal 966 H y la excavadora hidráulica 330 DL, se presentó un modelo típico de estas máquinas con motor de combustión interna con el que se pueda ubicar los componentes incluidos en los procedimientos de mantenimiento preventivo.



1. Motor
2. Estación o cabina del operador
3. Cuchara
4. Diferenciales
5. Transmisión
6. Mandos Finales
7. Radiador

Fuente: Manual del operador Caterpillar.

Anexo 5. Formato capacitaciones.

Ítems	Temas
1	Introducción al mantenimiento preventivo
2	Sobre indicadores de gestión de mantenimiento
3	Clasificar
4	Ordenar
5	Limpiar
6	Estandarizar
7	Disciplina y control
8	Introducción al mantenimiento preventivo
9	Limpieza e inspección
10	Acciones correctivas
11	Preparación de estándares
12	Inspección general

Fuente: Método de proyecto.

Anexo 10. Constancia de validación 1.

Yo, Eric Canepa identificado con DNI N°09850211 de profesión Ing. Industrial ejerciendo actualmente como Docente.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación de los instrumentos de elaboración propia; a los efectos de su aplicación en la investigación titulada: "Propuesta de implementación de un plan de TPM para mejorar la disponibilidad de la maquinaria línea amarilla, empresa CONCREMAX - Lurín, 2020."

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems				x
Amplitud de contenido			x	
Redacción de los ítems			x	
Claridad y precisión				x
Pertinencia		x		

En Nuevo Chimbote, a los 12 días del mes de diciembre del año 2020.



ERIC ALFONSO
CANEPA MONTALVO
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. CIP N° 205930

Sello y firma del validador

Anexo 11. Constancia de validación 2.

Yo, Samuel Josue Oliver Cossios Risco, con DNI N°73300484 de profesión Ing. Industrial ejerciendo actualmente como Ingeniero Industrial en Nicovita. Alicorp Trujillo S.A.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación de los instrumentos de elaboración propia; a los efectos de su aplicación en la investigación titulada: "Propuesta de implementación de un plan de TPM para mejorar la disponibilidad de la maquinaria línea amarilla, empresa CONCREMAX - Lurín, 2020."

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems			x	
Amplitud de contenido				x
Redacción de los ítems				x
Claridad y precisión			x	
Pertinencia			x	

En Nuevo Chimbote, a los 12 días del mes de diciembre del año 2020.



COSSIOS RISCO SAMUEL JOSUE OLIVER
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP N° 228667

Sello y firma del validador

Anexo 12. Constancia de validación 3.

Yo, Chucuya Huallpachoque Roberto Carlos, con DNI N°40149444 de profesión Ingeniero, ejerciendo actualmente como Docente en la Escuela de Ing. Industrial.

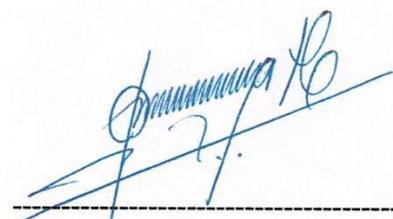
Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación de los instrumentos de elaboración propia; a los efectos de su aplicación en la investigación titulada: "Propuesta de implementación de un plan de TPM para mejorar la disponibilidad de la maquinaria línea amarilla, empresa CONCREMAX - Lurín, 2020."

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Las escalas son: deficiente "1", aceptable "2", bueno "3" y excelente "4".

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de ítems			x	
Amplitud de contenido			x	
Redacción de los ítems				x
Claridad y precisión			x	
Pertinencia				x

En Nuevo Chimbote, a los 12 días del mes de diciembre del año 2020.



Sello y firma del validador

Anexo 13. Validez de los instrumentos.

Calificación del Ing. Eric Canepa

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	4
Amplitud del contenido	1	2	3	4	3
Redacción de ítems	1	2	3	4	3
Claridad y precisión	1	2	3	4	4
Pertinencia	1	2	3	4	2
TOTAL					16

Fuente: Elaboración propia.

Calificación del Ing. Samuel Josue Oliver Cossios Risco

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	3
Amplitud del contenido	1	2	3	4	4
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	3
Pertinencia	1	2	3	4	4
TOTAL					17

Fuente: Elaboración propia.

Calificación del Ing. Chucuya Huallpachoque Roberto Carlos

Criterio de validez	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente	Total parcial
Congruencia de ítems	1	2	3	4	3
Amplitud del contenido	1	2	3	4	3
Redacción de ítems	1	2	3	4	4
Claridad y precisión	1	2	3	4	3
Pertinencia	1	2	3	4	4
TOTAL					17

Fuente: Elaboración propia.

