

Maestría en

Ingeniería Automotriz con mención en Procesos y Calidad de los Servicios Automotrices

**Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Magíster en Ingeniería Automotriz con mención en Procesos y Calidad de los Servicios
Automotrices.**

AUTORES:

Ricardo David Ramírez Gómez

Juan Francisco Cevallos Miño

Byron Adrian Clavijo Carreño

Alex Giovanny Tenicota García

TUTORES:

Ing. José Alberto Rivera Costales, Mg.

Ing. Eduardo José Cueva Sánchez, Mg.

Ing. Darwin Javier Armas Baez, Mg.

Título del Trabajo de Titulación

Propuesta metodológica de posventa digital, Lean Service y diagnóstico innovador orientada a reducir el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de MOTOR WORKS en Ibarra, Ecuador

Quito, (febrero 2026)

Certificación de autoría

Nosotros, **(Ricardo David Ramírez Gómez, Juan Francisco Cevallos Miño, Byron Adrian Clavijo Carreño, Alex Giovanny Tenicota García)**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



(Ricardo David Ramírez Gómez)



(Juan Francisco Cevallos Miño)



(Byron Adrian Clavijo Carreño)



(Alex Giovanny Tenicota García)

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

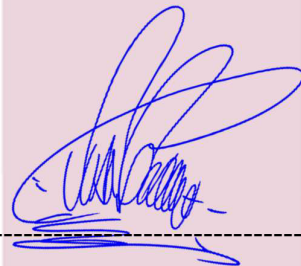
Autorización de Derechos de Propiedad Intelectual

Nosotros, (**Ricardo David Ramírez Gómez, Juan Francisco Cevallos Miño, Byron Adrian Clavijo Carreño, Alex Giovanny Tenicota García**), en calidad de autores del trabajo de investigación titulado **Propuesta metodológica de posventa digital, Lean Service y diagnóstico innovador orientada a reducir el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de MOTOR WORKS en Ibarra, Ecuador**, autorizamos a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) para hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos corresponden, lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento en Ecuador.

D. M. Quito, (febrero 2026)



(Ricardo David Ramírez Gómez)



(Juan Francisco Cevallos Miño)



(Byron Adrian Clavijo Carreño)



(Alex Giovanny Tenicota García)

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Aprobación de dirección y coordinación del programa

Nosotros, **Ing. Sergio De Abril Torralba, Mg., director de programa EIG, e Ing. Álvaro Remache Chibo, Mg., coordinador UIDE**, declaramos que los graduandos: **(Ricardo David Ramírez Gómez, Juan Francisco Cevallos Miño, Byron Adrian Clavijo Carreño, Alex Giovanny Tenicota García)** son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal de ellos.

Ing. Sergio De Abril Torralba, Mg.

Director de la
Maestría en Ingeniería en Procesos y Calidad
de los Servicios Automotrices - EIG

Ing. Álvaro Remache Chimbo, Mg.

Coordinador de la
Maestría en Ingeniería en Procesos y Calidad
de los Servicios Automotrices - UIDE

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

DEDICATORIA

Yo Alex Tenicota, dedico de todo corazón mi trabajo a Dios y mi familia que han estado apoyándome de inicio a fin en este largo caminar académico. Dedico con mucha alegría los triunfos a los que más quiero mi esposa Betty, mi Mateo, mis Padres y familiares que han estado conmigo desde los inicios.

Yo Byron Clavijo, dedico este trabajo a mis padres, por su amor incondicional, su esfuerzo y por ser el ejemplo que ha guiado mi camino. A mi hermano y a mi hermana, por su cariño, apoyo y confianza en cada etapa de este proceso. Y, de manera muy especial, a mi pareja, por su amor, paciencia y constante motivación. Gracias por acompañarme y creer en mí durante este importante logro. Con profundo cariño, este logro también es de ustedes.

Yo Ricardo Ramírez, dedico este trabajo de titulación a la memoria de mi querido hermano, Leonardo Rafael Ramírez Gómez († 2 de febrero de 2023). Tu amor, constancia, dedicación y pasión por el mundo automotriz han sido una inspiración permanente en mi vida. Aunque ya no estés físicamente conmigo, tu ejemplo me motiva a seguir adelante y a honrar nuestra formación académica y espiritual, tal como sé que lo hubieras querido. Este logro también es tuyo. Siempre vivirás en mi corazón.

Juan Cevallos dedico este trabajo a mis padres y hermanos, por ser los cimientos de mi vida y mi apoyo incondicional en cada paso. A Karina, mi esposa, por su paciencia infinita, su amor y por ser mi refugio y motor en este camino. Este logro es de todos nosotros.

AGRADECIMIENTOS

Yo Alex Tenicota, agradezco fervientemente a Dios y mi familia por el acompañamiento espiritual y moral. Así mismo agradezco por el conocimiento recibido a lo largo de la maestría por parte de los docentes que dieron sus directrices oportunas. Finalmente muestro mi gratitud dirigida hacia mis compañeros por el soporte eficaz entregado a su debido tiempo y dedicación en el desarrollo de esta investigación.

Yo Byron Clavijo, expreso mi más profundo agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la culminación de esta tesis de maestría. A mis padres, a mi hermano, a mi hermana y a mi pareja, por su apoyo incondicional, comprensión y palabras de aliento durante este camino. Asimismo, agradezco a mis docentes y compañeros todas las personas que, con sus conocimientos, orientación y apoyo, contribuyeron al desarrollo y culminación de esta tesis. A todos, mi más profunda gratitud.

Yo Ricardo Ramírez, agradezco profundamente a mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida y por su apoyo incondicional en mi formación académica. A mi hermano Andrés, por hacerme sonreír y acompañarme a pesar de la distancia. A mi novia, Ariana, por su amor, paciencia y constante motivación para seguir adelante. Mi gratitud también a mis colegas, docentes y a todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible la culminación de este logro académico.

Yo Juan Cevallos, agradezco a los docentes del programa de maestría, por compartir su conocimiento, guiarnos con paciencia y exigirnos la excelencia en cada etapa de este proceso académico. A mis compañeros de tesis, por los debates, las jornadas de desvelo y el verdadero trabajo en equipo que hizo este camino más enriquecedor y llevadero. De manera muy especial, a todo el equipo de trabajo de mi taller, Motorworks. Gracias por su compromiso, esfuerzo y por mantener la marcha del día a día operativa durante mi ausencia. Este logro también es fruto de su respaldo y dedicación. ¡Gracias totales!

RESUMEN

Motor Works es un taller automotriz ubicado en Ibarra, Ecuador. El problema central identificado es un Tiempo Medio de Reparación (MTTR) no cuantificado, con evidencias de diagnóstico inicial aplicado de forma irregular, espera de repuestos presente en más del 50% de las intervenciones, ausencia de tiempos estándar y agendamiento informal sin soporte digital. El objetivo fue diseñar una propuesta metodológica de posventa digital, Lean Service y diagnóstico innovador para reducir ese MTTR. La investigación tuvo enfoque mixto, alcance descriptivo-propositivo y corte transversal. El diagnóstico se construyó a partir de cuatro fuentes: entrevista semiestructurada al personal administrativo, observación directa de las instalaciones, revisión de 267 órdenes de trabajo del software Getsoft y encuesta aplicada a 75 clientes. La línea de base referencial del MTTR técnico definida como el tiempo de permanencia del vehículo en el taller desde la recepción hasta la entrega se estimó en 270 minutos. La espera de repuestos es el cuello de botella principal y concentra 130 minutos de ese total. Los datos de la entrevista y la encuesta muestran que el MTTR elevado se debe principalmente a la espera de repuestos, estandarización y comunicación con el cliente. La propuesta integrada dentro de un escenario optimista proyecta reducir el MTTR técnico en seis meses de 4,50 horas a 1,78 horas con una inversión inicial de USD 8.850 y retorno estimado a partir del segundo mes de implementación. Las proyecciones de tiempos declarados deben tratarse como estimaciones orientadoras, sujetas a verificación en la implementación.

Palabras clave: MTTR, Lean Service, posventa digital, diagnóstico innovador, gestión de talleres automotrices, Kanban, eficiencia operativa, microempresas de servicios.

ABSTRACT

Motor Works is an automotive repair shop located in Ibarra, Ecuador. The core problem identified is an unquantified Mean Time to Repair (MTTR), characterized by inconsistent initial diagnostics, delays in obtaining spare parts in over 50% of service interventions, a lack of standard times, and informal scheduling without digital support. The objective was to design a methodological proposal incorporating digital after-sales processes, Lean Service principles, and innovative diagnostic methods to reduce this MTTR. The study employed a mixed-methods approach with a descriptive-propositive scope and a cross-sectional design. The diagnosis was developed based on four sources: semi-structured interviews with administrative staff, direct observation of the facilities, a review of 267 work orders from the Getsoft software, and a survey of 75 clients. The baseline for technical MTTR, defined as the total time the vehicle spends in the shop from intake to delivery, was established at 270 minutes. Waiting for spare parts was identified as the primary bottleneck, accounting for 130 minutes of that total. The results confirmed that unproductive time stems from a lack of coordination regarding spare parts, standardization, and customer communication. The integrated proposal, under an optimistic scenario, projects reducing the technical MTTR (Mean Time to Repair) within six months from 4.50 hours to 1.78 hours, with an initial investment of USD 8,850 and an estimated return starting from the second month of implementation. The projected timeframes should be treated as indicative estimates, subject to verification during implementation.

Keywords: MTTR, Lean Service, digital after-sales, innovative diagnostics, automotive service management, Kanban, operational efficiency, small service firms.

TABLA DE CONTENIDO

Certificación de autoría.....	2
Autorización de Derechos de Propiedad Intelectual	3
Acuerdo de confidencialidad	4
Aprobación de dirección y coordinación del programa	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	21
1.1. Planteamiento del problema e importancia del estudio	21
1.2. Definición del proyecto.....	22
1.3. Naturaleza o tipo de proyecto.....	24
1.4. Objetivos.....	27
1.4.1. Objetivo general.....	27
1.4.2. Objetivos específicos	27
1.5. Justificación e importancia del trabajo de investigación	28
CAPÍTULO 2: PERFIL DE LA ORGANIZACIÓN.....	31
2.1. Nombre, actividades, mercados servidos y principales cifras.	31
2.1.1. Nombre de la empresa	31
2.1.2. Misión, visión, valores	31
2.1.3. Actividades, marcas, productos y servicios	32
2.1.4. Ubicación de la sede	33

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

2.1.5. <i>Ubicación de las operaciones</i>	34
2.1.6. <i>Propiedad y forma jurídica</i>	35
2.1.7. <i>Mercados servidos o ubicación de sus actividades de negocio</i>	35
2.1.8. <i>Tamaño de la organización</i>	36
2.1.9. <i>Información sobre empleados y otros trabajadores</i>	36
2.1.10. <i>Procesos claves y su relación con el MTTR</i>	37
2.1.11. <i>Principales cifras, ratios y números que definen a la empresa</i>	39
2.1.12. <i>Modelo de negocio</i>	40
2.1.13. <i>Grupos de interés internos y externos</i>	40
2.1.14. <i>Otros datos de interés</i>	40
CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE SERVICIO EN MOTOR WORKS	42
3.1. <i>Propósito y alcance del diagnóstico</i>	42
3.2. <i>Diseño metodológico del diagnóstico</i>	43
3.2.1. <i>Enfoque y tipo de análisis</i>	43
3.2.2. <i>Herramientas diagnósticas empleadas</i>	43
3.2.3. <i>Fuentes de información</i>	44
3.2.4. <i>Validación de instrumentos</i>	46
3.2.5. <i>Consideraciones éticas</i>	48
3.3. <i>Descripción operativa del proceso de servicio actual</i>	49
3.3.1. <i>Secuencia de etapas del ciclo de servicio</i>	49
3.3.2. <i>Actores del proceso y distribución de funciones</i>	50
3.3.3. <i>Herramientas y canales actuales por etapa</i>	51

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

3.4. Mapa de Flujo de Valor (VSM) del estado actual	51
3.4.1. Estructura del VSM	52
3.4.2. Flujo del vehículo (material) - Estado actual	54
3.4.3. Flujo de información - Estado actual.....	56
3.4.4. Clasificación de actividades y ratio de eficiencia	57
3.5. Definición operacional del MTTR y esquema de sub-tiempos.	60
3.5.1. Definición operacional.....	60
3.5.2. Desagregación en sub-tiempos	61
3.5.3. Línea de base referencial	63
3.6. Identificación de desperdicios en el proceso de servicio	63
3.6.1. Espera	64
3.6.2. Sobreprocesamiento	65
3.6.3. Defectos (retrabajos)	66
3.6.4. Inventario.....	67
3.6.5. Talento desaprovechado	68
3.6.6. Transporte y movimiento innecesarios	69
3.7. Identificación de cuellos de botella	69
3.7.1. Cuello de botella principal: espera de repuestos (T5)	69
3.7.2. Cuello de botella secundario: agendamiento y respuesta digital.	71
3.7.3. Cuello de botella terciario: diagnóstico selectivo (T2)	72
3.8. Análisis de causas raíz	73
3.8.1. Diagrama de Ishikawa: MTTR elevado sin medición ni gestión sistemática	73

3.8.2. Técnica de los 5 porqués: espera de repuestos	74
3.8.3. Técnica de los 5 porqués: demora en autorización del cliente	76
3.9. Diagnóstico de la presencia digital vinculado al MTTR.....	77
3.10. Síntesis diagnóstica: matriz de brechas operativas, causas raíz e impacto en el MTTR	78
CAPÍTULO 4. PROPUESTA METODOLÓGICA: LEAN SERVICE, POSVENTA DIGITAL Y DIAGNÓSTICO INNOVADOR	81
4.1. Propuesta metodológica: posventa digital.	81
4.1.1. Propósito y alcance de la propuesta de posventa digital.	83
4.1.2. Fundamento metodológico de la propuesta de posventa digital.	85
4.1.3. Customer journey estratégico de Motor Works	87
4.1.4. Diagnóstico de la brecha de visibilidad	90
4.1.5. Diagnóstico de la brecha de comunicación	93
4.1.6. CRM y activación de la base de clientes	96
4.1.7. Estrategia de publicidad digital segmentada	100
4.1.8. Estrategia de contenidos	104
4.1.9. Email marketing y automatización de seguimiento	108
4.1.10. Ecosistema digital integrado	112
4.1.11. Sistema de indicadores de desempeño	116
4.1.12. Síntesis de la propuesta: conexión con el MTTR.....	119
4.2. Propuesta metodológica: Lean Service	122
4.2.1. Propósito y alcance de la propuesta.....	124
4.2.2. Fundamento metodológico de la propuesta de Lean Service.	126

4.2.3. Sistema Kanban de gestión de repuestos	127
4.2.4. Procedimientos Operativos Estándar (SOP)	129
4.2.5. Metodología 5S	132
4.2.6. SMED adaptado al servicio	134
4.2.7. Mantenimiento Productivo Total (TPM)	138
4.2.8. VSM del estado futuro	143
4.2.9. Sistema de indicadores de desempeño Lean	148
4.3. Propuesta metodológica: Diagnóstico Innovador	151
4.3.1. Propósito y alcance de la propuesta	152
4.3.2. Fundamento metodológico del Diagnóstico Innovador	155
4.3.3. Diagnóstico del estado actual de las capacidades técnicas	157
4.3.4. Matriz multicriterio de selección de tecnologías	162
4.3.5. Termografía infrarroja con aprendizaje profundo para monitoreo de lubricantes ..	167
4.3.6. Escáner bidireccional avanzado	171
4.3.7. Boroscopio digital y analizador de batería inteligente	175
CAPÍTULO 5. FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA, PLAN DE IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA	180
5.1. Resultados esperados de la propuesta de posventa digital	180
5.1.1. Plan de implementación por fases	181
5.1.2. Factibilidad técnico-económica	184
5.1.3. Validación	188
5.2. Resultados esperados de la propuesta Lean Service	192
5.2.1. Plan de implementación de Lean Service	192

5.2.2. Factibilidad técnico-económica del Lean Service.....	197
5.2.3. Validación teórica Lean Service.....	202
5.3. Resultados esperados de la propuesta de diagnóstico innovador	205
5.3.1. Desempeño técnico esperado por tecnología:	206
5.3.2. Impacto sobre los sub-tiempos del MTTR	207
5.3.3. Protocolo operativo integrado de diagnóstico innovador	209
5.3.4. Ficha técnico-económica de implementación	211
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y APLICACIONES.....	214
6.1. Conclusiones generales	214
6.2. Conclusiones específicas	215
6.2.1. Análisis del cumplimiento de los objetivos de la investigación.....	215
6.2.2. Contribución a la gestión empresarial	217
6.2.3. Contribución a nivel académico	217
6.2.4. Contribución a nivel personal.....	218
6.3. Limitaciones a la Investigación.....	218
6.4. Recomendaciones	219
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	220
ANEXOS	225
ANEXO A. Tabla de preguntas y respuestas del instrumento de encuesta y entrevista dirigida al gerente de Motor Works	225
ANEXO B. Instrumento encuesta dirigida a clientes Motor Works	232
ANEXO C. Estimaciones referenciales de tiempos según categorías de actividades.....	238
ANEXO D. Criterios de priorización aplicados:.....	239

ANEXO E. Síntesis del Customer Journey estratégico de Motor Works	240
ANEXO F. Arquetipos de cliente de Motor Works — caracterización estratégica	241
ANEXO G. Estructura del tablero de planificación de la intervención.....	243
ANEXO H. Checklist de Verificación Diaria — Mantenimiento Autónomo TPM.....	244
ANEXO I. Tablero Kanban – Motor Works – ejemplo.html	247
ANEXO J. Checklist de Auditoría 5S — Shitsuke (Disciplina).....	248
ANEXO K. Resultados específicos del análisis financiero de la propuesta	250
ANEXO L. Consolidado de los resultados del proceso de validación de instrumentos.....	255

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de alineación metodológica entre objetivos específicos, diagnóstico, intervenciones y resultados esperados	27
Tabla 2. Flujo del proceso de servicio actual y caracterización por etapa	38
Tabla 3. Indicadores operativos y financieros de Motor Works	39
Tabla 4. Flujo del proceso de servicio actual y caracterización por etapa.	49
Tabla 5. Clasificación de actividades del proceso de servicio según contribución de valor	58
Tabla 6. Estado de la presencia digital con incidencia directa sobre el MTTR	78
Tabla 7. Matriz de síntesis diagnóstica: brechas operativas, causas raíz, impacto en MTTR y palancas de intervención.....	79
Tabla 8. Priorización de brechas digitales según impacto en el MTTR y viabilidad de implementación	81
Tabla 9. Campos mínimos para capturar en el CRM de Motor Works.....	97
Tabla 10. Matriz de contenidos por fase del journey de Motor Works.....	105
Tabla 11. Mensajes diferenciados por arquetipo de cliente.....	106
Tabla 12. Arquitectura funcional del ecosistema digital de Motor Works.....	113
Tabla 13. KPI estratégicos de la propuesta de posventa digital de Motor Works	117
Tabla 14. Impacto estimado de la propuesta de posventa digital sobre los subtiempos del MTTR	121
Tabla 15. Detalle de procedimientos SOP de recepción, diagnóstico y presupuesto	130
Tabla 16. Tiempos estándar propuestos por tipo de servicio para Motor Works	131
Tabla 17. Checklist de auditoría 5S para Motor Works (12 ítems)	134
Tabla 18. Lógica central interna versus externa de actividades SMED	136
Tabla 19. Comparación del tiempo de cambio de bahía: estado actual vs. estado propuesto	137
Tabla 20. Correspondencia entre herramientas Lean, subtiempos del MTTR e impacto estimado	139

Tabla 21. Inventario de equipos críticos de Motor Works y programa de mantenimiento preventivo	140
Tabla 22. Comparación de subtiempos del MTTR: estado actual vs. estado futuro con Lean Service	147
Tabla 23. Sistema de indicadores de desempeño Lean para Motor Works.....	149
Tabla 24. Brecha entre capacidad diagnóstica disponible y uso efectivo en Motor Works	159
Tabla 25. Matriz multicriterio de selección de tecnologías diagnósticas para Motor Works	164
Tabla 26. Plan de implementación de la propuesta de posventa digital de Motor Works.....	181
Tabla 27. Ecosistema de herramientas propuesto — función, costo y disponibilidad.....	184
Tabla 28. Estructura de costos mensuales por fase de implementación	186
Tabla 29. Proyección de retorno estimado por mes de implementación	186
Tabla 30. Correspondencia entre brechas del diagnóstico, objetivos específicos e intervenciones de la propuesta	189
Tabla 31. Sistema de indicadores de desempeño de la posventa digital de Motor Works.....	190
Tabla 32. Plan de implementación de Lean Service por fases para Motor Works	193
Tabla 33. Síntesis de la propuesta Lean Service: herramienta, sub-tiempo atacado, mecanismo de reducción e interdependencia	196
Tabla 34. Inversión por fase del plan Lean Service — Motor Works.....	197
Tabla 35. Proyección financiera del impacto de la propuesta Lean Service a seis y doce meses — Motor Works	199
Tabla 36. Proyección de reducción de sub-tiempos del MTTR a seis meses de implementación Lean	201
Tabla 37. Indicadores de desempeño de la propuesta Lean Service para Motor Works.....	203
Tabla 38. Impacto del diagnóstico innovador sobre los sub-tiempos del MTTR: comparación de escenarios.....	207
Tabla 39. Protocolo operativo de diagnóstico innovador — tiempo total objetivo: 20 a 30 minutos	210
Tabla 40. Ficha técnico-económica del diagnóstico innovador para Motor Works	212

Tabla 41. Resumen Integrado: Inversión Total vs. Retorno Acumulado a 12 meses.....213

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Logotipo corporativo de Motor Works</i>	32
<i>Figura 2. Ubicación de la sede de Motor Works en Ibarra</i>	34
<i>Figura 3. Instalaciones internas del taller Motor Works</i>	35
<i>Figura 4. Staff especializado de Motor Works.</i>	37
<i>Figura 5. Mapa de Flujo de Valor (VSM) del estado actual del proceso de servicio en Motor Works. Elaboración propia (Perplexity Pro).....</i>	53
<i>Figura 6. Diagrama de Ishikawa: MTTR elevado sin medición ni gestión sistemática</i>	74
<i>Figura 7. Mapa de Flujo de Valor (VSM) del estado futuro propuesto para Motor Works. Elaboración propia (Perplexity Pro).....</i>	145

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema e importancia del estudio

En el servicio automotriz, la eficiencia de un taller depende de la calidad técnica del trabajo, rapidez y previsibilidad con que los vehículos se devuelven a sus propietarios. El Tiempo Medio de Reparación (MTTR) resume, en un solo indicador, el desempeño de todo el ciclo: recepción, diagnóstico, autorización, aprovisionamiento de repuestos, intervención técnica, control de calidad y entrega. Muscatello & Tolio (2024) muestran que la varianza de ese tiempo afecta directamente al desempeño productivo de los sistemas de servicio y que modelarlo de forma rigurosa es una condición para evaluar y mejorar la eficiencia operativa.

En Motor Works, taller ubicado en Ibarra, el MTTR no está cuantificado. No existe un sistema que registre y siga el tiempo total de cada orden de trabajo. No es posible saber con certeza en qué etapas se concentran los retrasos. El diagnóstico preliminar, construido sobre entrevistas con el gerente y revisión directa del flujo de servicio, reveló señales claras de ineficiencia: bahías con alta ocupación, reparaciones detenidas por espera de repuestos, inspección técnica inicial aplicada de forma asistemática, y ningún tiempo estándar definido. Las citas, además, se gestionan por WhatsApp sin soporte digital estructurado. Makarova et al. (2020) señalan que los cuellos de botella más frecuentes en talleres de servicio automotriz se concentran precisamente en la gestión deficiente de repuestos, la asignación subóptima de personal y la planificación inadecuada de estaciones de trabajo.

A esas evidencias internas se suma la voz del cliente. La encuesta aplicada durante el mes de marzo de 2026 a 75 usuarios de Motor Works arrojó un índice de satisfacción ponderado de 4,13 sobre 5. Ese resultado parece favorable. Sin embargo, al desagregar por dimensiones, aparece una diferencia relevante: la calidad técnica y la gestión administrativa superan el 4,20, mientras que la disponibilidad de repuestos y la comunicación de tiempos y avances se sitúan cerca del 4,00, con el ítem de retrasos por falta de repuestos en 3,84. En las respuestas abiertas, los clientes mencionan

reiteradamente los tiempos de espera, las demoras asociadas a la llegada de piezas y la necesidad de mayor rapidez en la atención y en la entrega.

El contraste es claro. Los clientes reconocen la competencia técnica del equipo. Al mismo tiempo, identifican fricciones que se explican por la gestión de recursos, tiempos e información a lo largo del proceso. El problema central de Motor Works está en la articulación entre la operación, la logística de repuestos y la comunicación con el usuario. La falta de herramientas digitales integradas agrava esa desconexión: las citas se agendan de forma informal sin vínculo con la planificación de bahías ni con la previsión de repuestos, y el historial del software Getsoft se aprovecha solo de manera parcial.

De esa lectura surge la pregunta que orienta este trabajo: ¿de qué manera una propuesta metodológica que integre estrategias de posventa digital, herramientas de Lean Service y mejoras en el diagnóstico técnico puede contribuir a construir una línea de base referencial del MTTR, comprender sus causas y reducir los tiempos improductivos del ciclo de servicio en Motor Works? El estudio cobra relevancia porque refleja una situación frecuente entre micro y pequeñas empresas de servicios automotrices: organizaciones con buena reputación técnica y base de clientes consolidada, pero que operan sin indicadores formales, con procesos poco estandarizados y con recursos digitales subutilizados.

La contribución esperada tiene dos dimensiones. La primera es diagnóstica: construir, por primera vez, una caracterización estructurada del proceso de servicio de Motor Works que permita al taller orientar sus decisiones con base en datos. La segunda es propositiva: articular esa base diagnóstica con un conjunto coherente de intervenciones en los ámbitos operativo, digital y tecnológico, para reducir los tiempos improductivos, mejorar la experiencia del cliente y fortalecer la sostenibilidad competitiva del taller en el mercado automotriz de Ibarra.

1.2. Definición del proyecto

Este trabajo propone un diseño metodológico que articula tres líneas de intervención: posventa digital, Lean Service y diagnóstico innovador. El objetivo es reducir el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) en Motor Works, taller automotriz ubicado en Ibarra, Ecuador.

Reina et al. (2016) demostraron que comparar estrategias de intervención bajo criterios de ciclo de vida completo permite identificar la combinación más eficiente de recursos. Esa misma lógica se aplica aquí. El problema del MTTR en Motor Works no se resuelve atacando un solo flanco. Hace falta actuar al mismo tiempo sobre el proceso interno, la relación con el cliente y la capacidad diagnóstica. Por eso el proyecto se organiza en los siguientes cuatro componentes que se articulan entre sí:

- En el diagnóstico detallado del MTTR se construye un mapa de flujo de valor, se desagregan los sub-tiempos (Gallego-Suarez et al., 2025), y se identifican las causas raíz.
- La propuesta Lean Service se construye en función de Kanban para repuestos, procedimientos operativos estándar, 5S, (SMED) “Cambio de Matriz en Un Solo Minuto” y (TPM) “Mantenimiento Productivo Total” (Pedicini, 2025).
- La posventa digital reestructura el uso de WhatsApp Business, el perfil de Google Business, el Gestión de Relaciones con el Cliente (CRM) y el historial de Getsoft para ordenar el agendamiento, la comunicación de avances y los recordatorios al cliente (Bolaños-Rojas et al., 2025).
- Las tecnologías innovadoras de diagnóstico técnico automotriz son evaluadas basado en el tiempo de detección de fallas, usando como filtro la precisión técnica, el costo y la viabilidad para una microempresa.

El diagnóstico inicial identifica los cuellos de botella en procesos de servicio automotriz (González-Mata et al., 2026). Lean Service actúa sobre los tiempos internos. La posventa digital reduce las demoras por coordinación y autorización. El diagnóstico innovador acorta el tiempo desde el ingreso del vehículo hasta la decisión técnica. Juntos, permiten que el taller pase de estimar el MTTR a medirlo, gestionarlo y reducirlo con base en datos.

El alcance está delimitado al contexto operativo de Motor Works: cinco bahías, seis trabajadores y un volumen mensual cercano a noventa vehículos. La propuesta metodológica se valida mediante contraste teórico. Se comparan las proyecciones de reducción del MTTR con rangos documentados en estudios de Lean Service en talleres de escala similar, se revisa la coherencia de los supuestos con los indicadores operativos y de satisfacción recogidos en el diagnóstico, y se ubican los resultados esperados frente al desempeño de los competidores directos en Ibarra. Este enfoque permite evaluar la pertinencia y viabilidad de las intervenciones sin necesidad de completar su implementación antes del cierre del estudio.

1.3. Naturaleza o tipo de proyecto

La presente investigación es de naturaleza aplicada. Su alcance es descriptivo-propositivo: parte del análisis sistemático de una problemática operativa concreta para formular, sobre esa base, un conjunto de intervenciones metodológicas estructuradas y evaluables. No se trata de verificar una hipótesis experimental. Se trata de entender cómo funciona el proceso hoy y proponer cómo debería funcionar mañana.

El diseño es mixto, no experimental y de corte transversal. La dimensión cuantitativa se construye a partir de datos operativos declarados por el gerente, registros disponibles en el software Getsoft y una encuesta aplicada a 75 clientes. La dimensión cualitativa proviene de la entrevista al gerente, la observación directa del proceso de servicio y la revisión de literatura especializada. Ambas dimensiones se complementan: los datos numéricos establecen la magnitud del problema, y la información cualitativa explica por qué ocurre.

Es necesario precisar el alcance real del levantamiento de datos. Motor Works no dispone de registros históricos estructurados de tiempo de reparación por orden de trabajo. Por esta razón, la línea de base del MTTR no se calcula a partir de una serie cronométrica propia del taller, sino que se construye como una estimación referencial. Esa estimación combina el tiempo de permanencia declarado por el gerente de cinco horas por vehículo en reparaciones simples, los datos de la encuesta a clientes y valores de referencia sectoriales obtenidos de literatura especializada. Esta

condición no invalida el diagnóstico ni la propuesta: es coherente con el alcance descriptivo-propositivo declarado. Lo que sí implica es que las proyecciones de reducción del MTTR deben interpretarse como estimaciones orientadoras, sujetas a verificación una vez que el taller comience a registrar sus propios tiempos de forma sistemática.

A continuación, se describen los elementos que estructuran el diseño metodológico, en correspondencia con la secuencia de los cuatro objetivos específicos.

Definición operacional del MTTR. Para los fines de este estudio, el Tiempo Medio de Reparación se define como el tiempo total, expresado en horas, que transcurre desde el ingreso físico del vehículo al taller hasta su entrega formal al cliente. Su expresión de cálculo es:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

donde t_i representa el tiempo de permanencia del vehículo i en el taller y n el número de órdenes de trabajo consideradas. El indicador incluye todos los sub-tiempos del proceso: recepción inicial, diagnóstico técnico, espera de repuestos, intervención mecánica o electrónica, control de calidad y entrega al cliente.

Fuentes de información. El levantamiento se realizó con tres instrumentos articulados. El primero es la entrevista semiestructurada al gerente, que proveyó datos operativos y declaraciones sobre los principales problemas del ciclo de servicio. El segundo es la revisión de los registros disponibles en el software Getsoft, limitada a la información efectivamente accesible en el sistema al momento del diagnóstico. El tercero es la encuesta de satisfacción aplicada a 75 clientes, orientada a capturar la percepción del tiempo de ciclo y la experiencia general del servicio.

