



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS LEAN MAINTENANCE PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS COMERCIALES DE LA EMPRESA DIVEMOTOR CAJAMARCA

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Jesus Carlos Medina Rodriguez

Asesor:

MBA. Ing. Karen Mylena Vílchez Torres

ORCID:0000-0001-9994-368X

Cajamarca – Perú

DEDICATORIA

A mi familia, mi madre y hermanos, por brindarme el apoyo incondicional, tiempo y recursos necesarios que me permitieron lograr todos y cada uno de mis objetivos personales y profesionales.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por permitirme gozar de salud durante mi proceso de desarrollo profesional. A mis padres, hermanos, familiares y docentes por su constante apoyo en compartir sus enseñanzas y experiencias. MBA. Ing. Mylena Karen Vílchez Torres por el asesoramiento en el proceso de desarrollo del presente trabajo investigativo.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I.....	8
INTRODUCCIÓN	8
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	8
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.3. OBJETIVOS	11
1.4. HIPÓTESIS.....	11
CAPÍTULO II.....	12
MÉTODO.....	12
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	12
2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	12
2.3. PROCEDIMIENTO.....	13
2.4. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN	17
CAPÍTULO III.....	18
RESULTADOS.....	18
3.1. PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DURANTE EL PERÍODO DE JUNIO A NOVIEMBRE DEL AÑO 2019	18
3.2. DIAGNOSTICAR LOS DESPERDICIOS QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO	22
3.3. DISEÑAR LAS HERRAMIENTAS LEAN MAINTENANCE EN FUNCIÓN DE LOS DESPERDICIOS DETECTADOS	45
3.4. DETERMINAR EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL EN LA EMPRESA	78
3.5. REALIZAR EL ANÁLISIS ECONÓMICO DEL DISEÑO DE LAS HERRAMIENTAS LEAN SERVICE	87
CAPÍTULO IV.	92
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	92
4.1. DISCUSIÓN.....	92
4.2. CONCLUSIONES	93
REFERENCIAS	94
ANEXOS	97
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	97
ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Instrumentos de la investigación.	13
Tabla 2 Procedimiento para elaborar el documento de tesis.	15
Tabla 3 Matriz de operacionalización.	17
Tabla 4 Número de mantenimientos realizados en la empresa durante el 2019.	20
Tabla 5 Total de vehículo ingresados.	21
Tabla 6 Eficiencia mensual.	22
Tabla 7 Cálculo de la eficacia mensual.	22
Tabla 8 Diagrama de análisis de actividades.	23
Tabla 9 Recorrido de transporte.	38
Tabla 10 Demoras en reprocesos.	39
Tabla 11 Traslados y movimientos fundamentados en el diagrama bimanual – Mantenimiento tipo M.	41
Tabla 12 Traslados y movimientos con la mano izquierda para el mantenimiento tipo M.	43
Tabla 13 Traslados y movimientos con la mano derecha para el mantenimiento tipo M.	43
Tabla 14 Matriz de operacionalización con resultados actuales.	45
Tabla 15 Herramientas a utilizar por desperdicio.	45
Tabla 16 Horas no disponibles actuales.	46
Tabla 17 Poka Yoke 2.	48
Tabla 18 Medida de maquinarias.	49
Tabla 19 Cálculo de la superficie estática, de gravitación, evolución y superficie total.	50
Tabla 20 Traslados y movimientos fundamentados en el diagrama bimanual – Mantenimiento tipo M.	51
Tabla 21 Traslados y movimientos con la mano izquierda para el mantenimiento tipo M.	52
Tabla 22 Traslados y movimientos con la mano derecha para el mantenimiento tipo M.	53
Tabla 23 Cronograma de actividades de capacitación de la empresa.	55
Tabla 24 Listado de artículos en zona roja.	57
Tabla 25 Ficha de capacitación de eventos Kaizen.	68
Tabla 26 Programación de atenciones en mantenimiento.	71
Tabla 27 Planes de acción.	73
Tabla 28 Equipo formado para la implementación de Herramienta SMED.	75
Tabla 29 Efecto de la implementación.	78
Tabla 30 Diagrama de análisis de actividades.	79
Tabla 31 Recorrido de transporte.	80
Tabla 32 Demoras en reprocesos.	81
Tabla 33 Número de mantenimientos realizados en la empresa durante el 2020 y 2021.	84
Tabla 34 Total de vehículo ingresados en el 2020 y 2021.	85
Tabla 35 Eficiencia mensual.	86
Tabla 36 Cálculo de la eficacia mensual.	86
Tabla 37 Matriz de operacionalización con resultados mejorados.	87
Tabla 38 Costos de inversión para la implementación de las herramientas Lean Maintenance.	87
Tabla 39 Costos en capacitaciones Lean Maintenance.	89
Tabla 40 Evaluación económica de Lean Maintenance.	90
Tabla 41 Matriz de consistencia.	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama explicativo utilizado.....	12
Figura 2. Reporte SAP.....	15
Figura 3. Histórico de mantenimientos reportados en SAP.	16
Figura 4. Productividad laboral actual.....	18
Figura 5. Productividad laboral Vs Target.....	19
Figura 6. Recorrido de actividades.	37
Figura 7. No celulares en mantenimiento– Poka Yoke.....	46
Figura 8. Colocación de cartel de prohibición de ingreso con celulares al taller.	47
Figura 9. Avisos de seguridad– Poka Yoke.....	48
Figura 10. Ficha para zona roja.....	60
Figura 11. Zona roja en taller de Divemotor.....	60
Figura 12. Cambio de tipo de caja de herramientas.....	61
Figura 13. Cambio de ubicación de los cilindros.	61
Figura 14. Asignación de espacio para guardar herramientas.	62
Figura 15. Asignación de espacio para guardar herramientas.	62
Figura 16. Limpieza diaria.....	63
Figura 17. Formato de auditoría 5S.....	64
Figura 18. Capacitación 5S.....	65
Figura 19. Formato de sugerencia Kaizen.....	69
Figura 20. Prepicking de repuestos con mayor utilización.	70
Figura 21. Políticas de mantenimiento.....	76
Figura 22. Políticas de mantenimiento.....	77
Figura 23. Productividad laboral actual.....	82
Figura 24. Productividad laboral Vs Target.....	83
Figura 25. Operador recogiendo el test impreso.	98
Figura 26. Generar vale de pedido.	98
Figura 27. Recoger repuestos de almacén.	99
Figura 28. Revisar filtros.	99
Figura 29. Operador recogiendo el test impreso.	100
Figura 30. Generar vale de pedido.	100
Figura 31. Recoger repuestos de almacén.	101
Figura 32. Revisar filtros.	101

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue aplicar las herramientas Lean Maintenance para mejorar la productividad en el proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor. La presente investigación fue aplicada y cuantitativa. La productividad laboral actual en promedio es 53, sin embargo, el target es 60, por lo tanto, se encuentra por debajo del target. Asimismo, la eficiencia actual es 0.85 y la eficacia es 0.88, además se han identificado cuatro desperdicios, en tiempo de espera se han determinado 50 minutos, en transporte innecesario se han determinado 8.9 minutos, en reprocesos asciende a 373 minutos en seis meses, los movimientos innecesarios de la mano izquierda fueron 48 minutos y de la mano derecha 97 minutos. Las herramientas Lean Maintenance fueron poka yoke, el método Guerchet, diagrama bimanual, plan de capacitación, 5S en la zona de trabajo, mantenimiento preventivo, kaizen, SMED y políticas de mantenimiento. La productividad laboral en la empresa Divemotor con el diseño de las herramientas Lean Maintenance se incrementó a 59.28 mantenimientos/operario, la eficiencia se incrementó a 0.91 y la eficacia se incrementó a 0.99. Asimismo, el tiempo de espera se redujo a 9 minutos, el transporte innecesario se ha reducido a 0 minutos; el sobreprocesamiento se ha reducido de 373 minutos a 135 minutos en seis meses y los movimientos innecesarios se redujeron de la mano izquierda a 21 minutos; y de la mano derecha a 54 minutos. La mejora es viable económicamente ya que presenta un VAN de 9 469 soles, TIR de 67% y una relación B/C de 2.34 soles.

Palabras clave: Lean maintenance, desperdicios, productividad laboral, mantenimiento.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Alrededor del mundo, las empresas dedicadas al mantenimiento de equipos buscan incrementar su productividad, asimismo, las empresas miden el cumplimiento de sus logros a través de la productividad; ya que este indicador permite reducir costos de producción sin incrementar la utilización de los recursos de la empresa (Alva, 2018).

Vásquez (2018) considera que, en el mundo actual, no sólo la competitividad es importante, sino que también los precios de los insumos han aumentado y la obtención de los recursos cada vez es menos accesible (Vergara, 2017). Como resultado, muchas empresas han enfrentado barreras de mercado las cuales han limitado sus operaciones de producción y su participación en el negocio (Julca, 2017). Las actividades del planeamiento de mantenimiento son tan importantes como las actividades operativas, debido que se enfocan en la optimización de los recursos con el objetivo de ser rentables. Por ello, Vega (2017) realizó su investigación para reducir tiempos de ejecución de mantenimiento basado en herramientas Lean Maintenance en 10%.

Ante esta problemática se evalúan mejoras desarrolladas por diferentes autores, tales como lo es Lean Maintenance aplicado por Amambal y Huatay en su investigación y con ello se incrementó la productividad en un 12% (2018), Díaz (2018) y Romero (2017) también optimizaron las operaciones de mantenimiento reduciendo el 10% de sobretiempos (Hualla y Cárdenas, 2017) (Fernández, 2018);

Asimismo, Aguirre (2015) y Martínez (2017) plantearon reducir desperdicios y elevar la producción en un 15% con dicha metodología. Las herramientas más usadas que participan en una estrategia Lean Maintenance son mapeo de flujo de valor (VSM) (Díaz, 2018) (Escalante y Valencia, 2019); 5S que es un modelo de trabajo japonés que consiste en comprometer colaboradores y ayudarles a desarrollar habilidades, como disciplina y organización, que garantizarán mucha más calidad y seguridad en el trabajo, además de mejorar el clima organizacional (Medina, 2015)(Escobedo, 2018); Mantenimiento Productivo Total (TPM) que consiste en actividades de revisión parcial de forma planificada, en las cuales se ejecutan cambios, sustituciones, lubricaciones, entre otras actividades; antes de que se materialicen las fallas (Vigo, 2016)(Godoy, 2018)(Silva, 2019) y finalmente Kaizen que es una metodología de mejora continua (Martínez, 2017). Lean Maintenance tiene por objetivo mejorar, en lugar de mantener y reparar, y de dar tiempo al Departamento de Mantenimiento para centrarse en soluciones a largo plazo (Aguirre, 2015). El apoyo puede continuar para la implementación del Lean Maintenance, que implica: desarrollar prácticas estandarizadas para estabilizar y alargar la vida útil de los equipos y dispositivos, generalizar gradualmente estas prácticas para optimizar la capacidad de intervención y aumentar el intervalo de tiempo entre las intervenciones, transferir las operaciones de mantenimiento rutinario a Producción, sin que esto afecte la calidad del mantenimiento, mejorar las herramientas de gestión de los almacenes, de planificación, de elaboración de informes y de análisis y gestionar

los proyectos y la puesta a disposición de los equipos y dispositivos antes de la fase inicial y, por lo tanto, con anticipación (Fernández, 2018).

La productividad laboral es la relación entre el trabajo desempeñado o los bienes producidos por una persona en su trabajo (Romero, 2017). La productividad laboral es una medida muy importante para las empresas. Esta, además, se encuentra estrechamente ligada al crecimiento y el desarrollo económico (Martínez, 2017).

La empresa Divemotor está dedicada a la comercialización de autos, camiones y buses, brinda soporte de mantenimiento y servicio Post Venta. En dicha empresa específicamente en el área de mantenimiento, se presenta problemas con la productividad considerando las actividades de recepción, mantenimiento, lavado y entrega del vehículo, las mayores demoras son en la ejecución del mantenimiento, el cual llega al 92% de cumplimiento. Asimismo, los técnicos actualmente realizan el mantenimiento en promedio de 3.8 horas por vehículos lo cual dicho tiempo no permite que el técnico supere al target.

Ante esto, en la investigación se plantea usar las herramientas de Lean Maintenance, que permitan identificar y eliminar sistemáticamente, momentos de desperdicio en los procesos mencionados, y que generen condiciones que permitan el incremento de los indicadores de productividad a los niveles requeridos por la empresa Divemotor.

1.2. Formulación del problema

¿La aplicación de las herramientas Lean Maintenance mejoran la productividad del proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Aplicar las herramientas Lean Maintenance para mejorar la productividad en el proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar la productividad del proceso de mantenimiento durante el período de junio a noviembre del año 2019.
- Diagnosticar los desperdicios que afectan la productividad en el proceso de mantenimiento.
- Determinar el incremento de la productividad laboral en la empresa Divemotor con el diseño de las herramientas Lean Maintenance.
- Analizar la viabilidad económica del diseño de las herramientas Lean Maintenance en la empresa Divemotor.

1.4. Hipótesis

Con la aplicación de las herramientas Lean Maintenance se mejorará la productividad en el proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor.

CAPÍTULO II.

MÉTODO

2.1. Tipo de investigación

Según su propósito: en la presente investigación se aplicaron los conocimientos teóricos sobre Lean Maintenance en el proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor, por lo tanto, esta investigación es Aplicada (Oblitas, 2018).

Según la naturaleza de datos: La investigación fue cuantitativa porque se midió el incremento de la productividad al aplicar las herramientas Lean Maintenance, además se midieron los indicadores de mantenimiento mediante los datos en base a la observación (Oblitas, 2018).

2.2. Diseño de investigación

Según su diseño pre experimento, ya que consiste en administrar el tratamiento a un grupo de datos y después aplicar la medición en una o más variables para observar cuál es el nivel del grupo en estas variables (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

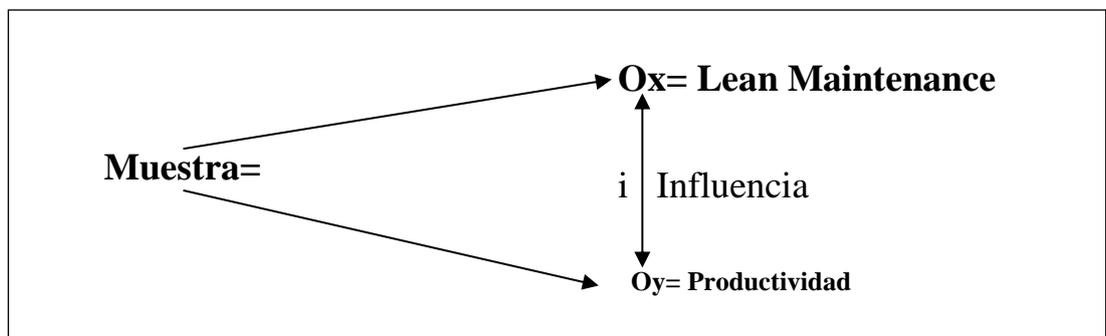


Figura 1. Diagrama explicativo utilizado.

Fuente: Hernández et al., (2014).

La metodología se ha realizado de acuerdo a los objetivos específicos planteados:

a. Análisis de la productividad laboral en el proceso de mantenimiento de vehículos comerciales

La productividad laboral representa el volumen total de producción producido por unidad de trabajo (medido en términos de número de personas empleadas) durante un período de referencia temporal determinado. Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$Productividad\ laboral = \frac{Mantenimientos\ realizados}{Cantidad\ de\ operarios}$$

b. Implementación de las herramientas Lean Maintenance en la productividad

Se volvió a medir la productividad y sus indicadores después de implementar Lean Maintenance y se compararon con los resultados antes de la mejora, utilizando las fórmulas de productividad laboral mostradas anteriormente.

2.2.1. Instrumentos

Las técnicas e instrumentos para la presente investigación se muestran en la siguiente tabla 1, indicando los instrumentos de cada una.