Consolidado de la calificación de expertos

Nombre del experto	Calificación de validez	% Calificación
Ing. Eric Canepa	16	80%
Ing. Samuel Josue Oliver Cossios Risco	17	85%
Ing. Chucuya Huallpachoque Roberto Carlos	17	85%
Calificación	17	83%

Fuente: Elaboración propia.

Escala de validez de instrumentos

Escala	Indicador
0.00-0.53	Validez nula
0.54-0.59	Validez baja
0.60-0.65	Valida
0.66-0.71	Muy valida
0.72-0.99	Excelente validez
1	Validez perfecta

Fuente: Oseda y Ramírez, 2011, p. 154.

Anexo 14. Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento inicial.

Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento					
N°	Criterio	DES.F.		FAV.	
		0	1	2	3
1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?	Tiempo de respuesta muy lento	Desfavorable	Aceptable, pero con inconvenientes	Inmediato
2	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?	No	No siempre	Casi siempre	Si
3	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?	No	Si, pero la forma no es adecuada	Mejorable, pero aceptable	Si
4	¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento de la planta mejoren?	No	Graves defectos	Mejorable, pero aceptable	Si
5	¿El plan de formación hace que los conocimientos en otras áreas de la planta (operaciones, seguridad, medioambiente, administración, etc.) mejoren?	No	Muy poca incidencia	Mejorable, pero aceptable	Si
6	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
7	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
8	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
9	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctrica o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
10	¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc.)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
11	¿Se respeta el horario de entrada y salida?	Generalmente no	A menudo, no	En general sin excepción	Siempre
12	¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?	En absoluto	En general, no	Si, con alguna excepción	Si
13	¿El personal de mantenimiento siente que la empresa se preocupa de sus necesidades para poder realizar un buen trabajo?	En absoluto	No siempre	Casi siempre	Si
14	¿El personal de mantenimiento considera que tiene proyección profesional dentro de la empresa?	No	Poca proyección	Lo ven posible	Si
15	¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa?	No	poco	Suficiente	Muy comprometidos
16	¿El personal de mantenimiento tiene un buen concepto de sus mandos?	En general no	Se detectan quejas	Pequeñas diferencias	Excelente concepto
17	¿El personal de mantenimiento considera que el ambiente del área de operaciones es agradable?	malo	regular	normal	Bueno
18	¿El nivel de absentismo entre el personal de mantenimiento es bajo?	Muy alto	Más alto de lo normal	normal	Muy bajo
19	¿Las herramientas mecánicas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
20	¿Las herramientas eléctricas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
21	¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
22	¿Las herramientas para el mantenimiento predictivo se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
23	¿Las herramientas de taller se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si

24	¿El taller está situado en el lugar apropiado?	En el peor lugar posible	No, pero no tiene solución	Mejorable	Lugar óptimo
25	¿Está limpio y ordenado su interior?	No. Muy desordenado	Mal aspecto	Mejorable, pero aceptable	excelente
26	¿El mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?	No, muy desordenado	Más aspecto	Mejorable, pero aceptable	excelente
27	¿El mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
28	¿Se disponen de los medios de transporte que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
29	¿Se dispone de los medios de elevación que se necesita (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúas, diferenciales, etc.?)	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
30	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
31	¿El plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?	No	En general, no	En general, si	Si
32	¿Se han analizado los fallos críticos de la planta?	No	Muy pocos	Lo más importante	Si
33	¿El plan está orientado a evitar esos fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
34	¿El plan de mantenimiento se realiza?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
35	¿La promoción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?	No, todo es correctivo	Gran parte correctivo	Mejorable, pero aceptable	Si
36	¿El número de averías es bajo?	Muy alto	regular	mejorable	Muy bajo
37	¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?	Muy alto	regular	mejorable	Muy bajo
38	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?	No	Si, pero tiene grandes defectos	Si, pero es mejorable	Si
39	¿Este sistema se atiza correctamente?	No	En general, no	En general, si	Si
40	¿El número de variaciones con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo?	Muy alto	regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
41	¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?	Muy alto	regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
42	¿La razón por la que las averías están pendientes está justificada?	No	En general, no	En general, si	Si, en todos los casos
43	¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se produce cambios?	No, nunca	En general, no	En general, si	Siempre, en forma sistemática
44	¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado?	Ningún proceso establecido	Si, pero es incorrecto	Si, pero es mejorable	si
45	¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado?	No	En general, no	En general, si	si
46	¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente?	No, nunca	En general, no	En general, si	si
47	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?	Nunca	En general, no	En general, si	siempre
48	¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?	No	Deficiencias graves	Mejorable, pero aceptable	Si
49	¿Los operarios cumplen correctamente estas órdenes?	No	En general, no	En general, si	Si