Segmentación por tipo de servicio. El MTTR referencial se analiza de forma diferenciada según las cuatro categorías del portafolio de Motor Works: mantenimiento preventivo (50% del volumen), mantenimiento correctivo (30%), diagnóstico especializado (10%) y otros servicios (10%). Esta distinción es necesaria porque los tiempos esperados difieren según el tipo de intervención, y concentrar el análisis en un promedio global ocultaría las variaciones más relevantes.

Mapeo de flujo de valor. En correspondencia con el primer objetivo específico, se construye un Mapa de Flujo de Valor (VSM) que recorre el proceso desde el agendamiento hasta la entrega del vehículo. El mapa diferencia visualmente las actividades que generan valor de las que representan espera o reproceso, cuantifica los desperdicios por etapa y establece la línea de base referencial sobre la cual se evalúa el impacto proyectado de las intervenciones propuestas.

Análisis de causa raíz. Para identificar los factores con mayor peso sobre el MTTR, se aplica un diagrama de Ishikawa estructurado en seis categorías: mano de obra, método, materiales, máquina, medición e información. Los resultados del VSM y de la entrevista al personal se integran en este análisis para producir un diagnóstico causal que oriente el diseño de las estrategias Lean del segundo objetivo específico.

Criterios de selección de tecnologías diagnósticas. Las tecnologías de diagnóstico innovador que se proponen en el cuarto objetivo se evalúan mediante una matriz multicriterio con cinco dimensiones: precisión técnica documentada en publicaciones especializadas —incluyendo el estudio de Ortiz-Chiliquinga et al. (2026), que reporta una exactitud superior al 99% para clasificación del estado de lubricantes mediante redes neuronales convolucionales—, reducción esperada del tiempo de diagnóstico, costo de adquisición accesible para una microempresa, compatibilidad con el parque vehicular predominante en Motor Works, y viabilidad operativa considerando las competencias técnicas del equipo disponible.

Método de validación de la propuesta. La propuesta metodológica se valida mediante triangulación de tres fuentes. La primera contrasta las proyecciones de reducción del MTTR con rangos documentados en estudios de Lean Service en talleres de escala similar. La segunda verifica que los supuestos empleados guarden coherencia con los indicadores operativos y de satisfacción recogidos durante el diagnóstico. La tercera ubica los resultados esperados frente al desempeño de los competidores directos en Ibarra, considerando presencia digital, tiempos de respuesta y capacidad de diagnóstico especializado. Este enfoque permite evaluar la pertinencia y viabilidad de

las intervenciones sin necesidad de completar su implementación antes del cierre del estudio. La secuencia metodológica se resume en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Matriz de alineación metodológica entre objetivos específicos, diagnóstico, intervenciones y resultados esperados

Objetivo específico	Variable / problema que aborda	Técnica de diagnóstico	Propuesta de mejora	Indicador de resultado	Evidencia esperada
OE1: Diagnosticar el MTTR mediante VSM, sub-tiempos y causa raíz	Tiempo de ciclo del servicio; desperdicios operativos	VSM, estimación referencial de sub-tiempos por orden de trabajo, Ishikawa	Línea de base del MTTR por tipo de servicio	MTTR promedio (horas); tiempo por etapa	Mapa de flujo actual con tiempos estimados por etapa
OE2: Formular estrategias de posventa digital	Seguimiento post-servicio < 30%; agendamiento informal	Encuesta a clientes	CRM, omnicanalidad, agenda online, fidelización	% de clientes con seguimiento post-servicio	Protocolo de posventa digital implementable
OE3: Diseñar estrategias Lean Service	Sub-tiempos operativos; falta de estandarización	Entrevista personal administrativo y técnico	SMED, 5S, Kanban, SOP, TPM	Reducción % de tiempos improductivos	Procedimientos documentados y tiempos estándar definidos
OE4: Proponer tecnologías de diagnóstico innovador	Diagnóstico selectivo e inconsistente	Benchmarking tecnológico; análisis de viabilidad	Scanner avanzado, IA diagnóstica, termografía	Reducción % en tiempo de diagnóstico	Ficha técnico-económica de tecnologías propuestas

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Diseñar una propuesta metodológica de posventa digital, Lean Service y diagnóstico innovador orientada a reducir el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) de MOTOR WORKS en Ibarra, Ecuador.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- **OE1.** Diagnosticar el estado actual del proceso de servicio en MOTOR WORKS mediante mapeo de flujo de valor, desagregación de sub-tiempos y análisis de causas raíz, para construir una línea de base referencial del MTTR y reconocer los principales desperdicios y cuellos de botella.
- **OE2.** Formular estrategias de posventa digital basadas en comunicación omnicanal, gestión de reputación en línea, fidelización y CRM, adaptadas al contexto de MOTOR WORKS, para mejorar la experiencia del cliente y disminuir los tiempos de ciclo asociados a la información y la autorización del servicio.
- **OE3.** Diseñar estrategias de Lean Service basadas en SMED, TPM, Kanban, 5S y Procedimiento Operativo Estánd (SOP), específicas para MOTOR WORKS, para reducir los sub-tiempos operativos y estandarizar las actividades críticas que más inciden en el MTTR.
- **OE4.** Proponer tecnologías de diagnóstico innovador viables para MOTOR WORKS, para acortar el tiempo de diagnóstico técnico e incrementar la precisión de la evaluación inicial, considerando criterios de factibilidad técnico-económica propios de una microempresa de servicios.

1.5. Justificación e importancia del trabajo de investigación

Motor Works atiende alrededor de 90 vehículos al mes. Tiene técnicos certificados, buena reputación local y un 70% de clientes recurrentes. Aun así, no registra formalmente ningún indicador de tiempo. No hay un MTTR medido, ni tiempos estándar por tipo de servicio, ni registro del tiempo que cada vehículo pasa en el taller. Esa ausencia no es un detalle administrativo. Es la causa directa de que los problemas operativos no puedan identificarse, priorizarse ni corregirse con criterio técnico.

Gordon & Pistikopoulos (2024) muestran que las prácticas de mantenimiento orientadas por datos, cuando se integran en la gestión operativa, mejoran de manera consistente la disponibilidad,

la confiabilidad y la productividad del servicio. Motor Works tiene los recursos para mejorar. Le falta el marco que le permita usarlos de forma ordenada.

Como el problema central del taller no es técnico, entonces no se requiere invertir en equipos nuevos. Todo se puede atacar con gestión de procesos, coordinación logística y comunicación con el cliente. Eso es exactamente lo que la propuesta metodológica ofrece.

La encuesta aplicada a 75 clientes activos reforzó ese diagnóstico desde afuera. El índice global de satisfacción fue de 4,13 sobre 5. Pero la disponibilidad de repuestos obtuvo apenas 3,99 y el ítem sobre retrasos por falta de repuestos llegó a 3,84, la puntuación más baja del instrumento. Los clientes reconocen la calidad técnica. Al mismo tiempo, identifican las mismas fricciones que aparecen en el análisis interno.

Thakur & Panghal (2021) evidencian que el Mantenimiento Productivo Total y su evolución hacia el mantenimiento inteligente son pilares para garantizar la efectividad del equipo, la calidad del servicio y la alineación entre producción y mantenimiento. Las herramientas Lean que se proponen en este trabajo como Kanban, SOP, 5S, SMED y TPM son respuestas concretas a los cinco condicionantes del MTTR que el diagnóstico identificó en Motor Works.

Las micro y pequeñas empresas en economías en desarrollo que adoptan procesos de digitalización orientados al cliente experimentan mejoras en sus indicadores de satisfacción y en la eficiencia de sus cadenas de valor (Dutta & Kumar, 2024). Motor Works gestiona sus citas por WhatsApp, sin vínculo con la planificación de bahías ni con el aprovisionamiento de repuestos. Esa desconexión tiene un costo directo en tiempo. Ordenar los canales digitales no es un gasto de imagen: es una intervención sobre el flujo del servicio.

Ahaggach et al. (2024) mostraron que los modelos predictivos en el sector automotriz permiten anticipar necesidades del cliente con mayor precisión, reduciendo tiempos de respuesta y mejorando la satisfacción global. Motor Works ya tiene el historial de 75 clientes encuestados y años de registros en Getsoft. La información existe. Lo que falta es usarla.

Ortiz-Chiliquinga et al. (2026) documentaron que la termografía infrarroja combinada con redes neuronales convolucionales permite clasificar el estado de lubricantes con una precisión superior al 99% en menos de ocho minutos. Eso es relevante para Motor Works porque el diagnóstico inicial solo se aplica en parte de los casos. Si el proceso de detección de fallas es más rápido y más preciso, la orden de trabajo se construye mejor desde el principio. Menos descubrimientos tardíos, menos repuestos solicitados a mitad de la reparación, menos variabilidad en el tiempo de ciclo.

El sector de servicios automotrices en Ecuador concentra miles de talleres de escala micro y pequeña que operan sin indicadores ni sistemas de mejora documentados. Este trabajo ofrece un marco de intervención que parte del diagnóstico real de una organización concreta. Eso lo diferencia de los estudios que proponen herramientas en abstracto. Las proyecciones de reducción del MTTR presentadas en el Capítulo 5 son estimaciones construidas sobre supuestos declarados, referencias sectoriales y observación directa, no resultados medidos tras implementación. Esa aclaración es parte del rigor del trabajo, no una limitación que lo debilite.

CAPÍTULO 2: PERFIL DE LA ORGANIZACIÓN.

2.1. Nombre, actividades, mercados servidos y principales cifras.

La información del presente capítulo fue obtenida mediante la entrevista aplicada al gerente propietario de Motor Works documentado en el **ANEXO A**. Además, se complementó con observación directa de las instalaciones realizada el 23 de febrero de 2026.

2.1.1. Nombre de la empresa

El estudio se desarrolla en torno a la empresa denominada comercialmente Servicio Postventa Automotriz Motor Works, cuya razón social corresponde a Juan Francisco Cevallos Miño, persona natural con Registro Único de Contribuyentes número 1003737390001. La organización inició sus operaciones formales en 2019 y se ha consolidado como una alternativa técnica en el mercado automotriz de Ibarra, orientada a un segmento de clientes con capacidad de pago media-alta.

2.1.2. Misión, visión, valores

A la fecha de aplicación del instrumento de investigación lunes 23 de febrero de 2026, Motor Works no cuenta con una declaración formal de misión, visión ni valores corporativos. El gerente propietario señaló que estos elementos nunca han sido definidos, actualizados ni comunicados al personal, situación que se refleja en una puntuación de 1 sobre 5 en la escala de frecuencia de comunicación de lineamientos estratégicos. Esta ausencia constituye una limitación en la gestión estratégica de la organización, dado que la inexistencia de un horizonte institucional articulado dificulta la alineación del personal con los objetivos del negocio y reduce la capacidad de proyección a mediano y largo plazo.

No obstante, a partir de las respuestas cualitativas recogidas en el instrumento, es posible inferir los principios rectores que orientan de manera implícita el quehacer de la empresa. En cuanto a propuesta de valor, el gerente destaca la transparencia y comunicación como ejes del servicio, complementados por la garantía de los trabajos realizados, la infraestructura disponible y una

relación calidad-precio que considera competitiva frente al entorno local. En términos de recursos clave, se identifican la reputación de marca, la disponibilidad de técnicos especializados y el cumplimiento de compromisos adquiridos con los clientes. Estos elementos configuran la base filosófica sobre la cual, en el marco de la propuesta metodológica derivada de esta investigación, podrán formularse enunciados de misión y visión que doten a la organización de una identidad estratégica formal. A continuación, en la *Figura 1* se presenta el logotipo empresarial.



Figura 1. Logotipo corporativo de Motor Works

Nota. Logotipo de la empresa Motor Works. Elaboración propia.

2.1.3. Actividades, marcas, productos y servicios

Motor Works desarrolla su actividad económica principal en el sector de mantenimiento y reparación de vehículos automotores. De acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), la empresa opera bajo los siguientes códigos:

- G45200101: Mantenimiento y reparación de vehículos automotores, incluida reparación mecánica, eléctrica y de sistemas de inyección electrónica.
- G45200301: Servicios de lavado, engrasado, cambio de aceite y servicios afines.

- G45300002: Venta al por menor de partes, componentes, herramientas y accesorios automotrices.
- M74901001: Prestación de servicios profesionales.
- S96090705: Actividades de servicios diversos.

En términos operativos, el portafolio de servicios que ofrece la empresa abarca una amplia gama de intervenciones técnicas, entre las que se incluyen: mantenimiento preventivo y correctivo, diagnóstico electrónico, scanner y diagnóstico computarizado, mecánica general, electricidad automotriz, sistemas de frenos, suspensión y transmisión, aire acondicionado, alineación y balanceo, cambio de aceite y filtros, así como reparación de colisión, pintura automotriz y enderezada con planchado. La distribución del volumen de servicios muestra una concentración en el mantenimiento preventivo, que representa el 50% de la carga operativa, seguido por el mantenimiento correctivo con un 30%, el diagnóstico especializado con un 10% y otros servicios en igual proporción.

Esta distribución tiene implicaciones directas sobre el MTTR: el peso mayoritario del mantenimiento preventivo sugiere que una parte importante del flujo operativo corresponde a servicios con tiempos relativamente predecibles, lo que hace aún más evidente la ausencia de estándares documentados por tipo de intervención.

Motor Works opera como taller multimarca y mantiene convenio como Servicio Postventa Autorizado de la marca Build Your Dreams (BYD), con acceso a soporte técnico oficial y herramientas certificadas. Los repuestos comercializados incluyen marcas como CTR Suspensiones, Bosch, Senfineco, S Oil y originales por marca de vehículo.

2.1.4. Ubicación de la sede

La sede principal se ubica en la parroquia urbana San Francisco de Ibarra, provincia de Imbabura, en la calle Lola Orbe C8 y Los Galeanos, con coordenadas 0.33988° N, 78.13952° O. Las instalaciones, con un área de 536 m² bajo modalidad de arrendamiento, facilitan el acceso

vehicular desde distintos puntos de la ciudad y permiten captar clientes de la región norte del país. En la *Figura 2* se muestra la ubicación de la sede del taller de servicio postventa Motor Works según Google Maps.



Figura 2. Ubicación de la sede de Motor Works en Ibarra

Nota. Ubicación del taller Motor Works en Ibarra. Imagen tomada de Google Maps (© Google, 2026). Se reproduce con fines académicos

2.1.5. Ubicación de las operaciones

La totalidad de las operaciones se concentra en la sede de Ibarra. La empresa no dispone de talleres móviles ni servicios a domicilio, y no mantiene alianzas con otros talleres en ubicaciones alternas. Esta centralización operativa implica que cualquier incremento de demanda debe ser absorbido íntegramente por la capacidad instalada disponible, situación que cobra relevancia directa cuando se analiza la ocupación de bahías y su efecto sobre los tiempos de ciclo del servicio. En la *Figura 3* se muestran las instalaciones de dentro de una ubicación de operaciones del taller de Motor Works.



Figura 3. Instalaciones internas del taller Motor Works

Nota. Vista general de las bahías de servicio de Motor Works. Fotografía tomada por el equipo del taller

2.1.6. Propiedad y forma jurídica

Motor Works se constituye como persona natural con dos socios no familiares como titulares. No existe directorio ni junta de socios formalizada, y la empresa no se encuentra afiliada a ningún gremio sectorial. Este esquema, común en microempresas de reciente constitución en Ecuador, facilita la toma de decisiones operativas cotidianas, pero limita la formalización de procesos de gobernanza y planificación estratégica.

2.1.7. Mercados servidos o ubicación de sus actividades de negocio

La clientela de Motor Works está compuesta en un 80% por personas naturales de clase media-alta. El 20% restante corresponde a empresas privadas. No se atiende al sector público, cooperativas de transporte ni flotas vehiculares bajo contrato.

Por tipo de vehículo, predominan las SUV con un 40%, seguidas por vehículos livianos con un 30%, camionetas con un 20% y otros tipos con el 10% restante.

En cuanto a la fidelización, el 70% de los clientes son recurrentes y el 30% corresponde a primeras visitas. Esta proporción favorece la estabilidad del flujo mensual y reduce la dependencia de captación constante (Lavayen, 2020).

La procedencia geográfica muestra que el 70% de los clientes proviene de Ibarra ciudad. El 10% llega desde parroquias rurales del cantón, otro 10% de otros cantones de Imbabura y el 10% restante de otras provincias. Esto confirma el alcance regional del taller.

2.1.8. *Tamaño de la organización*

Conforme a la clasificación del sistema productivo ecuatoriano, Motor Works es una microempresa con 6 empleados. Cuenta con 5 bahías operativas, una capacidad declarada de 90 vehículos mensuales y un área de 536 m². El volumen de ventas anuales para 2025 fue declarado en menos de 100.000 USD, con activos fijos estimados entre 50.000 y 100.000 USD.

2.1.9. *Información sobre empleados y otros trabajadores*

Motor Works cuenta con 6 trabajadores en total, todos bajo jornada completa de 40 horas semanales, sin personal a tiempo parcial ni trabajadores bajo modalidades de pasantía u outsourcing. La estructura de la plantilla está compuesta por 2 personas en el área de gerencia y administración, y 4 técnicos mecánicos. No existe personal dedicado exclusivamente a funciones de recepción, contabilidad, almacén o limpieza, lo cual indica que varias de estas funciones son absorbidas de manera informal por los mismos propietarios o los técnicos disponibles. A continuación, en la *Figura 4* se presenta al staff especializado de Motor Works.



Figura 4. Staff especializado de Motor Works.

Nota. Personal técnico de Motor Works. Fotografía tomada por el equipo del taller

En cuanto al perfil formativo, los técnicos principales cuentan con estudios en Tecnología Automotriz y certificaciones específicas de marcas. De manera particular, la empresa dispone de 1 técnico especialista en KIA y 2 técnicos certificados en BYD, lo que constituye un activo diferenciador relevante en el contexto del mercado automotriz regional. La antigüedad promedio del personal técnico es de 3 años en la empresa, y la rotación anual es del 0%, evidenciando una notable estabilidad del equipo de trabajo. Sin embargo, la capacitación del personal se realiza de manera esporádica y sin una frecuencia definida, lo que representa un riesgo para la actualización continua de conocimientos en un sector de rápida evolución tecnológica.

2.1.10. Procesos claves y su relación con el MTTR

Esta sección describe cómo opera Motor Works e identifica factores internos que inciden directamente sobre el tiempo de ciclo del servicio. Esa distinción es importante: el propósito es señalar dónde se originan los problemas y por qué justifican la propuesta de este trabajo.

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

El proceso inicia con el agendamiento de la cita y termina con la entrega del vehículo. Ninguna de sus etapas tiene tiempos estándar definidos ni responsables formalmente asignados por escrito. El taller funciona sobre la experiencia del equipo y la gestión directa del gerente. Eso ha permitido sostener una fidelización del 70% y una reputación sólida en Ibarra. Pero genera una variabilidad en los tiempos de ciclo que puede corregirse con soporte metodológico. La **Tabla 2** reconstruye el flujo con base en el instrumento aplicado.

Tabla 2. Flujo del proceso de servicio actual y caracterización por etapa

Etapas	Responsable	Estado de formalización	Incidencia estimada en el MTTR
Agendamiento de cita	Gerente (vía WhatsApp)	No sistematizado; sin plataforma digital	Alta — principal problema operativo declarado
Recepción del vehículo	Gerente / Técnico	Medianamente formalizado (3/5)	Media — sin checklist estandarizado
Diagnóstico técnico inicial	Técnico asignado	Selectivo: se aplica solo en casos complejos (40-80%)	Alta — genera ampliaciones imprevistas del tiempo
Espera de repuestos	Almacén / Gerente	Sin protocolo de aprovisionamiento preventivo	Muy alta — presente en 50-75% de las reparaciones
Intervención técnica	Técnicos mecánicos	Sin tiempos estándar por tipo de servicio	Alta — varía según técnico y complejidad
Control de calidad post-reparación	No definido formalmente	Parcialmente implementado (3/5)	Media — genera retrabajos esporádicos (10%)
Entrega al cliente	Gerente	Informal	Baja — no tiene peso significativo en el tiempo total
Seguimiento post-servicio	Gerente	Esporádico (<30% de los casos)	Indirecta — impacta fidelización y reputación

Motor Works cuenta hoy en día con cinco instrumentos de diagnóstico que tienen una capacidad técnica efectiva. El escáner OBD2 de múltiples marcas es el que se utiliza con más frecuencia. En la mayor parte de las marcas en el mercado ecuatoriano, lee los códigos que están pendientes y los que están activos. El osciloscopio automotriz posibilita el análisis de señales eléctricas complejas provenientes de los sensores y los actuadores. Es el equipo que tiene la menor frecuencia de uso y es el más especializado del taller. El analizador de gases comprueba las

emisiones y los parámetros de la combustión. Se aplica de manera directa en diagnósticos de rendimiento y verificaciones posteriores a las reparaciones. El equipo de prueba de compresión posibilita la evaluación del estado del motor desde el punto de vista mecánico sin necesidad de desarmarlo. Su empleo actual se restringe a situaciones en las que la falla mecánica ya es obvia. La certificación BYD activa proporciona al taller la capacidad oficial para diagnosticar y arreglar los sistemas eléctricos e híbridos de esa marca.

2.1.11. Principales cifras, ratios y números que definen a la empresa

Los indicadores financieros y operativos declarados por el gerente de Motor Works durante el levantamiento de información permiten construir una imagen cuantitativa de la organización. En la **Tabla 3** se resume las principales cifras de indicadores operativos y financieros.

Tabla 3. Indicadores operativos y financieros de Motor Works

Indicador	Valor declarado
Vehículos atendidos mensualmente	90
Tiempo promedio de permanencia (MTTR referencial)	No medido
Ocupación de bahías	>95%
Tasa de retrabajo	10%
Seguimiento post-servicio	<30% de los casos
Clientes recurrentes	70%
Ticket promedio por servicio	USD 101-200
Facturación mensual promedio	USD 10.001-25.000
Margen de utilidad	>30%
Costos de mano de obra / ingresos	20-30%
Costos de repuestos / ingresos	41-60%
Punto de equilibrio mensual	USD 10.001-20.000
Satisfacción del cliente	No medida
Tasa de crecimiento anual	No medida

La lectura de estos indicadores revela una empresa con márgenes sanos y un nivel de retención de clientes significativo, pero con una estructura operativa que opera al límite de su capacidad y sin los instrumentos de medición mínimos necesarios para tomar decisiones basadas en datos. El contraste entre la solidez comercial reflejada en el margen de utilidad y la ausencia total

de indicadores operativos formales es, en sí mismo, un síntoma de la brecha metodológica que esta investigación busca atender.

2.1.12. Modelo de negocio

Las fuentes de ingreso se distribuyen en cuatro líneas: venta de repuestos (40%), mano de obra de mantenimiento (30%), servicios especializados de diagnóstico (20%) y otros ingresos (10%). Esta estructura muestra que la venta de repuestos es la principal fuente de ingresos, lo que refuerza la relevancia estratégica del cuello de botella por disponibilidad de repuestos: las demoras en su abastecimiento alargan el MTTR y retrasan la generación del ingreso en el negocio.

Los canales de comunicación con el cliente se limitan a WhatsApp Business, redes sociales y el software de taller. No existe CRM ni plataforma de agendamiento en línea. La relación con el cliente es predominantemente presencial y reactiva, lo que reduce la capacidad de anticipar necesidades, fidelizar mediante comunicación proactiva o gestionar la reputación digital de manera estructurada.

2.1.13. Grupos de interés internos y externos

Los grupos de interés internos comprenden al gerente propietario, al equipo técnico de cuatro personas y al personal administrativo. Los externos incluyen a los clientes particulares y empresas privadas, los proveedores de repuestos (CTR, Bosch, Senfineco, S Oil), el fabricante BYD como socio de posventa autorizada, y los organismos regulatorios como el SRI y el Ministerio de Trabajo. La ausencia de mecanismos formales de retroalimentación con los clientes tanto para medir satisfacción como para gestionar reclamos constituye una brecha en la relación con el grupo de interés más crítico para la sostenibilidad del negocio.

2.1.14. Otros datos de interés

Motor Works no ha implementado metodologías formales de Lean Service ni sistemas de gestión de calidad como ISO 9001. El gerente declaró que no utiliza metodologías Lean de forma estructurada, aunque reconoció la aplicación informal de algunos principios de orden y limpieza

afines a la filosofía 5S, sin que esto constituya un programa documentado. La empresa tampoco ofrece canales digitales formales de posventa, y la comunicación posterior al servicio depende exclusivamente de la iniciativa del gerente en cada caso particular.

Estas condiciones no invalidan el potencial de Motor Works como organización; al contrario, reflejan que la empresa ha alcanzado un nivel de desempeño comercial razonable sobre la base de la experiencia y el esfuerzo individual, lo cual sugiere que la incorporación de herramientas metodológicas estructuradas podría generar mejoras operativas sustantivas sin necesidad de transformaciones radicales en su estructura actual.

En cuanto a la competencia directa, el gerente identifica los siguientes establecimientos como principales referentes competitivos en la ciudad de Ibarra: Tecnicentro Ibarra, Mundial, RM Tecnicentro, Grupo Flores, Automera, Mecánica Automotriz Ibarra, Cadena Automotriz y Automotriz Armas. Frente a estos actores, Motor Works diferencia su oferta mediante atención personalizada, orden y limpieza en el taller, técnicos con buena presentación y el servicio de retiro y entrega del vehículo puerta a puerta.

CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE SERVICIO EN MOTOR WORKS

3.1. Propósito y alcance del diagnóstico

Este capítulo se centra en identificar las condiciones en las que opera Motor Works y dónde se generan los cuellos de botella del servicio, y se detalla el proceso para entender lo que se requiere cambiar y por qué.

El diagnóstico tiene tres propósitos concretos.

- Construir una línea de base referencial del MTTR a partir de los datos disponibles.
- Localizar los desperdicios y cuellos de botella que más inciden sobre ese tiempo.
- Identificar las causas raíz que los originan, de modo que las propuestas del Capítulo 4 respondan a problemas reales sin supuestos genéricos.

El alcance se limita al ciclo de servicio técnico de Motor Works: desde el agendamiento de la cita hasta la entrega del vehículo. Quedan fuera del alcance los procesos administrativos de contabilidad, recursos humanos y compras que no inciden directamente en el tiempo de ciclo. Las fuentes del diagnóstico son cuatro:

- La entrevista al gerente.
- La observación directa de las instalaciones
- Los registros del software Getsoft
- La encuesta aplicada a 75 clientes activos en marzo de 2026.

La combinación de estas fuentes permite contrastar lo que el gerente declara, lo que los registros muestran, lo que el observador verifica y lo que el cliente percibe.

3.2. Diseño metodológico del diagnóstico

3.2.1. Enfoque y tipo de análisis

El diagnóstico adopta un enfoque mixto, donde se aprecia que, el análisis cuantitativo trabaja con los datos cronológicos del software Getsoft, los tiempos establecidos previamente por el gerente y los resultados numéricos de la encuesta a 75 clientes. Los resultados se apoyan en la entrevista semiestructurada al gerente propietario y en la observación directa del flujo de servicio.

Esta combinación responde a la naturaleza del problema. Motor Works no dispone de registros formales de MTTR, ni de medición sistemática por intervalos. El diagnóstico no parte de series históricas propias sino de otras fuentes como estimaciones, patrones de demora identificados en la encuesta y evidencia operativa directa. El propósito no es cronometrar el proceso, sino construir una línea de base referencial suficientemente sólida para identificar los desperdicios y cuellos de botella que orientan las propuestas del Capítulo 4.

El análisis es descriptivo-propositivo, dado que describe el estado actual con base en la evidencia disponible y, a partir de ese estado, formula intervenciones concretas y evaluables.

3.2.2. Herramientas diagnósticas empleadas

El diagnóstico integra tres herramientas que se aplican de manera secuencial:

- **Mapa de Flujo de Valor (VSM):** Es una herramienta visual basada en la filosofía Lean que permite representar de manera estructurada los flujos de material (Muñoz-Guevara et al., 2022). En este caso el vehículo como los flujos de información, entre ellos la comunicación con el cliente, gestión de repuestos, y coordinación interna, a lo largo de todo el proceso de servicio. El VSM distingue actividades con valor agregado (CVA) de actividades sin valor agregado (SVA) y permite visualizar el tiempo de espera acumulado entre etapas, permitiendo calcular la ratio de eficiencia del flujo (Luque-Valverde & Calle-Suárez, 2025).

- **Medición de sub-tiempos del MTTR:** consiste en la desagregación del tiempo total de permanencia del vehículo en el taller con el propósito de identificar la etapa en la que se concentra la mayor proporción de tiempo improductivo (Africano & Cañón-López, 2022). Es oportuno declarar el concepto del (MTTR) según normativas UNE-ISO 13306 como la esperanza matemática o promedio del tiempo necesario para realizar una acción de mantenimiento correctivo en un elemento bajo condiciones específicas.
- **Análisis de causa raíz (Ishikawa y 5 porqués):** el diagrama de Ishikawa permite organizar las posibles causas asociadas al elevado MTTR en seis categorías analíticas (Método, Mano de obra, Materiales, Máquina, Medición e Información). De forma complementaria, la técnica de los cinco porqués profundiza en las causas más críticas identificadas, con el propósito de llegar al factor generador de fondo que origina el problema (Guasca-Navarro, 2026).

3.2.3. Fuentes de información

El diagnóstico se construyó a partir de tres fuentes articuladas entre sí: encuesta a clientes activos, entrevista semiestructurada al gerente propietario y revisión de registros del software Getsoft.

- **Encuesta a clientes.**

En la encuesta aplicada a clientes activos de Motor Works se consideró como población objetivo a los propietarios de vehículos que habían utilizado el taller al menos una vez en los doce meses previos. El gerente estimó esa población mensual de 90 clientes recurrentes según el registro de órdenes de trabajo.

La muestra se definió en 75 participantes. La selección fue no probabilística por conveniencia. El criterio de inclusión fue haber realizado al menos un servicio entre enero y marzo de 2026 y contar con contacto activo en WhatsApp Business del taller. No se aplicó criterio de exclusión por características demográficas.

El instrumento contiene 20 ítems organizados en cuatro dimensiones:

- a) **Gestión administrativa:** agendamiento, comunicación de tiempos, notificación de entrega.
- b) **Calidad técnica:** diagnóstico, intervención, control de calidad post-reparación.
- c) **Disponibilidad de repuestos y tiempo de entrega:** espera de componentes, cumplimiento del tiempo comprometido.
- d) **Satisfacción general y fidelización:** valoración global, disposición a recomendar, reincidencia de problemas.

Todos los ítems se miden en escala Likert de 1 a 5, donde 1 es "muy insatisfecho" y 5 es "muy satisfecho". El instrumento completo se presenta en el Anexo B.

El análisis se realizó con estadística descriptiva: media y desviación estándar por ítem y por dimensión. El índice de satisfacción ponderado global fue de 4,13/5. El ítem con la media más baja fue el relacionado con retrasos por falta de repuestos (3,84/5). El ítem con la desviación estándar más alta fue el de comunicación oportuna del tiempo de entrega ($DE = 1,22$), lo que indica alta variabilidad en la percepción de ese aspecto entre los clientes encuestados.

- **Entrevista al gerente**

Se aplicó una entrevista semiestructurada al gerente propietario el 23 de febrero de 2026, con una duración de 90 minutos. El instrumento cubrió cinco ejes: flujo operativo del servicio, estimaciones de tiempo por etapa, tasas de incidencia de los principales problemas (espera de repuestos, tasa de retrabajo, diagnóstico selectivo), capacidad instalada y volumen mensual, y uso actual del software Getsoft. Las respuestas completas se presentan en el Anexo A.