Tabla 1
Instrumentos de la investigación.

TECNICAS	INSTRUMENTO	APLICACIÓN
Entrevistas	✓ Guía de entrevista	Se aplicó al encargado del área ya que ellos se encargan de gestionar los procesos de mantenimiento.
Análisis de documentos	✓ Ficha de análisis documental	Registros y reportes de mantenimiento de la empresa.
Observación	✓ Guía de observación	Se llevó a cabo en el mantenimiento

2.3. Procedimiento

Procedimiento de recojo de datos

Para entrevista:

Preparación de la entrevista:

- El investigador definió a quienes entrevistar tomando en cuenta su cargo, indicando sus funciones en el área de mantenimiento, en este caso fue el supervisor del área de mantenimiento.
- La entrevista duró 15 minutos.
- El lugar donde se realizó la entrevista fue en la oficina del supervisor del área.

Secuencia de la entrevista

- Elaboración: se diseñaron las preguntas que se realizaron.
- Documentación: se escribieron los resultados.
- Verificación: se indicó al entrevistado las respuestas que nos dieron.
- Documentación: se archivaron los resultados de las entrevistas para su análisis posterior.

Para análisis de documentos

Objetivo:

Se elaboró un proceso de interpretación y análisis de la información de los estudios para luego sintetizarlo.

Procedimiento:

- Se preparó el análisis de documentos.
- Se seleccionó partes del documento para representar el contenido.
- Se analizó los contenidos de los documentos.
- Se ordenó o dispuso el contenido.

Secuencia del análisis de documentos

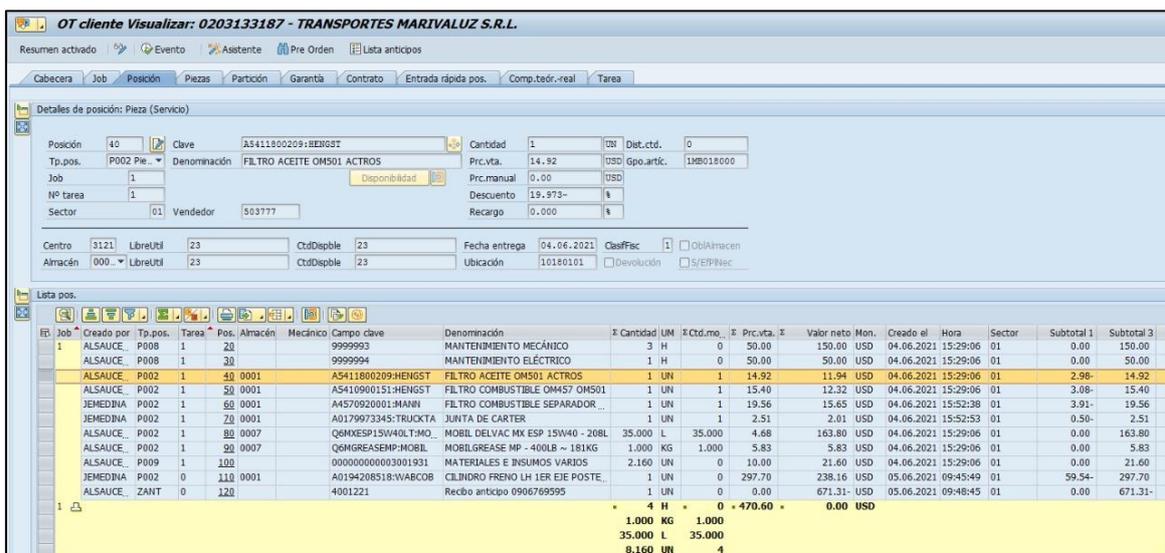
- Se estudió la información que se va a tomar.
- Se interpretó a detalle para elaborar la tesis.
- Se transformó el análisis teórico en la tesis.

Para procesamiento de datos

Después de haber aplicado el instrumento, se procedió a organizar la información en Ms Office con los programas informáticos: Word, Excel y SAP. Los pasos se muestran en la tabla 2.

Tabla 2
Procedimiento para elaborar el documento de tesis.

Trabajos	Detalle
Trabajo de gabinete	Se analizó los reportes de mantenimiento en SAP.
Trabajo de campo	Se realizó visitas al área de mantenimiento de la empresa Divemotor, para aplicar la entrevista y para observar el proceso de mantenimiento.
Trabajo de gabinete	Se analizó la mejora con la metodología Lean Maintenance.



Job	Creación	Pos. Pos.	Tarea	Pos. Almacén	Mecánico	Campo clave	Denominación	Quantidad	UM	Costo mo.	Prc. vta.	Valor neto	Mon.	Creado el	Hora	Sector	Subtotal 1	Subtotal 3	
1	ALSAUCE	P008	1	20		9999993	MANTENIMIENTO MECÁNICO	3	H	0	50.00	150.00	USD	04.06.2021	15:29:06	01	0.00	150.00	
	ALSAUCE	P008	1	20		9999994	MANTENIMIENTO ELECTRICICO	1	H	0	50.00	50.00	USD	04.06.2021	15:29:06	01	0.00	50.00	
	ALSAUCE	P002	1	40	0001	A5411800209:HENGST	FILTRO ACEITE OM501 ACTROS	1	UN	1	14.92	11.94	USD	04.06.2021	15:29:06	01	2.98	14.92	
	ALSAUCE	P002	1	50	0001	A5411090015:HENGST	FILTRO COMBUSTIBLE OM457 OM501	1	UN	1	15.40	12.32	USD	04.06.2021	15:29:06	01	3.08	15.40	
	JEMEDINA	P002	1	60	0001	A4570920001:MANN	FILTRO COMBUSTIBLE SEPARADOR...	1	UN	1	19.56	15.65	USD	04.06.2021	15:52:38	01	3.91	19.56	
	JEMEDINA	P002	1	70	0001	A0179973345:TRUCKTA	JUNTA DE CARTER	1	UN	1	2.51	2.01	USD	04.06.2021	15:52:53	01	0.50	2.51	
	ALSAUCE	P002	1	80	0007	Q6MXESP15W40LT:MO...	MOBIL DELVAC MX ESP 15W40 - 208L	35.000	L	35.000	4.68	163.80	USD	04.06.2021	15:29:06	01	0.00	163.80	
	ALSAUCE	P002	1	90	0007	Q6MGREASEM:MOBIL	MOBILGREASE MP - 400LB ~ 181KG	1.000	KG	1.000	5.83	5.83	USD	04.06.2021	15:29:06	01	0.00	5.83	
	ALSAUCE	P009	1	100		00000000003001931	MATERIALES E INSUMOS VARIOS	2.160	UN	0	10.00	21.60	USD	04.06.2021	15:29:06	01	0.00	21.60	
	JEMEDINA	P002	0	110	0001	A0194208518:WABCOB	CILINDRO FRENO LH 1ER EJE POSTE...	1	UN	0	297.70	238.16	USD	05.06.2021	09:45:49	01	59.54	297.70	
	ALSAUCE	ZANT	0	120		4001221	Recibo anticipo 0906769595	1	UN	0	0.00	671.31	USD	05.06.2021	09:48:45	01	0.00	671.31	
												4 H	0	470.60	0.00	USD			
												1.000 KG	1.000						
												35.000 L	35.000						
												8.160 UN	4						

Figura 2. Reporte SAP.

Id	Pedido DBM	Patente	Tipo OT	Tipo OT	Cliente	Teléfono	Modelo Veh.	Asesor
	203156652	BHY-936	Z515	OT Asistencia en Terreno	EMPRESA MINERA EL PROGRESO SRL		NEW ACTROS 2645 LS 6X4 3250	SAUCEC
	203156838	EGW-729	Z515	OT Asistencia en Terreno	PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTUR		ACTROS 3344K	SAUCEC
	203157040	S/N	Z515	OT Asistencia en Terreno	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAEN		ATEGO 2730 6X4 4800 (EURO V)	SAUCEC
	203157020	S/N	Z515	OT Asistencia en Terreno	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAEN		ATEGO 2730 6X4 4800 (EURO V)	SAUCEC
	203157669	TAK-874	Z510	OT cliente	VARU INGENIEROS E.I.R.L.	VARU INGENIEROS E.I.R.L. - +51666408418	CA116 6x4 60N DD13.470 DT12	SAUCEC
	203158268	T08-902	Z510	OT cliente	ALVARO GERMAN SAUCEDO YESQUEH	ALVARO GERMAN SAUCEDO YESQUEH +51951710677	RAM 1200 Mid power	SAUCEC
	203157269	T5A-337	Z510	OT cliente	MELISSA GIOVANA MENDOZA VASQUEZ	MELISSA GIOVANA MENDOZA VASQUEZ - +51976770432	RENEGADE SPORT	SAUCEC
	203158108	S/N	Z515	OT Asistencia en Terreno	MUNIC.PROV.CAJABAMBA		ATEGO 1726/48 4X2 (EURO V)	SAUCEC
	203158121	T9E-953	Z515	OT Asistencia en Terreno	CRUZ DE MARIA SERVICIOS GENERALES		LO 916/48	SAUCEC
	203158194	280628	Z552	Pre entrega DEALER	DIVEIMPORT S.A.		GLA 200	SAUCEC
	203158306	T41-350	Z510	OT cliente	ALONZO RAMIREZ ALVARADO	ALONZO RAMIREZ ALVARADO - +51443750008	GRAND CHEROKEE OVERLAND	SAUCEC
	203158440	T58-002	Z510	OT cliente	WILMER GUSTAVO CABANILLAS MOSQUEIRA	WILMER GUSTAVO CABANILLAS MOSQUEIRA +51951738445	CLA 180	SAUCEC
	203159551	T9D-956	Z510	OT cliente	E.T.S.G.SAGITARIO SRL	E.T.S.G.SAGITARIO SRL - +510076635382	OF 1730/59	SAUCEC
	203158804	T0I-874	Z510	OT cliente	ANGELES MINERIA Y CONSTRUCCION S.A.	Jhon Cospurma - +51986333624	ACTROS 3344K	SAUCEC
	203159275	T9O-928	Z510	OT cliente	LA PALMA SERVICIOS GENERALES SAC	LA PALMA SERVICIOS GENERALES SAC - +51551558897	ACTROS 3344K	SAUCEC
	203159167	T5N-166	Z510	OT cliente	CONTRATISTAS M & G SRL	Rogelio Casas Juan - +51945722943	SPRINTER 516CDI (20+1)	SAUCEC
	203159711	T5L-338	Z510	OT cliente	CCA PERU SAC	Junior Sanchez - +51778374462	LO 916/48	SAUCEC
	203159303	T0A-951	Z515	OT Asistencia en Terreno	SERVICIOS GENERALES CHIMIN S.R.L.		SPRINTER 516CDI (20+1)	SAUCEC

Figura 3. Histórico de mantenimientos reportados en SAP.

2.4. Matriz de operacionalización

Tabla 3

Matriz de operacionalización

Estudiante: Medina Rodríguez Jesús					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable dependiente: Productividad laboral	Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y la cantidad de personal utilizado (Álvarez, y otros, 2018).	La productividad se entiende como la relación entre lo producido y los medios empleados, se mide entre los resultados logrados y los recursos empleados ya sean por unidades producidas, piezas vendidas, clientes atendidos o en utilidades.	Productividad laboral	# de mantenimientos realizados / cantidad de trabajadores	Numérico
			Eficiencia	Mantenimientos realizados/ Total de vehículos ingresados	Numérico
			Eficacia	Mantenimientos realizados/ Total de vehículos programados	Numérico
Variable independiente: Lean Maintenance	Filosofía de gestión enfocada a la reducción de los ocho tipos de “desperdicios” o MUDA por su palabra japonesa (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos, potencial humano subutilizado) en servicios otorgados a un cliente. (García, 2016).	Se enfoca básicamente en la eliminación de los desperdicios que están en los procesos y áreas de trabajo, buscando el incremento de la productividad laboral.	Cantidad de desperdicios	Espera.	Minutos
				Transporte innecesario	Minutos
				Sobreprocesamiento.	Minutos
				Movimiento innecesario.	Minutos

CAPÍTULO III.

RESULTADOS

3.1. Productividad del proceso de mantenimiento durante el período de junio a noviembre del año 2019

3.1.1. Cálculo de la productividad respecto al factor humano

Considerando que la meta es 180 mantenimientos mes por cada 3 operarios, se calculó la productividad de junio a noviembre del año 2019 (figura 4).

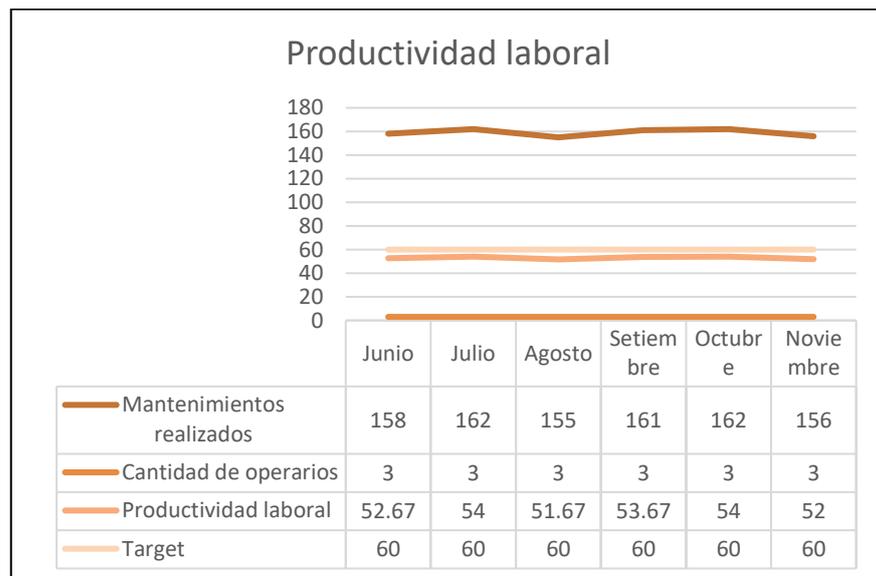


Figura 4. Productividad laboral actual.

Como se aprecia la productividad laboral se encuentra por debajo del target.

En la figura 5, se muestra la comparación de la productividad laboral y el target. La productividad actual en promedio es 53, sin embargo, el target es 60, por lo tanto, se deben proponer mejoras.

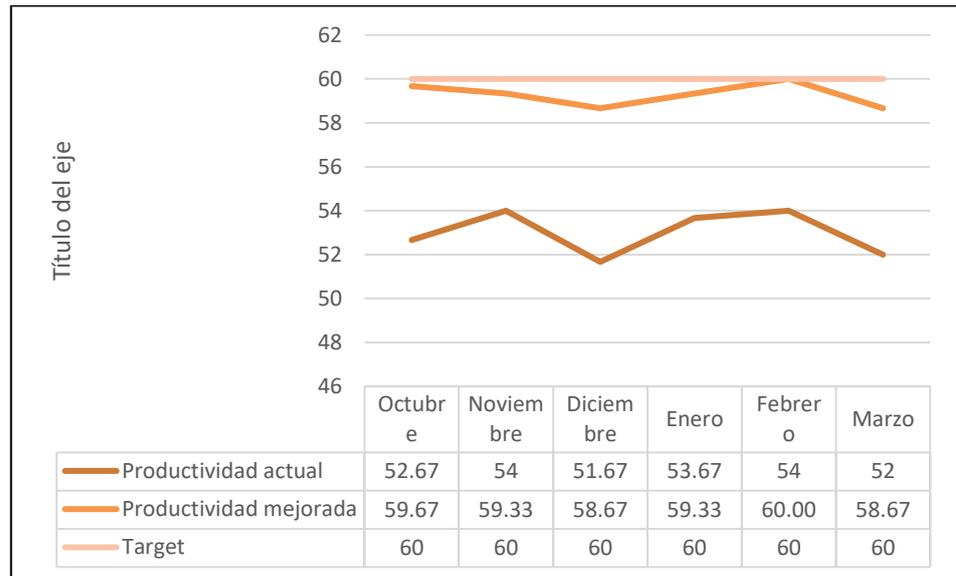


Figura 5. Productividad laboral Vs Target.

