



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Mantenimiento Productivo Total y su efecto en la disponibilidad
de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R.
LTDA, Chepén, 2021.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Industrial

AUTORES:

Gutierrez Mendoza, Jahaira Anthonella ([ORCID: 0000-0001-9973-2399](https://orcid.org/0000-0001-9973-2399))

Valdez Balarezo, Ana Rosa ([ORCID: 0000-0002-0881-483X](https://orcid.org/0000-0002-0881-483X))

ASESOR:

Mg. Cruz Salinas, Luis Edgardo ([ORCID: 0000-0002-3856-3146](https://orcid.org/0000-0002-3856-3146))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

CHEPÉN - PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedicamos a nuestros padres, quienes son los que nos apoyaron paso a paso durante estos cinco años de carrera profesional y nos impulsaron a seguir adelante para alcanzar nuestros objetivos, es por esto que gracias a ellos logramos culminar con éxito nuestros estudios para así llegar a obtener el título profesional de Ingeniera Industrial que tanto anhelamos.

Agradecimiento

Estamos agradecidas con Dios, por darnos salud y vida y acompañarnos en cada momento de nuestras vidas.

Así mismo agradecemos a nuestra familia por el apoyo constante para el logro de nuestros objetivos.

Agradecemos al profesor del curso de desarrollo del Proyecto de Investigación de la carrera de Ingeniería Industrial Mg. Luis Edgardo Cruz Salinas; un excelente docente quien gracias a sus constantes asesorías y apoyo nos permitió realizar con éxito el presente trabajo.

A la Universidad César Vallejo por la información y conocimientos brindados a lo largo de estos 5 años de formación profesional, los cuales nos permitieron fortalecer nuestras habilidades y competencias.

También expresamos nuestra gratitud a la empresa Multitransportes de Carga E.I.R. LTDA, por permitirnos realizar esta investigación en una de sus áreas.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación:	11
3.2. Variables y operacionalización:.....	12
3.3. Población, muestra y muestreo:.....	14
3.5. Procedimiento:.....	15
3.6. Método de análisis de datos:.....	15
3.7. Aspectos éticos:.....	16
IV. RESULTADOS.....	17
V. DISCUSIÓN:	142
VI. CONCLUSIONES:	146
VII. RECOMENDACIONES:.....	147
REFERENCIAS:	148

Índice de tablas

Tabla 1.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
Tabla 2.	Resultados del primer Check List de gestión de mantenimiento	17
Tabla 3.	Frecuencias Pareto	19
Tabla 4.	MTTR del Cargador frontal 950	21
Tabla 5.	MTTR del Cargador frontal Sem669.....	22
Tabla 6.	MTTR del Cargador frontal 938	23
Tabla 7.	MTTR de la Excavadora 330BLM.....	24
Tabla 8.	MTTR de la excavadora 320BLM	25
Tabla 9.	MTTR de la Zaranda de Hormigón.....	26
Tabla 10.	MTTR de la Zaranda de Arena gruesa	27
Tabla 11.	MTTR de la Chancadora.....	28
Tabla 12.	MTTR de Zeus N° de placa F5C-801	29
Tabla 13.	MTTR de Gladiador N° de placa F37Z-722.....	30
Tabla 14.	MTTR de Shacman 1 N° de placa ALO-821	31
Tabla 15.	MTTR de Shacman 2 N.º de placa ALK-894.....	32
Tabla 16.	MTTR de Shacman 3 N° de placa F8X-896	33
Tabla 17.	MTTR total de las máquinas	34
Tabla 18.	MTBF del cargador frontal 950	36
Tabla 19.	MTBF del cargador frontal SEM669	37
Tabla 20.	MTBF del cargador frontal 938	38
Tabla 21.	MTBF de la excavadora 330 BLM	39
Tabla 22.	MTBF de la excavadora 320 BLM	40
Tabla 23.	MTBF de la zaranda de hormigón	41
Tabla 24.	MTBF de la zaranda de arena gruesa	42
Tabla 25.	MTBF de la chancadora.....	43
Tabla 26.	MTBF de Zeus N° de placa F5C-801	44
Tabla 27.	MTBF de Gladiador N° de placa F37Z-722	45

Tabla 28. MTBF de Shacman 1 N.º de placa ALO-821	46
Tabla 29. MTBF de Shacman 2 Nº de placa ALK-894	47
Tabla 30. MTBF de Shacman 3 N.º de placa F8X-896	48
Tabla 31. MTBF total de las máquinas	49
Tabla 32. Disponibilidad del cargador frontal 950	51
Tabla 33. Disponibilidad del cargador frontal SEM669	52
Tabla 34. Disponibilidad del cargador frontal 938	53
Tabla 35. Disponibilidad de la excavadora 330BLM	54
Tabla 36. Disponibilidad de la excavadora 320BLM	55
Tabla 37. Disponibilidad de la Zaranda de Hormigón	56
Tabla 38. Disponibilidad de la zaranda de arena gruesa	57
Tabla 39. Disponibilidad de la chancadora	58
Tabla 40. Disponibilidad de Zeus Nº de placa F5C-801.....	59
Tabla 41. Disponibilidad de Gladiador Nº DE PLACA F37Z-722.....	60
Tabla 42. Disponibilidad de Shacman 1 Nº de placa ALO-821	61
Tabla 43. Disponibilidad de Shacman 2 Nº de placa ALK-894	62
Tabla 44. Disponibilidad de Shacman 3 Nº de placa F8X-896	63
Tabla 45. Disponibilidad total de las máquinas	64
Tabla 46. Plan de charlas TPM.....	65
Tabla 47. Criterios de gravedad.....	68
Tabla 48. Criterios de probabilidad	69
Tabla 49. de detección	70
Tabla 50. AMEF de máquinas procesadoras	71
Tabla 51. AMEF de máquinas cargadoras	72
Tabla 52. AMEF de máquinas excavadoras.....	73
Tabla 53. AMEF de volquetes.....	74
Tabla 54. Seguimiento de entrenamiento de personal.....	75
Tabla 55. Cronograma de capacitaciones	77

Tabla 56. Check list de mantenimiento autónomo	78
Tabla 57. Cronograma de inspección para máquinas procesadoras.....	80
Tabla 58. Cronograma de limpieza de máquinas procesadoras.....	81
Tabla 59. Cronograma de lubricación para máquinas procesadoras	82
Tabla 60. Cronograma de inspección de las máquinas excavadoras.....	83
Tabla 61. Cronograma de limpieza de las máquinas excavadoras	84
Tabla 62. Cronograma de lubricación de las máquinas excavadoras	85
Tabla 63. Cronograma de inspección de las máquinas cargadoras	86
Tabla 64. Cronograma de limpieza de las máquinas cargadoras	87
Tabla 65. Cronograma de lubricación de las máquinas cargadoras.....	88
Tabla 66. Cronograma de inspección de volquetes	89
Tabla 67. Cronograma de limpieza de volquetes	90
Tabla 68. Cronograma de lubricación de volquetes	91
Tabla 69. Plan de implementación 5S	92
Tabla 70. MTTR Cargador Frontal 950 después de la implementación	95
Tabla 71. MTTR Cargador Frontal SEM669 después de la implementación	96
Tabla 72. MTTR Cargador Frontal 938 después de la implementación	97
Tabla 73. MTTR Excavadora 330BLM después de la implementación	98
Tabla 74. MTTR Excavadora 320BLM después de la implementación	99
Tabla 75. MTTR Zaranda de hormigón después de la implementación	100
Tabla 76. MTTR Zaranda de arena gruesa después de la implementación.....	101
Tabla 77. MTTR en la máquina Chancadora después de la implementación	102
Tabla 78. MTTR Zeus N° de placa F5C-801 después de la implementación.....	103
Tabla 79. MTTR Gladiador N° de placa F37Z-722 después de la implementación .	104
Tabla 80. MTTR Shacman 1 N° de placa ALO-821 después de la implementación	105
Tabla 81. MTTR Shacman 2 N° de placa ALK-894 después de la implementación	106
Tabla 82. MTTR Shacman 3 N° de placa F8X-896 después de la implementación.	107
Tabla 83. Valor promedio final del MTTR	108

Tabla 84. MTBF Cargador Frontal 950 después de la implementación	110
Tabla 85. MTBF Cargador Frontal SEM669 después de la implementación	111
Tabla 86. MTBF Cargador Frontal 938 después de la implementación	112
Tabla 87. MTBF Excavadora 330BLM después de la implementación	113
Tabla 88. MTBF Excavadora 320BLM después de la implementación	114
Tabla 89. MTBF Zaranda de hormigón después de la implementación	115
Tabla 90. MTBF Zaranda de arena gruesa después de la implementación	116
Tabla 91. MTBF Chancadora después de la implementación	117
Tabla 92. MTBF Zeus N.º de placa F5C-801 después de la implementación	118
Tabla 93. MTBF Gladiador N.º de placa F37Z-722 después de la implementación.	119
Tabla 94. MTBF Shacman 1 N.º de placa ALO-821 después de la implementación	120
Tabla 95. MTBF Shacman 2 N.º de placa ALK-894 después de la implementación	121
Tabla 96. MTBF Shacman 3 N.º de placa F8X-896 después de la implementación	122
Tabla 97. Valor promedio final del MTBF	123
Tabla 98. Disponibilidad Cargador Frontal 950 después de la implementación.....	125
Tabla 99. Disponibilidad Cargador Frontal SEM669 después de la implementación	126
Tabla 100. Disponibilidad Cargador Frontal 938 después de la implementación ...	127
Tabla 101. Disponibilidad Excavadora 330BLM después de la implementación....	128
Tabla 102. Disponibilidad Excavadora 320BLM después de la implementación....	129
Tabla 103. Disponibilidad Zaranda de hormigón después de la implementación...	130
Tabla 104. Disponibilidad Zaranda de arena gruesa después de la implementación	131
Tabla 105. Disponibilidad Chancadora después de la implementación.....	132
Tabla 106. Disponibilidad Zeus N.º de placa F5C-801 después de la implementación	133
Tabla 107. Disponibilidad Gladiador N.º de placa F37Z-722 después de la implementación.....	134

Tabla 108. Disponibilidad Shacman1 N.º de placa ALO-821 después de la implementación.....	135
Tabla 109. Disponibilidad Shacman 2 N.º de placa ALK-894 después de la implementación.....	136
Tabla 110. Disponibilidad Shacman 3 N.º de placa F8X-896 después de la implementación.....	137
Tabla 111. Valor promedio final de la disponibilidad	138
Tabla 112. Resumen y comparación de los indicadores	139
Tabla 113. Prueba de normalidad	140
Tabla 114. Prueba de Wilcoxon	140

Índice de figuras

Figura 1. Diseño del estudio.....	11
Figura 2. Diagrama de Ishikawa.....	18
Figura 3. Gráfico de Pareto	20
Figura 4. Comité TPM	66
Figura 5. Plan Maestro TPM.....	67

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue el de determinar el efecto de la aplicación de Mantenimiento Productivo Total sobre la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021. El tipo de investigación fue aplicada con un diseño pre experimental en donde la muestra estuvo conformada por las 13 máquinas de la empresa en estudio. Las técnicas de recopilación de datos que se usaron fueron la de la observación, el análisis de causas y el análisis documental mientras que en los instrumentos se incluyeron el checklist, el registro de causas y los registros de mantenimiento de las máquinas. Los resultados obtenidos a partir de la presente investigación fueron los siguientes: el indicador de Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) incrementó de 33.28 a 47.05 horas, mientras que el Tiempo Medio entre Reparaciones se redujo de 4.96 a 4.17 horas; por otro lado, la disponibilidad promedio de todas las máquinas se incrementó de 87% a 92% con lo cual queda demostrado que el uso de Mantenimiento Productivo Total tiene un efecto positivo sobre la disponibilidad.

Palabras clave: Mantenimiento Productivo Total, gestión del mantenimiento, disponibilidad, MTTR, MTBF.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the effect of the use of Total Productive Maintenance on the machine's availability in the company Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021. The type of research was applied and the design was pre-experimental; the sample included all the 13 machines used in the company's operations. The collecting data techniques used in this research were the following: Observation, analysis of root causes and the documentary analysis. The collecting data instruments used in this research included the checklist, the root causes and maintenance records. By the end of this research, the results obtained were the following: The Mean Time Between Failure indicator (MTBF) increased from 33.28 to 47.05 hours, while the Mean Time to Repair indicator (MTTR) decreased from 4.96 to 4.17 hours. On the other hand, the machines availability increased from 87% a 92%. Finally, the results prove the use of Total Productive Maintenance causes a positive effect on the machines availability.

Keywords: Total Productive Maintenance, maintenance management, availability, MTBF, MTTR.

I. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción es uno de los sectores que más empleo genera a nivel mundial, así como es un sector que utiliza una gran variedad de insumos que provienen de otros rubros como del acero, hierro, madera, arena, entre otros. Asimismo, se prevé que el sector construcción tenga un crecimiento de 5.2% en el 2021 (Palacios, 2021).

Esto representa una gran oportunidad para las empresas productoras de materiales de construcción que pertenecen a cualquiera de los rubros mencionados anteriormente. Por ejemplo, hasta el 2016, Francia fue el país que encabeza el ranking de los productores de materiales para construcción con unos ingresos de 54.54 millones de USD (Statista, 2016).

A nivel nacional, las estadísticas también favorecen al sector construcción. Por ejemplo, de acuerdo al periodista De la Vega, el Perú está próximo a tener un boom en el sector construcción después de las medidas restrictivas establecidas en el 2020 a causa de la propagación del Covid 19. Asimismo, de acuerdo al último reporte de inflación por parte del BCR, se estimó que para el 2021 se prevé un crecimiento del 17.4% y para el 2022, 3.8% (De la Vega, 2021).

La importancia de llevar una adecuada gestión del mantenimiento en las empresas trae los siguientes beneficios: Aumenta la seguridad de los trabajadores, Disminuye las pérdidas de producción, aumenta la vida útil de los equipos y reducción de costos (Jardon, 2021).

Es por ello que todas las empresas, sin importar el rubro, deben considerar muy importante llevar una gestión adecuada del mantenimiento con el fin de que puedan mantenerse en un mercado cada vez más competitivo.

Específicamente en la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021, también se detectó este problema que se mencionó en el párrafo anterior. En primer lugar, se identificó una ausencia de una gestión estandarizada del mantenimiento, y las decisiones que se tomaban eran netamente empíricas. Se pudo observar la falta de un plan de acción establecido cada vez que se presentaban averías en las máquinas; por muy básicas que estas hayan sido, el personal desconocía los mecanismos básicos de solución lo que conllevaba a que la disponibilidad de las máquinas se viera afectada. La empresa tampoco contaba con un cronograma de mantenimiento planificado, lo cual también contribuía a que la disponibilidad se viera afectada. A su vez, se detectó una falta de comunicación adecuada entre los respectivos niveles del organigrama, lo cual ocasiona que el flujo de información posea cuellos de botella y los requerimientos no sean atendidos a tiempo. Finalmente se pudo observar un desinterés por parte de la gerencia hacia la seguridad de los trabajadores; donde afortunadamente, no se registraron accidentes fatales. Sin embargo, la materialización de los riesgos, era inminente.

Después de lo expuesto referente a la empresa en estudio, formulamos la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto del Mantenimiento Productivo Total en la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021?

La justificación teórica de esta investigación se basó en que se realizó una recopilación de los efectos de la aplicación de Mantenimiento Productivo Total en el sector productivo, por lo que fue posible contrastar los resultados obtenidos de manera que la comunidad académica y los profesionales de la ingeniería se vean beneficiados al usar la presente investigación como un antecedente.

La justificación a nivel metodológico es que la presente investigación fue desarrollada tomando en cuenta el marco científico y ético por lo que los resultados obtenidos, pueden ser usados para contrastar los de otras investigaciones, de igual manera los instrumentos que se usaron se encuentran debidamente validados por expertos en el área con lo que pueden ser replicados y adaptados para la toma de datos de investigaciones similares.

Finalmente, la justificación práctica se basó en que los beneficiados por esta investigación fueron tanto los trabajadores de la empresa como los directivos; se mejoró el clima laboral, lo que incrementó la motivación de los trabajadores. Así mismo, las capacitaciones tuvieron un impacto sobre su hoja de vida, incrementando sus oportunidades laborales. A nivel de empresa, los beneficios fueron netamente económicos.

El objetivo de la presente investigación fue el de determinar el efecto del Mantenimiento Productivo Total en la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021. Se plantearon los siguientes objetivos específicos: a) Realizar un diagnóstico de la gestión actual de la gestión del mantenimiento junto con la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021. b) Aplicar la metodología de Mantenimiento Productivo Total en la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021 c) Realizar una evaluación final de la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021.

Finalmente, la hipótesis que se planteó fue que el Mantenimiento Productivo Total tiene un efecto positivo en la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Entre los antecedentes encontrados tenemos a Macedo Nina (2020) en su investigación titulada “Modelo de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en equipos subterráneos en una empresa de mediana minería en Ayacucho Perú, utilizando RCM” en donde mediante herramientas de ingeniería, se calculó una disponibilidad inicial de 77% en la flota Scoop. Para poder dar solución a la problemática identificada, se hizo uso de herramientas tales como: AMEF y RCM. Finalmente, luego de una simulación mediante el software Arenas, se identificó un incremento en la disponibilidad a 83%.

Aguilar Chumbe (2020), en su investigación titulada “Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad en las máquinas en una empresa de fabricación de fósforos” parten de la situación inicial en donde la disponibilidad promedio del año 2015 al 2017 era de 83.8%. Luego se elaboró un análisis de criticidad para seleccionar los equipos más relevantes para el proceso junto con un diagrama de Pareto con la frecuencia de fallas de estas máquinas para poder seleccionar la unidad en la que se enfocó la investigación. Finalmente se implementó la metodología RCM y mediante el simulador Montecarlo se verifica que el porcentaje de disponibilidad aumentaría a 88.7%.

Hernández Bazán (2019) en su investigación titulada “Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad en máquinas en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. 2019” se usó técnicas tales como entrevistas, encuestas y análisis documental con el fin de hacer un diagnóstico de la gestión actual del mantenimiento de sus máquinas. Luego se identificó que 4 de ellas no cumplían con el rango excelente de 95% y fue por ello que se realizó un plan de mantenimiento preventivo con el fin de dar solución a la problemática

identificada. Finalmente, se obtuvo que la disponibilidad aumentó de 94.64% a 97.28%.

Bazán Rojas (2020) en su trabajo de investigación titulado Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la disponibilidad de las perforadoras en la empresa MBC Drilling S.A.C. obtuvieron como resultados que la influencia de la aplicación de esta metodología fue de 42%. Antes de la implementación de la metodología, la cual fue hecha en 4 etapas, la disponibilidad operativa promedio era de 77.92% mientras que después, esta se incrementó a 84.52%. Por otro lado, el flujo de valor en tiempo de actividad, se redujo de 1260 a 1005 minutos. Finalmente, la implementación de Lean Manufacturing redujo el número de eventos de 242 con 894.96 horas a 130 con 642.18 horas.

Garayar Legua (2019) en su trabajo propone aplicar la metodología TPM con el objetivo de aumentar la disponibilidad de las prensas de una empresa de Servicios Gráficos minimizando costos por máquina parada, atención de pedidos tardíos entre otros. Para ello se realizó primero un diagnóstico de la situación actual del área de impresiones, se identificaron los principales problemas, se midió el impacto económico y se priorizaron las problemáticas principales. Con la propuesta de mejora se buscó principalmente una cultura de limpieza y orden a través de la metodología de las 5s. A su vez se implementó el mantenimiento autónomo y el pilar de mantenimiento planificado con lo que se logró aumentar la disponibilidad en 5.54%.

Rojas Gonzales (2019) en su trabajo de investigación busca aumentar la disponibilidad en los equipos de una planta de chancado de una unidad minera mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo ya que se

identificó un alto índice de paradas no programadas. Mediante un análisis de criticidad, se determinó que 16 equipos críticos, 5 semi críticos y 1 de baja criticidad por lo que, luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se logró aumentar la disponibilidad de 94.27% a 97.81%.

El mantenimiento es una serie de acciones que debe realizar el personal encargado del área con la finalidad de que los equipos, máquinas o componentes que estén involucrados dentro de un proceso industrial, se encuentren en óptimas condiciones de funcionamiento. Asimismo, existen 3 tipos de mantenimiento (Pérez, 2021).

En primer lugar, tenemos al mantenimiento correctivo que es aquel mantenimiento que se le da a los equipos cuando la avería ya se ha presentado y a su vez, este mantenimiento se divide en dos tipos: Mantenimiento correctivo programado y no programado (Pérez, 2021).

En segundo lugar, tenemos al mantenimiento preventivo, cuyo objetivo es anticiparse a la falla o avería para que, de esta manera, las máquinas o equipos cumplan con sus funciones requeridas dentro del entorno de las operaciones (Pérez, 2021).