- **Registros de Getsoft**

Getsoft es el sistema de gestión del taller. Contiene el historial de órdenes de trabajo con fecha de apertura, servicios realizados, repuestos utilizados y datos del cliente. Para este diagnóstico se revisaron las órdenes del trimestre octubre–diciembre 2025 ($n = 267$ OTs, datos anonimizados) con dos propósitos: verificar la distribución del volumen de servicios por tipo (preventivo, correctivo, diagnóstico especializado y otros) y confirmar la tasa de retrabajo declarada por el gerente.

No se extrajeron tiempos de ciclo de Getsoft porque el taller no registra la hora de ingreso ni la hora de entrega en cada orden de trabajo. Esa ausencia es en sí misma la brecha diagnóstica más crítica identificada en el estudio: sin esos registros, el MTTR no puede calcularse internamente y el taller opera con una estimación declarada.

3.2.4. Validación de instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos se validaron antes de su aplicación. El objetivo fue asegurar que la encuesta a clientes y la guía de entrevista al gerente midieran de forma clara y pertinente las dimensiones del MTTR y de la experiencia de servicio.

La validación se realizó mediante juicio de expertos. Se invitó a tres evaluadores, codificados como Juez 1, Juez 2 y Juez 3, para mantener la confidencialidad. Juez 1 es un ingeniero con formación de cuarto nivel en ingeniería automotriz y experiencia de 8 años en gestión de servicios de posventa en PMES. El Juez 2 es un PhD en Ingeniería Industrial con experiencia en gestión de indicadores de servicios y procesos de 10 años de experiencia. El Juez 3 es académico de metodología de la investigación en un del programa de grado y posgrado de ingeniería automotriz, con 9 años de experiencia en validación de instrumentos en estudios aplicados.

Los criterios de selección de los jueces fueron tres: experiencia comprobada en diseño de instrumentos de investigación, conocimiento de procesos de servicio en pymes y familiaridad con escalas tipo Likert para medir satisfacción y percepción de tiempos de ciclo. Con esto se buscó que el juicio de expertos aportara una revisión técnica y contextual a la vez.

Se validaron dos instrumentos: la encuesta de satisfacción aplicada a 75 clientes activos y la guía de entrevista semiestructurada al gerente propietario.

La encuesta se organiza en cuatro dimensiones: gestión administrativa del servicio (agendamiento, comunicación de tiempos, notificación de entrega), calidad técnica (diagnóstico, intervención, control de calidad post-reparación), disponibilidad de repuestos y tiempo de entrega, y satisfacción general y fidelización. La guía de entrevista cubre cinco ejes: flujo operativo del servicio, estimaciones de tiempo por etapa, incidencia de espera de repuestos, tasa de retrabajo y uso actual del software Getsoft.

Para el juicio de expertos se utilizó una ficha de validación con tres criterios por ítem: claridad de la redacción, pertinencia respecto a la dimensión que se pretende medir y coherencia con los objetivos de la investigación. Cada criterio se valoró en una escala de 1 a 4, donde 1 significa “no adecuado” y 4 “totalmente adecuado”.

En la encuesta, la mayoría de los ítems obtuvo valoraciones de 3 y 4 en claridad y pertinencia. Las observaciones se concentraron en tres preguntas que generaban ambigüedad en la prueba piloto. Esas preguntas se reescribieron con lenguaje más directo y se eliminaron términos técnicos poco familiares para los clientes. Tras los ajustes, se evaluó la consistencia interna con la muestra completa de 75 respuestas; el alfa de Cronbach fue de 0,87 y el omega de McDonald de 0,89, lo que indica confiabilidad alta de la escala.

En la guía de entrevista, los jueces coincidieron en la pertinencia de los temas, pero recomendaron ordenar las preguntas por bloques temáticos y separar las preguntas operativas de las estratégicas, para evitar solapamientos y facilitar la conducción de la entrevista. Esas sugerencias se incorporaron en la versión definitiva del instrumento, que se utilizó en la sesión de 90 minutos aplicada al gerente el 23 de febrero de 2026.

Las observaciones del juicio de expertos dieron lugar a cuatro ajustes concretos: reordenar los bloques de la entrevista por tema, simplificar la redacción de tres ítems de la encuesta, aclarar

las opciones de respuesta en dos preguntas sobre tiempos de espera, y añadir una breve explicación inicial sobre el objetivo del instrumento. Estos ajustes se hicieron antes de la aplicación definitiva y se reflejan en las versiones finales presentadas en los anexos.

La evidencia de la validación de instrumentos se presenta en los anexos. El Anexo A recoge la versión final de la guía de entrevista y la tabla de preguntas y respuestas del gerente. El Anexo B presenta el instrumento completo de la encuesta aplicada a clientes, la matriz ítem–dimensión y el resumen de los coeficientes de confiabilidad obtenidos. Un nuevo Anexo L se presentan los perfiles de los expertos y el consolidado de los resultados por instrumento.

3.2.5. Consideraciones éticas

El estudio se realizó con autorización previa del gerente propietario de Motor Works. Se explicó el objetivo académico, el tipo de información requerida y el uso de los datos. El gerente autorizó por escrito el acceso a las 267 órdenes de trabajo, la encuesta a clientes y la publicación de cifras operativas y financieras.

Los 75 clientes participaron de forma voluntaria. Al inicio de la encuesta se incluyó una breve explicación del propósito del estudio. Se informó que sus respuestas se usarían solo con fines académicos como es característico de una encuesta.

Los números almacenados en WhatsApp Business se usaron únicamente para invitar a la encuesta. El envío del enlace se hizo desde la cuenta de la empresa. Los investigadores no copiaron ni conservaron la base de contactos fuera del dispositivo del taller.

Las respuestas de la encuesta se codificaron con números. En las 267 órdenes de trabajo se tomaron solo datos técnicos y de tiempos. Se eliminaron placas, nombres, teléfonos y cualquier dato que permita identificar al cliente.

Los archivos con las respuestas y con el resumen de órdenes se guardaron en un repositorio privado. El acceso quedó limitado a los cuatro autores de la investigación. Los datos se usan solo para este trabajo de titulación y no para fines comerciales.

Motor Works autorizó mencionar su razón social, RUC y ubicación en el documento. También autorizó el uso de fotografías del taller y de su logotipo. La empresa aceptó que esta información se publique con fines académicos según las normas de la UIDE y la Ley de Propiedad Intelectual.

3.3. Descripción operativa del proceso de servicio actual

3.3.1. Secuencia de etapas del ciclo de servicio

El proceso de servicio de Motor Works sigue una secuencia de ocho etapas, este proceso se inicia con el primer contacto del cliente y concluye con el seguimiento posterior a la entrega del vehículo. Sin embargo, ninguna de estas etapas dispone de tiempos estándar definidos ni con responsables asignados formalmente por escrito. Esa ausencia de estandarización genera variabilidad operativa, lo cual dificulta tanto la planificación del trabajo como la medición del desempeño. Con base en la información recogida en el instrumento y la observación directa, la **Tabla 4** presenta la reconstrucción del flujo actual del proceso con su nivel de formalización y su incidencia estimada sobre el MTTR.

Tabla 4. Flujo del proceso de servicio actual y caracterización por etapa.

Proceso	Denominación	Responsable actual	Estado de formalización	Incidencia en el MTTR
1	Contacto y agendamiento	Gerente	Sin plataforma digital; registro informal por WhatsApp y teléfono; sin captura previa de datos del vehículo	Alta - impide anticipar repuestos y distribuir carga de trabajo
2	Recepción del vehículo	Gerente / técnico	Parcialmente formalizado; sin checklist estandarizado; aplicado con protocolo en aprox. 35% de los ingresos	Media - genera variabilidad en el arranque de la orden de trabajo

Proceso	Denominación	Responsable actual	Estado de formalización	Incidencia en el MTTR
3	Diagnóstico técnico inicial	Técnico asignado	Selectivo; aplicado solo en casos considerados complejos (40–80% de los ingresos)	Alta - su omisión reinicia T3 y T4 por hallazgos no previstos durante la reparación
4	Elaboración y aprobación del presupuesto	Gerente / cliente	Informal; enviado por WhatsApp sin protocolo, sin fotografías ni explicación del trabajo; tiempo de respuesta del cliente variable	Alta - espera de autorización impredecible; media encuesta 4,16/5 con desviación $\pm 1,22$
5	Espera y gestión de repuestos	Gerente / almacén	Sin aprovisionamiento preventivo; repuestos solicitados después del diagnóstico	Muy alta - afecta al 50–75% de las reparaciones; ítem de retrasos por repuestos: 3,84/5 (puntuación más baja de la escala)
6	Intervención técnica	Técnicos (4)	Sin tiempos estándar por tipo de servicio; interrupciones frecuentes por consultas internas	Alta - competencia técnica reconocida (media 4,23/5), pero fragmentada por interrupciones
7	Control de calidad post-reparación	No definido formalmente	Aplicado sistemáticamente en el 35% de los casos; sin checklist formal	Media - tasa de retrabajo del 10%; ítem de reincidencia del problema: 3,91/5
8	Entrega y seguimiento post-servicio	Gerente	Esporádico; seguimiento realizado en menos del 30% de los casos; sin notificación automática al cliente	Baja directa / Alta indirecta - vehículo ocupa bahía hasta que el cliente retira; impacto sobre fidelización

Nota. El nivel de formalización y la incidencia en el MTTR se basan en la encuesta-entrevista al gerente propietario, la observación directa de las instalaciones y los resultados de la encuesta aplicada a 75 clientes activos.

3.3.2. Actores del proceso y distribución de funciones

La estructura operativa de Motor Works centraliza diversas funciones en un equipo reducido de personas: dos en el área de gerencia y administración, y cuatro técnicos mecánicos. Además, no se dispone de personal dedicado exclusivamente a recepción, almacén ni control de calidad. En este contexto, el gerente propietario asume simultáneamente las funciones de asesor de servicio, gestor de repuestos, responsable de comunicación con el cliente y administrador del agendamiento,

situación que genera una dependencia crítica de una sola persona para el flujo de información entre el cliente y el equipo técnico.

La centralización de funciones tiene un impacto directo sobre el MTTR: cuando el gerente no está disponible para aprobar una compra de repuestos, autorizar un trabajo adicional o comunicar un diagnóstico al cliente, el proceso se paraliza (Llana-Raraz, 2025). Así mismo, la literatura relacionada con la gestión de centros de servicio automotriz señala que los cuellos de botella más comunes en este tipo de organizaciones se encuentran principalmente en la asignación subóptima de funciones, la gestión deficiente de repuestos y la planificación inadecuada de las estaciones de trabajo (Team Asana, 2026)

3.3.3. Herramientas y canales actuales por etapa

Motor Works emplea tres herramientas principales para gestionar el proceso de servicio: el software Getsoft para administración integral (ventas, contabilidad, inventarios e historial vehicular), WhatsApp Business para la comunicación con el cliente y las redes sociales (Instagram y Facebook) como canales de captación. Sin embargo, ninguna de estas herramientas es utilizada de manera estructurada para registrar tiempos de proceso, gestionar la cola de espera de repuestos ni automatizar la comunicación de avances al cliente.

El software Getsoft permite consultar el historial de servicio del vehículo mediante la placa, pero no genera alertas de seguimiento, no calcula tiempos de ciclo ni alimenta un tablero de indicadores operativos. WhatsApp Business se encuentra limitado a un mensaje de bienvenida básico, sin catálogo de servicios, sin etiquetas de clasificación ni flujos automatizados de respuesta (Alba-Sánchez, 2024). La subutilización de las herramientas disponibles contribuye directamente a la persistencia de tiempos muertos asociados a la coordinación manual y a la comunicación reactiva que caracterizan al proceso actual.

3.4. Mapa de Flujo de Valor (VSM) del estado actual

3.4.1. Estructura del VSM

El Mapa de Flujo de Valor VSM permite representar el proceso de servicio de Motor Works desde el primer contacto del cliente hasta el seguimiento posterior a la entrega, su objetivo consiste en visualizar en una sola figura el recorrido del vehículo y de la información, así como los tiempos de espera y de trabajo efectivo. Para su elaboración, el VSM se construye a partir de las ocho etapas.

En la parte superior del mapa se representa los flujos de información. Allí se muestra cómo el cliente se comunica con el taller, cómo se aprueban los presupuestos y cómo se gestionan las órdenes de trabajo. Asimismo, se identifican los canales actuales de comunicación como es el WhatsApp, teléfono y software de taller y se indica que no existe una plataforma formal de agendamiento ni un sistema de notificaciones al cliente.

En la sección central del mapa se representa el flujo del vehículo, cada etapa del ciclo de servicio es representada como un proceso, alineado con su subtiempo correspondiente del MTTR. Asimismo, entre cada proceso se incorporan los tiempos de espera estimados, que agrupan las demoras por autorización del cliente, por llegada de repuestos y por entrega del vehículo, de esta manera, el mapa diferencia de forma clara el tiempo de trabajo efectivo respecto al tiempo que el vehículo permanece detenido sin intervención.

En la *Figura 5* se resume la línea de tiempo y procesos que conforman el servicio de mantenimiento automotriz. Allí se muestra el tiempo total de permanencia del vehículo en el taller y su descomposición en tiempos de valor agregado y tiempos sin valor agregado. A falta de medición formal del MTTR, se utilizan como referencia la estimación del gerente (5 horas promedio de permanencia), los patrones declarados de frecuencia de espera, junto con la evidencia de la encuesta de clientes sobre retrasos percibidos.

Como resultado, se obtiene una primera aproximación a la ratio de eficiencia del flujo, que servirá como línea de base para comparar el estado actual con el estado futuro propuesto en el Capítulo 4.

MAPA DE FLUJO DE VALOR (VSM) - MOTOR WORKS

TALLER AUTOMOTRIZ "MOTOR WORKS"

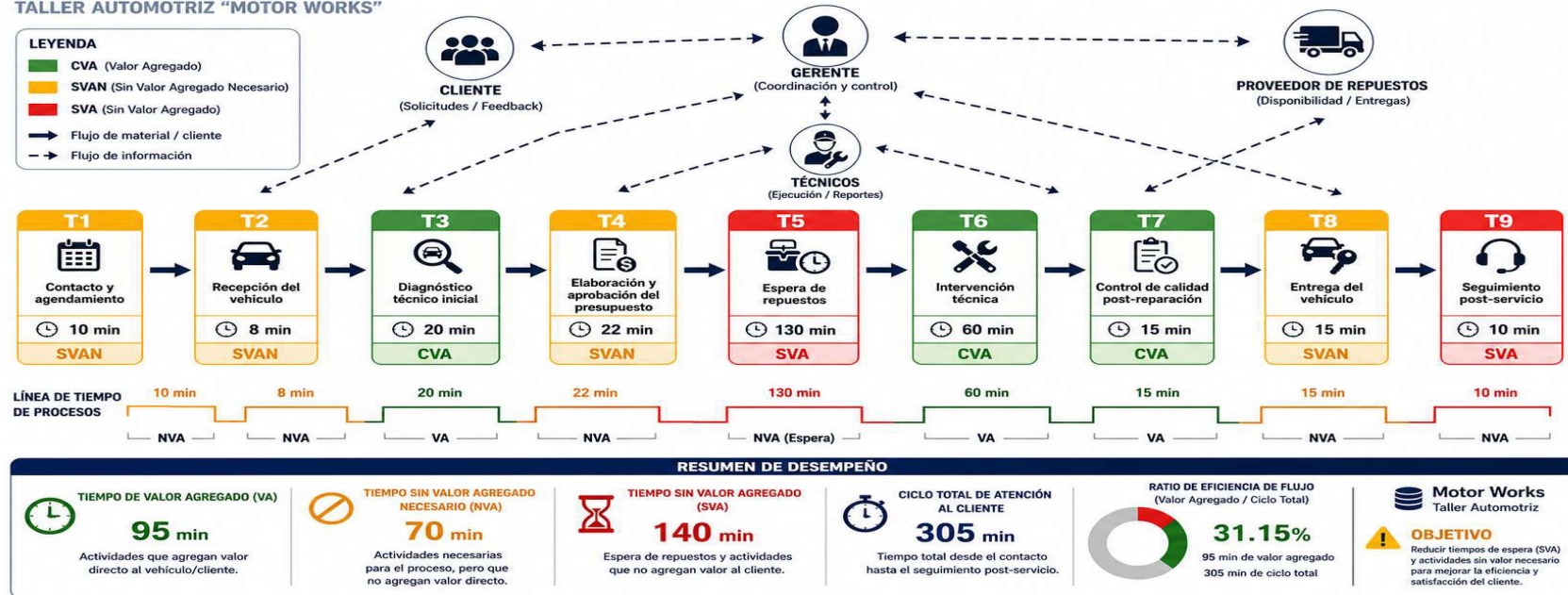


Figura 5. Mapa de Flujo de Valor (VSM) del estado actual del proceso de servicio en Motor Works. Elaboración propia (Perplexity Pro)

3.4.2. Flujo del vehículo (material) - Estado actual

El vehículo recorre el taller siguiendo una secuencia de nueve subtiempos. En un escenario ideal, este recorrido debería desarrollarse de manera continua, sin embargo, en la práctica, se interrumpe en distintos puntos, provocando que el vehículo permanezca detenido sin intervención del personal técnico.

- **T1 - Contacto y agendamiento:** el cliente agenda su cita por WhatsApp o llamada teléfono (Alba-Sánchez, 2024). Actualmente, no existe una plataforma digital de agendamiento, ni tampoco se registran previamente datos previos del vehículo ni del historial de servicio. Como consecuencia, el taller no puede anticipar qué repuestos necesitará ni distribuir adecuadamente la carga de trabajo del día.
- **T2 - Recepción del vehículo:** el gerente o un técnico recibe el vehículo y abre la orden de trabajo en Getsoft. No existe un checklist estandarizado, para esta etapa, por el nivel de formalización de esta etapa varía según la persona que realiza la recepción y el nivel de carga operativa que tenga el taller al momento del ingreso.
- **T3 - Diagnóstico técnico inicial:** el técnico asignado revisa el vehículo para identificar la falla y definir el alcance del trabajo requerido (Gallego-Suarez et al., 2025). Sin embargo, esta etapa es aplicada de manera selectiva, solo en el 40-80% de los ingresos. Cuando el diagnóstico inicial no se realiza, los problemas suelen detectarse durante la reparación, lo que obliga a detener el trabajo, reiniciar la gestión de repuestos y volver a comunicarse con el cliente para ampliar el presupuesto autorizado.
- **T4 - Elaboración y aprobación del presupuesto:** el gerente prepara la cotización y la envía al cliente por WhatsApp. Actualmente, no existe un protocolo estandarizado para este proceso y el presupuesto no incluye de forma sistemática fotografías ni explicación técnica del trabajo requerido. La encuesta refleja esa variabilidad: el ítem de comunicación oportuna del tiempo de entrega obtuvo una media de 4,16 sobre 5 y una desviación estándar de 1,22, siendo esta la desviación la más alta del instrumento.

- **T5 - Espera de repuestos:** una vez autorizado el presupuesto, se verifica si los repuestos necesarios están disponibles de los repuestos requeridos. Sin embargo, en el 50–75% de las reparaciones es necesario esperar la llegada de al menos un componente. El vehículo permanece en la bahía, bloqueando el espacio para la ejecución de otros trabajos. Este es el subtiempo representa el factor de mayor peso sobre el MTTR. Además, la percepción de los clientes respalda este hallazgo, ya que el ítem relacionado con los retrasos ocasionados por falta de repuestos registró la media más baja de toda la escala con 3,84 sobre 5.
- **T6 - Intervención técnica:** el técnico ejecuta el trabajo mecánico, eléctrico o electrónico. Esta constituye la etapa de mayor valor agregado de todo el proceso de servicios, además los clientes reconocen la competencia del personal: el ítem relacionado con el profesionalismo alcanzó una valoración de 4,23 sobre 5. Sin embargo, los técnicos son interrumpidos frecuentemente para responder consultas del gerente o del cliente. Eso fragmenta la concentración y alarga el tiempo efectivo de trabajo.
- **T7 - Control de calidad post-reparación:** una vez concluido el trabajo, se realiza una inspección y, cuando corresponde, una prueba de ruta. Sin embargo, según la entrevista al personal de Motor Works, esta etapa es aplicada de manera sistemática únicamente en el 35% de los casos. Asimismo, la tasa de retrabajo del 10% declarada por el gerente guarda relación con el resultado obtenido en el ítem de reincidencia del mismo problema, que obtuvo una valoración de 3,91 sobre 5 en la encuesta a los clientes.
- **T8 - Entrega del vehículo:** el vehículo se entrega al cliente una vez finalizado el trabajo. No existe un sistema de notificación automática que informe al cliente sobre la culminación del servicio. Como consecuencia, el vehículo puede permanecer ocupando bahía durante varias horas hasta que el cliente acuda a retirarlo.
- **T9 — Seguimiento post-servicio:** el gerente realiza seguimiento esporádico al cliente después de la entrega de su vehículo. Sin embargo, esta práctica ocurre en menos del 30% de los casos y no cuentan con un protocolo ni canal automatizado para gestionar este contacto.

El recorrido completo representa un MTTR referencial de aproximadamente 5 horas. De este total, únicamente el 33,93% de ese tiempo corresponde a trabajo efectivo con valor agregado, asociado principalmente a los subtiempos (T3, T6 y T7). En contraste, el 66% restante corresponde a tiempo improductivo o de soporte administrativo, concentrado principalmente en T5 (espera de repuestos) y T4 (espera de autorización). El seguimiento post-servicio (T9) no forma parte del MTTR técnico; su ausencia constituye una brecha de gestión comercial que se aborda como KPI de posventa en el Capítulo 4.

3.4.3. *Flujo de información - Estado actual*

El flujo de información en Motor Works opera de forma reactiva y centralizada. La totalidad de la comunicación se canaliza por el gerente, ya que no existe ningún mecanismo que permita a los técnicos, al cliente o a los proveedores intercambiar información de forma directa y ordenada sin su intervención. En este contexto, se identifican cuatro rutas principales de información dentro del proceso actual:

- **Ruta 1 - Cliente hacia el taller:** el cliente se comunica por WhatsApp o llamada telefónica para agendar su cita o consultar el estado de su vehículo. Sin embargo, no existe un formulario previo al ingreso, por lo que el taller no recopila anticipadamente información relevante como la placa, el modelo, los síntomas o el historial del vehículo. Como consecuencias, la información llega fragmentada y únicamente cuando el vehículo ya se encuentra físicamente en el taller, eliminando cualquier posibilidad de preparación previa.
- **Ruta 2 - Taller hacia el cliente:** el gerente comunica el presupuesto, los avances y la finalización del servicio mediante WhatsApp. No existen tiempos de respuesta definidos ni mensajes prediseñados por hito del proceso. Además, el cliente no recibe notificación automática cuando el vehículo está listo, por lo que permanece esperando hasta que el gerente recuerde informarle. Esta situación genera el subtiempo T8 relacionado con la espera para el retiro del vehículo, ocupando una bahía sin generar valor.

- **Ruta 3 - Taller hacia proveedores:** la gestión de repuestos se activa únicamente después de que el técnico ha identificado la falla. En consecuencia, no existe aprovisionamiento preventivo y los componentes se solicitan de manera reactiva, uno por uno, según lo que cada reparación, asimismo, el gerente administra estas compras manualmente, sin un sistema de stock mínimo ni de alertas automáticas por consumo. T5 concentra el 48,15% del MTTR técnico, el porcentaje más alto de todos los sub-tiempos (ver Tabla 5).
- **Ruta 4 - Gerente hacia los técnicos:** la asignación de trabajos y la comunicación de prioridades se realiza de manera verbal. El taller no dispone de un tablero visual, ni una cola digital, ni un sistema que permita a los técnicos conocer el estado de cada orden sin depender del gerente. Como consecuencia, se generan interrupciones frecuentes durante la intervención técnica (T6), así como en decisiones que los técnicos no pueden tomar de manera autónoma.

El software Getsoft está disponible en el taller y contiene el historial de servicio por placa. Sin embargo, no se usa para gestionar tiempos ni para generar alertas operativas, de igual forma, WhatsApp Business cuanta únicamente con un mensaje de bienvenida básico, pero carece de catálogo, etiquetas, respuestas rápidas y flujos automatizados. Por tanto, ambas herramientas se encuentran subutilizadas en relación con su potencial operativo.

Como resultado de esta configuración operativa, cada vez que el gerente no se encuentra disponible, el flujo de información se detiene, las decisiones se acumulan, los técnicos esperan instrucciones, los clientes permanecen sin respuestas y los repuestos son solicitados tardíamente. Ninguno de esos tiempos genera valor para el cliente y todos contribuyen al MTTR que el presente diagnóstico busca reducir.

3.4.4. Clasificación de actividades y ratio de eficiencia

No todas las actividades del proceso de servicio afectan de la misma manera los resultados del MTTR. Algunas agregan valor directo para el cliente, y otras son necesarias para la operación,

aunque no agreguen valor perceptible en el resultado final. Por otro lado, existen las que son pérdida pura: tiempo consumido sin ningún resultado útil. Esta distinción importa porque permite establecer prioridades. Un taller que quiere reducir su MTTR necesita saber cuánto tiempo invierte en actividades que no aportan o son resultado de una mala gestión. Sin esa clasificación, cualquier mejora se aplica sin proyección clara.

El VSM del estado actual permite clasificar cada tiempo del proceso según su contribución al valor que recibe el cliente. Para ello, se utiliza tres categorías: actividades con valor agregado (CVA), actividades sin valor agregado pero necesarias (SVAN) y actividades sin valor agregado puro (SVA). La clasificación presentada en la **Tabla 5** constituye la base para priorizar las intervenciones de mejorar propuestas en el Capítulo 4.

Tabla 5. Clasificación de actividades del proceso de servicio según contribución de valor

Sub-tiempo	Denominación	Clasificación	Tiempo ref. (min)	% del MTTR técnico	Fuente del dato	Nota
T1	Contacto y agendamiento	SVAN	10	—	Entrevista gerente 25/02/2026	Ciclo de atención al cliente; no se suma al MTTR técnico
T2	Recepción del vehículo	SVAN	8	2,96%	Observación directa	Sin checklist; formalización variable
T3	Diagnóstico técnico inicial	CVA	20	7,41%	Entrevista gerente	Aplicado en 40–80% de ingresos
T4	Elaboración y aprobación del presupuesto	SVAN	22	8,15%	Entrevista + encuesta (DE=1,22)	Sin protocolo ni tiempo de respuesta definido
T5	Espera de repuestos	SVA	130	48,15%	Entrevista gerente + encuesta (ítem 3,84/5)	Afecta al 50–75% de OTs; cuello de botella principal
T6	Intervención técnica	CVA	60	22,22%	Entrevista gerente	Mayor concentración de valor agregado

Sub-tiempo	Denominación	Clasificación	Tiempo ref. (min)	% del MTTR técnico	Fuente del dato	Nota
T7	Control de calidad post-reparación	CVA	15	5,56%	Entrevista gerente	Aplicado en solo el 35% de casos
T8	Entrega del vehículo	SVAN	15	5,56%	Observación directa	Sin notificación automática
T9	Seguimiento post-servicio	SVA	10	—	Entrevista gerente	Realizado en <30% de casos; KPI de posventa, no MTTR
MTTR técnico (T2-T8)			270 min	100%		Base de referencia para todas las proyecciones

Nota 1: Los tiempos son estimaciones referenciales. Se construyeron con la entrevista al gerente, la observación directa de las instalaciones y la encuesta a 75 clientes. Motor Works no tiene registros formales de tiempos por etapa. Esa ausencia de registro es, en sí misma, la brecha diagnóstica más crítica.

Nota 2: T5 (espera de repuestos) representa 130 minutos, equivalentes al 48,15% del MTTR técnico. Es el cuello de botella principal del proceso.

La Tabla 5 es la matriz de referencia del documento. Todos los porcentajes, tiempos y proyecciones de reducción de los Capítulos 4 y 5 se calculan sobre esta tabla y sobre el MTTR técnico de 270 minutos (4,50 horas).

El ratio de eficiencia del flujo se calcula sobre el MTTR técnico de 270 minutos:

$$EF = \text{Tiempo CVA} / \text{MTTR técnico} = 95 / 270 = 35,19\%$$

Solo el 35% del tiempo corresponde a trabajo que el cliente valora. El 65% restante es tiempo improductivo o de soporte administrativo. Este resultado es la línea base de la propuesta. El estado futuro, en el Capítulo 4, busca elevar ese ratio por encima del 55% en seis meses. El Anexo C presenta la distribución completa del ratio de eficiencia del flujo. El dato relevante no es el ratio en sí. Es lo que revela: el taller tiene buena capacidad técnica, pero el proceso alrededor de esa

capacidad consume tiempo que no llega al cliente. Ese es el problema que Lean Service ataca en el Capítulo 4.

3.5. Definición operacional del MTTR y esquema de sub-tiempos.

3.5.1. Definición operacional

Con el fin investigativo de este trabajo, el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) se define como el tiempo total, expresado en horas, necesario para cubrir las órdenes de trabajo realizadas en un vehículo, desde su ingreso hasta su entrega (Gallego-Suarez et al., 2025). Su cálculo responde a la siguiente expresión:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

donde t_i representa el tiempo de permanencia del vehículo i en el taller y n el número de órdenes de trabajo consideradas en el período de análisis.

Esta definición adopta un enfoque integral, ya que, los retrasos en Motor Works no se concentran en un proceso particular, estos se distribuyen a lo largo de toda la cadena de servicio, tal como lo documentan el VSM del estado actual y la clasificación de sub-tiempos de la sección anterior.

Para que el indicador no quede metodológicamente distorsionado, el estudio distingue entre MTTR técnico-operativo, ciclo de atención al cliente y KPI de posventa, aunque relacionados, tienen naturaleza y función distintas:

MTTR técnico-operativo. Es el indicador central de esta investigación. Comprende el tiempo de permanencia del vehículo en el taller desde su recepción física hasta su entrega. Incluye los sub-tiempos T2 a T8: recepción del vehículo, diagnóstico técnico inicial, elaboración y aprobación del presupuesto, espera de repuestos, intervención técnica, control de calidad y entrega.

Su base de referencia es de 270 minutos (4,50 horas), calculada excluyendo T1 y T9 por las razones que se explican a continuación.

Ciclo total de atención al cliente. Incluye además T1 (agendamiento, 10 min) y T9 (seguimiento post-servicio, 10 min). Estas dos fases son excluidas del tiempo de permanencia del vehículo en el taller. T1 ocurre antes del ingreso físico y T9 ocurre después de la entrega. Ambas condicionan la eficiencia operativa del ciclo, debido a que, por un lado, un agendamiento sin datos anticipados impide el aprovisionamiento previo de repuestos; y, por otro lado, la ausencia de seguimiento post-servicio afecta la tasa de retención, aclarado esto, al no formar parte de las actividades técnicas en taller, no se suman al MTTR técnico. El ciclo total de atención al cliente suma 300 minutos (5,00 horas), valor que el gerente utiliza como estimación de referencia general. En ese ciclo total, T9 no incrementa el tiempo de permanencia del vehículo en el taller, porque ocurre después de la entrega. Su función en esta investigación es solo la de indicador comercial de posventa, no la de subtiempo del MTTR técnico

KPI de posventa digital. Tasa de seguimiento post-entrega, índice de recompra y número de reseñas gestionadas. Son indicadores de relación comercial. Se monitorean en la propuesta de posventa digital (sección 4.1.11) y no se incorporan al cálculo del MTTR.

Esta distinción tiene una consecuencia directa sobre las proyecciones de reducción. La base de comparación del MTTR técnico es 4 horas con 30 minutos (270 min). Las tablas de estado futuro del Capítulo 4 y las proyecciones del Capítulo 5 utilizan la base real.

Medir solo el tiempo de intervención técnica daría una imagen parcial del desempeño real del taller. Por eso el MTTR incorpora T2 a T8. Incluir T1 y T9 en el indicador, en cambio, reflejaría ineficiencia irreal, ya que los tiempos de post-servicio dependen de factores como: la disponibilidad del cliente para agendar, su decisión de volver a llamar, entre otros.