3.1.2. Cálculo de la eficiencia

- Número de mantenimientos realizados

En la tabla 4, se muestra el reporte de mantenimientos realizados en el 2019:

- Total de vehículos ingresados

En este ítem se han tomado datos desde junio hasta noviembre del 2019, y se ha resumido en la tabla 5:

Tabla 5

Total de vehículo ingresados.

MES/2019	DIAS LABORABLES DIVEMOTOR																										TOTAL	
JUNIO	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab			
	01-Jun	03-Jun	04-Jun	05-Jun	06-Jun	07-Jun	08-Jun	10-Jun	11-Jun	12-Jun	13-Jun	14-Jun	15-Jun	17-Jun	18-Jun	19-Jun	20-Jun	21-Jun	22-Jun	24-Jun	25-Jun	26-Jun	27-Jun	28-Jun	29-Jun			
	3	9	11	6	11	10	4	7	8	6	11	9	3	7	8	8	8	10	2	8	12	9	11	7	0			188
JULIO	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	
	01-Jul	02-Jul	03-Jul	04-Jul	05-Jul	06-Jul	08-Jul	09-Jul	10-Jul	11-Jul	12-Jul	13-Jul	15-Jul	16-Jul	17-Jul	18-Jul	19-Jul	20-Jul	22-Jul	23-Jul	24-Jul	25-Jul	26-Jul	27-Jul	29-Jul	30-Jul	31-Jul	
	10	9	9	8	6	4	11	7	7	6	7	3	9	9	6	7	8	4	11	10	10	7	8	3	0	9	9	197
AGOSTO	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	
	01-Ago	02-Ago	03-Ago	05-Ago	06-Ago	07-Ago	08-Ago	09-Ago	10-Ago	12-Ago	13-Ago	14-Ago	15-Ago	16-Ago	17-Ago	19-Ago	20-Ago	21-Ago	22-Ago	23-Ago	24-Ago	26-Ago	27-Ago	28-Ago	29-Ago	30-Ago	31-Ago	
	8	8	7	7	9	9	12	8	3	8	7	8	8	9	3	8	11	6	6	7	4	9	8	8	8	0	2	191
SEPTIEMBRE	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun			
	02-Set	03-Set	04-Set	05-Set	06-Set	07-Set	09-Set	10-Set	11-Set	12-Set	13-Set	14-Set	16-Set	17-Set	18-Set	19-Set	20-Set	21-Set	23-Set	24-Set	25-Set	26-Set	27-Set	28-Set	30-Set			
	8	8	7	7	8	5	9	8	9	8	8	3	10	7	8	7	8	3	9	7	10	8	9	2	8			184
OCTUBRE	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	
	01-Oct	02-Oct	03-Oct	04-Oct	05-Oct	07-Oct	08-Oct	09-Oct	10-Oct	11-Oct	12-Oct	14-Oct	15-Oct	16-Oct	17-Oct	18-Oct	19-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct	25-Oct	26-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct	31-Oct	
	6	6	8	9	4	8	0	12	9	7	3	8	6	9	8	8	3	6	7	8	7	8	3	8	6	12	6	185
NOVIEMBRE	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab		
	01-Nov	02-Nov	04-Nov	05-Nov	06-Nov	07-Nov	08-Nov	09-Nov	11-Nov	12-Nov	13-Nov	14-Nov	15-Nov	16-Nov	18-Nov	19-Nov	20-Nov	21-Nov	22-Nov	23-Nov	25-Nov	26-Nov	27-Nov	28-Nov	29-Nov	30-Nov		
	0	2	9	6	7	8	6	7	8	7	8	7	6	6	10	9	10	11	9	2	8	8	6	8	6	3		177

Tabla 6
Eficiencia mensual.

Mes	Mantenimientos realizados	Total de vehículos ingresados	Eficiencia
Junio	158	188	0.84
Julio	162	197	0.82
Agosto	155	191	0.81
Setiembre	161	184	0.88
Octubre	162	185	0.88
Noviembre	156	177	0.88
Promedio			0.85

3.1.3. Cálculo de eficacia

Para el cálculo de la eficacia se ha determinado dos ítems que son número de mantenimiento realizados, los cuales se encuentran detallados en la tabla 4 y el total de vehículos programados.

El total de vehículos programados se ha establecido por el área de mantenimiento en 180 vehículos mensuales, con estos datos se calculó la eficacia mensual en la tabla 7.

Tabla 7
Cálculo de la eficacia mensual.

Mes	Mantenimientos realizados	Total de vehículos programados	Eficacia
Junio	158	180	0.88
Julio	162	180	0.90
Agosto	155	180	0.86
Setiembre	161	180	0.89
Octubre	162	180	0.90
Noviembre	156	180	0.87
Promedio			0.88

3.2. Diagnosticar los desperdicios que afectan la productividad en el proceso de mantenimiento

3.2.1. Tiempo de espera:

Para determinar este indicador se ha utilizado el diagrama de análisis del proceso, tal como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8

Diagrama de análisis de actividades.

Actividades	Tiempo	Op.	Trans.	Dem.	Insp,	Ope+Ins	Almac
	min.	○	⇒	D	□	⊗	▽
Test de entrada	13.3	X					



Esperar test
impreso



8

X

Recoger
test
impreso



3.1

X

Generar vale de pedido



5.9 X

Esperar vale de pedido



5.2 X

Esperar los repuestos de almacén



15

X

Revisar repuestos



5.6

X

Sacar
herramienta
de maleta



2.2 X

Reemplazar
filtro de
aceite



10.3 X

Sacar
herramienta
de maleta



2 X

Reemplazar
filtro de
combustible



11.2 X

Sacar herramienta de maleta



2.8 X

Reemplazar filtro racor



9.4 X

Esperar cilindro de aceite



12

X

Trasladar cilindro de aceite



6.7

X

Insertar aceite al motor



11.9 X

Esperar cilindro de grasa



9.8 X

Trasladar cilindro de grasa



3.9 X

Aplicar grasa



13.9 X

Diagnosticar dirección



14.5 X

Diagnosticar frenos



23.2 X

Diagnosticar
suspensión



19.2 X

Test de
salida



11.4 X

Recoger
test
impreso



4.4 X

Desechar
filtros



3.1 X

Total

228 minutos

En la Tabla 8, se muestra el Diagrama de Actividades del Proceso (DAP) cuantificando las operaciones realizadas para un servicio de vehículo que incluye el mantenimiento tipo M. Como demoras se han determinado 50 minutos.

3.2.2. Transporte innecesario:

Las actividades que realizan en el taller de Divemotor, comprende el desplazamiento a distintas áreas, tal como se muestra en el siguiente plano:

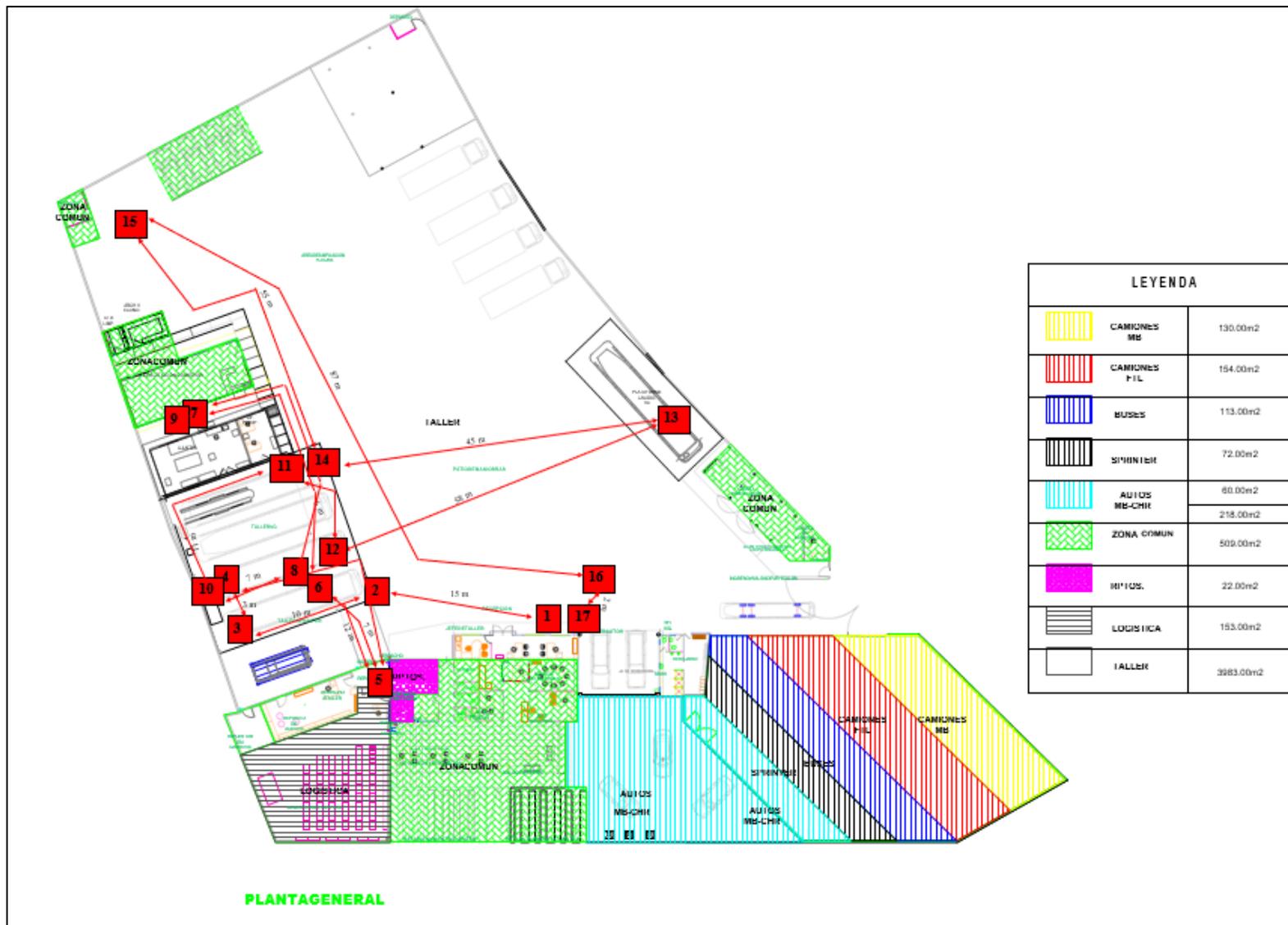


Figura 6. Recorrido de actividades.

El recorrido de actividades, los movimientos innecesarios son los que se encuentran resaltados en color rojo, los cuales ascienden a 23 metros, se desarrollan tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 9
Recorrido de transporte.

Tramo	Descripción del recorrido	Recorrido en metros	Tiempo de transporte innecesario (min)
1	Trasladar vehículo de recepción a bahía de taller	15	2
2	Técnico traslada la maleta de herramientas a zona de trabajo	10	1.7
3	Técnico se traslada a la computadora a generar vale de pedido de repuestos	3	1
4	Técnico se dirige a recoger los repuestos a almacén	7	1.5
5	Técnico traslada los repuestos a la bahía de taller	12	1.8
6	Técnico se dirige a adquirir el cilindro de aceite de motor	13	1.8
7	Técnico retorna a la bahía con el cilindro de aceite	14	1.9
8	Técnico se dirige a adquirir el cilindro de grasa	12	2.1
9	Técnico retorna a la bahía con el cilindro de grasa	16	2.1
10	Técnico se dirige a recoger los test de entrada y salida impreso	12	1.8
11	Técnico se dirige a bahía de taller para adjuntar los test a la orden de servicio	10	1.6
12	Técnico traslada el vehículo a zona de lavado	8	1.5
13	Técnico se traslada a recoger los filtros	52	4.2

14	usados o reemplazados Técnico traslada los filtros usados a tachos ecológicos para reciclado	45	3.8
15	Técnico se traslada a entregar la orden se servicio al supervisor de taller	35	3.1
16	Técnico se traslada a tomar nueva orden de servicio	57	4.4
Total		321 m.	8.9 min.

Para determinar este indicador se ha utilizado el diagrama de análisis del proceso, tal como se muestra en la tabla 9, se tienen 8.9 minutos de transporte innecesario.

3.2.3. Sobreprocesamiento

Este desperdicio se ha generado mediante actividades repetitivas consideradas por la empresa como reprocesos, que son aquellos vehículos que retornan al taller por inconformidad presentada por el cliente que solicitó el servicio. Para el calcular el tiempo de reprocesos se ha realizado la toma de tiempo en cada reproceso clasificado en sistemas.

Tabla 10
Demoras en reprocesos.

Mes	Actividades del mantenimiento preventivo	Reproceso en actividades	Cantidad de reprocesos	Tiempo por reproceso (minutos)	Tiempo total en reproceso (minutos)
Junio 2019	Revisión de suspensión	X	2	12	24
	Revisión de dirección	X	1	8	8
	Revisión de testigos en el tablero de instrumentos	X	4	12	48
Julio 2019	Revisión de suspensión	X	1	8	8

	Revisión de frenos	X	2	9	18
	Revisión de dirección	X	1	8	8
	Revisión de luces	X	2	5	10
	Revisión de testigos en el tablero de instrumentos	X	1	12	12
Agosto 2019	Revisión de suspensión	X	2	12	24
	Revisión de frenos	X	1	10	10
	Revisión de luces	X	3	6	18
	Instalación de filtros	X	1	20	20
Setiembre 2019	Revisión de suspensión	X	1	12	12
	Revisión de dirección	X	1	8	8
	Revisión de luces	X	1	4	4
	Revisión de testigos en el tablero de instrumentos	X	3	4	12
	Instalación de filtros	X	1	8	8
Octubre 2019	Revisión de frenos	X	1	13	13
	Revisión de dirección	X	1	15	15
	Revisión de luces	X	2	7	14
	Revisión de testigos en el tablero de instrumentos	X	1	12	12
Noviembre 2019	Revisión de suspensión	X	2	9	18
	Revisión de frenos	X	1	13	13
	Revisión de luces	X	1	5	5
	Revisión de testigos en el tablero de instrumentos	X	2	12	24
	Instalación de filtros	X	1	7	7
Total					373

En la tabla 10, se evidencia los meses de análisis, las actividades del mantenimiento preventivo, los reprocesos, cantidad de reprocesos, tiempo por reproceso y el tiempo total en reproceso que asciende a 373 minutos en seis meses.

3.2.4. Movimientos innecesarios:

En la tabla 11, se muestran los movimientos tipo desperdicios fundamentado en el diagrama bimanual para el mantenimiento tipo M, en ella se evidencian todos los procesos, tiempos y se describe la mano con la que la realizan.

Tabla 11
Traslados y movimientos fundamentados en el diagrama bimanual – Mantenimiento tipo M.