Finalmente tenemos al mantenimiento predictivo, y este tipo de mantenimiento asocia los parámetros físicos con el desgaste de las máquinas. A su vez, el mantenimiento predictivo se puede definir como aquel tipo de mantenimiento que se encarga de presagiar una falla, anomalía o rotura, de tal forma que puedan tomarse las acciones correctivas más adecuadas y prolongar la vida útil de la máquina (Pérez, 2021).

Cabe aclarar el concepto Lean Manufacturing o también llamado manufactura esbelta, la cual es un método de trabajo que se fundamenta en la mejora

continua y su fin es minimizar los desperdicios asociados a determinado proceso productivo (Rojas y Gisbert, 2017).

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una herramienta de Lean Manufacturing, la cual busca lograr que un conjunto de equipos o máquinas maximicen su disponibilidad a la vez que se minimiza la generación de desperdicios (Castro, 2017).

Otra definición que se le da al Mantenimiento Productivo Total es la siguiente: “El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene todas las pérdidas en todas las operaciones de las empresas. Esto incluye cero accidentes, cero defectos y cero fallos en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores incluyendo producción, desarrollo, y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección a todos los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos” (Gallegos, 2018).

El primer pilar del TPM se denomina “Mejoras Enfocadas” el cual se refiere a la generación de estándares mediante la participación de todas y cada una de las áreas de la compañía, todo ello con el objetivo de optimizar el OEE de los equipos (Alfaro, 2019).

El segundo pilar del TPM se denomina “Mantenimiento Autónomo” y busca optimizar el OEE de los equipos mediante el uso del conocimiento que posee el recurso humano. Se busca lograr que el operario mantenga el equipo en condiciones óptimas de manera proactiva. El objetivo de la implementación de este pilar es el siguiente: Optimizar el OEE de los equipos mediante la

participación del personal, la mejora en sus habilidades y capacidades para mantener altos niveles de eficiencia en el proceso de producción y finalmente mejorar el funcionamiento general de la organización (Espinoza, 2020).

El tercer pilar del TPM se denomina “Mantenimiento especializado” y se refiere a la optimización del OEE mediante el establecimiento de estándares de prevención y predicción (Núñez, 2019).

El cuarto pilar se denomina “Mantenimiento de la calidad” y busca optimizar el nivel de calidad de todo el sistema de mantenimiento a través de la participación de todos los niveles de la organización, de igual manera también tiene como objetivo garantizar cero defectos (Candan, 2017).

El quinto pilar del TPM se denomina “gestión de mantenimiento inicial” y hace referencia al establecimiento de estándares de mejora durante la fase de puesta en marcha de los nuevos equipos que se adquieran. (Aguilar, 2018).

El sexto pilar del TPM se denomina “Educación y formación o entrenamiento” y busca mejorar las habilidades y conocimientos del personal en lo que se refiere a los nuevos estándares de trabajo implementados (Osuna, 2019).

El séptimo pilar del TPM se denomina “Seguridad, higiene y medio ambiente” y su finalidad es eliminar los accidentes referentes al proceso productivo con el fin de crear un ambiente de trabajo más seguro (Pérez, 2019).

El octavo y último pilar del TPM se denomina “Mantenimiento en áreas administrativas” y la finalidad es reducir desperdicios y pérdidas en áreas de apoyo o administrativas de la compañía (Chatilan, 2020).

Cabe mencionar que de acuerdo a Srinivasan (2016), la implementación del TPM va de la mano con la implementación de las 5S debido a que ambas herramientas pertenecen al grupo de metodologías Lean Manufacturing.

Asimismo, cabe resaltar que la implementación de las 5S juega un papel muy importante en la mejora de clima laboral y en la seguridad de los trabajadores pertenecientes a la industria manufacturera.

La metodología de implementación de las 5S consta de 5 procesos los cuales son: Clasificación (Seiri), orden (Seiton), limpieza (Seiso), estandarización (Seiketsu) y disciplina (Shitsuke) (Agrahari, 2015)

De acuerdo a Ashraf (2017), entre los principales beneficios que se pueden rescatar a partir de las 5S, se encuentran los siguientes: Mejoramiento general de los procesos mediante la reducción de costos, mejora en el uso del espacio físico, reducción del tiempo de búsqueda de herramientas, aumento de la eficiencia y la reducción en el costo de mantenimiento correctivo.

De acuerdo a Gonçalves (2015), la utilización de indicadores de mantenimiento trae como beneficio el conocimiento de los procesos en determinado momento, de esta manera se puede identificar cada punto de mejora.

De acuerdo a Cuevas (2017), el Tiempo Medio para la Falla (MTBF) hace referencia a la relación existente entre el tiempo que opera un equipo en condiciones normales y el número de reparaciones o intervenciones correctivas que este requiere, todo ello dentro de un periodo específico.

De acuerdo a Macías (2021), el tiempo medio para la reparación (MTTR) hace referencia a la relación que existe entre el tiempo de reparación requerido y el número de reparaciones o intervenciones requeridas dentro de un periodo determinado.

De acuerdo a Cordero (2018), la disponibilidad de equipos es la relación de la diferencia entre el número de horas totales del periodo con el número de horas

de intervención por parte del personal de mantenimiento y el número total de horas para el periodo considerado.

Otra forma de calcular la disponibilidad es mediante el cociente de la diferencia entre las horas programadas y las horas de parada por mantenimiento, y las horas programadas (Días, 2016).

“La disponibilidad es el principal indicador de mantenimiento junto con el coste de mantenimiento. No obstante, es el más manipulable” (Flores, 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

De acuerdo a Schwarz (2017), una investigación aplicada es aquella que se encarga de resolver un problema identificado en el sector productivo o de servicios. Por lo tanto, el tipo de investigación es aplicada ya que se hizo uso de la teoría con el fin de poder dar solución a una problemática del sector productivo y no se creó nuevo conocimiento.

Según Mayuri (2015), un diseño de investigación pre experimental consiste en que, a una muestra conformada por ciertos elementos, se les aplica un estímulo para realizar finalmente una nueva medición respecto a la situación actual. Es por ello que, de acuerdo al diseño, la presente investigación encajó dentro de las pre experimentales ya que se partió de un grupo (G) que viene a ser el estado de la gestión actual del mantenimiento en la empresa MULTITRANSPORTES DE CARGA E.I.R.LTDA. a la cual se le aplicó un incentivo (M) que sería el Mantenimiento Productivo Total, para finalmente hacer una medición final de la Disponibilidad (O).

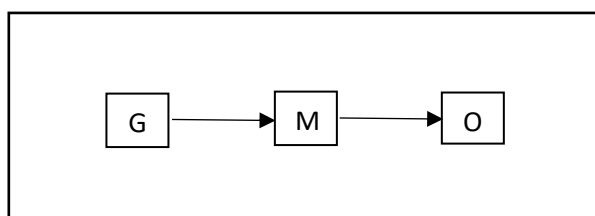


Figura 1. Diseño del estudio

- G: Gestión actual del mantenimiento en la empresa MULTITRANSPORTES DE CARGA E.I.R.LTDA.
- M: Mantenimiento Productivo Total
- O: Disponibilidad de las máquinas

3.2. Variables y operacionalización:

3.2.1. Variable independiente: Mantenimiento Productivo Total

Definición conceptual:

De acuerdo a Salazar (2019), el Mantenimiento Productivo Total es una metodología de Lean Manufacturing que busca asegurar la disponibilidad y la confiabilidad de las operaciones, de los equipos y del sistema. Busca lograr esto mediante la aplicación de conceptos como: prevención, cero defectos, cero accidentes y la participación total de las personas.

Definición operacional:

Salazar (2019) menciona que el impacto del Mantenimiento Productivo Total puede ser medido a través de indicadores de gestión operativa de mantenimiento tales como el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) y el Tiempo Medio de Reparaciones (MTTR)

Indicadores:

Los indicadores usados para monitorear la implementación de la metodología TPM son el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) y el Tiempo Medio entre Reparación (MTTR).

Escala de medición:

La escala de medición de los indicadores asignados para la variable independiente fue la de razón.

3.2.2. Variable dependiente: Disponibilidad de las máquinas

Definición conceptual:

“La disponibilidad es el principal indicador de mantenimiento junto con el coste de mantenimiento. No obstante, es el más manipulable” (Flores, 2020).

Definición operacional:

De acuerdo a Flores (2020), la disponibilidad es la relación de la diferencia entre el número de horas totales del periodo con el número de horas de intervención por parte del personal de mantenimiento y el número total de horas para el periodo considerado.

Indicadores:

El indicador usado para monitorear el impacto sobre la disponibilidad es el porcentaje de disponibilidad.

Escala:

La escala de medición del indicador asignado para la variable dependiente fue la de razón.

3.3. Población, muestra y muestreo:

De acuerdo a Box y otros (2018), una población estadística hace referencia al grupo de sujetos los cuales poseen el rasgo o característica específica que se desea estudiar. Para la presente investigación, la población estuvo conformada por las 13 máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021 que se usan en el proceso productivo. Al ser una población reducida, la muestra fue la misma que la población.

Criterios de inclusión: Cualquier máquina operativa de propiedad de la empresa que se use directamente en el proceso productivo.

Criterios de exclusión: Máquinas que no sean propiedad de la empresa y/o que se encuentren obsoletas por más de 30 días.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Como técnicas de recolección de datos se usó la observación, análisis de causas y el análisis documental, las cuales permitieron recolectar tanto datos cuantitativos como cualitativos.

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variable	Técnica	Instrumento	Fuente
Mantenimiento Productivo Total	Observación	Checklist	Procesos
	Análisis de causas	Registro de causas	Procesos
	Análisis documental	Registros de mantenimiento de máquinas	Documentación de la empresa
Disponibilidad operativa	Análisis documental	Registro de horas operativas	Documentación de la empresa

Fuente: Elaboración propia

3.5. Procedimiento:

Para dar inicio a la presente investigación, se realizaron las respectivas coordinaciones con la gerencia de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA con el fin de poder realizar la toma de datos mediante los instrumentos usados.

Para la toma de datos se hizo uso de una lista de verificación la cual contenía los fundamentos básicos de una óptima gestión del mantenimiento con el fin de obtener un panorama general de la situación actual de la empresa. De igual manera se hizo uso de la recopilación documental con el fin de obtener datos que se usarían en el cálculo de los indicadores asignados.

Una vez finalizado el diagnóstico inicial, se aplicó la metodología de Mantenimiento Productivo Total cuyos estándares de trabajo fueron controlados mediante las listas de verificación.

Para la etapa final, se realizó una nueva medición de los indicadores asignados con el fin de determinar el efecto del Mantenimiento Productivo Total en la disponibilidad de las máquinas de la empresa y poder emitir las conclusiones respectivas.

3.6. Método de análisis de datos:

En la presente investigación se hizo uso del análisis descriptivo mediante tablas, gráficos y figuras con el fin de realizar la medición y comparación de los resultados obtenidos. Para ello se hizo uso del software Microsoft Word y Microsoft Excel.

A su vez se usó el análisis inferencial mediante la prueba de Shapiro-Wilks y de Wilcoxon con el objetivo de dar validez o no a la hipótesis planteada, para lo cual se hizo uso del software SPSS.

3.7. Aspectos éticos:

- El presente proyecto respetó los requisitos científicos exigidos por la Universidad César Vallejo.
- Se consideró la opinión de cada investigador de manera igualitaria aplicando el principio de la justicia.
- La información obtenida se mantuvo en total confidencialidad, la misma que fue usada solo con fines investigativos.
- Se plasmaron los resultados desde un punto de vista objetivo sin realizar ninguna alteración de los mismos, aplicando de esta manera del principio de la autonomía.
- El presente proyecto respetó la propiedad intelectual de otros autores, se han citado y referenciado cada uno de los conceptos que no hayan sido vertidos por los investigadores, con esto se aplica el principio de la no maleficencia.

IV. RESULTADOS

Realizar un diagnóstico de la gestión actual de la gestión del mantenimiento junto con la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021:

El desarrollo del primer objetivo específico consistió en la realización de una serie de tareas orientadas a evaluar la situación actual de la gestión del mantenimiento en la empresa, así como el valor inicial de la disponibilidad de las máquinas en la empresa; para ello se realizó lo siguiente:

Primeramente, se utilizó la técnica de observación a través del instrumento de Check List de gestión de mantenimiento, el cual se encargó de darnos un panorama general de cómo se encontraba la gestión actual del mantenimiento.

Dicho instrumento desarrollado se puede ver en el Anexo N° 4.

A continuación, se muestra una pequeña tabla con el porcentaje de cumplimiento de los criterios básicos:

Tabla 2. Resultados del primer Check List de gestión de mantenimiento

TOTAL ÍTEMS	TOTAL SÍ	TOTAL NO
14	5	9
	35.71%	

Fuente: Elaboración propia

Se pudo observar un porcentaje de cumplimiento del 35.71% del checklist.

Seguidamente, se identificaron las causas raíz de los principales puntos de quiebre identificados, el diagrama se puede ver a continuación:

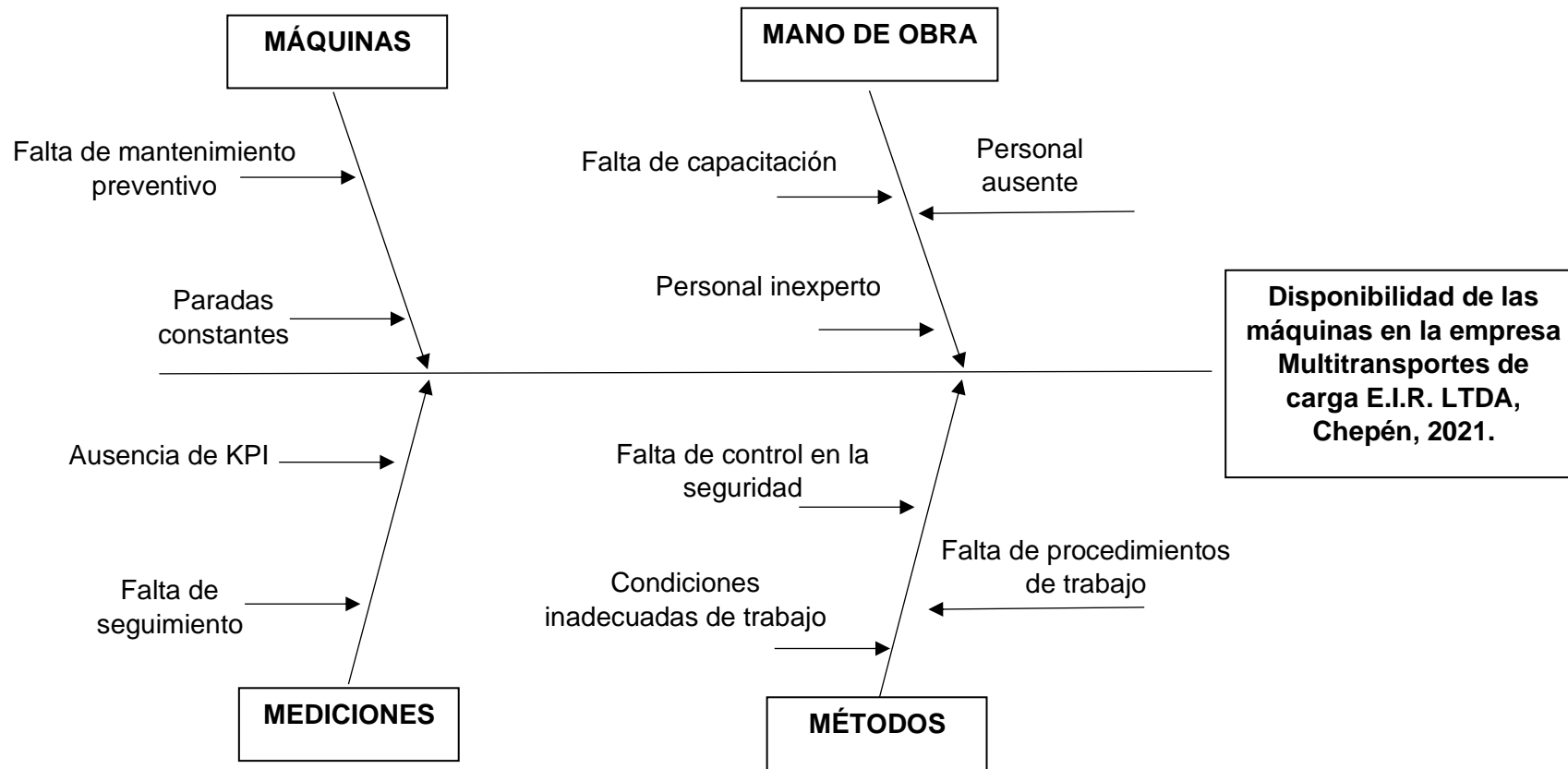


Figura 2. Diagrama de Ishikawa

Luego se realizó un diagrama de Pareto con el fin de priorizar las causas raíz más importantes.

Tabla 3. Frecuencias Pareto

No.	Causa raíz	Frecuencia	%	Acumulado	% Acumulado
1	Falta de mantenimiento preventivo	11	19.64%	11	19.64%
2	Falta de capacitación	12	21.43%	23	41.07%
3	Ausencia de KPI	12	21.43%	35	62.50%
4	Falta de control en la seguridad	10	17.86%	45	80.36%
5	Personal inexperto	2	3.57%	47	83.93%
6	Personal ausente	2	3.57%	49	87.50%
7	Falta de seguimiento	3	5.36%	52	92.86%
8	Paradas constantes	1	1.79%	53	94.64%
9	Condiciones inadecuadas de trabajo	1	1.79%	54	96.43%
10	Falta de procedimientos de trabajo	2	3.57%	56	100.00%
TOTAL		56			

Fuente: Elaboración propia

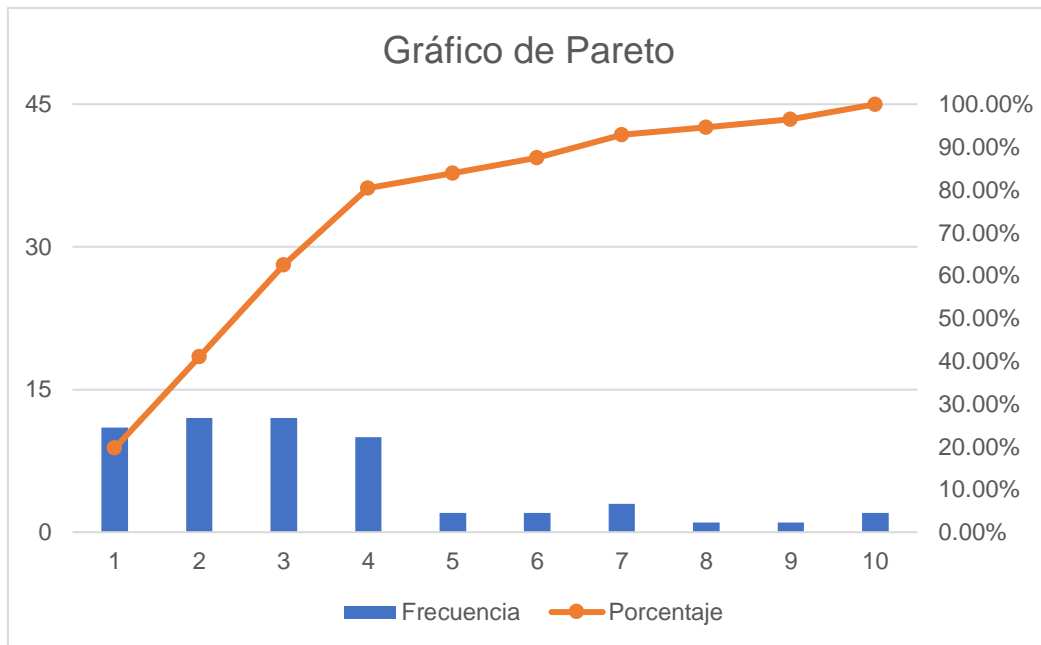


Figura 3. Gráfico de Pareto

Una vez elaborado el diagrama de Pareto, se seleccionó las siguientes causas raíz que estaban dando lugar a una reducción en la disponibilidad de las máquinas:

- Causa raíz 1: Falta de mantenimiento preventivo
- Causa raíz 2: Falta de capacitación
- Causa raíz 3: Ausencia de estándares
- Causa raíz 4: Falta de controles de seguridad

El siguiente punto hizo referencia al cálculo de los indicadores de gestión de mantenimiento como son el MTBF y MTTR. El primer indicador que se calculó fue el MTTR que mide la calidad de las reparaciones. Primero se calculó dicho indicador por cada máquina y finalmente se obtuvo un promedio global. Los datos se presentan a continuación

Tabla 4. MTTR del Cargador frontal 950

Cargador Frontal 950			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	4	19.5	
Febrero	5	25.75	
Marzo	4	22.6	
Abril	6	27.5	5.01
Mayo	4	21.5	
Junio	5	24.5	
Julio	4	19.1	
TOTAL	32	160.45	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. °4 se afirma que el MTTR del Cargador Frontal 950 fue de 5.01 horas.

