

**IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS
TALLERES DE MANTENIMIENTO “LOS PATIOS USME EL PRADO” Y “FONTIBON LAS
BRISAS” DE LA EMPRESAS MUEVE USME Y MUEVE FONTIBON, COMO ESTRATEGIA
PARA LA MEJORA.**

JOHN ALEJANDRO MENDEZ VARGAS

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
OPCIÓN DE GRADO 2
BOGOTÁ D.C.**

2025

**IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS TALLES
DE MANTENIMIENTO “LOS PATIOS USME EL PRADO” Y “FONTIBON LAS BRISAS” DE
LA EMPRESAS MUEVE USME Y MUEVE FONTIBON, COMO ESTRATEGIA PARA LA
MEJORA.**

TUTOR

ING. LUISA FERNANDA ALCALA ZARATE

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

OPCIÓN DE GRADO 2

BOGOTÁ D.C.

2025

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	3
LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE ILUSTRACIONES	5
2. Planteamiento Del Problema	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Enunciado Del Problema	12
2.3 Árbol De Problema	15
2.3 Pregunta De Investigación	18
3. Justificación	19
4. Objetivos	21
Objetivo General	21
Objetivos Específicos	21
5. Marco Referencial	22
5.1 Marco Conceptual	22
Lean Manufacturing	22
Gestión de mantenimiento	24
Desperdicios Operaciones	24
5.2 Marco Teórico	25
Lean Manufacturing	25
Gestión de mantenimiento en flotas	28
Desperdicio operacional	30
6. Alcance	33
7. Hipótesis	34
8. Marco Metodológico	35
8.1 Diseño De La Investigación	35
8.2 Tipo De Estudio	36
8.3 Población	36
8.4 Muestra	36
8.5 Técnicas De Recolección Y Análisis De Información	37
8.6 Procedimiento	38
9. Cronograma	40
10. Resultados	41

Objetivo 1: Diagnosticar los procesos de mantenimiento en los talleres de las empresas Mueve Fontibón S.A.S. y Mueve Usme S.A.S., mediante el análisis de los tiempos de búsqueda y disponibilidad de herramientas, identificando los principales desperdicios operativos.....	41
1. Detección de necesidad.....	44
2. Planeación de la entrada al taller	44
3. Asignación de espacio y recursos.....	44
4. Ingreso del bus al área de trabajo.....	44
5. Ejecución del mantenimiento	45
6. Control de calidad.....	45
7. Cierre administrativo	45
8. Salida a operación.....	46
Luego se realizó un levantamiento del información sobre cómo se encuentra distribuido física del taller:	46
Recolección de datos sobre tiempos y disponibilidad de herramientas.	48
Identificación y clasificación de desperdicios según principios lean.	55
Objetivo N°2: Aplicar la herramienta Lean Manufacturing más adecuada para los talleres de mantenimiento adoptándolas a las necesidades específicas.	61
Diseño de plan de aplicación.	65
Objetivo N°3 Evaluar resultados obtenidos tras la aplicación de Lean Manufacturing	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
BIBLIOGRAFIA.....	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: cuadro metodológico	37
Tabla 2 Cronograma.....	40
Tabla 3: Estadística descriptiva de observación en campo Mueve Usme S.A.S.	48
Tabla 4: Incidencia por grupo de herramientas.....	50
Tabla 5: Estadística descriptiva de observación en campo Mueve Fontibón S.A.S.	50
Tabla 6: Incidencia por grupo de herramientas porcentaje	51
Tabla 7: Análisis de resultados pregunta 1.	52
Tabla 8: Análisis de resultados pregunta 2.	52
Tabla 9: Clasificación de principios lean	55
Tabla 10: Desperdicio operativo por empresa.....	56
Tabla 11: frecuencias de desperdicios operacionales.	58
Tabla 12: Descripción de criterios de evaluación.....	62
Tabla 13: matriz de decisión.....	63
Tabla 14: Matriz RACI	66
Tabla 15: Indicador	88

Tabla 16:Resultados Mueve Fontibón S.A.S	88
Tabla 17:Resultados Mueve Usme S.A.S	89
Tabla 18:Resultados de Comparación Mueve Usme S.A.S	89
Tabla 19:Resultados de Comparación Mueve Fontibón S.A.S	90
Tabla 20:Equivalencia de Tiempo.	92
Tabla 21:Resultados en términos monetarios	92
Tabla 22:Cálculo de recursos económicos según temporalidad.	93
Tabla 23: Calculo antes y después en términos de desaprovechamiento de recursos económicos en la empresa Mueve Fontibón S.A.S	93
Tabla 24:Calculo antes y después en términos de desaprovechamiento de recursos económicos en la empresa Mueve Usme S.A.S	93

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: tipos de servicios que presta el (SITP)	10
Ilustración 2: Árbol de problema	15
Ilustración 3:flujograma área de mantenimiento	43
Ilustración 4: Diagrama del taller	46
Ilustración 5:Grafico de Pareto.	58
Ilustración 6: Registro fotográfico antes de la implementación Mueve Fontibón.....	69
Ilustración 7: post aplicación Mueve Fontibón.....	70
Ilustración 8:post aplicación Mueve Fontibón.....	70
Ilustración 9:post aplicación Mueve Fontibón.....	71
Ilustración 10:post aplicación Mueve Fontibón.....	71
Ilustración 11: Herramienta Mueve Usme antes de la aplicación.	72
Ilustración 12: herramientas post aplicación.....	73
Ilustración 13: herramientas post aplicación.....	74
Ilustración 14:Tablero Kanban 5S – Mecánica.....	75
Ilustración 15:Tablero Kanban 5S – Eléctrica.	76
Ilustración 16:Tablero Kanban 5S – Mecatrónica.	76
Ilustración 17:Tablero Kanban 5S – Carrocería.	76
Ilustración 18:Tablero Kanban 5S – Llantas.....	77
Ilustración 19: Hoja de resumen tableros.....	77
Ilustración 20: Capacitación Mueve Fontibón.....	78
Ilustración 21: capacitación Mueve Fontibón.....	78
Ilustración 22: Capacitación Mueve Usme	79
Ilustración 23: capacitación Mueve Usme.....	79
Ilustración 24: Evidencia estado de taller mueve Fontibón.	80
Ilustración 25: evidencia estado de taller mueve Usme.....	81
Ilustración 26: evidencia, Mueve Fontibón.....	81
Ilustración 27: evidencia Mueve Fontibón.....	82
Ilustración 28: evidencia codificación por colores.....	82
Ilustración 29: Evidencia codificación por colores	83
Ilustración 30: evidencia codificación por colores.....	83
Ilustración 31: Evidencia de codificación por colores.....	84

Ilustración 32: control de herramienta.....	85
Ilustración 33: control de herramientas.....	85
Ilustración 34: control de herramientas.....	86
Ilustración 35: control de herramientas.....	87
Ilustración 36: evidencia de uso de control de herramientas.....	87

1. Línea De Investigación

La Universidad Santo Tomas, en su programa de pregrado Ingeniería Industrial, cuenta con dos líneas de investigación: 1. Mejoramiento de procesos, y 2. Gestión organizacional; el presente proyecto se enmarca en las dos líneas, en las áreas de Ingeniería de Negocio y estrategia y competitividad, dado que se encuentra apoyadas por los siguientes espacios académicos, Administración Industrial, Pensamiento y Análisis sistémico y Gestión de Proyectos en Ingeniería, Ingeniería de Procesos, Gestión de la calidad, Herramientas Lean.

2. Planteamiento Del Problema

2.1 Antecedentes

Bogotá, desde sus comienzos según el archivo de la ciudad, era una capital aislada del resto del país, debido a que ciudadanos tenían una movilidad limitada, ya que el transporte era en mulas y asnos, hasta que empezaron a avanzar los sistemas de transporte de la ciudad con el fin de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, así es que se crean, los trolebuses, el tranvía y los taxis, y fue hasta mediados del siglo XX que estos sistemas fueron desapareciendo y surgieron nuevos sistemas de transporte como los buses, y de esta forma la ciudad fue avanzando en sistemas de transporte (jstorres, 2020).

Durante los años 80, surgieron los buses particulares, que se dedicaban a transportar a las personas por un precio cómodo, y siguiendo una ruta establecida, estos buses eran de diferentes empresas, cada una de estas cambiaba según el sector en donde los buses prestaban su servicio; fue así que se creó una rivalidad particular la cual, la gobernación del distrito no podía controlar, esta situación aumento hasta que se le acogió un nombre particular dado por una película escrita por el cineasta Ciro Duran, en la que se representaba el día a día de un conductor de bus urbano en la ciudad de Bogotá, así se evidencia la gran problemática que tenía el sistema de transporte público de la metrópolis, pues cada conductor con el fin de poder ganar más pasajeros lo cual representaba un aumento en su ganancia, competía contra otros conductores incluso de la misma empresa transportadora, esto generando un riesgo alto a los pasajeros, muchas veces incurriendo en faltas a la normativa de transito de la ciudad, y lo que se resumía en accidentes que alteraba a la tranquilidad de la ciudad. (Durán, 1985)

Para el año de 1998, en la ciudad se realizó un análisis sobre la calidad del transporte público, y una de las mayores problemática encontradas según Hidalgo (HIDALGO, 2001) era su lentitud, pues el promedio era de 30 Km/h, además, un ciudadano demoraba en promedio una hora y diez minutos, y buses con 14 años de vida, su media de ocupación era de un 45% lo cual generaba que hubieran muchos vehículos en la vía sin una mayor ocupación, pues también existía la problemática de que el 95% de la vía era ocupada por un 19% de la población, lo cual generaba una inequidad, con gran afectación a la vida cotidiana de las personas, el hecho de que existieran tantos vehículos y estos sin control de partículas contaminantes, generaba que se produjeran un promedio de 1,200 muertes al año a causa de neumonía, y se le atribuía en un 70% a la movilidad urbana; por otra parte, la inseguridad en las vías de la capital cobraban un total de 1,740 muertes al año a raíz de accidentes de tránsito; por ello el distrito propuso una solución a estas problemáticas, creando un sistema de transporte masivo, el cual vendría a aparecer en el año 2000 con el nombre de Transmilenio, este es un sistema de transporte basado en buses, los cuales tienen una calzada exclusiva dentro de la ciudad, con el fin de reducir los tiempos en el transporte de los Bogotanos, y bajo el principio fundamental del respeto a la vida, iniciando operaciones con un total de 224 articulados y 60 buses alimentadores para este sistema; de esta manera se inició el mejoramiento de la movilidad urbana de la ciudad con el fin de mejorar la calidad de vida dentro de la metrópolis.

De esta manera se dio frente a la problemática de movilidad que sufría la ciudad, con el sistema Transmilenio, pero aun con este sistema de movilidad, seguían existiendo las empresas de transporte publico privadas, las cuales eran generadoras del famoso y anteriormente mencionado la guerra del centavo, pues aunque el Transmilenio operaba en su troncal propia, los buses particulares operaban en las calzadas mixtas, claro está el Transmilenio movilizaba la mayoría de las personas, pero al existir las demás empresas, no

desparecían los riesgos, así fue que mediante el Decreto 309 de 2009, expedido por el alcalde Samuel Moreno, “*Por el cual se adopta el Sistema integrado de transporte Público*”, lo que se conoce como (SITP) este se planteó como como una red de transporte publico integrado el cual, estará organizado y con una tarifa única, según Asprilla y Rey (Yefer Asprilla Lara, 2013) el sistema (SITP) se aplicó de forma gradual, debido a traumatismos anteriores existentes en otras ciudades donde se habían aplicado en modelos similares, como en la ciudad de Santiago de Chile.

Este sistema fue creado con el fin de poder integrar todos los medios de movilidad en la ciudad los cuales son: Transmilenio, Alimentador, Urbano, Complementario y servicio especial, así lograr que sea más eficiente la ciudad, evitando que los cuídanos pierdan tiempo valioso en el desplazamiento a sus actividades diarias, debido a esto, el enfoque del proyecto está en el servicio urbano, a continuación, se va a explicar mediante imagen los servicios de movilidad masiva que contempla el sistema.

Ilustración 1: tipos de servicios que presta el (SITP)



Recuperado de: SITP.” sistemas que integran el servicio”. SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PUBLICO, 2019. [en línea]. Disponible:

<https://www.sitp.gov.co/publicaciones/40076/mapas-del-sitp/>

Ahora bien, mediante este se entiende que los tipos de servicio que presta, siendo el primero y más grande, Transmilenio; el servicio urbano, ha empezado a crecer con el fin de recorrer la mayor parte de la ciudad y poder brindar un servicio de calidad, este tipo de servicios son prestados mediante una variedad de operadoras, que son divididas gracias a la cantidad de buses que contienen, y la cantidad de rutas que operan, pues la mayoría de rutas de un sector en específico están asociadas a una operadora, en el sistema existen un gran número, dos de ellas son MUEVE USME S.A.S. Y MUEVE FONTIBÓN S.A.S., como su nombre lo indica, son operadoras que una gran cantidad de rutas en la zona sur oriente de la ciudad (Usme) y la zona occidental de la ciudad (Fontibón).

El patio de buses Usme el prado, creado en el año 2023, el cual actualmente es operado por el consorcio Mueve Usme SAS, es poseedor de 229 buses totalmente eléctricos repartidos entre padrón y busetón, además según Transmilenio (TRANSMILENIO, 2022) llegando a ser el patio de buses eléctricos más grande de latino américa, y aunque es el más grande, no es primero del continente, pues chile ha sido antecesor a Colombia en temas de movilidad eléctrica; en relación a esto, Bogotá con su nuevo POT, el cual entro en vigencia desde el año 2022, y termina en el año 2035, tiene como objetivo la ampliación de la ciudad hacia zonas rurales de la localidad quinta, esto incidiendo directamente en la operación del patio, debido a que este es 1 de los 2 patios de movilidad eléctrica que se ubica en esta localidad, y su operación está dirigida a el sistema de buses urbanos dentro de la capital, eso quiere decir que tienen un total de 0 emisiones de partículas contaminantes, y ayudando a que tanto como la ciudad y el país, logren incorporar y cumplir en su día a día con las ODS planteadas para el año 2030.

Si bien se sabe que el patio Usme el Prado, es el más grande de América latina, no fue el primer patio de movilidad eléctrica en operar dentro del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), pues uno de los pioneros, fue el patio de Fontibón las brisas, el cual es operado por el consorcio Mueve Fontibón SAS, este patio cuenta con un total de 117 buses, todos totalmente eléctricos a igual que el patio anterior, aunque este es de un margen más pequeño pues contiene menos buses que el patio de Usme, igualmente es una fuente importante para la movilidad urbana de la capital, y un proyecto en pro del medio ambiente.

Las dos operadoras a trabajar son entes aparte, pues su razón social es diferente e instalaciones se ubican en distintas partes de la ciudad, más los recursos físicos, las operaciones, los móviles y su estructura organizacional son similares; como el hecho de tener técnicos A, B, C y D, en donde el técnico A es aquel personal que lleva una gran experiencia, consecuente a esto el D es aquel que tiene muy poca experiencia en temas de mantenimiento.

2.2 Enunciado Del Problema

Los centros operativos a cargo de estas dos operadoras del transporte público de la capital, presentan dentro de sus talleres algunos problemas detectados en el momento en el que el investigador realiza una indagación dentro de las instalaciones de estos patios, evidencia ciertos factores los cuales son irregulares a la operación normal del área de mantenimiento, quien es el área encargada de los talleres, además que las dos organizaciones a tratar tienen esquemas bastante parecidos, en cuanto a personal, infraestructura, herramientas, operaciones y tratar los mismos buses; según las empresas se encuentra que para el año 2024, hubo una pérdida de recursos monetarios para poder realizar los mantenimientos de forma adecuada, y está perdida costo a las empresas en promedio un valor mayor de 35.000.000 COP para cada una, lo cual es un cifra bastante alta y alarmante, pues

aunque se tienen previstos costos por daño o pérdida, no se tiene en cuenta que pueda llegar a ser tan alta.

Por otro lado, este mismo costo, se altera debido a que en las empresas no existe un registro claro y un control establecido sobre las herramientas y la disponibilidad de cada una de estas para poder brindar su servicio, pues una de las grandes falencias y que está incidiendo, es la no capacitación del personal de almacén para poder definir cuando un recurso físico se encuentra en buen o mal estado, generando almacenamiento de objetos sin función, debido a que no se sabe distinguir.