3.5.2. Desagregación en sub-tiempos

Para los propósitos de esta investigación, el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) se define como el tiempo total, expresado en horas, que transcurre desde el ingreso físico del vehículo al taller hasta su entrega formal al propietario.

Esta definición adopta un enfoque integral debido a los retrasos en Motor Works no se concentran en un único momento del proceso. Se distribuyen a lo largo de toda la cadena de servicio, tal como lo documentan el VSM del estado actual y la clasificación de subtiempos de la sección anterior. Medir solo el tiempo de intervención técnica daría una imagen parcial y engañosa del desempeño real del taller.

Por ello, el esquema de análisis considera los nueve subtiempos para describir el ciclo completo de servicio, desde el primer contacto hasta el seguimiento posterior. Sin embargo, el MTTR técnico-operativo se calcula exclusivamente con T2 a T8, porque mide el tiempo de permanencia del vehículo dentro del taller. T1 y T9 se tratan como parte del ciclo de atención al cliente, y en el caso de T9, únicamente como KPI de posventa, no como tiempo de permanencia.

El MTTR no se calcula de forma agregada para todo el volumen de servicios. Por lo contrario, se segmenta según las cuatro categorías que componen el portafolio de Motor Works: mantenimiento preventivo (50% del volumen), mantenimiento correctivo (30%), diagnóstico especializado (10%) y otros servicios (10%). Esta segmentación permite identificar en qué tipo de intervención los tiempos son proporcionalmente más elevados y, en consecuencia, priorizar las acciones de mejora según su impacto real sobre el tiempo de ciclo global.

Uno de los aspectos más críticos identificados en el diagnóstico es que Motor Works no mide actualmente el MTTR de ninguna forma. No existe un registro formal de tiempos de entrada y salida por orden de trabajo. El software Getsoft contiene datos cronológicos de las órdenes, pero el taller no los utiliza para calcular tiempos de ciclo ni para generar indicadores de desempeño. En este contexto, el valor referencial de 5 horas promedio de permanencia que se emplea como línea de base en este diagnóstico proviene de la estimación declarada por el gerente durante la entrevista,

complementada con los patrones de demora identificados en la encuesta a 75 clientes. Por tanto, la ausencia de medición formal es, en sí misma, una de las brechas más relevantes que la propuesta del Capítulo 4 busca corregir.

3.5.3. Línea de base referencial

Motor Works no registra formalmente el MTTR ni ninguno de sus sub-tiempos. La única referencia disponible es la estimación declarada por el gerente propietario durante la entrevista: un tiempo promedio de permanencia de 5 horas por vehículo. Este dato se complementa con los patrones de demora identificados en la encuesta a 75 clientes y con la observación directa del flujo de servicio.

Considerando que, las 5 horas no corresponden a un tiempo medido o documentado previamente, se tratan en este trabajo como una estimación referencial. Su función es establecer un punto de partida que permita comparar el estado actual con los resultados proyectados de la propuesta metodológica.

La conversión de esta estimación en una línea de base medida es el primer paso que Motor Works debe ejecutar al iniciar la implementación. A partir del segundo mes, cuando el sistema de registro de tiempos esté activo, el MTTR real reemplazará la estimación declarada. Ese valor medido será el denominador con el que se calcule el porcentaje de reducción real a los seis meses.

Mientras ese dato no exista, las proyecciones de reducción del MTTR presentadas en los capítulos siguientes son estimaciones orientadoras construidas sobre la evidencia disponible, no compromisos de resultado verificables.

3.6. Identificación de desperdicios en el proceso de servicio

El VSM identificó desperdicios distribuidos a lo largo del ciclo. No están concentrados en un solo punto. Eso es relevante: significa que la mejora del MTTR requiere intervenir en varios

frentes al mismo tiempo, no solo atacar el cuello de botella más visible. A continuación, se describe cada desperdicio con su evidencia y su peso sobre el tiempo de ciclo.

3.6.1. *Espera*

La espera por diferentes particularidades es la consecuencia de los cuellos de botella en Motor Works. El vehículo detiene su avance por el proceso y ocupa una bahía sin que ocurra ninguna intervención útil. Existen tres formas en que esto se manifiesta en el taller. La primera es la espera de repuestos. Afecta al 50–75% de las reparaciones. Cuando llega el repuesto el técnico debe retomar el trabajo desde donde lo dejó, lo que genera una pérdida de contexto que alarga la intervención:

- **Espera de repuestos:** esta constituye el principal cuello de botella del proceso, su impacto alcanza entre el 50 y el 75% de las reparaciones. Cuando el técnico identifica que necesita un componente que no está en el taller, el trabajo se detiene. El vehículo permanece en la bahía mientras ocurre toda la gestión para obtener el repuesto. Esta problemática también es respaldada por los resultados de la encuesta a 75 clientes lo confirma con datos: el ítem sobre retrasos por falta de repuestos obtuvo la media más baja del instrumento, 3,84 sobre 5. En términos operativos, T5 concentra 130 minutos del MTTR técnico, equivalentes al 48,15% del tiempo de permanencia del vehículo en el taller (ver Tabla 5). Este es el sub-tiempo de mayor peso individual sobre el MTTR.
- **Espera de autorización del cliente:** Una vez elaborado el presupuesto, el gerente interactúa con el cliente para obtener la aprobación, antes de autorizar la compra de repuestos o continuar con el trabajo. Sin embargo, no existe un protocolo de comunicación con tiempos de respuesta definidos, ni hay mensajes estandarizados que incluyan fotografías o explicaciones técnica básica sobre el diagnóstico realizado. Como consecuencia el cliente puede tardar minutos o varias horas en responder, dependiendo de su disponibilidad. Durante ese tiempo, el vehículo permanece ocupando la bahía sin que el proceso avance. Esta variable también se evidencia en los resultados de la encuesta, donde el ítem de

comunicación oportuna del tiempo de entrega registró una desviación estándar de 1,22, la más alta de todo el instrumento.

- **Espera de retiro del vehículo:** Una vez finalizado el trabajo, se genera un tiempo de incertidumbre bilateral, ya que, el taller no dispone de un sistema de comunicación proactiva, por lo que el cliente se entera únicamente cuando por iniciativa propia o cuando el gerente recuerda avisarle. Mientras tanto, el vehículo ocupa una bahía que podría estar disponible para otro trabajo. Este tiempo no se contabiliza formalmente en el MTTR referencial, contribuye directamente a la saturación de capacidad instalada, la cual, según lo declarado por el gerente reporta por encima del 95%.

Los tres tipos de espera identificados comparten una causa estructural común: la ausencia de flujos de información estructurados y estandarizados. Ninguno de estos tiempos es técnicamente inevitable, ya que todos pueden reducirse mediante herramientas digitales y procedimientos operativos básicos, sin necesidad de inversión en infraestructura física.

3.6.2. Sobreprocesamiento

El sobreprocesamiento ocurre cuando una tarea se repite sin que haya cambiado la situación que la originó o cuando se hace más de lo que el cliente necesita. En Motor Works aparece en dos formas.

- **Diagnóstico repetido por omisión inicial:** cuando el diagnóstico técnico (T3) no se aplica al ingreso del vehículo, el técnico descubre la falla real durante la intervención. En ese punto, debe detener el trabajo, volver a evaluar el estado del vehículo y comunicar los nuevos hallazgos al gerente para que elabore un presupuesto adicional. Posteriormente el gerente repite la cotización, la envía al cliente y espera una nueva autorización. Todo ese ciclo presenta trabajo duplicado que podría haberse evitado con un diagnóstico completo desde el inicio, además este patrón se presenta en una proporción significativa de los ingresos, dado

que el diagnóstico inicial solo llega a ejecutarse sin modificaciones entre el 40-80% de los casos.

- **Gestión manual de información ya registrada:** el software Getsoft contiene el historial de servicio de cada vehículo por placa; no obstante, el taller no consulta ese historial de forma sistemática antes de recibir el vehículo, sino que ha normalizado la consulta verbal al cliente sobre el estado de su vehículo. Como consecuencia el gerente y el técnico acuden al cliente para recopilar información, repitiendo un proceso que podría automatizarse o simplificarse. Esta actividad se repite en prácticamente cada atención y consume tiempo del gerente que podría dedicarse a coordinar otros aspectos críticos del proceso.
- **Comunicación redundante por falta de protocolo:** debido a la ausencia de mensajes estandarizados, el gerente redacta individualmente cada comunicación dirigida al cliente. Esto incluye la elaboración y explicación de presupuesto, las respuestas consultas, la comunicación de avances y notificación de la finalización del servicio, todo de manera manual y sin soporte de plantillas ni automatizaciones. Aunque WhatsApp Business dispone de funcionalidad capaces de automatizar gran parte de estas interacciones mediante respuestas rápidas y mensajes automatizados, actualmente, ninguna de estas herramientas se utiliza. Como resultado, el gerente invierte tiempo repetitivo en tareas comunicacionales que no requieren su intervención directa, mientras otras decisiones operativas permanecen pendientes.

Las tres manifestaciones de sobre procesamiento identificadas tienen en como origen común la ausencia de procedimientos estandarizados y en la subutilización de las herramientas ya disponibles en el taller. En consecuencia, su reducción o eliminación no requiere inversión en nuevas tecnologías, si no una mejor estructuración de los procesos y del uso de herramientas existentes.

3.6.3. Defectos (retrabajos)

Motor Works registra una tasa de retrabajo del 10%. Uno de cada diez servicios vuelve dentro de los 30 días posteriores al trabajos. Eso tiene dos costos: el tiempo del técnico que repite el trabajo sin facturarle y el deterioro de la percepción del cliente. Por otra, afecta la percepción del cliente respecto a la calidad del servicio y disminuye la probabilidad de fidelización. Se identifican dos causas principales que explican este nivel de retrabajo:

- **Control de calidad post-reparación incompleto.** La inspección final y la prueba de ruta se aplican de forma sistemática solo en el 35% de los casos. En los demás casos, el vehículo se entrega sin una verificación formal; sin ese paso, los defectos no se detectan antes de la entrega y llegan directamente al cliente. La omisión no responde a falta de capacidad técnica sino a la ausencia de un protocolo obligatorio de cierre de orden de trabajo.
- **Diagnóstico inicial incompleto.** Cuando el técnico no realiza un diagnóstico exhaustivo al ingreso, puede ignorar situaciones que correspondan a la causa raíz del problema. El vehículo sale del taller aparentemente reparado, pero la falla subyacente persiste y reaparece en días o semanas. Este comportamiento es más frecuente en los casos donde el diagnóstico técnico (T3) no se aplicó de forma correcta.

Ambas causas mantienen una relación directa, tanto una omisión inicial o final en el desarrollo técnico, aumentan las probabilidades de inconformidad del cliente. Un diagnóstico completo al ingreso reduce tanto la probabilidad de implicaciones imprevistas, como la reincidencia post-entrega. Por eso, la estandarización del diagnóstico inicial y la formalización del control de calidad post-reparación constituyen dos de las intervenciones de mayor retorno dentro de la propuesta Lean Service del Capítulo 4.

3.6.4. Inventario

En Motor Works se evidencia que no hay nivel de stock mínimo definido para los repuestos de mayor rotación, lo cual ralentiza los procesos y genera tareas adicionales.

El taller no tiene establecido un stock mínimo por categoría de repuestos. No existe un análisis de consumo histórico que permita anticipar qué componentes se requieren con mayor frecuencia según el tipo de servicio. Los repuestos son solicitados al proveedor después de que el diagnóstico los identifica, de forma individual y sin aprovechar el historial de órdenes de trabajo registrado en Getsoft.

Las consecuencias de esta situación son directas y visibles en la operación diaria, en el 50–75% de las reparaciones, el trabajo se detiene porque falta al menos un componente. El vehículo ocupa la bahía mientras el gerente gestiona la compra y espera la entrega del proveedor. Ese tiempo de espera (T5) representa 130 minutos del MTTR técnico, equivalentes al 48,15% del tiempo de permanencia del vehículo en el taller. Es el cuello de botella de mayor peso en todo el proceso.

A esta problemática se suma un factor adicional de impacto financiero. La venta de repuestos supone el 40% de los ingresos de Motor Works, según declaración del gerente, esto la convierte en la principal fuente de ingresos de los talleres, cuando un repuesto no está disponible, el trabajo se retrasa y también se posterga el ingreso asociado a esa venta. Por lo tanto, el impacto del desperdicio de inventario no es solo operativo, sino un limitante considerable a los ingresos.

La causa principal de este desperdicio es evidentemente logística y organizacional, ya que, el taller dispone del historial de órdenes en Getsoft y conoce los proveedores habituales. Cuenta, por tanto, con la información necesaria para construir un sistema básico de gestión de inventario y una proyección de acuerdo con los futuros trabajos previstos; sin embargo, carece de procedimientos que integren y utilicen esa información de manera sistemática. La propuesta Lean Service del Capítulo 4 plantea corregir esta brecha mediante la implementación de un sistema Kanban de gestión de repuestos adaptado a la escala y las condiciones operativas de Motor Works.

3.6.5. Talento desaprovechado

Los técnicos de Motor Works tienen certificaciones en KIA y BYD y una antigüedad promedio de tres años. Ese nivel de especialización es infrecuente en talleres de su tamaño en Ibarra, no obstante, las labores asignadas a estos técnicos muestran una sobrecalificación.

En primer lugar, los técnicos son interrumpidos durante la intervención para proporcionar información al gerente sobre el estado del trabajo o para responder consultas del cliente, lo que fragmenta la concentración y alarga el tiempo de reparación efectivo. Por otro lado, la capacitación del personal se desarrolla de forma esporádica y sin frecuencia definida, lo que limita la actualización de competencias en un sector de constante innovación.

3.6.6. Transporte y movimiento innecesarios

El transporte innecesario ocurre cuando materiales, herramientas o personal recorren distancias que no agregan valor al proceso. En Motor Works esto se observa principalmente en la gestión física de repuestos y la distribución logística. Aunque estos desperdicios tienen menor peso relativo en un taller de servicio que en una planta industrial, la centralización de las operaciones en una sede de 536 m² con cinco bahías implica que los técnicos deban desplazarse con frecuencia entre la zona de reparación, el almacén de repuestos y la zona de recepción para consultar con el gerente, recibir instrucciones o verificar disponibilidad de componentes, todo esto se muestra más como una problemática de comunicación no efectiva, más que un inconveniente de difícil solución.

3.7. Identificación de cuellos de botella

3.7.1. Cuello de botella principal: espera de repuestos (T5)

La espera de repuestos constituye el cuello de botella de mayor impacto sobre el MTTR de Motor Works. Este problema se presenta en entre el 50 y el 75% de las reparaciones. Cuando ocurre, detiene completamente el avance del trabajo y bloquea la bahía que ocupa el vehículo mientras el gerente gestiona la compra y espera la entrega del proveedor. El tiempo promedio de espera en T5 se ha estimado en aproximadamente 130 minutos, lo que equivale al 46.4% del MTTR referencial

de 300 minutos. De esta manera, T5 representa el subtiempo de mayor peso individual en todo el ciclo de servicio.

La evidencia cuantitativa del diagnóstico respalda este hallazgo desde dos fuentes independientes. El gerente declaró durante la entrevista que la falta de repuestos constituye el principal factor que extiende el tiempo de permanencia del vehículo. Por su parte, los clientes también respaldan esta percepción: el ítem sobre retrasos por falta de repuestos obtuvo la media más baja de todo el instrumento, con 3,84 sobre 5 y una desviación estándar de 1,07. La coincidencia entre ambas fuentes resulta significativa, ya que refleja que este problema es visible y sentido tanto desde dentro como desde fuera del taller.

La causa raíz de este cuello de botella responde a una debilidad metodológica, mas que a un problema comercial. Motor Works trabaja con proveedores establecidos como CTR, Bosch, Senfineco y S-Oil. La relación con estos, proveedores es funcional, el problema principal radica en el momento en que se activa la solicitud. Los repuestos se piden después del diagnóstico, de forma reactiva, uno a uno, sin stock mínimo definido y sin aprovechar el historial de consumo disponible en Getsoft. Además, no existe un mecanismo que anticipe qué componentes van a necesitarse antes de que el vehículo esté ya detenido en la bahía.

Esta dinámica genera también un efecto en cascada sobre la operación. Mientras T5 se extiende, la bahía permanece bloqueada. Los vehículos que llegan después no tienen dónde entrar. La saturación de capacidad instalada supera el 95%, Esto implica que el cuello de botella en T5 no solo alarga el MTTR del vehículo afectado, sino que también reduce la capacidad disponible para el resto de la jornada.

La propuesta Lean Service del Capítulo 4 plantea aborda este cuello de botella mediante la implementación de un sistema Kanban de gestión de repuestos. El propósito consiste en transformar la gestión de inventario de reactiva a preventiva, estableciendo puntos de reorden por categoría de componente a partir del historial de órdenes registrado en Getsoft.

3.7.2. Cuello de botella secundario: agendamiento y respuesta digital.

El segundo cuello de botella con mayor incidencia en el MTTR se origina en dos momentos del proceso que comparten la misma causa raíz: la ausencia de canales digitales estructurados para gestionar la comunicación con el cliente.

El primero corresponde al agendamiento (T1). El cliente contacta al taller por WhatsApp o teléfono para solicitar una cita. No existe una plataforma de agendamiento en línea. No hay un formulario que recoja de forma anticipada la placa, el modelo, los síntomas ni el historial del vehículo. Como consecuencia, toda la información se obtiene de manera verbal al momento del ingreso físico del vehículo. El taller no puede planificar los repuestos necesarios ni distribuir la carga de trabajo antes de que el vehículo esté ya dentro. En consecuencia, el agendamiento informal convierte cada ingreso en una situación operativa de anticipar y organizar.

El segundo momento corresponde a la espera de autorización del presupuesto (T3 extendido). Una vez elaborada la cotización, el gerente la envía al cliente por WhatsApp y espera respuesta. No hay tiempo de respuesta definido. No hay mensaje estructurado que explique el diagnóstico con claridad ni que facilite una decisión rápida del cliente. Debido a ello, la respuesta del cliente puede tardar desde algunos minutos hasta varias horas. Durante ese tiempo, el vehículo permanece detenido en la bahía sin que el técnico pueda avanzar. La encuesta lo evidencia: el ítem de comunicación oportuna del tiempo de entrega registró la desviación estándar más alta de todo el instrumento, con $\pm 1,22$. Esta dispersión evidencia una experiencia inconsistente entre clientes y demuestra la falta de estandarización del proceso de comunicación.

Ambos momentos afectan directamente los subtiempos T1 y T4 del MTTR. Su impacto individual es menor que el de T5, pero su frecuencia es mayor. Ocurren en prácticamente todas las atenciones, no solo en aquellas que requieren repuestos externos. Por eso, aunque no son el cuello de botella más visible, sí son los que generan más variabilidad en el tiempo de ciclo.

La causa de fondo es la misma en los dos casos. WhatsApp Business está disponible en el taller, pero se usa sin estructura. No hay catálogo de servicios, ni respuestas rápidas predefinidas, ni flujos de atención automatizados, ni etiquetas de clasificación por estado de la orden. El canal existe, pero no trabaja para el proceso. La propuesta de posventa digital del Capítulo 4 plantea corregir esta brecha mediante la configuración estructurada de WhatsApp Business como canal integrado de conversión y coordinación operativa.

3.7.3. Cuello de botella terciario: diagnóstico selectivo (T2)

El tercer cuello de botella del proceso se encuentra en la aplicación irregular del diagnóstico técnico inicial. En Motor Works, esta etapa no se ejecuta de forma obligatoria en todos los ingresos. El gerente declaró que únicamente se aplica en el 40–80% de los casos, según la complejidad percibida del vehículo o el criterio del técnico.

Aunque omitir el diagnóstico puede parecer una medida para ahorrar el tiempo en la práctica produce el efecto contrario. Cuando la falla real no se identifica al inicio, aparece durante la intervención. En ese momento el trabajo debe detenerse. El técnico comunica el hallazgo al gerente. El gerente prepara una nueva cotización. Luego la envía al cliente y espera una nueva autorización. Si además se requiere un repuesto no contemplado inicialmente, el proceso reinicia también la gestión de compra. En consecuencia, la omisión inicial termina generando mayores costos en tiempo y coordinación.

Este patrón afecta directamente los subtiempos T3 y T4. También incrementa la probabilidad de sobreprocesamiento y retrabajo. El taller invierte tiempo en rediagnosticar, reformular el alcance del trabajo y rehacer una parte del flujo administrativo. El problema no está en la capacidad técnica del personal. Está en la falta de una regla operativa que obligue a diagnosticar de forma completa antes de intervenir.

El impacto de este cuello de botella es alto, aunque no siempre visible. No aparece en todas las órdenes como una demora explícita desde el primer momento. Sin embargo, cada vez que ocurre

amplifica otros tiempos del proceso y reduce la previsibilidad del servicio. Por esta razón, se lo considera un cuello de botella terciario: tiene menor frecuencia que la espera de repuestos, pero cuando se activa desencadena una cadena de reinicios dentro de la misma orden de trabajo.

La causa estructural de este problema es la inexistencia de un procedimiento estandarizado de recepción y diagnóstico. No existe un SOP que obligue a aplicar un checklist técnico mínimo en el 100% de los ingresos. Tampoco existe apoyo tecnológico suficiente para acelerar esa etapa cuando el taller está saturado. Por ellos, la propuesta metodológica presenta en el Capítulo 4 aborda esta brecha desde dos frentes complementarios: la estandarización Lean del diagnóstico inicial y la incorporación de herramientas de diagnóstico innovador que reduzcan el tiempo necesario para ejecutarlo sin afectar la calidad técnica

3.8. Análisis de causas raíz

El VSM y el análisis de desperdicios evidencian el tiempo mal aprovechado. El análisis de causas raíz muestra por qué. Sin esa segunda capa, las propuestas de mejora atacan síntomas y no el origen del problema. Se aplicaron dos herramientas: el diagrama de Ishikawa para el problema central del MTTR y la técnica de los 5 porqués para los dos cuellos de botella más críticos.

3.8.1. Diagrama de Ishikawa: MTTR elevado sin medición ni gestión sistemática

El diagrama de Ishikawa se estructura en torno al efecto central "*MTTR elevado y no gestionado en Motor Works*" y organiza las causas identificadas en seis categorías analíticas:

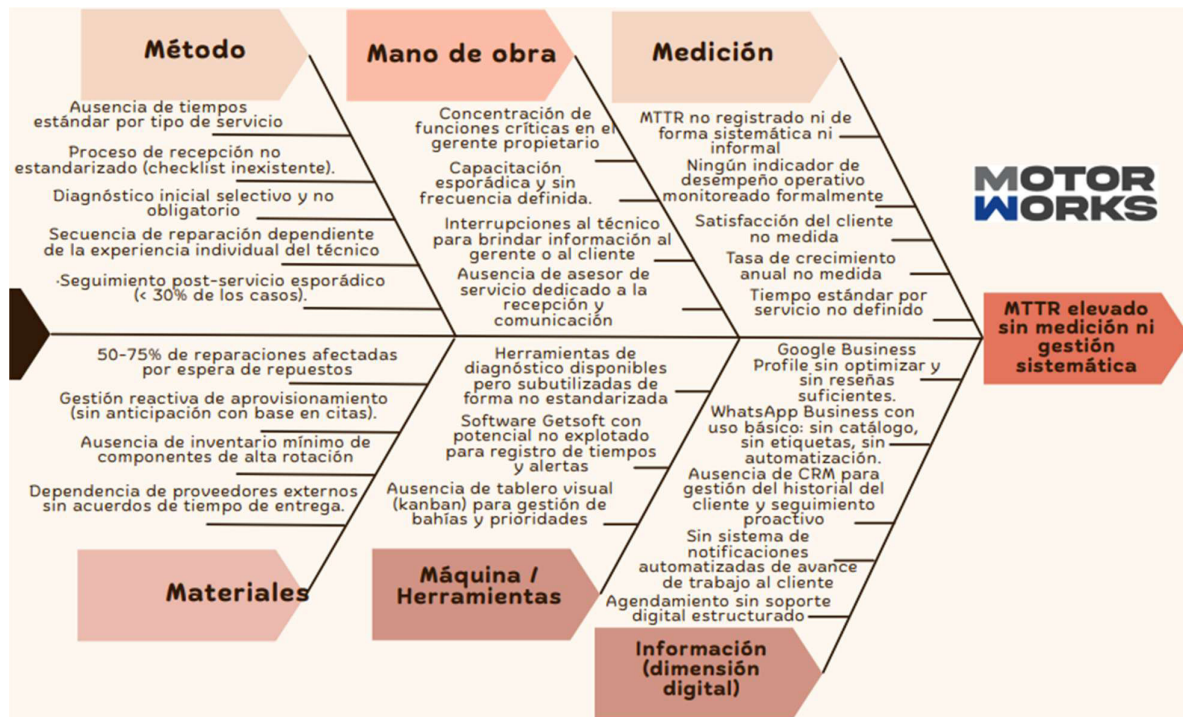


Figura 6. Diagrama de Ishikawa: MTTR elevado sin medición ni gestión sistemática

Nota. Análisis de causa raíz. Elaboración propia.

3.8.2. Técnica de los 5 porqués: espera de repuestos

La espera de repuestos constituye el cuello de botella de mayor peso sobre el MTTR. Con el propósito de identificar su causa raíz se aplicó la técnica de los 5 porqués a partir del síntoma declarado por el gerente durante la entrevista.

- **¿Por qué las reparaciones presentan demoras?**

Porque más del 50 % de las OTs deben esperar la llegada de al menos un repuesto antes de ser completadas.

- **¿Por qué los repuestos no se encuentran disponibles en el momento requerido?** Porque no existe un stock físico y se solicitan después de que el diagnóstico o la reparación en curso revela qué componente hace falta.
- **¿Por qué no existe stock anticipado de los repuestos de mayor rotación?** Porque el historial de consumo histórico de Getsoft no ha sido considerado como una herramienta que les ayude a proyectarse en los componentes que se usan con mayor regularidad según el tipo de servicio.
- **¿Por qué no se utiliza el historial de Getsoft para planificar el aprovisionamiento?** Porque no existe la iniciativa de crear un análisis y proyección y se ha normalizado tomar como referencia la memoria del gerente.
- **¿Por qué no se ha establecido dicho procedimiento?** Porque el taller no tiene una ideología de planificación, todo se ha manejado de una manera rudimentaria las órdenes de compra se realizan bajo la lógica reactiva de un orden jerárquico. No hay puntos de reorden definidos, no hay categorización de repuestos por rotación y no hay responsable designado para revisar niveles de stock antes de que se agoten.

La causa raíz identificada corresponde a la ausencia de un sistema de gestión de inventario sustentado en el análisis del consumo histórico, el problema no se relaciona con los proveedores ni de capacidad de compra del taller; los proveedores existen, la relación comercial funciona y el historial de consumo está disponible en el sistema. Sin embargo, no existe un procedimiento que conecte esos datos con las decisiones de aprovisionamiento antes de que el vehículo esté detenido en la bahía esperando el repuesto.

Esta causa raíz sustenta directamente el diseño del sistema Kanban de gestión de repuestos propuesto en el apartado 4.2.3. La propuesta Kanban busca transformar la lógica de compra reactiva en una lógica preventiva, estableciendo niveles mínimos de stock por categoría de componente a partir del historial de órdenes de trabajo registrado en Getsoft.

3.8.3. Técnica de los 5 porqués: demora en autorización del cliente

El retraso en la autorización del cliente constituye el segundo factor de mayor impacto sobre el MTTR, cada vez que el cliente tarda en aprobar el presupuesto, el vehículo permanece detenido y la bahía queda bloqueada. Con el propósito de identificar la causa raíz de este patrón se aplicó la técnica de los 5 porqués a partir del síntoma identificado en el diagnóstico.

- **¿Por qué el cliente tarda en autorizar del presupuesto?**

Porque recibe la cotización por WhatsApp sin contexto adicional, ni formalidad. El cliente no comprende con claridad qué trabajo se va a realizar ni por qué es necesario. Eso genera dudas que retrasan la decisión.

- **¿Por qué el presupuesto no contiene suficiente información para facilitar la decisión del cliente?**

Porque no existe un protocolo de comunicación, ni formalidad en las proformas. No incluye fotografías del problema, descripción técnica básica, ni estimación del tiempo de entrega. Además, el formato cambia según la persona que lo prepare y el tiempo disponible en ese momento.

- **¿Por qué no se dispone de una plantilla estandarizada para comunicar el presupuesto?**

Por falta de iniciativa, la interacción con el cliente depende del criterio del gerente en el momento de cada situación. No hay mensajes prediseñados, no hay secuencia de pasos y no hay tiempos de respuesta establecidos.

- **¿Por qué no existe un protocolo de comunicación con el cliente?**

Porque WhatsApp Business se usa como canal informal de mensajería. No se aprovechan sus funciones de respuestas rápidas, plantillas, etiquetas de seguimiento ni mensajes automatizados por estado de la orden. En consecuencia, el canal existe, pero no es aprovechado por los usuarios del taller.

- **¿Por qué WhatsApp Business no está configurado para soportar el proceso?** Porque no se ha visto como una herramienta con impacto considerable, esto ya es parte de una ideología

normalizada. Sin una estructura definida, el canal no puede operar como una herramienta de gestión, limitándose únicamente a funcionar como un medio de mensajería personal.

La causa raíz identificada corresponde a la ausencia de un flujo de comunicación estructurado con el cliente a lo largo del proceso de servicio, el problema no radica en el canal de comunicación utilizado. WhatsApp Business tiene la capacidad técnica para resolver este problema. Sin embargo, no se ha ejecutado el diseño de un protocolo que lo convierta en una herramienta de coordinación operativa y no solo de conversación informal. Esta causa raíz constituye el punto de partida del apartado 4.1.5, donde se diseña la configuración estructurada de WhatsApp Business como canal integrado de conversión y coordinación operativa. El propósito consiste en que cada hito del proceso genere una comunicación efectiva, oportuna y clara al cliente, reduciendo la incertidumbre que prolonga la autorización y, con ella, el tiempo de permanencia del vehículo en el taller. Las dos cadenas de causalidad apuntan al mismo origen: la ausencia de sistemas de gestión estructurados. No hay un problema de capacidad técnica. Hay un problema de estructura organizacional y es lo que se busca resolver con la propuesta del siguiente capítulo.

3.9. Diagnóstico de la presencia digital vinculado al MTTR

La presencia digital de Motor Works incide en el MTTR de una forma que se refleja en la experiencia del cliente. El vínculo no es de marketing: es operativo. Cuando un cliente agenda su cita por WhatsApp sin ninguna plataforma de soporte, el taller no puede anticipar qué tipo de servicio llegará ni qué repuestos va a necesitar. Esa falta de información en el momento del agendamiento alimenta directamente la espera de repuestos (T5) y la demora en la autorización del presupuesto (T4). Ambos son los sub-tiempos de mayor peso sobre el MTTR total. La **Tabla 6** detalla el estado de la presencia digital de Motor Works y su conexión con el tiempo de ciclo.