Tabla 5. MTTR del Cargador frontal Sem669

Cargador Frontal Sem669			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	5	24.35	
Febrero	4	25.8	
Marzo	5	26	
Abril	4	25.5	5.45
Mayo	4	19	
Junio	4	24.2	
Julio	6	29.5	
TOTAL	32	174.35	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. °5 se afirma que el MTTR del Cargador Frontal SEM669 fue de 5.45 horas.

Tabla 6. MTTR del Cargador frontal 938

Cargador Frontal 938			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	6	16.5	
Febrero	5	19.6	
Marzo	6	18.4	
Abril	6	16	3.55
Mayo	5	14.2	
Junio	3	19.6	
Julio	4	19.8	
TOTAL	35	124.1	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. °6 se afirma que el MTTR del Cargador Frontal 938 fue de 5.45 horas.

Tabla 7. MTTR de la Excavadora 330BLM

EXCAVADORA 330BLM			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	5	26.5	
Febrero	5	27.5	
Marzo	5	28.2	
Abril	4	27.5	5.97
Mayo	3	25	
Junio	5	28.58	
Julio	5	27.75	
TOTAL	32	191.03	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. 07 se afirma que el MTTR de la excavadora 330BLM fue de 5.97 horas.

Tabla 8. MTTR de la excavadora 320BLM

EXCAVADORA 320BLM			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	6	29.6	
Febrero	6	28.5	
Marzo	3	22.1	
Abril	3	20.75	5.56
Mayo	5	28.5	
Junio	5	25.5	
Julio	5	28.6	
TOTAL	33	183.55	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. °8 se afirma que el MTTR de la excavadora 320BLM fue de 5.56 horas.

Tabla 9. MTTR de la Zaranda de Hormigón

Zaranda de Hormigón			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	6	25.6	
Febrero	8	32.3	
Marzo	4	22.5	
Abril	2	29.5	5.26
Mayo	8	35.3	
Junio	7	30.5	
Julio	4	29.6	
TOTAL	39	205.3	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. 09 se afirma que el MTTR de la zaranda de hormigón fue de 5.26 horas.

Tabla 10. MTTR de la Zaranda de Arena gruesa

Zaranda de Arena gruesa			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	6	32.2	
Febrero	7	29.6	
Marzo	7	27.5	
Abril	4	28.1	4.73
Mayo	5	29.9	
Junio	8	24.6	
Julio	6	31.5	
TOTAL	43	203.4	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. °10 se afirma que el MTTR de la zaranda de arena gruesa fue de 4.73 horas.

Tabla 11. MTTR de la Chancadora

Chancadora			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	5	39.8	
Febrero	8	36.5	
Marzo	6	29.5	
Abril	9	27.3	5.07
Mayo	4	25.6	
Junio	5	22.8	
Julio	4	26.4	
TOTAL	41	207.9	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. °11 se afirma que el MTTR de la chancadora fue de 5.07 horas.

Tabla 12. MTTR de Zeus N° de placa F5C-801

Zeus N° de placa F5C-801			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	5	33.5	
Febrero	5	34.6	
Marzo	9	35.3	
Abril	4	34	5.83
Mayo	6	32	
Junio	6	39.8	
Julio	7	35.5	
TOTAL	42	244.7	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. °12 se afirma que el MTTR de la máquina ZEUS N.º DE PLACA F5C-801 fue de 5.83 horas.

Tabla 13. MTTR de Gladiador N° de placa F37Z-722

Gladiador N° de placa F37Z-722			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	6	32.4	
Febrero	5	33.2	
Marzo	4	39.8	
Abril	6	36.5	5.08
Mayo	7	34.6	
Junio	9	32.1	
Julio	10	30.1	
TOTAL	47	238.7	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. °13 se afirma que el MTTR de la máquina GLADIADOR N.º DE PLACA F37Z-722 fue de 5.08 horas.

Tabla 14. MTTR de Shacman 1 N° de placa ALO-821

Shacman 1 N° de placa ALO-821			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	4	28.4	
Febrero	6	26.5	
Marzo	9	33.5	
Abril	5	35.1	3.16
Mayo	6	27.8	
Junio	5	26.4	
Julio	8	27.4	
TOTAL	65	205.1	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. °14 se afirma que el MTTR de la máquina SHACMAN N.º DE PLACA ALO-821 fue de 3.16 horas

Tabla 15. MTTR de Shacman 2 N.º de placa ALK-894

Shacman 2 N.º de placa ALK-894			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	5	28.4	
Febrero	6	29.5	
Marzo	5	24.6	
Abril	5	30.4	4.78
Mayo	9	26.4	
Junio	6	27.7	
Julio	5	29	
TOTAL	41	196	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. 15 se afirma que el MTTR de la máquina SHACMAN N.º DE PLACA ALK-894 fue de 4.78 horas.

Tabla 16. MTTR de Shacman 3 N° de placa F8X-896

Shacman 3 N° de placa F8X-896			
MES	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	5	31.4	
Febrero	8	35.1	
Marzo	6	34.6	
Abril	5	29.8	4.97
Mayo	3	25	
Junio	6	23.4	
Julio	9	29.5	
TOTAL	42	208.8	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. °16 se afirma que el MTTR de la máquina SHACMAN N.º DE PLACA F8X-896 fue de 4.97 horas.

En la página siguiente se muestra el resumen del indicador calculado y el promedio general.

Tabla 17. MTTR total de las máquinas

Tipo de máquina	Resumen	MTTR (horas)
	Cargador frontal 950	5.01
Cargadores	Cargador frontal SEM669	5.45
	Cargador frontal 938	3.55
Excavadoras	Excavadora 330BLM	5.97
	Excavadora 320BLM	5.56
Procesadoras	Zaranda de hormigón	5.26
	Zaranda de arena gruesa	4.73
	Chancadora	5.07
Volquetes	Zeus N° de placa F5C-801	5.83
	Gladiador N° de placa F37Z-722	5.08
	Shacman 1 N° de placa ALO-821	3.16
	Shacman 2 N° de placa ALK-894	4.78
	Shacman 3 N° de placa F8X-896	4.97
Promedio		4.96

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un MTTR global de 4.96 horas, esto fue el tiempo promedio que tomaba la reparación de una avería.

Seguidamente se calculó en MTBF, el cual mide la fiabilidad de los equipos. Se procedió de la misma manera y los datos se presentan en la página siguiente.

Tabla 18. MTBF del cargador frontal 950

Cargador frontal 950					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	19.5	188.5	4	
Febrero	208	25.75	182.25	5	
Marzo	208	22.6	185.4	4	
Abril	208	27.5	180.5	6	40.49
Mayo	208	21.5	186.5	4	
Junio	208	24.5	183.5	5	
Julio	208	19.1	188.9	4	
TOTAL	1456	160.45	1295.55	32	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °18 nos indica que el MTBF del cargador frontal fue de 40.49 horas.

Tabla 19. MTBF del cargador frontal SEM669

Cargador frontal SEM669					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	24.35	183.65	5	
Febrero	208	25.8	182.2	4	
Marzo	208	26	182	5	
Abril	208	25.5	182.5	4	40.05
Mayo	208	19	189	4	
Junio	208	24.2	183.8	4	
Julio	208	29.5	178.5	6	
TOTAL	1456	174.35	1281.65	32	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °19 nos indica que el MTBF del cargador frontal SEM669 fue de 40.05 horas.

Tabla 20. MTBF del cargador frontal 938

Cargador frontal 938					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	16.5	191.5	6	
Febrero	208	19.6	188.4	5	
Marzo	208	18.4	189.6	6	
Abril	208	16	192	6	38.05
Mayo	208	14.2	193.8	5	
Junio	208	19.6	188.4	3	
Julio	208	19.8	188.2	4	
TOTAL	1456	124.1	1331.9	35	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °20 nos indica que el MTBF del cargador frontal 938 fue de 38.05 horas.

Tabla 21. MTBF de la excavadora 330 BLM

Excavadora 330 BLM					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	26.5	181.5	5	
Febrero	208	27.5	180.5	5	
Marzo	208	28.2	179.8	5	
Abril	208	27.5	180.5	4	39.53
Mayo	208	25.0	183	3	
Junio	208	28.6	179.42	5	
Julio	208	27.8	180.25	5	
TOTAL	1456	191.03	1264.97	32	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °21 nos indica que el MTBF de la excavadora 330BLM fue de 39.53 horas.

Tabla 22. MTBF de la excavadora 320 BLM

Excavadora 320 BLM					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	29.6	178.4	6	
Febrero	208	28.5	179.5	6	
Marzo	208	22.1	185.9	3	
Abril	208	20.75	187.25	3	38.56
Mayo	208	28.5	179.5	5	
Junio	208	25.5	182.5	5	
Julio	208	28.6	179.4	5	
TOTAL	1456	183.55	1272.45	33	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °22 nos indica que el MTBF de la excavadora 320BLM fue de 38.56 horas.

Tabla 23. MTBF de la zaranda de hormigón

Zaranda de hormigón					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	25.6	182.4	6	
Febrero	208	32.3	175.7	8	
Marzo	208	22.5	185.5	4	
Abril	208	29.5	178.5	2	32.07
Mayo	208	35.3	172.7	8	
Junio	208	30.5	177.5	7	
Julio	208	29.6	178.4	4	
TOTAL	1456	205.3	1250.7	39	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °23 nos indica que el MTBF de la zaranda de hormigón fue de 32.07 horas.

Tabla 24. MTBF de la zaranda de arena gruesa

Zaranda de arena gruesa					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	32.2	175.8	6	
Febrero	208	29.6	178.4	7	
Marzo	208	27.5	180.5	7	
Abril	208	28.1	179.9	4	29.13
Mayo	208	29.9	178.1	5	
Junio	208	24.6	183.4	8	
Julio	208	31.5	176.5	6	
TOTAL	1456	203.4	1252.6	43	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °24 nos indica que el MTBF de la zaranda de arena gruesa fue de 29.13 horas.

Tabla 25. MTBF de la chancadora

Chancadora					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	39.8	168.2	5	
Febrero	208	36.5	171.5	8	
Marzo	208	29.5	178.5	6	
Abril	208	27.3	180.7	9	30.44
Mayo	208	25.6	182.4	4	
Junio	208	22.8	185.2	5	
Julio	208	26.4	181.6	4	
TOTAL	1456	207.9	1248.1	41	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °25 nos indica que el MTBF de la chancadora fue de 30.44 horas.

Tabla 26. MTBF de Zeus N° de placa F5C-801

Zeus N° De placa F5C-801					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	33.5	174.5	5	
Febrero	208	34.6	173.4	5	
Marzo	208	35.3	172.7	9	
Abril	208	34	174	4	28.84
Mayo	208	32	176	6	
Junio	208	39.8	168.2	6	
Julio	208	35.5	172.5	7	
TOTAL	1456	244.7	1211.3	42	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °26 nos indica que el MTBF de la máquina ZEUS N.º DE PLACA F5C-801 fue de 28.84 horas.

Tabla 27. MTBF de Gladiador N° de placa F37Z-722

GLADIADOR N° DE PLACA F37Z-722					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	32.4	175.6	6	
Febrero	208	33.2	174.8	5	
Marzo	208	39.8	168.2	4	
Abril	208	36.5	171.5	6	25.90
Mayo	208	34.6	173.4	7	
Junio	208	32.1	175.9	9	
Julio	208	30.1	177.9	10	
TOTAL	1456	238.7	1217.3	47	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °27 nos indica que el MTBF de la máquina GLADIADOR N.º DE PLACA F37Z-722 fue de 25.9 horas.

Tabla 28. MTBF de Shacman 1 N.º de placa ALO-821

Shacman 1 N.º de placa ALO-821					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	28.4	179.6	4	
Febrero	208	26.5	181.5	6	
Marzo	208	33.5	174.5	9	
Abril	208	35.1	172.9	5	29.09
Mayo	208	27.8	180.2	6	
Junio	208	26.4	181.6	5	
Julio	208	27.4	180.6	8	
TOTAL	1456	205.1	1250.9	43	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. º28 nos indica que el MTBF de la máquina SHACMAN 1 N.º DE PLACA ALO-821 fue de 29.09 horas.

Tabla 29. MTBF de Shacman 2 N° de placa ALK-894

SHACMAN 2 N° DE PLACA ALK-894					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	28.4	179.6	5	
Febrero	208	29.5	178.5	6	
Marzo	208	24.6	183.4	5	
Abril	208	30.4	177.6	5	30.73
Mayo	208	26.4	181.6	9	
Junio	208	27.7	180.3	6	
Julio	208	29	179	5	
TOTAL	1456	196	1260	41	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °29 nos indica que el MTBF de la máquina SHACMAN 2 N.º DE PLACA ALK-894 fue de 30.73 horas.

Tabla 30. MTBF de Shacman 3 N.º de placa F8X-896

Shacman 3 N.º de placa F8X-896					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	31.4	176.6	5	
Febrero	208	35.1	172.9	8	
Marzo	208	34.6	173.4	6	
Abril	208	29.8	178.2	5	29.70
Mayo	208	25	183	3	
Junio	208	23.4	184.6	6	
Julio	208	29.5	178.5	9	
TOTAL	1456	208.8	1247.2	42	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. º30 nos indica que el MTBF de la máquina SHACMAN 3 N.º DE PLACA F8X-896 fue de 29.70horas.

Tabla 31. MTBF total de las máquinas

Tipo de máquina	Resumen	MTBF (horas)
	Cargador frontal 950	40.49
Cargadores	Cargador frontal SEM669	40.05
	Cargador frontal 938	38.05
Excavadoras	Excavadora 330BLM	39.53
	Excavadora 320BLM	38.56
Procesadoras	Zaranda de hormigón	32.07
	Zaranda de arena gruesa	29.13
	Chancadora	30.44
Volquetes	Zeus N° de placa F5C-801	28.84
	Gladiador N° de placa F37Z-722	25.90
	Shacman 1 N° de placa ALO-821	29.09
	Shacman 2 N° de placa ALK-894	30.73
	Shacman 3 N° de placa F8X-896	29.70
Promedio		33.28

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, el MTBF global de toda la empresa fue de 33.28 horas, esto indica que transcurría en promedio dicho número de horas antes de que se presente una falla en los equipos y se tenga que hacer uso del servicio de mantenimiento. correctivo.

Finalmente, se calculó la disponibilidad operativa de las máquinas de la misma manera. Los datos se presentan en la página siguiente.

Tabla 32. Disponibilidad del cargador frontal 950

Cargador Frontal 950				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	19.5	188.5	
Febrero	208	25.75	182.25	
Marzo	208	22.6	185.4	
Abril	208	27.5	180.5	89%
Mayo	208	21.5	186.5	
Junio	208	24.5	183.5	
Julio	208	19.1	188.9	
TOTAL	1456	160.45	1295.55	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °32, la disponibilidad del cargador frontal 950 fue de 89%.

Tabla 33. Disponibilidad del cargador frontal SEM669

Cargador Frontal SEM669				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	24.35	183.65	
Febrero	208	25.8	182.2	
Marzo	208	26	182	
Abril	208	25.5	182.5	88%
Mayo	208	19	189	
Junio	208	24.2	183.8	
Julio	208	29.5	178.5	
TOTAL	1456	174.35	1281.65	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °33, la disponibilidad del cargador frontal SEM 669 fue de 88%.

Tabla 34. Disponibilidad del cargador frontal 938

Cargador Frontal 938				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	16.5	191.5	
Febrero	208	19.6	188.4	
Marzo	208	18.4	189.6	
Abril	208	16	192	91%
Mayo	208	14.2	193.8	
Junio	208	19.6	188.4	
Julio	208	19.8	188.2	
TOTAL	1456	124.1	1331.9	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °34, la disponibilidad del cargador frontal 938 fue de 91%.

Tabla 35. Disponibilidad de la excavadora 330BLM

Excavadora 330BLM				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	26.5	181.5	
Febrero	208	27.5	180.5	
Marzo	208	28.2	179.8	
Abril	208	27.5	180.5	87%
Mayo	208	25	183	
Junio	208	28.58	179.42	
Julio	208	27.75	180.25	
TOTAL	1456	191.03	1264.97	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °35, la disponibilidad de la excavadora 330BLM fue de 87%.

Tabla 36. Disponibilidad de la excavadora 320BLM

Excavadora 320BLM				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	29.6	178.4	
Febrero	208	28.5	179.5	
Marzo	208	22.1	185.9	
Abril	208	20.75	187.25	87%
Mayo	208	28.5	179.5	
Junio	208	25.5	182.5	
Julio	156	28.6	127.4	
TOTAL	1404	183.55	1220.45	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °36, la disponibilidad de la excavadora 320BLM fue de 87%.

Tabla 37. Disponibilidad de la Zaranda de Hormigón

Zaranda de hormigón				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	25.6	182.4	
Febrero	208	32.3	175.7	
Marzo	208	22.5	185.5	
Abril	208	29.5	178.5	86%
Mayo	208	35.3	172.7	
Junio	208	30.5	177.5	
Julio	208	29.6	178.4	
TOTAL	1456	205.3	1250.7	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °37, la disponibilidad de la zaranda de hormigón fue de 86%.

Tabla 38. Disponibilidad de la zaranda de arena gruesa

Zaranda de arena gruesa				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	32.2	175.8	
Febrero	208	29.6	178.4	
Marzo	208	27.5	180.5	
Abril	208	28.1	179.9	86%
Mayo	208	29.9	178.1	
Junio	208	24.6	183.4	
Julio	208	31.5	176.5	
TOTAL	1456	203.4	1252.6	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °38, la disponibilidad de la zaranda de arena gruesa fue de 86%.

Tabla 39. Disponibilidad de la chancadora

Chancadora				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	39.8	168.2	
Febrero	208	36.5	171.5	
Marzo	208	29.5	178.5	
Abril	208	27.3	180.7	86%
Mayo	208	25.6	182.4	
Junio	208	22.8	185.2	
Julio	208	26.4	181.6	
TOTAL	1456	207.9	1248.1	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °39, la disponibilidad de la chancadora fue de 86%.

Tabla 40. Disponibilidad de Zeus N° de placa F5C-801

Zeus N.º de placa F5C-801				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	33.5	174.5	
Febrero	208	34.6	173.4	
Marzo	208	35.3	172.7	
Abril	208	34	174	83%
Mayo	208	32	176	
Junio	208	39.8	168.2	
Julio	208	35.5	172.5	
TOTAL	1456	244.7	1211.3	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. 40, la disponibilidad de la chancadora fue de 83%.

Tabla 41. Disponibilidad de Gladiador N° DE PLACA F37Z-722

Gladiador N° de placa F37Z-722				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	32.4	175.6	
Febrero	208	33.2	174.8	
Marzo	208	39.8	168.2	
Abril	208	36.5	171.5	84%
Mayo	208	34.6	173.4	
Junio	208	32.1	175.9	
Julio	208	30.1	177.9	
TOTAL	1456	238.7	1217.3	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °41, la disponibilidad de la máquina GLADIADOR N° DE PLACA F37Z-722 fue de 84%.

Tabla 42. Disponibilidad de Shacman 1 N° de placa ALO-821

Shacman 1 N° de placa ALO-821				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	28.4	179.6	
Febrero	208	26.5	181.5	
Marzo	208	33.5	174.5	
Abril	208	35.1	172.9	86%
Mayo	208	27.8	180.2	
Junio	208	26.4	181.6	
Julio	208	27.4	180.6	
TOTAL	1456	205.1	1250.9	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °42, la disponibilidad de la máquina SHACMAN 1 N.º DE PLACA ALO-821 fue de 86%.

Tabla 43. Disponibilidad de Shacman 2 N° de placa ALK-894

Shacman 2 N° de placa ALK-894				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	28.4	179.6	
Febrero	208	29.5	178.5	
Marzo	208	24.6	183.4	
Abril	208	30.4	177.6	87%
Mayo	208	26.4	181.6	
Junio	208	27.7	180.3	
Julio	208	29	179	
TOTAL	1456	196	1260	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °43, la disponibilidad de la máquina SHACMAN 2 N° DE PLACA ALK-894 fue de 87%.

Tabla 44. Disponibilidad de Shacman 3 N° de placa F8X-896

Shacman 3 N° de placa F8X-896				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	31.4	176.6	
Febrero	208	35.1	172.9	
Marzo	208	34.6	173.4	
Abril	208	29.8	178.2	86%
Mayo	208	25	183	
Junio	208	23.4	184.6	
Julio	208	29.5	178.5	
TOTAL	1456	208.8	1247.2	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °44, la disponibilidad de la máquina SHACMAN 3 N.º DE PLACA F8X-896 fue de 86%.

Tabla 45. Disponibilidad total de las máquinas

Tipo de máquina	Resumen	Disponibilidad
Cargadores	Cargador frontal 950	89%
	Cargador frontal SEM669	88%
	Cargador frontal 938	91%
Excavadoras	Excavadora 330BLM	87%
	Excavadora 320BLM	87%
Procesadoras	Zaranda de hormigón	86%
	Zaranda de arena gruesa	86%
	Chancadora	86%
Volquetes	Zeus N° de placa F5C-801	83%
	Gladiador N° de placa F37Z-722	84%
	Shacman 1 N° de placa ALO-821	86%
	Shacman 2 N° de placa ALK-894	87%
	Shacman 3 N° de placa F8X-896	86%
Promedio		87%

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo una disponibilidad global de 87% a nivel de toda la cantera antes de la implementación de Mantenimiento Productivo Total.