Otro de los grandes problemas allí encontrados es el hecho de no tener un orden claro dentro de la organización sobre el sitio de trabajo, ni cuales son los puntos correctos de acogida de herramientas en el transcurso del día, pues según investigaciones y consultas a personal dentro de los talleres, estos no cuentan con una cultura organizacional y dentro de los pasillos entre los cárcamos donde se ubican los buses para su debido mantenimiento, se encuentra herramienta sin uso, y con grandes posibilidades de causar una afectación a la operación normal, pues según datos allí recolectados, tan solo en el mes de febrero del año 2025 se generaron 2 incapacidades medicas debido a la falta de orden, que según las empresas son un desguince por caída gracias a objeto y una contusión fuerte debido a esto mismo,

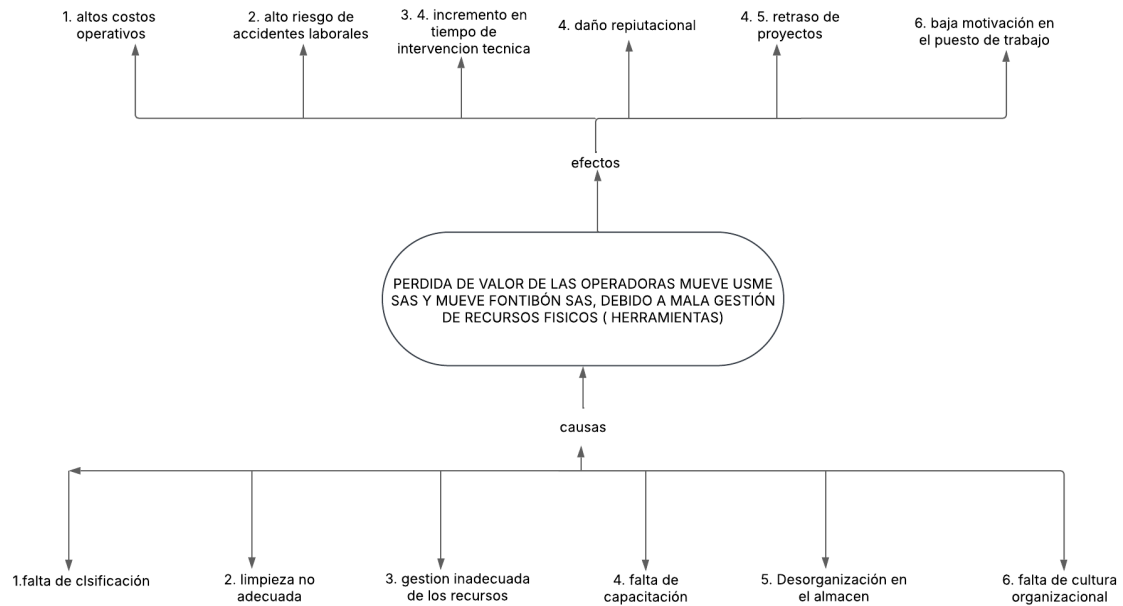
Por otro lado los tiempos de mantenimiento y el usos adecuado del personal disponible, en estos patios se cuenta con diferentes clases de técnicos (explicados en el último párrafo de la sección antecedentes), los cuales son A, B, C y D, una de las grandes falencia en temas de organización, es el tener únicamente el registro de los técnicos A y B, pues son los únicos que aparecen dentro del sistema de control, esto generando que los técnicos C y D no sean

reconocidos oficialmente dentro del sistema logrando así que a un personal A o B se le otorguen demasiadas horas adscritas a su trabajo, además, no se sabe con certeza cantidad de técnicos que están operando en un móvil, generando así que exista subutilización de personal y de tiempo, logrando identificar que en ocasiones existe más personal que el necesario y de igual manera el móvil en mantenimiento tenga un tiempo parecido al que tiene cuando cuenta con menos personal; (no se tienen a todos los técnicos dentro del sistema por cuestiones financieras).

Consecuente a esto, en las visitas generadas se encuentra que el personal aunque es capacitado no utilizan los recursos físicos de la forma adecuada, pues en el transcurso del adentramiento se lograron identificar un total 31% técnicos en Usme y 18% en Fontibón, los cuales estaban utilizando de forma inadecuada los recursos, generando así un riesgo a su salud, el caso más crítico que se observó, fue una persona que al lograr alcanzar la altura adecuada para poder adentrarse en el compartimiento trasero donde se encuentran los motores de los buses, se eleva mediante una especie de carro, pues este contaba de 4 ruedas y una cesta en la parte superior con el fin de poder transportar repuestos o herramientas de peso medio, y el personal se encontraba de pie en la parte superior de la cesta logrando el objetivo de alcanzar la altura deseada, más exponiendo su integridad física; otro caso allí conocido, fue, en momentos pasado, un grupo de técnicos debían aflojar las tuercas que fijan las llantas a la suspensión y para esto, utilizaron un torque tal es la fuerza que se debe ejercer, sin ser medida, que al estar siendo utilizado de forma errónea esta herramienta termino dañándose, generando que la empresa tuviera que comprar una nueva, la cual según las especificaciones de la empresa en el mercado se encuentra con precios aproximados a 1,5 millones de pesos Colombianos.

2.3 Árbol De Problema

Ilustración 2: Árbol de problema



Fuente: Información extraída de las dos empresas (Mueve Usme), (Mueve Fontibón)

La pérdida de valor en las organizaciones por falta de buen uso o una buena gestión de los recursos físicos que se tiene para poder prestar el servicio de mantenimiento a las flotas de buses, es un problema que ha costado mucho dinero a las organizaciones a lo largo de su operación, pues, aunque se tiene registros del año 2024. Se conoce de mano de los directivos, que esta cifra ha sido recurrente a lo largo de los años, e incluso ha aumentado en comparación con años anteriores, eso quiere decir que multiplicar esta cifra por los años de operación que llevan los patios es una pérdida de valor bastante grande; esto da a entender de que los patios tiene una salida de dinero, que aunque está previsto un gasto por herramienta, a causa de la finalización de la vida útil, no se contemplan valores tan altos.

La falta de clasificación de los recursos dentro de la organización, genera que las personas encargadas de mantener y ordenar las herramientas no cuenta con un conocimiento necesario para poder identificar el estado de estas mismas, ahora cada uno de los técnicos tienen un kit de herramientas entregados por las empresas con el fin de que puedan tener de fácil acceso una herramienta de calidad y ser responsables de esta, se conoce por entrevistas generadas a los técnicos prestadores del servicio, de que no cuentan con un buen orden dentro de estos kits y de que en ocasiones no se cuenta con la herramienta necesaria dentro de estos; esto generando que se tenga en inventario recursos en mal estado, y recursos los cuales no son necesarios dentro de las instalaciones, esto alterando los costos operativos, pues disminuye la rentabilidad de los patios, debido a que tienen que re invertir en nueva herramienta más el hecho de tener un inventario e ocasiones inservible, por otro lado, se altera debido a que cuando se hace necesaria la herramienta, y esta está en mal estado, se genera un reproceso por parte del técnico además de tiempo perdido, pues tendría que esperar a una solución de un cargo mayor, y en ocasiones un aumento significativo de tiempo por móvil dentro del taller (más de 1 día).

Limpieza no adecuada, esto debilita el área, pues aunque semanalmente el taller realiza un total de 3 jornadas de aseo, los días Lunes, miércoles y viernes, en estos días se realizan un total de 1 hora diaria, pero, durante el transcurso de los días de aseo y los que no, el taller permanece con residuos sólidos extraídos de los móviles y de las partes de estos, como empaques de los filtros y empaques en donde estos viene, incrementando el riesgo laboral para los técnicos, pues genera problemas para poder movilizarse dentro de los talleres.

La gestión inadecuada de los recursos, es una de las causas principales del problema tratado en el proyecto de investigación, pues se identifica que dentro de las instalaciones no se tiene un orden claro para los recursos físicos, como las herramientas, creando que se tengan inventarios innecesarios, además de tener un mal estado de los recursos físicos, generando una pérdida aproximada de 40 millones de pesos en cantidad de herramienta perdida, pues como se mencionó anteriormente, existen dos grupos de recursos, los personales y los grupales; y la pérdida se centra en los grupales, pues aunque las personales también generan pérdida, se tiene un mayor control sobre estas, pues son las mismas para todos los técnicos, y se tiene un control sobre cantidad y clasificación de las cuales se entregan.

Siguiendo en la idea del problema se encuentra la causa del personal poco capacitado, pues dentro del almacén se encuentra personal con poca capacitación, en inventarios y en estado de este, generando que se tenga parte del inventario obsoleto, sin ninguna alerta, incidiendo en el hecho de mal estado de herramienta, así, cuando un técnico hace necesario este recurso, está en mal estado, obligando a esperar otro medio para poder realizar su actividad, retrasando proyectos, además, en casos llegando a utilizar un recurso inadecuado, creando un efecto directo al reproceso, en muchos casos cuando el móvil está en operación, dando una mala impresión al cliente final, y una mala reputación para el patio, pues según el consejo de Bogotá (consejo de bogota, 2025) desde el año 2013, un bus del SITP, se ha varado 44 veces, cifra alarmante para la ciudadanía.

Ahora bien, todas las causas anteriormente mencionadas, según las entrevistas generadas, crea una pérdida de capacidad laboral en los técnicos, y baja motivación para realizar sus labores.

2.3 Pregunta De Investigación

¿Cómo influye la implementación de las herramientas lean manufacturing en los talleres de mantenimiento de “los patios Usme el prado” y “Fontibón las brisas” a cargo de las empresas Mueve Usme S.A.S. Y Mueve Fontibón S.A.S. (Bogotá D.C., Colombia), reduce la pérdida de recursos y tiempos?

3. Justificación

En Colombia, la capital, Bogotá, es una ciudad densamente poblada, pues según el DANE la ciudad cuenta con un poco más de 7 millones de personas; las cuales sean por diferentes causas tienen que movilizarse dentro de la metrópolis, y para esto el distrito ha garantizado esa movilidad, por medio de diferentes empresas prestadoras de este, y controladas por el gobierno para poder garantizar calidad y transporte digno a la ciudadanía.

Dicho esto, el presente proyecto se justifica, en el hecho de poder garantizar un transporte de calidad a la ciudadanía, mediante la mejora de los procesos técnicos dentro de los talleres de los patios de las dos operadoras del SITP, MUEVE USME S.A.S. Y MUEVE FONTIBON S.A.S., las cuales son parte de las operadoras más recientes que se han incorporado en el sistema de transporte público, por dicho suceso, no se han realizado estudios de procesos dentro de estas dos empresas, siendo este uno de los pioneros dentro de este grupo de estudios en estas dos empresas.

Por otro lado se justifica, gracias a que se abordara un problema crítico dentro de las organizaciones, desde una perspectiva teórica, gracias a que se aplicara una herramienta de mejoramiento de la literatura de lean manufacturing, esto en un contexto poco conocido, pues es un modelo de transporte, en donde se ha hecho poca investigación acerca de este tema, aparte, llenado vacío de estudios los cuales se centran en la aplicación de alguna herramienta lean, pero en entornos industriales tradicionales (entiéndase tradicionales, como empresas de producción de bienes masivos).

Metodológicamente, este proyecto propone la implementación de una metodología de mejora, en donde se encuentran aspectos cualitativos como entrevistas y mapeos visuales, además aspectos cuantitativos, como la implementación de KPI's, dentro de la propuesta de implementación y los costos financieros.

En temas prácticos, se impacta directamente los costos de un proceso complementario pero fundamental y totalmente necesario de dos empresas parecidas, además impacta la competitividad, y ayudando a cumplir de mejor forma la ley 0312 de 2019 de seguridad industrial, y alineando con los objetivos de desarrollo sostenible N°8 y N°9, pues, el N°8 aclara “trabajo decente y crecimiento económico”, en donde uno de los objetivos de este es garantizar el empleo pleno y productivo para todos, además de promover entornos laborales seguros para todos, logrando así que las empresas a tratar se ajusten de mejor manera a este objetivo mediante este proyecto de investigación, por otro lado el N°9 el cual nombra, “INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA” dentro del cual se encuentran metas como las cuales son reducir la emisión de carbono, y modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles; estas están relacionadas con el proyecto de manera directa, al ayudar a que la industria sea sostenible, pues sostenibilidad comprende más allá del tema ambiental, y entra en temas económicos, al tratar aquí un tema de pérdida con el fin de poder dar solución clara y oportuna, se acerca a la sostenibilidad económica; y de manera indirecta mediante la emisión de carbono, pues se está trabajando en patios de buses 100% eléctricos lo que significa que directamente no generan co2.

4. Objetivos

Objetivo General

Implementar herramientas lean manufacturing en los talleres de mantenimiento de “los patios Usme el Prado” y “Fontibón las Brisas” (Bogotá, Colombia), para reducir perdidas de recursos físicos y tiempos en el proceso.

Objetivos Específicos

1. Diagnosticar los procesos de mantenimiento en los talleres de las empresas Mueve Fontibón S.A.S. y Mueve Usme S.A.S., mediante el análisis de los tiempos de búsqueda y disponibilidad de herramientas, identificando los principales desperdicios operativos.
2. Aplicar la herramienta Lean Manufacturing más adecuada para los talleres de mantenimiento adoptándolas a las necesidades específicas.
3. Evaluar resultados, obtenidos tras la aplicación de Lean Manufacturing, en términos de disminución de desperdicios, tiempos y costos.

5. Marco Referencial

5.1 Marco Conceptual

Lean Manufacturing

Este es un enfoque sistémico de gestión de operaciones orientado a la eliminación de desperdicio y creación de valor para el cliente, este sistema se creó o es basado de la filosofía del toyotismo, en la cual integra toda las áreas de una organización con el fin de poder reducir variaciones y actividades las cuales no generan valor agregado, por medio de diferentes herramientas asociadas a este enfoque, se logra eliminar desperdicios operacionales, optimizar flujos de trabajo e implementación de sistemas de producción, como lo es el Just in Time (JIT); en el contexto donde este se aplicara, el cual son talleres de mantenimiento de flota operadora de un sistema de transporte masivo, este puede aportar herramientas, para agilizar los procesos, reducir tiempos muertos u ociosos por parte de los técnicos, además de aumentar la confiabilidad de la flota, evitando reprocesos, y aumentando la eficacia dentro de los talleres. (Rachna shah, 2007); sus herramientas son: 5s, TPM, JIT, Kanban, Line Balancing, Value Stream Mapping, Single Price Flow, SMED; de las cuales las más utilizadas son:

5S (Orden y limpieza sistemática)

Es una metodología de organización de lugar de trabajo, que busca entornos seguros, eficientes y de calidad, a través de 5 principios que son Seri: clasificar, Seiton (Ordenar), Seiso: Limpiar, Seiketsu: Estandarizar y por ultimo Shitsuke: que se puede traducir como disciplinar o sostener; estas prácticas, consisten en eliminar residuos o elementos innecesarios, organizar

de forma eficiente los que si son necesarios, limpiar y mantener el buen estado el sitio de trabajo, establecer estándares visuales de mejora y asegurar una disciplina con el fin de la mejora continua, en donde un entorno ordenado, generalmente reduce los tiempos muertos, reducción de desperdicio, transparencia del flujo de trabajo, y una identificación temprana de problemas, pues en un entorno ordenado es más sencillo encontrar anomalías, además de poder realizar un seguimiento a los recursos físicos, con el fin de identificar fugas de recursos, y para sostener dicho sistema es fundamental incluir auditorias físicas y por medio de los indicadores, además de esto fomentar una cultura organizacional, para concluir, las 5s es base de excelencia operacional al promover un entorno propicio para la eficiencia y la mejora continua. (Mărăscu-Klein, 2015)

Just in Time (JIT)

Es un sistema de producción y conjunto de prácticas las cuales tiene el objetivo de producir únicamente lo necesario, en el momento necesario, fue desarrollado por Toyota, y constituye uno de sus pilares fundamentales para la producción, y entra a remplazar el típico sistema de Push and Pull; en la práctica real de la industrial, este sistema implica la eliminación, de los inventarios, como el de materias primas e insumos y el de producto terminado, y para poder implementar esta herramienta, está apoyada en metodologías como la Kanban, claro está, este tipo herramienta o sistema, se utiliza en su mayoría en producción de vehículos, sistemas electrónicos y sistemas de fabricación, en donde no se hace necesario tener inventarios (Ana Claudia Lara, 2022).

TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total)

Es una metodología, la cual toma en cuenta la mayor parte de los aspectos de producción, como el mantenimiento de los equipos, esta busca maximizar la eficiencia global de los equipos a través de la participación de la mayor cantidad de niveles de la organización,

su objetivo principal es lograr cero averías, cero defectos y cero accidentes, promoviendo un sistema en donde los operarios asumen responsabilidades preventivas sobre sus máquinas, además de esto, esta metodología se apoya en 8 pilares, los cuales son: mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, mejora enfocada, gestión de calidad en mantenimiento, formación y entrenamiento, seguridad, higiene y medio ambiente, TPM en desarrollo de equipos y por ultimo TPM en áreas de soporte. (Nakajima, 1988)

Gestión de mantenimiento

La gestión de mantenimiento se define como el conjunto de actividades planificadas, que tienen ciertos parámetros como lo es, la planificación, la ejecución, y el control, con el fin de garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos físicos, además minimizando costos asociados al fallo y la indisponibilidad de algún equipo físico. Esta gestión, implica el diseño e implementación de estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, administración eficiente de los recursos, y monitoreo constante mediante indicadores de gestión, para lograr la mejora continua del mantenimiento; en un taller de mantenimiento como el cual se va a trabajar aquí (pues los dos talleres son idénticos en su forma de operar, únicamente cambia la cantidad de recursos a utilizar), realiza todas estas fases así asegurando la operatividad de la flota, reduciendo tiempos de intervención. Y logrando una buena gestión de los bienes móviles en temas de mantenimiento. (Salih O. Duffuaa, 2006)

Desperdicios Operaciones

Los desperdicios operacionales, son aquellas actividades o recursos empleados en un proceso que desde la perspectiva del cliente no agregan valor al producto o servicio final; la presencia de estos desperdicios genera ineficiencias, aumenta los costos y tiempos de

operación, disminuye la calidad, estos desperdicios, pueden manifestarse con demoras en los repuestos, transporte improductivo de herramientas o repuestos, exceso en inventario, movimiento redundantes del personal técnico o re trabajos por intervenciones técnicas mal realizadas. (Ohno, 1988)

5.2 Marco Teórico

En este marco teórico se presentan los conceptos fundamentales que sustentan el proyecto de investigación acerca de la implementación de Lean Manufacturing en los talleres de mantenimiento de buses eléctricos anteriormente mencionados, el cual se abordara desde tres ejes temáticos, los cuales será: la metodología Lean Manufacturing, La gestión del mantenimiento, y el desperdicio operacional, estos temas proporciona fundamento académico para diseñar estrategias orientadas a la perdida de recursos y tiempo dentro de los patios de mantenimiento.