Tabla 6. Estado de la presencia digital con incidencia directa sobre el MTTR

Herramienta digital	Estado actual	Impacto sobre el MTTR
Google Business Profile	No optimizada - Sin puntuación visible; ficha incompleta	Reduce el volumen de citas agendadas con información previa, obligando a diagnosticar desde cero en cada ingreso
WhatsApp Business	No estructurada -Solo mensaje de bienvenida; sin catálogo ni etiquetas	Impide recopilar información del vehículo antes del ingreso, coordinar repuestos y notificar avances
CRM	Inactivo - No implementado pese a historial acumulado desde 2019	Priva al taller del conocimiento previo del cliente y del vehículo para anticipar el alcance del trabajo
Sistema de notificaciones automatizadas	Inexistente - Comunicación dependiente de la iniciativa del gerente	Prolonga T3 (espera de autorización) y T7 (espera de entrega)
Agenda digital integrada	Inexistente - Agendamiento por WhatsApp sin protocolo	Impide planificar recursos, distribuir carga entre bahías y anticipar necesidades de repuestos

El benchmarking realizado con los principales competidores de la zona (Mecánica Automotriz Mundial, Torquetronic, Automotriz Mera, Tecnicentro R.M. e Importadora Automotriz Flores) confirma que la competencia tampoco dispone de flujos digitales integrados al proceso de posventa que evidencien un impacto sobre la gestión operativa del servicio. Esta situación representa una oportunidad de diferenciación para Motor Works: ser el primer taller de Ibarra en vincular de forma explícita su estrategia digital con la reducción medible de tiempos de ciclo.

3.10. Síntesis diagnóstica: matriz de brechas operativas, causas raíz e impacto en el MTTR

El diagnóstico del estado actual de Motor Works permite identificar cinco brechas operativas estructurales. Cada una tiene una causa raíz concreta, un impacto medible sobre el MTTR y una palanca de intervención específica en la propuesta del Capítulo 4. En este sentido la **Tabla 7** organiza esta información de manera que las decisiones de mejora queden directamente ancladas a la evidencia del diagnóstico.

Las cinco brechas identificadas no operan de manera aislada, si no que mantiene una relación sistemática entre sí. La ausencia de stock mínimo de repuestos bloquea la bahía. La bahía bloqueada

satura la capacidad instalada. La saturación presiona al gerente, que concentra todas las decisiones. El gerente saturado omite el diagnóstico completo. A su vez, los diagnósticos incompletos obligan a reiniciar la gestión de repuestos, generando un ciclo que se retroalimenta constantemente. Por esta razón, la propuesta metodológica interviene en los cinco frentes de forma articulada y no como acciones aisladas.

Tabla 7. Matriz de síntesis diagnóstica: brechas operativas, causas raíz, impacto en MTTR y palancas de intervención

Nº	Brecha operativa	Subtiempo afectado	Evidencia diagnóstica	Causa raíz identificada	Impacto estimado en MTTR	Palanca de intervención (Cap. 4)
1	Gestión reactiva de repuestos sin stock mínimo	T5	Tarda en 50–75% de reparaciones; media encuesta ítem repuestos: 3,84/5 (más baja del instrumento)	Ausencia de sistema de inventario basado en consumo histórico; no se explotan los registros de Getsoft	~130 min · 46.4% del MTTR	Sistema Kanban de gestión de repuestos
2	Comunicación con el cliente sin protocolo ni automatización	T1, T4, T8	Desviación estándar más alta del instrumento ($\pm 1,22$) en ítem de comunicación oportuna del tiempo de entrega; seguimiento post-servicio en menos del 30% de los casos	WhatsApp Business usado como mensajería informal; sin plantillas, flujos automatizados, etiquetas ni tiempos de respuesta definidos	~55 min · 18% del MTTR	Configuración estructurada de WhatsApp Business como canal integrado
3	Diagnóstico técnico inicial selectivo y no estandarizado	T3, T4	Aplicado en 40–80% de los ingresos; tasa de retrabajo declarada: 10%; ítem reincidencia del problema: 3,91/5	Ausencia de SOP de recepción y diagnóstico; sin checklist obligatorio ni apoyo tecnológico que acelere la etapa	~30 min adicionales por orden afectada (reinicio T3–T4)	Estandarización Lean del diagnóstico + diagnóstico innovador
4	Ausencia de presencia digital estructurada	T1, T8, T9	Sin sitio web, sin agenda en línea, sin perfil de Google Business optimizado; captación de clientes nuevos por recomendación	Sin estrategia de visibilidad local ni gestión de reputación digital; ficha de Google Business sin optimizar	Impacto indirecto: limita el volumen y la previsibilidad de la demanda	Optimización Google Business Profile + SEO local

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Nº	Brecha operativa	Subtiempo afectado	Evidencia diagnóstica	Causa raíz identificada	Impacto estimado en MTTR	Palanca de intervención (Cap. 4)
			informal exclusivamente			
5	Control de calidad post-reparación sin aplicación sistemática	T7	Aplicado en solo el 35% de los casos; retrabajo del 10%; ítem reincidencia: 3,91/5; ítem satisfacción general: 4,15/5 con dispersión moderada	Ausencia de checklist formal de cierre de orden de trabajo; T7 se omite por presión de tiempo o saturación de bahía	~15 min recuperables por orden; reducción directa de tasa de retrabajo	Estandarización Lean del control de calidad

Las brechas 1 y 2 concentran el mayor peso sobre el MTTR y son las que la propuesta aborda con mayor prioridad. Las brechas 3 y 5 están directamente relacionadas entre sí: un diagnóstico completo al inicio reduce la tasa de retrabajo al final. La brecha 4 no afecta el tiempo de ciclo de forma directa, pero sí condiciona el volumen y la previsibilidad de la demanda futura, que es el escenario sobre el que descansa la viabilidad financiera de toda la propuesta.

CAPÍTULO 4. PROPUESTA METODOLÓGICA: LEAN SERVICE, POSVENTA DIGITAL Y DIAGNÓSTICO INNOVADOR

4.1. Propuesta metodológica: posventa digital.

Motor Works ya tiene las herramientas digitales. El problema es que ninguna está conectada con las otras. WhatsApp Business funciona como chat informal. Google Business existe, pero no está optimizado. Getsoft guarda un historial de clientes que nadie consulta de forma sistemática.

La propuesta de posventa digital no suma plataformas nuevas. Ordena las que ya existen para que trabajen como un proceso, no como canales sueltos. El objetivo es concreto: reducir los sub-tiempos T1, T4, T8 y T9, que suman cerca del 21% del MTTR de referencia, mediante comunicación estructurada antes, durante y después del servicio.

El diseño se apoya en tres marcos aplicados en secuencia. El Customer Journey Map de Motor Works identifica dónde el cliente enfrenta fricción: agendamiento informal sin confirmación clara, espera de respuesta al presupuesto sin información técnica y falta de notificación cuando el vehículo está listo. El embudo de conversión organiza las acciones por etapa del proceso comercial (descubrimiento, consideración, conversión y fidelización) y asigna una herramienta a cada una (Polo-Ariza & Acuña-Jimenez, 2025). El marketing relacional estructura el seguimiento posterior a la entrega. El 70% de retención que el taller ya tiene es un activo que no se gestiona digitalmente. Gestionarlo cuesta cinco a siete veces menos que conseguir un cliente nuevo.

Las estrategias que integran la propuesta se organizan de acuerdo con los criterios de priorización que se describen en el **ANEXO D**. La **Tabla 8** sintetiza la jerarquía de brechas, lo cual establece el orden y secuencia de las intervenciones y el desarrollo subsecuente de los apartados.

Tabla 8. Priorización de brechas digitales según impacto en el MTTR y viabilidad de implementación

Prioridad	Brecha digital identificada	Subtiempo afectado	Tipo de brecha	Impacto directo en MTTR	Viabilidad de implementación	Herramienta asignada	Fase de intervención
1	Ausencia de flujo estructurado en WhatsApp Business: sin catálogo, sin respuestas rápidas, sin etiquetas ni automatizaciones	T1, T4, T8, T9	Brecha de comunicación	Alta — genera espera de autorización, ausencia de notificación de entrega y falta de seguimiento post-servicio	Alta — herramienta ya activa en el taller; requiere configuración, no inversión	WhatsApp Business (flujo automatizado + protocolo por hito)	Fase 1 — mes 1
2	Perfil de Google Business Profile sin optimizar: sin descripción técnica, sin reseñas gestionadas, sin fotos del equipo ni horarios actualizados	T1	Brecha de visibilidad	Media-Alta — limita la captación de clientes nuevos por búsqueda local y reduce la previsibilidad de la demanda	Alta — costo cero; requiere dedicación de tiempo, no inversión	Google Business Profile (optimización local + gestión de reseñas)	Fase 1 — mes 1-2
3	Agendamiento o no estructurado: sin formulario de pre-ingreso, sin captura anticipada de datos del vehículo ni del tipo de servicio requerido	T1, T5	Brecha de comunicación y coordinación	Alta — impide la preparación anticipada de repuestos; el Kanban no puede operar en modo preventivo sin información previa de los servicios agendados	Media — requiere diseño del formulario e integración con el flujo de WhatsApp	Formulario de pre-ingreso (Google Forms o WhatsApp Flow) integrado al Kanban	Fase 1-2 — mes 1-3
4	Ausencia de CRM o sistema de seguimiento de clientes post-servicio	T9	Brecha de fidelización	Media — el 70% de retención existente no se gestiona digitalmente; no hay recompra proactiva ni referidos estructurados	Alta — puede iniciarse con etiquetas de WhatsApp Business y registros en Getsoft sin inversión adicional	CRM básico (WhatsApp Business + Getsoft + hoja de seguimiento)	Fase 2 — mes 2-4
5	Presencia en redes sociales sin estrategia de contenido técnico ni diferenciación de la certificación BYD	T1	Brecha de visibilidad	Media — no contribuye directamente al MTTR pero condiciona el volumen y la composición de la demanda futura	Alta — requiere planificación de contenido, no inversión tecnológica	Instagram + Facebook (calendario editorial mensual)	Fase 1-2 — mes 1-4
6	Presupuestos enviados sin estructura, sin	T4	Brecha de comunicación	Media — genera demora en la	Alta — se resuelve con plantilla estandarizada en	Plantilla de presupuesto estructurado +	Fase 2 — mes 2-3

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Prioridad	Brecha digital identificada	Subtiempo afectado	Tipo de brecha	Impacto directo en MTTR	Viabilidad de implementación	Herramienta asignada	Fase de intervención
	fotografías del diagnóstico ni estimación formal del tiempo de entrega			autorización del cliente; desviación estándar más alta del instrumento ($\pm 1,22$) en el ítem de comunicación oportuna	WhatsApp Business	protocolo de envío	

Los tres marcos coinciden con un principio operativo fundamental que dirige el diseño de toda la propuesta: cada interacción con el cliente es una oportunidad para disminuir la incertidumbre, agilizar una decisión o robustecer la relación. Ese principio se pone en práctica específicamente en las siguientes cuatro secciones: el diagnóstico de la brecha de visibilidad (4.1.4), el diagnóstico de la brecha de comunicación (4.1.5), la arquitectura del sistema de posventa digital (4.1.6) y el plan de implementación por fases (4.1.7).

4.1.1. Propósito y alcance de la propuesta de posventa digital.

La idea de posventa digital planteada para Motor Works tiene como objetivo organizar los canales digitales que ya tiene a disposición el taller para que funcionen como una parte del proceso de servicio.

El diagnóstico del Capítulo 3 es el punto de partida. Motor Works tiene WhatsApp Business activo, pero no cuenta con un flujo estructurado. No tiene una estrategia de contenido, aunque está en Facebook e Instagram. Posee un perfil de Google Business, pero no está optimizado a nivel local. Getsoft tiene un historial de clientes, pero su CRM no está activo. El problema es la falta de un diseño que las una.

El propósito de la propuesta es rectificar esa circunstancia. Se espera que cada fase del ciclo de servicio tenga un soporte digital adecuado: antes de la llegada del vehículo, durante su

permanencia en el taller y luego de entregarlo. Todo el componente de posventa digital se estructura en torno a ese diseño de tres etapas. La propuesta abarca cuatro dimensiones:

- **Visibilidad local.** Que los clientes potenciales de Ibarra y la región de Imbabura encuentren a Motor Works cuando buscan un taller automotriz en Google. Esto implica optimizar el perfil de Google Business Profile, gestionar reseñas y generar contenido técnico que posicione al taller como referente local.
- **Captación y conversión.** Que el contacto inicial del cliente por WhatsApp o redes sociales sea atendido con rapidez, claridad y protocolo definido. El cliente que contacta al taller debe encontrar un canal que responde, informa y agenda sin depender de la disponibilidad inmediata del gerente.
- **Coordinación operativa.** Que WhatsApp Business deje de ser un canal de mensajería informal y funcione como herramienta de gestión del proceso: confirmación de cita, notificación de diagnóstico, comunicación del presupuesto, aviso de entrega y seguimiento post-servicio. Cada hito del proceso debe tener su comunicación correspondiente al cliente.
- **Fidelización y reputación digital.** Que cada servicio que se haga bien genere una referencia, una recompra o un comentario. Motor Works debe aprovechar el 70% de retención de clientes que ha logrado gracias a su experiencia presencial en el canal digital, donde actualmente no tiene ningún registro visible de esa fortaleza.

Esta propuesta es trabajo del componente Lean Service y del componente de diagnóstico innovador. La posventa digital actúa sobre los factores no técnicos del MTTR: la coordinación antes del servicio, la comunicación durante y el seguimiento después.

La gestión técnica del diagnóstico y la estandarización de procedimientos mecánicos son aspectos abordados por la propuesta Lean Service y por la propuesta de diagnóstico innovador. La posventa digital actúa sobre los tiempos de coordinación, comunicación y organización previa al ingreso del vehículo.

Su incidencia directa sobre el MTTR técnico-operativo se produce en dos sub-tiempos: **T4** (elaboración y aprobación del presupuesto) y **T8** (entrega del vehículo), porque ambos ocurren mientras el vehículo permanece en el taller. El agendamiento digital también genera un efecto indirecto sobre **T5**, al anticipar la previsión de repuestos cuando el cliente reserva con datos completos.

T1 (contacto y agendamiento previo) y **T9** (seguimiento post-servicio) mejoran con esta propuesta, sin formar parte del MTTR técnico. T1 ocurre antes del ingreso físico del vehículo. T9 ocurre después de la entrega. Ambos inciden en el ciclo total de atención al cliente y en los indicadores de fidelización, pero no se suman al indicador central de esta investigación.

4.1.2. Fundamento metodológico de la propuesta de posventa digital.

Digitalizar el proceso de servicio, desde el agendamiento hasta el aviso de entrega, reduce tiempos de espera, disminuye reprocesos por falta de información y aumenta la tasa de retención de clientes (Ferrer, 2025). El mecanismo es directo: un cliente que recibe información clara en cada hito del servicio tarda menos en autorizar el presupuesto y genera menos llamadas de seguimiento que consumen tiempo del gerente.

Un perfil de Google Business bien gestionado, con descripción técnica, reseñas activas y horarios actualizados, ayuda a que el cliente llegue con expectativas realistas. Eso reduce el tiempo improductivo en recepción que proviene de negociaciones no anticipadas (Ayala, 2025). En América Latina, la mayoría de las búsquedas de servicios automotrices se realizan desde el celular y son locales (Similarweb, 2026). Motor Works no tiene sitio web. Eso lo excluye de ese flujo de búsqueda.

Este patrón no es exclusivo de Motor Works. Pereira et al. (2024) analizaron un taller de posventa automotriz con un 59% de repuestos obsoletos en su registro. Tenía además un 6% de errores en la localización de piezas. Es casi el mismo escenario que enfrenta Motor Works en T5. Los autores comprobaron que ordenar el registro digital de repuestos reduce esos errores. Y acorta el tiempo entre la solicitud y la entrega del componente. Por eso la propuesta conecta el CRM con la previsión de repuestos, en vez de manejarlos por separado.

La experiencia con plataformas digitales integradas confirma lo mismo. Pedone et al. (2021) validaron un sistema de servicios digitales en talleres de reparación de vehículos eléctricos. Encontraron que la integración digital mejora la coordinación entre taller, proveedor y cliente. Y reduce la incertidumbre de los tiempos de espera no comunicados. Motor Works ya trabaja con vehículos eléctricos e híbridos bajo su convenio BYD. El hallazgo aplica de forma directa: mientras antes se compartía información entre CRM, proveedor y cliente, menos improvisación hay en T4 y T5.

Hay una condición que ninguna herramienta resuelve sola. Stich et al. (2020) revisaron más de cien procesos de digitalización en pymes. Encontraron que las iniciativas exitosas avanzan por fases. Se ajustan a los recursos reales de tiempo y capital. Motor Works no tiene equipo de marketing ni de sistemas. Por eso esta propuesta también avanza por fases: primero lo que ya existe y cuesta poco activar bien, luego lo que requiere más inversión.

El CRM se conecta con el resto del ecosistema digital mediante plataformas de automatización simples, como Zapier o Make. No requieren programación ni infraestructura especializada. El proceso funciona así: el cliente llega por Google, redes sociales o WhatsApp. Su contacto se registra solo en el CRM, con el canal de entrada y el servicio de interés. Zapier o Make activa el flujo según ese perfil. Cuando el contacto se convierte en cliente, Getsoft actualiza su historial. Eso mejora la segmentación y los recordatorios futuros. El circuito queda cerrado: cada visita alimenta la siguiente comunicación, sin intervención manual.

El efecto sobre el MTTR es directo. Un cliente con historial accesible permite anticipar el trabajo. El taller organiza antes las piezas necesarias. Y reduce la improvisación durante el diagnóstico y la intervención. Si el técnico sabe qué servicio requiere el vehículo antes de que entre a la bahía, T2 y T4 se benefician primero. Getsoft tiene esa información desde 2019. Solo falta el sistema que la ponga en marcha.

La digitalización del recorrido del cliente, desde el primer contacto hasta el seguimiento posterior al servicio, se relaciona con mejoras medibles en fidelización, satisfacción y eficiencia del ciclo de atención (Sanay-Indacochea et al., 2025). El CRM es el componente de mayor impacto a largo plazo: un cliente cuyo historial de mantenimiento el taller ya conoce requiere menos tiempo de diagnóstico inicial y permite planificar repuestos con anticipación. Mantener a ese cliente cuesta entre cinco y siete veces menos que captar uno nuevo, y un CRM bien configurado puede aumentar la conversión de contactos en servicios hasta un 29% (Engine, 2025).

Ecuador no se encuentra dentro de los principales mercados en cuanto a inversión publicitaria digital automotriz a nivel regional, lo que señala que la densidad competitiva en publicidad pagada local es relativamente baja (Similarweb, 2026). La inversión en publicidad del sector automotriz por medios digitales aumentó del 10% al 12% al año entre 2023 y 2025, y las campañas segmentadas pueden disminuir el costo por lead del 30% al 40% de campañas generales (Farzana, 2025).

4.1.3. Customer journey estratégico de Motor Works

El Customer Journey estratégico de Motor Works traza todo el trayecto del cliente desde que conoce el taller hasta que vuelve para un segundo servicio. Se basa en las diferencias halladas en el diagnóstico del Capítulo 3 y en la información proporcionada por una encuesta hecha a 75 clientes activos. Cada etapa del recorrido tiene un estado actual registrado, una fricción específica y una

intervención de mejora designada. Las fases del recorrido están organizadas en consideración, descubrimiento, conversión, servicio activo y posventa, las cuales se describen a continuación:

- **Etapla 1 — Descubrimiento:** El cliente busca un taller automotriz en Ibarra. Lo hace por Google, por recomendación de un conocido o porque ya vio contenido en redes sociales.

Estado actual: Motor Works no se muestra prominente en las búsquedas locales. El perfil de Google Business está en funcionamiento, pero no está optimizado. No existen opiniones gestionadas, tampoco hay una descripción técnica, ni imágenes del taller o del equipo. El cliente que investiga en Google no halla pruebas adecuadas para optar por Motor Works en lugar de un competidor que tenga un perfil completo. La captación sucede casi únicamente a través de referencias verbales de clientes actuales.

Fricción: baja visibilidad digital en el momento de mayor intención de compra.

Intervención: Mejorar al máximo el perfil de Google Business, gestionar activamente las reseñas de los 75 clientes encuestados como punto de partida y crear un calendario de contenido técnico en redes sociales para que la certificación BYD y la especialización en coches híbridos y eléctricos tengan una buena posición.

- **Etapla 2 — Consideración:** El cliente ya encontró a Motor Works. Ahora evalúa si agendar una cita. Revisa las reseñas, mira las fotos, lee la descripción del taller y, en muchos casos, envía un mensaje por WhatsApp para preguntar disponibilidad o precio.

Estado actual: El primer contacto por WhatsApp se produce sin un protocolo. No existe un mensaje de bienvenida organizado. No existe un catálogo de servicios a la vista. No existe un tiempo de respuesta establecido. La respuesta está sujeta a la disponibilidad del gerente en ese momento. Cuando el gerente está ocupado con un vehículo, el cliente aguarda. Si espera mucho tiempo, escoge otro taller.

Fricción: primera impresión digital inconsistente; tiempo de respuesta variable; ausencia de información básica que facilite la decisión.

Intervención: Activar el flujo de bienvenida automatizado en WhatsApp Business, un catálogo de servicios con precios de referencia, respuestas rápidas a las preguntas más

comunes y estimar un tiempo máximo para la respuesta humana (30 minutos o menos durante la jornada laboral).

- **Etapa 3 — Conversión:** El cliente decide agendar. Confirma la cita por WhatsApp o presencialmente. En este punto, el taller tiene la oportunidad de capturar información anticipada del vehículo que le permitiría preparar repuestos y organizar la carga de trabajo antes del ingreso.

Estado actual: el agendamiento no toma en cuenta datos previos. El síntoma, la placa y el modelo se registran solamente cuando el cliente llega con su vehículo. No existe un formulario anterior. No es posible preparar el taller. Cada ingreso es una sorpresa en términos de operaciones.

Fricción: ausencia de información previa que active el Kanban de repuestos y permita asignar bahía y técnico con anticipación.

Intervención: Formulario digital de preingreso que se incorpora al flujo de WhatsApp Business (placa, modelo, síntoma principal y último servicio realizado). La agenda del gerente y el tablero Kanban se nutren directamente con ese formulario.

- **Etapa 4 — Servicio activo:** El vehículo está en el taller. El cliente espera en casa o en el trabajo. No sabe qué está pasando con su vehículo a menos que llame o que el gerente recuerde avisarle.

Estado actual: la comunicación durante el servicio es reactiva. El gerente envía el presupuesto por WhatsApp sin estructura ni fotografías del diagnóstico. No hay mensajes de avance. No hay notificación cuando el trabajo termina. El cliente permanece en incertidumbre hasta que decide preguntar por cuenta propia.

Fricción: incertidumbre del cliente durante todo el servicio; demora en la autorización del presupuesto; vehículo listo sin aviso al cliente (bahía bloqueada).

Intervención: protocolo de comunicación por hito del proceso con mensajes prediseñados en WhatsApp Business: confirmación de recepción del vehículo, envío del presupuesto con fotografía del diagnóstico, notificación de inicio de trabajo, aviso de finalización del servicio y confirmación de hora de retiro.

- **Etapa 5 — Posventa:** El cliente retiró el vehículo. El servicio terminó para el taller. Para el cliente, todavía no.

Estado actual: En menos del 30% de los casos se lleva a cabo el seguimiento posterior al servicio. No se recibe un mensaje de verificación dentro de las 48-72 horas. No se ha solicitado ninguna reseña. No hay aviso de mantenimiento venidero. El cliente permanece en silencio hasta que surja un nuevo problema o hasta que el taller lo recuerde, algo que no sucede con frecuencia de manera proactiva.

Fricción: desconexión total entre el taller y el cliente después de la entrega; pérdida de oportunidad de reseña, recompra y referido.

Intervención: Mensaje automatizado de seguimiento a las 48 horas (¿cómo está el vehículo?), petición de reseña en Google a las 72 horas y recordatorio del siguiente mantenimiento preventivo según la clase de servicio hecho, programado desde Getsoft.

En el **ANEXO E** se sintetiza el Customer Journey estratégico de Motor Works con la intención de secuenciar las acciones posteriores de implementación.

4.1.4. Diagnóstico de la brecha de visibilidad

Cuando un posible cliente busca un taller de automóviles en Ibarra, Motor Works no se muestra claramente. Este es el principal problema de esta brecha. El taller tiene una buena reputación técnica, existe y mantiene al 70% de su clientela, pero esa fortaleza no se refleja en el canal donde actualmente se decide la adquisición de servicios automotrices.

El perfil de Google Business Profile está activo, aunque no optimizado. No incluye una descripción técnica del taller. No se refiere a la especialización en vehículos híbridos y eléctricos ni a la certificación BYD. No dispone de imágenes del personal técnico, las bahías ni el equipo diagnóstico. No se han manejado reseñas de manera proactiva. Un perfil incompleto, desde el punto

de vista del algoritmo de Google, tiene una desventaja competitiva frente a cualquier competidor que tenga un perfil completo, incluso si ese competidor es técnicamente inferior.

El taller no cuenta tampoco con un sitio web propio. Esto restringe su posicionamiento en búsquedas con un propósito de compra concreto, como "diagnóstico eléctrico Imbabura", "mantenimiento preventivo Ibarra" o "taller BYD Ibarra". Estas búsquedas son las que tienen más valor en términos comerciales, ya que el cliente ya ha determinado que requiere el servicio y únicamente está decidiendo a quién contratar. No estar disponible en ese momento significa que se le está cediendo el cliente a otra persona.

La presencia en Instagram y Facebook existe, pero no trabaja para el negocio. Las publicaciones no siguen un calendario editorial, no tienen un enfoque técnico distinto y no utilizan la certificación BYD como elemento diferenciador. El contenido que sí inspira confianza, por ejemplo explicaciones técnicas acerca de cómo trabaja un vehículo eléctrico, comparativas entre el antes y el después de una reparación o imágenes del proceso de diagnóstico, no se produce de manera sistemática.

Los efectos de esta brecha son diferentes para los tres tipos de clientes que se describen en el **ANEXO F**. El arquetipo A1, que es el cliente recurrente leal, ya tiene conocimiento del taller y no lo encuentra a través de Google. No obstante, no poder remitir al taller con soporte digital debido a la falta de un perfil técnico completo y de reseñas visibles es un obstáculo. Cuando un cliente A1 recomienda a Motor Works a un conocido, ese conocido busca el taller en Google antes de confirmar. Si lo que encuentra es un perfil escueto sin reseñas, la recomendación pierde peso. El cliente preferido escoge otro taller que tiene una mejor presencia digital, a pesar de que sea menos competente en términos técnicos.

El arquetipo A2, que representa a los clientes corporativos con flotas, analiza a los proveedores utilizando criterios más formales. Antes de contratar un servicio de mantenimiento para múltiples vehículos, comprueba el prestigio del taller, investiga si hay evidencia de especialización

técnica y procura hallar información documentada acerca de las capacidades y certificaciones. No se logra la confianza necesaria para que una compañía asigne su flota a Motor Works si el perfil de Google Business no tiene imágenes del equipo, tampoco menciona la certificación BYD ni cuenta con descripción técnica. Para este arquetipo, la brecha de visibilidad constituye un obstáculo directo de entrada.

El arquetipo A3, que corresponde a los nuevos clientes por búsqueda digital, es el más perjudicado. No hay un antecedente con este cliente. Decide únicamente en función de lo que encuentra en Google: imágenes, reseñas, descripción del servicio y cercanía. Si Motor Works no es visible en las primeras posiciones de la búsqueda local o si su perfil está incompleto, el cliente nunca llega al taller. El acceso al único arquetipo que tiene la capacidad de ampliar la base de clientes activos más allá del círculo de referidos actuales se ve limitado por la brecha de visibilidad.

La consecuencia directa de esta brecha no es solo la pérdida de clientes nuevos. Consiste en la disminución de la capacidad para prever la demanda. El taller no controla el volumen de ingreso cuando la mayoría de los clientes llegan por referencia verbal. No tiene la capacidad de planificar la carga laboral. No tiene la capacidad de calcular el inventario de repuestos. No es capaz de prever la facturación del mes posterior. La falta de visibilidad digital, en cierta medida, es el motivo estructural por el cual el Kanban de repuestos no cuenta con información previa para operar.

La intervención sobre esta brecha parte de tres acciones concretas y de costo cero o mínimo. La primera es la optimización total del perfil de Google Business Profile. Esto supone escribir una descripción técnica que abarque la especialización en vehículos híbridos y eléctricos, los servicios prestados y la certificación BYD. Consiste en cargar imágenes reales del taller, del equipo técnico y del equipamiento de diagnóstico. Supone comprobar y actualizar la dirección, los números de teléfono y los horarios. Supone contestar todas las reseñas que existan, tanto positivas como negativas, en un tono específico y profesional. Un perfil completo es el primer punto de contacto del arquetipo A3 con el taller y optimiza la posición en las búsquedas locales sin necesidad de invertir en publicidad.

La segunda consiste en poner en marcha una campaña de reseñas, la cual tiene como base 75 clientes encuestados. Estos clientes ya tienen una relación activa con el taller y han mostrado interés en ser parte del proceso de investigación. Son la fuente primordial de reseñas comprobadas. Un mensaje de WhatsApp personalizado pidiendo una reseña en Google, que se envía 48-72 horas después de un servicio bien hecho, tiene un índice de conversión mucho más alto que cualquier campaña masiva. Las reseñas producidas por el arquetipo A1 son las que transforman al arquetipo A3 en un cliente activo.

El diseño de un calendario editorial básico para las redes sociales es el tercero. No se necesita una producción de nivel profesional. Se necesita consistencia y un enfoque técnico. Un taller que publica cada semana sobre el diagnóstico de fallas comunes, el mantenimiento preventivo o la operación de los vehículos BYD se posiciona como un referente técnico en su mercado local. Para el modelo A2, ese contenido técnico es una prueba de especialización. Para el arquetipo A3, es el elemento que transforma una búsqueda casual en un propósito de contacto. Para el arquetipo A1, es un recordatorio periódico de que el taller continúa funcionando y manteniendo su competencia.

Las tres acciones se ejecutan en la primera etapa del plan de posventa digital, que abarca los dos primeros meses. Su efecto sobre el MTTR es indirecto: no disminuyen un subtiempo en particular, sino que incrementan la cantidad y la previsibilidad de la demanda. Estas son las condiciones requeridas para que el sistema de agendamiento, el protocolo de comunicación y el Kanban de repuestos funcionen con eficacia sostenida.

4.1.5. Diagnóstico de la brecha de comunicación

En Motor Works, la brecha de comunicación no es un problema relacionado con el canal. WhatsApp Business está en funcionamiento. El gerente responde a los mensajes. El número del taller está guardado por los clientes. El asunto es que todo eso se da sin un diseño. Sin protocolo. Sin un esquema que transforme cada interacción en una etapa del proceso de atención al cliente.

El diagnóstico del Capítulo 3 lo documenta con exactitud. El elemento de comunicación oportuna en el tiempo de entrega tuvo la mayor desviación estándar de todo el instrumento: $\pm 1,22$ sobre 5. En términos de media, eso no es un resultado desfavorable. Indica que la experiencia del cliente con la comunicación del taller tiene una alta variabilidad. Hay clientes que reciben información a tiempo. Otros permanecen callados hasta que preguntan por su cuenta. La distinción entre unos y otros no está sujeta a un protocolo. Depende de cuánto tiempo libre disponga el gerente en ese instante.

Esa variabilidad tiene un costo operacional directo. Si el cliente no recibe el presupuesto a tiempo, la autorización tarda más. Si tarda en ser autorizado, el vehículo sigue detenido en la bahía. Cuando la bahía está bloqueada, el vehículo que sigue no tiene dónde entrar. Que la comunicación se demore no es únicamente un error de experiencia del cliente. Es un generador de tiempo improductivo en el proceso de prestación de servicios.

El problema se repite en todas las fases del ciclo. En el agendamiento, cuando el cliente envía un mensaje, no tiene conocimiento de cuándo le responderán. En la recepción, no hay confirmación de que el vehículo haya sido ingresado con éxito. No obtiene actualizaciones durante la reparación a menos que consulte. El taller no siempre avisa cuando concluye el trabajo. El cliente a veces no se entera de que el vehículo está listo para ser retirado hasta horas más tarde, debido a que el gerente estaba ocupado. Y después de la entrega, más del 70 % de las veces se produce un silencio absoluto.