Aplicar la metodología de Mantenimiento Productivo Total en la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021:

El desarrollo del segundo objetivo específico incluye el plan de implementación del Mantenimiento Productivo Total, para lo cual se realizaron las actividades que se redactan en los párrafos siguientes.

Se inició con la decisión de aplicar TPM con el objetivo de aumentar la disponibilidad de las máquinas y de manera indirecta, la productividad de la empresa.

Seguidamente se realizó un plan de Introducción mediante la elaboración de 3 charlas, las cuales se brindan antes de dar inicio a las labores cotidianas. La lista de temas a tratar se muestra a continuación.

Tabla 46. Plan de charlas TPM

Charla	Día	Tema	No. de participantes	Costo por participante	Costo total
1	1	TPM, beneficios y metodología de implementación	15	S/ 75.00	S/ 1,125.00
2	2	Situación actual de la gestión del mantenimiento en la empresa	15	S/ 75.00	S/ 1,125.00
3	3	Metodología 5s y seguridad en el trabajo	15	S/ 75.00	S/ 1,125.00
TOTAL					S/ 3,375.00

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N. °46 se obtiene que el costo de implementación del plan de charlas fue de S/ 3,375.00 y se contó con un total de 15 participantes para cada una de las 3 sesiones.

Luego se creó una estructura para el comité TPM a cargo de los altos directivos y de los operarios más destacados. El organigrama se presenta a continuación:

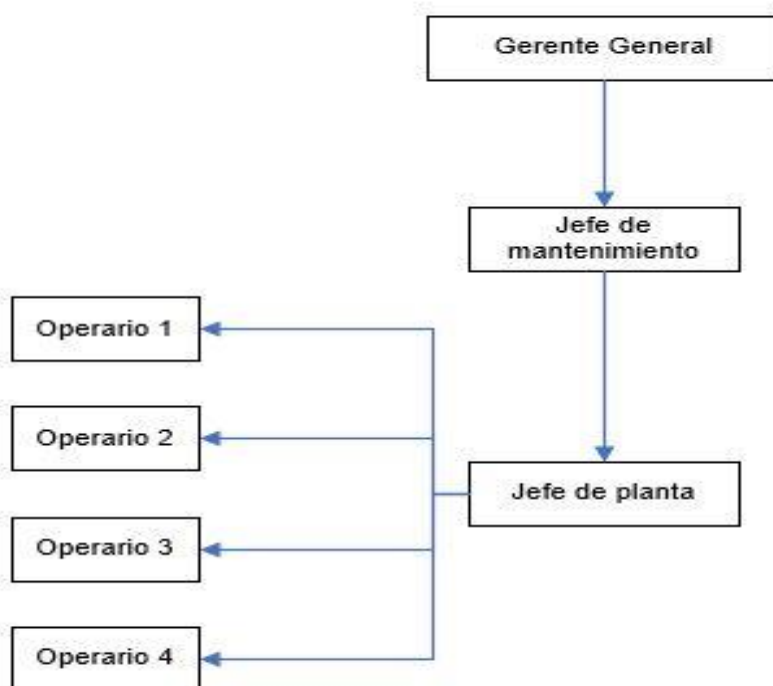


Figura 4. Comité TPM

El siguiente paso fue el establecimiento de políticas y objetivos de mantenimiento para lo cual se elaboró un documento en el cual se especifica el compromiso de la empresa con la gestión del mantenimiento y el programa de Mantenimiento Productivo Total. El documento se encuentra en el Anexo N° 8.

Luego se elaboró el plan maestro para la implementación del Mantenimiento Productivo Total, el cual es el siguiente:

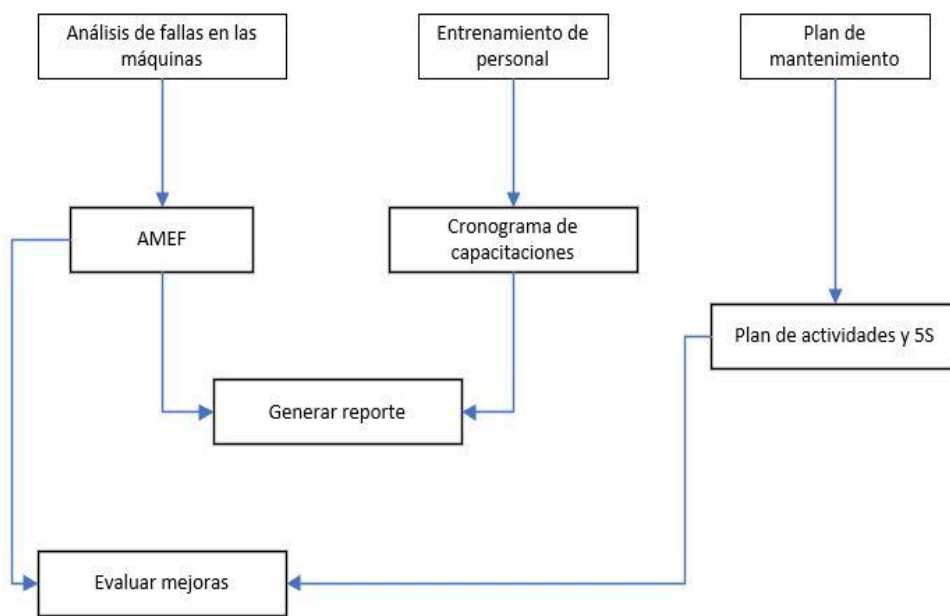


Figura 5. . Plan Maestro TPM

Para el análisis de fallas, se hizo uso de la herramienta AMEF, el cual fue el punto de partida, a su vez se incluyó un entrenamiento del personal con el fin de poder anticipar las fallas en la máquina y reducir la participación del servicio especializado de mantenimiento. A su vez se incluyó una reorganización del área de trabajo a través de la metodología 5S, para finalmente diseñar un plan de actividades de mantenimiento preventivo. Todo lo mencionado anteriormente se

consolidó en un reporte y en la evaluación de los respectivos cambios en los indicadores de gestión.

Se realizó el lanzamiento del TPM, con el fin de dar conocimiento a todos los niveles de la empresa, se redactó y distribuyó un comunicado, el cual incluía el plan maestro de implementación, la política y objetivos y la lista de máquinas que se iban a analizar.

Para la mejora en la efectividad de las máquinas se realizó un análisis de modos y efectos de fallas, también denominado AMEF. Para ello se les asignó un valor en lo que concierne a gravedad, probabilidad y grado de control para finalmente calcular el IPR y establecer las acciones preventivas correspondientes. Los criterios se establecieron de acuerdo a lo establecido por Gallara y Pontelli (2014) y se presentan a continuación:

Tabla 47. Criterios de gravedad

Nivel de gravedad	G	Descripción
Muy crítico	4	Detiene la producción
Crítico	3	Reduce el nivel de producción
Importante	2	Afecta la producción, pero se mantiene el nivel
Secundario	1	Ocasiona demoras en el flujo productivo

Fuente: Gallarda y Pontelli (2014)

La tabla N. 047 muestra los criterios en cuanto a gravedad para estimar el IPR

Tabla 48. Criterios de probabilidad

Probabilidad de ocurrencia	P	Descripción
Muy crítico	5	Una falla por turno de 8 horas
Alta	4	Una falla entre las 8 horas y los 40 días
Moderada	3	Una falla entre 40 días y 6 meses
Baja	2	Una falla entre los 6 meses y 1 año
Muy baja	1	Una falla después del año

Fuente: Gallarda y Pontelli (2014)

La tabla N. °48 muestra los criterios en cuanto a probabilidad de ocurrencia para estimar el IPR.

Tabla 49. de detección

Gravedad del efecto	D	Descripción
Remota	5	Imposible de detectar con los métodos actuales
Escasa	4	La falla se detecta con el desarme del equipo o puede ocurrir en lugares de difícil acceso o el método de control no es confiable
Probable	3	El método de control requiere inspección permanente o no es confiable
Moderada	2	El método de control es confiable y puede detectar la falla
Segura	1	El método de control detecta oportunamente la falla y es confiable

Fuente: Gallarda y Pontelli (2014)

La tabla N. °49 muestra los criterios en cuanto a detección de fallas para estimar el IPR. Una vez definidos los criterios, se procedió a realizar el análisis de modos y efectos de falla de las máquinas tal y como se muestra a continuación.

Tabla 50. AMEF de máquinas procesadoras

Análisis Modal de Fallos y Efectos														
Revisado por:		Tipo de máquina: Procesadoras						No. De máquinas: 3			Fecha:			
Función	Fallo			Controles actuales	Valores actuales				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	P	D	IPR
Separación y trituración de materiales	Daño en el motor eléctrico	Se detiene la máquina	Contaminación por polvo	Limpieza no estandarizada	4	3	2	24	Estándares de limpieza	Inter diario	4	1	2	8
	Rotura de correa		Se descanastan los rodamientos	No existen	4	3	1	12	Estándares de inspección	Inter diario	4	1	2	8
			Daños en las poleas	No existen	4	3	1	12	Estándares de inspección	Inter diario	4	1	2	8

Fuente: Elaboración propia

Para las máquinas procesadoras se calculó un IPR de 48, con las acciones preventivas propuestas se estima que este valor disminuya a 24

Tabla 51. AMEF de máquinas cargadoras

Análisis Modal de Fallos y Efectos														
Revisado por:		Tipo de máquina: Cargadores						No. De máquinas: 3			Fecha:			
Función	Fallo			Controles actuales	Valores actuales				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	P	D	IPR
Carga y transporte de materiales	Ruidos en el diferencial	Pérdida de movimiento de la unidad	Deterioro de piezas internas por cambios bruscos en las marchas	Inspección no estandarizada/Charlas	4	3	2	24	Estándares de inspección	Diario	4	2	2	16
	Polea del aspa del ventilador fuera de posición	Recalentamiento y paro del motor	Rodamientos dañados	Lubricación no estandarizada	4	3	2	24	Estándares de lubricación	Diario	4	1	1	4
	Temperatura del motor elevada	Pérdida de la potencia en la carga y la descarga	Daños en el bulbo	Lubricación no estandarizada	4	3	2	24	Estándares de lubricación	Semanal	4	1	1	4

Fuente: Elaboración propia

Para las máquinas cargadoras se calculó un IPR de 72, con las acciones preventivas propuestas se estima que este valor disminuya a 24.

Tabla 52. AMEF de máquinas excavadoras

Análisis Modal de Fallos y Efectos														
Revisado por:		Tipo de máquina: Excavadoras						No. De máquinas: 2			Fecha:			
Función	Fallo			Controles actuales	Valores actuales				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	P	D	IPR
Extracción de materiales	Consumo excesivo de aceite por parte del motor	Se detiene el motor afectando la operación	Desgaste de anillos	Lubricación no estandarizada	4	2	2	16	Estándares de inspección y lubricación	Semanal	4	1	1	4
			Ingreso de partículas al sistema de admisión	Limpieza no estandarizada	4	2	3	24	Estándares de limpieza	Semanal	4	1	1	4
	Sobre calentamiento del motor		Cojinetes agarrotados	Lubricación no estandarizada	3	3	3	27	Estándares de inspección y lubricación	Semanal	4	1	1	4

Fuente: Elaboración propia

Para las máquinas excavadoras se calculó un IPR de 67, con las acciones preventivas propuestas se estima que este valor disminuya a 12.

Tabla 53. AMEF de volquetes

Análisis Modal de Fallos y Efectos														
Revisado por:		Tipo de máquina: Volquetes						No. De máquinas: 5			Fecha:			
Función	Fallo			Controles actuales	Valores actuales				Acciones preventivas	Frecuencia	Nuevos valores			
	Modo	Efecto	Causa		G	P	D	IPR			G	P	D	IPR
Traslado final del material	No hay carga en el alternador	Unidad no enciende	Arrancador dañado	No existen	3	3	2	18	Inspección de la máquina	Diaria	3	1	1	3
	Batería abierta o cruzada		Regulador de voltaje cruzado	No existen	3	4	1	12	Inspección de la máquina	Diaria	3	1	1	3
	batería sin carga		Solenoides de arranque dañado	No existen	4	4	1	16	Inspección de la máquina	Diaria	4	1	1	4

Fuente: Elaboración propia

Para los volquetes se calculó un IPR de 46, con las acciones correctivas propuestas se estima que este valor disminuya a 10.

El objetivo de la etapa referente al entrenamiento del personal fue el de lograr que se puedan detectar fallas en las máquinas más críticas antes de que estas se produzcan, así como dar solución a averías básicas que puedan presentarse, de esta manera estamos limitando la participación de servicios especializados en mantenimiento correctivo y contribuyendo a que la disponibilidad de las máquinas sea mayor. Para lograr todo ello es necesario que los operadores conozcan los métodos de análisis de fallas y cómo llevar a cabo una correcta inspección, limpieza, lubricación y calibración de las máquinas.

Con el fin de poder hacer un seguimiento a los objetivos logrados a través del programa de capacitación, se elaboró el siguiente formato:

Tabla 54. Seguimiento de entrenamiento de personal

MULTITRANSPORTE DE CARGA E.I.R.L. TDA		
Ítem	Competencia esperada	Observaciones
1	¿El operador maneja de forma correcta la máquina?	
2	¿El operador maneja de forma adecuada el producto?	
3	¿El operador identifica las fallas de manera oportuna?	
4	¿El operador cumple con sus responsabilidades?	
5	¿El operador es autodidacta?	
6	¿El operador aporta al establecimiento de estándares?	
7	¿El operador verifica el correcto funcionamiento de la máquina?	
8	¿El operador participa en el análisis de fallas?	

9	¿El operador cumple con el plan de mantenimiento establecido?	
10	¿El operador reporta oportunamente a sus superiores?	
11	¿El operador asegura la correcta ejecución de las acciones manuales?	
12	¿El operador tiene conocimiento de TPM y lo aplica en la empresa?	
13	¿El operador mantiene las máquinas en buen estado?	

Fuente: Elaboración propia

Establecer el cronograma de capacitaciones:

Se informó a la gerencia sobre los beneficios que traería a la empresa y a los trabajadores el llevar a cabo un plan de capacitaciones con el fin de poder obtener los recursos necesarios para llevarlo a cabo.

Una vez aprobada la propuesta por parte de la gerencia, ésta informó a los trabajadores sobre los procedimientos que se llevarían a cabo. Una vez finalizada la capacitación, se pondrá a prueba lo aprendido mediante prácticas en campo. El cronograma se presenta a continuación:

Tabla 55. Cronograma de capacitaciones

Tema	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Concepto e indicadores de gestión de mantenimiento	X						
AMEF	X						
Elaboración y ejecución de actividades de inspección		X					
Elaboración y ejecución de actividades de limpieza			X				
Elaboración y ejecución de actividades de lubricación				X			
Elaboración y ejecución de actividades de calibración					X		
Sistema eléctrico						X	X

Fuente: Elaboración propia

El objetivo de la implementación del plan de Mantenimiento autónomo fue el de mejorar la efectividad de las máquinas a través de la ejecución de acciones preventivas por lo operarios, de esta manera se redujo la probabilidad de falla de cada máquina y se limitó la intervención de departamento especializado de mantenimiento. Para ello se elaboró un registro de mantenimiento autónomo, el cual tuvo por objetivo llevar un control de las actividades preventivas que se realizan, tanto programadas como no programadas. El formato se presenta a continuación y se completaría diariamente antes de comenzar las labores.

Tabla 56. Check list de mantenimiento autónomo

Check list – Mantenimiento Autónomo				
Operario:			Fecha:	
Máquina:				
Mantenimiento preventivo programado				
Actividad preventiva	Descripción	Hora		Observaciones
		Inicio	Fin	
Inspección				
Limpieza				
Lubricación				
Mantenimiento preventivo no programado				
Actividad preventiva	Descripción	Hora		Observaciones
		Inicio	Fin	
Inspección				
Limpieza				
Lubricación				

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se diseñaron los respectivos programas de mantenimiento para cada grupo de máquinas, los cuales incluyeron 3 actividades básicas: Inspección, limpieza y lubricación.

Se inició con el grupo de máquinas procesadoras, el siguiente grupo de 3 formatos, se refiere a las actividades realizadas en las máquinas excavadoras, los siguientes a los cargadores, mientras que los últimos 3 se refieren a los volquetes.

Tabla 57. Cronograma de inspección para máquinas procesadoras

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Inspección general	x			
	Inspección del nivel de aceite		x		
	Inspección del nivel de desgaste de piezas		x		
Zaranda	Inspección general de zaranda			x	
Correas	Inspección del nivel de desgaste de correas			x	
Rodamientos	Inspección general de rodamientos				x
Poleas	Inspección general de poleas				x

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de inspección de las máquinas procesadoras, el procedimiento y la frecuencia de ejecución de las actividades.

Tabla 58. Cronograma de limpieza de máquinas procesadoras

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Trituradores	Limpieza general de los trituradores	x			
Zarandas	Limpieza general de las zarandas	x			
Rejillas	Limpieza de rejillas externas		x		
Poleas	Limpieza de poleas			x	
Carcasas	Limpieza de la parte externa de las máquinas			x	

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de limpieza de las máquinas procesadoras, el procedimiento y la frecuencia de ejecución de las actividades.

Tabla 59. Cronograma de lubricación para máquinas procesadoras

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Cadena del motor	Engrasar cadena		x		
Rodamientos	Engrasar rodamientos		x		
Poleas	Engrasar poleas			x	
Chumaceras	Engrasar partes de la chumacera			x	

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de lubricación de las máquinas procesadoras, el procedimiento y la frecuencia de ejecución de las actividades.

Tabla 60. Cronograma de inspección de las máquinas excavadoras

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Inspección general	x			
	Inspección de nivel de aceite		x		
	Inspección de ruidos anormales		x		
Frenos	Inspección general de frenos			x	
	Inspección general de frenos de parqueo			x	
Batería	Inspección de conexiones de batería			x	
Cucharón	Inspección de cucharón				x
Cadena de rodaje	Inspección del nivel de tensión			x	

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de inspección de las máquinas excavadoras, el procedimiento y la frecuencia de ejecución de las actividades.

Tabla 61. Cronograma de limpieza de las máquinas excavadoras

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Filtro de aire	Limpieza del alojamiento y tubería de filtro de aire		x		
Filtro de agua	Limpieza del colador del filtro de agua		x		
Dispositivo de avance	Limpiar el dispositivo de avance			x	
Colector de tambor	Limpiar y ajustar las uniones roscadas			x	
Batería	Limpiar polos de la batería			x	

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de limpieza de las máquinas excavadoras, el procedimiento y la frecuencia de ejecución de las actividades.

Tabla 62. Cronograma de lubricación de las máquinas excavadoras

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Crucetas	Lubricar crucetas		x		
Rotulas	Lubricar rotulas		x		
Rodamientos	Lubricar rodamientos		x		
Ejes	Lubricar ejes		x		
Caja de engranajes	Engrasar engranajes			x	
Sistema de transmisión	Engrasar transmisión			x	
Batería	Lubricar polos de la batería				x
Cojinetes	Lubricar cojinetes				x

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de lubricación de las máquinas excavadoras, el procedimiento y la frecuencia de ejecución de las actividades.

Tabla 63. Cronograma de inspección de las máquinas cargadoras

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Sistema de enfriamiento	Inspección de mangueras, aletas y tapa de radiador	x			
Estructura de protección	Inspección de la estructura de protección contra vuelcos	x			
Radiador	Inspección de núcleo de radiador			x	
Cadenas	Inspección de cadenas y comprobar que estén libres de tierra		x		
Ventilador	Inspección del nivel de desgaste de correas				x

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de inspección de las máquinas cargadoras, el procedimiento y la frecuencia de ejecución de las actividades.

Tabla 64. Cronograma de limpieza de las máquinas cargadoras

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Limpiar el sistema de admisión de aire		x		
	Limpiar rejilla de admisión de aire		x		
Filtro primario	Limpiar caja interior y tapadera		x		
Radiador	Limpieza del núcleo del radiador		x		
Conexiones diversas	Limpiar conexiones donde existan cojinetes			x	
Tanque de combustible	Limpiar la tapa y el colador		x		
Filtro magnético	Limpieza del filtro magnético			x	

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de limpieza de las máquinas cargadoras, el procedimiento y la frecuencia de ejecución de las actividades.

Tabla 65. Cronograma de lubricación de las máquinas cargadoras

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Motor	Lubricación de partes móviles		x		
Cojinetes	Lubricación de conexiones		x		
Bushig	Lubricación de conexiones		x		
Ventilador	Lubricación de poleas			x	
	Lubricación de piñones			x	
Puntas de engrase	Lubricar puntas de engrase			x	

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de limpieza de las máquinas cargadoras, el procedimiento y la frecuencia de ejecución de las actividades.