Lean Manufacturing

Es una filosofía de gestión, originada en el sistema de producción de Toyota, que busca maximizar el valor para el cliente eliminando sistemáticamente los desperdicios de los procesos, esto implica distinguir entre actividades que agregan valor a la empresa y las que no, y por ende estas últimas deben de reducirse con el objetivo de llegar a eliminarlas, incluso se ha logrado demostrar que en las actividades industriales tradicionales (producción) las actividades que no agregan valor a estas pueden representar un total de 90% de las operaciones (U.S. Environmental Protection Agency, 2017) lo que evidencia una magnitud de desperdicio monumental, generando una oportunidad de mejora mediante alguna herramienta lean.

Esta más que un conjunto de herramientas, es una filosofía de la mejora continua, según Womack y Jones (1996) esta filosofía tiene 5 principios fundamentales, que son, la definición de valor desde la perspectiva del cliente, mapear la cadena de valor, establecer un flujo continuo de los procesos productivos, implantar un sistema pull donde un proceso “jala” el anterior, evitando así la sobreproducción, y lograr llegar a un estado de “perfección” mediante la mejora continua, logrando cambiar el sistema de producción tradicional en muchos caso en lotes, a una producción de flujo de la pieza, enfocada en la demanda real del cliente (Womack, 1996).

Para alcanzar esta metodología, se hace necesario varias herramientas y métodos, entre las más conocidas se incluyen 5s, JIT, sistema pull, TPM, six sigma y manufactura celular (U.S. Environmental Protection Agency, 2017), estas actúan en forma tal de poder eliminar las ineficiencias de las cuales se trabaja desde Lean, por ejemplo, 5s mejora la organización, reduciendo tiempos perdidos, JIT reduce inventario y cambia método de producción, TPM involucra a los operadores en el cuidado de los equipos; para así unirlos y crear un entorno operativo ordenado, limpio y orientado a la mejora continua, con personal capacitado para poder identificar oportunidades de reducción de desperdicio (U.S. Environmental Protection Agency, 2017).

Esta filosofía, si bien nace orientada al sector de ensamblaje automotriz, se ha demostrado a lo largo del tiempo que es aplicable a cualquier sector u organización que lo requiera (Mostafa, 2015) incluyendo los sectores de servicios, una cantidad considerable de estudios han demostrado la aplicación de lean o alguna de sus herramientas en entorno fuera de la fábrica de producción, como en servicios de mantenimiento, transporte público, servicios de salud, y otros más los cuales no son sectores ligados directamente a la producción (Mostafa, 2015); dicho esto, la aplicación de lean en las operaciones de mantenimiento de transporte ha generado interés académico, pues uno de los pioneros en realizar este tipo de

estudios fue Zwas (2006) y fue realizado en los talleres de mantenimiento de (CTA) Chicago Transit Authority, el cual es una entidad operadora de buses y trenes urbanos dentro de la ciudad de Chicago (Zwas, 2006), encontrando que las técnicas de Lean Manufacturing adaptadas al mantenimiento lograron mejorar la eficiencia y reducir los desperdicios, y ahorrando millones de dólares, operación de mantenimiento de buses y rieles de trenes urbanos, además, este estudio da una perspectiva diferente de lean manufacturing, incidiendo de que este si logra dar resultados beneficiosos, aun cuando tiene que ser adaptados a entornos únicos como lo son los sistemas de mantenimiento de medios de transporte masivo.

Por otro lado, este proyecto de investigación se fundamenta mediante varios estudios realizados, proyectos relacionados a lean manufacturing dentro de flotas de transporte masivo, pues según García Suárez, en su investigación que lleva como título *“implementación de lean Think en el sistema de Transporte TransMilenio en Bogotá, Colombia”* (Carlos Andrés García Suárez, 2017), en este se identifica que a pesar de que existe una diversidad de aspectos importantes dentro del sistema, solo algunos de estos influyen significativamente en el nivel de satisfacción de los usuarios; este se basó en encuestas y entrevistas a las personas que utilizan este medio de transporte, en donde su resultado determina que si se redujera el tiempo entre buses, o mejorara la frecuencia de estos, el cliente tendría una percepción de calidad en el sistema, lo cual iría de la mano con los fundamentos de la filosofía lean; este documento es una investigación cercana, por trabajar el mismo sistema, en la misma ciudad, y dar un acercamiento a la filosofía lean.

A parte de este como bien se ha resaltado durante el texto, la aplicación de alguna metodología Lean manufacturing en el sector de mantenimiento es una rama de investigación reciente, la cual ha tenido fuerza en otras partes del mundo como el mencionado el caso pionero de la ciudad de Chicago, otra investigación acerca del tema, es realizada en la ciudad

de Lima, capital de Perú, pues según Flores (ALEX, 2016), la implementación de herramientas Lean en el sector de mantenimiento de una empresa encargada del transporte de combustible y minerales, en específico las herramientas 5s y TPM, mostraron resultados tangibles, pues según este texto se identifica un aumento del 31,4% de productividad en el área de mantenimiento, un aumento del 5,5% de la eficacia, además de una reducción del 7% en tiempos de cumplimiento, esto mediante la participación activa del personal, da un claro ejemplo de la potencial mejora que se puede adquirir mediante el uso de lean manufacturing.

Siguiendo con la misma línea, se tiene que en la misma ciudad de Lima, se realizó un trabajo de investigación a cargo de Chávez Rodríguez (Chávez Rodríguez, 2022) el cual realiza una propuesta de mejora mediante el uso de Lean manufacturing, utilizando herramientas como lo son 5s y TPM, esto después de la identificación de ciertos problemas dentro de la empresa, como lo son la falta de estandarización dentro del almacén y una ausencia de programa de mantenimiento preventivo para los buses allí utilizados, en donde como resultante obtiene un sistema donde se involucren 5s con el fin de poder solucionar los inconvenientes existentes dentro del almacén, ANDON, el cual se utilizó con el fin de poder identificar los buses inoperativos, y así programar sus mantenimientos, y finalmente el TPM como plataforma de integración del personal, mediante el cuidado de los equipos de mantenimiento, y promoviendo una cultura de mejora continua.

Gestión de mantenimiento en flotas

Esta se refiere a una administración planificada y controlada de las actividades destinadas a restaurar o conservar la funcionalidad de los activos fijos dentro de una organización, y en general este refiere a dos tipos de actividades, las planificadas y las no planificadas, con la diferencia de que la primera realiza mantenimientos preventivos, y la

segunda correctivos, (Mostafa, 2015), siendo así que el objetivo se enfoca en generar confiabilidad y disponibilidad de los equipos e infraestructura, esto con el menor costo posible, y logrando garantizar la seguridad y calidad en las operaciones productivas (Mora, 2016); resumiendo, este sistema busca la mayor vida útil de un bien de la organización, además minimizando los costos, e interrupciones por daños, llegando a mejorar el usos de recursos técnicos, humanos y financieros.

Desde hace muchos años, el mantenimiento se ha percibido dentro de la organización como un “mal necesario” (Mostafa, 2015), sin embargo, en los últimos años esta visión ha cambiado, pues este paso de ser malo, a convertirse en una función estratégica clave para la continuidad del negocio.

En los talleres de mantenimiento de un sistema de transporte masivo, la gestión de mantenimiento juega un papel crucial, pues un mantenimiento deficiente, significa menos buses y un deterioro en la calidad del servicio (Mora, 2016), una modernización de la gestión apoyada en la mejora continua, alineada con la metodología lean y basada en análisis de datos como MTTR (tiempo medio de reparación), OEE(efectividad general de los equipos), NTBF (tiempo medio entre fallas) los cuales ayudan a la toma de decisiones más ágiles y efectivas (Pintelón, 2008).

Por su parte Moyano fuentes y Sacristal Días argumentan que, Lean al ampliar su cobertura y lograr llegar a entornos productivos de servicios, ha logrado encontrar en el mantenimiento un espacio ideal para aplicar principios, como reducción de desperdicios, flujo continuo y participación activa de los trabajadores en la mejora de los procesos (José Moyano-Fuentes, 2012); esto especialmente en flotas de buses eléctricos, pues al encontrarse una menor cantidad de piezas móviles, implica una reducción de tareas correctivas, pero requiere

un monitoreo más especializado en componentes eléctricos, baterías de alta capacidad y software de control, eso implica una transformación en algunos procesos de mantenimiento además de una necesidad de recursos físicos (herramienta) especializados con el fin de realizar bien las intervenciones técnicas, además, destacan la necesidad de adoptar sistemas de mantenimiento orientado a datos, con indicadores de desempeño que permitan tomar decisiones basadas en confiabilidad y criticidad de los bienes (C40 CITIES FINANCE FACILITY, 2021).

Desperdicio operacional

Refiere a todos aquellos recursos mal utilizados, como tiempos, tareas innecesarias o ineficientes, dentro del proceso de una organización, estos no aportan valor real al producto o servicio final, dentro de lean, esto se transduce como muda, palabra la cual significa desperdicio, e incluye cualquier actividad cuyo costo, no se traduce en valor agregado para el cliente, eliminar este desperdicio es el núcleo fundamental del lean manufacturing, ya que libera la capacidad y recursos, para poder ser utilizados en actividades que sí generen valor; según Alarcón y Álvarez la metodología de las 5s es una herramienta seleccionada con el fin de eliminar desperdicios en recursos físicos y en tiempos (Alarcón Aguirre, 2021); ahora bien, desde el toyotismo, se dice que existen 7 diferentes tipos de desperdicio, los cuales son: sobreproducción, esperas o tiempo ocioso, transporte innecesario, sobre procesamiento, inventario excesivo, movimientos innecesarios y defectos (Cuatrecasas), además de estos, la literatura en ocasiones le añade uno más que es el desperdicio en talento humano, lo cual resulta el no aprovechar al máximo las capacidades de cada persona (Cuatrecasas), y cada uno de estos desperdicios consumen recursos valiosos, como tiempo, dinero, espacio y capacidad, sin contribuir, por lo cual con su minimización o eliminación directamente se aumenta la eficiencia y competitividad de la organización o del área a trabajar.

En el contexto específico de organizaciones de mantenimiento, o que en sus procesos llevan como soporte la operación del área de mantenimiento, los desperdicios se pueden manifestar de forma particular, como mantenimiento excesivo, desorden o mala gestión de herramientas, baja calidad de equipos, y falta de estandarización dentro de las operaciones del proceso de mantenimiento, pues cada técnico realiza el trabajo de maneras distintas ocasionando ineficiencias o re trabajos (Orlando Duran, 2017), todos estos despilfarros son orientados al área de mantenimiento, pero bien también pueden existir los clásicos o más comunes, como esperas, re procesos e inventarios; la existencia de estos desperdicios dentro de los patios de mantenimiento se traducen en grandes pérdidas, que al final genera déficit monetarios.

Cabe destacar que, según Ohno, “el desperdicio es el enemigo a vencer en la búsqueda de la eficiencia”. La práctica de lean manufacturing proporciona herramientas para poder visualizar el desperdicio, que muchas veces se encuentra oculta dentro de la operación diaria, y así, una vez identificados los desperdicios, se asignan las técnicas adecuadas para tratarlo e intentar erradicarlo, y en el caso de mantenimiento, la literatura sugiere emplear metodologías específicas como lo son, La casa de desperdicios, que vincula cada tipo de desperdicio, con herramientas lean para su mitigación (Mostafa, 2015).

El desperdicio organizacional, representa todas aquellas ineficiencias que merman en la productividad, y la filosofía lean proporciona un marco robusto para identificar, categorizar y eliminar dichos desperdicios, y en el contexto concreto de mantenimiento de buses eléctricos, esto significa examinar crítica y exhaustivamente los procesos de mantenimiento que están

perdiendo tiempo, o recursos, ya sea por espera, re proceso o transporte innecesario, luego aplicar las herramientas lean con el fin de suplir cada uno de los desperdicios generados.

Por otra parte, el desperdicio operacional ha sido trabajado a través de diferentes estudios, uno importante y a resaltar, es el de Martínez y Barragán (DIANA CAROLINA MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, 2015) en donde aplicaron un modelo de costos de desperdicios para poder identificar y cuantificar los mayores desperdicios presentes dentro de los procesos de mantenimiento; se aplicó mediante unas auditorias al proceso, centrándose en 8 desperdicios que están dentro de la filosofía lean, dentro de los cuales se pueden identificar, tiempos de esperas, movimientos innecesarios y sobre procesamientos; en donde los autores proponen estrategias de mejora, en la cual algunas actividades que destacan son la propuesta de estandarizar procesos y capacitar el personal, alcanzando el objetivo de reducir costos operativos.

Otro estudio acerca de la reducción de desperdicios es realizado en la universidad de señor Sipán, en donde según Maldonado y Ysique; con una propuesta de reducción de desperdicio, basado en metodologías como TPM y 5s, lograría la empresa Induamerica S.A.C., se podía mejorar la eficiencia de los equipos y lograr una reducción en tiempos de inactividad.

6. Alcance

El presente estudio se desarrollara en la ciudad de Bogotá, capital de Colombia, incorporando 2 operadoras del sistema integrado de transporte público, (SITP), las cuales tiene como nombre MUEVE USME S.A.S. y MUEVE FONTIVON S.A.S., dentro de su sistema de mantenimiento orientados a los bienes móviles con los que realizan su operación (actividad económica principal), con principal enfoque en los talleres de mantenimiento; la información ha sido recolectada durante el transcurso del año 2025; este proyecto llegara hasta la aplicación y verificación de resultados (esta verificación se realizara hasta el primer mes después de la aplicación), sobre una herramienta de Lean Manufacturing para cada uno de los talleres.

7. Hipótesis

La hipótesis formulada permitirá confirmar o rechazar las afirmaciones relacionadas con la pérdida de recursos y tiempos en los talleres de mantenimiento, a continuación, se presenta la hipótesis planteada por el investigador:

"La implementación de herramientas de Lean Manufacturing en los talleres de mantenimiento 'Los Patios Usme El Prado' y 'Fontibón Las Brisas' de las empresas Mueve Usme y Mueve Fontibón, permitirá una mejora significativa en la eficiencia operativa, reduciendo en al menos un 10% los tiempos de búsqueda de herramientas y materiales, y una disminución mínima del 5% en los costos asociados a pérdidas y desperdicios operacionales, al optimizar la organización, el control de inventarios y la gestión de recursos."

8. Marco Metodológico

8.1 Diseño De La Investigación

El presente proyecto de investigación se estructura bajo un enfoque de investigación aplicada, debido a que tiene como finalidad, enfrentar una problemática real y concreta: la perdida de recursos, y tiempos de los talleres de mantenimiento en buses eléctricos de las organizaciones MUEVE USME S.A.S. y MUEVE FONTIVON S.A.S., dentro de los patios “Usme el prado” y “Fontibón las Brisas” en Bogotá D.C., se busca implementar una herramienta de la metodología Lean Manufacturing, este tipo de investigación es oportuna o útil, cuando se persigue un impacto directo sobre el contexto donde interviene (ESTHEER, 2017).

El enfoque metodológico es cuantitativo, debido a que el estudio se apoya en medición objetiva de variables como el tiempo empleados en tareas operativas, uso eficiente de los recursos utilizados, cantidad de herramienta perdida y cantidad de incapacidades generadas a operarios técnicos del taller durante el mes, este enfoque permite recolectar y analizar datos empíricos de manera sistemática para establecer relaciones causales entre la implementación de una herramienta lean y sus mejora en los talleres.

En cuanto al tipo, se adapta uno cuasi experimental con un pre test y un post test, sin asignación aleatoria. Este tipo de diseño es adecuado cuando no es posible controlar completamente las condiciones del entorno, pero se desea evaluar el efecto de una intervención correcta sobre una población específica, según Cook y Campbeell (1979), los diseños cuasiexperimentales permiten obtener evidencia valida de causalidad en contexto

reales (Cook & Campbell, 1979) en este caso se observan los indicadores antes y después de la implementación de la herramienta, lo cual permite identificar el impacto de la misma.

8.2 Tipo De Estudio

La investigación busca medir el impacto de la herramienta lean en los dos talleres de mantenimiento, por ello es un tipo de estudio cuantitativo, pues para ello, se tiene que hacer una comparación de antes y después de la implementación, utilizando instrumentos como KPI'S enfocados al problema.

8.3 Población

La población del presente estudio está conformada por la totalidad del personal directamente involucrado en los procesos de mantenimiento llevados a cabo en los talleres de los patios “Usme el prado” y “Fontibón Las Brisas” de la ciudad de Bogotá, operado por Mueve Usme S.A.S y Mueve Fontibón S.A.S, respectivamente. El grupo de personas incluye técnicos, supervisores y personal de almacén, con un total de 16 técnicos y 1 supervisor, en el patio de Usme el Prado y un total de 12 técnicos y 1 supervisor en el patio Fontibón las brisas.