Esta serie de silencios es la que explica por qué el seguimiento posterior al servicio se da en menos del 30% de las intervenciones. No es desidia. La razón es que no hay ningún sistema que lo active automáticamente cuando el gerente está enfocado en las tareas técnicas cotidianas.

La brecha tiene un impacto distinto en cada arquetipo de cliente. El arquetipo A1, el cliente leal que regresa con frecuencia, acepta la variabilidad ya que tiene confianza en el taller y conoce al gerente. Sin embargo, esa tolerancia tiene un límite. Y lo más importante: si la comunicación no

fue consistente, el cliente no recomienda el taller con entusiasmo. La calidad técnica, no la experiencia digital, es el fundamento de la fidelización. El objetivo de la propuesta es que las dos dimensiones estén en coordinación.

El arquetipo A2, el cliente corporativo con flotas, no acepta las fluctuaciones. Una compañía que tiene que saber cuándo estará disponible cada vehículo de su flota no puede basarse en la memoria del gerente para que lo notifique. Este arquetipo necesita una comunicación estructurada, con tiempos de respuesta establecidos y verificación documental en cada fase. Sin eso, Motor Works no puede competir en este segmento, a pesar de que sea superior desde el punto de vista técnico.

El arquetipo A3, que representa al cliente nuevo por búsqueda digital, establece su primera impresión del taller durante el primer intercambio a través de WhatsApp. Si la respuesta tarda, si no se proporciona información clara o si el tono es desestructurado e informal, el cliente concluye que el taller también funciona de manera técnica de esa forma. El cliente utiliza la comunicación inicial como indicador para deducir la calidad del servicio que recibirá. La intervención acerca de esta brecha se basa en cuatro elementos específicos dentro de WhatsApp Business.

- El canal de bienvenida automatizado. A cada nuevo contacto se le envía de inmediato un mensaje que muestra el taller, detalla los servicios disponibles, brinda el horario de atención y propone las opciones para programar una cita. Ese mensaje no necesita la intervención del gerente. Opera las 24 horas.
- El protocolo de comunicación por etapas del proceso. Se crean mensajes predefinidos para cada etapa del ciclo de servicio: confirmación de la recepción del coche, envío de un presupuesto que incluya una fotografía del diagnóstico, aviso de que el trabajo ha comenzado, notificación de su finalización y confirmación del horario para recoger el vehículo. Cada mensaje tiene un contenido mínimo establecido y una duración máxima de envío desde que se produce el hito. El gerente no tiene que escribir cada mensaje desde el principio. Solo activa la plantilla que corresponde.

- El sistema de etiquetas según el estado del pedido. Cada chat activo en WhatsApp Business se clasifica según la condición del vehículo: agendado, diagnóstico, autorización pendiente, reparación, listo para ser entregado, entregado y seguimiento pendiente. Esas etiquetas posibilitan que el gerente, de un solo vistazo, identifique cuántos clientes están a la espera de una respuesta y en qué fase se encuentran. Suprimen la necesidad de la memoria operativa para manejar varios vehículos al mismo tiempo.
- El protocolo de monitoreo posterior al servicio. El cliente recibe un mensaje automático a las 48 horas de la entrega para preguntarle si el vehículo está funcionando de manera adecuada. Recibe la solicitud de reseña en Google a las 72 horas. Recibe el aviso del siguiente mantenimiento preventivo con la fecha recomendada de acuerdo con el historial de Getsoft entre los 30 y 90 días, dependiendo del tipo de servicio efectuado.

No es necesaria la inversión en un nuevo software para estos cuatro pilares. WhatsApp Business cuenta con todas las herramientas requeridas: etiquetas de conversación, listas de difusión, respuestas rápidas y mensajes automatizados. Lo que se necesitaba era un diseño de protocolo para activarlas de manera consistente con el procedimiento de servicio. Esta propuesta proporciona precisamente eso.

El impacto esperado sobre el MTTR es directo. La aplicación de este protocolo tiene como resultados inmediatos la disminución del tiempo para autorizar el presupuesto (T4), la supresión de la espera para recibir notificación de entrega (T8) y el establecimiento sistemático del seguimiento post-servicio (T9). La encuesta lo corrobora: el cliente ya está preparado para interactuar de manera digital. El taller solo precisa organizar el canal para que esa disposición se convierta en una experiencia más predecible y decisiones más veloces.

4.1.6. CRM y activación de la base de clientes

Motor Works posee un activo que no está utilizando. El programa Getsoft, desde 2019, compila el registro de cada vehículo que se ha atendido: placa, marca, modelo, tipo de servicio,

fecha y kilometraje. Ese historial está disponible. Está a disposición. Y no produce ningún retorno comercial ni operativo porque no está vinculado con ningún flujo de reactivación, planificación anticipada o seguimiento.

Esa desconexión es la brecha que esta intervención busca cerrar. El CRM no es un instrumento de mercadotecnia en el sentido tradicional de la palabra. En el marco de Motor Works, es el vínculo entre lo que dice Getsoft y las decisiones operativas cotidianas: qué vehículos entrarán, qué piezas de repuesto se requerirán con más probabilidad y cuáles clientes no han sido visitados en más de seis meses.

Es directo el fundamento. Retener a un cliente ya existente cuesta entre cinco y siete veces menos que adquirir uno nuevo. La implementación de un sistema elemental para gestionar las relaciones con los clientes puede llegar a aumentar hasta en un 29% la tasa de conversión de contactos a servicios reales. Para crecer, Motor Works no requiere captar a cientos de nuevos clientes. Es necesario activar los que ya están registrados en Getsoft, pero no reciben ninguna comunicación estructurada entre las visitas.

El CRM incorpora siete fuentes de datos que el taller ya produce o tiene la capacidad de producir sin gastos extra: el perfil de Google Business Profile, las redes sociales, el sitio web o página de aterrizaje, los formularios de Google Forms, las campañas digitales, Getsoft y el flujo de WhatsApp Business. Cada fuente proporciona un conjunto de datos específico. La página web registra la intención de contacto. Google Business registra la reputación y la frecuencia de búsqueda. WhatsApp registra la razón de la consulta y el horario preferido. Getsoft registra la matrícula, el historial de servicios y el kilometraje. La incorporación de estas fuentes posibilita la creación de un perfil del cliente que no está presente de manera consolidada en ninguna parte del taller. Para que ese perfil sea operacionalmente útil, la **Tabla 9** define el conjunto mínimo de dimensiones a registrar por cada contacto.

Tabla 9. Campos mínimos para capturar en el CRM de Motor Works

Dimensión	Campos clave	Fuente	Arquetipo prioritario
Identificación	Nombre, WhatsApp, canal de origen	Formularios, WhatsApp, llamadas	A1, A2, A3
Vehículo	Marca, modelo, año, tipo de combustible, placa	Formularios, chatbot, Getsoft	A1, A2, A3
Tipo de uso	Particular, taxi, flota, SUV, EV/HEV	Campo de segmentación en formularios	A1 → particular; A2 → flota; A3 → particular o SUV
Nivel de intención	Frío / tibio / caliente / urgente	Etiqueta automática por opción seleccionada	A3 prioritario; A1 reactivación
Historial de interacción	Servicios previos, fechas, campañas	Getsoft, registro en CRM	A1, A2
Preferencias de canal	WhatsApp, llamada, email, redes	Campo en formulario	A1 → WhatsApp; A2 → email o llamada
Permisos	Aceptación de comunicaciones comerciales	Checkbox en formulario y chatbot	A1, A2, A3

Nota. La dimensión tipo de uso es la que activa la segmentación diferenciada por arquetipo. Un contacto clasificado como flota con tres o más vehículos diésel corresponde al arquetipo A2 y activa automáticamente la propuesta de contrato de mantenimiento. Un contacto clasificado como particular con Vehículo Eléctrico/ Vehículo Eléctrico Híbrido EV/HEV activa el flujo de contenido especializado BYD. La dimensión historial de interacción tiene relevancia directa sobre el MTTR: al conocer los servicios previos, el kilometraje acumulado y la fecha de la última atención, el taller puede anticipar el alcance probable del próximo servicio y gestionar repuestos con antelación, incidiendo directamente sobre los subtiempos T2 (diagnóstico) y T4 (espera de repuestos).

Los campos mínimos que deben ser registrados para cada contacto se estructuran en seis dimensiones, a fin de que dicho perfil sea útil desde un punto de vista operacional: identificación (nombre, WhatsApp, medio de origen), vehículo (marca, modelo, año, tipo de combustible y matrícula), tipo de uso (particular, taxi, flota, SUV o eléctrico/híbrido), nivel de intención (frío, tibio, caliente o urgente), historial de interacción (servicios anteriores realizados y sus fechas y campañas) y preferencias del canal (WhatsApp, llamada telefónica, correo electrónico o redes sociales). Esta estructura sencilla es lo suficientemente efectiva para activar la segmentación y los flujos automatizados desde el primer mes de su implementación. Dentro del proceso de servicio de Motor Works, el CRM desempeña cuatro funciones específicas.

- **Segmentación automática.** El sistema clasifica a los contactos de acuerdo con normas preestablecidas que distinguen la preparación operativa del servicio y los mensajes comerciales. Un cliente del arquetipo A1 que posee un auto de gasolina, cuyo ticket medio es menor a 120 dólares y que realizó el último servicio hace entre cinco y ocho meses, obtiene una alerta para el mantenimiento preventivo. Un cliente de la categoría A2, que tiene tres o más vehículos diésel y cuya frecuencia de servicio es inferior a 60 días, obtiene una oferta para un contrato de mantenimiento. No es necesaria la intervención manual del gerente para esas reglas. Se llevan a cabo automáticamente de acuerdo con las condiciones del historial.
- **Lead scoring.** A cada nuevo contacto se le asigna una puntuación en función de variables que predicen su probabilidad de convertirse: 30 puntos si completa el formulario de programación, 20 puntos si vive a menos de cinco kilómetros del taller y 15 puntos si fue cliente recientemente, dentro de los últimos seis meses. Los contactos que rebasan el límite establecido se trasladan a atención prioritaria, donde la respuesta es dada en menos de 15 minutos. Eso hace que ya no exista la igualdad de trato entre un cliente que ha estado tres años en el taller y un contacto frío que acaba de enviar un mensaje por primera vez.
- **Automatización del seguimiento.** Tres flujos se establecen de acuerdo con la condición del contacto. A través de WhatsApp, el nuevo lead recibe un mensaje de bienvenida que incluye preguntas filtro y la opción de agendar directamente. Al cliente que tiene el servicio más reciente se le envía un mensaje 24 horas después, un recordatorio a los 45 días y una propuesta de mantenimiento a los 90 días. Se le envía un recordatorio al lead no convertido con una propuesta de valor concreta después de siete días. Ninguno de estos mensajes está condicionado a que el gerente lo recuerde.
- **Nutrición personalizada por arquetipo.** El arquetipo A1 obtiene información acerca de advertencias sobre el kilometraje y mantenimiento preventivo. El arquetipo A2 obtiene propuestas de contrato de flota y también informes mensuales sobre el estado de los vehículos. El arquetipo A3 obtiene información técnica educativa que crea confianza antes

de decidir programar su primera cita. El contenido varía dependiendo de quién lo recibe. Eso es lo que distingue una estrategia de comunicación de un envío masivo sin dividir a los destinatarios.

El CRM se conecta con otras herramientas del ecosistema digital a través de plataformas de automatización livianas, como Zapier o Make, que no necesitan programación ni infraestructura especializada. El proceso es el siguiente: el cliente accede a través de Google, las redes sociales o WhatsApp; su contacto se registra automáticamente en el CRM con el canal inicial, el servicio que le interesa y el nivel de intención; Zapier o Make inicia el flujo correspondiente dependiendo del perfil del contacto; y cuando ese potencial cliente se convierte en cliente, Getsoft actualiza la historia del servicio, lo que permite mejorar la segmentación y los recordatorios futuros. El circuito está cerrado. Cada vez que se accede al taller, alimenta la próxima comunicación sin intervención manual.

El efecto sobre el MTTR es directo. Un cliente habitual cuyo historial está accesible en el momento de la programación permite que el taller prevenga la extensión del trabajo, organice con antelación las piezas de repuesto y disminuya los tiempos improvisados durante la intervención y el diagnóstico. Cuando el técnico tiene conocimiento de qué tipo de servicio requiere el vehículo y qué piezas probablemente necesite, incluso antes de que este entre a la bahía, los subtiempos T2 (diagnóstico) y T4 (espera de repuestos) se benefician directamente. Getsoft tiene dicha información desde 2019. Solamente queda el sistema que la ponga en marcha.

4.1.7. Estrategia de publicidad digital segmentada

Motor Works ya tiene presencia en el ámbito digital. Posee canales activos, posee un historial de clientes en Getsoft y cuenta con una propuesta técnica distintiva que ningún competidor local ha expresado claramente. Los clientes llegan por recomendación verbal o proximidad geográfica. La publicidad digital segmentada es la solución precisa para eso. Consiste en mostrarse ante la persona

adecuada, con el mensaje apropiado, justo cuando esa persona está considerando contratar un servicio de automóviles.

Un anuncio de Google Ads que aparece cuando alguien escribe "taller automotriz Ibarra" o "diagnóstico BYD Imbabura" captura una intención de compra activa. Eso es cualitativamente distinto a cualquier publicación orgánica. El vínculo de esta intervención con el MTTR es real aunque indirecto. El volumen más grande de citas programadas con información anticipada del vehículo, que se logra a través de anuncios que remiten al cliente a WhatsApp o a un formulario antes de la entrada, posibilita prever el alcance del servicio, manejar los repuestos con antelación y disminuir los períodos improductivos en los subtiempos T1 (programación) y T4 (espera de repuestos). La publicidad digital permite captar clientes y optimizar la calidad de la información con la que el taller organiza su jornada. La inversión se organiza en dos plataformas con diferentes lógicas:

- **Google Ads opera con intención declarada.** El cliente ya tiene conocimiento de que requiere un servicio y lo está buscando. Meta Ads opera con segmentación por perfil. Aunque el cliente no está buscando activamente, el algoritmo lo clasifica como audiencia pertinente en función de sus comportamientos anteriores, su localización y sus rasgos demográficos. Las dos plataformas no son excluyentes, sino que se complementan. Google recoge la demanda existente. Meta crea una nueva demanda.
- **Google Ads — Captura de búsqueda local:** La inversión sugerida para Google Ads, en la Fase 1, es de USD 100 al mes. Con un radio de segmentación de 15 kilómetros desde Ibarra y con ese presupuesto, es posible conseguir entre 200 y 350 clics al mes en palabras clave de gran valor comercial. En el sector de automóviles local en Ecuador, el precio por clic varía entre USD 0,25 y USD 0,60, lo que convierte esta inversión en factible para una microempresa.

Se debe tomar en cuenta que, Meta Ads trabaja con tres audiencias diferenciadas por arquetipo:

- **Para el arquetipo A1**, el conductor activo con vehículo particular, el anuncio apela a la previsibilidad y a la confianza técnica. Se sugiere un carrusel que incluya una comparación de los tiempos de espera con y sin cita previa, imágenes reales del proceso de servicio y el Llamada a la Acción (CTA) que te lleva directamente a WhatsApp para verificar la fecha. La segmentación en Meta emplea intereses relacionados con el automovilismo, la compra y mantenimiento de vehículos, junto con la localización de Ibarra y sus alrededores y un rango etario que va de los 28 a los 55 años.
- **Para el arquetipo A2**, el empresario con flotas, el anuncio comunica capacidad de gestión y no solo servicio técnico. El mensaje principal es que Motor Works tiene la capacidad de hacerse cargo del mantenimiento programado de su flota, ofreciendo informes mensuales por unidad, prioridad de turno y precios distintos según el volumen. Se sugiere un video breve de 30 a 45 segundos con un testimonio del gerente del taller que explique el servicio de flota. La segmentación de Meta se enfoca en dueños de negocios, gerentes de compañías de transporte y directores de operaciones que se encuentren en Carchi e Imbabura, con un rango ampliado a 30 kilómetros desde Ibarra.
- **Para el arquetipo A3**, el cliente nuevo que llega por búsqueda digital, el anuncio reduce la incertidumbre del primer contacto. El mensaje hace hincapié en la transparencia: diagnóstico sin costo encubierto, presupuesto previo al comienzo de la labor y confirmación de entrega en el plazo pactado. Se aconseja un formato corto de video o Reel que incluya imágenes del taller, del equipo técnico y del procedimiento de diagnóstico. La segmentación utiliza intereses de búsqueda de servicios locales y la audiencia similar (lookalike) que se genera a partir de los contactos presentes en el CRM.

Las palabras clave más importantes se clasifican en cuatro grupos. La primera abarca búsquedas de servicios generales, como "taller mecánico en Ibarra", "taller automotriz en Imbabura" o "mantenimiento de autos en Ibarra". La segunda abarca diagnóstico técnico: "diagnóstico electrónico Ibarra", "escáner automotriz Ibarra" y "inspección del motor Ibarra". La tercera se enfoca

en la especialización de BYD y vehículos eléctricos: "taller BYD Ecuador", "mantenimiento de Ibarra" y "taller híbridos Imbabura". La cuarta incluye las reparaciones correctivas y urgencias: "falla de motor Ibarra", "mecánica urgente Ibarra" y "reparación de frenos Ibarra".

Cada conjunto de palabras clave está asociado con una landing page o página de destino específica que tiene un solo llamado a la acción: concertar una cita por WhatsApp o llenar el formulario de contacto. El tráfico no se redirige al perfil de Instagram ni a la página principal del sitio web. El cliente que hace clic en un anuncio de diagnóstico BYD es dirigido a una página web dedicada únicamente a ese servicio. Esto aumenta el índice de conversión y disminuye el costo por prospecto.

El retargeting se dirige a los usuarios que han interactuado previamente con el taller, pero no han realizado la conversión. Accedieron al perfil de Instagram, sin embargo, no hicieron clic en el anuncio o no terminaron de llenar el formulario. Esos usuarios ya están familiarizados con Motor Works. El costo de reactivar a los usuarios es de tres a cinco veces menos que el de captar uno nuevo.

La audiencia de retargeting se compone por: usuarios que han visitado el sitio web o la página de aterrizaje en los últimos 30 días, aquellos que interactuaron con anuncios o publicaciones en Meta durante las últimas dos semanas y los contactos del CRM que no realizaron conversiones en el último mes y medio. El mensaje del anuncio de retargeting es diferente al de captación. Proporciona un motivo concreto para realizar la acción que no se completó: un descuento por primera visita, la disponibilidad inmediata o el recordatorio de que el vehículo ya ha alcanzado el kilometraje de mantenimiento correspondiente.

La inversión aproximada de publicidad digital en la Fase 1 (meses 1 y 2) es de USD 270 mensuales. La distribución sugerida asigna el 50% a Google Ads, que equivale a USD 140; el 35% a Meta Ads, lo que representa USD 98; y el 15% restante a retargeting, o USD 42. Esta proporción

prioriza la recolección de intenciones activas en la primera etapa, ya que produce conversiones más rápidas y nutre el CRM con leads calificados desde el primer mes.

La distribución se modifica conforme a los datos acumulados desde la Fase 2 (a partir del tercer mes). Si el costo por lead de Meta Ads excede los 4,50 dólares estadounidenses, se reasigna presupuesto para Google. Cuando el CTR de Google Ads supera el 6%, se aumenta el presupuesto destinado a esa plataforma. Las decisiones de ajuste se toman con la información que proporcionan cada semana el CRM y las plataformas. El costo por cita confirmada, y no la cantidad de impresiones, es el indicador que determina el éxito de este método. Ese indicador está directamente relacionado con una bahía de trabajo planificada, un repuesto gestionado previamente y un técnico que puede trabajar sin tiempos muertos.

4.1.8. Estrategia de contenidos

Motor Works cuenta con perfiles activos en Facebook, Google Business Profile, Instagram y TikTok. El inconveniente es que solo se publica contenido promocional genérico. No distingue a Motor Works de ninguna otra empresa de Ibarra. No informa acerca de la certificación BYD. No presenta el procedimiento de diagnóstico. No capacita al cliente acerca del mantenimiento preventivo. Y no está concebido teniendo en cuenta quién lo va a observar ni en qué fase del proceso de decisión esa persona se encuentra.

El benchmarking confirma el diagnóstico. Motor Works posee características técnicas distintivas que ninguno de sus seis competidores directos ha aprovechado en sus canales: la certificación BYD, el escáner multimarca, la especialización en autos híbridos y eléctricos, así como el poder consultar el historial del vehículo por placa. Ese espacio de distinción comunicacional está desprovisto. Esta propuesta tiene como objetivo utilizarlo.

La estrategia de contenidos no funciona por sí misma, sino que está vinculada al proceso de servicio. El contenido técnico tiene un papel operativo específico desde el punto de vista del MTTR:

informa al cliente acerca de cómo es el proceso de reparación. Un cliente que comprende la razón por la cual un diagnóstico toma tiempo, qué significa esperar un repuesto o cómo se organiza un presupuesto llega al taller con expectativas realistas. Eso elimina los tiempos improductivos que se producen a causa de las explicaciones reiteradas en la recepción (T1) y por desacuerdos acerca del alcance laboral en la autorización del presupuesto (T3).

La matriz de contenidos organiza la producción según las fases del recorrido. El principio organizativo de esta estrategia es sencillo: el contenido adecuado, en el momento apropiado y para la persona adecuada. Cada etapa del recorrido del cliente presenta una necesidad concreta de los usuarios, un conflicto que resolver y un formato que se desempeña mejor en cada plataforma. El escaso compromiso que tiene el taller en este momento se debe a la producción de un contenido homogéneo para todas las fases y todos los canales. La **Tabla 10** especifica esa correlación.

Tabla 10. Matriz de contenidos por fase del journey de Motor Works

Fase	Tipo de contenido	Formato	Canal	Objetivo
Descubrimiento	Educación preventiva	Reels / TikTok 30–60 s	TikTok, Instagram, Facebook	Hacer visible a Motor Works con contenido útil
Consideración	Capacidad y claridad	Carrusel, ficha de servicios	Instagram, Facebook, Google Business Profile (GBP)	Mostrar qué hace el taller y por qué es confiable
Evaluación	Validación social y técnica	Testimonios, antes/después, reseñas	Facebook, Instagram, GBP	Reducir el riesgo percibido; comunicar certificación BYD
Conversión	Oferta y cierre	Anuncio con CTA, landing con formulario	Google Ads, Meta Ads, WhatsApp	Lograr cita o cotización inmediata
Posventa	Seguimiento y reseña	Mensaje WhatsApp, email breve	WhatsApp, email	Generar reseña verificada y segunda interacción
Fidelización	Recordatorio y comunidad	Emails segmentados, listas de difusión	WhatsApp, email, Facebook	Incrementar recompra y referidos activos

***Nota.** Las fases de descubrimiento y consideración trabajan sobre el arquetipo A3, que no conoce el taller y decide exclusivamente por lo que encuentra en digital. Las fases de posventa y fidelización trabajan principalmente sobre el arquetipo A1, cuya lealtad ya existe, pero no está activada por*

ningún flujo sistemático. El arquetipo A2 requiere contenido de la fase de consideración con enfoque específico en gestión de flotas y confiabilidad técnica.

El mensaje cambia según el arquetipo se publica para alguien concreto que necesita un llamado a la acción distinto. La **Tabla 11** especifica esas tres dimensiones para cada segmento.

Tabla 11. Mensajes diferenciados por arquetipo de cliente

Arquetipo	Dolor central	Mensaje de contenido	CTA específico
A1 — Conductor Activo	Temor a cobros excesivos y pérdida de tiempo	Diagnóstico claro, precio antes de tocar el auto y servicio en el tiempo acordado	Agenda hoy por WhatsApp y te confirmamos en 5 minutos
A2 — Empresario de la Ruta	Pérdida de ingresos por inactividad del vehículo	Motor Works gestiona tu flota con reporte mensual por unidad y prioridad de turno	Solicita tu plan de flota y recibe propuesta en 24 h
A3 — Afectado por Colisión	Incertidumbre ante el proceso con la aseguradora	Te acompañamos desde el ingreso hasta la entrega: diagnóstico, trámite y posventa	Escribenos ahora y te orientamos sin costo

Nota. La Llamada a la Acción (CTA) del arquetipo A1 responde directamente a la desviación estándar más alta del instrumento ($\pm 1,22$ en el ítem de comunicación oportuna del tiempo de entrega): el cliente no quiere esperar sin saber cuándo estará listo su vehículo. El mensaje promete exactamente lo que el instrumento reveló que el cliente más valora. El CTA del arquetipo A2 activa la propuesta de contrato de flota que el CRM deriva automáticamente cuando detecta tres o más vehículos diésel asociados al mismo contacto.

El calendario editorial mínimo factible. Una estrategia de contenidos que no incluye un calendario no puede considerarse una estrategia. Es una intención. Motor Works no requiere de un equipo de marketing ni de una producción profesional. Requiere de coherencia y un tema diferenciado. Durante los dos primeros meses, el algoritmo de las plataformas no empieza a difundir contenido orgánico hasta que se alcanzan tres publicaciones por semana.

El calendario se estructura en tres bloques temáticos rotatorios. El primer bloque consiste en el contenido técnico educativo: breves explicaciones sobre mantenimiento preventivo, señales

comunes de fallo, cuándo hay que sustituir el aceite, cómo se lleva a cabo el diagnóstico electrónico y qué diferencia a un vehículo BYD de los demás. Este bloque opera en las etapas de toma de conciencia y descubrimiento. Es la persona que capta al arquetipo A3 antes de que este haya tomado una decisión sobre a qué taller asistir.

En el segundo bloque se encuentra la evidencia: fotos auténticas del antes y después de una reparación, videos breves del proceso de diagnóstico, imágenes tomadas de la pantalla del escáner con el error detectado (con permiso del cliente) y la presentación del equipo técnico. Este bloque opera en la etapa de evaluación. Es quien transforma la visita al perfil en una decisión de contacto. Para el arquetipo A2, este bloque demuestra la capacidad técnica previa a la asignación de una flota.

El tercer bloque es el contenido comunitario: actualizaciones del taller, novedades de BYD, recordatorios para el mantenimiento estacional y reconocimiento a clientes frecuentes (con permiso). Este bloque opera en las etapas de fidelización y posventa. Es el que mantiene al arquetipo A1 en contacto con el taller entre cada visita.

Los tres bloques se reparten a través de la semana en diferentes plataformas, dependiendo del formato. Los videos cortos de contenido técnico educativo son enviados a Instagram Reels y TikTok. Facebook obtiene el contenido de evidencia con una explicación más pormenorizada. Google Business Profile es actualizado cada semana con imágenes y publicaciones que mejoran la posición local en las búsquedas.

La producción de este contenido no requiere equipo externo en la Fase 1. Las fotos del procedimiento de servicio se capturan con el teléfono móvil del técnico o del gerente. Los videos de entre 30 y 60 segundos no necesitan edición profesional, ya que el formato original de Instagram Reels y TikTok privilegia el contenido genuino por encima del contenido elaborado. El proceso auténtico de diagnóstico de un vehículo BYD o la reparación del sistema eléctrico es el tipo de contenido que Motor Works ofrece y que, sin inversión extra, produce más interacción orgánica en esas plataformas.

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

4.1.9. Email marketing y automatización de seguimiento

Cuando un taller de vehículos de Ibarra planea comunicarse con sus clientes, el correo electrónico no es el primer medio que considera. WhatsApp es más instantáneo. Las redes sociales tienen mayor alcance en términos visuales. Sin embargo, el correo electrónico tiene un beneficio que ninguno de esos demás canales tiene: es el único medio en el que Motor Works puede mandar un mensaje estructurado, con registro documentado, sin necesidad de que el cliente tenga una aplicación abierta en ese instante.

No todos los clientes emplean el correo electrónico como su medio principal. Por esta razón, en esta propuesta no se sustituye a WhatsApp por el correo electrónico. Lo completa. WhatsApp sirve para comunicaciones instantáneas: notificación de progreso, confirmación de citas y aviso de entregas. El correo electrónico es útil para intercambios que necesitan de más estructura o contenido, como informes de servicio para flotas, propuestas de contratos de mantenimiento para el arquetipo A2 o secuencias nutricionales dirigidas a clientes potenciales fríos que no se convirtieron en la primera interacción.

Brevo, anteriormente Sendinblue, es la plataforma sugerida para implementar esta capa. Ofrece un plan sin costo que permite hasta 300 correos electrónicos diarios y 9.000 mensuales. Permite la integración directa con el CRM por medio de Zapier o Make, además de la automatización de secuencias, segmentación mediante etiquetas y monitoreo de clics y aperturas. El plan gratuito es suficiente para el volumen actual de Motor Works durante la Fase 1 de implementación.

Las secuencias se distribuyen de acuerdo al arquetipo y a la condición del lead. Una secuencia de correos electrónicos no es una lista de mensajes enviados a gran escala semanalmente. Es un flujo que se activa por una circunstancia o acción concreta del cliente: programó su primera cita, llenó el formulario, recibió el auto, no ha visitado en 45 días o fue clasificado como lead frío por el CRM.

Cada condición activa un flujo diferente. Cada flujo tiene un propósito diferente. Motor Works tiene cuatro secuencias principales definidas:

- **Secuencia 1 — Lead nuevo sin cita confirmada (arquetipo A3).** Esta secuencia se activa cuando un contacto completa el formulario de la landing page o interactúa con un anuncio de Meta, pero no agenda cita de inmediato. El objetivo es reducir la fricción del primer contacto y convertir la intención en acción.
 - a) Día 0 (inmediato): email de bienvenida con presentación del taller, lista de servicios disponibles, mención de la certificación BYD y botón directo a WhatsApp para agendar. El tono es informativo, no de venta.
 - b) Día 2: email breve con un testimonio verificado de un cliente recurrente y enlace a la galería de trabajos realizados en redes sociales. El objetivo es construir confianza antes de que el lead reciba una propuesta.
 - c) Día 5: email con oferta de primera visita o diagnóstico sin cargo adicional, con CTA de cierre: "Reserva tu cita esta semana y te confirmamos horario en menos de 30 minutos".
 - d) Día 10: si el lead no abrió ninguno de los tres correos anteriores, se activa un último correo de reactivación con asunto diferente y mensaje más directo. Si tampoco hay apertura, el lead pasa a la categoría de frío en el CRM y se incorpora a la campaña de retargeting de Meta Ads.
- **Secuencia 2 — Post-servicio para cliente nuevo (arquetipo A3 convertido).** Esta secuencia se activa cuando un cliente del arquetipo A3 recibe su vehículo por primera vez. El objetivo es convertir ese primer servicio en el inicio de una relación recurrente.
 - a) Día 1: email de agradecimiento con resumen del servicio realizado, próximo mantenimiento recomendado según kilometraje y enlace directo para dejar reseña en Google. Este correo va acompañado del mensaje de WhatsApp ya definido en el protocolo de posventa.