Tabla 66. Cronograma de inspección de volquetes

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Dirección	Inspección del sistema de dirección		x		
Motor	Inspección general del motor	x			
	Inspección de fugas de aceite	x			
	Inspección de filtros de aceite		x		
	Inspección del estado de los ventiladores		x		
Transmisión	Inspección del sistema de transmisión		x		
Frenos	Inspección de sistema de frenos		x		
Hidráulico	Inspección de sistema hidráulico			x	
Baterías	Inspección de baterías			x	
Arrancador	Inspección de arrancador	x			
Inyectores	Inspección de inyectores			x	

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de inspección de los volquetes, el procedimiento y la frecuencia de ejecución de las actividades.

Tabla 67. Cronograma de limpieza de volquetes

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Pre filtro de combustible	Limpieza de pre filtro de combustible		x		
Enfriamiento	Limpieza del sistema de enfriamiento		x		
Respiradero	Limpieza de eje trasero y respiradero		x		
Transmisión	Limpieza del colector magnético			x	
Hidráulico	Limpieza de filtro de aspiración				x

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de limpieza de los volquetes, el procedimiento y la frecuencia con la que se ejecutarán las actividades.

Tabla 68. Cronograma de lubricación de volquetes

Elementos	Descripción	Frecuencia			
		Diario	Semanal	Mensual	Semestral
Cojinetes	Lubricación de cojinetes		x		
Cilindros	Lubricación de cilindros		x		
Bisagras	Lubricación de bisagras de las puertas traseras		x		
Chasis	Lubricación de chasis		x		
Suspensión delantera	Lubricación de resortes delanteros			x	
Eje delantero	Lubricación de graseras punta de eje				x
Cámaras de freno	Lubricación de graseras				x
Juntas universales	Lubricación de juntas universales				x

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra el cronograma de lubricación de los volquetes, el procedimiento y la frecuencia de ejecución de las actividades.

Para el punto final, referente a la mejora en los departamentos de apoyo, se planteó incluir la metodología 5S con la finalidad de extender los beneficios del TPM a todas las áreas de la empresa. Se definió un cronograma de aplicación para esta filosofía el cual se presenta a continuación:

Tabla 69. Plan de implementación 5S

Plan de implementación 5'S			
Etapa	Actividad	Responsable	Tiempo asignado
1. Clasificar			
1	Seleccionar las zonas con mayor grado de desorden en la empresa	Jefe de planta	1 día
	Separar elementos necesarios de los innecesarios de acuerdo al procedimiento (ver Anexo N.º9)	Jefe de planta y operarios	3 día
	Acondicionar una zona para almacenar temporalmente los elementos innecesarios	Jefe de planta	1 día
	Elaborar una lista de elementos innecesarios especificando su destino	Jefe de planta y operadores	2 días
	Elaborar formato de tarjeta roja para identificar innecesarios (ver Anexo N.º10).	Jefe de planta	1 día
2. Ordenar			

2	Elaborar tarjetas de orden (ver Anexo N. °11).	Jefe de planta	2 días
	Codificar los elementos necesarios	Jefe de planta	2 días
	Distribuir elementos necesarios de acuerdo a frecuencia de uso	Jefe de planta y operadores	2 días
3. Limpiar			
3	Limpieza e identificación de fuentes de contaminación	Jefe de planta	5 días
	Elaborar planes estandarizados de limpieza (ver Anexo N. °12).	Jefe de planta	2 días
4. Estandarización			
4	Charla 5S	Gerente General	1 día
	Elaborar formatos de seguimiento 5S (ver Anexo N. °13).	Jefe de planta	4 días
5. Disciplina			
5	Elaborar formatos de auditoría 5S (ver Anexo N. °14).	Jefe de planta	2 días
	Reportes a gerencia	Jefe de planta	1 día

Fuente: Elaboración propia

La tabla N. °69 muestra el plan de implementación 5S con las actividades que se llevaron a cabo para su implementación junto con el plazo de cumplimiento establecido.

A su vez se realizó una evaluación inicial con el fin de cuantificar el cumplimiento actual de la metodología 5s en la empresa, para lo cual se diseñó un formato (ver Anexo N. °15) de evaluación y se aplicó en la empresa. Los resultados indicaron que se cumplía el programa 5s en un 38%.

Finalmente se estimó el cumplimiento del programa 5S una vez implementado el programa de Mantenimiento Productivo Total en la empresa. Los resultados se muestran en el Anexo N. °16 y se obtuvo un 65% de cumplimiento, esto quiere decir que se lograría un aumento del 27% en cuanto a orden y limpieza se refiere.

Realizar una evaluación final de la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chapén, 2021:

Una vez implementado el Mantenimiento Productivo Total en la empresa, se realizó una evaluación de los indicadores de gestión de mantenimiento establecidos anteriormente junto con el valor del porcentaje de disponibilidad. Los resultados se presentan en la página siguiente.

Tabla 70. MTTR en la máquina Cargador Frontal 950 después de la implementación

Cargador Frontal 950			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	3	17.4	
Febrero	4	22.4	
Marzo	4	22.6	
Abril	4	25.4	6.05
Mayo	4	17.5	
Junio	3	21.5	
Julio	2	18.3	
TOTAL	24	145.1	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °70, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 6.05 horas.

Tabla 71. MTTR en la máquina Cargador Frontal SEM669 después de la implementación

Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	4	21.5	
Febrero	3	19.2	
Marzo	2	21.4	
Abril	4	21.2	6.06
Mayo	3	15.5	
Junio	4	21.3	
Julio	4	25.4	
TOTAL	24	145.5	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °71, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 6.06 horas

Tabla 72. MTTR en la máquina Cargador Frontal 938 después de la implementación

Cargador Frontal 938			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	4	17.4	
Febrero	4	18.3	
Marzo	4	19.4	
Abril	5	15.5	4.59
Mayo	3	13.2	
Junio	2	15.4	
Julio	3	15.5	
TOTAL	25	114.7	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. 072, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 4.59 horas

Tabla 73. MTTR en la máquina Excavadora 330BLM después de la implementación

Excavadora 330BLM			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	4	18.6	
Febrero	4	19.6	
Marzo	3	13.3	
Abril	4	12.5	4.12
Mayo	2	13.4	
Junio	4	13.2	
Julio	4	12.3	
TOTAL	25	102.9	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °73, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 4.12 horas

Tabla 74. MTTR en la máquina Excavadora 320BLM después de la implementación

Excavadora 320BLM			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	4	13.2	
Febrero	4	12.4	
Marzo	2	11.6	
Abril	3	10.4	3.76
Mayo	3	10.1	
Junio	3	13.2	
Julio	4	15.5	
TOTAL	23	86.4	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °74, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 3.76 horas.

Tabla 75. MTTR en la máquina Zaranda de hormigón después de la implementación

Zaranda de hormigón			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	5	22.3	
Febrero	4	24.6	
Marzo	4	15.6	
Abril	2	23.1	5.62
Mayo	5	24.2	
Junio	4	21.6	
Julio	3	20.4	
TOTAL	27	151.8	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °75, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 5.62 horas.

Tabla 76. MTTR en la máquina Zaranda de arena gruesa después de la implementación

Zaranda de arena gruesa			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	6	19.6	
Febrero	7	15.5	
Marzo	7	13.3	
Abril	4	15.5	2.54
Mayo	5	14.2	
Junio	8	12.3	
Julio	6	18.8	
TOTAL	43	109.2	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °76, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 2.54 horas.

Tabla 77. MTTR en la máquina Chancadora después de la implementación

Chancadora			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	5	25.6	
Febrero	8	24.3	
Marzo	6	21.1	
Abril	9	19.6	3.40
Mayo	4	18.3	
Junio	5	17.4	
Julio	4	13.3	
TOTAL	41	139.6	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °77, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 3.40 horas.

Tabla 78. MTTR en la máquina Zeus N° de placa F5C-801 después de la implementación

Zeus N° de placa F5C-801			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	5	17.5	
Febrero	4	16.3	
Marzo	4	14.4	
Abril	3	19.6	4.17
Mayo	4	14.4	
Junio	4	20.3	
Julio	4	14.3	
TOTAL	28	116.8	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °78, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 4.17 horas.

Tabla 79. MTTR en la máquina Gladiador N° de placa F37Z-722 después de la implementación

Gladiador N° de placa F37Z-722			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	5	19.6	
Febrero	4	17.5	
Marzo	3	20.3	
Abril	3	22.3	4.16
Mayo	4	16.3	
Junio	6	15.4	
Julio	6	17.6	
TOTAL	31	129	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. 079, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 4.16 horas.

Tabla 80. MTTR en la máquina Shacman 1 N° de placa ALO-821 después de la implementación

Shacman 1 N° de placa ALO-821			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	3	17.7	
Febrero	5	18.9	
Marzo	7	14.5	
Abril	6	13.6	1.62
Mayo	4	12.3	
Junio	4	12.4	
Julio	6	15.6	
TOTAL	65	105	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °80, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 1.62 horas.

Tabla 81. MTTR en la máquina Shacman 2 N° de placa ALK-894 después de la implementación

Shacman 2 N° de placa ALK-894			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	4	18.8	
Febrero	4	19.6	
Marzo	4	17.6	
Abril	4	18.6	4.09
Mayo	6	17	
Junio	4	16.3	
Julio	5	18.8	
TOTAL	31	126.7	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °81, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 4.09 horas.

Tabla 82. MTTR en la máquina Shacman 3 N° de placa F8X-896 después de la implementación

Shacman 3 N° de placa F8X-896			
Mes	Número de reparaciones	Tiempo total de intervención correctiva (horas)	MTTR (horas)
Enero	4	13.3	
Febrero	4	17.6	
Marzo	5	14.3	
Abril	4	16.3	4.01
Mayo	2	12.2	
Junio	3	16.3	
Julio	4	14.3	
TOTAL	26	104.3	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °82, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTTR de esta máquina fue 4.01 horas.

Una vez calculado el nuevo valor del MTTR por cada máquina se realizó un resumen para calcular el valor promedio final:

Tabla 83. Valor promedio final del MTTR

Tipo de máquina	Resumen	MTTR (horas)
	Cargador frontal 950	6.05
Cargadores	Cargador frontal SEM669	6.06
	Cargador frontal 938	4.59
	Excavadora 330BLM	4.12
Excavadoras	Excavadora 320BLM	3.76
	Zaranda de hormigón	5.62
Procesadoras	Zaranda de arena gruesa	2.54
	Chancadora	3.40
	Zeus N° de placa F5C-801	4.17
Volquetes	Gladiador N° de placa F37Z-722	4.16
	Shacman 1 N° de placa ALO-821	1.62

Shacman 2 N° de placa ALK- 894	4.09
Shacman 3 N° de placa F8X- 896	4.01
<hr/>	
Promedio	4.17
<hr/>	

Fuente: Elaboración propia

Después de la implementación del TPM en la empresa el valor promedio final del MTTR fue de 4.17 horas.

Tabla 84. MTBF en la máquina Cargador Frontal 950 después de la implementación

Cargador Frontal 950					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	17.4	190.6	3	
Febrero	208	22.4	185.6	4	
Marzo	208	22.6	185.4	4	
Abril	208	25.4	182.6	4	54.62
Mayo	208	17.5	190.5	4	
Junio	208	21.5	186.5	3	
Julio	208	18.3	189.7	2	
TOTAL	1456	145.1	1310.9	24	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °84, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 54.62 horas.

Tabla 85. MTBF en la máquina Cargador Frontal SEM669 después de la implementación

Cargador Frontal SEM669					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	21.5	186.5	4	
Febrero	208	19.2	188.8	3	
Marzo	208	21.4	186.6	2	
Abril	208	21.2	186.8	4	54.60
Mayo	208	15.5	192.5	3	
Junio	208	21.3	186.7	4	
Julio	208	25.4	182.6	4	
TOTAL	1456	145.5	1310.5	24	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °85, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 54.6 horas.

Tabla 86. MTBF en la máquina Cargador Frontal 938 después de la implementación

Cargador Frontal 938					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	17.4	190.6	4	
Febrero	208	18.3	189.7	4	
Marzo	208	19.4	188.6	4	
Abril	208	15.5	192.5	5	53.65
Mayo	208	13.2	194.8	3	
Junio	208	15.4	192.6	2	
Julio	208	15.5	192.5	3	
TOTAL	1456	114.7	1341.3	25	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °86, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 53.65 horas.

Tabla 87. MTBF en la máquina Excavadora 330BLM después de la implementación

Excavadora 330BLM					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	18.6	189.4	4	
Febrero	208	19.6	188.4	4	
Marzo	208	13.3	194.7	3	
Abril	208	12.5	195.5	4	54.12
Mayo	208	13.4	194.6	2	
Junio	208	13.2	194.8	4	
Julio	208	12.3	195.7	4	
TOTAL	1456	102.9	1353.1	25	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °87, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 54.12 horas.

Tabla 88. MTBF en la máquina Excavadora 320BLM después de la implementación

Excavadora 320BLM					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	13.2	194.8	4	
Febrero	208	12.4	195.6	4	
Marzo	208	11.6	196.4	2	
Abril	208	10.4	197.6	3	59.55
Mayo	208	10.1	197.9	3	
Junio	208	13.2	194.8	3	
Julio	208	15.5	192.5	4	
TOTAL	1456	86.4	1369.6	23	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °88, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 59.55 horas.

Tabla 89. MTBF en la máquina Zaranda de hormigón después de la implementación

Zaranda de hormigón					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	22.3	185.7	5	
Febrero	208	24.6	183.4	4	
Marzo	208	15.6	192.4	4	
Abril	208	23.1	184.9	2	48.30
Mayo	208	24.2	183.8	5	
Junio	208	21.6	186.4	4	
Julio	208	20.4	187.6	3	
TOTAL	1456	151.8	1304.2	27	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °89, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 48.3 horas.

Tabla 90. MTBF en la máquina Zaranda de arena gruesa después de la implementación

Zaranda de arena gruesa					
MES	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	19.6	188.4	6	
Febrero	208	15.5	192.5	7	
Marzo	208	13.3	194.7	7	
Abril	208	15.5	192.5	4	31.32
Mayo	208	14.2	193.8	5	
Junio	208	12.3	195.7	8	
Julio	208	18.8	189.2	6	
TOTAL	1456	109.2	1346.8	43	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °90, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 31.32 horas.

Tabla 91. MTBF en la máquina Chancadora después de la implementación

Chancadora					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	25.6	182.4	5	
Febrero	208	24.3	183.7	8	
Marzo	208	21.1	186.9	6	
Abril	208	19.6	188.4	9	32.11
Mayo	208	18.3	189.7	4	
Junio	208	17.4	190.6	5	
Julio	208	13.3	194.7	4	
TOTAL	1456	139.6	1316.4	41	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °91, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 32.11 horas.

Tabla 92. MTBF en la máquina Zeus N.º de placa F5C-801 después de la implementación

Zeus N.º de placa F5C-801					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	17.5	190.5	5	
Febrero	208	16.3	191.7	4	
Marzo	208	14.4	193.6	4	
Abril	208	19.6	188.4	3	47.07
Mayo	208	14.4	193.6	4	
Junio	208	20.3	187.7	4	
Julio	208	35.5	172.5	4	
TOTAL	1456	138	1318	28	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. 92, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 47.02 horas.

Tabla 93. MTBF en la máquina Gladiador N.º de placa F37Z-722 después de la implementación

Gladiador N.º de placa F37Z-722					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	19.6	188.4	5	
Febrero	208	17.5	190.5	4	
Marzo	208	20.3	187.7	3	
Abril	208	22.3	185.7	3	42.81
Mayo	208	16.3	191.7	4	
Junio	208	15.4	192.6	6	
Julio	208	17.6	190.4	6	
TOTAL	1456	129	1327	31	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N.º93, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 42.81 horas.

Tabla 94. MTBF en la máquina Shacman 1 N.º de placa ALO-821 después de la implementación

Shacman 1 Nº de placa ALO-821					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	17.7	190.3	3	
Febrero	208	18.9	189.1	5	
Marzo	208	14.5	193.5	7	
Abril	208	13.6	194.4	6	38.60
Mayo	208	12.3	195.7	4	
Junio	208	12.4	195.6	4	
Julio	208	15.6	192.4	6	
TOTAL	1456	105	1351	35	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. 94, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 38.6 horas.

Tabla 95. MTBF en la máquina Shacman 2 N.º de placa ALK-894 después de la implementación

Shacman 2 N.º de placa ALK-894					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	18.8	189.2	4	
Febrero	208	19.6	188.4	4	
Marzo	208	17.6	190.4	4	
Abril	208	18.6	189.4	4	42.88
Mayo	208	17	191	6	
Junio	208	16.3	191.7	4	
Julio	208	18.8	189.2	5	
TOTAL	1456	126.7	1329.3	31	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. 95, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 42.88 horas.

Tabla 96. MTBF en la máquina Shacman 3 N.º de placa F8X-896 después de la implementación

Shacman 3 N.º de placa F8X-896					
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Número de reparaciones	MTBF (horas)
Enero	208	13.3	194.7	4	
Febrero	208	17.6	190.4	4	
Marzo	208	14.3	193.7	5	
Abril	208	16.3	191.7	4	51.99
Mayo	208	12.2	195.8	2	
Junio	208	16.3	191.7	3	
Julio	208	14.3	193.7	4	
TOTAL	1456	104.3	1351.7	26	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. 96, después de la implementación del TPM en la empresa, el MTBF de esta máquina fue 51.99 horas.

Una vez calculado el nuevo valor del MTBF de cada máquina, se calculó el MTBF promedio final de todas ellas tal y como se muestra a continuación:

Tabla 97. Valor promedio final del MTBF

Tipo de máquina	Resumen	MTBF (horas)
Cargadores	Cargador frontal 950	54.62
	Cargador frontal SEM669	54.60
	Cargador frontal 938	53.65
Excavadoras	Excavadora 330BLM	54.12
	Excavadora 320BLM	59.55
Procesadoras	Zaranda de hormigón	48.30
	Zaranda de arena gruesa	31.32
	Chancadora	32.11
Volquetes	Zeus N° de placa F5C-801	47.07
	Gladiador N° de placa F37Z-722	42.81
	Shacman 1 N° de placa ALO-821	38.60
	Shacman 2 N° de placa ALK-894	42.88
	Shacman 3 N° de placa F8X-896	51.99
Promedio		47.05

De acuerdo a la tabla anterior, el MTBF promedio de todas las máquinas después de la implementación del TPM fue de 47.05 horas.

En la página siguiente se muestra el cálculo de la disponibilidad de cada máquina luego de la implementación.