Movimientos con la Mano izquierda	Símbolo	Tiempo (minutos)	Tiempo (segundos)	Símbolo	Movimientos con la Mano derecha
Busca la orden	B	2	2	B	Busca la orden
Escribe en el teclado	T	2	2	SO	Sostiene el mouse
Suelta el teclado	S	1	1	S	Suelta el mouse
Posiciona la orden en la lista de trabajo	P	3	3	P	Posiciona la orden en la lista de trabajo
Busca herramientas del test de entrada	B	10	10	B	Busca herramientas del test de entrada
Alcanza la herramienta de scaneo	AL	10	16	PL	Planear
Toma la herramienta de scaneo	T	2			
Mueve la herramienta de scaneo	M	2			
Suelta la herramienta de scaneo	S	2			
Busca test impreso	B	5	5	B	Busca test impreso
Planear	PL	6	2	SO	Sostiene el test impreso
			2	M	Mueve el test impreso
	P	3	2	SO	Sostiene la mano para recibir el vale de pedido

Posiciona su mano para recibir el vale de pedido			1	M	Mueve a la mano izquierda
Toma los filtros	T	17	17	B	Busca la ubicación de los filtros
Sostiene el filtro	SO	2	7	SE	Selecciona la ubicación del filtro
Sostiene la llave para instalación de filtro	SO	2	2	SO	Sostiene el filtro
Toma el filtro	T	2	2	SO	Sostiene el filtro
Suelta el filtro anterior al costado de la zona de instalación	S	2	2	B	Suelta el filtro anterior al costado de la zona de instalación
Sostiene el aceite	SO	2	2	SO	Sostiene el aceite
Sostiene el aceite	SO	5	19	U	Usa trapo
Toma el aceite	T	2	2	SO	Sostiene el aceite
Sostiene el aceite	SO	3	3	M	Mueve el aceite
Toma la tapa del depósito de aceite	T	2	2	SO	Toma la tapa
Suelta el depósito de aceite	S	5	5	I	Inspecciona el aceite
Toma la grasa	T	19	19	U	Usa la grasa
Mueve la grasa	M	6	2	SO	Sostiene la grasa
Suelta la grasa	S	2	2	SO	Sostiene la la parte engrasada
Busca herramientas para diagnóstico de dirección y frenos	B	3	3	B	Busca herramientas para diagnóstico de dirección y frenos
Toma las herramientas	T	2	2	SO	Sostiene la herramienta
Suelta las herramientas	S	4	4	S	Suelta las herramientas
Busca la falla	B	8	8	B	Busca la falla
Toma herramientas de diagnóstico	T	2	2	SO	Sostiene herramientas de diagnóstico
Suelta las herramientas de diagnóstico	S	4	4	S	Suelta las herramientas de diagnóstico

En la tabla 12, se muestra los procesos que realiza la mano izquierda, con ella se realiza un total de movimientos necesarios de 81 minutos y un total de traslados y movimientos innecesarios de 48 minutos.

Tabla 12

Traslados y movimientos con la mano izquierda para el mantenimiento tipo M.

Movimientos necesarios		Tiempo (minutos)
Al	Alcanzar	10
M	Mover	8
T	Tomar	50
S	Soltar	20
Total		81
Movimientos innecesarios		Tiempo (minutos)
B	Buscar	28
P	Posicionar	6
SO	Sostener	14
Total		48

En la tabla 13, se muestra los procesos que realiza la mano derecha, con ella se realiza un total de movimientos necesarios de 53 minutos y un total de traslados y movimientos innecesarios de 97 minutos.

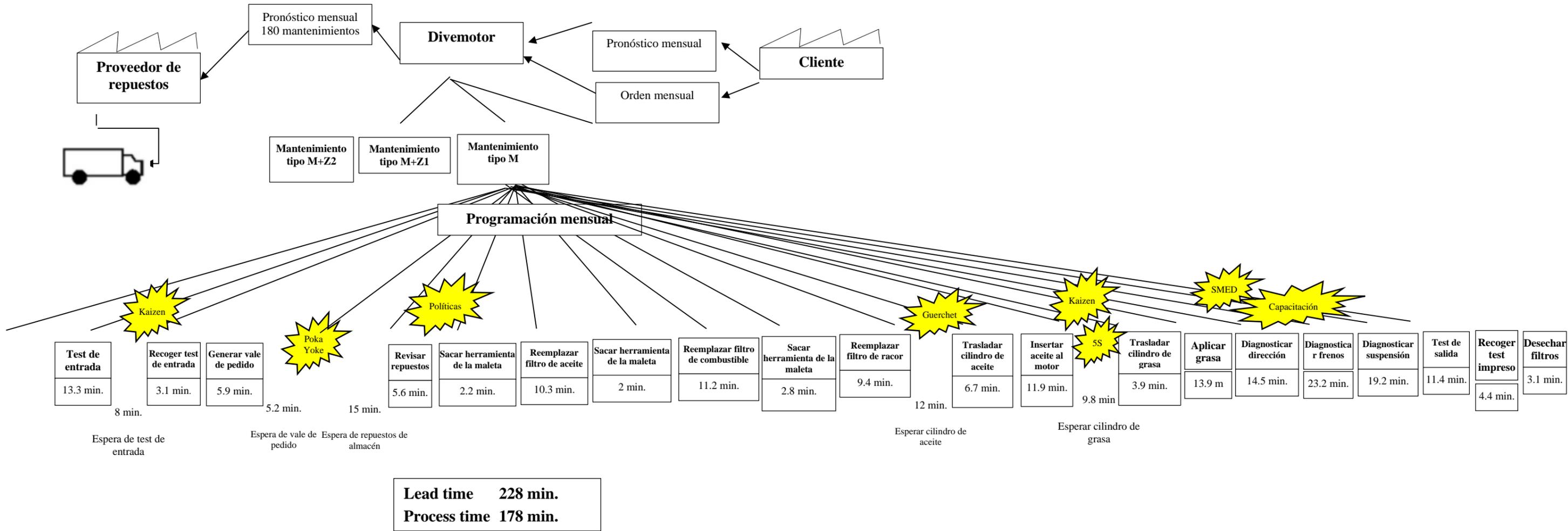
Tabla 13

Traslados y movimientos con la mano derecha para el mantenimiento tipo M.

Movimientos necesarios		Tiempo (minutos)
M	Mover	6
S	Soltar	9
U	Usar	38
Total		53
Movimientos innecesarios		Tiempo (minutos)
B	Buscar	47
SE	Seleccionar	7
P	Posicionar	3
PL	Planear	16
SO	Sostener	24
Total		97

3.2.5. VSM

Finalmente, se presenta el VSM en la figura siguiente:



3.1.3. Resultados de los indicadores actuales

Tabla 14

Matriz de operacionalización con resultados actuales.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Valor actual
Variable dependiente: Productividad laboral	Productividad laboral	# de mantenimientos realizados / cantidad de trabajadores	53
	Eficiencia	Mantenimientos realizados/ Total de vehículos ingresados	0.85
	Eficacia	Mantenimientos realizados/ Total de vehículos programados	0.88
Variable independiente: Lean Maintenance	Cantidad de desperdicios	Espera.	50 min
		Transporte innecesario	8.9 min
		Sobreprocesamiento	373 min
		Movimiento innecesario.	Izquierda 48 min
			Derecha 97 min

3.3. Diseñar las herramientas Lean Maintenance en función de los desperdicios detectados

Las herramientas Lean Maintenance se eligieron de acuerdo a las causas de los desperdicios principales, que se detallan en la tabla 15.

Tabla 15

Herramientas a utilizar por desperdicio.

Desperdicio	Opción de mejora	Justificación
Tiempo de espera	5S, método Guerchet, plan de capacitación	Mediante 5S, van a mantener en orden y limpieza la zona de trabajo. Además, los trabajadores al estar capacitados van a realizar sus actividades con mayor eficiencia. El método Guerchet va a distribuir adecuadamente los equipos dentro del taller, por lo tanto, facilitará el desplazamiento de los trabajadores.
Transporte innecesario	5S	Se mantendrán las herramientas y máquinas en orden facilitando el desplazamiento de los trabajadores.
Sobreprocesamiento	5S, mantenimiento preventivo, Kaizen	Mediante las 5S se van a reducir la cantidad de actividades repetitivas, con el mantenimiento preventivo las inspecciones a los vehículos serán menores.
Movimientos innecesarios	Diagrama Bimanual	El orden, limpieza y clasificación de herramientas facilitarán el trabajo del mecánico. El método Guerchet va a

distribuir adecuadamente los equipos dentro del taller, por lo tanto, facilitará el desplazamiento de los trabajadores.

3.3.1. Poka Yoke

Las horas de jornada laboral diaria presentan horas no disponibles, por uso de los servicios, uso de celular y otras paradas, por lo que se aplica el Poka Yoke para reducir a un tiempo no disponible, como se muestra a continuación:

Tabla 16
Horas no disponibles actuales.

Uso de servicios higiénicos	Uso de celular	Otras paradas
6 veces	5 llamadas	10 minutos en charla de seguridad
8 minutos por ida al baño	5 minutos por llamada	10 minutos de limpieza
48 minutos	25 minutos por llamadas	10 minutos por otras paradas

Para eliminar el uso de celular, se notificará y colocará señales en el área de mantenimiento la prohibición del uso de celular, indicando que los casos de emergencia, los familiares deben comunicarse a un número específico de la empresa, en donde la señorita que atiende sabrá o tendrá a la mano los nombres de los familiares cercanos al operario, para poder recibir la llamada de emergencia. El primer Poka Yoke, se muestra a continuación, por lo que los minutos desperdiciados por llamadas, se reduce a cero.



Figura 7. No celulares en mantenimiento– Poka Yoke.



Figura 8. Colocación de cartel de prohibición de ingreso con celulares al taller.

La siguiente pérdida de tiempo, lo que genera cuellos de botella o tiempos de espera en mantenimiento son por otras paradas, reduciendo las charlas diarias de seguridad a 5 minutos, lo que debería ser, y en el mantenimiento actual es de 10 minutos, lo cual se va a reducir entregando panfletos y publicando en mantenimiento, los avisos de seguridad que deben seguir, como se observa a continuación:



Figura 9. Avisos de seguridad– Poka Yoke.

El control que debe acompañar dicho Poka Yoke en esta estación de trabajo de mantenimiento es el que se muestra a continuación. No puede ser complejo por lo que el mantenedor debe manejarlo con rapidez para no perder tiempo en el proceso de mantenimiento. Estos datos luego se ingresan en el servidor diariamente para tener resultados en tiempo real.

Tabla 17
Poka Yoke 2.

Control de calidad en mantenimiento	10/2021	11/2021	12/2021	Observaciones
Regular parámetros	Sí			
Revisar lubricación	Sí			
Revisión suspensión	Sí			
Revisión de luces	Sí			
Revisión sistema eléctrico	Sí			
Total tiempo en minutos	20 min			
Mantenimiento conforme				
Mantenimiento no conforme				

3.3.2. Método Guerchet

- Cálculos de las superficies

La empresa cuenta con maquinaria industrial, estas maquinarias son fijas y móviles. En la Tabla 18, se muestran las medidas de las maquinarias fijas y móviles, se indica la cantidad del elemento, el largo, el ancho, la altura y los lados.

Tabla 18
Medida de maquinarias.

Elementos	Fija/Móvil	Largo (Mts)	Ancho (Mts)	Altura (Mts)	Lados
Bombas de aceite	móvil	0.98	0.72	0.52	4
Carrito portaherramientas	móvil	1.5	0.67	1.6	4
Camillas	móvil	2	0.98	2	4
Scanner Xentryl portal	móvil	0.85	0.5	0.45	4
Gata hidráulica tipo botella	móvil	0.48	0.7	0.5	1
Gata hidráulica tipo lagarto	móvil	1.2	0.45	0.5	4

Para realizar el cálculo de superficies, se requiere hallar primero la variable K, de acuerdo al Método Guerchet.

Dónde:

H = altura promedio de elementos que se desplazan en planta.

h = altura promedio de elementos que permanecen fijos.

Se calcula la variable K:

$$K = \frac{h}{2} \quad (1)$$

$$K = \frac{0.93}{2} = 0.47$$

En la Tabla 19, se muestra el cálculo de la superficie estática, de gravitación, evolución y finalmente la superficie total. El área requerida para la empresa es de 35.06 m², y el taller, cuenta con un área total de 3 283 m², actualmente

los elementos identificados se han colocados de manera dispersa, como medida de mejora las bombas de aceite se encontrarán inmersos en los cilindros, el carrito portaherramientas se colocará en el taller, las camillas mover junto al taller, el Scanner Xentryl portal se cambió de ubicación de sala de ajustes al taller, la gata hidráulica tipo lagarto y la gata hidráulica tipo botella se movieron a taller, por lo que el espacio es el apropiado para la redistribución.

Tabla 19

Cálculo de la superficie estática, de gravitación, evolución y superficie total.

Elemento	Pos.	Largo (Mts)	Ancho (Mts)	Altura (Mts)	Lado	Ss	Sg	K	Se	St
Bombas de aceite	móvil	0.98	0.72	0.52	4	0.71	2.82	0.47	1.66	5.19
Carrito portaherramientas	móvil	1.5	0.67	1.6	4	1.01	4.02	0.47	2.36	7.39
Camillas	móvil	2	0.98	2	4	1.96	7.84	0.47	4.61	14.41
Scanner Xentryl portal	móvil	0.85	0.5	0.45	4	0.43	1.70	0.47	1.00	3.12
Gata hidráulica tipo botella	móvil	0.48	0.7	0.5	1	0.34	0.34	0.47	0.32	0.99
Gata hidráulica tipo lagarto	móvil	1.2	0.45	0.5	4	0.54	2.16	0.47	1.27	3.97
Total										35.06

3.3.3. Diagrama bimanual

El diagrama bimanual es una herramienta de registro de la información que se emplea en el estudio de movimientos del operario. En él se refleja la secuencia de operaciones que sigue cada una de las extremidades que participan conjuntamente en el desarrollo de una tarea. Como medida de mejora se han reducido las operaciones innecesarias en cada extremidad, tal como lo muestra la tabla 20.

Tabla 20

Traslados y movimientos fundamentados en el diagrama bimanual – Mantenimiento tipo M.

Movimientos con la Mano izquierda	Símbolo	Tiempo (minutos)	Tiempo (segundos)	Símbolo	Movimientos con la Mano derecha
Busca la orden	B	2	2	B	Busca la orden
Escribe en el teclado	T	2	2	SO	Sostiene el mouse
Suelta el teclado	S	1	1	S	Suelta el mouse
Posiciona la orden en la lista de trabajo	P	1	1	P	Posiciona la orden en la lista de trabajo
Busca herramientas del test de entrada	B	3	3	B	Busca herramientas del test de entrada
Alcanza la herramienta de scaneo	AL	10			
Toma la herramienta de scaneo	T	2	16	PL	Planear
Mueve la herramienta de scaneo	M	2			
Suelta la herramienta de scaneo	S	2			
Busca test impreso	B	1	1	B	Busca test impreso
Planear	PL	6	2	SO	Sostiene el test impreso
			2	M	Mueve el test impreso
Posiciona su mano para recibir el vale de pedido	P	1	1	SO	Sostiene la mano para recibir el vale de pedido
			1	M	Mueve a la mano izquierda
Toma los filtros	T	17	4	B	Busca la ubicación de los filtros
Sostiene el filtro	SO	1	2	SE	Selecciona la ubicación del filtro
Sostiene la llave para instalación de filtro	SO	1	1	SO	Sostiene el filtro
Toma el filtro	T	2	2	SO	Sostiene el filtro
Suelta el filtro anterior al costado de la zona de instalación	S	2	2	B	Suelta el filtro anterior al costado de la zona de instalación
Sostiene el aceite	SO	1	1	SO	Sostiene el aceite
Sostiene el aceite	SO	1	19	U	Usa trapo
Toma el aceite	T	2	1	SO	Sostiene el aceite
Sostiene el aceite	SO	1	3	M	Mueve el aceite

Toma la tapa del depósito de aceite	T	2	1	SO	Toma la tapa
Suelta el depósito de aceite	S	5	5	I	Inspecciona el aceite
Toma la grasa	T	19	19	U	Usa la grasa
Mueve la grasa	M	6	1	SO	Sostiene la grasa
Suelta la grasa	S	2	1	SO	Sostiene la la parte engrasada
Busca herramientas para diagnóstico de dirección y frenos	B	3	3	B	Busca herramientas para diagnóstico de dirección y frenos
Toma las herramientas	T	2	1	SO	Sostiene la herramienta
Suelta las herramientas	S	4	4	S	Suelta las herramientas
Busca la falla	B	5	5	B	Busca la falla
Toma herramientas de diagnóstico	T	2	1	SO	Sostiene herramientas de diagnóstico
Suelta las herramientas de diagnóstico	S	4	4	S	Suelta las herramientas de diagnóstico

En la tabla 21, se muestra los procesos que realiza la mano izquierda, con ella se realiza un total de movimientos necesarios de 81 minutos y un total de traslados y movimientos innecesarios de 21 minutos.