8.4 Muestra

Dado que se trata de un estudio de caso, se trabajará con el 100% de la población descrita, garantizando la participación de los involucrados.

8.5 Técnicas De Recolección Y Análisis De Información

Tabla 1: cuadro metodológico

Objetivo específico	Técnica de recolección de datos	Variables	Fuentes de información	Técnicas de análisis
Diagnosticar los procesos de mantenimiento en los talleres de las empresas Mueve Fontibón S.A.S. y Mueve Usme S.A.S., mediante el análisis de los tiempos de búsqueda y disponibilidad de herramientas, identificando los principales desperdicios operativos.	Observación directa de situaciones en operaciones de mantenimiento (cronometraje de actividades)	operaciones de mantenimiento y registro de actividades, con un registro de desperdicios, generando un análisis documental de registros de mantenimiento, tiempos, fallos y usos de recursos.	espera por repuestas sobre herramientas, también veremos la cantidad de materiales o herramientas innecesarias en el taller o elementos sin uso.	Se realiza una estadística descriptiva de los datos recolectados, cálculo de promedios de tiempo de porcentajes de uso sobre no uso de recursos, donde realizamos un diagrama de Pareto para identificar y priorizar las causas de desperdicio
Aplicar la herramienta lean Manufacturing más adecuada para los talleres de mantenimiento adoptándolas a las necesidades específicas.	Revisión documental y entrevistas semiestructuradas con expertos y personal clave del taller, además se aplicará una matriz de decisión, para elegir la mejor en cuanto a necesidad de los patios	Numero de problemas específicos detectados que pueden ser resueltos por cada una de las herramientas lean consideradas; porcentaje de adecuación de cada herramienta según criterios definidos como factibilidad, impacto y tiempo de implementación	Información obtenida en entrevistas al personal (técnicos, supervisores y almacén) Literatura lean y reporte del diagnóstico previo	Matriz de decisión multicriterio; Análisis comparativo de beneficios vs necesidades detectadas
Evaluar resultados, obtenidos tras la aplicación de Lean Manufacturing, en términos de	Medición comparativa pre y post intervención, esta mediante indicadores los cuales son:	tiempo promedio de mantenimiento post y pre lean; porcentaje de reducción de tiempos;	nuevo registros operativos posterior a la intervención	Análisis estadístico antes y después, pruebas de significancia

disminución de desperdicios y tiempos.	cantidad de herramienta perdida vs cantidad de herramienta total; cantidad de tiempo empleado en búsqueda de herramienta por parte de los técnicos; cantidad de técnicos asistidos o supervisados vs cantidad de técnicos contratados; cantidad de técnicos en incapacidad o que generaron incapacidad vs cantidad de técnicos contratados; cantidad de reproceso vs cantidad de móviles procesados en el taller; tiempo promedio de mantenimiento preventivo por móvil	desperdicio de herramientas	estadística para validar datos
--	---	-----------------------------	--------------------------------

Fuente: propia

8.6 Procedimiento

Este proyecto se desarrollara, en base a dos patios talleres de las empresas MUEVE USME S.A.S y MUEVE FONTIBON S.A.S., por ello el investigador ha de tener una carta de solicitud, hacia estos patios, además de tener el aval del estos para poder realizar el proyecto, por otro lado se centrara únicamente en el área de mantenimiento y en específico en los talleres de estos, para poder entrar a tomar los datos y trabajar dentro de este, es necesario

que el personal que se encuentre allí conozca de ante mano al investigador, cabe resaltar que este debe de contar con una póliza de Aseguradora de Riesgos Laborales.

9. Cronograma

Tabla 2 Cronograma

OBJETIVO	ACTIVIDAD	SEMANA															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Diagnosticar los procesos de mantenimiento identificando las áreas de mayor desperdicio en los patios de la empresa Mueve Fontibón S.A.S. y Mueve Usme S.A.S.	Levantamiento de información en campo	x	x	x													
	Recolección de documentación interna y registros de mantenimiento			x	x	x											
	análisis de información para identificar desperdicios						x	x	x								
	Evaluación comparativa de herramientas Lean según diagnostico							x	x								
Aplicar la herramienta Lean Manufacturing más adecuada para los talleres de mantenimiento	Selección e implementación piloto de la herramienta									x	x	x					
Evaluar resultados obtenidos tras la aplicación de Lean Manufacturing	medición de indicadores post implementación												x	x			
	comparación de resultados y análisis de mejora realizada														x	x	

Fuente: propia

10. Resultados

Objetivo 1: Diagnosticar los procesos de mantenimiento en los talleres de las empresas Mueve Fontibón S.A.S. y Mueve Usme S.A.S., mediante el análisis de los tiempos de búsqueda y disponibilidad de herramientas, identificando los principales desperdicios operativos

En cumplimiento con el primer objetivo específico, se realizó un diagnóstico operativo del proceso de mantenimiento en los talleres de Mueve Usme S.A.S y Mueve Fontibón S.A.S. con el propósito de identificar los principales desperdicios operacionales relacionados con la gestión de herramientas, previo a este análisis, se presenta una breve contextualización acerca de los talleres y los procesos que en ellos se desarrollan.

El área de mantenimiento de las empresas mueve Usme SAS, y Mueve Fontibón SAS, operadoras del sistema de transporte masivo de Bogotá, tiene como función garantizar la operatividad de los buses eléctricos asignados respetivamente en los patios “Usme el Prado” y “Fontibón las Brisas”; en donde se llevan a cabo actividades de mantenimientos los cuales se distribuyen en 3 tipos:

Mantenimiento correctivo: Es un conjunto de actividades de mantenimiento inevitable, debido a que se ejecuta sobre una falla presente dentro del activo, y al no solucionarse puede generar tiempos de inactividad no previstos y costosos, por ello según (the welding institute), el 80% de los mantenimientos deben ser preventivos y solo el 20% debe ser correctivos.

Mantenimiento preventivo: Es un conjunto de acciones planificadas, que se toman como medida de conservar los equipos en buenas condiciones, y así reducir contratiempos, sobre costos, y lograr prolongar su vida útil; según (Alexandra Jonker) existen varios tipos de mantenimiento preventivos basados en diferentes tipos de datos que se manejan en las organizaciones, Mantenimiento basado en uso, mantenimiento basado en tiempo, mantenimiento basado en condición.

Mantenimiento predictivo: Es una estrategia que utiliza un análisis de datos, tomados de sensores, tecnologías y datos existentes de la organización, en tiempo real, (IBM) con el fin de predecir el momento justo cuando puede ocurrir una falla en un equipo, y así prevenir esta misma.

Estas actividades se desarrollan de forma coordinada dentro del taller, siguiendo una secuencia de pasos estructurados, garantizando una trazabilidad del proceso, y la adecuada asignación de recursos. A continuación flujograma del proceso de mantenimiento:

Flujograma

Ilustración 3: flujograma área de mantenimiento



Fuente: Propia

A continuación, se realiza una breve descripción del diagrama de flujo del proceso de mantenimiento:

1. Detección de necesidad.

El proceso inicia con la identificación de la necesidad de mantenimiento, ya sea por reporte de un operador (conductor), alertas de sensores en los buses o la programación de mantenimientos preventivos. Esta información llega al Planeador; el reporte del operador es un formato en físico que se llena siempre que inicia operación en el vehículo, y verifica el estado de este, así pues, esta información llega al área de mantenimiento en donde es analizada con el fin poder detectar fallas en cada uno de los móviles pertenecientes a la empresa.

2. Planeación de la entrada al taller

El programador evalúa la prioridad (urgente, programado o rutinario), define la fecha y el turno de atención y emite la Orden de Taller, esto se realiza mediante un software adaptado a mantenimiento de nombre Odoo, en el cual se introducen todas las actividades de mantenimiento que han de ejecutarse dentro del taller.

3. Asignación de espacio y recursos

El supervisor recibe la orden, asigna el espacio físico, los recursos humanos (técnicos ejecutores) y verifica la disponibilidad de herramientas y repuestos.

4. Ingreso del bus al área de trabajo

El supervisor coordina la entrada del bus al taller y lo posiciona en el área designada para el trabajo, según sea la necesidad del mantenimiento.

5. Ejecución del mantenimiento

Los técnicos realizan las intervenciones de acuerdo al tipo de mantenimiento coordinados mediante el supervisor de turno, además diligenciado el control de actividades o también llamado check list de mantenimiento con todas las actividades ejecutadas; este es un formato establecido por cada una de las empresa, en los cuales se consigna la información de las actividades a ejecutar según la tipología del servicio y del vehículo, estos funcionan como guías de verificación operativa, en donde el personal técnico, registra de manera secuencial cada una de las tareas ejecutadas, marcando con un check si se pudo realizar, y si no, dejando una observación, justificando el no realizar la actividad, esto permite llevar un control documental y trazabilidad el proceso; dentro de las empresas se encuentran check list tales como: Busetón 15 k, Padrón 15k1, Busetón 30k1, Padrón 30k1, Busetón 60k, Padrón 60 k, Padrón 120 k, Busetón 120 k, Busetón 240 k, Padrón 240 k.

6. Control de calidad.

El supervisor es la persona encargada de revisa que el check list esté completo, valida las pruebas de funcionamiento y seguridad, firma la conformidad de la Orden de Taller, y siendo este el responsable de retornar la información al sector administrativo del área, en el formato de check list.

7. Cierre administrativo

El planeador o en su defecto el supervisor, actualiza el historial del bus con los datos del mantenimiento (actividades, repuestos y tiempos) y dan en cierre administrativo con el fin de

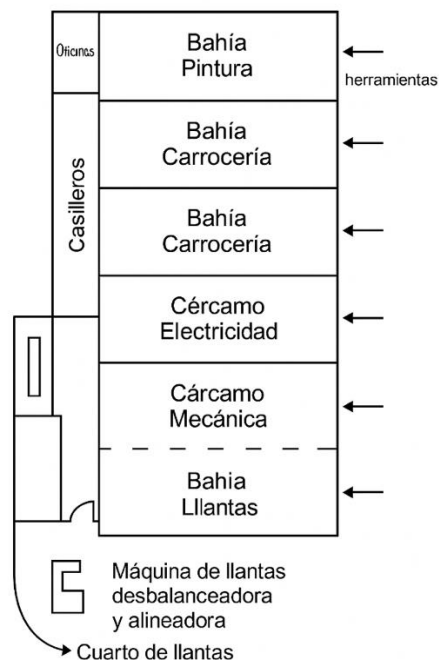
que este entre en el grupo de activos que cumplen los estándares de calidad puesto por la empresa Transmilenio para que puedan salir a prestar servicio de movilidad.

8. Salida a operación

El bus regresa a la flota en buenas condiciones con el fin de volver a prestar servicio.

Luego se realizó un levantamiento del información sobre cómo se encuentra distribuido física del taller:

Ilustración 4: Diagrama del taller



El diagrama representa la distribución física de las áreas de trabajo dentro de los talleres de las empresas Mueve Usme S.A.S. y Mueve Fontibón S.A.S., el diseño de este es de manera lineal permitiendo el flujo continuo de vehículos durante las actividades de mantenimiento.

En la parte superior se encuentran las oficinas administrativas, seguidas de una zona destinada a los casilleros de personal técnico, a su vez, la zona operativa se divide en bahías de especialidad, organizadas de acuerdo con los tipos de intervención que son realizados en los vehículos.

Las herramientas de tipo grupal, se encuentran almacenadas un costado de la bahía de pintura, así mismo, el cuarto de llantas se ubica en la parte inferior del diagrama allí, es donde se almacenan todas las llantas utilizadas en el taller, existe inventario de nuevas y usadas.

Una vez descrita la distribución del taller y sus recursos, **se procedió a realizar el diagnóstico operativo correspondiente.** Para tal fin, se utilizaron dos fuentes de información:

Encuestas aplicadas: se realiza una encuesta a la totalidad de la población con el fin de conocer su percepción sobre la disponibilidad, ubicación y tiempos de búsqueda de las herramientas.

Observación directa: mediante el cronometraje de las actividades diarias del taller se obtienen datos clave que serán utilizados con el fin de comparar la percepción personal de los técnicos, y lo que realmente ocurre dentro del taller.

Estos resultados permiten establecer un diagnóstico, a la vez que un precedente de cuáles eran las condiciones reales del taller antes de la aplicación de la metodología lean manufacturing, y así al final del presente proyecto de investigación, poder realizar un comparativo en donde demuestre si la hipótesis del presente proyecto de investigación es aceptada o no.

Recolección de datos sobre tiempos y disponibilidad de herramientas.

Se ha tomado un total de 60 muestras de técnicos, en las cuales se busca encontrar un tiempo medio, en el cual un técnico se demora buscando una herramienta; de esta forma obteniendo datos cuantitativos acerca del uso de la herramienta, y de los tiempos utilizados por el personal para la búsqueda de los recursos.

Esta toma de tiempos se realizó en los dos patios de mantenimiento a diferentes horas del día, con el fin de tener datos fieles a el contexto de cada uno de los patios, aparte de esto, se toma una muestra de 60 personas, 30 datos por cada uno de las empresas (Anexo 1).

Estudio de tiempos durante actividad de mantenimiento, donde se registra espera, movimientos innecesarios o búsqueda de herramientas, a su vez se hicieron entrevistas a técnicos para conocer causas percibidas de desperdicios (anexo 1).

Cada dato corresponde a un traslado individual realizado por un técnico de mantenimiento con el fin de buscar una herramienta requerida para la ejecución de sus actividades.

*Tabla 3: Estadística descriptiva de observación en campo **Mueve Usme S.A.S***

MEDIDA ESTADÍSTICA	VALOR
Promedio (min)	14,1
Mediana (min)	13,5
Desviación estándar	5,29
Varianza	28,02
Rango	21
Moda (min)	14
coeficiente de variación	37,54%

Fuente: Propia con base anexo 1

Dentro de la observación de campo en el taller del patio Usme el prado a cargo de Mueve Usme SAS, el promedio de 14,1 minutos y la mediana de 13,5 minutos de búsqueda de herramientas, logra evidenciar que los tiempos de búsqueda tienen una tendencia central, esto con una dispersión moderada pues su desviación estándar es de 5,29, su rango (entre el valor más alto y más bajo) de 21 minutos, evidencia diferencias significativas entre los técnicos, pues el hecho de que el menor sea 6 minutos y el mayor logre ser 27, significa que se hace necesario estandarizar la búsqueda de herramientas, además, tiene un 37,54% de coeficiente de variación, esto confirma que existen deficiencias en la localización y disponibilidad de herramientas dentro del proceso de mantenimiento.

Por otra parte, se encuentra que el 67% de incidencias al momento de buscar una herramienta, indica un nivel crítico en la gestión de herramientas, pues se encuentra que este porcentaje corresponde a las veces que un técnico busca una herramienta y esta gasta más tiempo del necesario por el hecho de ocurrir alguna incidencia, esto afectando la disponibilidad operativa y los tiempos de mantenimiento.

Aparte se encuentra que el 16% se encuentra una incidencia de desorden o que la herramienta está mezclada, lo cual refleja desorden físico y falta de delimitación visual; por su parte, el 13% de las incidencias se debe al préstamo de herramientas entre técnicos, lo que evidencia una falta de control de préstamos de la herramienta; un 16% está fuera de servicio o carece de mantenimiento; un 6,7% está compartida y esta no tiene control alguno, lo cual afecta la disponibilidad, el control de préstamos y la carencia de mantenimiento preventivo, pues el hecho de que no se tenga una asignación de responsabilidad de la herramienta, da a entender que nadie va a cargo en un eventual daño a alguna herramienta.

Tabla 4: Incidencia por grupo de herramientas.

GRUPO	DESCRIPCIÓN	TOTAL, DE HERRAMIENTAS	INCIDENCIAS POR HERRAMIENTA	PORCENTAJE
Herramientas Manuales	no tienen alimentación eléctrica	13	8	62%
Herramientas Eléctricas	equipos de alimentación eléctrica	6	5	83%
Equipo De Medición Y Diagnóstico	dispositivos diseñados especialmente calibrados para medir.	3	2	67%
Herramientas Especiales	equipos o herramienta especializada	8	5	63%

Fuente: propia con base en el anexo 1.

El anterior cuadro, agrupa la herramienta mediante tipología, en el cual se expone la cantidad de herramienta buscada, la cantidad de herramienta de esa tipología la cual existió alguna incidencia para poder encontrarla, y el porcentaje de incidencia de herramientas por tipología, en el cual, se observa que el grupo de herramientas con mayor incidencia son las “herramientas eléctricas” con un 83% seguido por el “equipo de medición y diagnostico” con un 67%, posteriormente el grupo de “herramientas especiales” con un 63%, y finalizado con las “herramientas manuales” con un total de 62%; así mismo se determina que las herramientas que más se buscan dentro del taller son las “herramientas manuales”.