Tabla 98. Disponibilidad en la máquina Cargador Frontal 950 después de la implementación

Cargador Frontal 950				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	17.4	190.6	
Febrero	208	22.4	185.6	
Marzo	208	22.6	185.4	
Abril	208	25.4	182.6	90%
Mayo	208	17.5	190.5	
Junio	208	21.5	186.5	
Julio	208	18.3	189.7	
TOTAL	1456	145.1	1310.9	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °98, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 90%

Tabla 99. Disponibilidad en la máquina Cargador Frontal SEM669 después de la implementación

Cargador Frontal SEM669				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	21.5	186.5	
Febrero	208	19.2	188.8	
Marzo	208	21.4	186.6	
Abril	208	21.2	186.8	90%
Mayo	208	15.5	192.5	
Junio	208	21.3	186.7	
Julio	208	25.4	182.6	
TOTAL	1456	145.5	1310.5	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °99, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 90%

Tabla 100. Disponibilidad en la máquina Cargador Frontal 938 después de la implementación

Cargador Frontal 938				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	17.4	190.6	
Febrero	208	18.3	189.7	
Marzo	208	19.4	188.6	
Abril	208	15.5	192.5	92%
Mayo	208	13.2	194.8	
Junio	208	15.4	192.6	
Julio	208	15.5	192.5	
TOTAL	1456	114.7	1341.3	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °100, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 92%

Tabla 101. Disponibilidad en la máquina Excavadora 330BLM después de la implementación

Excavadora 330BLM				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	18.6	189.4	
Febrero	208	19.6	188.4	
Marzo	208	13.3	194.7	
Abril	208	12.5	195.5	93%
Mayo	208	13.4	194.6	
Junio	208	13.2	194.8	
Julio	208	12.3	195.7	
TOTAL	1456	102.9	1353.1	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °101, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 92%

Tabla 102. Disponibilidad en la máquina Excavadora 320BLM después de la implementación

Excavadora 320BLM				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	13.2	194.8	
Febrero	208	12.4	195.6	
Marzo	208	11.6	196.4	
Abril	208	10.4	197.6	94%
Mayo	208	10.1	197.9	
Junio	208	13.2	194.8	
Julio	156	15.5	140.5	
TOTAL	1404	86.4	1317.6	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °102, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 94%

Tabla 103. Disponibilidad en la máquina Zaranda de hormigón después de la implementación

Zaranda de hormigón				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	22.3	185.7	
Febrero	208	24.6	183.4	
Marzo	208	15.6	192.4	
Abril	208	23.1	184.9	90%
Mayo	208	24.2	183.8	
Junio	208	21.6	186.4	
Julio	208	20.4	187.6	
TOTAL	1456	151.8	1304.2	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °103, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 90%

Tabla 104. Disponibilidad en la máquina Zaranda de arena gruesa después de la implementación

Zaranda de arena gruesa				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	19.6	188.4	
Febrero	208	15.5	192.5	
Marzo	208	13.3	194.7	
Abril	208	15.5	192.5	93%
Mayo	208	14.2	193.8	
Junio	208	12.3	195.7	
Julio	208	18.8	189.2	
TOTAL	1456	109.2	1346.8	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °104, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 93%

Tabla 105. Disponibilidad en la máquina Chancadora después de la implementación

Chancadora				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	25.6	182.4	
Febrero	208	24.3	183.7	
Marzo	208	21.1	186.9	
Abril	208	19.6	188.4	90%
Mayo	208	18.3	189.7	
Junio	208	17.4	190.6	
Julio	208	13.3	194.7	
TOTAL	1456	139.6	1316.4	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °105, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 90%

Tabla 106. Disponibilidad en la máquina Zeus N.º de placa F5C-801 después de la implementación

Zeus N.º de placa F5C-801				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	17.5	190.5	
Febrero	208	16.3	191.7	
Marzo	208	14.4	193.6	
Abril	208	19.6	188.4	91%
Mayo	208	14.4	193.6	
Junio	208	20.3	187.7	
Julio	208	35.5	172.5	
TOTAL	1456	138	1318	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. º106, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 91%

Tabla 107. Disponibilidad en la máquina Gladiador N.º de placa F37Z-722 después de la implementación

Gladiador N.º de placa F37Z-722				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	19.6	188.4	
Febrero	208	17.5	190.5	
Marzo	208	20.3	187.7	
Abril	208	22.3	185.7	91%
Mayo	208	16.3	191.7	
Junio	208	15.4	192.6	
Julio	208	17.6	190.4	
TOTAL	1456	129	1327	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N.º107, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 91%

Tabla 108. Disponibilidad en la máquina Shacman1 N.º de placa ALO-821 después de la implementación

Shacman 1 N.º de placa ALO-821				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	17.7	190.3	
Febrero	208	18.9	189.1	
Marzo	208	14.5	193.5	
Abril	208	13.6	194.4	93%
Mayo	208	12.3	195.7	
Junio	208	12.4	195.6	
Julio	208	15.6	192.4	
TOTAL	1456	105	1351	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. º108, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 93%

Tabla 109. Disponibilidad en la máquina Shacman 2 N.º de placa ALK-894 después de la implementación

Shacman 2 N.º de placa ALK-894				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	DISPONIBILIDAD
Enero	208	18.8	189.2	
Febrero	208	19.6	188.4	
Marzo	208	17.6	190.4	
Abril	208	18.6	189.4	91%
Mayo	208	17	191	
Junio	208	16.3	191.7	
Julio	208	18.8	189.2	
TOTAL	1456	126.7	1329.3	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N.º109, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 91%

Tabla 110. Disponibilidad en la máquina Shacman 3 N.º de placa F8X-896 después de la implementación

Shacman 3 N.º de placa F8X-896				
Mes	Tiempo programado de operación (horas)	Tiempo total de parada (horas)	Tiempo de operación (horas)	Disponibilidad
Enero	208	13.3	194.7	
Febrero	208	17.6	190.4	
Marzo	208	14.3	193.7	
Abril	208	16.3	191.7	93%
Mayo	208	12.2	195.8	
Junio	208	16.3	191.7	
Julio	208	14.3	193.7	
TOTAL	1456	104.3	1351.7	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N.º110, después de la implementación del TPM en la empresa, la disponibilidad de esta máquina fue 93%

Una vez calculado el nuevo valor de la disponibilidad por cada máquina, se calculó el promedio final de la disponibilidad tal y como se muestra a continuación:

Tabla 111. Valor promedio final de la disponibilidad

Tipo de máquina	Resumen	Disponibilidad
Cargadores	Cargador frontal 950	90%
	Cargador frontal SEM669	90%
	Cargador frontal 938	92%
Excavadoras	Excavadora 330BLM	93%
	Excavadora 320BLM	94%
Procesadoras	Zaranda de hormigón	90%
	Zaranda de arena gruesa	93%
	Chancadora	90%
Volquetes	Zeus N° de placa F5C-801	91%
	Gladiador N° de placa F37Z-722	91%
	Shacman 1 N° de placa ALO-821	93%
	Shacman 2 N° de placa ALK-894	91%
	Shacman 3 N° de placa F8X-896	93%
Promedio		92%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior el valor promedio de la disponibilidad fue de 92%.

El siguiente paso fue el de realizar la comparación del valor inicial y final de los indicadores calculados.

Tabla 112. Resumen y comparación de los indicadores

Indicador	Antes de la mejora	Después de la mejora	Unidades
MTTR	4.96	4.17	horas de intervención correctiva/falla
MTBF	33.28	47.05	horas de operación/falla
Disponibilidad	87%	92%	%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N. °112, el MTTR se redujo en 0.79 horas lo cual implica una reducción del 15.88% respecto al valor inicial lo cual quiere decir que se mejoró la calidad de las reparaciones. El MTBF aumentó en 13.77 horas lo cual indica un aumento del 29.27% respecto al valor inicial, esto quiere decir que ahora transcurren en promedio 13.77 horas más antes de que se presente una falla. Finalmente, el valor de la disponibilidad aumentó en 5 puntos porcentuales. El último paso para el desarrollo del tercer objetivo específico fue el de hacer uso del análisis inferencial con el fin de validar la hipótesis planteada. Para el presente trabajo se hizo uso de la prueba de Shapiro-Wilk debido a que el número de datos fue menor a 30 para finalmente aplicar la prueba de Wilcoxon. Los resultados obtenidos a través del software SPSS fueron los que se presentan a continuación:

Tabla 113. Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia	,251	13	,024	,855	13	,033

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: SPSS

Según la tabla anterior, en la prueba de Shapiro-Wilk el nivel de significancia fue menor a 0.05, el cual indica que los datos referentes a la disponibilidad de las máquinas no son normales y por este motivo se utilizó la prueba de Wilcoxon. Para ello, se tomó en cuenta la hipótesis planteada y la hipótesis nula:

Ho: El Mantenimiento Productivo Total tiene un efecto negativo en la disponibilidad de las máquinas en la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021.

H1: El Mantenimiento Productivo Total tiene un efecto positivo en la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021.

Tabla 114. Prueba de Wilcoxon

Estadísticos de contraste ^a	
	VAR00004 - VAR00003
Z	-3,204 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	,001

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: SPSS

De acuerdo a la tabla anterior se tiene que el nivel de significancia es menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula obteniendo como resultado final de que el Mantenimiento Productivo Total tiene un efecto positivo sobre la disponibilidad de las máquinas en la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021.

V. DISCUSIÓN:

Para el desarrollo del primer objetivo específico, se hizo uso de técnicas tales como la observación directa, el análisis causal y la recopilación documental, esto con el fin de identificar la problemática la cual serviría como guía para el diseño del plan de implementación TPM, y de calcular el valor inicial de los indicadores asignados tales como: MTTR, MTBF y porcentaje de disponibilidad. A partir de este análisis se obtuvieron valores de 4.96 horas de intervención correctiva/falla, 33.28 horas de operación/falla y 87% para los indicadores de MTTR, MTBF y porcentaje de disponibilidad respectivamente. Los resultados del primer objetivo específico coinciden con los que obtuvo el autor Hernández Bazán (2019) quien también hizo uso la técnica de la observación mediante el uso de una lista de verificación y del análisis documental para calcular el valor inicial de la disponibilidad de los equipos analizados en su investigación. Por lo tanto, se afirma que el hacer uso de las técnicas de recopilación de datos mencionadas, proporcionan de manera correcta el valor del porcentaje de disponibilidad de los equipos o máquinas a analizar.

Para el desarrollo del segundo objetivo específico, se realizó el plan de implementación del Mantenimiento Productivo Total en la empresa; para ello se realizó a su vez planes de capacitación a los trabajadores, se analizaron las principales fallas y modo de fallas de las máquinas, se elaboraron formatos de control, cronogramas y estándares de mantenimiento, y se culminó con un plan de implementación de la filosofía 5S en la empresa. La efectividad de los estándares a implementar se respalda en las afirmaciones mencionadas por Cépeda Pérez (2017) quien afirma que un correcto uso del RCM contribuye a reducir los costos asociados al mantenimiento correctivo al reducir el número de

paradas no programadas y aumentar la disponibilidad. Cabe aclarar que se mencionó a este autor debido a que tanto la implementación de TPM como de RCM tienen en común un programa de mantenimiento, es por ello que los beneficios del RCM podemos extrapolarlos en el presente trabajo de investigación. De igual manera, los beneficios de la implementación de los programas de mantenimiento los respalda el autor Mata López (2021) donde menciona que los beneficios de aplicar un plan de mantenimiento mediante una adecuada programación de las operaciones, se ven reflejados en la disponibilidad de las máquinas. De manera más específica, los resultados obtenidos a partir de la implementación de TPM se respaldan por los siguientes autores: De acuerdo a Susuki Tokutaro (2017), los resultados significativos en cuanto a la aplicación del TPM, son la reducción de las averías y de las paradas no programadas, lo cual genera como efecto secundario que la disponibilidad se vea aumentada. Asimismo, el autor Rojas Jáuregui (2017), menciona de manera explícita que uno de los beneficios de la aplicación del TPM es que mejora la fiabilidad y la disponibilidad de los equipos. También cabe mencionar lo dicho por el autor Tobón Vergara (2015), de que la implementación de un plan de mantenimiento autónomo contribuye a aumentar el nivel de compromiso de todos los trabajadores con la gestión del mantenimiento y que de esta manera se contribuye a reducir las fallas graves que paralicen la operación. A partir de esta afirmación, podemos deducir que incluir un plan de mantenimiento autónomo impacta directamente sobre los indicadores de MTBF y MTTR.

Para el desarrollo del tercer objetivo específico, se hizo uso nuevamente de los instrumentos mencionados con el fin de calcular el valor final de los indicadores asignados para cada variable de investigación. En este punto se calculó un valor

final de 4.17 horas de intervención correctiva/falla, 47.05 horas de operación/falla y 92% para los indicadores de MTTR, MTBF y porcentaje de disponibilidad respectivamente. Los resultados obtenidos coinciden con los de Macedo Nina (2020) en donde después de hacer uso de la metodología RCM y otras adicionales, la disponibilidad aumentó a 83%. De igual manera, los resultados obtenidos en la presente investigación coincidieron con los que obtuvo el autor Aguilar Chumbe (2020) en donde se logró aumentar la disponibilidad de las máquinas más importantes para el proceso productivo de 83.8% a 88.7%. En la investigación elaborada por Hernández Bazán (2019), se implementó un programa de mantenimiento el cual contribuyó a que la disponibilidad de las máquinas aumente de 94.64% a 97.28% coincidiendo con los resultados obtenidos en la presente investigación. Los resultados obtenidos por el autor Garayar Legua (2019) también fueron muy similares a los que se obtuvieron a partir de la presente investigación; el autor mencionado buscó aumentar la disponibilidad de las prensas a través de la aplicación de la metodología TPM en donde según los resultados obtenidos hubo un incremento de 5.54 puntos porcentuales. De igual manera, los resultados obtenidos a partir de la presente investigación coincidieron con los que obtuvo el autor Rojas Gonzales (2019) quien buscó aumentar la disponibilidad en los equipos de una planta de chancado de una unidad minera mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, los resultados obtenidos apuntan a que la disponibilidad de las máquinas aumentó de 94.27% a 97.81%. En la presente investigación no solo se buscó aumentar la disponibilidad de las máquinas sino también el de los demás indicadores relacionados con la gestión del mantenimiento tales como MTTR y MTTB los cuales se desglosan en horas de

operación y número de eventos correctivos, las cuales fueron muy similares a los indicadores mejorados por la investigación del autor Bazán Rojas (2020) titulada: “Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la disponibilidad de las perforadoras en la empresa MBC Drilling S.A.C.” donde se logró reducir el número de horas de intervención correctiva de 894.6 a 642.18. En nuestra investigación también se logró reducir el tiempo promedio de intervención correctiva de 195.64 a 121.31 horas.

El objetivo general que se planteó fue el de determinar el efecto del Mantenimiento Productivo Total en la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021; por lo que luego de realizar la comparación con las bases teóricas y los resultados de otras investigaciones, se puede afirmar que el efecto de la implementación del Mantenimiento Productivo Total es que optimiza el valor del porcentaje de disponibilidad así como el del Tiempo medio Entre Fallas (MTBF) y el del Tiempo Medio Entre Reparaciones (MTTR).

Finalmente, es imprescindible mencionar la parte económica, antes de la implementación del Mantenimiento Productivo Total el gasto en mantenimiento correctivo se estimaba en S/ 106,685.00 semestrales (ver Anexo 17). Sin embargo, luego de la implementación, se estima un gasto de S/ 95,990.00 (ver Anexo 18), lo que significa un ahorro de S/ 10,695.00 semestrales en mantenimiento correctivo.

VI. CONCLUSIONES:

1. Se realizó un diagnóstico de la gestión actual de mantenimiento y de la disponibilidad de las máquinas, en donde se obtuvo un valor inicial de 87%.
2. Se hizo uso de la metodología de Mantenimiento Productivo Total en la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021 obteniendo una mejora de 13.77 horas para el Tiempo medio entre fallas (MTBF) y una disminución de 0.79 horas para el Tiempo Medio de Reparación (MTTR).
3. Se realizó una evaluación final de la disponibilidad de las máquinas obteniendo un valor de 92%.
4. En el presente trabajo de investigación se determinó que el efecto de la aplicación de Mantenimiento Productivo Total tuvo un efecto positivo en la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021 obteniendo un incremento del 5%.

VII. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda no dejar de seguir los nuevos estándares de trabajo establecidos y proponer nuevas ideas de mejora con el fin de inculcar una mentalidad de mejora continua en la empresa.
- Realizar continuamente investigaciones acerca de nuevas metodologías de implementación de Mantenimiento Productivo Total con el fin de actualizar y mejorar los estándares de trabajo propuestos.
- Realizar investigaciones o en su defecto diseñar nuevos instrumentos de recolección de datos con el fin de elaborar planes y estándares de mantenimiento más sofisticados.
- Realizar un análisis de factibilidad considerando el valor de salvamento de las máquinas, la compra de nuevas unidades y los beneficios económicos que se obtengan a partir de ellas.
- Implementar un sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo basado en la ley N. °29783.
- Realizar la implementación de un análisis funcional de operatividad en la empresa con el fin de conocer más a fondo el proceso y aumentar el nivel de estandarización del trabajo.

REFERENCIAS:

- AGRAHARI, R. S.; DANGLE, P. A.; CHANDRATRE, K. V. Implementation of 5S methodology in the small scale industry: A case study. International Journal of Scientific & Technology Research, 2015, vol. 4, no 4, p. 180-187.
- -AGUILAR BUSTAMANTE, Roberto Norbil. Análisis y mejoras de la gestión del área de mantenimiento mecánico molienda procesos C2 de la planta concentradora de cobre de Sociedad Minera Cerro Verde Arequipa basado en la filosofía de mantenimiento productivo total. 2018.
- AGUILAR CHUMBE, Edith Esperanza, 2020. Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad en las maquinas en una empresa de fabricación de fósforos. [en línea]. Tesis de licenciatura. Lima: Universidad Tecnológica del Perú [consulta: setiembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4128>
- ALBERTI, Ana, 2020. ¿Cómo calcular la disponibilidad de una máquina? En: Asglobal. [en línea]. Disponible en: <https://www.alsglobal.com/es-CO/news/Articles/2020/08/como-calcular-a-disponibilidate-de-maquinas-e-equipamentos> [consulta: 06 setiembre 2021].
- ALFARO, Alexandra Paola Obeso; SARMIENTO, Javier Jaime Yaya; HUALLPACHOQUE, Roberto Chucuya. Implementación del Mantenimiento Productivo Total en la mejora de la productividad y mantenibilidad del

proceso de harina de pescado. INGnosis Revista de Investigación Científica, 2019, vol. 5, no 2, p. 126-138.

- ASHRAF, Sk Riad Bin; RASHID, Md Mynur; RASHID, A. H. Implementation of 5S methodology in a food & beverage industry: A case study. International Research Journal of Engineering and Technology, 2017, vol. 4, no 3, p. 1791-1796.
- BAZAN ROJAS, Pamela Roxana, 2020. Aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la disponibilidad de las perforadoras en la empresa MBC Drilling S.A.C. [en línea]. Tesis de licenciatura. Cajamarca: Universidad Privada del Norte [consulta: setiembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24890?show=full&locale=attribute=en>
- BOX, George E.; HUNTER, J. Stuart; HUNTER, William G. Estadística para investigadores: Diseño, innovación y descubrimiento. Reverté, 2018.
- CANDAN, Ana Paula, et al. Pautas para el mantenimiento de la calidad de cerezas frescas. Alto Valle Río Negro. INTA Ediciones, 2017.
- CASTILLO y MARCELO, 2020. Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total para incrementar la productividad en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. [en línea]. Tesis de licenciatura. Cajamarca: Universidad

Privada del Norte [consulta: setiembre de 2021]. Disponible en:
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25407>

- CASTRO VALDIVIEZO, Carlos Francisco. Mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la confiabilidad de los equipos de alquiler Caterpillar de la empresa Unimaqsa-2017. 2017.

- CEPEDA PÉREZ, Diego Ernesto, et al. Diseño e implementación de un plan de mejoramiento basado en RCM para el mantenimiento de las bombas horizontales de inyección de agua de Campo Jaguar–Masa Stork. 2017.

- CHATILAN AGUILAR, Luis Javier. Lean Manufacturing y productividad en las empresas 2015-2020: una revisión de la literatura científica. 2020.

- CORDERO, Oscar; ESTUPIÑAN, Edgar. Propuesta de optimización del mantenimiento de planta minera de cobre Ministro Hales, mediante análisis de confiabilidad, utilizando la metodología FMECA. Investigación & Desarrollo, 2018, vol. 18, no 1, p. 129-142.

- CUEVAS, Javier. Tipos de mantenimiento en compresores alternativos. Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios, 2017, no 309, p. 24-29.

- DE LA VEGA, Miguel, 2021. Perú puede tener un boom en la construcción. En: El Peruano [en línea]. Disponible en:

<https://elperuano.pe/noticia/119555-peru-puede-tener-un-boom-en-la-construccion> [consulta: 06 setiembre 2021].

- DÍAZ-CONCEPCIÓN, Armando, et al. Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en empresas de trasmisión eléctrica. Ingeniería Mecánica, 2016, vol. 19, no 3, p. 137-142.
- ESPINOZA TORRES, Henry Junior. Revisión sistemática de la literatura de mantenimiento autónomo en el área de empaque en las empresas confiteras en el periodo 2014-2019. 2020.
- FLORES, Marcelo, et al. Asignación de modelos de mantenimiento basada en la criticidad y disponibilidad del equipo. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, 2020, vol. 9, no 4, p. 27-34.
- GALLEGOS GALARZA, Zada Ondina. Diseño e implementación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la calidad del servicio de mantenimiento de motos en el Taller Mototécnica Maxi SAC, Lima 2018. 2018.
- GARAYAR LEGUA, Diego Alonso, 2019. Propuesta de mejora de la disponibilidad de las prensas de una empresa de Servicios Gráficos aplicando la metodología TPM. [en línea]. Tesis de licenciatura. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas [consulta: setiembre de 2021].

Disponible

en:

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/628112>

- GONÇALVES, César Duarte Freitas; DIAS, José António Mendonça; MACHADO, Virgílio António Cruz. Multi-criteria decision methodology for selecting maintenance key performance indicators. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 2015, vol. 10, no 3, p. 215-223.
- HERNANDEZ BAZAN, Luis Ángel, 2019. Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de máquinas en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. – 2019 [en línea]. Tesis de licenciatura. Cajamarca: Universidad Privada del Norte [consulta: setiembre de 2020]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/25408>
- MACEDO NINA, David Darío, 2020. Modelo de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en equipos subterráneos en una empresa de mediana minería en Ayacucho Perú, utilizando RCM [en línea]. Tesis de licenciatura. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas [consulta: setiembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653812>
- MACÍAS-BARBARÁN, Ángel M.; LINZAN, Ángel Arteaga; RAMOS, Pedro A. Rodríguez. Análisis de los indicadores de la caldera de una planta

procesadora de conservas de atún//Analysis of indicators at canned tuna processing plant boiler. Ingeniería Mecánica, 2021, vol. 24, no 3.