Tabla 21

Traslados y movimientos con la mano izquierda para el mantenimiento tipo M.

Movimientos necesarios		Tiempo (minutos)
Al	Alcanzar	10
M	Mover	8
T	Tomar	50
S	Soltar	20
Total		81
Movimientos innecesarios		Tiempo (minutos)
B	Buscar	14
P	Posicionar	2
SO	Sostener	5
Total		21

En la tabla 22, se muestra los procesos que realiza la mano derecha, con ella se realiza un total de movimientos necesarios de 53 minutos y un total de traslados y movimientos innecesarios de 54 minutos.

Tabla 22

Traslados y movimientos con la mano derecha para el mantenimiento tipo M.

Movimientos necesarios		Tiempo (minutos)
M	Mover	6
S	Soltar	9
U	Usar	38
Total		53
Movimientos innecesarios		Tiempo (minutos)
B	Buscar	20
SE	Seleccionar	2
P	Posicionar	1
PL	Planear	16
SO	Sostener	15
Total		54

3.3.4. Plan de capacitación al personal de la empresa

Con la finalidad de lograr el cumplimiento de la propuesta de mejora de los procesos de la empresa, se programa un plan de capacitación implantando los conocimientos base y necesarios sobre la mejora del proceso. Dentro de las capacitaciones tenemos: Aplicación de las 5s, estudios de tiempo y movimientos, seguridad industrial.

Objetivos específicos.

- Generar los conocimientos bases desarrollando habilidades y preparación para el manejo correcto de Aplicación de las 5s, estudios de tiempo y movimientos, seguridad industrial.
- Estandarizar los diseños desarrollados en la implementación.

- Lograr que el personal se desarrolle activamente en el desarrollo de sus funciones.

Metas

- Capacitar en un 100% sobre el desarrollo y la actualización continua.
- Capacitar en un 100% sobre la utilización de los temas mencionados

Temas

- Optimización de tiempos.
- Optimización de recursos e insumos.
- Uso de EPPs.
- Seguridad Industrial.
- Desarrollo de 5S

Recursos

- Personal: Las capacitaciones está enfocado a todo el personal involucrado en los procesos de la empresa, la asistencia es obligatoria del personal.
- Materiales: Manual, computadoras, kits de útiles, refrigerios y fichas de control de asistencia.

Horario

- El desarrollo de actividades en su día laboral, se programa las capacitaciones en apertura, que sería de 8:00 a.m. a 10:20 a.m., de los cuales se divide en 02 horas de capacitación y 20 minutos de examen sobre los conocimientos adquiridos en el desarrollo, por lo que los temas serán sencillos, claros y de fácil entendimiento.

- La capacitación directamente del sistema se dará a todo el personal, puesto que son puntos importantes que desarrollar para el buen funcionamiento de las gestiones.

Cronograma de capacitación.

- De acuerdo a la importancia que tienen los temas a tratar, la capacitación se desarrollará mensualmente desde el primer año de inversión, para la actualización de la información, durante 05 años. (Véase en la tabla 23).

Tabla 23

Cronograma de actividades de capacitación de la empresa.

Cronograma de capacitación empresa					
TOTAL:		2 horas 20 minutos/mes (11 horas 40 minutos en 5 meses)			
DÍA	Viernes 5 de marzo de 8 am – 10:20 am	Viernes 12 de marzo de 8 am – 10:20 am	Viernes 19 de marzo de 8 am – 10:20 am	Viernes 26 de marzo de 8 am – 10:20 am	Viernes 02 de abril de 8 am – 10:20 am
Dirigido a:	Colaboradores de empresa				
08:00 a.m. 10:00 a.m.	Layout	Optimización tiempos	Uso de EPPs	Optimización de Recursos e insumos	Seguridad Industrial

3.3.5. 5S en taller

En el almacén de repuestos de la empresa solo el Jefe y asistente tienen conocimiento de la metodología de 5S por experiencia laboral en empresas anteriores, la capacitación previa sobre el tema se centró en definir claramente los conceptos de cada una de las 5S y establecer conjuntamente los objetivos que se espera lograr con esta implementación, tales objetivos son:

- Conservar en el taller sólo aquellos artículos que sean necesarios para la realización de las tareas propias del almacén, en la cantidad correcta y el lugar preciso.

- Tener en el talles repuestos y herramientas en buen estado, debidamente ubicada, codificada y correctamente almacenada.
- Mantener el taller limpio y ordenado.
- Comprometerse con la implementación de las 5S y sobre todo con su mantenimiento a largo plazo.

Se procedió a separar dichos artículos en una zona roja (Figura 11) para listarlos (Tabla 24) y coordinar con cada responsable de área para tomar una decisión respecto de dichos artículos. Se acordó que esta área debe de quedar limpia en un mes.

Tabla 24

Listado de artículos en zona roja.

Ítem	Artículo	Cant.	Und.	Responsable	Acción
	Cilindros de aceite vacío				
1		5	Und	Jefe de mantenimiento	Clasificar y eliminar
	Gatas hidráulicas				
2		5	Und		Reparar
3	Pistola neumática	3	Und		Reparar



Camillas

4



2 Unid.

Reemplazar

5

Bandeja de aceite

4 Und

Reparar



Bomba de aceite

6



Plataforma hidráulica para cajas de cambio

4 Und

Reparación

7



1 Und

Descarte

Las herramientas y/o productos defectuosa, guardar artículos de manera provisional, artículos para consulta; los cuales deberán estar debidamente identificados cada uno con la etiqueta mostrada en la figura 10:

FICHA PARA ZONA ROJA	
FECHA:
ARTÍCULO:
TRAIDO POR:
MOTIVO:
ACCIÓN:
RECIBIDO POR:

Figura 10. Ficha para zona roja.



Figura 11. Zona roja en taller de Divemotor.

Seiton - Ordenar:

En general la ubicación que tiene las herramientas y de los repuestos es adecuada según la frecuencia de utilización, ergonomía, menor distancia de recorrido, se aplicaron las siguientes mejoras:

- Utilizar la caja de herramientas movible de acuerdo al orden de utilización.



Figura 12. Cambio de tipo de caja de herramientas.

- Colocar los cilindros en el taller, cerca de los vehículos que necesitan este tipo de mantenimiento.



Figura 13. Cambio de ubicación de los cilindros.

- Asignación de espacios para ordenar herramientas, ya que actualmente se encuentran desordenados en el taller.



Figura 14. Asignación de espacio para guardar herramientas.



Figura 15. Asignación de espacio para guardar herramientas.

Seiso – Limpiar

Se definió dos tipos de limpieza:

Limpieza diaria, para la cual se ha cambiado el tacho de basura a uno más grande, consta del ordenamiento del área de trabajo y recojo del material de embalaje desechado, paños usados, plásticos, etc. Debe ser realizado por el asistente al término de la labor diaria.



Figura 16. Limpieza diaria.

Por su parte el jefe de taller tendrá que dejar ordenada toda la documentación procesada en el día como ordenes, guías de remisión, antes de retirarse.

Limpieza mensual, será realizada por el asistente y jefe del taller en conjunto, consta del ordenamiento general de la mercadería como llantas, cámaras, protectores, aros, plomos, etc. cada quincena de mes, esto con la finalidad de:

- Que el taller se encuentre ordenado, limpio y la mercadería codificada para inventariar mensualmente, lo que contribuye a que éste sea rápido y preciso.
- Se verifique si hay herramientas dañadas, baja en stock o sobre stock y se informe a la administradora.

Seiketsu – Estandarizar:

- Se creó el documento para la realización de auditorías que midan el mantenimiento del método 5S, cuyos resultados deben ser publicados. En caso la puntuación obtenida sea menor al 70% se deberá programar una revisión y/o capacitación (ver figura 17).

AUDITORÍA 5S

Área: Fecha:	Realizado por:					TOTAL
	Puntuación					
	Mín 1	2	3	4	Máx 5	
Seiri – Separar						
Hay artículos que no pertenecen al almacén						
Hay artículos en mal estado						
Hay artículos en pasadizos						
Hay artículos sin ubicación						
Sub Total						
Seiton – Ordenar						
Hay artículos fuera de su ubicación						
Hay artículos sin codificar						
La mercadería está ordenada						
La documentación está ordenada						
Sub Total						
Seisu – Limpiar						
Pisos						
Estanterpia						
Mercadería						
Se cumplen fechas – horas						
Sub Total						
Seiketsu - Estandarizar						
Se respeta el mapa 5S						
Todos conocen el método 5S						
Todos conocen los objetivos						
Documentos del método están actualizados						
Sub total						
Shitsuke – Disciplina						
Todos cumplen sus responsabilidades						
Se realizan las auditorías periódicamente						
Autodisciplina						
Compromiso						
Sub total						
Total						

Figura 17. Formato de auditoría 5S.

- Contar con información del método de 5S para futuras capacitaciones, la cual debe mantenerse actualizada con los cambios o mejoras que se implementen.



Figura 18. Capacitación 5S.

Shitsuke- Disciplina:

En esta S, se ha de buscar generar la autodisciplina en el personal que labora en el almacén del taller, para lo cual en una etapa inicial las auditorias deben ser frecuentes no sólo para hacer una calificación sino también para apoyar en la solución de problemas o aporte de ideas que contribuyan a que este método se haga sólido y perdure en el tiempo.

3.3.6. Mantenimiento preventivo

Esta mejora va a ayudar a los técnicos a conocer las actividades que se van a realizar de acuerdo a las horas de utilización de los vehículos, con ello se van a reducir actividades repetitivas, ya que el conocimiento va a ser más fluido.

DESCRIPCION	TIPO / HR DE SERVICIO		M	M+Z1	M	M+Z2	M	M+Z1	M	M+Z2	M	M+Z1	M	M+Z2
	UNID.	CTD.	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800	3150	3500	3850	4200
MANO DE OBRA DEL SERVICIO	USD	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FILTRO DE ACEITE	Unid.	1.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FILTRO DE COMBUSTIBLE	Unid.	1.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FILTRO SEPARADOR DE AGUA	Unid.	1.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FILTRO COMBUSTIBLE SALIDA DEL TANQUE (*)	Unid.	1.00		X		X		X		X		X		X
FILTRO DE AIRE (**)	Unid.	2.00		X		X		X		X		X		X
FILTRO SECADOR DE AIRE	Unid.	1.00		X		X		X		X		X		X
FILTRO CABINA (**)	Unid.	1.00				X				X				X
FILTRO DIRECCIÓN	Unid.	1.00		X		X		X		X		X		X
FILTRO VENTILACION DEL RETARDADOR	Unid.	1.00				X				X				X
JUNTA ANULAR LLENADO DE GRUPO REDUCTOR	Unid.	4.00				X				X				X
JUNTA ANULAR DRENADO DE GRUPO REDUCTOR	Unid.	4.00				X				X				X
JUNTA ANULAR CAJA DE CAMBIOS	Unid.	2.00				X				X				X
JUNTA ANULAR LLENADO DE ACEITE RETARD.	Unid.	1.00				X				X				X
JUNTA ANULAR DRENADO DE ACEITE RETARD.	Unid.	1.00				X				X				X
JUNTA ANULAR CARTER MOTOR	Unid.	1.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MOTOR Mobil Delvac MX ESP 15W40 (***)	L	35.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CAJA Mobil Lube GX-A 80W	L	16.00				X				X				X
RETARDE MOBIL DELVAC XHP ESP 8 10W40	L	6.00				X				X				X
DIFERENCIAL MOBILUBE HD-A 85W90	L	38.00				X				X				X
ACEITE DIRECC. MOBIL ATF	L	4.50		X		X		X		X		X		X
GRASA PARA CHASIS MOBILGREASE MP (****)	Kg	1.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
REFRIGERANTE MB ORIGINAL (*****)	Unid.	18.00												X
MATERIALES E INSUMOS VARIOS	Unid.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TOTAL US \$			446.77	695.63	446.77	1,336.08	446.77	695.63	446.77	1,336.08	446.77	695.63	446.77	1,835.02

Montos NO incluyen el IGV

X - Indica servicio a realizar y/o cambiar

Aplicación:

Volquete - Cisterna / Veloc. Promedio 17 - 20Km/h

Precios expresados en dólares americanos.

Intervalos expresados en horas.

Precios validos por 30 días y sujeto a variación sin previo aviso.

Los precios presentados en este cuadro son representativos y aplican si los trabajos son realizados

en nuestras instalaciones. Precios sujeto a variación sin previo aviso.

Precios no incluyen el I.G.V.

Servicio adicionales según el kilometraje	MANTENIMIENTO CUBO DE RUEDA
<p>▢ <u>Calibración de válvulas del motor</u></p> <p>1º calibración en el 1er Mantenimiento "M"</p> <p>2º calibración para adelante en los Mantenimientos M+Z1 - M+Z2 - M+Z3</p> <p>Nota: la mano de obra y el empaque de este servicio se cobran por separado al mantenimiento preventivo.</p> <p>Empaque de balancín: A4670180221:MBB</p>	<p>A0139977346:MBB JUNTA ANULAR</p> <p>A9433340060:MBB JUNTA DE TAPA</p> <p>Q6GREASEXHP222:MOBIL GRASA PARA CUBO XHP 222</p> <p>Nota: Este servicio se debe realizar cada 1 400 hrs aprox.</p> <p>Esto consiste en cambiar la grasa y juntas, adicionalmente inspeccionar los rodamientos en cuanto a desgaste y reemplazarlos de ser necesario. La mano de obra y los elementos se cobran por separado a la cartilla preventiva.</p>

VIN de referencia **WD3KHAAA3J0219870**

NOTA:

El camión viene equipado con el sistema de mantenimiento Telligent, este sistema determina el intervalo de mantenimiento en función a la carga del motor, debido a ello, los periodos indicados en el presente documento podrian disminuir en función a las condiciones a las que se encuentre sometido el vehículo.

El intervalo del cambio de aceite de motor está sujeto y variará de acuerdo a los resultados de análisis de aceite,

a la calidad del combustible dado por un alto contenido de azufre, presencia de agua y alto contenido de particulado.

El intervalo del cambio de aceite de transmisión y diferencial está sujeto y variará de acuerdo a los resultados de análisis de aceite.

(*) Limpiar el filtro a la salida del tanque de combustible en cada mantenimiento y cambiarlo cada 700 Hr

(**) La saturación del filtro de aire está supeditado a las zonas/condiciones ambientales por donde transita el camión. El intervalo de cambio mostrado es un sugerido.

(***) El intervalo y la cantidad de aceite del motor de esta plantilla está basado a un carter de material TERMOPLÁSTICO (verificar físicamente en el camión tipo de carter)

(****) El intervalo de engrase para el chasis y del cubo de rueda puede variar de acuerdo a la operación

(*****) Capacidad máxima líquido refrigerante para el motor es de 53 litros, de los cuales 27 litros corresponden al aditivo y 26 litros al agua destilada.

(*****) El aditivo del refrigerante se tomó de referencia del aditivo original de presentación de 1.5L

Esta cartilla de mantenimiento está basada únicamente para el camión. Apartando los mantenimientos de otras instalaciones en el camión por otros fabricantes.

Realizar el servicio "M" respetando la tabla de intervalo sin exceder los 6 meses. Lo que ocurra primero.

Realizar el servicio "M+Z1" respetando la tabla de intervalo sin exceder el año. Lo que ocurra primero.

Realizar el servicio "M+Z2" respetando la tabla de intervalo sin exceder el año. Lo que ocurra primero.

Realizar el servicio "M+Z3" respetando la tabla de intervalo sin exceder los 2 años. Lo que ocurra primero.