Tabla 5: Estadística descriptiva de observación en campo **Mueve Fontibón S.A.S.**

MEDIDA ESTADÍSTICA	VALORES
Promedio	14,2
Mediana	13,5
Desviación Estándar	4,63
Varianza	21,49
Rango	18
Moda	14
Coefficiente De Variación	32,65%

Fuente: propia basado en anexo 2

Dentro de la observación en campo del taller del patio Fontibón las brisas a cargo de mueve Fontibón S.A.S. tiene un promedio de 14,2 minutos, y una media de 13,5 minutos, lo cual da a entender que se maneja una tendencia central, con una desviación de 4,63, un poco menor al otro taller, e igualmente la varianza es menor con un total de 21,49 lo que da a entender que está un poco más estandarizado o que los datos se encuentran agrupados, esto entrando en contexto, se puede entender que es gracias a que el taller de Mueve Fontibón es más pequeño en cantidad de técnicos, herramientas y capacidad de reparación, por entonces los datos se encuentran con una tendencia centralizados, y con una diferencia al taller de Mueve Usme.

Al tener un promedio de tiempo tan elevado en búsqueda de herramientas, se hace necesario implementar un sistema en el cual este tiempo se pueda reducir, y lograr que cada individuo presente en las dos compañías, que requiera extraer herramienta, pueda hacerlo de manera más rápida y a sus vez que este recurso este en buenas condiciones, pues de no ser así, puede generar accidentes laborales, incurriendo en el desacato de la ley 2400 de 1979, en la cual exige el cumplimiento de las normas de higiene industrial, la cual el capítulo X trata sobre la herramienta, la calidad, conservación y uso de la misma.

Tabla 6: Incidencia por grupo de herramientas porcentaje

GRUPO	DESCRIPCIÓN	TOTAL, DE HERRAMIENTAS	INCIDENCIAS POR HERRAMIENTA	PORC ENTAJ E
Herramientas Manuales	no tienen alimentación eléctrica	8	5	63%
Herramientas Eléctricas	equipos de alimentación eléctrica	7	4	57%
Equipo De Medición Y Diagnóstico	dispositivos diseñados especialmente calibrados para medir.	5	5	100%
Herramientas Especiales	equipos o herramienta especializada	10	3	30%

Fuente: propia basado en anexo 2

Por su parte se encuentra según el análisis, que el 57% de las herramientas en este patio son encontradas por parte de los técnicos con laguna incidencia, claro está, este porcentaje es menor al que se presenta en el patio de Mueve Usme.

Paralelamente, se aplicaron 40 encuestas dirigidas al personal técnico con el propósito de obtener su percepción cualitativa sobre el proceso de mantenimiento. De estas, 17 fueron diligenciadas en el taller de Mueve Fontibón S.A.S. y 23 en el de Mueve Usme S.A.S. El instrumento aplicado incluía preguntas relacionadas con la disponibilidad, ubicación y tiempos de búsqueda de herramientas (Anexo 3); a continuación se realiza el análisis de cada una de las preguntas realizadas.

1. En un día de trabajo, ¿cuántas veces aproximadamente debe buscar una herramienta?

Tabla 7:Análisis de resultados pregunta 1.

más de 6 veces	11	27,5%
4-6 veces	18	45,0%
1-3 veces	11	27,5%

2. ¿cuánto tiempo estima que gasta en promedio buscando una herramienta?

Tabla 8:Análisis de resultados pregunta 2.

Promedio	16,17
Mediana	12,5
Moda	7,5
Varianza	186,14
Desviación Muestral	13,64
Rango	58
Coficiente De Variación	84%

Los resultados obtenidos a partir de las respuestas de los técnicos reflejan una alta dispersión en los tiempos empleados para localizar las herramientas que necesitan dentro del taller; este tiempo incluye el desplazamiento del técnico por taller, la búsqueda visual del elemento, así como la consulta a terceros sobre su ubicación. El promedio de tiempo según esta herramienta de recolección de datos es de 16,17 minutos, con una mediana de 12,5 minutos y una moda de 7,5 minutos; esta diferencia de las medidas de tendencia central, muestra que la distribución es asimétrica con una tendencia a la derecha, lo que implica que hay existencia de casos con tiempos significativamente altos, por ende, si la mayoría de los técnicos tienen un promedio de 16 minutos, al existir caso con tiempos hasta de 60 minutos genera esta diferencia; por otro lado la varianza de 186,14 y la desviación estándar de 13,64 minutos se encuentran elevadas con respecto a la media,, evidencia diferencias entre las condiciones de trabajo y la disponibilidad de herramientas, por otro lado, reforzando esta teoría con un coeficiente de variación de 84%, lo cual indica una dispersión elevada, por ende se entiende que existe una falta de estandarización dentro de la gestión de herramientas.

3. *¿cuál es la principal razón por la que se demora en encontrar una herramienta?*

- A) No está en su lugar asignado*
- B) Otra persona la está usando*
- C) No hay un sistema de organización claro*
- D) Desconozco dónde se guarda*

La mayoría de los técnicos coincidieron en que la razón por la que se demoran en encontrar una herramienta es porque otro técnico la está usando, entendiendo que hace falta una gran cantidad de herramientas para cubrir la demanda de trabajo que deben realizar los

técnicos y que en la mayor parte del tiempo es de manera simultánea; puesto que mencionan que al esperar que la herramienta sea desocupada genera retardo y de su capacidad operativa.

4. ¿Qué herramientas son las que más tiempo le toma ubicar?

Las herramientas que más se repiten en las respuestas de los técnicos son principalmente pulidoras, pistolas neumáticas, pistolas de Sika, pistolas de pintura, taladros (incluidos los inalámbricos), copas, torques, torquímetros, convertidores, multímetros y, en menor medida, llaves, matizadores, micrómetros, pies de rey y galgas. Entendiendo que las herramientas anteriormente mencionadas, son las que se usan de manera frecuente por los técnicos debido a la demanda operativa en los talleres; sin embargo, estas mismas herramientas presentan problemas al momento de su uso por la disponibilidad o el estado en general de la misma, provocando esperas, prestamos entre técnicos y pérdida de tiempo del mantenimiento durante las labores.

5. ¿Qué sugerencias daría para reducir el tiempo de búsqueda de herramientas?

Los técnicos dan como sugerencias para la reducción del tiempo de búsqueda de herramienta, principalmente que se adquiriera una cantidad razonable de herramienta de cada tipo que es empleado por ellos en los procesos, para que se eviten atrasos por la espera de herramienta al estar siendo usada por alguien más, adicionalmente, manifiestan la necesidad de que haya más organización con las herramientas estableciendo puntos estratégicos donde estas puedan ser guardadas y se lleve un control y registro de la cantidad que hay y quien la está usando, mencionando también, que sería favorable para ellos establecer espacios más cerca donde guarden la herramienta que se usa con más frecuencia para evitar desplazamientos largos y de esta manera ahorrar tiempo de búsqueda.

6. Usted ¿Ha notado algún cambio en el taller?, ¿Cuál?

Varios de los técnicos mencionaron que se ha visto un cambio notable en el taller como la pintura en las instalaciones, la adquisición de perreras, el lavado de partes, la adecuación de bancos de trabajo y la adquisición de taladros que fueron asignados a algunos técnicos, así como también, se ha visto más orden y limpieza en las diferentes áreas, entendiendo de manera significativa que se han realizado avances en la infraestructura física, la disponibilidad de herramienta y en general, sobre el entorno de trabajo. Sin embargo, hicieron la anotación, de que la cantidad de herramienta es insuficiente frente a la demanda del taller y que el hecho de haber entregado la nueva herramienta a ciertos técnicos genera inequidad entre ellos.

Identificación y clasificación de desperdicios según principios lean.

De acuerdo a la información levantada se genera la siguiente tabla donde se realiza una clasificación de desperdicios según principios Lean.

Tabla 9: Clasificación de principios lean

TIPO DE DESPERDICIO	CAUSA IDENTIFICADA	FRECUENCIA OBSERVADA	IMPACTO OPERATIVO
Espera	Dependencia de otros procesos y préstamo de herramientas entre técnicos	Alta	retraso en la ejecución del mantenimiento, pérdida de continuidad operativa
Movimiento	Ausencia de zonas fijas, por lo tanto, existen recorridos excesivos en la búsqueda de herramientas	Alta	incremento en el tiempo improductivo, y fatiga del personal
Transporte	traslado innecesario de la herramienta, por todo el taller, en caso se observa sin uso entre los cárcamos.	Media	aumento de tiempos, y de riesgo de extravió o daño
Sobre Proceso	Repetición de tareas, por falta de herramienta adecuada o en que este en mal estado.	Baja	disminución de la eficiencia y esfuerzo doble para un mismo trabajo.

Defectos	Uso de herramientas inadecuadas, desgastadas o inadecuadas por baja disponibilidad.	Baja	retrabajo de mantenimiento o errores durante la ejecución de las tareas
inventario	Falta de un control visual y stock insuficiente de herramientas consideradas importantes dentro de la operación del taller	Alta	Interrupción por falta de recursos, uso de herramienta en mal estado sin que esta sea reportada, además posible pérdida de herramientas sin control
Talento humano	Los técnicos tienen que buscar o gestionar la herramienta de forma personal	Alta	pérdida de tiempo productivo de los técnicos, al tener que esperar por una herramienta además de buscar la herramienta por el taller, tiempo el cual es crítico, pues están realizando mantenimiento a una flota de vehículos grandes, en donde la disponibilidad de estos es un factor clave para las empresas.

Fuente: propia

Ahora bien, según los resultados obtenidos, se realiza una identificación de desperdicios operativos según los criterios de la metodología lean (muda) y conforme a estos desperdicios se realiza un diagnóstico para cada uno de los dos talleres, y estos mismos desperdicios serán los indicadores elegidos para poder medir la aplicación del presente proyecto de investigación.

Seguido a esto, se realiza una comparación entre los dos talleres de mantenimientos, con el fin de identificar los mayores desperdicios operativos en cada uno, y así mismo poder realizar a la elección de la metodología Lean más adecuada para el taller.

Tabla 10: Desperdicio operativo por empresa.

Tipo de desperdicio	Mueve Fontibón S.A.S.	Mueve Usme S.A.S.	Crítico	Justificación
espera	Alta, demoras en préstamo, entregas desde el almacén, creación de cuello de botella cuando	media: existen esperas, aunque existe una menor	Fontibón	Mayor dependencia del almacén.

Movimiento	la herramienta está ocupada. Media: recorridos presentes, pero estos son más controlados.	dependencia logística. Alta: Ausencia de zonas fijas, por ende, mayor desplazamiento. Alta: similar actividad que en Fontibón, pero aquí es mayor el transporte, pues el taller es más grande comparación con el que existe en Fontibón.	Usme	control visual y layout menos definidos, generando recorridos.
transporte	Media: traslado desde varias zonas del taller, este taller no es tan extenso, pues dentro de este patio hay presencia de menos vehículos que en Usme.	Baja: repetir procedimientos por herramientas inadecuadas o en mal estado. baja: uso de herramienta no ideal, aumenta el riesgo de defectos dentro de los mantenimientos.	Usme	Aunque existe el mismo patrón en los patios, en Usme existe una diferencia en recorrido
sobre proceso	Baja: Repetir procedimientos por herramientas inadecuadas o en mal estado	Baja: repetir procedimientos por herramientas inadecuadas o en mal estado.	igual	no existe diferencia o brecha grande entre los reprocesos de un taller u otro
Defectos	baja: Uso de herramienta no ideal, aumenta el riesgo de defectos dentro de los mantenimientos.	baja: uso de herramienta no ideal, aumenta el riesgo de defecto en los mantenimientos.	igual	riesgo igual, sin brecha identificable.
inventario	alta: stock limitado de herramientas críticas sin duplicidad.	Media: limitación existente, pero con mayor control visual Media: técnicos más autónomos, aunque sin un estándar establecido.	Fontibón	Mas eventos de herramientas ocupadas, y por ende baja disponibilidad.
Talento humano	Alta: técnicos esperando, gestionando préstamos.		Fontibón	dependencia y esperas, reducen tiempo técnico efectivo.

Fuente: propia según resultados anexo 3

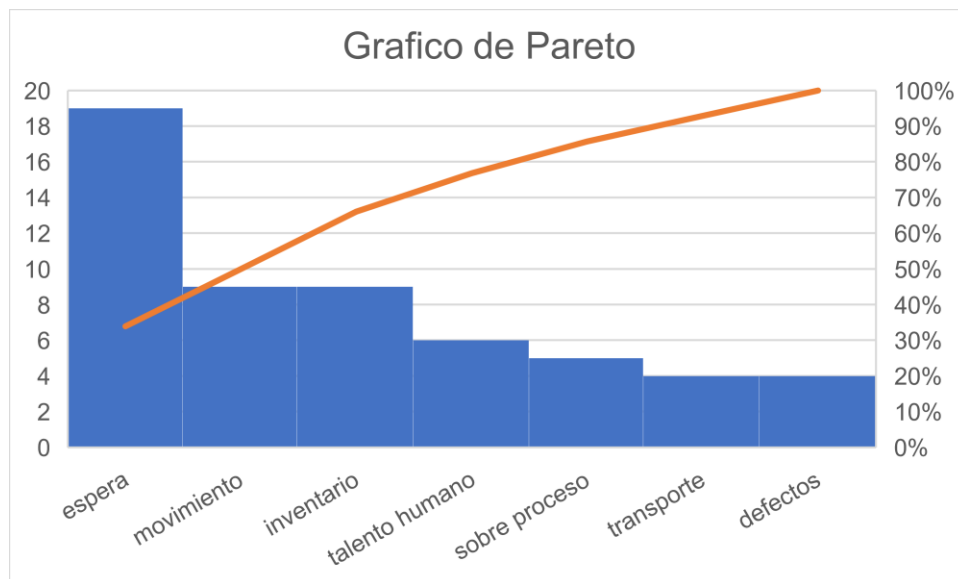
Según el anterior cuadro comparativo, Fontibón, es el taller más afectado por la espera, inventario insuficiente, y subutilización del técnico, por la dependencia del almacén y falta de duplicidad de herramienta; Al mismo tiempo el taller de Usme es el más afectado por movimiento y transporte; aclarando que existen desperdicios los cuales comparten los talleres, los cuales son: sobre proceso y defectos.

Con base a las encuestas realizadas, se genera un análisis de Pareto, el cual se basa en las veces que se menciona un desperdicio, con el fin de tener un conteo fiel a lo que ocurre dentro del taller, clasificando los desperdicios según la metodología Lean Manufacturing, es importante resaltar que en cada una de las encuestas se menciona más de 1 desperdicio operacional.

Tabla 11: frecuencias de desperdicios operacionales.

DESPERDICIO OPERACIONAL	FRECUENCIA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA
Espera	19	34%	34%
Movimiento	9	16%	50%
Inventario	9	16%	66%
Talento Humano	6	11%	77%
Transporte	4	7%	84%
Sobre Proceso	5	9%	93%
Defectos	4	7%	100%
total	56		

Ilustración 5: Grafico de Pareto.



Fuente: propia

El grafico de Pareto construido a partir de las respuestas obtenidas de los técnicos de los talleres Mueve Usme S.A.S. y Mueve Fontibón S.A.S., evidenciando una concentración significativa de los desperdicios operacionales en cuatro categorías principales, que son, espera, movimiento, inventario y talento humano, pues este conjunto de desperdicios representa el 77% de las causas de las ineficiencias presentadas en la gestión de herramienta del proceso de mantenimiento.

El desperdicio por espera (34%) se identifica como el más crítico y recurrente dentro de las operaciones diarias, este fenómeno está directamente asociado a la falta de disponibilidad simultanea de herramientas, lo cual obliga a que los técnicos tengan que detener sus actividades hasta que se liberen los elementos necesarios, esto genera tiempos muertos y una disminución considerable del tiempo productivo.

El movimiento innecesario (16%) se presenta como el segundo desperdicio más relevante, la causa principal se puede relacionar con la inexistencia de un sistema estandarizado de ubicación de herramientas, generando desplazamientos a diferentes zonas del taller, esto evidencia una ausencia de layout o estructura definida para el almacenamiento y control de recursos, lo que repercute directamente en la eficiencia operativa.

Inventario ineficiente (16%), refleja la carencia de unidades suficientes de herramientas esenciales, lo que limita la ejecución paralela de tareas, esto deriva una demanda no satisfecha de recurso y aumenta el tiempo de espera acumulado.

En conclusión el diagnóstico realizado en los talleres de mantenimiento de Mueve Usme S.A.S. y Mueve Fontibón S.A.S. permitió identificar de manera objetiva las principales causas que afectan la eficiencia operativa y el aprovechamiento del tiempo productivo. a partir de la

observación directa a las operaciones de mantenimiento y del análisis de las encuestas aplicadas, se evidencia una falta de estandarización en la gestión y control de las herramientas, lo que genera una serie de desperdicios asociados principalmente a tiempos de espera, movimientos innecesarios y falta de disponibilidad de recursos.

El análisis estadístico de los tiempos de búsqueda refleja un promedio de 14 minutos para los dos talleres de mantenimiento, los dos con una alta variabilidad, lo cual demuestra una ausencia de uniformidad en el proceso y un nivel elevado de dispersión entre los tiempos individuales, este comportamiento se asocia a la inexistencia de un sistema de organización física y visual que permita localizar de manera más ágil y rápida las herramientas.

El grafico de Pareto permitió priorizar los desperdicios más relevantes dentro de las operaciones, destacando la espera, como la principal fuente de ineficiencia, seguida por el movimiento innecesario, el inventario inadecuado, y la gestión humana. Estos cuatro factores concentran más del 70% de las pérdidas operacionales, lo que da claridad sobre cuáles son las pérdidas operacionales de la gestión de herramienta, y sobre estos se podrá decidir cuál es la metodología apta para cada uno de los talleres de mantenimiento.