- MATA, F. Beneficios del mantenimiento predictivo en el ámbito de la seguridad en las máquinas. s/f), [Consultado el 15 de octubre de 2021].
- MAYURI SANDOVAL, Renzo Miguel. Sistema Informático bajo plataforma web para el proceso de planificación de recursos de obra de la empresa Cormaza SAC. 2015.
- NÚÑEZ GÓMEZ, José David. Plan de empresas para la creación de “Agrícola Hn” empresa de servicios de reparación y mantenimiento especializado de maquinaria y equipo, en la ciudad de Palmira, Valle del Cauca–sector de servicios. 2019. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Occidente.
- ÑAVINCOPA, Carlos. (2021). Producción, Disponibilidad y Productividad en Equipo, En: Trackless. [en línea]. Disponible en: <https://reliabilityweb.com/sp/news/article/produccion-disponibilidad-y-productividad-en-equipo-trackless> [consulta: 06 setiembre 2021].
- OSUNA, Oscar Eduardo Patrón; VARGAS-HERNÁNDEZ, José Guadalupe. Factores internos y externos a la empresa que propician entornos de productividad en el sector privado. Libre Empresa, 2019, vol. 16, no 1, p. 64-78.

- PALACIOS, Braulio, 2021. La industria mundial de la construcción crecerá un 5,2% en 2021. En: La República. [en línea]. Disponible en: <https://www.republicainmobiliaria.com/editorial/industria-construccion-crecimiento-2021/#:~:text=Comercial-,La%20industria%20mundial%20de%20la%20construcci%C3%B3n%20crecer%C3%A1%20un%205%2C2,covid%2D19%20a%20nivel%20mundial.> [consulta: 06 setiembre 2021].

- PEREZ SANCHEZ, LAURA. GUIA DE BUENAS PRACTICAS EN TORNO A LA SEGURIDAD DE IOT PARA LAS SMART HOUSE. 2019. Tesis Doctoral.

- ROJAS GONALES, Jaime Román, 2019. 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 [en línea]. Tesis de licenciatura, Trujillo: Universidad Privada del Norte [consulta: setiembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23695>

- ROJAS JÁUREGUI, Anggela Pamela; GISBERT SOLER, Víctor. Lean manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas. 3C Empresa, Investigación y pensamiento crítico, 2017, p. 116-124.

- SALAZAR, Bryan, 2021. Mantenimiento Productivo Total (TPM). En: Ingeniería Industrial. [en línea]. Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean->

manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/ [consulta: 06 setiembre 2021].

- SCHWARZ-DÍAZ, Max. Guía de referencia para la elaboración de una investigación aplicada. 2017.
- SRINIVASAN, Siddarth, et al. 5S impact on safety climate of manufacturing workers. Journal of Manufacturing Technology Management, 2016.
- SUZUKI, Tokutarō. TPM in process industries. Routledge, 2017.
- TAVARES, Lourival. (2021). 6.1. Conceptos del TPM. En: Pedictiva21 [en línea]. Disponible en: [consulta: 06 setiembre 2021].
- TOBÓN VERGARA, Néstor Daniel. Propuesta de implementación del sistema de mantenimiento autónomo para Interlco Impresores SA. 2015.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Mantenimiento Productivo Total	De acuerdo a Salazar (2019), el Mantenimiento Productivo Total es una metodología de Lean Manufacturing que busca asegurar la disponibilidad y la confiabilidad de las operaciones de los equipos y del sistema.	El impacto de esta herramienta será medida a través de indicadores de gestión operativa de mantenimiento como son el MTBF y MTTR (Salazar, 2019)	Tiempo medio de reparación (MTTR)	$\frac{\sum HIC}{NR}$	Razón
			Tiempo medio entre fallas (MTBF)	$\frac{\sum HTOP}{NR}$	Razón

Disponibilidad de las máquinas	<p>“La disponibilidad es el principal indicador de mantenimiento junto con el coste de mantenimiento. No obstante, es el más manipulable” (Flores, 2020).</p>	<p>De acuerdo a Flores (2020), la disponibilidad es la relación de la diferencia entre el número de horas totales del periodo con el número de horas de intervención por parte del personal de mantenimiento y el número total de horas para el periodo considerado.</p>	Disponibilidad operativa	$\frac{\Sigma(HT - HTM)}{HT}$	Razón
--------------------------------	---	--	--------------------------	-------------------------------	-------

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2. Checklist de gestión del mantenimiento

CHECKLIST DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO			
EMPRESA:			
AREA:			
OPERACIÓN:			
OPERARIOS OBERVADOS:			
NOMBRE DEL OBSERVADOR-AUDITOR:			
FECHA:	DÍA:		HORA:
CARACTERÍSTICAS	SI	NO	OBSERVACIONES
El ambiente es apto para laborar.			
Las tareas de trabajo están asignadas de manera específica.			
Las máquinas se encuentran en un estado óptimo.			

Inspeccionan las máquinas y herramientas antes de laborar.			
La empresa cuenta con un plan de mantenimiento correctivo.			
la empresa cuenta con un plan de mantenimiento preventivo.			
La empresa cuenta con un plan de capacitación.			
La empresa tiene un cronograma de actividades de mantenimiento.			
La empresa tiene formatos para mantenimiento.			
Existe un manual de funciones y procedimientos.			
Existe supervisión proactiva durante las actividades.			
cuenta con un stock de materiales y repuestos.			
El área cuenta con herramientas adecuadas para su uso.			

Existen herramientas malogradas o insuficientes.			
OPINION Y SUGERENCIAS:			

Fuente: Castillo y Marcelo 2020

Anexo 3. Registro de mantenimientos y horas operativas

Instrumento de recolección de datos: Registro de mantenimiento y horas operativas de máquinas					
Elaborado por:					
PERIODO	Código de máquina:				
	Tiempo de operación	Tiempo de reparación	N.º Averías	Tiempo total	Función realizada
MÁQUINA	HORAS TOTALES DE MAQUINARIA				
	Tiempo de operación	Tiempo de reparación	N.º Averías	Tiempo total	Función realizada
PERIODO	INDICADORES				
	MTBF		MTTR	Disponibilidad	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4. Checklist inicial

CHECKLIST DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO			
EMPRESA:			
AREA:			
OPERACIÓN:			
OPERARIOS OBERVADOS:			
NOMBRE DEL OBSERVADOR-AUDITOR:			
FECHA:	DÍA:	HORA:	
CARACTERÍSTICAS	SI	NO	OBSERVACIONES
El ambiente es apto para laborar.		X	
Las tareas de trabajo están asignadas de manera específica.	X		
Las máquinas se encuentran en un estado óptimo.		X	
Inspeccionan las máquinas y herramientas antes de laborar.		X	
La empresa cuenta con un plan de mantenimiento correctivo.	X		
la empresa cuenta con un plan de mantenimiento preventivo.		X	
La empresa cuenta con un plan de capacitación.		X	
La empresa tiene un cronograma de actividades de mantenimiento.		X	
La empresa tiene formatos para mantenimiento.		X	
Existe un manual de funciones y procedimientos.		X	
Existe supervisión proactiva durante las actividades.	X		
Cuenta con un stock de materiales y repuestos.	X		
El área cuenta con herramientas adecuadas para su uso.		X	
Existen herramientas malogradas o insuficientes.	X		
OPINION Y SUGERENCIAS:			

Fuente: Gestión del mantenimiento de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA,
Chepén, 2021

Anexo 5. Validación de instrumentos

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Solís Muñoz, Haniel

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la EP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de *Chepén*, promoción 2021-2, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

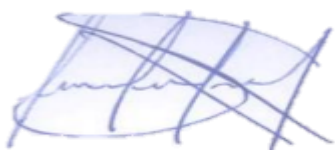
El nombre de nuestra investigación es *Mantenimiento Productivo Total y su efecto en la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021*. y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Jahaira Anthonella Gutierrez Mendoza

DNI: 76647686



Ana Rosa Valdez Balarezo

DNI: 73817798



CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Sandoval Reyes, Carlos José

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la EP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de *Chepén*, promoción 2021-2, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

El nombre de nuestra investigación es *Mantenimiento Productivo Total y su efecto en la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021*. y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Jahaira Anthonella Gutierrez Mendoza

DNI: 76647686

Ana Rosa Valdez Balarezo

DNI: 73817798

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor (a): Borrero Carrasco, Gabriel Ernesto

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la EP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede de *Chepén*, promoción 2021-2, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es *Mantenimiento Productivo Total y su efecto sobre la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R.LTDA, Chepén, 2021.* y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Jahaira Anthonella Gutierrez Mendoza

DNI: 76647686



Ana Rosa Valdez Balarezo

DNI: 73817798



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

VARIABLE INDEPENDIENTE: Mantenimiento Productivo Total

De acuerdo a Salazar (2019), el Mantenimiento Productivo Total es una metodología de Lean Manufacturing que busca asegurar la disponibilidad y la confiabilidad de las operaciones de los equipos y del sistema.

Dimensiones de la variable

Dimensión: Tiempo medio de reparación (MTTR)

De acuerdo a Salazar (2019), el tiempo medio para la reparación (MTTR) es la relación entre el tiempo total de intervención correctiva de un conjunto de equipos y el número total de fallas detectadas en dichos equipos dentro de un periodo determinado.

Dimensión: Tiempo medio entre averías (MTBF)

De acuerdo a Salazar (2019), el Tiempo Medio para la Falla (MTBF) es la relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de equipos no reparables y el número total de fallas detectadas en dichos equipos en un periodo observado

VARIABLE DEPENDIENTE: Disponibilidad de las máquinas

“La disponibilidad es el principal indicador de mantenimiento junto con el coste de mantenimiento. No obstante, es el más manipulable” (Flores, 2020).

Dimensiones de la variable

Dimensión: Disponibilidad operativa

De acuerdo a Flores (2020), la disponibilidad es la relación de la diferencia entre el número de horas totales del periodo con el número de horas de intervención por parte del personal de mantenimiento y el número total de horas para el periodo considerado.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES QUE MIDE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS EN LA EMPRESA Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Mantenimiento Productivo Total	De acuerdo a Salazar (2019), el Mantenimiento Productivo Total es una metodología de Lean Manufacturing que busca asegurar la disponibilidad y la confiabilidad de las operaciones de los equipos y del sistema.	El impacto de esta herramienta será medida a través de indicadores de gestión operativa de mantenimiento como son el MTBF y MTTR (Salazar, 2019)	Tiempo medio de reparación (MTTR)	$\frac{\sum HIC}{NR}$	Razón
			Tiempo medio entre fallas (MTBF)	$\frac{\sum HTOP}{NR}$	Razón
Disponibilidad de las máquinas	“La disponibilidad es el principal indicador de mantenimiento junto con el coste de mantenimiento. No obstante, es el más manipulable” (Flores, 2020).	De acuerdo a Flores (2020), la disponibilidad es la relación de la diferencia entre el número de horas totales del periodo con el número de horas de intervención por parte del personal de mantenimiento y el número total de horas para el periodo considerado.	Disponibilidad operativa	$\frac{(HT - HTM)}{HT}$	Razón

Fuente: elaboración propia

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LOS INDICADORES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021

N.º	VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Mantenimiento Productivo Total	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Tiempo medio de reparación (MTTR)							
1	$\frac{\sum HIC}{NR}$ HIC: Horas de intervención correctiva NR: Número de reparaciones	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Si	No	Si	No	Si	No	
2	$\frac{\sum HTOP}{NR}$ HTO: Horas totales de operación NR: Número de reparaciones	✓		✓		✓		
	VARIABLE DEPENDIENTE: Disponibilidad de las Máquinas	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Disponibilidad operativa							
3	$\frac{(HT - HTM)}{HT}$ HT: Horas totales HTM: Horas totales de mantenimiento	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador:

DNI:

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

Setiembre 2021

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión




 Mg. SOLIS MUÑOZ HANIEL

R.CIP.104200

Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LOS INDICADORES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021

N.º	VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Mantenimiento Productivo Total	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Tiempo medio de reparación (MTTR)							
1	$\frac{\sum HIC}{NR}$ HIC: Horas de intervención correctiva NR: Número de reparaciones	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Si	No	Si	No	Si	No	
2	$\frac{\sum HTOP}{NR}$ HTO: Horas totales de operación NR: Número de reparaciones	✓		✓		✓		
	VARIABLE DEPENDIENTE: Disponibilidad de las Máquinas	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Disponibilidad operativa							
3	$\frac{(HT - HTM)}{HT}$ HT: Horas totales HTM: Horas totales de mantenimiento	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable** [x] **Aplicable después de corregir** [] **No aplicable** []

Apellidos y nombres del juez validador: Sandoval Reyes, Carlos José
DNI: 09222224
Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Setiembre 2021



Ing. Carlos José Sandoval Reyes
 Jabala Achizumeta Quiroz Menoza
 Av. Rosa Vallejo Baturo

R.CIP. 151871

Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LOS INDICADORES DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA Multitransportes de carga E.I.R. LTDA, Chepén, 2021

N.º	VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Mantenimiento Productivo Total	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Tiempo medio de reparación (MTTR)							
1	$\frac{\sum HIC}{NR}$ HIC: Horas de intervención correctiva NR: Número de reparaciones	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Tiempo medio entre fallas (MTBF)	Si	No	Si	No	Si	No	
2	$\frac{\sum HTOP}{NR}$ HTO: Horas totales de operación NR: Número de reparaciones	✓		✓		✓		
	VARIABLE DEPENDIENTE: Disponibilidad de las Máquinas	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Disponibilidad operativa							
3	$\frac{(HT - HTM)}{HT}$ HT: Horas totales HTM: Horas totales de mantenimiento	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

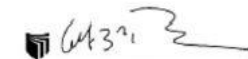
Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador:

DNI:

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

Setiembre 2021



ING. MBA GABRIEL ERNESTO BORRERO CARRASCO
DOCENTE DE ESCUELA INGENIERIA INDUSTRIAL
CIP N° 99222
gborreroc@ucvvirtual.edu.pe

Firma del Experto Informante

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Anexo 6. Permiso para investigación



Chepén, 11 de Setiembre del 2021

Sr. BALAREZO BALAREZO, RIUBE ALBERTO
GERENTE GENERAL
MULTITRANSPORTES DE CARGA E.I.R.LTDA

ASUNTO: Autorización para desarrollar una investigación académica y publicar los resultados en el repositorio digital de la Biblioteca de la Universidad César Vallejo.

De nuestra consideración:

Al encontramos cursando el 10° Ciclo de la Escuela Profesional de Ingeniería industrial en la Universidad Privada César Vallejo hemos propuesto una investigación denominada "Mantenimiento Productivo Total y su efecto en la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R.LTDA, Chepén, 2021.", el cual adjuntamos a la presente para su conocimiento.

Comprendemos que los datos que nos provean para llevar a cabo nuestra investigación son confidenciales y propiedad de su institución, por lo cual, acudimos a usted para solicitar su autorización a fin de desarrollar dicha investigación que tendrá resultados, los cuales le serán entregados y serán de beneficio para su empresa. Igualmente solicitamos su autorización a fin de que nuestra universidad pueda publicar dicha investigación en el repositorio digital de la Biblioteca, lo cual ayudará a que otros estudiantes la puedan aprovechar.

Esperando contar con su apoyo, nos despedimos agradecidos por su gentil respuesta, la cual necesitamos en documento oficial de su empresa (con firma y sello) a fin de entregar a nuestra universidad.

Sin otro particular, nos despedimos.

Atentamente,



GUTIERREZ MENDOZA, JAHAIRA

DNI:76647686



VALDEZ BALAREZO, ANA ROSA

DNI: 73817798



Anexo 7. Carta de autorización



MULTITRANSPORTES DE CARGA E.I.R.L. R.U.C. 20274491583
PRODUCCION Y VENTA DE: PELEÑA CHANCAYAL DE 16 Y 18, ALPHAGARSA INDUSTRIAL
TRANSPORTES DE COMBUSTIBLE

Chepén, 13 de Setiembre del 2021

Srtas.

EGRESADAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UCV

De mi consideración:

Mediante la presente, le AUTORIZO a publicar el resultado de su investigación titulada "Mantenimiento Productivo Total y su efecto en la disponibilidad de las máquinas de la empresa Multitransportes de carga E.I.R.LTDA, Chepén, 2021.", llevada a cabo en la empresa que represento en el año 2021. Entiendo que la publicación se hará en el repositorio digital de la Biblioteca de la Universidad César Vallejo, lo cual ayudará a que otros estudiantes puedan aprovechar de sus indagaciones.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,


☎ 044-566421

☎ 946437967

✉ multitransportesdecarga@ucvval.com

📍 Av. Alameda Nº 100, Pucallpa Nuevo - Pto. Car. Talambó, Talambó, Chepén

Anexo 8. Políticas TPM

	SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	GESTIÓN OPERATIVA
	Políticas y objetivos TPM	REV 13-10-2021

POLITICAS Y OBJETIVOS TPM

La empresa Multitransportes de carga E.I.R. LTDA tiene como objetivos en la gestión del mantenimiento, garantizar la operatividad de las máquinas y de todo el sistema productivo, así como de las instalaciones mediante la planeación, ejecución y control de los estándares del Mantenimiento Productivo Total.

Dentro de la política de gestión del mantenimiento se incluye el hecho de que toda la empresa adopte un sistema de gestión del mantenimiento basado en prácticas correctivas y preventivas tanto para las máquinas como para los procesos.

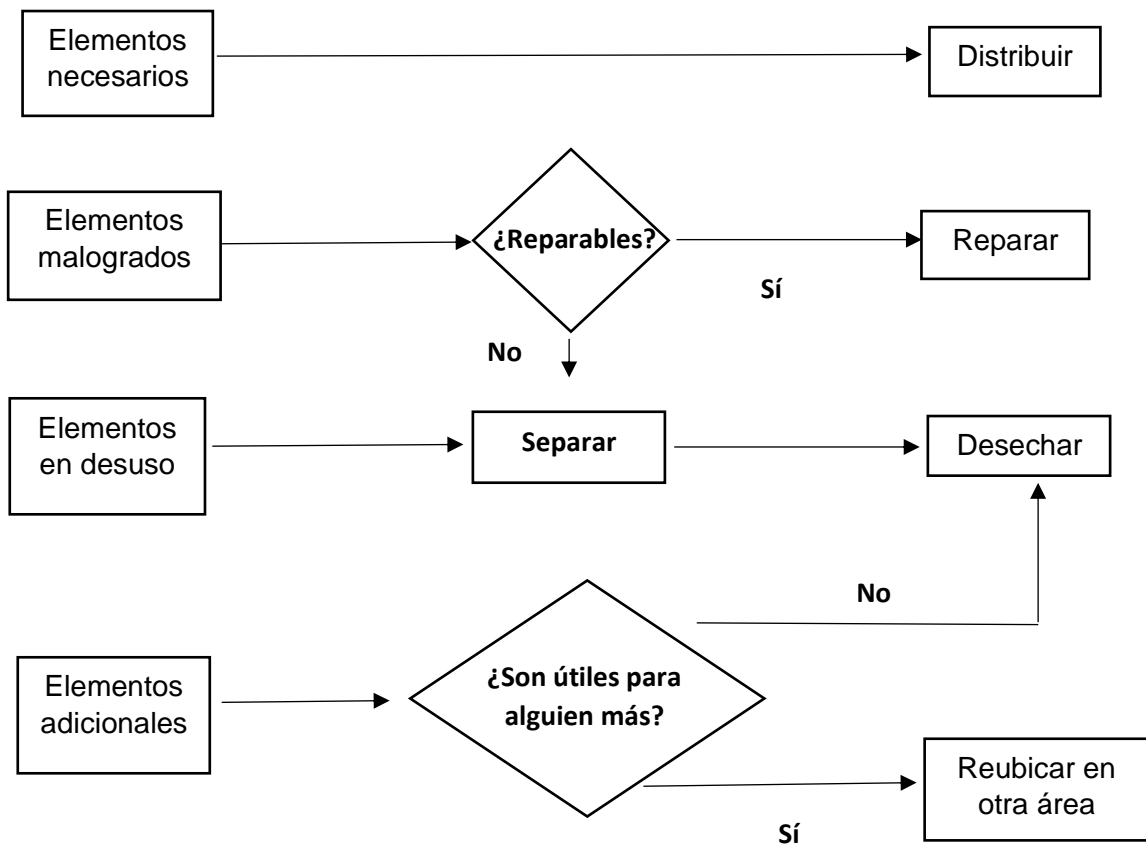
1. La gerencia de mantenimiento necesita contar con información clara y precisa para solicitar, autorizar y ejecutar trabajos.
2. Gestiona los tiempos, materiales y costos que se requieren y las acciones orientadas a minimizar costos y tiempos de parada.
3. Evalúa y compara los resultados obtenidos con los objetivos propuestos.
4. Registra toda actividad que se realice y que esté relacionada a la gestión del mantenimiento.
5. Registra cada tarea efectuada por máquina.
6. Los trabajos de inspección, limpieza y lubricación requieren previa autorización del comité.
7. Las autorizaciones relacionadas a modificaciones requieren la autorización del jefe de mantenimiento.