- b) Día 30: email de recordatorio de revisión preventiva con una lista breve de los ítems que corresponde verificar según el tipo de servicio realizado.
 - c) Día 60: email con contenido educativo relacionado al tipo de vehículo del cliente. Si tiene un BYD, recibe información sobre el cuidado de la batería y el sistema de regeneración. Si tiene un vehículo de combustión, recibe información sobre el desgaste de frenos y filtros según el uso urbano.
 - d) Día 90: oferta de recompra con descuento de fidelidad para el segundo servicio. Este es el momento de mayor intención de retorno según el ciclo típico de mantenimiento preventivo.
- **Secuencia 3 — Reactivación de clientes inactivos (arquetipo A1 sin visita en más de 90 días).** Esta secuencia actúa directamente sobre el registro histórico de Getsoft. Cuando el CRM identifica esta situación, todos los clientes que no han sido visitados en más de 90 días son incluidos automáticamente en este flujo. Es la secuencia con mayor efecto a corto plazo porque se basa en una clientela que ya confía en el taller.
 - a) Semana 1: email personalizado con el nombre del cliente y el tipo de vehículo, recordando que el próximo mantenimiento está próximo según el kilometraje estimado. El tono es de servicio, no de venta: "Tu Toyota Hilux del 2019 ya alcanzó el intervalo recomendado de cambio de aceite y filtros".
 - b) Semana 2 (si no hubo apertura): email alternativo con asunto diferente y mensaje más directo, con oferta de agenda rápida por WhatsApp y confirmación en menos de 30 minutos.
 - c) Semana 3 (si no hubo respuesta): el contacto pasa a lista de difusión de WhatsApp para reactivación directa con mensaje personalizado por el gerente.
 - **Secuencia 4 — Gestión de flotas (arquetipo A2).** Esta secuencia es cualitativamente distinta a las precedentes. No funciona con el mismo formato ni el mismo tono. El arquetipo A2 no requiere ser persuadido de la importancia del mantenimiento. Es necesario que

observe que Motor Works puede manejar esa responsabilidad de manera profesional y documentada.

- a) Mes 1: propuesta formal de contrato de mantenimiento con tabla de servicios por tipo de vehículo, frecuencia recomendada, precio por unidad y condiciones de prioridad de turno. Este correo tiene formato de documento, no de email promocional.
- b) Mensual (clientes de flota activos): reporte de estado por unidad con historial del mes, próximos servicios programados y alertas de intervención prioritaria. Este reporte alimenta la confianza del arquetipo A2 mejor que cualquier campaña publicitaria porque le demuestra que Motor Works gestiona su flota con la misma rigurosidad que él espera de cualquier proveedor crítico.
- c) Trimestral: análisis de costos de mantenimiento por vehículo con comparativa respecto al trimestre anterior. Este contenido no tiene equivalente en ningún competidor local identificado en el benchmarking.

Las métricas de desempeño del canal se miden por tres indicadores que determinan si el canal está funcionando o necesita ajuste:

- **La tasa de apertura.** En el sector de servicios locales, si la tasa de apertura es igual o mayor al 25%, significa que tanto el asunto del correo como el momento de enviarlo están bien ajustados. Una tasa por debajo del 15% indica que los asuntos no son suficientemente relevantes o que la frecuencia de envío es excesiva.
- **La tasa de clic.** Un porcentaje de clic sobre apertura igual o superior al 8% indica que el contenido del correo y el CTA están alineados con la necesidad del momento del cliente. Si el clic es bajo, pero la apertura es alta, el problema está en el contenido o en el botón de acción, no en el asunto.
- **La tasa de conversión de email a cita confirmada.** Este indicador vincula directamente el canal de correo electrónico con el resultado operativo del taller. Cada cita que se confirma por correo es una bahía con trabajo planificado, un repuesto ya gestionado y la posibilidad

de disminuir los subtiempos T1 y T4. El objetivo de la Fase 2 es que, por lo menos, el 10% de los emails que se envían a leads tibios resulten en una cita confirmada en los 7 días posteriores al envío.

4.1.10. Ecosistema digital integrado

Cada una de las secciones previas de este capítulo analizó una táctica o herramienta por separado. Las funciones de WhatsApp Business, el CRM, el email marketing, Google Business Profile, la estrategia de contenidos y la publicidad digital son diferentes. Sin embargo, funcionan como un sistema únicamente cuando están interconectadas. Un ecosistema no consiste en una serie de plataformas. Es el circuito que permite que la información producida en un canal se transmita de manera automática a la acción adecuada en el siguiente.

Ese circuito es lo que Motor Works carece en este momento. Posee canales activos, pero no están conectados. Posee un historial en Getsoft, pero sin retorno operativo. Posee WhatsApp activo, aunque no está integrado en el procedimiento de servicio. Posee redes sociales, pero no están conectadas con el flujo de programación. Esa brecha se cierra con el ecosistema integrado. No incluye nuevas herramientas; se basa solamente en las que ya existen. Coordina las que ya existen, o las que esta propuesta presenta, en una secuencia lógica donde cada elemento desempeña un papel particular. La **Tabla 12** describe la arquitectura funcional completa del ecosistema. El flujo del circuito se desarrolla en los siguientes instantes sucesivos:

- **La captación.** El cliente accede a la página de aterrizaje del taller o directamente al chat de WhatsApp Business gracias a Google Ads, Meta Ads, Instagram, TikTok, Google Maps o una recomendación hecha por WhatsApp. El sistema recolecta tres datos esenciales durante el primer contacto: razón por la que se consulta, tipo de vehículo y nombre. Esos tres datos son suficientes para categorizar al contacto y poner en marcha el flujo correspondiente.

- **La centralización.** Zapier o Make identifica el nuevo contacto, lo registra en el CRM de manera automática y lo hace con el canal de origen, la intención y el servicio que le corresponda según las normas de segmentación establecidas. Si el contacto ya está en el CRM porque es cliente de Getsoft, el sistema modifica la ficha existente en vez de generar una duplicada. Ese dato consolidado es el que nutre todas las acciones posteriores.
- **La conversión.** El CRM activa el flujo correspondiente de acuerdo con el arquetipo y la situación del contacto. Un lead nuevo del modelo A3 recibe, por un lado, el correo electrónico de bienvenida y, por otro lado, el mensaje de WhatsApp que contiene la lista de servicios. Un cliente A1 con más de 90 días sin visita recibe el recordatorio de mantenimiento. Se le ofrece un contrato de flota a un contacto A2 que tenga tres o más vehículos. Ninguna de esas corrientes necesita la intervención manual del gerente. Se llevan a cabo de manera autónoma conforme a las condiciones del historial.
- **La retroalimentación.** Getsoft actualiza el historial del vehículo con la clase de trabajo ejecutado, el kilometraje y la fecha cuando el cliente recibe el servicio y se convierte en cliente. El CRM se retroalimenta con esa actualización. El CRM activa el recordatorio correspondiente después de volver a calcular el siguiente periodo de mantenimiento. El circuito se completa. Antes de que el vehículo salga del taller, ya está programado el siguiente contacto con ese cliente.

Tabla 12. Arquitectura funcional del ecosistema digital de Motor Works

Capa	Herramienta	Función en el circuito	Costo mensual	Relación con el MTTR
Captación web	WordPress + Elementor	Landing multiservicio con formularios y botones directos a WhatsApp	USD 15 (hosting)	Genera leads con información previa del vehículo; reduce T1 y T2
Gestión de búsqueda local	Google Business Profile	Posicionamiento local, reseñas, publicaciones semanales	USD 0	Reduce T1 al captar leads con intención declarada
Mensajería y coordinación	WhatsApp Business	Agendamiento, notificaciones de	USD 15	Reduce T3 (autorización) y T4 (anticipación de repuestos)

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Capa	Herramienta	Función en el circuito	Costo mensual	Relación con el MTTR
		avance, seguimiento post-servicio		
CRM y automatización relacional	HubSpot CRM Free	Centraliza leads, segmenta por arquetipo, activa flujos automáticos	USD 25	Habilita planificación anticipada; impacta T4 directamente
Operación y trazabilidad	Getsoft	Historial de servicios, placa, kilometraje, facturación	Ya contratado	Alimenta recompra y reduce T2 al anticipar el alcance del servicio
Email automation	Brevo (ex Sendinblue)	Secuencias por arquetipo: posventa, reactivación, flotas	USD 0 (plan free)	Activa clientes A1 inactivos; nutre leads A3 antes del primer contacto
Publicidad digital	Google Ads + Meta Ads	Captación de intención activa y generación de demanda segmentada	USD 280	Aumenta volumen de citas con información previa; mejora T1
Automatización de integración	Zapier / Make	Conecta todas las capas sin programación; activa flujos por condición	USD 20	Elimina pasos manuales de traspaso entre herramientas

Nota. El costo total aproximado del ecosistema en Fase 1 es de USD 355 mensuales, considerando la inversión en publicidad como el componente variable de mayor peso. Las capas de gestión de búsqueda local, CRM, email automation y Getsoft no generan costo adicional al ya existente. La capa de automatización (Zapier/Make) puede operar en plan gratuito durante los primeros meses con el volumen actual del taller.

Por qué la integración tiene más importancia que cada herramienta individualmente. Un taller que utiliza WhatsApp Business sin un CRM responde a las preguntas. Un taller que emplea CRM sin automatización actualiza los registros de manera manual. Un taller que tiene publicidad, pero no una página de aterrizaje convierte mal. Cada instrumento individual genera un resultado parcial. El hecho de que una acción del cliente y una respuesta del sistema estén conectadas por medio de la automatización, sin requerir que el gerente intervenga en cada paso, es lo que distingue a un ecosistema de un conjunto de aplicaciones.

Eso es lo que este ecosistema logra para Motor Works. El gerente maneja un taller con cuatro técnicos, 90 autos mensuales y sin trabajadores administrativos asignados. No tiene la posibilidad

de chequear manualmente cuántos clientes no han sido visitados en más de 90 días. No tiene la capacidad de recordar que el seguimiento posterior al servicio debe enviarse 48 horas después de cada entrega. No tiene la posibilidad de revisar todos los días si hay nuevos leads en el formulario de la página de destino. Sin embargo, el sistema tiene la capacidad de realizar todas esas acciones. Y lo hace de manera consistente, sin tener en cuenta si el gerente está disponible o no.

El efecto diferenciado por arquetipo. En el caso del arquetipo A1, el ecosistema utiliza el historial de Getsoft para prever el próximo servicio y enviar un recordatorio en el instante preciso. El cliente asiduo no requiere que el taller lo persuada para regresar. Requiere que el taller lo tenga presente antes de que él deba buscarlo. El CRM con las reglas de reactivación realiza eso automáticamente. Para el arquetipo A2, el ecosistema construye el canal de comunicación estructurado que ese segmento exige. Informe mensual por cada vehículo. Propuesta de contrato con costos en función del volumen. Confirmación de un turno preferente. Todo eso requiere datos consolidados y flujos distintos. Para una microempresa de cinco personas es imposible mantener ese nivel de atención sin la capa de CRM y automatización del correo electrónico.

Para el modelo A3, el taller es el entorno antes de que llegue el vehículo. Es el aviso que aparece cuando usted busca en Google. Es la página de aterrizaje que lo persuade con imágenes reales del procedimiento. Es el WhatsApp que le contesta en un tiempo inferior a 30 minutos. Es el correo electrónico que recibe dos días después si no ha terminado de llenar el formulario. El arquetipo A3 no puede llegar sin ese circuito. Llega al competidor que lo posee.

El MTTR y el ecosistema. La relación entre la disminución del MTTR y el ecosistema digital no es una metáfora. Está en funcionamiento. Todo cliente que programa cita con información anticipada del vehículo es un técnico que tiene la capacidad de elaborar el diagnóstico antes de la llegada. Cada repuesto que se identifica con 24 horas de antelación es tiempo que se resta del subtiempo T4. Cada autorización de presupuesto administrada por WhatsApp con plantilla preestablecida significa minutos menos del subtiempo T3. Cada recordatorio automático que pone en marcha una cita programada es un puerto con trabajo planificado y no improvisado. El ecosistema

no disminuye el MTTR por sí mismo. Lo disminuye porque crea las condiciones de información y previsión necesarias para que los instrumentos Lean del Capítulo 4.2 funcionen con eficacia real. No existe un Kanban eficaz sin una demanda previsible. No se puede hacer un diagnóstico anticipado sin contar con información previa del automóvil. Sin una comunicación estructurada, no es posible obtener una autorización de manera rápida. El ecosistema digital es la capa que permite el funcionamiento de todo lo demás

4.1.11. Sistema de indicadores de desempeño

Una intención es una propuesta que no tiene indicadores. Motor Works no lleva la cuenta de MTTR ni de ningún indicador operativo de manera sistemática en la actualidad. No calcula el índice de conversión de contactos a citas. No cuenta con información acerca de cuántos clientes vuelven en los 90 días posteriores a un servicio. El gerente trabaja basándose en su percepción y su experiencia. Eso funciona hasta un grado determinado de complejidad. Las decisiones se toman tarde o mal si no hay datos más allá de ese nivel.

El sistema de indicadores planteado no tiene como objetivo sobrecargar la operación con mediciones que no son necesarias. Intenta determinar el conjunto mínimo de información que permita evaluar si la propuesta está teniendo éxito, en qué lugares tiene un mejor desempeño y dónde requiere ajustes. Son indicadores que el taller puede registrar, ya sea con las herramientas existentes o con las que se introducen en esta propuesta: Getsoft, WhatsApp Business, Google Business Profile y HubSpot CRM Free.

Los indicadores se estructuran en cuatro dimensiones: comunicación y operación, captación y conversión, reputación y fidelización, así como visibilidad digital. Cada dimensión cuenta con un número de KPI que va de dos a cuatro, los cuales incluyen su definición, la meta para los primeros seis meses y la fuente de medición. La **Tabla 13** muestra el sistema entero.

Tabla 13. KPI estratégicos de la propuesta de posventa digital de Motor Works

Dimensión	Indicador	Definición	Meta a 6 meses	Fuente
Visibilidad digital	Visitas al perfil GBP	Vistas mensuales al perfil de Google Business Profile	≥ 500 / mes	Google Business Profile
Visibilidad digital	Posición en búsqueda local	Ranking en resultados para "taller automotriz Ibarra"	Top 3 resultados locales	Google Maps
Visibilidad digital	Impresiones en Meta / TikTok	Alcance mensual de publicaciones e impresiones de anuncios	≥ 15 000 / mes	Meta Business Suite / TikTok Analytics
Conversión y captación	Leads calificados por mes	Contactos nuevos con datos mínimos capturados en CRM	≥ 50 / mes	HubSpot CRM
Conversión y captación	Tasa de conversión contacto → cita	% de leads que agendan cita dentro de los 7 días del primer contacto	≥ 35%	HubSpot CRM / WhatsApp
Conversión y captación	Costo por cita confirmada	Inversión publicitaria total ÷ citas agendadas desde canales digitales	≤ USD 5,60 / cita	Google Ads + Meta Ads
Conversión y captación	CTR de anuncios Google Ads	% de clics sobre impresiones en campañas de búsqueda local	≥ 6%	Google Ads
Operación y comunicación	Tiempo de respuesta en WhatsApp	Tiempo promedio entre el primer mensaje del cliente y la primera respuesta del taller	≤ 30 min en el 80% de los casos	WhatsApp Business
Operación y comunicación	Tasa de autorización de presupuesto	% de presupuestos enviados que reciben autorización en menos de 2 horas	≥ 70%	Getsoft / WhatsApp
Operación y comunicación	Tasa de seguimiento post-servicio	% de servicios completados que reciben mensaje de seguimiento a las 24-48 h	100%	WhatsApp / Brevo
Fidelización y reputación	Reseñas verificadas en Google	Número acumulado de reseñas con calificación en el perfil de Google Business Profile (GBP)	≥ 40 reseñas a los 4 meses	Google Business Profile
Fidelización y reputación	Calificación promedio	Nota media del perfil de Google Maps	≥ 4,5 estrellas	Google Business Profile
Fidelización y reputación	Tasa de retención a 90 días	% de clientes nuevos que realizan un segundo servicio dentro de los 90 días	≥ 30%	Getsoft / HubSpot CRM
Fidelización y reputación	Tasa de reactivación	% de clientes inactivos (más de 90 días) que responden a la secuencia	≥ 20%	HubSpot CRM / Getsoft

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Dimensión	Indicador	Definición	Meta a 6 meses	Fuente
		de reactivación y agendan cita		

***Nota.** El indicador de tasa de autorización de presupuesto ($\geq 70\%$ en menos de 2 horas) tiene conexión directa con el subtiempo T3 del MTTR. Cada reducción en ese tiempo libera la bahía para el vehículo siguiente. El indicador de tasa de seguimiento post-servicio al 100% no es una meta aspiracional: es una condición de operación. Con el protocolo de WhatsApp automatizado descrito en el 4.1.5, ese 100% se logra sin intervención manual del gerente.*

Los indicadores no son útiles si se revisan una vez y se archivan. La propuesta establece tres frecuencias de revisión según la naturaleza del indicador:

- Los indicadores de conversión y comunicación (tiempo de respuesta, tasa de autorización, leads por mes, seguimiento post-servicio) se revisan semanalmente. Son los más sensibles a cambios operativos inmediatos. Una semana con tiempo de respuesta por encima de 30 minutos en más del 30% de los casos es señal de que el protocolo de WhatsApp no se está ejecutando o que el volumen de consultas superó la capacidad de atención individual del gerente.
- Los indicadores de visibilidad y captación (visitas a GBP, impresiones, CTR, costo por cita) se revisan mensualmente. Esos datos requieren acumulación mínima de 30 días para ser estadísticamente interpretables. Una sola semana de datos no es suficiente para tomar decisiones sobre ajuste de campañas o modificación de la estrategia de contenidos.
- Los indicadores de fidelización y reputación (retención a 90 días, reactivación, calificación promedio en Google) se revisan trimestralmente. Son los que miden el impacto de largo plazo de la propuesta. No cambian semana a semana. Pero son los que determinan si la propuesta está generando una base de clientes más sólida y previsible o si solo está produciendo picos de demanda aislados sin retención sostenida.

Durante la Fase 1, el gerente propietario es quien se encarga de revisar todos los indicadores. Para este rol no se sugiere la contratación de más personal. Las plataformas y el CRM producen de

manera automática los informes bajo una cultura del negocio enfocado al servicio, el rediseño y alineación de los procesos comerciales (Yance, 2011). El gerente tiene la responsabilidad de analizar esos informes semanalmente (indicadores operativos) y mensualmente (indicadores de captación), y luego tomar una determinación específica después de cada evaluación: mantener, modificar o aumentar.

El MTTR por tipo de servicio, calculado antes y después de la implementación, es una variable clave en esta investigación que conecta toda la propuesta de posventa digital. Ese indicador no es único de la propuesta digital. Es el indicador global de la investigación. No obstante, la propuesta de posventa digital ayuda a disminuirlo de tres maneras comprobables: incrementando la proporción de automóviles que llegan al taller con información previa (lo cual disminuye T2), acelerando el tiempo de autorización de presupuestos (lo que disminuye T3) y aumentando la previsión de piezas mediante citas agendadas (lo cual reduce T4). Se pueden medir esas tres aportaciones con los datos que Getsoft ya ha registrado, haciendo una comparación entre el tiempo medio de cada subtiempo antes y después de que se implementa el ecosistema digital durante los primeros 90 días.

4.1.12. Síntesis de la propuesta: conexión con el MTTR

La propuesta digital de posventa de Motor Works no es una táctica de mercadotecnia. Es una actuación acerca de la eficacia operativa del taller. Cada instrumento mencionado en este capítulo cumple una función operativa en el proceso de servicio. No están ahí para que el taller tenga un aspecto más profesional en Instagram. Cada una de ellas está presente porque tiene un impacto directo sobre uno de los subtiempos que, como se muestra en el Capítulo 3, conforman el MTTR.

Ese es el fundamento que estructura toda la propuesta. Si una herramienta no puede ser justificada por su efecto en la variable principal del estudio, su importancia disminuye. Las acciones que aumentan la visibilidad sin crear condiciones operativas más eficaces son secundarias. Las que eliminan pasos manuales, adelantan información y disminuyen los tiempos improductivos son las que tienen prioridad.

El MTTR técnico-operativo de Motor Works tiene una línea base de 270 minutos (4,50 horas), según la Tabla 5. Ese tiempo se divide en siete sub-tiempos: T2 a T8. De ellos, tres son transformados de forma directa por la propuesta digital: T2 (recepción del vehículo), T4 (elaboración y aprobación del presupuesto) y T8 (entrega del vehículo). Un cuarto sub-tiempo, T5 (espera de repuestos), recibe un efecto indirecto.

Los sub-tiempos restantes, T3 (diagnóstico técnico), T6 (intervención técnica) y T7 (control de calidad), son responsabilidad de la propuesta Lean Service y del protocolo de diagnóstico innovador. La propuesta digital no actúa sobre ellos de forma directa. Sin embargo, crea condiciones para que las otras dos propuestas funcionen mejor: una bahía con trabajo programado tiene menos interrupciones que una bahía con trabajo espontáneo.

Sobre T2, la reducción viene de dos fuentes. La primera es el protocolo de WhatsApp Business con agendamiento automatizado: el cliente confirma su cita, indica el tipo de servicio y da detalles del vehículo antes de llegar. Eso reduce el tiempo de recolección de datos en la recepción física. La segunda fuente es el formulario de la landing page, que recoge esos mismos datos cuando el contacto surge de un anuncio digital. La meta es reducir T2 de 8 minutos a 5-6 minutos para los vehículos que llegan con cita previa.

Sobre T3, el efecto se transmite a través del historial de Getsoft sincronizado con el CRM. Cuando el técnico recibe un vehículo con historial disponible, el diagnóstico parte de información existente, no desde cero. El kilometraje, el tipo de servicio anterior, las observaciones del último ingreso y las alertas de mantenimiento permiten anticipar el alcance del trabajo. Este efecto es indirecto y se cuantifica dentro de la propuesta de diagnóstico innovador, no en esta sección.

Sobre T4, la mejora más notable es la plantilla de presupuesto por WhatsApp con botón de aprobación. Hoy, la autorización depende de una llamada o una conversación presencial. Ese proceso puede tardar entre 30 y 90 minutos si el cliente no está disponible o pide una explicación

detallada. El nuevo protocolo envía el presupuesto con la descripción del trabajo, el costo y el tiempo estimado, y recibe respuesta por el mismo canal. La meta es que el 70% de las aprobaciones se resuelvan en menos de 30 minutos.

Sobre T5, el impacto es indirecto, pero su magnitud potencial es alta. La anticipación de repuestos depende de información previa sobre el vehículo. Un taller que agenda citas con datos sobre tipo de servicio y tipo de vehículo puede verificar disponibilidad de repuestos antes de que el vehículo llegue. Cuando el proveedor no tiene stock inmediato, el taller puede gestionar el pedido con anticipación suficiente para tener el repuesto ese mismo día. T5 concentra hoy el 48,15% del MTTR técnico. La propuesta no elimina ese tiempo. Lo reduce de forma progresiva, en la medida en que aumenta el porcentaje de vehículos agendados con información previa. La Tabla 14 resume el impacto estimado por sub-tiempo.

Tabla 14. Impacto estimado de la propuesta de posventa digital sobre los subtiempos del MTTR

Sub-tiempo	Tiempo actual estimado	Mecanismo digital de intervención	Reducción estimada	Tiempo objetivo
T1 — Contacto y agendamiento	10 min	Formulario de captación con datos del vehículo previo a la cita	40–50%	5–6 min
T2 — Recepción del vehículo	8 min	Historial de Getsoft sincronizado con CRM; checklist digital de ingreso	30–40%	5–6 min
T3 — Diagnóstico técnico inicial	20 min	Información previa del vehículo disponible antes del ingreso físico	15–20%	16–17 min
T4 — Elaboración y aprobación del presupuesto	22 min	Plantilla de presupuesto por WhatsApp con botón de aprobación	50–65%	8–11 min
T5 — Espera de repuestos	130 min	Anticipación de repuestos mediante citas con información previa (efecto indirecto)	20–35%	85–104 min
T6, T7	60 min y 15 min	Intervención indirecta: menos interrupciones por trabajo planificado	No cuantificado en esta propuesta	Depende de Lean Service

T8 — Entrega del vehículo	15 min	Notificación automática de vehículo listo por WhatsApp	40–50%	7–9 min
---------------------------	--------	--	--------	---------

La posventa digital, por sí sola, no basta para cumplir las metas de reducción del MTTR de esta investigación. La razón es simple: T6, el tiempo de ejecución técnica, no depende de canales digitales. Depende del orden del taller, de los procedimientos operativos, de la disponibilidad de herramientas y de cómo se distribuye el trabajo entre técnicos. Eso corresponde a Lean Service. T3 también se beneficia del diagnóstico innovador, con herramientas como el escáner bidireccional avanzado o la termografía infrarroja.

La propuesta digital ordena la información y anticipa la demanda. Lean Service organiza los tiempos internos, estandariza el proceso, y mejora la calidad del servicio (Herrera-Vidal et al., 2024). El diagnóstico innovador acorta el tiempo de detección de fallas. Las tres propuestas atacan el mismo problema desde puntos distintos del ciclo. Cuando el análisis se centra en el MTTR técnico-operativo, la posventa digital actúa sobre T2, T4 y T8, con efecto indirecto en T5. Cuando se amplía al ciclo total de atención, se suma la mejora en T1. Cuando se evalúa la relación con el cliente después del servicio, el foco pasa a los KPI de posventa y a T9. Mantener esta distinción no es un detalle menor: permite leer los resultados sin ambigüedad.

El circuito se completa con los datos. El sistema de indicadores del apartado 4.1.11, activo desde la Fase 1 del plan de implementación, cierra ese circuito. Sin medición, la propuesta queda como hipótesis. Con medición, se convierte en evidencia. El MTTR registrado por tipo de servicio, antes y después de la implementación, comparado con la línea base de la Fase 1, será el dato que determine si la propuesta cumplió su objetivo. No se trata de impresiones en Instagram ni de seguidores. Se trata del tiempo que tarda Motor Works en devolver un vehículo reparado a su propietario.

4.2. Propuesta metodológica: Lean Service

El diagnóstico del Capítulo 3 identificó tres tipos de desperdicio que concentran la mayor parte del tiempo improductivo en Motor Works: la espera de repuestos, que afecta al 50–75% de las reparaciones; la falta de estandarización de los tiempos de intervención técnica; y la saturación de bahías, que opera por encima del 95% de la capacidad instalada.

La propuesta Lean Service usa cinco herramientas para atacar esos desperdicios: Kanban, SOP, 5S, SMED y TPM. Cada una fue seleccionada porque resuelve un problema concreto identificado en el VSM. La Tabla 15 muestra esa correspondencia.

El orden de implementación importa. Kanban y SOP van primero. Sin gestión de repuestos ni procedimientos estándar, las demás herramientas no tienen base sólida donde operar. 5S y SMED siguen después, sobre un proceso ya parcialmente ordenado. TPM corre desde el primer mes en paralelo, porque el mantenimiento de los equipos no puede esperar.

El Kanban de repuestos abordó el problema más costoso del proceso. En la línea de base, el cuello de botella principal es T5, espera de repuestos, con 130 minutos, equivalentes al 48,15% del MTTR técnico-operativo de 270 minutos. El problema no estaba solo en la velocidad de los proveedores. Estaba en que los repuestos se pedían cuando el vehículo ya estaba inmovilizado en la bahía. El Kanban interrumpió ese ciclo reactivo en dos niveles. El primer nivel garantiza que los componentes de alta rotación no se agoten. El segundo permite anticipar piezas para vehículos agendados con información completa. Su impacto se mide sobre **T5**, que es el sub-tiempo de permanencia del vehículo mientras espera el repuesto dentro del taller.

Los **SOP** redujeron la variabilidad organizacional del proceso. No la variabilidad técnica, que depende de la complejidad de cada reparación. La variabilidad evitable: dos técnicos haciendo la misma recepción de forma diferente, el diagnóstico aplicado en unos casos y no en otros, el control de calidad presente en un turno y ausente en el siguiente. Los tres SOP (recepción, intervención y calidad) convirtieron esas diferencias en secuencias repetibles. Su efecto principal recae sobre **T2**,

T3, T6 y T7, que son los sub-tiempos que ocurren con el vehículo dentro del taller. La tasa proyectada de retrabajo baja del 10% al 3%. **T1** no se incluye en este análisis porque no forma parte del MTTR técnico-operativo. T1 ocurre antes del ingreso del vehículo y su mejora corresponde a la propuesta de posventa digital.

4.2.1. Propósito y alcance de la propuesta

El propósito de Lean Service en Motor Works es reducir los sub-tiempos operativos donde se concentran los desperdicios. No se trata de ampliar la capacidad ni de contratar personal adicional. Se trata de que el proceso actual funcione mejor con los recursos que ya existen.

El alcance cubre el ciclo completo de servicio: desde la recepción del vehículo hasta su entrega. Todas las etapas internas como recepción, diagnóstico, espera de repuestos, intervención técnica y control de calidad, tienen al menos una herramienta Lean asignada. Ningún sub-tiempo queda sin intervención. El resultado esperado a seis meses es una reducción del MTTR técnico de entre el 36% y el 57%, con un MTTR proyectado de entre 2,00 y 3,00 horas para reparaciones simples, frente a las 4,50 horas de referencia actuales.

El propósito de la propuesta Lean no es convertir a Motor Works en una planta industrial. No es aplicar una lista de herramientas para cumplir requisitos académicos. Se trata de suprimir los desperdicios que el diagnóstico del Capítulo 3 identificó como causa del MTTR alto.

Por eso las cinco herramientas seleccionadas tienen cada una un objetivo preciso. El Kanban trabaja sobre T5, la espera de repuestos, que constituye el 48,15% del MTTR técnico actual. Los SOP se ocupan de T2, T3 y T4, que concentran la variabilidad en la recepción, el diagnóstico inicial y la aprobación del presupuesto por parte del cliente. Las 5S establecen las condiciones físicas para que el resto de herramientas funcionen de forma consistente. El SMED reduce el tiempo entre servicios consecutivos. El TPM evita interrupciones inesperadas del equipo que puedan detener el flujo de trabajo. Como decisión metodológica, no se incluyen herramientas sin relación directa con los desperdicios registrados. El alcance tiene tres condiciones explícitas:

- **El perímetro de intervención.** Las herramientas Lean actúan solo sobre los sub-tiempos y desperdicios identificados en el diagnóstico. No incluyen procesos administrativos ni financieros ajenos al tiempo de ciclo. El foco está en el flujo del vehículo dentro del taller, desde la recepción hasta la entrega.
- **La escala de intervención.** Motor Works es una microempresa de seis personas y cinco bahías. Cualquier herramienta que requiera personal adicional, infraestructura nueva o más de dos semanas de implementación por fase queda fuera del alcance. Se prioriza la simplicidad sobre la sofisticación metodológica. Una herramienta bien implementada a escala pequeña produce más impacto que cinco herramientas a medio implementar a escala grande.
- **La interdependencia con la propuesta digital.** La propuesta Lean no opera de forma aislada. Varias herramientas alcanzan su máximo impacto cuando los datos digitales están disponibles antes del ingreso del vehículo. El Kanban de nivel 2 necesita conocer el tipo de servicio con al menos 24 horas de anticipación. El SOP de recepción se acelera cuando el cliente ya envió la información del vehículo por WhatsApp. La estandarización de tiempos mejora cuando el diagnóstico parte de un historial en Getsoft y no de cero. Sin la propuesta digital del apartado 4.1, la propuesta Lean sigue funcionando, pero por debajo de su potencial.

Motor Works no tiene la dificultad de un taller que trabaja poco o que lo hace mal técnicamente. Su problema es distinto: aunque funciona bien en las áreas visibles del servicio, pierde cerca de 2,9 horas por vehículo en periodos invisibles (65% del MTTR técnico). Esos periodos invisibles son los que el cliente no percibe, pero sí padece, porque el vehículo no está listo cuando se le prometió.

La perspectiva más apropiada para este problema es Lean Service. No porque sea el método más complejo, sino porque está diseñado para hacer visible lo que no se ve, medir lo que no se mide

y eliminar lo que no suma valor, sin invertir en infraestructura nueva. Es la solución más directa a la naturaleza del problema detectado en el diagnóstico.