50	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	No	En general, no	Sí, pero de forma sistemática	Si
51	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
52	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
53	¿Los movimientos de almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
54	¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
55	¿Se realizan comprobaciones de material cuando se recibe?	No, nunca	Solo algunas veces, pocas	Casi siempre	Siempre
56	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
57	¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
58	¿La evolución de la disponibilidad es positiva (está aumentando la disponibilidad)?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
59	¿El tiempo medio entre fallos en quipos significativos es el adecuado?	No	Es baja	Si	Excelente
60	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
61	¿El número de OT de emergencia es bajo?	No	Es alto	Si	Excelente
62	¿El número de OT de emergencia está descendiendo?	No	Es alto	Si	Excelente
63	¿El tiempo medio de reparación en quipos significativos es bajo?	Muy alto	Alto	Baja	Muy bajo
64	¿El proceso de implantación de un nuevo de procedimiento es el adecuado?	Ningún proceso establecido	Sí, pero es incorrecto	Si, pero no es mejorable	Si
65	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
66	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Alto	Baja	Muy bajo
67	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
68	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
69	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
70	¿El gasto en repuestos es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
71	¿El gasto en repuestos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
72	¿El sistema informático supone una carga burocrática excesiva?	No	En general, no	En general, si	Si
73	¿El sistema informático aporta información fiable?	No	En general, no	En general, si	Si
74	¿El sistema informático aporta información útil?	No	En general, no	En general, si	Si
75	¿Los mandos de mantenimiento consultan la información contenida en el sistema informático?	No	En general, no	En general, si	Si
76	¿El personal de mantenimiento consulta la información contenida en el sistema informático?	No	En general, no	En general, si	Si
77	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?	No	Sí, pero no contiene información útil	Mejorable, pero aceptable	Si
78	¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si

79	¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?	No	Si, pero no es valida	Mejorable, pero aceptable	Si
80	¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
81	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	No	En general, no	Si, pero no de forma sistemática	Si
82	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
83	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
84	¿Los movimientos del almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
85	¿Coincide lo que se cree lo que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	No	Muchas discrepancias	Pequeñas deficiencias	Si
86	¿El almacén está limpio y ordenado?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
87	¿El almacén está situado en el lugar adecuado?	No			Si
88	¿Es fácil localizar cualquier pieza?	No	Difficil	Mejorable, pero aceptable	Si
89	¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?	No	Difficil	Mejorable, pero aceptable	Si
90	¿Se realizan comprobaciones de material cuando se recibe?	No, nunca	Solo algunas veces, pocas	Casi siempre	Siempre
91	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?		Es baja	Si	Excelente
92	¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada?		Es baja	Si	Excelente
93	¿La evolución de la disponibilidad es positiva (esta aumentado la disponibilidad)?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
94	¿El tiempo medio entre fallos en quipos significativos es el adecuado?	No	Es baja	Si	Excelente
95	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
96	¿El número de OT de emergencia es bajo?	No	Es alto	Si	Excelente
97	¿El número de OT de emergencia está descendiendo?	No	Es baja	Si	Excelente
98	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
99	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
100	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
101	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
102	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
103	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
104	¿El gasto en repuestos es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
105	¿El gasto en repuestos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si

Fuente: Encuesta realizada al jefe de mantenimiento de la empresa Concremax.

La auditoría de gestión de mantenimiento se le aplicó al jefe de mantenimiento con apoyo del análisis del investigador de esta tesis.

Anexo 15. Cuestionario de auditoría final de gestión de mantenimiento.