Verificar los procedimientos indicados en el WIS para cada una de las actividades arriba señaladas

Baumuster			
Motor:	541 946	MS3	MB 228.31
Caja:	715 520	G 240-16/BA1/N55	MB 236.1
Eje p1	748 275	Corona 300mm	MB 236.0
Eje p2	748 274	Corona 300mm	MB 236.0
Notas: Los tipos de aceite corresponden a los Baumuster arriba indicados.			
Los volúmenes indicados son aproximados			

3.3.7. Aplicación de Eventos Kaizen

Esta herramienta permite generar cambios o mejoras incrementales pequeñas en el método de trabajo para reducir mudas que se generan en la empresa.

El evento kaizen es un programa de mejoramiento continuo que se basa principalmente en el trabajo de equipo y el uso de las habilidades y conocimientos del personal, para eso se utilizan técnicas de solución, herramientas y pocos recursos para mejorar el flujo del proceso seleccionado.

El propósito de estos eventos kaizen es llevar a efectos pequeños eventos donde se reúnan gerencias y asistentes que participan de un proceso para realizar mejoras este mismo que está dentro del alcance y conocimiento de los participantes.

- Involucramiento a los colaboradores

Se llevó a cabo la explicación al personal de la definición del Kaizen, sus beneficios y los objetivos de la herramienta. Esta primera parte es importante para situar a todos los participantes en el mismo enfoque de la entidad y sensibilizar sobre la mejora en la cultura de organización.

Tabla 25
Ficha de capacitación de eventos Kaizen.

Taller de mantenimiento		Ficha de capacitación en mejoras
Nombre del proyecto:	Implementación de mejora continua	
Nombre de capacitación:	Introducción al evento Kaizen	
Contenido Temático		
Audiencia	Tema	Contenido
Todo el personal	Eventos Kaizen	- Concepto de las ideas Kaizen
		- Beneficios
		- Formato de sugerencia eventos Kaizen
		- Evaluación de ideas Kaizen

- Identificación de oportunidades de mejora

Se busca que el personal desarrolle ideas de mejoras para hacer eficiente los procesos que se han suscitado anteriormente, esto se llevó a cabo mediante el formato para sugerencias de eventos kaizen. Del cual el personal participa, se involucra y trabaja en equipo, para elaborar y elegir las mejoras ideas para agilizar el flujo de trabajo y dar solución a las causas de los problemas. Con el equipo de mejora se realiza la evaluación de cada idea de mejora que aportó el personal en base al diagnóstico previo al estudio, para eso se aprueba o desaprueba la idea de mejora, en caso de no dar solución al problema, el equipo de mejora propone nuevas ideas de mejora.

Propósito de la sugerencia:	
<input type="checkbox"/> Seguridad y ergonomía	<input type="checkbox"/> Mejoramiento en equipo
<input type="checkbox"/> Productividad	<input type="checkbox"/> Orden y aseo
MI sugerencia es:	
Fecha:	Firma:
* Si es necesario, utilizar el revés del formato para complementos o dibujos.	
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Desaprobado

Figura 19. Formato de sugerencia Kaizen.

La sugerencia del jefe de taller fue realizar un prepicking en coordinación con el jefe logístico de almacén, con ello se determinó los repuestos con mayor utilización en el mantenimiento, los cuales fueron:

Kit prepicking Actross, OF1730 y CL120:

- Filtro de aceite

- Filtro de combustible
- Filtro racor
- Arandela de tapón de drenado de aceite



Figura 20. Pre picking de repuestos con mayor utilización.

- Elaboración del formato de programación mensual:

No existe un control de la programación de las atenciones en los canales alternativos diarios que realiza la entidad y por esto ocurre el cruce de información y sobrecarga de trabajo, debido a esto se propuso la elaboración de un formato de “Programación de atenciones mensuales en mantenimiento”.

Con la elaboración de este formato, se registrará y controlará la programación que se realiza, con el fin de determinar la cantidad de atenciones diarias, la fecha y hora programada y las zonas donde se ejecutará dichas atenciones.

La estructura del formato se encuentra de la siguiente manera:

Leyenda:

MP: Mantenimiento preventivo.

MC: Mantenimiento correctivo.

I: Inspección

3.3.8. Implementación del SMED

La aplicación de la herramienta SMED es orientada al proceso de mantenimiento. Esta actividad, como se demostró en el capítulo anterior, es uno de los causantes del tiempo excesivo en la productividad de mantenimiento, razón por el cual su análisis y propuesta de mejora debe ser realizado dentro del presente estudio. A continuación, según la metodología implementada por Mendoza (2016) se realizarán los siguientes pasos en la aplicación del SMED.

Tabla 27
Planes de acción.

Plan de acción					
Área:		Mantenimiento			
Fecha:					
Hora:					
Elaboró:					
Nro.	Fuente/Situación	Responsables	Frecuencia del control	Observaciones	
1	Almacenamiento incorrecto de las herramientas	Supervisor de mantenimiento	Diario	Mantener todo el área limpia y ordenada todos los días.	
2	Presencia de agentes peligrosos	Supervisor de mantenimiento	Diario	Utilizar mascarilla para gases y vapores con fibras de polipropileno para retención de partículas	
3	Agentes químicos	Supervisor de mantenimiento	Diario		
4	Superficies calientes	Supervisor de mantenimiento	Diario	Utilización de uniforme especial para altas temperaturas. Mantener una distancia adecuada a los objetos que tienen altas temperaturas.	
5	Falta de orden y aseo	Supervisor de mantenimiento	Diario	Limpiar y ordenar el área todos los días.	
6	Actividades con objetos punzocortantes	Supervisor de mantenimiento	Diario	Utilización de guantes especiales para utilización de objetos cortantes.	
7	Operación de equipos o herramientas con partes en movimiento	Supervisor de mantenimiento	Diario	Utilización de casco de seguridad para protección de la cabeza. Mantener una distancia adecuada a los objetos móviles.	
8	Superficies calientes	Supervisor de mantenimiento	Diario	Utilización de guantes especiales para altas temperaturas. Mantener la distancia adecuada a los objetos que tienen altas temperaturas.	

En esta mejora se organiza un equipo de trabajo para su implementación ya que este paso es un punto fundamental en dicha implementación donde se puede integrar el equipo a la herramienta del SMED y de esta manera sus resultados se mantengan a lo largo del tiempo.

Esto se va a reflejar cuando el equipo conozca e interiorice cuales son los beneficios de esta herramienta y cómo puede ser aplicado para la mejora de la productividad de la empresa. Los encargados de la implementación de la herramienta están conformados por los mismos trabajadores de la empresa ya que conocen el proceso de mantenimiento y además puede servir como una formación complementaria.

La tabla 23, muestra el equipo formado junto a las responsabilidades y competencias que debe alcanzar cada responsable para la óptima implementación de la herramienta SMED.

Tabla 28

Equipo formado para la implementación de Herramienta SMED

Encargado	Responsabilidades	Competencias
Gerente de sucursal	Máximo responsable de la implementación del SMED en el taller.	Encargado de la planificación, organización, dirección, control y mejora continua del proceso de mantenimiento.
	Encargado de garantizar el adecuado funcionamiento del SMED en la línea de producción.	Actúa de enlace entre los directivos y jefe de mantenimiento.
	Planificador de todos los recursos utilizados en la implementación del SMED y el uso de los tiempos de los operarios y sus habilidades.	Aptitud para tomar decisiones. Aptitud para delegar.
Jefe de servicio	Encargado de la cantidad necesaria del personal para la implementación del SMED.	Capacidad para priorizar tareas.
	Responsable del cumplimiento de los pasos para la implementación del SMED.	Capacidad de organización.
	Encargado en la asignación de las tareas asignadas para la implementación del SMED	Capacidad de liderazgo.
Supervisor de taller	Encargado de la supervisión durante la implementación del SMED.	Experto en temas de mantenimiento.
	Verificar que los materiales sean los correctos en la implementación.	Capacidad de analizar.
	Supervisar funciones de los mecánicos.	Motiva y dirige al personal.
	Reportes de mantenimiento	Habilidades comunicativas.

3.3.9. Políticas de mantenimiento

Teniendo en cuenta estos requerimientos, la política que se ha estructurado fue:

Área de mantenimiento	Código: Pol-001	Rev Nro: 0
	Fecha de aprobación:	Fecha de emisión:
POLÍTICA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO A LOS VEHÍCULOS		
<p>“Garantizar la ejecución del plan de mantenimiento oportunamente de los vehículos que reciben servicio en Divemotor, además, el personal se compromete a asegurar el funcionamiento adecuado de los equipos para lograr Cero Averías y Cero Defectos”</p>		
Elaborado por: Jesús Medina	Verificado por:	Aprobado por:
Cargo:	Cargo:	Cargo:

Figura 21. Políticas de mantenimiento.

Estas Políticas fueron difundidas en las zonas con mayor visibilidad de la planta de áreas de molienda, para que su cumplimiento sea cabal.

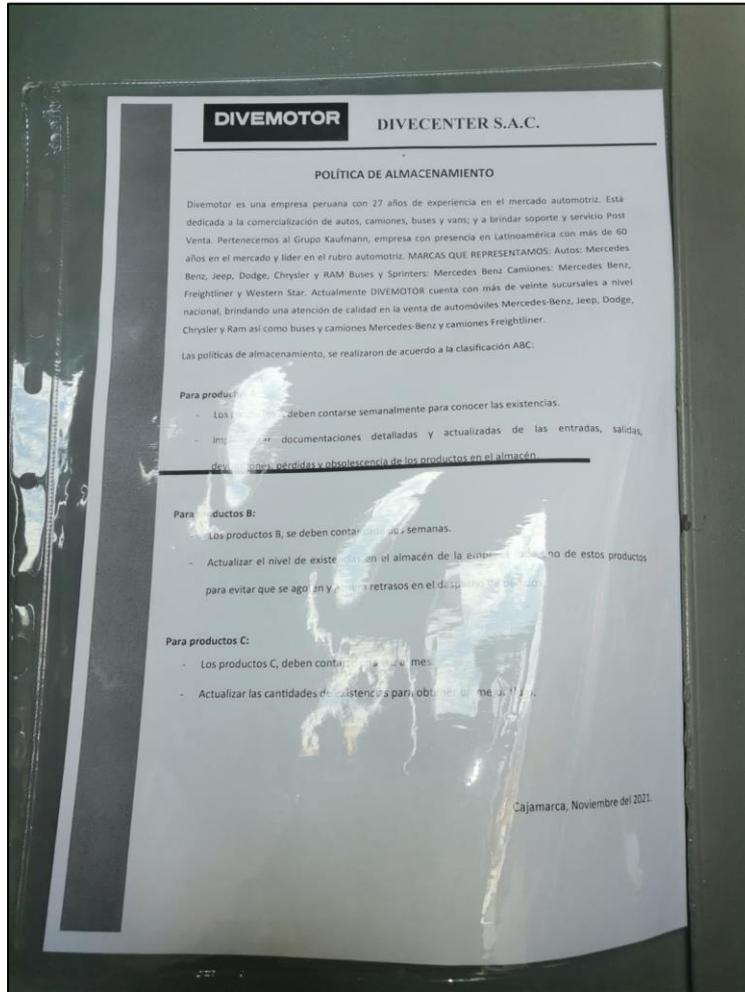


Figura 22. Políticas de mantenimiento.

3.4. Determinar el incremento de la productividad laboral en la empresa

Tabla 29
Efecto de la implementación.

Desperdicio	Opción de mejora	Descripción
Sobreproducción		No aplica
Tiempo de espera	5S, método Guerchet, plan de capacitación	Aplicado
Transporte innecesario	5S	Aplicado
Sobrepcesamiento	5S, mantenimiento preventivo, Kaizen	Aplicado
Inventarios innecesarios		No aplica
Movimientos innecesarios	Diagrama Bimanual	Aplicado
Defectos		No aplica
Talento humano		No aplica

3.4.1. Tiempo de espera:

Para las demoras identificadas se han planteado las mejoras siguientes:

- Esperar test impreso: Esta demora se va a reducir a 2 minutos, ya que va a ser impreso en el mismo taller.
- Esperar los repuestos de almacén: con la implementación de 5S se reduce el tiempo de entrega de los repuestos a 4 minutos.
- Esperar cilindro de aceite: se trasladó el cilindro al taller.
- Trasladar cilindro de aceite: se trasladó el cilindro al taller.

Para determinar este indicador se ha utilizado el diagrama de análisis del proceso, tal como se muestra en la tabla 30.

Tabla 30

Diagrama de análisis de actividades.

Actividades	Tiempo	Op.	Trans.	Dem.	Insp,	Ope+Ins	Almac
	min.	○	⇒	D	□	◻	▽
Test de entrada	13.3	X					
Esperar test impreso	1			X			
Recoger test impreso	3.1	X					
Generar vale de pedido	5.9	X					
Esperar vale de pedido	5.2	X					
Esperar los repuestos de almacén	4			X			
Revisar repuestos	5.6	X					
Sacar herramienta de maleta	2.2	X					
Reemplazar filtro	10.3	X					
Sacar herramienta de maleta	2	X					
Reemplazar filtro	11.2	X					
Sacar herramienta de maleta	2.8	X					
Reemplazar filtro	9.4	X					
Esperar cilindro de aceite	2			X			
Trasladar cilindro de aceite	6.7	X					
Insertar aceite al motor	11.9	X					
Esperar cilindro de grasa	2			X			
Trasladar cilindro de grasa	3.9	X					
Aplicar grasa	13.9	X					
Diagnosticar dirección	14.5	X					
Diagnosticar frenos	23.2	X					
Diagnosticar suspensión	19.2	X					
Test de salida	11.4	X					
Recoger test impreso	4.4	X					
Desechar filtros	3.1	X					
Total				192.2 minutos			

En la Tabla 30, se muestra el Diagrama de Actividades del Proceso (DAP) cuantificando las operaciones realizadas para un servicio de vehículo que incluye el mantenimiento tipo M. Como demoras se han determinado 9 minutos.

3.4.2. Transporte innecesario:

El recorrido de actividades, se desarrollan tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 31
Recorrido de transporte.

Tramo	Descripción del recorrido	Recorrido en metros	Tiempo de transporte innecesario (min)
1	Trasladar vehículo de recepción a bahía de taller	15	2
2	Técnico traslada la maleta de herramientas a zona de trabajo	10	1.7
3	Técnico se traslada a la computadora a generar vale de pedido de repuestos (se colocó la impresora junto a la computadora en el taller)	0	0
4	Técnico se dirige a recoger los repuestos a almacén	7	1.5
5	Técnico traslada los repuestos a la bahía de taller	12	1.8
6	Técnico se dirige a adquirir el cilindro de aceite de motor (se colocó los cilindros de aceite en el área de trabajo del taller)	0	0
7	Técnico retorna a la bahía con el cilindro de aceite (se colocó los cilindros de aceite en el área de trabajo del taller)	0	0
8	Técnico se dirige a adquirir el cilindro de grasa (se colocó los cilindros de grasa en el área de trabajo del taller)	0	0
9	Técnico retorna a la bahía con el cilindro de grasa (se colocó los cilindros de grasa en el área de trabajo del taller)	0	0
10	Técnico se dirige a recoger los test de entrada y salida impreso	12	1.8
11	Técnico se dirige a bahía de taller para adjuntar los test a la orden de servicio	10	1.6
12	Técnico traslada el vehículo a zona de lavado	8	1.5
13	Técnico se traslada a recoger los filtros usados o reemplazados	52	4.2
14	Técnico traslada los filtros usados a tachos ecológicos para reciclado	45	3.8
15	Técnico se traslada a entregar la orden de servicio al supervisor de taller	35	3.1
16	Técnico se traslada a tomar nueva orden de servicio	57	4.4

Total **263 m.** **0 min.**

De acuerdo a la tabla 31 se corrobora que se eliminan el transporte innecesario, ya que se ha reducido de 8.9 minutos a 0 minutos de transporte innecesario.

3.4.3. Sobreprocesamiento

Las actividades repetitivas se han reducido, con las 5S en el taller, el mantenimiento preventivo y las capacitaciones.

Tabla 32
Demoras en reprocesos.