Finalmente, el diagnostico permitió establecer que las causas raíz de los desperdicios operacionales están relacionadas con tres aspectos:

Gestión deficiente del inventario de herramientas, refleja la mala gestión de inventarios relacionados con la herramienta, pues no se lleva una trazabilidad de esta, por ende, no se tiene un control.

Falta de organización física y visual dentro del área de trabajo, lo cual hace que se incrementen los tiempos de búsqueda y los desplazamientos innecesarios.

Ausencia de método estandarizado, lo cual da vía libre a la improvisación, que dentro del contexto empresarial, no tendría por qué existir, y sin una estandarización, no existe un control claro sobre lo que se hace con la herramienta, o lo que se quisiese hacer.

Con base a estos hallazgos, se concluye que la eficiencia del proceso de mantenimiento aplicado a la gestión de herramientas, puede incrementarse mediante la aplicación de metodologías lean manufacturing enfocadas a la eliminación de desperdicios, particularmente aquellas las cuales están enfocadas a la organización, limpieza estandarización y control visual, como un análisis preliminar se puede declarar que metodologías como 5s o Kanban, son las indicadas para su posterior aplicación, generando una solución sobre la hipótesis planteada en el presente documento.

Objetivo N°2: Aplicar la herramienta Lean Manufacturing más adecuada para los talleres de mantenimiento adoptándolas a las necesidades específicas.

Con base al objetivo N°1 se identificó que los desperdicios operacionales más frecuentes son esperas, movimiento innecesarios e inventarios, dicho diagnóstico, permite orientar a la aplicación de la metodología lean manufacturing adecuada a cada uno de los talleres de mantenimiento, pero como se logra evidenciar a través de los datos obtenidos anteriormente, el comportamiento de los dos talleres es parecido, pues sus contextos son los mismos, exceptuando la capacidad, por la cantidad de buses que se manejan en cada uno de los patios.

Por dicha razón, y al saber que los desperdicios operativos son los mismos en los dos, y según el diagrama de Pareto están en el mismo orden; en la elección de metodología, se trataron los dos talleres como una sola entidad, y por lo tanto se aplicara la misma metodología, adaptándola al contexto de cada uno de los talleres.

Para dar cumplimiento a este segundo objetivo, se realiza una matriz de decisión, en la cual, mediante una ponderación específica, se manejan un total de 15 criterios de evaluación los cuales se relacionan directamente con los desperdicios operativos mencionados en el objetivo anteriormente solucionado.

Esta matriz se diligenció de forma manual, en la cual se le da una ponderación entre 0-5, a cada una de las metodologías lean que se encuentran en la primera fila, referente a cada uno de los criterios de evaluación que se encuentran en la primera columna, con el fin de poder seleccionar la metodología mediante herramientas cuantitativas.

Tabla 12: Descripción de criterios de evaluación

	Criterio	Descripción técnica
1	Reducir tiempo de búsqueda de herramientas	disminuir el tiempo que los técnicos emplean localizando herramientas durante su jornada laboral, asegurando una ubicación fija y visible de cada elemento.
2	Disminuir esperas por préstamo/almacén	Reducir los tiempos muertos causados por herramientas ocupadas o retrasos en la entrega por parte del almacén, así garantizando una disponibilidad.
3	Mejorar flujo del proceso de mantenimiento	Favorecer la continuidad del mantenimiento evitando interrupciones entre actividades debido a falta de herramientas o reubicaciones constantes dentro del taller.
4	Aumentar disponibilidad de herramientas	Asegurar la disponibilidad de herramientas especializadas, evitando indisponibilidad por extravíos, mal estado o falta de duplicados.
5	Reducir movimientos innecesarios (desplazamientos internos)	Minimizar los movimientos realizados por los técnicos en busca de herramientas, mejorando el orden y distribución del taller.
6	Disminuir retrabajos/errores por herramienta/uso inadecuado	Prevenir errores por uso incorrecto o falta de herramienta adecuada, evitando repetición de trabajos y/o extensión del tiempo de intervención
7	Mejorar tiempos de cambio o ajuste entre tareas	Reducción de tiempo que toma el cambio de actividades, cuando se requieren herramientas distintas, facilitando la transición fluida entre tareas.

8	Organización y orden visual del taller	Garantizar que cada herramienta tenga un espacio asignado y visible, así identificando, las que se encuentran en mal estado, faltante o disponible.
9	Estandarización de prácticas y layout	Unificar criterios sobre la gestión de la herramienta, generando que los técnicos trabajen bajo el mismo estándar.
10	Control visual e inventario de herramientas	Permitir que cualquier persona relacionada directamente con el taller, pueda conocer fácilmente el estado, préstamo, falta o estado de una herramienta.
11	Participación y compromiso del personal	involucra al equipo técnico en el mantenimiento del orden y control de la herramienta, fomentando cultura organizacional, responsabilidad compartida y compromiso con la mejora continua.
12	Facilidad de capacitación e implementación cultural	Implementar un sistema simple, rápido de aprender, y aplicar en la operación diaria del taller, sin necesidad de técnicas avanzadas o grandes capacitaciones.
13	Seguridad y ergonomía mejoradas	Reducir riesgos asociados a las malas posturas o improvisaciones en el uso de la herramienta, asegurando condiciones adecuadas de trabajo.
14	Costo de implementación y rapidez de resultados	Lograr mejoras cuantificables, sin grandes inversiones utilizando soluciones académicas accesibles, y garantizando la continuidad de la aplicación.
15	Sostenibilidad a largo plazo y auditabilidad	Garantizar que la organización de herramientas pueda mantenerse en el tiempo mediante una supervisión periódica, reposición y disciplina operativa.

Tabla 13:matriz de decisión

	Criterio de evaluación (descripción breve)	Peso (%)	5S	Kaizen	Kan-ban	TPM	SMED	Poka-Yoke	Jidoka	Heij-unka	VSM	JIT	Andon	Hoshin Kanri
1	Reducir tiempo de búsqueda de herramientas	10	5	4	4	3	2	3	3	2	3	3	3	2
2	Disminuir esperas por préstamo/almacén	8	4	4	5	3	2	3	3	2	3	3	4	2
3	Mejorar flujo del proceso de mantenimiento	7	4	4	5	3	3	3	4	3	5	4	4	3
4	Aumentar disponibilidad de herramientas	6	4	3	4	3	2	3	3	2	3	3	3	2
5	Reducir movimientos innecesarios (desplazamientos internos)	8	5	4	3	3	3	4	3	2	3	3	3	2
6	Disminuir retrabajos/errores por herramienta/uso inadecuado	6	4	4	3	4	3	5	5	3	3	3	3	3
7	Mejorar tiempos de cambio/ajuste entre tareas.	5	3	3	3	3	5	3	3	2	3	3	2	2
8	Organización y orden visual del taller	8	5	4	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2
9	Estandarización de prácticas y layout	6	4	5	3	3	2	4	3	3	3	3	3	3
10	Control visual e inventario de herramientas	6	4	3	5	3	2	3	3	2	2	3	3	2
11	Participación y compromiso del personal	5	4	5	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3

12	Facilidad de capacitación e implementación cultural	6	5	4	4	2	2	3	3	2	2	2	3	3
13	Seguridad y ergonomía mejoradas	4	4	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3
14	Costo de implementación y rapidez de resultados	8	5	4	4	2	2	3	3	2	2	2	3	2
15	Sostenibilidad a largo plazo y auditabilidad	7	4	5	3	3	2	4	3	3	3	3	3	4
	TOTAL, PESOS	100	4,3	4,0	3,7	2,9	2,4	3,3	3,2	2,3	2,9	2,9	3,1	2,4

La tabla de ponderación de resultados permite deducir que hay 3 potenciales metodologías con el fin de ser aplicadas dentro del taller, y tener un impacto sobre los desperdicios operacionales, que están presentes.

El primer método, **es 5S**, este aporta ventajas operativas directas y sostenibles, la definir la ubicación física, y señalización clara para cada herramienta, disminuyendo el tiempo improductivo de búsqueda y los desplazamientos dentro del taller, (Kapil Gupta, 2021) esto mediante acciones como Seri (clasificar) logrando separar lo necesario, lo prescindible, y lo innecesario, retirando herramientas en mal estado, y herramientas las cuales no se usan dentro del taller, con el fin de conservar en el inventario, únicamente herramienta la cual puede ser utilizada de forma inmediata y que se hace necesaria para la operación del taller; Seiton (Ordenar), es el diseño intencional del puesto de trabajo, con el fin de que cada herramienta tenga un orden establecido, visible y cercano al punto de trabajo, de modo que la actividad de tomar o devolver alguna herramienta, pueda ser realizada en el menor tiempo posible; Seison (limpiar): limpieza del espacio y estaciones de trabajo; (Singh, 2015) Seiketsu (estandarizar); Rotulación, colores o tableros visuales, y por ultimo Shitsuke (disciplina): balanceo de responsabilidades y auditorías internas.

De acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior, en línea con su naturaleza y objeto de aplicación, se eligió la metodología 5s como la principal para los dos talleres de

mantenimiento, por su apalancamiento directo a la reducción de desperdicios operacionales, baja demanda de recursos económicos y su potencial para evidenciar resultados y mejoras en tiempos limitados.

Además de eso dentro de su aplicación de **tablero Kanban** se adopta como herramienta de soporte visual dentro de la metodología Seiketsu.

Ahora bien, el objetivo de la aplicación será mejorar el orden, la disponibilidad y el control de herramientas en los talleres de mantenimiento reduciendo tiempos improductivos asociados a la búsqueda y préstamo, para ello se organiza un plan de aplicación allí estipulando los recursos requeridos, los roles y responsabilidades, mediante una matriz RACI y un cronograma de actividades tipo Gantt, los cuales son encontrados en los anexos del proyecto.

Diseño de plan de aplicación.

Objetivo

Adaptar la metodología 5s a las condiciones operativas de los talleres de mantenimiento trabajados en el proyecto, mediante la definición de actividades específicas para cada fase.

La matriz RACI, es una herramienta de gestión de proyectos que ayuda a definir y clarificar las responsabilidades y roles de los distintos actores en relación con tareas o actividades específicas. En esta matriz se define las siguientes categorías: R(responsables), La(s) persona(s) que realiza(n) la tarea o actividad; A(aprobador), La persona que tiene la responsabilidad de dar el visto bueno final; C(consultado), es la persona o grupo de personas

que brindan información referente a la actividad; I(informado) las personas que deben ser informadas sobre el avance o resultado de la tarea (Kantor, 2025).

Tabla 14:Matriz RACI

fase	actividad	R	A	C	I
DIAGNOSTICO	Auditoria 5s por área de trabajo	líder 5s	jefe de taller	sst de la empresa	Técnicos operadores
SEIRI	clasificación de herramientas útiles y no útiles	almacén de la empresa	jefe de taller	Técnicos operadores	sst de la empresa
SITON	inventarios mínimos y duplicados innecesarios	jefe de taller	dirección de mantenimiento	líder 5s	almacén de la empresa
	diseño del cajón de herramientas, visual a todos los elementos	jefe de taller	jefe de taller	Técnicos operadores	SST de la empresa
	creación e implantación de sistema de control a los cajones.	líder 5s	jefe de taller	Técnicos operadores	sst de la empresa
	demarcación en el piso y distribución interna del área	área de infraestructura de la empresa	Jefe de taller	líder 5s	Técnicos
SEISO	limpieza profunda y mantenimiento en el entorno	técnicos operadores	líder 5s	jefe de taller	sst de la empresa
SEIKETSU	creación del tablero Kanban digital	líder 5s	jefe de taller	jefe de taller	dirección de mantenimiento
	instalación y puesta en marcha del tablero	jefe de taller	dirección de mantenimiento	líder 5s	Técnicos operadores
	estandarización de procesos 5s	líder 5s	jefe de taller	Técnicos operadores	dirección de mantenimiento
SHITSUKE	creación de equipo 5s y capacitación.	jefe de taller	dirección de mantenimiento	jefe de taller	Técnicos operadores
	auditorías internas semanales	técnicos líderes 5s	jefe de taller	líder 5s	Técnicos operadores

Según la anterior matriz RACI, en la cual se asignan el responsable, quien aprueba la actividad, a quien se le consulta la información, y quien es importante que este informado; se realiza un cronograma tipo Gantt, en el cual se consignan todas las actividades a ejecutar y su temporalidad, con el fin de que la metodología pueda ser aplicada en un total de 4 semanas.

Tabla 16: Cronograma tipo Gantt.

fase	actividad	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4
DIAGNOSTICO	Auditoria 5s por área de trabajo	x			
SEIRI	clasificación de herramientas útiles y no útiles		x		
	inventarios mínimos y duplicados		x		
	innecesarios				
	diseño del cajón de herramientas,		x		
SITON	visual a todos los elementos				
	creación e implementación de sistema de control a los cajones.	x			
	demarcación en el piso y distribución interna del área			x	
SEISO	limpieza profunda y mantenimiento en el entorno			x	
	creación del tablero Kanban digital		x		
SEIKETSU	instalación y puesta en marcha del tablero			x	
	estandarización de procesos 5s				x
	creación de equipo 5s y capacitación.		x		
SHITSUKE	torías internas semanales				x

A continuación, se presenta la bitácora de actividades realizadas durante la ejecución del proyecto y adicionalmente se adjunta registro fotográfico, como prueba del su cumplimiento.

Implementación en campo.

Para la aplicación de la metodología 5s, el plan se ejecutó según la siguiente bitácora de actividades.

Tabla 17: Bitácora.

fecha	actividad	Observaciones	Resultados inmediatos
semana 1	Auditoría inicial 5S	Se identifican áreas de desorden, pérdida de herramientas y tiempos altos en búsqueda de estos recursos	se definieron oportunidades de mejora, priorizando orden, visualización y disponibilidad.
semana 1	Clasificación de herramientas útiles y no útiles, en los cajones	Se seleccionan elementos en buen estado, herramientas dañadas enviadas a reparación y descartar material innecesario	Mayor espacio dentro de los cajones y mayor visibilidad inicial del inventario
Semana 2	Diseño interno del cajón	Se ajustaron los espacios para evitar movimientos internos y facilitar la identificación inmediata	Reducción del tiempo para localizar y devolver las herramientas.
semana 2	Creación e implementación del sistema de control mediante QR	Se asigna un código QR el cual se tiene que llenar cada vez que salga una herramienta del cajón, con el fin de tener trazabilidad y asignar responsabilidad sobre las herramientas.	Se inicia registro digital del uso y trazabilidad
Semana 2	Inventario de herramientas críticas según uso y frecuencia	se identifica la necesidad de duplicar herramientas de alta rotación.	Lista actualizada para el control y disponibilidad
Semana 3	Limpieza profunda de cajones	se detectan herramientas deterioradas y suciedad acumulada	Mejora el entorno de trabajo y ergonomía.
Semana 3	Demarcación del piso y señalización de áreas	se elaboró zonificación por tránsito seguro y tipo de tarea.	Mejora en el desplazamiento y seguridad operativa
semana 3	creación de tableros Kanban en Excel	Tablero configurado por áreas con el fin de tener un mejor control sobre el orden en el taller.	visibilidad del estado de los trabajos relacionados al orden del taller en tiempo real
semana 4	Puesta en marcha del tablero	Aceptación por parte del personal técnico.	Competitividad sana entre áreas, mediante control visual
semana 4	capacitación interna a líderes 5 s	Se selecciona un grupo de personas, las cuales van a ser líderes 5s y se les dicta una capacitación por parte del jefe de taller.	Compromiso del personal con el mantenimiento del sistema
semana 4	auditorías internas semanales	Se asigna mediante los técnicos líderes las auditorías internas del sistema, las cuales son semanales y tendrán que reportar los hallazgos al jefe de taller	seguimiento para garantizar el orden a través del tiempo.

Se realiza proceso de clasificación de herramientas, diseño del los cajones de herramientas con un antes y un después de cada uno de los registros, a continuación, se evidencia la implementación a través de registro fotográfico.

Antes de la implementación Mueve Fontibón.

Ilustración 6: Registro fotográfico antes de la implementación Mueve Fontibón



Después de la implementación, se registra un lugar visible y claro para cada una de las herramientas, con el fin de que el personal utilice menos tiempo en la búsqueda.

Ilustración 7: post aplicación Mueve Fontibón



Ilustración 8: post aplicación Mueve Fontibón



Ilustración 9:post aplicación Mueve Fontibón



Ilustración 10:post aplicación Mueve Fontibón



A continuación, se adjunta evidencia fotografía de la implementación en MU.

Se hace la aclaración de que en este taller únicamente existía un rack con las herramientas almacenadas dentro de cajas de cartón, y la empresa realizó la inversión de un nuevo cajón con mejor organización.

Ilustración 11: Herramienta Mueve Usme antes de la aplicación.



Post aplicación.