Cuestionario de auditoría de gestión de mantenimiento					
N°	Criterio	DES.F.		FAV.	
		0	1	2	3
1	¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?	Tiempo de respuesta muy lento	Desfavorable	Aceptable, pero son inconvenientes	Inmediato
2	¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?	No	No siempre	Casi siempre	Si
3	¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?	No	Si, pero la forma no es adecuada	Mejorable, pero aceptable	Si
4	¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento de la planta mejoren?	No	Graves defectos	Mejorable, pero aceptable	Si
5	¿El plan de formación hace que los conocimientos en otras áreas de la planta (operaciones, seguridad, medioambiente, administración, etc.) mejoren?	No	Muy poca incidencia	Mejorable, pero aceptable	Si
6	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
7	¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
8	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas (mecánicas, eléctricas o de instrumentación) sencillas?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
9	¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar todo tipo de tareas especializadas (mecánicas, eléctrica o de instrumentación)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
10	¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc.)?	Ninguno	Solo alguno	Casi todos	Todos
11	¿Se respeta el horario de entra y salida?	Generalmente no	A menudo, no	En general sin excepción	Siempre
12	¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?	En absoluto	En general, no	Si, con laguna excepción	Si
13	¿El personal de mantenimiento siente que la empresa se preocupa de sus necesidades para poder realizar un buen trabajo?	En absoluto	No siempre	Casi siempre	Si
14	¿El personal de mantenimiento considera que tiene proyección profesional dentro de la empresa?	No	Poca proyección	Lo ven posible	Si
15	¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa?	No	poco	Suficiente	Muy comprometidos
16	¿El personal de mantenimiento tiene un buen concepto de sus mandos?	En general no	Se detectan quejas	Pequeñas diferencias	Excelente concepto
17	¿El personal de mantenimiento considera que el ambiente del área de operaciones es agradable?	malo	regular	normal	Bueno
18	¿El nivel de absentismo entre el personal de mantenimiento es bajo?	Muy alto	Más alto de lo normal	normal	Muy bajo
19	¿Las herramientas mecánicas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
20	¿Las herramientas eléctricas se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
21	¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
22	¿Las herramientas para el mantenimiento predictivo se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
23	¿Las herramientas de taller se corresponden con lo que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si

24	¿El taller está situado en el lugar apropiado?	En el peor lugar posible	No, pero no tiene solución	Mejorable	Lugar óptimo
25	¿Está limpio y ordenado su interior?	No. Muy desordenado	Mal aspecto	Mejorable, pero aceptable	excelente
26	¿El mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?	No, muy desordenado	Mas aspecto	Mejorable, pero aceptable	excelente
27	¿El mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
28	¿Se disponen de los medios de transporte que se necesita?	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
29	¿Se dispone de los medios de elevación que se necesita (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúas, diferenciales, etc.?)	No	Carencias importantes	Falta algo	Si
30	¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
31	¿El plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?	No	En general, no	En general, si	Si
32	¿Se han analizado los fallos críticos de la planta?	No	Muy pocos	Lo más importante	Si
33	¿El plan está orientado a evitar esos fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
34	¿El plan de mantenimiento se realiza?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
35	¿La promoción entre horas/hombre dedica a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?	No, todo es correctivo	Gran parte correctivo	Mejorable, pero aceptable	Si
36	¿El número de averías es bajo?	Muy alto	regular	mejorable	Muy bajo
37	¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?	Muy alto	regular	mejorable	Muy bajo
38	¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?	No	Si, pero tiene grandes defectos	Si, pero es mejorable	Si
39	¿Este sistema se atiza correctamente?	No	En general, no	En general, si	Si
40	¿El número de averías con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo?	Muy alto	regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
41	¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?	Muy alto	regular	Mejorable, pero aceptable	Muy bajo
42	¿La razón por la que las averías están pendientes está justificada?	No	En general, no	En general, si	Si, en todos los casos
43	¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se produce cambios?	No, nunca	En general, no	En general, si	Siempre, en forma sistemática
44	¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado?	Ningún proceso establecido	Si, pero es incorrecto	Si, pero es mejorable	Si
45	¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado?	No	En general, no	En general, si	Si
46	¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente?	No, nunca	En general, no	En general, si	Si
47	¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?	Nunca	En general, no	En general, si	siempre
48	¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?	No	Deficiencias graves	Mejorable, pero aceptable	Si
49	¿Los operarios cumplen correctamente estas órdenes?	No	En general, no	En general, si	Si