Mes	Actividades del mantenimiento preventivo	Reproceso en actividades	Cantidad de reprocesos	Tiempo por reproceso (minutos)	Tiempo total en reproceso (minutos)
Octubre 2020	Revisión de suspensión	X	1	12	12
	Revisión de dirección	X	1	8	8
Noviembre 2020	Revisión de suspensión	X	1	8	8
	Revisión de frenos	X	1	9	9
	Revisión de luces	X	1	5	5
Diciembre 2020	Revisión de suspensión	X	1	12	12
	Revisión de frenos	X	1	10	10
	Revisión de luces	X	1	6	6
Enero 2021	Revisión de luces	X	1	4	4
	Revisión de testigos en el tablero de instrumentos	X	1	4	4
	Instalación de filtros	X	1	8	8
Febrero 2021	Revisión de dirección	X	1	15	15
	Revisión de luces	X	1	7	7
Marzo 2021	Revisión de suspensión	X	1	9	9
	Revisión de frenos	X	1	13	13
	Revisión de luces	X	1	5	5
Total					135

En la tabla 32, se evidencia los meses de mejora, y se corrobora que se ha reducido de 373 minutos a 135 minutos en seis meses.

3.4.4. Movimientos innecesarios:

Este desperdicio, redujo los movimientos innecesarios de la mano izquierda a 21 minutos; y los movimientos innecesarios de la mano derecha a 54 minutos.

3.4.5. Incremento de la productividad laboral:

Considerando que la meta es 180 mantenimientos mes por cada 3 operarios, se calculó la productividad de octubre del 2020 a marzo del año 2021 (figura 23).

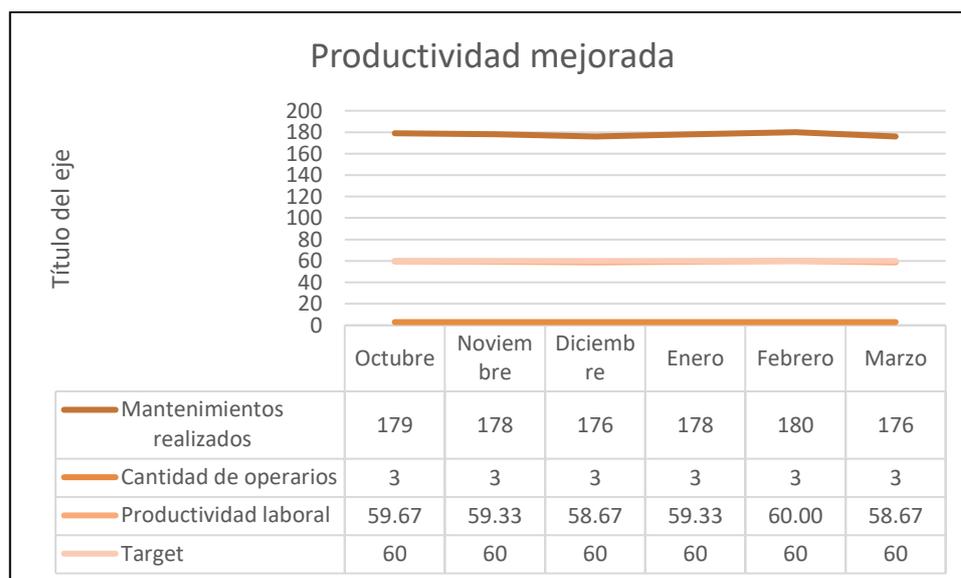


Figura 23. Productividad laboral actual.

Como se aprecia la productividad laboral se encuentra cercano al target.

En la figura 24, se muestra la comparación de la productividad laboral y el target. La productividad mejorada en promedio es 59.28, siendo este resultado muy cercano al target que es 60.

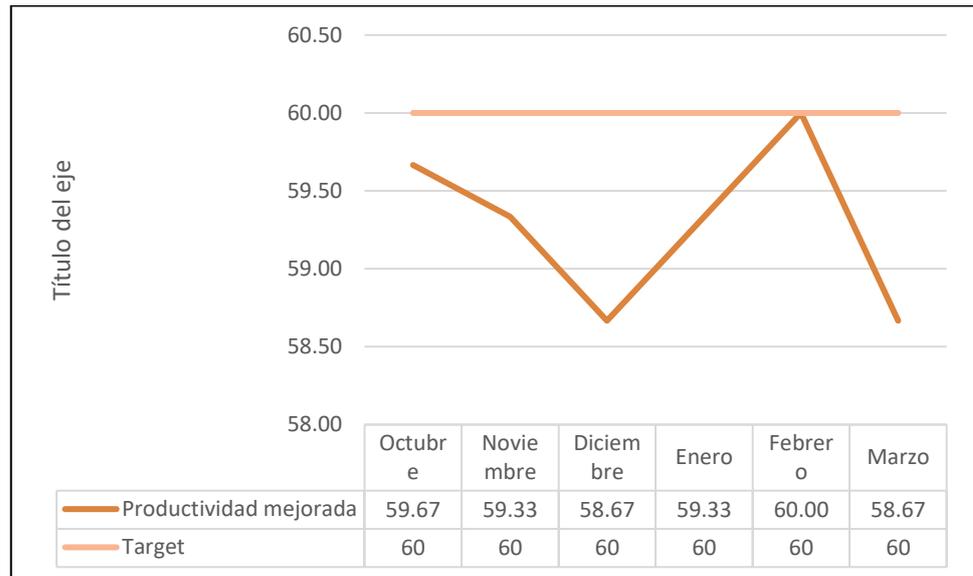


Figura 24. Productividad laboral Vs Target.

3.4.5. Incremento de la eficiencia:

- Número de mantenimientos realizados

En la tabla 33, se muestra el reporte de mantenimientos realizados en el 2020 y 2021:

Tabla 33

Número de mantenimientos realizados en la empresa durante el 2020 y 2021.

MES 2020-2021	DIAS LABORABLES DIVEMOTOR																												TOTAL
Oct-20	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	179	
	01-Oct	02-Oct	03-Oct	05-Oct	06-Oct	07-Oct	08-Oct	09-Oct	10-Oct	12-Oct	13-Oct	14-Oct	15-Oct	16-Oct	17-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct	26-Oct	27-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct	31-Oct		
	9	9	3	9	8	9	0	9	3	9	9	9	3	9	3	9	8	8	3	8	3	8	9	8	3	8	3		
Nov-20	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar		178	
	02-Nov	03-Nov	04-Nov	05-Nov	06-Nov	07-Nov	09-Nov	10-Nov	11-Nov	12-Nov	13-Nov	14-Nov	16-Nov	17-Nov	18-Nov	19-Nov	20-Nov	21-Nov	23-Nov	23-Nov	24-Nov	25-Nov	26-Nov	27-Nov	29-Nov	30-Nov			
	7	7	7	8	9	3	8	8	7	7	7	3	8	8	8	7	8	3	7	7	8	8	7	3	7	8			
Dic-20	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	176	
	01-Dic	02-Dic	03-Dic	04-Dic	05-Dic	07-Dic	08-Dic	09-Dic	10-Dic	11-Dic	12-Dic	14-Dic	15-Dic	16-Dic	17-Dic	18-Dic	19-Dic	21-Dic	22-Dic	23-Dic	24-Dic	25-Dic	26-Dic	28-Dic	29-Dic	30-Dic	31-Dic		
	9	7	8	8	3	9	0	8	8	8	3	6	8	8	9	7	3	8	8	7	8	0	3	7	7	8	8		
Ene-21	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab		178	
	01-Ene	02-Ene	04-Ene	05-Ene	06-Ene	07-Ene	08-Ene	09-Ene	11-Ene	12-Ene	13-Ene	14-Ene	15-Ene	16-Ene	18-Ene	19-Ene	20-Ene	21-Ene	22-Ene	23-Ene	25-Ene	26-Ene	27-Ene	28-Ene	29-Ene	30-Ene			
	0	3	8	6	9	9	8	3	7	8	9	9	7	3	8	8	8	9	8	3	8	8	9	8	9	3			
Feb-21	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab				180	
	01-Feb	02-Feb	03-Feb	04-Feb	05-Feb	06-Feb	08-Feb	09-Feb	10-Feb	11-Feb	12-Feb	13-Feb	15-Feb	16-Feb	17-Feb	18-Feb	19-Feb	20-Feb	22-Feb	23-Feb	24-Feb	25-Feb	26-Feb	27-Feb					
	9	8	9	9	8	3	9	9	9	9	8	3	8	8	9	7	8	3	8	8	7	9	9	3					
Mar-21	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	176	
	01-Mar	02-Mar	03-Mar	04-Mar	05-Mar	06-Mar	08-Mar	09-Mar	10-Mar	11-Mar	12-Mar	13-Mar	15-Mar	16-Mar	17-Mar	18-Mar	19-Mar	20-Mar	22-Mar	23-Mar	24-Mar	25-Mar	26-Mar	27-Mar	29-Mar	30-Mar	31-Mar		
	7	8	6	7	8	3	7	8	8	7	6	3	6	7	8	7	7	3	7	8	6	7	8	3	6	7	8		

- Total de vehículos ingresados

En este ítem se han tomado datos en los meses de octubre del 2020 hasta marzo del 2021, y se resumió en la tabla 34:

Tabla 34

Total de vehículo ingresados en los años 2020 y 2021.

MES 2020- 2021	DIAS LABORABLES DIVEMOTOR																											TOTAL
	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	
Oct-20	01- Oct	02- Oct	03- Oct	05- Oct	06- Oct	07- Oct	08- Oct	09- Oct	10- Oct	12- Oct	13- Oct	14- Oct	15- Oct	16- Oct	17- Oct	19- Oct	20- Oct	21- Oct	22- Oct	23- Oct	24- Oct	26- Oct	27- Oct	28- Oct	29- Oct	30- Oct	31- Oct	194
	8	9	4	6	11	10	0	7	4	7	8	9	7	7	4	8	8	10	7	10	4	10	8	9	7	8	4	
	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar		
Nov-20	02- Nov	03- Nov	04- Nov	05- Nov	06- Nov	07- Nov	09- Nov	10- Nov	11- Nov	12- Nov	13- Nov	14- Nov	16- Nov	17- Nov	18- Nov	19- Nov	20- Nov	21- Nov	23- Nov	23- Nov	24- Nov	25- Nov	26- Nov	27- Nov	29- Nov	30- Nov	208	
	10	9	9	8	9	4	11	7	10	9	10	3	9	9	9	9	8	4	8	8	10	7	8	3	8	9		
	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar		
Dic-20	01- Dic	02- Dic	03- Dic	04- Dic	05- Dic	07- Dic	08- Dic	09- Dic	10- Dic	11- Dic	12- Dic	14- Dic	15- Dic	16- Dic	17- Dic	18- Dic	19- Dic	21- Dic	22- Dic	23- Dic	24- Dic	25- Dic	26- Dic	28- Dic	29- Dic	30- Dic	31- Dic	199
	8	8	9	9	3	9	0	8	9	8	4	8	8	9	9	8	4	10	9	7	9	0	4	11	10	9	9	
	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	
Ene-21	01- Ene	02- Ene	04- Ene	05- Ene	06- Ene	07- Ene	08- Ene	09- Ene	11- Ene	12- Ene	13- Ene	14- Ene	15- Ene	16- Ene	18- Ene	19- Ene	20- Ene	21- Ene	22- Ene	23- Ene	25- Ene	26- Ene	27- Ene	28- Ene	29- Ene	30- Ene	193	
	0	4	9	9	8	9	9	4	9	8	8	9	10	4	8	9	8	9	9	4	10	8	8	8	8	4		
	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar		Mie
Feb-21	01- Feb	02- Feb	03- Feb	04- Feb	05- Feb	06- Feb	08- Feb	09- Feb	10- Feb	11- Feb	12- Feb	13- Feb	15- Feb	16- Feb	17- Feb	18- Feb	19- Feb	20- Feb	22- Feb	23- Feb	24- Feb	25- Feb	26- Feb	27- Feb				191
	9	8	8	9	9	4	10	12	9	9	8	4	8	9	9	8	9	4	8	8	9	8	8	4				
	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	
Mar-21	01- Mar	02- Mar	03- Mar	04- Mar	05- Mar	06- Mar	08- Mar	09- Mar	10- Mar	11- Mar	12- Mar	13- Mar	15- Mar	16- Mar	17- Mar	18- Mar	19- Mar	20- Mar	22- Mar	23- Mar	24- Mar	25- Mar	26- Mar	27- Mar	29- Mar	30- Mar	31- Mar	189
	9	8	9	8	7	4	8	7	8	7	8	4	8	6	8	9	8	4	7	8	8	7	6	4	6	7	6	
	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	Jue	Vier	Sab	Lun	Mar	Mie	

Tabla 35
Eficiencia mensual.

Mes 2020 – 2021	Mantenimientos realizados	Total de vehículos ingresados	Eficiencia
Octubre	179	194	0.92
Noviembre	178	208	0.86
Diciembre	176	199	0.88
Enero	178	193	0.92
Febrero	180	191	0.94
Marzo	176	189	0.93
	Promedio		0.91

3.1.3. Incremento de eficacia

El total de vehículos programados se ha establecido por el área de mantenimiento en 180 vehículos mensuales, con estos datos se calculó la eficacia mensual en la tabla 36.

Tabla 36
Cálculo de la eficacia mensual.

Mes 2020 – 2021	Mantenimientos realizados	Total de vehículos programados	Eficacia
Octubre	179	180	0.99
Noviembre	178	180	0.99
Diciembre	176	180	0.98
Enero	178	180	0.99
Febrero	180	180	1.00
Marzo	176	180	0.98
	Promedio		0.99

3.1.3. Resultados de los indicadores mejorados

Tabla 37

Matriz de operacionalización con resultados mejorados.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Valor actual	Valor mejorado
Variable dependiente: Productividad laboral	Productividad laboral	# de mantenimientos realizados / cantidad de trabajadores	53	59.28
	Eficiencia	Mantenimientos realizados/ Total de vehículos ingresados	0.85	0.91
	Eficacia	Mantenimientos realizados/ Total de vehículos programados	0.88	0.99
Variable independiente: Lean Maintenance	Cantidad de desperdicios	Espera.	50 min	9 min
		Transporte innecesario	8.9 min	0 min
		Sobreprocesamiento	373 min	135 min
		Movimiento innecesario.	Izquierda 48 min	Izquierda 21 min
			Derecha 97 min	Derecha 54 min

3.5. Realizar el análisis económico del diseño de las herramientas Lean Service

En la tabla 38, se detallan los costos de inversión que implica la implementación de las herramientas Lean Maintenance.

Tabla 38

Costos de inversión para la implementación de las herramientas Lean Maintenance.

Mejora	Inversión	Cantidad	Costo unitario	Costo
Mejoras de ubicación de herramientas (Poka Yoke, Guerchert, diagrama bimanual)	Retirada de cosas obsoletas del taller	1	13	13
	Traslado de cilindros y herramientas	2	60	120
	Elaboración de la secuencia del mantenimiento preventivo	2	10.5	21
	Instalación de equipos	1	250	250
	Análisis de la distribución actual	1	1 000.00	1 000.00

	Elaboración de la distribución mejorada		1	1 000.00	1 000.00	
5S en taller	Capacitación	Costo hora jefe de taller	1 hr	7.27	7	
		Costo hora asist. De taller	1 hr	5.21	5	
	Elaboración de las actividades de operación y mantenimiento	Costo hora de asesoría	Elaborar documentación 2 hrs		31.25	94
		Costo hora administradora	1 hr		13.02	13
	Kit de herramientas	Determinación de las herramientas básicas para cada operario		1	500.00	500.00
		3 herramientas necesarias para llevar a cabo su trabajo		2	400.00	400.00
Políticas de mantenimiento		Análisis de información, documentación	Costo hora de asesoría	3 hr	31. 25	94
SMED	Capacitación	Costo hora Jefe de taller	1 hr	7	7	
	Capacitación	Costo hora de asesoría	3 hr	31. 25	94	
Aplicación de eventos Kaizen	Capacitación	Costo hora Jefe de taller	1 hr	7	7	
	Programación de eventos Kaizen	Capacitación (costo jefe de taller)	4 hr	7	21	
			1	100	100	
Total soles				3 891.00		

a. Flujos entrantes

Para el caso de esta investigación, se consideró al ahorro generado como el flujo entrante, ya que esta área no se relaciona a ventas de productos o prestación de servicios a terceros, el costo por minuto en el taller de la

empresa, es de 70.81 soles, de acuerdo al reportado por el área de logística de la empresa. Se ha reducido 41 minutos, lo cual asciende a un total de 2 903.33 soles mensuales que se ahorra la empresa.

b. Flujos salientes

Los flujos salientes se relacionan netamente a los costos mensuales que se generan para mantener implementada las herramientas Lean Maintenance, esto incluye capacitaciones y auditorias Lean.