Ilustración 12: herramientas post aplicación



Ilustración 13: herramientas post aplicación

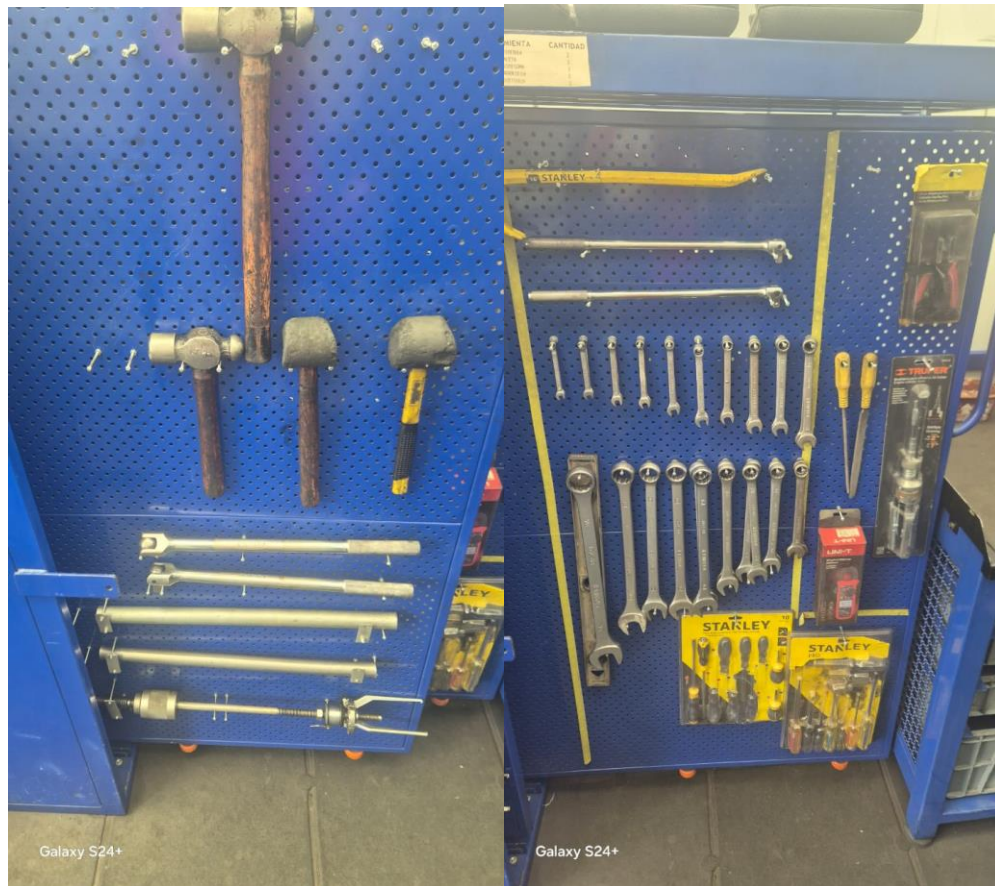


Ilustración 14: Tablero Kanban 5S – Mecánica.

pág. 75

Ilustración 15: Tablero Kanban 5S – Eléctrica.

[illegible]

Ilustración 16: Tablero Kanban 5S – Mecatrónica.

[illegible]

Ilustración 17: Tablero Kanban 5S – Carrocería.

[illegible]

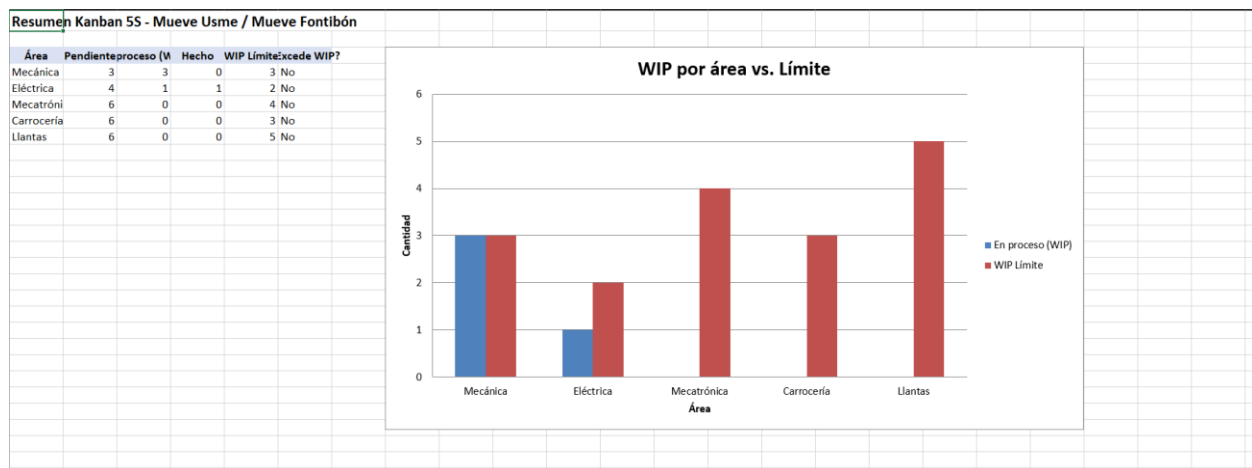
Ilustración 18: Tablero Kanban 5S – Llantas.

[illegible]

Todas estas hojas, se consolidan en resultados con el fin de poder mostrarlos de manera gráfica, de esta forma hacen mas legibles para el personal.

Es importante resaltar que, estos tableros están en blanco, y fueron distribuidos a cada uno de los talleres.

Ilustración 19: Hoja de resumen tableros.



Por su parte, se escogieron a un total de 10 personas como líderes de 5S dentro de cada uno de los talleres, con el fin de que sean quienes impliquen el orden y la disciplina

dentro de las instalaciones, esto a raíz de una serie de capacitaciones dictadas por la aseguradora de riesgos laborales. (se adjunta evidencia fotográfica)

Ilustración 20: Capacitación Mueve Fontibón



Ilustración 21: Capacitación Mueve Fontibón



Ilustración 22: Capacitación Mueve Usme



Ilustración 23: capacitación Mueve Usme



Estas capacitaciones se desarrollan con el objetivo de fortalecer la cultura organizacional en torno a la metodología 5s. Para ello, se implementa un sistema de

codificación por colores que permite identificar visualmente las áreas que no cumplen con la metodología, y su admiración está a cargo del personal líder 5s de cada taller, así mismo, se programan jornadas periódicas de limpieza, inspección y demarcación de espacios, con el fin de mantener el orden y asegurar el cumplimiento continuo de las condiciones operativas.

Se adjunta evidencia fotográfica de jornadas de limpieza y demarcación.

Ilustración 24: Evidencia estado de taller mueve Fontibón.

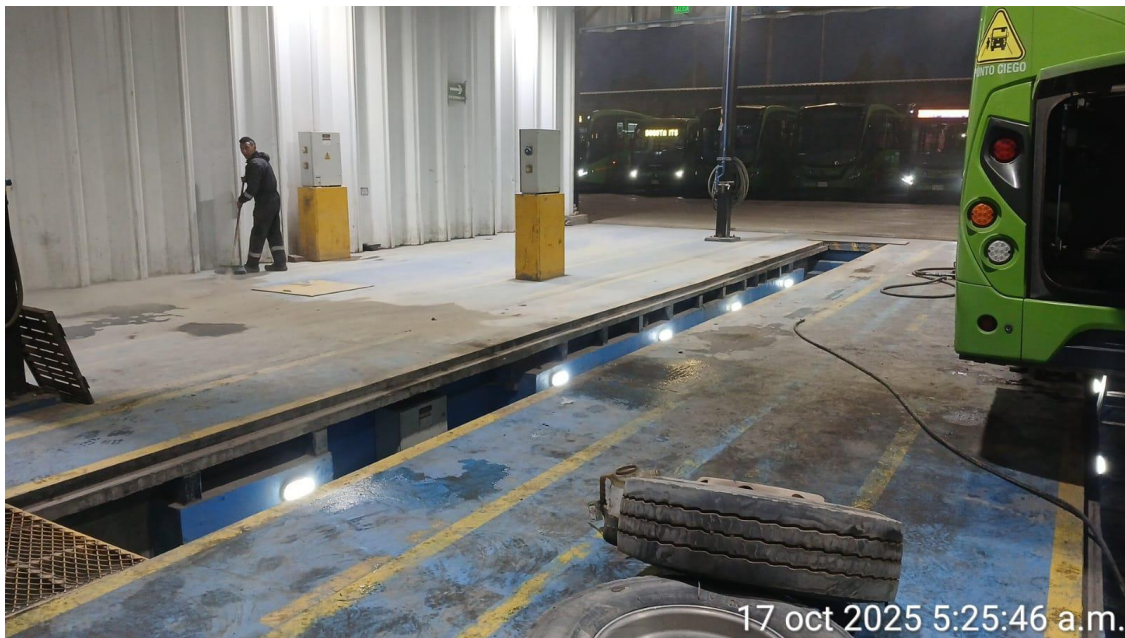


Ilustración 25: evidencia estado de taller mueve Usme

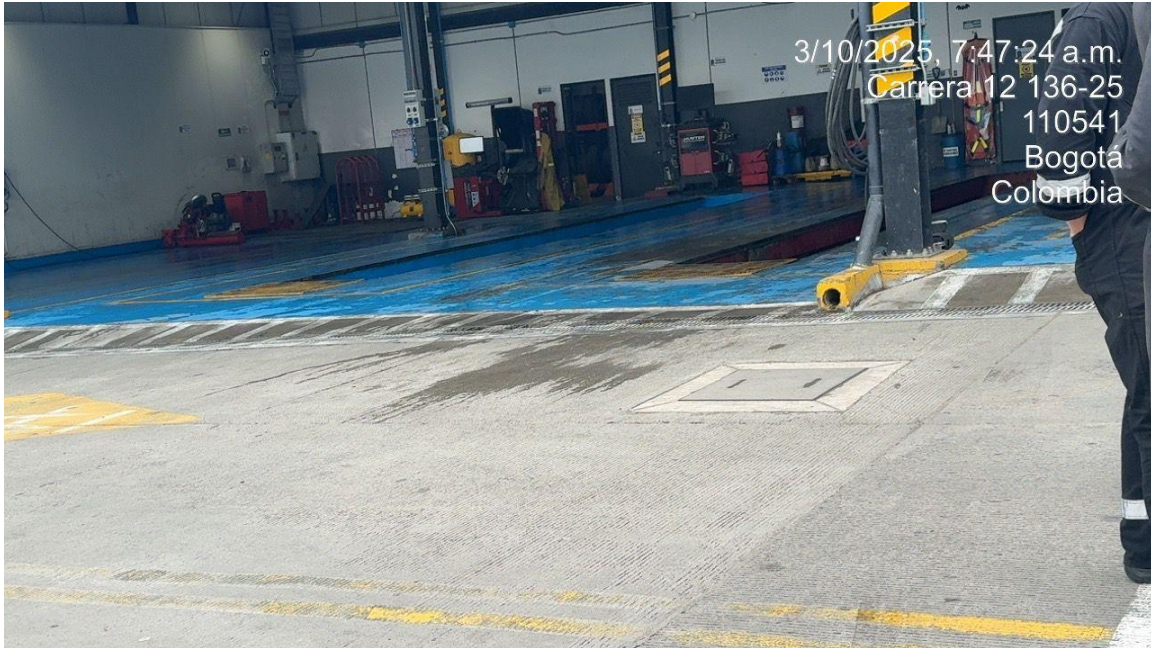


Ilustración 26: evidencia, Mueve Fontibón



Ilustración 27: evidencia Mueve Fontibón



Según lo expresado, se adjunta evidencia fotográfica de codificación por colores.

Ilustración 28: Evidencia codificación por colores



Ilustración 29: Evidencia codificación por colores



Ilustración 30: evidencia codificación por colores



Ilustración 31: Evidencia de codificación por colores



Por su parte, se realizó un formulario, adjunto a un código QR, el cual tiene la finalidad, de dar un registro a la herramienta, y obtener información sobre su uso, en este se registra, el nombre del técnico operador de la herramienta, la fecha, un espacio hasta para 10 herramientas, y al final tiene un apartado en donde la persona en cuestión, puede marcar sobre cual de las herramientas están en mal estado. (se adjunta evidencia fotográfica) (ver anexo 4).

Ilustración 32: control de herramienta.

REQUERIMIENTO DE HERRAMIENTA (MECANICA)

B **I** **U**  

En este formulario esta diseñado para que dijite sus datos y los de la herramienta a requerir, porfavor mostrar el check realizado al auxiliar de mantenimiento.

Es válido para un máximo de 10 herramientas

NOMBRE DEL TECNICO *

Entiéndase que es la persona a quien queda en responsabilidad la herramienta

Texto de respuesta corta

Ilustración 33: control de herramientas.

FECHA *

Mes, día, año 

CÁRCAMO A TRABAJAR *

1.

1

2.

2

3.

3

4.

4

5.

5

Ilustración 34: control de herramientas.



The illustration shows three identical, vertically stacked rectangular panels. Each panel has a light green border and rounded corners. Inside each panel, the text 'HERRAMIENTA A REQUERIR' is displayed in a bold, uppercase font at the top. To the right of this text, there is a small icon consisting of four small squares arranged in a 2x2 grid. Below the title, the text 'Texto de respuesta corta' is shown in a standard font, followed by a horizontal dotted line indicating a text input field.

HERRAMIENTA A REQUERIR

Texto de respuesta corta

HERRAMIENTA A REQUERIR

Texto de respuesta corta

HERRAMIENTA A REQUERIR

Texto de respuesta corta

Ilustración 35: control de herramientas

ESTADO DE LAS HERRAMIENTAS

MARQUE LAS CASILLAS DE LA HERRAMIENTA EN MAL ESTADO

☐

HERRAMIENTA 1

☐

HERRAMIENTA 2

☐

HERRAMIENTA 3

☐

HERRAMIENTA 4

☐

HERRAMIENTA 5

☐

HERRAMIENTA 6

☐

HERRAMIENTA 7

☐

HERRAMIENTA 8

☐

HERRAMIENTA 9

☐

HERRAMIENTA 10

☐

N/A

Ilustración 36: evidencia de uso de control de herramientas.

NOMBRE DEL TECNICO Enténdase que es la persona a quien queda	FECHA	CÁRCAM	HERRAMIENTA A REQU	HERRAMIENTA	HERRAMI	HERRAMIENTA A REQUERIR	ESTADO DE LAS MARQUE LAS CA
Juan Saavedra	26/09/2025	8	Copa pivote				N/A
Juan Cangrejo	26/09/2025	5	Torque de media				N/A
Victor Castillo	26/09/2025	5	Torque de 250	Llave pesa compri			N/A
Luis Miguel Fonseca	25/09/2025	4	Rachel 3/4	Copa 36 mm			N/A
Marco Ferney Carpeta	25/09/2025	1	Torque				N/A
Héctor Fonseca	24/09/2025	7	Capa pivote	Capa pivote			HERRAMIENTA 1
Elkin Duqueza	24/09/2025	6	Copa cubo poligonal				N/A
Santiago chingate	23/09/2025	7	Pistola neumática				N/A
Jeisson Fajardo	23/09/2025	6	Linterna	Torque 1/2 hasta			N/A
MILLER GARZON	23/09/2025	5	KITA MANÓMETROS SISTEM				HERRAMIENTA 1
Paula Rodríguez	22/09/2025	6	Jaltes				N/A
José Luis Mora Martínez	22/09/2025	6	Vcads				N/A
Juan Saavedra	22/09/2025	7	Pistola neumática media				N/A
MILLER GARZON	22/09/2025	5	KIT MANÓMETROS SISTEM				HERRAMIENTA 1
Henry Moncada ortega	22/09/2025	4	Volvedor 3 /4	Torque pequeño	Copa 36 mm		N/A
deibid moreno	21/09/2025	8	Jaltes				N/A
Jhon jamer ojeda	21/09/2025	6	Vcads				N/A

Objetivo N°3 Evaluar resultados obtenidos tras la aplicación de Lean Manufacturing

Con el propósito de determinar el impacto generado por la implementación de la metodología 5S en los talleres de mantenimiento de Mueve Usme S.A.S. y Mueve Fontibón S.A.S; para ello se realizó una nueva observación directa sobre el estado de organización, visibilidad, y disponibilidad de herramientas, comparando las condiciones actuales con las identificadas en el diagnóstico inicial, esta evaluación se efectuó utilizando los mismos criterios de observación empleados al inicio del proyecto, de esta manera asegurando la comparabilidad de los resultados, y la validez del análisis; los indicadores de medición son el siguiente.

Tabla 15: Indicador

Indicador	Fórmula	Unidad	Fuente	Frecuencia	Responsable
Tiempo de búsqueda de herramientas	Promedio de tiempos registrados en campo	Minutos	Observación directa	Antes y Después de la implementación	Investigador

A continuación, se presentan los resultados de la toma de tiempos post aplicación, y con el fin de poder realizar una comparación entre los resultados.

Tabla 16: Resultados **Mueve Fontibón S.A.S**

Medida estadística	valores
promedio	8,56
mediana	9
desviación estándar	3,729909144
varianza	13,91222222
rango	12
moda	9
coeficiente de variación	43,54%

Fuente: propia con base en anexo 5

Tabla 17: Resultados *Mueve Usme S.A.S*

Medida estadística	valores
promedio (min)	8,2
mediana (min)	7
desviación estándar	3,57211422
varianza	12,76
rango	13
moda (min)	6
coeficiente de variación	43,56%

Fuente: Propia con base en anexo 6

Con esto es posible realizar la comparación y determinar resultados del proyecto, a continuación, se muestra el resultado del antes y después de la aplicación del proyecto.