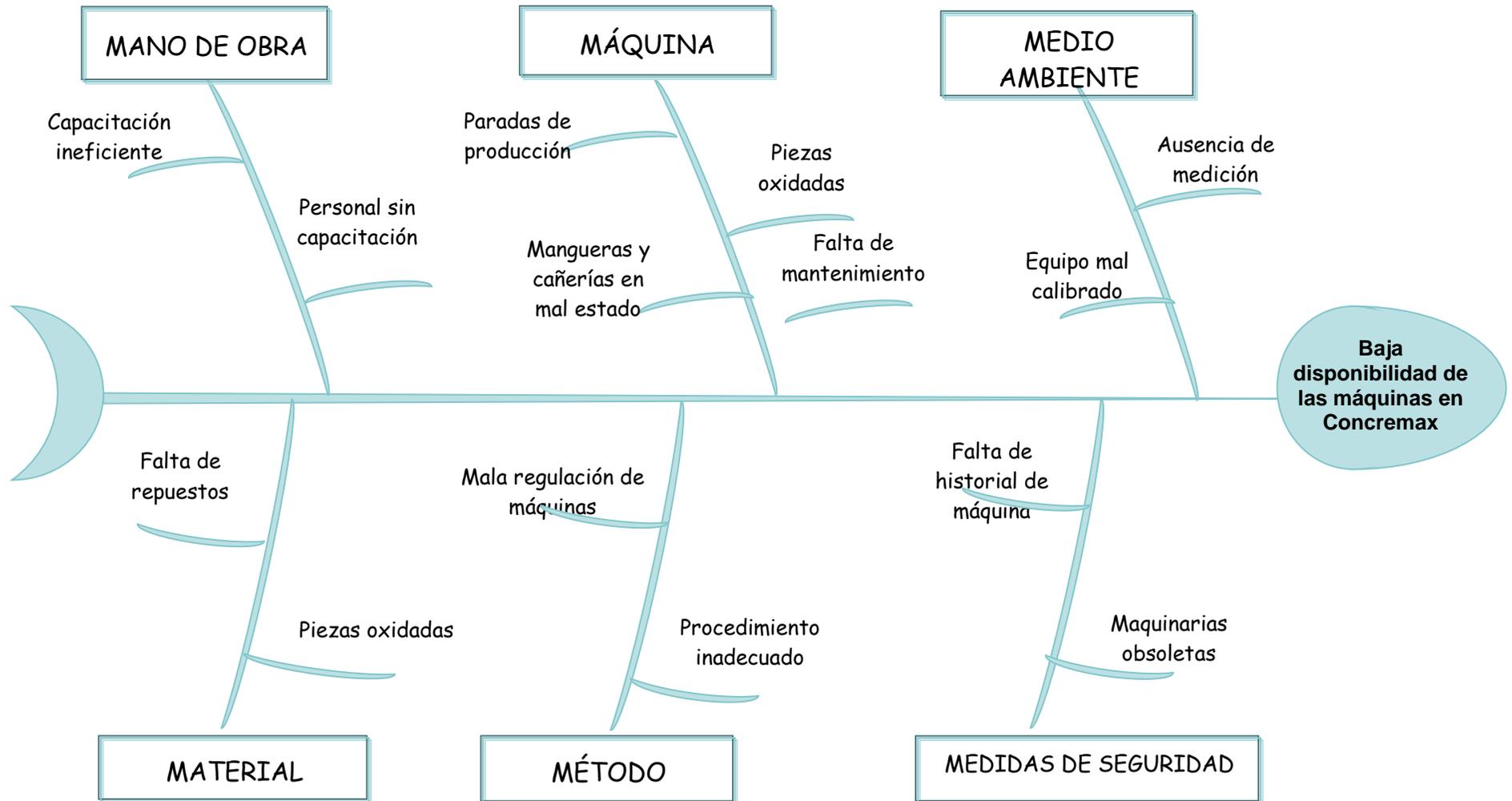
50	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	No	En general, no	Si, pero de forma sistemática	Si
51	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
52	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
53	¿Los movimientos de almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
54	¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
55	¿Se realizan comprobaciones de material cuando se recibe?	No, nunca	Solo algunas veces, pocas	Casi siempre	Siempre
56	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
57	¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada?	No	Es baja	Si	Excelente
58	¿La evolución de la disponibilidad es positiva (está aumentando la disponibilidad)?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
59	¿El tiempo medio entre fallos en quipos significativos es el adecuado?	No	Es baja	Si	Excelente
60	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
61	¿El número de OT de emergencia es bajo?	No	Es alto	Si	Excelente
62	¿El número de OT de emergencia está descendiendo?	No	Es alto	Si	Excelente
63	¿El tiempo medio de reparación en quipos significativos es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
64	¿El proceso de implantación de un nuevo de procedimiento es el adecuado?	Ningún proceso establecido	Si, pero es incorrecto	Si, pero no es mejorable	Si
65	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
66	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
67	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
68	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
69	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
70	¿El gasto en repuestos es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
71	¿El gasto en repuestos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
72	¿El sistema informático supone una carga burocrática excesiva?	No	En general, no	En general, si	Si
73	¿El sistema informático aporta información fiable?	No	En general, no	En general, si	Si
74	¿El sistema informático aporta información útil?	No	En general, no	En general, si	Si
75	¿Los mandos de mantenimiento consultan la información contenida en el sistema informático?	No	En general, no	En general, si	Si
76	¿El personal de mantenimiento consulta la información contenida en el sistema informático?	No	En general, no	En general, si	Si
77	¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?	No	Si, pero no contiene información útil	Mejorable, pero aceptable	Si
78	¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si