Trimestralmente se realizará una capacitación, a los operadores y mantenedores respecto a las herramientas Lean Maintenance, los costos fueron brindados por el área de contabilidad.

Tabla 39
Costos en capacitaciones Lean Maintenance.

Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo anual
Capacitación a operadores	200.00	1	200.00
Capacitación a mecánicos y ayudantes	200.00	1	200.00
Costo total de pagos			400.00

c. VAN y TIR

En la tabla 40, se muestra el flujo de caja de las herramientas Lean Maintenance, además se muestra la inversión, flujos entrantes y flujos salientes, con estos datos se determinaron el VAN, TIR y relación costo beneficio (B/C).

Tabla 40

Evaluación económica de Lean Maintenance.

FLUJO DE CAJA	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	TOTAL
EGRESOS	0	1	2	3	4	5	TOTAL
Retirada de cosas obsoletas del taller	13						S/. 13
Traslado de cilindros y herramientas	120						S/. 120
Elaboración de la secuencia del mantenimiento preventivo	21						S/. 21
Instalación de máquinas	250						S/. 250
Análisis de la distribución actual	1000						S/. 1,000
Elaboración de la distribución mejorada	1050						S/. 1,050
Costo hora jefe de taller (5S)	7						S/. 7
Costo hora asist. De taller (5S)	5						S/. 5
Costo hora de asesoría (5S)	94						S/. 94
Costo hora administradora (5S)	13						S/. 13
Costo hora jefe de taller (5S)	29						S/. 29
Costo hora asist. de taller (5S)	42						S/. 42
Costo hora de asesoría (5S)	125						S/. 125
Determinación de las herramientas básicas para cada operario	400						S/. 400
3 herramientas necesarias para llevar a cabo su trabajo: marcador, wincha y una lámpara	500						S/. 500
Análisis de información, documentación (Políticas)	94						S/. 94
Capacitación (Políticas)	7						S/. 7

Capacitación Kaizen (costo jefe de taller)	21						S/. 21
Programación de eventos Kaizen	100						S/. 100
Capacitación Lean Maintenance a operadores				S/. 200			S/. 200
Capacitación Lean Maintenance a mecánicos y ayudantes				S/. 200			S/. 200
TOTAL EGRESOS	S/. 3,891	S/. 0	S/. 0	S/. 400	S/. 0	S/. 0	S/. 4,291
FLUJO ENTRANTE	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	TOTAL
Ahorro que representa Lean Maintenance	S/. 0	S/. 2,903.33	S/. 14,516.65				
TOTAL BENEFICIOS	S/. 0	S/. 2,903.33	S/. 14,516.65				
FLUJO ANUAL DE CAJA	-S/. 3,891	S/. 2,903	S/. 2,903	S/. 2,503	S/. 2,903	S/. 2,903	S/. 10,226
TMAR	15%						
TIR	67%						
VAN	S/. 9,469						
B/C	2.34						

En la tabla 40, se muestra el análisis económico de la aplicación de Lean Maintenance en el taller de la empresa Divemotor, se calculó que esta mejora es viable ya que presenta un VAN de 9 469 soles, TIR de 67% y una relación B/C de 2.34.

CAPÍTULO IV.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Respecto al diagnóstico en la presente investigación se analizaron y midieron los desperdicios Lean que fueron tiempo de espera, defectos, transporte innecesario, sobreprocesamiento y movimientos innecesarios, todo estos se adecuaron a la empresa que brinda el servicio de mantenimiento, sin embargo en el estudio de Suarez (2013) se analizaron sólo los desperdicios de defectos, sobreproducción y movimientos innecesarios, además, Bances (2017) en su investigación sólo analizó los desperdicios de esperas, sobreinventario y movimientos innecesarios, finalmente en el estudio de López y García (2014) se analizaron los ocho desperdicios. Es necesario recalcar que en el presente estudio se se relacionó directamente la productividad con la cantidad de mantenimientos que realizan los mecánicos, es decir a mayor mantenimeintos mayor va a ser la productividad laboral; sin embargo en la investigación de López y García (2014) se relacionó la productividad con la satisfacción del clientes.

En la presente investigación se aplicaron las herramientas 5S, Guerchet, plan de capacitación y mantenimiento preventivo; por otro lado Altamirano (2017) aplicó; las herramientas de mantenimiento, kaizen y 5S; sin embargo Avendaño (2017) presenta un estudio más completo donde aplicó Kaizen, Kanban, Just in Time y mantenimeinto productivo total, el único estudio que aplicó plan de calidad fue el de Rivera (2015).

4.2 Conclusiones

- La productividad laboral actual en promedio es 53, sin embargo, el target es 60, por lo tanto, se encuentra por debajo del target. Asimismo, la eficiencia actual es 0.85 y la eficacia es 0.88, además se han identificado cuatro desperdicios, en tiempo de espera se han determinado 50 minutos, en transporte innecesario se han determinado 8.9 minutos, en reprocesos asciende a 373 minutos en seis meses, los movimientos innecesarios de la mano izquierda fueron 48 minutos y de la mano derecha 97 minutos.
- Las herramientas Lean Maintenance fueron poka yoke, el método Guerchet, diagrama bimanual, plan de capacitación, 5S en la zona de trabajo, mantenimiento preventivo, kaizen, SMED y políticas de mantenimiento.
- La productividad laboral en la empresa Divemotor con el diseño de las herramientas Lean Maintenance se incrementó a 59.28 mantenimientos/operario, la eficiencia se incrementó a 0.91 y la eficacia se incrementó a 0.99. Asimismo, el tiempo de espera se redujo a 9 minutos, el transporte innecesario se ha reducido a 0 minutos; el sobreprocesamiento se ha reducido de 373 minutos a 135 minutos en seis meses y los movimientos innecesarios se redujeron de la mano izquierda a 21 minutos; y de la mano derecha a 54 minutos.
- La mejora es viable económicamente ya que presenta un VAN de 9 469 soles, TIR de 67% y una relación B/C de 2.34 soles.

REFERENCIAS

- Aguirre, R. (2015). GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO MEDIANTE SIX SIGMA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE LAS MAQUINARIAS Y EQUIPOS DIVERSOS DE LA EMPRESA REMAP S.A.C.- LIMA. (*tesis doctoral*). Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1485/TESIS%20GESTI%3%20%93N%20DEL%20MANTENIMIENTO%20MEDIANTE%20SIX%20SIGMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Amambal, F., & Huatay, C. (2018). Diseño de un plan de gestión de mantenimiento para mejorar la disponibilidad mecánica de la maquinaria pesada en la empresa Martinez Contratistas e Ingeniería S.A. - Arequipa, 2018. (*Tesis de pregrado*). Arequipa, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14562>
- Díaz, B. (2018). Aplicación de lean manufacturing para mejorar la productividad en la empresa emcosac elaboración, ejecución y mantenimiento s.a.c. 2018. (*tesis de pregrado*). Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12777>
- Escalante, Á., & Valencia, G. (2019). Propuesta de Mejora de Procesos utilizando herramientas de Lean Manufacturing en la confección de Calentadores de Brazo para elevar la productividad en una Pyme textil en Arequipa. (*tesis de pregrado*). Arequipa, Perú: Universidad Católica San Pablo. Obtenido de

http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/15992/4/ESCALANTE_MONTESIN

[OS_ALV_PRO.pdf](#)

Fernández, E. (2018). Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM. (*tesis de maestría*). Oviedo, España: Universidad de Oviedo. Obtenido de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=9895F44E6E412357D158C79DC6E74BC2?sequence=1>

Hualla, R., & Cárdenas, C. (2017). MEJORA DE PROCESOS EN LAS ÁREAS DE MEZCLADO Y MOLIENDA DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE TUBOSISTEMAS PVC Y PEAD APLICANDO HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING. (*tesis de pregrado*). San Miguel, Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9372/HUALLA_RODY_MOLIENDA_EMPRESA_MANUFACTURERA_CALIDAD_LEAN.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Martínez, A. (2017). Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el Comando Logístico Reino de Quito No. 25 (COLOG) en el departamento de mantenimiento. (*tesis de pregrado*). Quito, Ecuador: Universidad UTE. Obtenido de <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/14476>

Medina, C. (2015). SOLUCIONES LEAN PARA INCREMENTAR LA CALIDAD DEL SERVICIO DE LA UNIDAD DE EXTENSIÓN. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad de Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2424/ING-L_008.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Romero, J. (2017). Implementación de herramientas del Lean Manufacturing para mejorar la productividad del área de mantenimiento Empresa Talma, Callao, 2016. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21931>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Tabla 41

Matriz de consistencia.

Título: Aplicación de las herramientas Lean Maintenance para mejorar la productividad en el proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor, Cajamarca					
Problema	Hipótesis	Objetivos	Variables	Metodología	Población
¿La aplicación de las herramientas Lean Maintenance mejora la productividad del proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor?	Con la aplicación de las herramientas Lean Maintenance se mejorará la productividad en el proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor.	Aplicar las herramientas Lean Maintenance para mejorar la productividad en el proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor.	Variable dependiente: productividad.	Tipo de investigación: Según su propósito: La investigación es aplicada. Según su profundidad: La investigación fue explicativa. Según la naturaleza de sus datos: La investigación es cuantitativa. Diseño de investigación Según su manipulación de la variable: La investigación es pre experimental. Técnicas: Observación directa. Entrevista. Instrumentos: Ficha de observación. Guía de entrevista. Método de análisis de datos: Estadística descriptiva.	Población: Vehículos atendidos en el proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor Muestra: Vehículos atendidos en el proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor de junio a noviembre del año 2019.
		<ul style="list-style-type: none"> - Analizar la productividad del proceso de mantenimiento durante el período de junio a noviembre del año 2019. - Diagnosticar los desperdicios en el proceso de mantenimiento durante el período de junio a noviembre del año 2019. - Implementar las herramientas Lean Maintenance adecuadas para mejorar la productividad en el proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor. - Controlar el efecto de la implementación de las herramientas Lean Maintenance en la productividad del proceso de mantenimiento de vehículos comerciales de la empresa Divemotor. 	Variable independiente: Lean Maintenance.		

Anexo 2: Fotografías



Figura 25. Operador recogiendo el test impreso.

En la figura 25, se muestra al operador recogiendo los test impresos, esta actividad se puede reducir en el recorrido, ya que se puede digitalizar esta actividad.

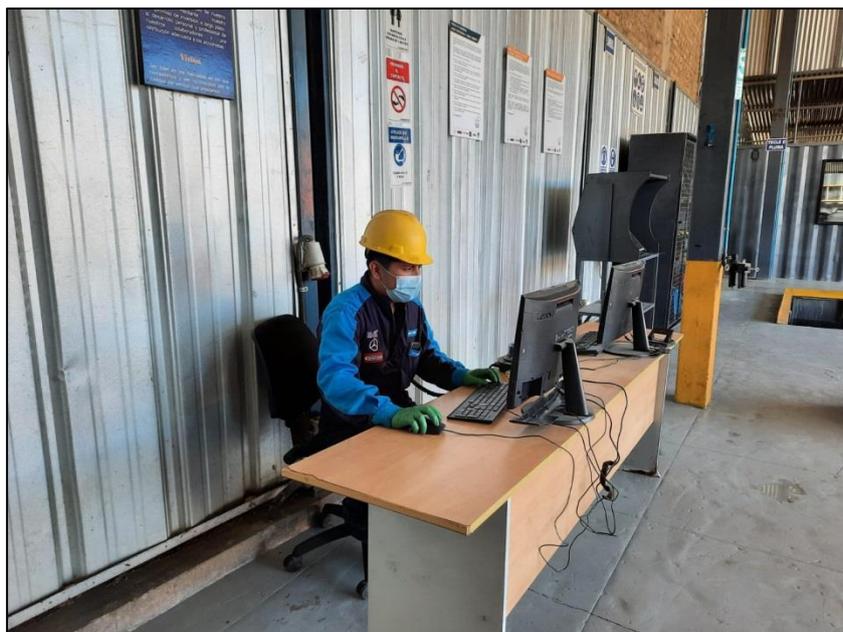


Figura 26. Generar vale de pedido.

En la figura 26, se muestra el operador generando el vale de pedido de repuestos necesarios para el mantenimiento tipo M.



Figura 27. Recoger repuestos de almacén.

En la figura 27, se muestra la tarea de recoger repuestos de almacén, la cual se realiza dos veces, se puede reducir a 1 vez, si es que el pedido se realiza correctamente.



Figura 28. Revisar filtros.

En la figura 28, se muestra la actividad de revisión de filtros, ya que está dentro de las tareas de mantenimiento tipo M.



Figura 29. Operador recogiendo el test impreso.

En la figura 29, se muestra al operador recogiendo los test impresos, esta actividad se puede reducir en el recorrido, ya que se puede digitalizar esta actividad.

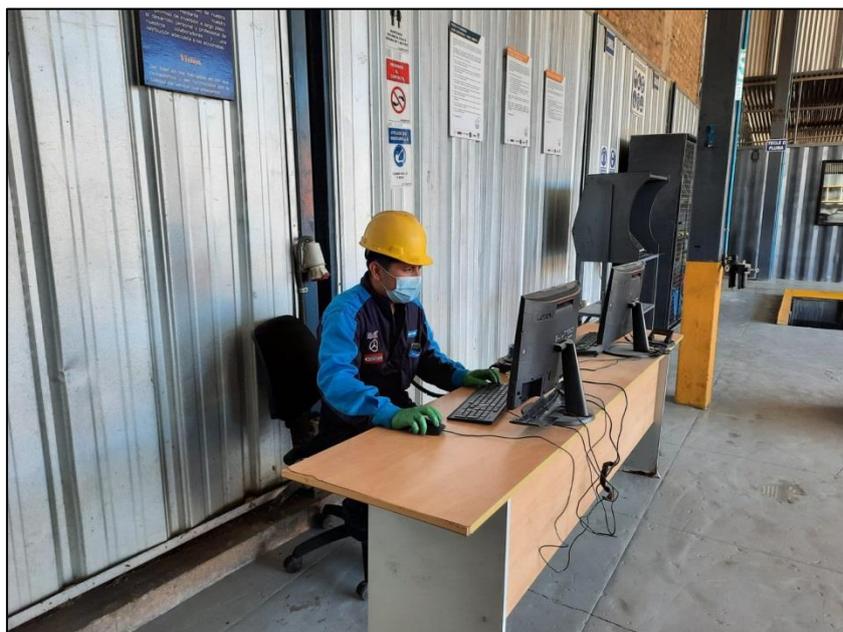


Figura 30. Generar vale de pedido.

En la figura 30, se muestra el operador generando el vale de pedido de repuestos necesarios para el mantenimiento tipo M.



Figura 31. Recoger repuestos de almacén.

En la figura 31, se muestra la tarea de recoger repuestos de almacén, la cual se realiza dos veces, se puede reducir a 1 vez, si es que el pedido se realiza correctamente.



Figura 32. Revisar filtros.

En la figura 32, se muestra la actividad de revisión de filtros, ya que está dentro de las tareas de mantenimiento tipo M.