Tabla 18: Resultados de Comparación *Mueve Usme S.A.S*

Usme			
Medida Estadística	Antes	Después	Diferencia
Promedio	14,10	8,20	5,90
Mediana	13,50	7,00	6,50
Desviación Estándar	5,29	3,57	1,72
Varianza	28,02	12,76	15,26
Rango	21,00	13,00	8,00
Moda	14,00	6,00	8,00
Coeficiente De Variación	0,38	0,44	-6%

En el taller de Usme se observaron mejoras en la disponibilidad y organización de las herramientas, logrando una reducción en los tiempos de búsqueda. La disminución de los tiempos de búsqueda, demuestra que los técnicos requieren menos tiempo para localizar los elementos necesarios de su actividad laboral, pues antes de la implementación se tenía un promedio de tiempo de 14,1 minutos; esta misma medición, post aplicación, arrojo un resultado de 8,2 minutos, los cual representa en promedio una disminución de 5,9 minutos a la hora de

buscar una herramienta dentro del taller; la medición de mejora se realiza mediante un porcentaje de mejora, el cual se calcula con la siguiente formula.

$$\text{porcentaje de mejora} = \frac{\text{reducción (antes - después)}}{\text{Promedio Antes}} \times 100$$

Por lo tanto se observa que el porcentaje de mejora en el tiempo de búsqueda de herramientas dentro del taller de mantenimiento en la empresa Mueve Usme S.A.S fue del 41,84%, cifra que refleja un resultado positivo en la aplicación de 5s, además una buena adaptación por el personal técnico que operan dentro de las instalaciones, a cargo del área de mantenimiento, por otro lado, la mediana descendió de 13,5 a 7 minutos y el rango paso de 21 a 13 minutos lo cual indica una disminución en la dispersión de los datos que se tomaron, no obstante el coeficiente de variación aumento, lo que sugiere que existen diferencias de tiempos entre los técnicos, lo cual lleva a recomendar que se refuercen las auditorias de 5S y el control y el rol de líderes por área, con el fin de asegurar la disciplina enfocada al orden de las herramientas.

Tabla 19: Resultados de Comparación Mueve Fontibón S.A.S.

Fontibón			
Medida Estadística	Antes	Después	Diferencia
Promedio	14,20	8,57	5,63
Mediana	13,50	9,00	4,50
Desviación Estándar	4,64	3,73	0,91
Varianza	21,49	13,91	7,58
Rango	18,00	12,00	6,00
Moda	14,00	9,00	5,00
Coeficiente De Variación	0,33	0,44	-11%

En el caso de Mueve Fontibón, el indicador de seguimiento, también mostro mejoras significativas, el tiempo promedio de búsqueda paso de ser de 14,2 minutos, a un promedio de

8,56 minutos, lo cual significa una reducción de 5,63 minutos, que según la formula anteriormente presentada, resulta en un porcentaje de mejora del 39,67%, lo cual claramente indica un resultado positivo en la aplicación de la metodología 5S dentro del taller de mantenimiento a cargo de la empresa Mueve Fontibón S.A.S., además de este porcentaje de mejora, se obtiene una disminución de la mediana, de 13,5 a 9 minutos, un rango de 18 a 12 minutos, con una moda de 9 minutos, esto siendo resultado de una buena aplicación y una aceptación por parte del personal técnico del taller, aunque es importante resaltar que al igual que en el taller de Usme, el coeficiente de variación, aumento un 11%, lo cual refleja que aun con la metodología aplicada, se hace necesario estandarizar aún más los procesos asociados a la búsqueda de herramientas.

En síntesis el Objetivo número tres se cumplió satisfactoriamente, ya que se logró demostrar con datos cuantitativos que la implementación de metodologías lean manufacturing dentro de los talleres de mantenimiento de dos empresas operadoras del sistema de transporte masivo de Bogotá, logra mejorar significativamente el tiempo del personal técnico utilizado en la búsqueda de herramientas, esto a su vez generando mayor aprovechamiento de del tiempo, asegurando la calidad y el cumplimiento de los mantenimientos previstos por el área, no obstante se recomienda que dentro del taller ubicado en el patio de Usme el prado se refuercen las auditorias sobre el manejo de la metodología 5S, con el fin de reducir las diferencias operativas entre técnicos; a su vez se sugiere que en Fontibón las Brisas se mantengan los estándares alcanzados, asegurando la actualización continua del control visual, ejecutando un plan periódico de revisión de herramientas.

Por otro lado según (Legis Ámbito Juridico, 2025) la hora de un trabajador promedio se encuentra en 6,189 COP, en hora laboral Ordinaria y en 8,355 COP, Hora laboral ordinaria nocturna, mediante estos dos valores se obtiene un promedio de ellos dos de 7,272 COP, debido a que las operaciones del área de mantenimiento se ejecutan tanto en jornada diurna como en

nocturna; estos datos son relevantes para el proyecto, pues mediante estos y los resultados obtenidos de la aplicación, se puede medir en términos monetarios la aplicación de la metodología, así pues se cuentan con los siguientes datos.

Tabla 20: Equivalencia de Tiempo.

hora	minutos
1	60
0,098333333	5,9
0,093833333	5,63

Fuente: propia

Mediante esta equivalencia de tiempo, y con el valor de hora promedio anteriormente mencionada, se da el resultado de la disminución de dinero tras la aplicación.

Tabla 21: Resultados en términos monetarios

Dinero	tiempo (minutos)	Descripción	
\$ 6.189,00	60	Hora Ordinaria Diurna	
\$ 8.355,00	60	Hora Ordinaria Nocturna	
\$ 7.272,00	60	Hora Promedio de costo	
\$ 715,08	5,9	10%	Usme
\$ 682,76	5,63	9%	Fontibón

Fuente: Propia

Las dos empresas en cuestión cumplen con el sistema de compensación salarial definido por la normativa nacional según el código sustantivo del trabajo, en sus artículos 127, 128, 134 y 144 (Sistema único de Información Normativa, 1951); es importante precisar que la reducción de tiempos improductivos no implica la reducción salarial; el beneficio económico obtenido se refleja en la mayor disponibilidad de tiempo productivo por parte del trabajador, que la empresa puede direccionar a actividades de mayor valor agregado dentro del proceso de mantenimiento.

Se realiza el cálculo de recursos económicos ahorrados para un total de 1 técnico en diferentes periodos de tiempo, en base a 1 salario mínimo y según las veces que buscan una

herramienta obtenida de la encuesta realizada en la fase inicial del proyecto, obteniendo un promedio de 5 veces al día.

Tabla 22: Cálculo de recursos económicos según temporalidad.

Empresa		Día	Semana	Mes	Año
Mueve Usme S.A.S	\$	3.575,40	\$ 17.877,00	\$ 71.508,00	\$ 858.096,00
Mueve Fontibón S.A.S	\$	3.413,80	\$ 17.069,00	\$ 68.276,00	\$ 819.312,00

Se obtiene que dentro del entorno de la empresa Mueve Usme, al año por técnico se logra aprovechar en términos monetarios un promedio de 858,096 COP, y la misma cifra en el entorno de la empresa mueve Fontibón, es de 819,312 COP al año, logrando así mejorar la eficiencia en términos empresariales.

A continuación, se presenta el antes y después del proyecto en términos de desaprovechamiento de recursos económicos, con base al tiempo perdido de los técnicos de cada una de las empresas.

*Tabla 23: Calculo antes y después en términos de desaprovechamiento de recursos económicos en la empresa **Mueve Fontibón S.A.S.***

Mueve Fontibón S.A.S	Día	Semana	Mes	Año
antes	\$ 8.605,20	\$ 43.026,00	\$ 172.104,00	\$ 2.065.248,00
después	\$ 5.193,42	\$ 25.967,10	\$ 103.868,40	\$ 1.246.420,80

*Tabla 24: Calculo antes y después en términos de desaprovechamiento de recursos económicos en la empresa **Mueve Usme S.A.S.***

Mueve Usme S.A.S	Día	Semana	Mes	Año
antes	\$ 8.544,60	\$ 42.723,00	\$ 170.892,00	\$ 2.050.704,00
después	\$ 4.969,20	\$ 24.846,00	\$ 99.384,00	\$ 1.192.608,00

Los valores presentados corresponden al desperdicio de tiempo traducido en términos monetarios; es decir, representan el valor económico del tiempo que se pierde en actividades no productivas como la búsqueda de herramientas por parte de los técnicos; en las tablas se encuentran los valores de estos desperdicios antes de la aplicación de la metodología 5s y después de esta, y así obtener resultados cuantificables desde una perspectiva financiera.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El actual proyecto desarrollado tuvo como propósito implementar la metodología lean manufacturing adecuada, para cada uno de los talleres de mantenimiento ubicados dentro de los patios de Usme el Prado y Fontibón las brisas, pertenecientes a las empresas Mueve Usme S.A.S, y Mueve Fontibón S.A.S. orientada a la mejora operacional, y la disminución de desperdicios operacionales clasificados según la metodología lean, enfocada en la gestión de herramienta.

En cuanto al cumplimiento del primer objetivo específico, se logró realizar un diagnóstico integral del proceso de mantenimiento relacionado con la gestión de herramientas aplicadas al personal técnico del taller, mediante observación directa y la aplicación de encuestas al personal técnico, identificando los principales desperdicios operacionales presentes en los dos talleres, entre los cuales destacaron, las esperas derivadas de la disponibilidad de herramientas, movimientos innecesario en búsqueda de los recursos, e inventarios ineficientes acerca de las herramientas a utilizar, lo cual genera tiempos improductivos y afecta directamente la operación del taller.

Respecto al segundo objetivo específico, se realizó una matriz de decisión con un total de 15 criterios de evaluación enfocados en los desperdicios operacionales, descritos anteriormente, y eligiendo entre todas las metodologías que compone lean manufacturing, se elige 5S como la mejor opción para ser aplicada dentro de los dos patios, conllevando directamente los principales

desperdicios, las acciones implementadas, son organización física de herramientas mediante cajones estructurados, señalización, implementación de métodos de control sobre el inventario de la herramienta y creación de tableros Kanban para el seguimiento de actividades por áreas, todo eso fue validado mediante participación activa de los técnicos, supervisores y personal administrativo, logrando mejoras visibles en orden, limpieza y comunicación interna.

Finalmente, la relación con el tercer objetivo específico, se evaluó el impacto de la intervención a través de la comparación estadística del tiempo promedio en la búsqueda de herramientas antes y después de la implementación, los resultados demostraron que se alcanzó una reducción significativa del indicador en los dos talleres, pues en Usme se logró reducir en un 41,84% el tiempo de búsqueda de herramienta, y en Fontibón un 39,67%, estos resultados confirman que la metodología aplicada contribuyó a eliminar una parte de los desperdicios operacionales anteriormente identificados.

Con base a estos hallazgos, **se acepta la hipótesis planteada, dado que la reducción obtenida supera el 10% estimado**, de los tiempos de búsqueda de herramientas, pues en realidad el proyecto redujo un 41,84% en Mueve Usme S.A.S., y un 39,67% en Mueve Fontibón S.A.S.; con una reducción en términos monetarios del 10% y el 9%, respectivamente. Además, se estima que **la eliminación de tiempos improductivos representa un aprovechamiento económico aproximado de 800,000 COP**, al año por técnico, asociado al incremento de productividad, y uso eficiente del recurso humano conforme a lo establecido en el código sustantivo del trabajo (Republica de Colombia , 1950).

A partir de lo mencionado anteriormente, se recomienda mantener la ejecución periódica de auditorías 5S, garantizando la actualización permanente del control visual de herramientas; ampliar el sistema Kanban a otras áreas no operativas, además darle más fuerza e importancia al

rol de líderes de mejora continua al interior de cada taller, así mismo se sigue continuando con la medición del indicador trabajado, con el fin de dar continuidad a la aplicación de la metodología.

En conclusión, la implementación de herramientas lean, permitió obtener mejoras cuantificables, sostenibles y alineadas con las necesidades operativas de las dos empresas trabajadas, constituyendo una base sólida para la mejora continua en sus procesos y consolidando una referencia metodológica aplicable a entornos industriales similares.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón Aguirre, E. O. (2021). "Implementación de la metodología 5S en el área de mantenimiento para. *universidad tecnologica de peru*, 130.
- ALEX, F. F. (2016). Aplicación de herramientas de lean manufacturing para la mejora de la productividad en el area de mantenimiento de una empresa que transporta combustible y minerales, Huachipa, Lima 2016. *universidad Cesar Vallejo* , 206.
- Alexandra Jonker, A. G. (s.f.). What is preventive maintenance? *IBM*.
- Ana Claudia Lara, E. M. (2022). Relationship between Just in Time, Lean Manufacturing, and Performance Practices: a meta-analysis. *Gestão & Produção*, 29(2), 21. doi:10.1590/1806-9649-2022v29e9021
- C40 CITIES FINANCE FACILITY. (2021). El mantenimiento de los buses de cero emisiones. *C40 CITIES FINANCE FACILITY*.
- Carlos Andrés García Suárez, A. L. (2017). Implementación de Lean Thinking en el Sistema de Transporte Transmilenio en Bogotá, colombia. *Repositorio Uniandes* , 17.
- Chávez Rodríguez, L. F. (2022). Propuesta de mejora aplicando 5S, ANDON y TPM en una empresa de transporte urbano en Lima Metropolitana. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
- consejo de bogota. (2025). *En Bogotá un bus del Sitp se ha varado en promedio 44 veces desde 2013*. Bogota: biblioteca juridica.
- Cook, T. D., & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-experimentation : design & analysis issues for field settings*. Boston ; London : Houghton Mifflin: internetarchivebooks; inlibrary; printdisabled.
- Cuatrecasas, G. (s.f.). Lean como filosofía de mejora continua y eliminación de despilfarros involucrando a todo el personal. *universidad de sevilla* .

- DIANA CAROLINA MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, L. N. (2015). APLICACIÓN DEL MODELO DEL COSTO DE DESPERDICIO A LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL TALLER DE ESTRUCTURAS DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE HELICOPETROS RUSOS CMR SAS. *UNIVERSIDAD ECCI*, 172.
- Durán, C. (1985). *La guerra del centavo*.
- ESTHEER, E. (2017). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN. *UNIVERSIDAD CONTINENTAL*, 98.
- HIDALGO, D. (2001). TransMilenio: el sistema de transporte. *DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN*, 32(2), 14.
- IBM. (s.f.). ¿Qué es el mantenimiento predictivo? *IBM*.
- José Moyano-Fuentes, M. S.-D. (2012). Aprendizaje Lean: una revisión del pensamiento y la investigación. *Revista internacional de gestión de operaciones y producción*.
- jstorres. (2020). Historia del transporte en Bogotá. *Archivo de la Ciudad*, 3.
- Kantor, B. (2025). The RACI matrix: Your blueprint for project success. *CIO*, 4. Obtenido de <https://www.cio.com/article/287088/project-management-how-to-design-a-successful-raci-project-plan.html>
- Kapil Gupta, O. M. (2021). A Case Study on Implementation of 5S in a Manufacturing Plant to Improve Operational Effectiveness. *International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment*, 7. doi:<https://doi.org/10.1051/mateconf/202134603109>
- Legis Ámbito Jurídico. (2025). Valores del salario mínimo 2025 por días y por horas. *Legis Ámbito Jurídico*.
- Măărăscu-Klein, V. (2015). The 5S lean method as a tool of industrial management performance. 3.
- Mora, E. U. (2016). GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE AUTOBUSES DEL TRANSPORTE PÚBLICO. *Centro de Investigación de*, 26.
- Mostafa, S. L. (2015). Lean thinking for a maintenance process. *VICTORIA UNIVERSITY*, 1, 39.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. New York: Productivity Press.
- Orlando Duran, A. C. (2017). Lean Maintenance Applied to Improve Maintenance Efficiency in Thermoelectric Power Plants. *MDPI*, 10(10).
- Pintelón, P. M. (2008). Medición del rendimiento mediante la eficacia general del equipo (OEE): revisión de la literatura y discusión de aplicaciones prácticas. *Revista Internacional de investigacion en producción*, 3517-3535.
- Rachna shah, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 805.

- Republica de Colombia . (1950). *Codigo sustantivo del trabajo*. Obtenido de <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewdocument.asp?ruta=codigo/30019323>
- Salih O. Duffuaa, A. R. (2006). *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. España: Limusa.
- Singh, A. (2015). Review of 5S methodology and its contributions towards manufacturing performance. *Desh Bhagat University*, 5(4), 420. doi:10.1504/IJPMB.2015.072320
- Sistema único de Información Normativa . (1951). *Codigo Sustantivo del Trabajo*. *Juriscol*.
- the welding institute. (s.f.). What is Corrective Maintenance? *TWI*.
- TRANSMILENIO. (2022). *En Usme cuenta con el patio de buses eléctricos más grande de América Latina*.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2017). *Lean Manufacturing and the Environment*.
- Womack, J. P. (1996). *Lean Thinking*. gestión 2000.
- Yefer Aspilla Lara, E. R. (2013). La implementación del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de Bogotá y sus retos en el futuro. *revista universidad dsitrital*, 5.
- Zwas, A. (2006). Lean Manufacturing Techniques in Bus and Rail Maintenance: Study at Chicago Transit Authority in Illinois. *Journal of the Transportation Research Board*, 54-58.