79	¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?	No	Si, pero no es valida	Mejorable, pero aceptable	Si
80	¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
81	¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	No	En general, no	Si, pero no de forma sistemática	Si
82	¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
83	¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	No	Solo se ha hecho alguna vez	Tendría que hacerse más a menudo	Si
84	¿Los movimientos del almacén se registran de alguna forma (sistema informático, hoja de cálculo, libro, etc.)?	No	No todos	Pequeñas deficiencias	Si
85	¿Coincide lo que se cree lo que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	No	Muchas discrepancias	Pequeñas deficiencias	Si
86	¿El almacén está limpio y ordenado?	No	En general, no	Mejorable, pero aceptable	Si
87	¿El almacén está situado en el lugar adecuado?	No			Si
88	¿Es fácil localizar cualquier pieza?	No	Difícil	Mejorable, pero aceptable	Si
89	¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?	No	Difícil	Mejorable, pero aceptable	Si
90	¿Se realizan comprobaciones de material cuando se recibe?	No, nunca	Solo algunas veces, pocas	Casi siempre	Siempre
91	¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?		Es baja	Si	Excelente
92	¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada?		Es baja	Si	Excelente
93	¿La evolución de la disponibilidad es positiva (esta aumentado la disponibilidad)?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
94	¿El tiempo medio entre fallos en equipos significativos es el adecuado?	No	Es baja	Si	Excelente
95	¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?	Desciende mucho	Está descendiendo	Se mantiene	Si
96	¿El número de OT de emergencia es bajo?	No	Es alto	Si	Excelente
97	¿El número de OT de emergencia está descendiendo?	No	Es baja	Si	Excelente
98	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
99	¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
100	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
101	¿El número de averías repetitivas está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
102	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
103	¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si
104	¿El gasto en repuestos es el adecuado?	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
105	¿El gasto en repuestos está descendiendo?	Aumenta	Aumenta ligeramente	Se mantiene	Si

Fuente: Encuesta realizada al jefe de mantenimiento de la empresa Concremax.

La auditoría de gestión de mantenimiento se le aplicó al jefe de mantenimiento con apoyo del análisis del investigador de esta tesis.

Anexo 16. Diagrama de Ishikawa realizado en la empresa Concremax.



Fuente: Elaboración propia / Datos obtenidos de la empresa Concremax.

Anexo 17. Diagrama de Pareto realizado en la empresa Concremax.

Causas que generan la baja disponibilidad en las máquinas	Cantidad	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Falta de mantenimiento	100	100	23.1	23.15
Personal sin capacitación	80	180	18.5	41.67
Piezas oxidadas	80	260	18.5	60.19
Mangueras y cañerías en mal estado	35	295	8.1	68.29
Falta de historial de máquinas	30	325	6.9	75.23
Falta de repuestos	27	352	6.3	81.48
Mala regulación de máquinas	27	379	6.3	87.73
Procedimientos inadecuados	27	406	6.3	93.98
Paradas de producción	6	412	1.4	95.37
Maquinarias obsoletas	6	418	1.4	96.76
Ausencia de medición	5	423	1.2	97.92
Equipo mal calibrado	5	428	1.2	99.07
Capacitación ineficiente	4	432	0.9	100.00
	432			

Fuente: Elaboración propia / Datos obtenidos de la empresa Concremax.

Anexo 18. Fotos de capacitaciones.











OFICINAS DE JEFATURA Y ADMINISTRATIVA



TANQUE DE AGUA DE PLANTA B



COSTADO DEL TANQUE DE AGUA DE PLANTA B



ZONA DE LAVADO DE UNIDADES



BAÑO DEL AREA DE OPERACIONES



AREA DE MANTENIMIENTO DE MIXER



COUSTER



COSTADO DEL TALLER DE MANTENIMIENTO PLANTA C



BAÑO COSTADO DEL TANQUE PLANTA C



SILO 3 - PLANTA C