RUBÉN SUÁREZ SALAZAR
GERENTE

GERENTE GENERAL

CHEPÉN, OCTUBRE 2021

Anexo 9. Procedimiento de clasificación 5S



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 10. Formato de tarjeta roja

Fecha:	_____
Área:	_____
Elemento:	_____
Cantidad:	_____
	REUBICAR _____
	DESECHAR _____
	REPARAR _____
Comentarios:	_____ _____

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 11. Tarjeta de orden

TARJETA DE ORDEN				
Empresa				
Jefe de planta				
Elemento	Código	Ubicación	Sub ubicación	Cantidad máxima

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 12. Tarjeta de orden

PROGRAMA DE LIMPIEZA GENERAL									
LUGAR	MULTI TRANSPORTE DE CARGA			FECHA DE VIGENCIA					
ZONA	ACCIÓN		RESPONSABLE	FRECUENCIA					EJECUCIÓN
	LIMPIAR	MANTENIMIENTO		D	S	Q	M	T	
Oficinas	X					X			
Almacén de repuestos	X				X				
Almacén de producto terminado	X					X			
Cochera	X				X				
Sala de juntas	X				X				
GENERALES									
Pisos	X			X					
Paredes	X						X		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 13. Formato de seguimiento 5S

FORMATO DE SEGUIMIENTO 5S						
EMPRESA		MULTITRANSPORTES DE CARGA				FECHA
RESPONSABLE						
ETAPA	ITEM	DESCRIPCION	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA	OBSERVACIONES
CLASIFICACION	1	¿Se han identificado los puntos críticos?				
	2	¿Se mantiene una clasificación de elementos necesarios e innecesarios?				
	3	Se usa el procedimiento de clasificación				
	4	¿Existe un lugar para elementos innecesarios?				
	5	¿Se registran los elementos innecesarios?				

	6	¿Se hace uso de las tarjetas rojas?				
ORGANIZACIÓN	7	¿Se conserva el orden en el lugar de trabajo?				
	8	¿Los elementos necesarios se encuentran codificados?				
	9	¿Se usan las tarjetas de orden?				
	10	¿Se identifican fuentes de contaminación?				
LIMPIEZA	11	¿Se cumple el programa de limpieza?				
	TOTAL					

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 14. Formato de auditoría 5S

FORMATO DE AUDITORIA 5s			
EMPRESA	MULTITRANSPORTE DE CARGA		FECHA
AUDITOR			
PREGUNTA	SI	NO	OBSERVACIONES
¿El área de trabajo se encuentra libre de contaminación?			
¿Existen elementos innecesarios que interrumpan el tránsito?			
Visualmente ¿El área de trabajo luce limpia y ordenada?			
¿Los elementos necesarios se encuentran correctamente distribuidos?			

¿Los documentos se encuentran en el lugar que se les asignó?			
¿Se realiza la limpieza de manera proactiva?			
¿Se encuentran al día los formatos de seguimiento?			

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15. Porcentaje de cumplimiento 5s antes de la implementación

NIVEL DE CUMPLIMIENTO 5S	
CLASIFICACIÓN	Calificación
¿Se observan elementos innecesarios en el área de trabajo?	1
¿Se observan elementos innecesarios que interrumpan el libre tránsito en el área de trabajo?	2
¿Los elementos de uso frecuente se encuentran en el lugar de trabajo?	2
¿Se observan herramientas fuera del lugar asignado?	1
¿Se observan elementos obsoletos en el lugar de trabajo?	1
¿Los elementos innecesarios se encuentran en el lugar establecido?	1
TOTAL	8
ORDEN	Calificación
¿Las áreas específicas se encuentran señalizadas?	2
¿Los elementos de fácil acceso son necesarios?	3
¿El almacén de herramientas y repuestos se encuentra identificado como tal?	2
¿Los contenedores se encuentran correctamente almacenados y ubicados?	2
¿Hay elementos que interrumpan el paso hacia los extintores?	1
¿El suelo se encuentra en buenas aptas?	2
¿Los estantes se encuentran señalizados y codificados?	2
¿Las cantidades mínimas y máximas de los elementos de trabajo, se encuentran a la vista?	2
TOTAL	16
LIMPIEZA	Calificación

¿Se mantiene limpio el suelo?	2
¿Las máquinas principales se conservan limpias?	1
¿La iluminación es la adecuada?	1
¿Se respeta los estándares asignados a las máquinas?	1
¿Se ejecutan el programa de limpieza junto con el de mantenimiento de equipos?	1
¿Hay un delegado a cargo de la limpieza?	1
¿Se observa proactividad en la limpieza?	1
TOTAL	8
ESTADARIZACIÓN	Calificación
¿Los operadores usan la vestimenta adecuada?	3
¿El lugar de trabajo se encuentra debidamente ventilado e iluminado?	3
¿Existen zonas de descanso?	1
¿Se generan ideas de mejora continua en la empresa?	1
¿Existen procedimientos específicos?	3
TOTAL	11
DISCICPLINA	Calificación
¿Se siguen los estándares establecidos?	1
¿Se realizan los reportes a gerencia?	1
¿Se usan EPPs?	1
¿Se lleva a cabo un seguimiento del formato de cumplimiento de las 5S?	1

TOTAL	4
TABLA DE CALIFICACIÓN	
0: No se cumple en absoluto	
1: Se cumple mínimamente	
2: Se cumple moderadamente	
3: Se cumple en su totalidad	

Puntuación Máxima	124
Puntuación Obtenida	47
% TOTAL DE CUMPLIMIENTO	38%

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 16. Porcentaje de cumplimiento 5s después de la implementación

NIVEL DE CUMPLIMIENTO 5S	
CLASIFICACIÓN	Calificación
¿Se observan elementos innecesarios en el área de trabajo?	3
¿Se observan elementos innecesarios que interrumpan el libre tránsito en el área de trabajo?	3
¿Los elementos de uso frecuente se encuentran en el lugar de trabajo?	2
¿Se observan herramientas fuera del lugar asignado?	2
¿Se observan elementos obsoletos en el lugar de trabajo?	3
¿Los elementos innecesarios se encuentran en el lugar establecido?	2
TOTAL	15
ORDEN	Calificación
¿Las áreas específicas se encuentran señalizadas?	3
¿Los elementos de fácil acceso son necesarios?	3
¿El almacén de herramientas y repuestos se encuentra identificado como tal?	3
¿Los contenedores se encuentran correctamente almacenados y ubicados?	3
¿Hay elementos que interrumpan el paso hacia los extintores?	2
¿El suelo se encuentra en buenas aptas?	3
¿Los estantes se encuentran señalizados y codificados?	3
¿Las cantidades mínimas y máximas de los elementos de trabajo, se encuentran a la vista?	3
TOTAL	23
LIMPIEZA	Calificación

¿Se mantiene limpio el suelo?	3
¿Las máquinas principales se conservan limpias?	2
¿La iluminación es la adecuada?	2
¿Se respeta los estándares asignados a las máquinas?	3
¿Se ejecutan el programa de limpieza junto con el de mantenimiento de equipos?	2
¿Hay un delegado a cargo de la limpieza?	3
¿Se observa proactividad en la limpieza?	3
TOTAL	18
ESTADARIZACIÓN	Calificación
¿Los operadores usan la vestimenta adecuada?	3
¿El lugar de trabajo se encuentra debidamente ventilado e iluminado?	3
¿Existen zonas de descanso?	2
¿Se generan ideas de mejora continua en la empresa?	3
¿Existen procedimientos específicos?	3
TOTAL	14
DISCIPLINA	Calificación
¿Se siguen los estándares establecidos?	3
¿Se realizan los reportes a gerencia?	3
¿Se usan EPPs?	2
¿Se lleva a cabo un seguimiento del formato de cumplimiento de las 5S?	3

TOTAL	11
TABLA DE CALIFICACIÓN	
0: No se cumple en absoluto	
1: Se cumple mínimamente	
2: Se cumple moderadamente	
3: Se cumple en su totalidad	

Puntuación Máxima	124
Puntuación Obtenida	81
% TOTAL DEL CUMPLIMIENTO	65%

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 17. Gasto inicial en mantenimiento correctivo

CARGADOR FRONTAL 950			
MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	4	S/ 365.00	S/ 1,460.00
Febrero	5	S/ 365.00	S/ 1,825.00
Marzo	4	S/ 365.00	S/ 1,460.00
Abril	6	S/ 365.00	S/ 2,190.00
Mayo	4	S/ 365.00	S/ 1,460.00
Junio	5	S/ 365.00	S/ 1,825.00
Julio	4	S/ 365.00	S/ 1,460.00
TOTAL			S/ 11,680.00

Fuente: Elaboración Propia

CARGADOR FRONTAL SEM669

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	5	S/ 280.00	S/ 1,400.00
Febrero	4	S/ 280.00	S/ 1,120.00
Marzo	5	S/ 280.00	S/ 1,400.00
Abril	4	S/ 280.00	S/ 1,120.00
Mayo	4	S/ 280.00	S/ 1,120.00
Junio	4	S/ 280.00	S/ 1,120.00
Julio	6	S/ 280.00	S/ 1,680.00
TOTAL			S/ 8,960.00

Fuente: Elaboración Propia

CARGADOR FRONTAL 938

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	6	S/ 235.00	S/ 1,410.00
Febrero	5	S/ 235.00	S/ 1,175.00
Marzo	6	S/ 235.00	S/ 1,410.00
Abril	6	S/ 235.00	S/ 1,410.00
Mayo	5	S/ 235.00	S/ 1,175.00
Junio	3	S/ 235.00	S/ 705.00
Julio	4	S/ 235.00	S/ 940.00
TOTAL			S/ 8,225.00

Fuente: Elaboración Propia

EXCAVADORA 320

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	5	S/ 330.00	S/ 1,650.00
Febrero	5	S/ 330.00	S/ 1,650.00
Marzo	5	S/ 330.00	S/ 1,650.00
Abril	4	S/ 330.00	S/ 1,320.00
Mayo	3	S/ 330.00	S/ 990.00
Junio	5	S/ 330.00	S/ 1,650.00
Julio	5	S/ 330.00	S/ 1,650.00
TOTAL			S/ 10,560.00

Fuente: Elaboración Propia

EXCAVADORA 320 BL

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	6	S/ 165.00	S/ 990.00
Febrero	6	S/ 165.00	S/ 990.00
Marzo	3	S/ 165.00	S/ 495.00
Abril	3	S/ 165.00	S/ 495.00
Mayo	5	S/ 165.00	S/ 825.00
Junio	5	S/ 165.00	S/ 825.00
Julio	5	S/ 165.00	S/ 825.00
TOTAL			S/ 5,445.00

Fuente: Elaboración Propia

ZARANDA DE HORMIGÓN

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	6	S/ 360.00	S/ 2,160.00
Febrero	8	S/ 360.00	S/ 2,880.00
Marzo	4	S/ 360.00	S/ 1,440.00
Abril	2	S/ 360.00	S/ 720.00
Mayo	8	S/ 360.00	S/ 2,880.00
Junio	7	S/ 360.00	S/ 2,520.00
Julio	4	S/ 360.00	S/ 1,440.00
TOTAL			S/ 14,040.00

Fuente: Elaboración Propia

ZARANDA DE ARENA GRUESA

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	6	S/ 245.00	S/ 1,470.00
Febrero	7	S/ 245.00	S/ 1,715.00
Marzo	7	S/ 245.00	S/ 1,715.00
Abril	4	S/ 245.00	S/ 980.00
Mayo	5	S/ 245.00	S/ 1,225.00
Junio	8	S/ 245.00	S/ 1,960.00
Julio	6	S/ 245.00	S/ 1,470.00
TOTAL			S/ 10,535.00

Fuente: Elaboración Propia

CHANCADORA

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	5	S/ 190.00	S/ 950.00
Febrero	8	S/ 190.00	S/ 1,520.00
Marzo	6	S/ 190.00	S/ 1,140.00
Abril	9	S/ 190.00	S/ 1,710.00
Mayo	4	S/ 190.00	S/ 760.00
Junio	5	S/ 190.00	S/ 950.00
Julio	4	S/ 190.00	S/ 760.00
TOTAL			S/ 7,790.00

Fuente: Elaboración Propia

ZEUS N° DE PLACA F5C-801

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	5	S/ 135.00	S/ 675.00
Febrero	5	S/ 135.00	S/ 675.00
Marzo	9	S/ 135.00	S/ 1,215.00
Abril	4	S/ 135.00	S/ 540.00
Mayo	6	S/ 135.00	S/ 810.00
Junio	6	S/ 135.00	S/ 810.00
Julio	7	S/ 135.00	S/ 945.00
TOTAL			S/ 5,670.00

Fuente: Elaboración Propia

GLADIADOR N° DE PLACA F37Z-722

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	6	S/ 250.00	S/ 1,500.00
Febrero	5	S/ 250.00	S/ 1,250.00
Marzo	4	S/ 250.00	S/ 1,000.00
Abril	6	S/ 250.00	S/ 1,500.00
Mayo	7	S/ 250.00	S/ 1,750.00
Junio	9	S/ 250.00	S/ 2,250.00
Julio	10	S/ 250.00	S/ 2,500.00
TOTAL			S/ 11,750.00

Fuente: Elaboración Propia

SHACMAN N° DE PLACA ALO-821

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	4	S/ 260.00	S/ 1,040.00
Febrero	6	S/ 260.00	S/ 1,560.00
Marzo	9	S/ 260.00	S/ 2,340.00
Abril	5	S/ 260.00	S/ 1,300.00
Mayo	6	S/ 260.00	S/ 1,560.00
Junio	5	S/ 260.00	S/ 1,300.00
Julio	8	S/ 260.00	S/ 2,080.00
TOTAL			S/ 11,180.00

Fuente: Elaboración Propia

SHACMAN N° DE PLACA ALK-894

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	5	S/ 235.00	S/ 1,175.00
Febrero	6	S/ 235.00	S/ 1,410.00
Marzo	5	S/ 235.00	S/ 1,175.00
Abril	5	S/ 235.00	S/ 1,175.00
Mayo	9	S/ 235.00	S/ 2,115.00
Junio	6	S/ 235.00	S/ 1,410.00
Julio	5	S/ 235.00	S/ 1,175.00
TOTAL			S/ 9,635.00

Fuente: Elaboración Propia

SHACMAN N° DE PLACA F8X-896

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	5	S/ 255.00	S/ 1,275.00
Febrero	8	S/ 255.00	S/ 2,040.00
Marzo	6	S/ 255.00	S/ 1,530.00
Abril	5	S/ 255.00	S/ 1,275.00
Mayo	3	S/ 255.00	S/ 765.00
Junio	6	S/ 255.00	S/ 1,530.00
Julio	9	S/ 255.00	S/ 2,295.00
TOTAL			S/ 10,710.00

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 18. Gasto final en mantenimiento correctivo

CARGADOR FRONTAL 950

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	3	S/ 365.00	S/ 1,095.00
Febrero	4	S/ 365.00	S/ 1,460.00
Marzo	4	S/ 365.00	S/ 1,460.00
Abril	4	S/ 365.00	S/ 1,460.00
Mayo	4	S/ 365.00	S/ 1,460.00
Junio	3	S/ 365.00	S/ 1,095.00
Julio	2	S/ 365.00	S/ 730.00
TOTAL			S/ 8,760.00

Fuente: Elaboración Propia

CARGADOR FRONTAL SEM669

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	4	S/ 280.00	S/ 1,120.00
Febrero	3	S/ 280.00	S/ 840.00
Marzo	2	S/ 280.00	S/ 560.00
Abril	4	S/ 280.00	S/ 1,120.00
Mayo	3	S/ 280.00	S/ 840.00
Junio	4	S/ 280.00	S/ 1,120.00
Julio	4	S/ 280.00	S/ 1,120.00
TOTAL			S/ 6,720.00

Fuente: Elaboración Propia

CARGADOR FRONTAL 938

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	4	S/ 235.00	S/ 940.00
Febrero	4	S/ 235.00	S/ 940.00
Marzo	4	S/ 235.00	S/ 940.00
Abril	5	S/ 235.00	S/ 1,175.00
Mayo	3	S/ 235.00	S/ 705.00
Junio	2	S/ 235.00	S/ 470.00
Julio	3	S/ 235.00	S/ 705.00
TOTAL			S/ 5,875.00

Fuente: Elaboración Propia

EXCAVADORA 320

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	4	S/ 330.00	S/ 1,320.00
Febrero	4	S/ 330.00	S/ 1,320.00
Marzo	3	S/ 330.00	S/ 990.00
Abril	4	S/ 330.00	S/ 1,320.00
Mayo	2	S/ 330.00	S/ 660.00
Junio	4	S/ 330.00	S/ 1,320.00
Julio	4	S/ 330.00	S/ 1,320.00
TOTAL			S/ 8,250.00

Fuente: Elaboración Propia

EXCAVADORA 320 BL

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	4	S/ 165.00	S/ 660.00
Febrero	4	S/ 165.00	S/ 660.00
Marzo	2	S/ 165.00	S/ 330.00
Abril	3	S/ 165.00	S/ 495.00
Mayo	3	S/ 165.00	S/ 495.00
Junio	3	S/ 165.00	S/ 495.00
Julio	4	S/ 165.00	S/ 660.00
TOTAL			S/ 3,795.00

Fuente: Elaboración Propia

ZARANDA DE HORMIGÓN

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	5	S/ 360.00	S/ 1,800.00
Febrero	4	S/ 360.00	S/ 1,440.00
Marzo	4	S/ 360.00	S/ 1,440.00
Abril	2	S/ 360.00	S/ 720.00
Mayo	5	S/ 360.00	S/ 1,800.00
Junio	4	S/ 360.00	S/ 1,440.00
Julio	3	S/ 360.00	S/ 1,080.00
TOTAL			S/ 9,720.00

Fuente: Elaboración Propia

ZARANDA DE ARENA GRUESA

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	6	S/ 245.00	S/ 1,470.00
Febrero	7	S/ 245.00	S/ 1,715.00
Marzo	7	S/ 245.00	S/ 1,715.00
Abril	4	S/ 245.00	S/ 980.00
Mayo	5	S/ 245.00	S/ 1,225.00
Junio	8	S/ 245.00	S/ 1,960.00
Julio	6	S/ 245.00	S/ 1,470.00
TOTAL			S/ 10,535.00

Fuente: Elaboración Propia

CHANCADORA

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	5	S/ 190.00	S/ 950.00
Febrero	8	S/ 190.00	S/ 1,520.00
Marzo	6	S/ 190.00	S/ 1,140.00
Abril	9	S/ 190.00	S/ 1,710.00
Mayo	4	S/ 190.00	S/ 760.00
Junio	5	S/ 190.00	S/ 950.00
Julio	4	S/ 190.00	S/ 760.00
TOTAL			S/ 7,790.00

Fuente: Elaboración Propia

ZEUS N° DE PLACA F5C-801

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	5	S/ 135.00	S/ 675.00
Febrero	4	S/ 135.00	S/ 540.00
Marzo	4	S/ 135.00	S/ 540.00
Abril	3	S/ 135.00	S/ 405.00
Mayo	4	S/ 135.00	S/ 540.00
Junio	4	S/ 135.00	S/ 540.00
Julio	4	S/ 135.00	S/ 540.00
TOTAL			S/ 3,780.00

Fuente: Elaboración Propia

GLADIADOR N° DE PLACA F37Z-722

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	5	S/ 250.00	S/ 1,250.00
Febrero	4	S/ 250.00	S/ 1,000.00
Marzo	3	S/ 250.00	S/ 750.00
Abril	3	S/ 250.00	S/ 750.00
Mayo	4	S/ 250.00	S/ 1,000.00
Junio	6	S/ 250.00	S/ 1,500.00
Julio	6	S/ 250.00	S/ 1,500.00
TOTAL			S/ 7,750.00

Fuente: Elaboración Propia

SHACMAN N° DE PLACA ALO-821

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	3	S/ 260.00	S/ 780.00
Febrero	5	S/ 260.00	S/ 1,300.00
Marzo	7	S/ 260.00	S/ 1,820.00
Abril	6	S/ 260.00	S/ 1,560.00
Mayo	4	S/ 260.00	S/ 1,040.00
Junio	4	S/ 260.00	S/ 1,040.00
Julio	6	S/ 260.00	S/ 1,560.00
TOTAL			S/ 9,100.00

Fuente: Elaboración Propia

SHACMAN N° DE PLACA ALK-894

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	4	S/ 235.00	S/ 940.00
Febrero	4	S/ 235.00	S/ 940.00
Marzo	4	S/ 235.00	S/ 940.00
Abril	4	S/ 235.00	S/ 940.00
Mayo	6	S/ 235.00	S/ 1,410.00
Junio	4	S/ 235.00	S/ 940.00
Julio	5	S/ 235.00	S/ 1,175.00
TOTAL			S/ 7,285.00

Fuente: Elaboración Propia

SHACMAN N° DE PLACA F8X-896

MES	Numero de reparaciones	Costo promedio por reparación	Costo total de mantenimiento correctivo
Enero	4	S/ 255.00	S/ 1,020.00
Febrero	4	S/ 255.00	S/ 1,020.00
Marzo	5	S/ 255.00	S/ 1,275.00
Abril	4	S/ 255.00	S/ 1,020.00
Mayo	2	S/ 255.00	S/ 510.00
Junio	3	S/ 255.00	S/ 765.00
Julio	4	S/ 255.00	S/ 1,020.00
TOTAL			S/ 6,630.00

Fuente: Elaboración Propia