La filosofía Lean se basa en una premisa que Motor Works aplica con precisión: el cliente es el único que determina el valor de un servicio. Cualquier cosa que consuma tiempo sin cambiar la condición del vehículo de forma que el cliente lo valore es un desperdicio. En Motor Works, esos desperdicios pueden documentarse, medirse y gestionarse. Esta propuesta hace exactamente eso. La meta cuantitativa de la propuesta Lean Service es reducir el MTTR técnico de 4,50 horas a un rango de 2,00 a 3,00 horas en seis meses. No es un objetivo ambicioso. Es una estimación conservadora, fundamentada en el diagnóstico y respaldada por implementaciones Lean documentadas en talleres de tamaño similar.

La reducción proyectada del MTTR afecta directamente la capacidad del taller. Con el MTTR técnico reducido a un rango de 2,00 a 3,00 horas, Motor Works puede atender entre 108 y 115 vehículos al mes, sin necesidad de expandir la infraestructura. Actualmente, el taller atiende 90 vehículos al mes. Eso representa entre 18 y 25 vehículos adicionales. Ese aumento supone entre \$2.916 y \$4.050 adicionales de facturación mensual, con un ticket promedio de \$162. Todo esto sin contratar personal nuevo y sin construir otra bahía. Solo con eliminar el tiempo que hoy se pierde sin generar ningún resultado.

4.2.2. Fundamento metodológico de la propuesta de Lean Service.

Lean Service traslada los principios del Sistema de Producción Toyota al sector de servicios. El objetivo es el mismo: eliminar actividades que consumen tiempo o recursos sin generar valor para el cliente (Pedicini, 2025). En un taller automotriz, eso se traduce en reducir los tiempos muertos entre etapas, estandarizar las operaciones repetibles y evitar que los errores de una etapa temprana se propaguen al resto del proceso (Herrera-Vidal et al., 2024).

Womack & Jones (2003) establecieron que la eliminación de desperdicios en procesos de servicio es tan efectiva como en manufactura, siempre que las herramientas se adapten al flujo específico de la operación. En Motor Works, ese flujo tiene una característica particular: los mayores desperdicios no están en la intervención técnica en sí, sino en lo que ocurre antes y después. La espera de repuestos detiene el trabajo ya comenzado. La falta de SOP genera variabilidad entre técnicos. La saturación de bahías bloquea el avance del siguiente vehículo.

Esta lógica no es exclusiva de talleres pequeños. Mofolasayo et al. (2022) estudiaron cómo pymes manufactureras aplican Lean antes de dar el salto a tecnologías más costosas. Encontraron que el camino más sólido empieza por ordenar el proceso con herramientas simples. La digitalización avanzada llega después, cuando el terreno ya está preparado. Motor Works sigue esa misma ruta: primero Kanban y SOP, con inversión mínima; después, herramientas más sofisticadas si el negocio las necesita (Muñoz-Guevara et al., 2022).

El VSM confirma esta secuencia con datos propios. Acero et al. (2019) aplicaron un mapeo de flujo de valor para reducir el tiempo de procesamiento de pedidos en una cadena logística compleja. Su hallazgo central fue simple: visualizar el flujo completo permite ubicar dónde se pierde más tiempo, sin necesidad de estadística avanzada.

Thakur & Panghal (2021) documentaron que TPM y sus variantes de mantenimiento inteligente son pilares para garantizar la efectividad del equipo y la calidad del servicio en talleres con recursos limitados. Kanban, por su parte, permite gestionar el flujo de materiales con señales visuales simples, sin necesidad de software complejo ni inversión mayor. Las dos herramientas son las más viables para una microempresa de seis personas (Pedicini, 2025).

4.2.3. Sistema Kanban de gestión de repuestos

El Kanban es el primer instrumento que se implementa porque T5, espera de repuestos, representa el 48,15% del MTTR técnico actual (2,17 horas de 4,50 horas) y afecta entre el 50 y el

75% de las reparaciones. Ninguna otra intervención tiene esa magnitud. Por eso ninguna otra tiene mayor prioridad.

En Motor Works la gestión de repuestos es completamente reactiva: el técnico comienza la intervención, identifica el componente que necesita y lo solicita al proveedor en ese momento. El vehículo espera en la bahía hasta que el repuesto llega, bloqueando una bahía en un taller que ya opera cerca de su capacidad máxima. El análisis de los cinco porqués del Capítulo 3 confirmó la causa raíz: el taller no tiene información anticipada sobre los vehículos que van a ingresar, por lo que no puede pedir con antelación ni planificar el stock. Getsoft agrava la situación por omisión: el historial completo de cada vehículo está disponible por placa (servicios previos, observaciones del técnico, piezas reemplazadas), pero no se consulta de forma proactiva para anticipar necesidades. El sistema propuesto opera en dos niveles.

- **Nivel 1 — Kanban de inventario mínimo.** Establece un stock permanente de componentes cuya demanda es predecible: filtros de aceite y aire para las marcas más frecuentes de la cartera, aceites de motor en las viscosidades de mayor demanda, pastillas de freno para SUVs y livianos, líquidos de freno y refrigerante, y focos y fusibles de alta rotación. El punto de pedido para cada repuesto se calcula una sola vez al implementar el sistema: frecuencia de uso semanal $\times$ plazo de entrega del proveedor + 50% de stock de seguridad. Ese cálculo se actualiza trimestralmente. El control es físico y visual: tarjeta verde sobre el nivel mínimo indica stock suficiente; tarjeta roja bajo ese nivel activa el pedido al proveedor ese mismo día.
- **Nivel 2 — Kanban de orden de trabajo anticipada.** Es el de mayor impacto directo sobre T5. Cuando un cliente agenda por WhatsApp y envía los datos del vehículo (marca, modelo, año, placa, tipo de servicio, síntoma), esa información genera una tarjeta Kanban en el tablero de planificación con tres zonas de control: verificación de stock, solicitud al proveedor si aplica, y confirmación de que los repuestos están listos para el técnico asignado. Cada mañana, en menos de 15 minutos, el gerente revisa las citas del día siguiente, verifica

los repuestos necesarios contra el inventario y emite los pedidos con al menos 24 horas de anticipación. El resultado es concreto: los repuestos del vehículo que entra mañana ya están disponibles o en tránsito confirmado. Si excepcionalmente un repuesto no llega a tiempo, el técnico se reasigna a otra OT en lugar de quedar paralizado.

Este nivel depende de la propuesta digital del ítem 4.1: sin datos de agendamiento previo no existe la tarjeta de OT anticipada. Esa interdependencia no es una debilidad del diseño, es la razón por la que ambas propuestas se refuerzan mutuamente.

Se proyecta que el Kanban de doble nivel reduzca T5 de 2,17 horas a un rango de entre 0,55 y 1,00 hora en los seis meses posteriores a la implementación, una reducción de entre el 53,92% y el 74,65%. Ese es el mayor impacto individual de toda la propuesta Lean. Para alcanzar el extremo optimista, es necesario que más del 70% de los vehículos ingresen con cita previa y datos del vehículo registrados. Por debajo de ese umbral, el Kanban de Nivel 2 opera parcialmente y T5 se estabiliza en el rango conservador de 1,00 hora. Por eso el plan de implementación vincula la activación del Nivel 2 con la consolidación del agendamiento digital, y no antes. La inversión inicial de tarjetas laminadas, tablero físico y stock mínimo del Nivel 1, se sitúa entre USD 800 y USD 1.200. Es la intervención con menor costo por hora de desperdicio eliminado en toda la propuesta.

4.2.4. Procedimientos Operativos Estándar (SOP)

El diagnóstico del Capítulo 3 mostró algo evidente: la variabilidad de los tiempos en Motor Works no proviene de tareas técnicamente complejas. Proviene de la ausencia de una secuencia definida para nada. Cada técnico toma el vehículo según su propio criterio. El diagnóstico se aplica en algunos casos y en otros no. El gerente elabora el presupuesto cuando tiene tiempo. Sin un estándar, la mejora depende del estado de ánimo del día: no se puede medir, no se puede sostener y no se puede replicar.

Los SOP resuelven ese problema. No son manuales de 80 páginas. Son instrucciones concretas, en papel, fijadas donde se usan. Cada uno define qué se hace, en qué secuencia, quién lo

ejecuta y cuánto tiempo toma. La propuesta instaure tres SOP interconectados, cada uno dirigido a sub-tiempos específicos del MTTR.

El SOP de recepción, diagnóstico y presupuesto ataca T2, T3 y T4. Hoy T2 fluctúa porque no hay un checklist que estructure la recepción, el diagnóstico se omite en una proporción significativa de ingresos, y la elaboración del presupuesto no tiene un tiempo de referencia. El SOP define un máximo de 20 minutos para mantenimientos preventivos con información previa del cliente, y 40 minutos para servicios correctivos sin información previa.

Tabla 15. Detalle de procedimientos SOP de recepción, diagnóstico y presupuesto

Paso	Acción	Responsable	Tiempo
1	Bienvenida y verificación de identidad contra la cita agendada en el tablero	Gerente o técnico designado	2 min
2	Inspección visual externa con registro fotográfico de preexistencias	Técnico	5 min
3	Consulta del historial en Getsoft por placa	Técnico o gerente	3 min
4	Diagnóstico técnico inicial (100% de los vehículos, sin excepción)	Técnico asignado	10–20 min
5	Elaboración del presupuesto en Getsoft con desglose por mano de obra y repuestos	Gerente	5–10 min
6	Envío del presupuesto al cliente por WhatsApp con foto del diagnóstico si aplica	Gerente	Máx. 5 min
7	Registro formal de la OT en Getsoft con técnico asignado y hora estimada de entrega	Gerente	3 min
8	Actualización del tablero Kanban	Técnico o gerente	1 min

El Paso 4 es el más importante. Cuando el diagnóstico se omite, el técnico descubre durante la intervención que necesita un repuesto adicional. El trabajo se detiene, el gerente elabora un presupuesto nuevo y el cliente debe volver a aprobar: T4 y T5 se reinician dentro de la misma orden de trabajo. Lo que tardó 15 minutos en omitirse genera entre 2 y 4 horas de consecuencias. El SOP también crea una regla sin excepciones sobre la autorización: ninguna intervención comienza sin aprobación explícita del cliente, y si el cliente no responde en 30 minutos, el vehículo sale de la bahía para dar paso a otro trabajo. Esa regla convierte T4 en un tiempo controlado y visible, no en una espera indefinida.

El SOP de intervención técnica por tipo de servicio ataca T6. En el estado actual, T6 muestra variabilidad significativa entre técnicos y entre órdenes del mismo tipo, porque no existen tiempos estándar de referencia. Los tiempos de la Tabla 16 no son una sanción. Permiten al gerente planificar la carga diaria de bahías, calcular la hora de entrega con precisión y detectar desviaciones que indiquen un problema técnico no anticipado o una oportunidad de mejora.

Tabla 16. Tiempos estándar propuestos por tipo de servicio para Motor Works

Tipo de servicio	Operaciones incluidas	Tiempo estándar propuesto	Tipo de vehículo
Mantenimiento preventivo básico	Cambio de aceite, filtros, revisión de 21 puntos	1,5–2,0 h	Livianos y SUVs
Mantenimiento preventivo completo	Básico + frenos, suspensión, líquidos	3,0–3,5 h	Livianos y SUVs
Diagnóstico electrónico	Escaneo OBD2, informe, presupuesto de intervención	0,5–1,0 h	Todas las marcas
Diagnóstico especializado BYD	Escaneo bidireccional, revisión del sistema de tracción eléctrica	1,0–1,5 h	Vehículos BYD
Frenos (pastillas delanteras y traseras)	Desmontaje, reemplazo, calibración	1,5–2,0 h	Livianos y SUVs
Alineación y balanceo	Corrección y verificación	1,0–1,5 h	Todas
Reparación correctiva simple	Operaciones de alcance conocido sin repuestos externos	2,0–3,0 h	Variable

El SOP de control de calidad post-reparación ataca T7 y T8. El control de calidad actual no tiene checklist formal, y la tasa de retrabajo es del 10%: uno de cada diez vehículos regresa dentro de 30 días por la misma falla, lo que bloquea una bahía sin generar ingreso y compromete la retención del cliente. El SOP define un checklist de ocho puntos de verificación:

- Comprobación del trabajo realizado contra la orden de trabajo, sin omisiones
- Verificación funcional del sistema intervenido
- Revisión del nivel de aceite y líquidos post-intervención
- Inspección visual del habitáculo, sin herramientas olvidadas
- Comprobación de la limpieza interior del vehículo

- Registro fotográfico del trabajo terminado
- Cierre de la orden de trabajo en Getsoft con hora de finalización real
- Actualización de la tarjeta Kanban al estado "lista para entrega"

Para mantenimiento preventivo, la revisión completa no supera los 10 minutos. Para servicios correctivos, hasta 20 minutos, según el sistema intervenido. Ese tiempo no se pierde: es el que evita entre 2 y 3 horas de retrabajo. El último paso activa el protocolo de notificación por WhatsApp del apartado 4.1: el gerente envía el mensaje en el momento en que la tarjeta cambia de estado, lo que elimina el tiempo en que el vehículo terminado espera sin que el cliente sepa que puede recogerlo.

Los tres SOP no son procedimientos autónomos. El SOP de recepción garantiza que la OT tenga información completa al abrirse; esa información alimenta el Kanban de Nivel 2 para gestionar repuestos con anticipación. El SOP de intervención asegura que el técnico trabaje con alcance definido y tiempo de referencia explícito. El SOP de calidad asegura que el trabajo no regrese al taller. Sin el primero, el Kanban opera con datos incompletos. Sin el segundo, la programación de bahías es una estimación sin base. Sin el tercero, la tasa de retrabajo del 10% sigue consumiendo capacidad. La inversión para los tres es mínima: dos horas de formación del equipo, papel y plastificación. Son la intervención con mejor relación costo-impacto de toda la propuesta Lean.

4.2.5. Metodología 5S

Las 5S no son la herramienta más llamativa de la propuesta ni la de mayor impacto directo sobre un sub-tiempo específico, pero son la condición sin la cual las otras cuatro herramientas no funcionan con consistencia. Un tablero Kanban en una bodega desorganizada pierde sentido en la primera semana. Un SOP de recepción de 20 minutos es inviable si el técnico tarda 10 minutos buscando una herramienta. Un cambio de bahía en 8 minutos es imposible si el espacio anterior quedó con herramientas y residuos sin lugar definido.

En la visita de campo del 23 de febrero de 2026, el gerente indicó que aplica informalmente algunos principios de orden y limpieza, pero no existe un programa documentado, ni estándares para la zona de almacenamiento, ni ubicaciones fijas para herramientas, ni rutina de limpieza estandarizada, ni auditoría periódica. El taller opera correctamente gracias a la experiencia del equipo, pero muestra su debilidad ante ausencias, días de alta demanda o técnicos nuevos: el tiempo dedicado a buscar herramientas y repuestos se convierte en tiempo improductivo que nadie documenta, pero todos padecen.

- **Seiri — Clasificar.** Distinguir lo necesario de lo que no lo es en tres áreas: herramientas por bahía, área administrativa y almacén de repuestos. La regla es simple: todo componente no utilizado en los últimos seis meses sale del almacén activo. La clasificación se basa en el historial de Getsoft, no en la memoria del gerente. Las herramientas que no pertenecen al conjunto base de ninguna bahía se trasladan a un espacio fijo de herramientas compartidas.
- **Seiton — Ordenar.** Cada elemento tiene un lugar definido y solo uno. El mecanismo para herramientas de bahía es el panel de siluetas: una tabla con el contorno de cada herramienta dibujado; la ausencia se nota visualmente sin necesidad de listado. El almacén sigue la lógica ABC: repuestos de alta rotación a altura accesible, rotación media en posiciones intermedias, baja rotación en estantes altos. Las tarjetas Kanban verde y roja del ítem 4.2.3 se integran directamente en este sistema, pegadas al lado de cada repuesto que supervisan.
- **Seiso — Limpiar.** La rutina propuesta no supera 15 minutos por turno: verificación del estado de bahía y herramientas al inicio de jornada (5 min), limpieza de la bahía y devolución de herramientas al cerrar cada OT (5 min), y barrido general con verificación del tablero Kanban al cierre de jornada (5 min). La responsabilidad es de quien usa el espacio, no de una persona designada.
- **Seiketsu — Estandarizar.** Las tres primeras S se documentan con fotografías del estado correcto de cada área, colocadas en el punto correspondiente. Motor Works necesita cuatro imágenes de referencia: área administrativa con escritorio despejado, recepción con tablero Kanban actualizado, almacén de repuestos en orden, y cada bahía con su panel de

herramientas completo. Esas fotos son el estándar visual del taller y se actualizan cada vez que el sistema Kanban modifica la distribución del almacén.

- **Shitsuke — Sostener.** La quinta S requiere disciplina sostenida en el tiempo. El mecanismo propuesto es una auditoría quincenal de 10 minutos: un recorrido por las cuatro áreas estándar con el checklist de 12 preguntas cerradas de la Tabla 17. El resultado se registra por zona y se coloca visible en el tablero de planificación. El equipo lo ve; eso es suficiente para generar el hábito.

Tabla 17. Checklist de auditoría 5S para Motor Works (12 ítems)

Zona	Ítem de verificación	Sí / No
Almacén	Los repuestos de alta rotación están en zona accesible	
Almacén	Las tarjetas Kanban (verde/roja) están visibles y actualizadas	
Almacén	No hay repuestos sin etiqueta ni sin ubicación definida	
Bahía 1–5	El panel de siluetas está completo (todas las herramientas en su lugar)	
Bahía 1–5	No hay residuos, aceites derramados ni herramientas fuera de lugar	
Bahía 1–5	El estado de la bahía es el correcto según la foto de referencia	
Recepción	El tablero Kanban está actualizado con el estado real de cada OT	
Recepción	Las tarjetas de OT tienen los datos completos (placa, técnico, hora estimada)	
Área administrativa	El escritorio del gerente está despejado y sin documentos sin clasificar	
Área administrativa	Los equipos de diagnóstico están en su lugar y en estado operativo	
General	Se cumplió la rutina de limpieza al cierre de jornada del día anterior	
General	No hay objetos personales ni materiales sin uso ocupando espacio de trabajo	

Nota: 10/12 o más indica estado aceptable. Entre 7 y 9, se señala la zona con mayor desviación para corrección inmediata. Menos de 7, se convoca una sesión de reordenamiento en los dos días siguientes.

El impacto de las 5S sobre el MTTR es transversal: reducen el tiempo de búsqueda de herramientas en T3 y T6, aceleran la preparación de repuestos del Kanban de Nivel 2, y el panel de siluetas vacío advierte al gerente de una herramienta faltante antes de que interrumpa una OT en marcha.

4.2.6. SMED adaptado al servicio

Las siglas SMED significan "Single-Minute Exchange of Die". En manufactura, es la metodología que permite reducir el tiempo de cambio entre dos lotes de producción a menos de diez minutos. En un taller de automóviles no hay matrices ni troqueles para reemplazar. Pero existe una operación equivalente: el tiempo que transcurre desde que un vehículo sale de una bahía hasta que el siguiente entra en condiciones de iniciar la tarea técnica.

Ese periodo se llama tiempo de cambio de bahía. En Motor Works no se mide. Pero existe. En un taller que opera al 95% de su capacidad instalada, con cinco bahías y noventa vehículos mensuales, cada minuto de tiempo improductivo representa una pérdida de capacidad sistemática y silenciosa.

Entre el cierre de una orden de trabajo y el inicio de la siguiente ocurren varias cosas. El técnico limpia la bahía, o no lo hace. Busca la orden de trabajo del vehículo que sigue. Averigua qué herramientas necesita. Pregunta al gerente si el cliente ya aprobó el presupuesto. Si corresponde, prepara el equipo de diagnóstico. En el mejor caso, este conjunto de tareas toma entre 10 y 15 minutos. En el peor caso, si el tablero no está actualizado o falta información sobre el próximo trabajo, puede extenderse a 30 minutos o más.

El tiempo de cambio acumulado puede llegar a 1,5 y 3 horas diarias de capacidad técnica inactiva, considerando cinco bahías en funcionamiento y una rotación diaria de tres a cinco servicios por bahía. No aparece en ningún registro. Pero ahí está.

El SMED adaptado a servicios no busca eliminar ese tiempo. Busca reducirlo a un rango de 7 a 9 minutos, mediante dos mecanismos: separar las actividades internas de las externas, y estandarizar la preparación del siguiente servicio mientras el actual sigue en curso.

En manufactura, el SMED diferencia entre operaciones internas, que solo pueden hacerse con la máquina detenida, y externas, que pueden hacerse mientras la máquina sigue funcionando.

La reducción del tiempo de conversión se logra al transformar la mayor cantidad posible de operaciones internas en externas. La **Tabla 18** muestra esa distinción en Motor Works:

Tabla 18. Lógica central interna versus externa de actividades SMED

Actividad	Tipo actual	Tipo propuesto
Consultar la OT del siguiente vehículo	Interna (se hace después de cerrar la OT anterior)	Externa (se revisa en el tablero antes de terminar el trabajo actual)
Verificar si los repuestos del siguiente vehículo están disponibles	Interna	Externa (Kanban de Nivel 2 ya lo resolvió la noche anterior)
Preparar el equipo de diagnóstico (escáner, llave de torque, etc.)	Interna	Externa (se alista en los últimos 5 min de la OT anterior)
Confirmar la autorización del cliente para el siguiente trabajo	Interna	Externa (el SOP de recepción lo gestiona antes del ingreso a bahía)
Limpiar la bahía post-OT	Interna	Interna (no puede eliminarse, pero sí reducirse con las 5S)

La regla es sencilla: todo lo que se puede preparar o saber antes de que el vehículo anterior salga de la bahía debe estar solucionado antes de que el próximo entre. Una vez que la bahía esté desocupada, el técnico no debería iniciar ninguna operación de búsqueda o consulta.

El SMED para Motor Works se estructura en cinco pasos, distribuidos en dos momentos: los últimos 10 minutos de la orden de trabajo actual y los primeros minutos de la siguiente. En los últimos diez minutos de la orden de trabajo en curso:

- El técnico revisa el tablero Kanban e identifica el siguiente vehículo asignado a su bahía (1 min).
- Verifica en la tarjeta de orden de trabajo que los repuestos están confirmados como disponibles, en la zona de preparación del Kanban (1 min).
- Prepara el equipo de diagnóstico y las herramientas específicas según el tipo de servicio de la siguiente orden (3 min).
- Aplica el checklist de cierre del SOP de control de calidad del servicio actual (2 min).

- e) Realiza la limpieza básica de la posición y coloca las herramientas usadas en su panel de siluetas (2–4 min).

Con este protocolo, el técnico ya tiene listas las herramientas y los repuestos confirmados, además de la posición limpia, cuando el vehículo siguiente entra a la bahía. El trabajo técnico se inicia en los primeros dos minutos de la nueva OT, no en los primeros veinte.

La condición para que el SMED funcione es que las condiciones previas estén en funcionamiento. El técnico no sabe cuál es la próxima OT sin el tablero Kanban actualizado. No puede verificar la disponibilidad de los repuestos sin el Kanban de inventario. Sin la implementación de las 5S, el tiempo que se toma limpiar la bahía es el doble del estimado. Por eso, el SMED ocupa la cuarta posición en orden de prioridades para su implementación debido a que requiere que el Kanban (prioridad 1), los SOP (prioridad 2) y las 5S (prioridad 3) estén activos.

Tabla 19. Comparación del tiempo de cambio de bahía: estado actual vs. estado propuesto

Actividad de cambio	Tiempo actual estimado	Tiempo propuesto	Reducción
Consulta de la siguiente OT y datos del vehículo	5–8 min	1 min (ya revisado antes)	4–7 min
Verificación de disponibilidad de repuestos	5–10 min	0 min (Kanban Nivel 2 ya lo resolvió)	5–10 min
Preparación de herramientas y equipo de diagnóstico	5–8 min	3 min (preparado en los últimos min de la OT anterior)	2–5 min
Consulta de autorización al gerente	3–8 min	0 min (SOP de recepción ya lo gestionó)	3–8 min
Limpieza de bahía	8–12 min	2 – 5 min	6–7 min
Total de cambio	26–46 min	6–9 min	20–37 min

Nota. La reducción depende del nivel de implementación de las herramientas previas. El escenario optimista (37 minutos de reducción) asume que el Kanban de Nivel 2, los SOP de recepción y las 5S funcionan en el 80% o más de las órdenes de trabajo. El escenario conservador (20 minutos) aplica cuando solo el 50% de los vehículos ingresa con cita previa y datos completos.

El impacto sobre la capacidad total del taller se calcula así: con tres cambios de bahía diarios y cinco bahías, una reducción promedio de 20 minutos por cambio libera 300 minutos de capacidad técnica al día, es decir, cinco horas diarias. En un mes de 22 días laborables, esto equivale a 110 horas adicionales de tiempo técnico.

Con un tiempo estándar de 2 horas por servicio de mantenimiento preventivo, esas 110 horas se traducen en 55 servicios adicionales al mes. Motor Works atiende actualmente 90 vehículos mensuales. El SMED, en su escenario promedio, representa un incremento de capacidad cercano al 61%, sin necesidad de recursos adicionales.

Esta cifra es la razón más directa por la que el SMED no puede considerarse una herramienta opcional en la propuesta. Si un taller opera al 95% de su capacidad y no puede expandirse físicamente en el corto plazo, la única forma de crecer sin invertir en infraestructura es liberar tiempo entre servicios. No debe confundirse con la meta final de vehículos atendidos por Motor Works, que la propuesta integral fija en un rango de 108 a 115 vehículos mensuales, resultado combinado del Kanban, los SOP, las 5S, el SMED y el TPM operando en conjunto.

4.2.7. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

La quinta herramienta de la propuesta Lean es el TPM. Es la que tiene menos prioridad para implementar. Pero sigue siendo importante. Es la que concluye el sistema.

Los repuestos son gestionados por el Kanban. Los SOP normalizan el procedimiento. Las 5S organizan el espacio. El SMED disminuye la duración de los intervalos entre servicios. El TPM asegura que los equipos que llevan a cabo todo ese proceso no fallen en el momento más inoportuno.

En Motor Works, no son las líneas de producción ni los equipos pesados lo que se considera crítico. Son instrumentos de diagnóstico y medios para intervenir. Si el escáner multimarca presenta fallos a medio diagnóstico, la OT se interrumpe. Si la llave de par electrónico no está correctamente calibrada, el trabajo tiene que rehacerse. Si el ascensor hidráulico de una bahía tiene un problema

sin previo aviso, la bahía no funcionará durante un día entero. Cualquiera de esos sucesos corta el flujo, extiende el MTTR y tiene un impacto negativo en la experiencia del cliente.

El taller no cuenta con un programa oficial para el mantenimiento preventivo de sus equipos. El mantenimiento se lleva a cabo cuando algo no funciona. Ese modelo reactivo es el que, en la administración de inventarios, intenta eliminar el Kanban de repuestos. La misma lógica es válida aquí: siempre resulta más caro esperar que el equipo falle que prevenirlo.

El gerente afirmó que, en términos generales, los equipos de diagnóstico funcionan adecuadamente. Sin embargo, no hay constancia de la calibración más reciente del escáner, ni de la condición de los elevadores, ni del ciclo en el que se cambian las herramientas más desgastadas. No hay manera de pronosticar cuándo un equipo fallará sin esos registros. Y sin esa predicción, cualquier acción planificada puede tornarse en un inconveniente no previsto.

El TPM, en su versión industrial, consta de ocho pilares y necesita equipos especializados, indicadores avanzados de eficacia (OEE) y programas de capacitación con múltiples etapas. Ese grado de ejecución no se ajusta a una microempresa compuesta por seis individuos. El TPM sugerido para Motor Works tiene una aplicación práctica y limitada: determinar los equipos que son críticos, implementar una rutina diaria de verificación por parte del técnico responsable, y formar un programa semestral de calibración y mantenimiento preventivo para los equipos que lo necesiten. Eso es lo suficientemente adecuado para el contexto del taller. Y es sostenible con los recursos a disposición.

El TPM cierra la cadena. En Motor Works, su papel es específico y limitado: evitar que los equipos de diagnóstico se detengan de forma inesperada durante una intervención. Un escáner que falla en medio de un diagnóstico no solo interrumpe ese trabajo. Desordena todo el tablero de planificación del día. Esta relación queda formalizada en la **Tabla 20**.

Tabla 20. Correspondencia entre herramientas Lean, subtiempos del MTTR e impacto estimado

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Herramienta Lean	Sub-tiempos afectados	Impacto sobre el MTTR	Prioridad de implementación
Kanban de repuestos	T5 — Espera de repuestos	Muy alto — ataca el cuello de botella principal (48,15% del MTTR)	1
SOP de recepción, diagnóstico y presupuesto	T2, T3, T4	Alto — elimina variabilidad en las tres primeras etapas internas (18,52% del MTTR)	2
5S	T2, T5, T6 — organización general del taller	Medio-alto — reduce movimientos y tiempos de búsqueda	3
SMED adaptado al servicio	T6 — cambio de bahía entre servicios	Medio — libera capacidad entre servicios consecutivos	4
TPM	T6, T7 — intervención técnica y control de calidad	Medio — previene paros imprevistos que fragmentan el flujo	5

Nota. La prioridad de implementación respeta el principio de mayor impacto con menor costo primero. El Kanban y los SOP se implementan en las primeras cuatro semanas porque no requieren inversión significativa ni tiempo técnico de parada. Las 5S se ejecutan en paralelo desde la primera semana. El SMED y el TPM se incorporan en la tercera y cuarta fase, cuando el equipo ya tiene el hábito de trabajo estructurado que hace posible sostenerlos

La clasificación de equipos críticos sigue un criterio único: ¿si este equipo falla, se detiene al menos una OT activa? Si la respuesta es sí, es crítico y entra en el programa TPM. En la **Tabla 21** se muestra un Inventario de equipos críticos de Motor Works y programa de mantenimiento preventivo.

Tabla 21. Inventario de equipos críticos de Motor Works y programa de mantenimiento preventivo

Equipo	Criticidad	Falla más probable	Verificación diaria	Mantenimiento preventivo	Responsable
Escáner multimarca (OBD2 + avanzado)	Alta	Fallo de software, cable dañado, batería descargada	Encendido y conexión de prueba (2 min)	Actualización de firmware cada 3 meses; calibración semestral	Técnico asignado
Escáner BYD especializado	Alta	Desactualización de protocolos, fallo de comunicación	Verificación de versión de software (1 min)	Actualización según calendario BYD; revisión semestral	Técnico BYD

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Equipo	Criticidad	Falla más probable	Verificación diaria	Mantenimiento preventivo	Responsable
Elevadores hidráulicos (x5)	Muy alta	Fuga de aceite hidráulico, fallo de seguro de bloqueo	Revisión visual de sellos y posición de bloqueo (2 min por elevador)	Cambio de aceite hidráulico anual; inspección de sellos semestral	Técnico de turno
Llave de torque electrónica	Media	Descalibración por caída o uso excesivo	Verificación visual de estado físico (1 min)	Calibración semestral contra torquímetro de referencia	Técnico de turno
Compresor de aire	Media-alta	Fuga en mangueras, fallo de válvula de seguridad	Verificación de presión de trabajo y estado de mangueras (2 min)	Cambio de filtro de aire trimestral; revisión de válvulas semestral	Técnico de turno
Equipo de alineación	Media	Descalibración por uso acumulado	Verificación de nivel y estado de sensores (2 min)	Calibración semestral	Técnico especialista

Nota. La verificación diaria total para todos los equipos no excede los 12 minutos. Se realiza al inicio de jornada, antes de recibir el primer vehículo del día. Es parte de la rutina de apertura del taller.

El mantenimiento autónomo es la base del TPM adaptado para Motor Works. La idea es sencilla: el técnico que dirige un equipo es el primer individuo en darse cuenta de que algo no está funcionando como debería. El técnico que utiliza un escáner 15 veces al día es quien mejor lo conoce.

El mantenimiento autónomo no requiere que el técnico repare los equipos. Requiere que los proteja, que los limpie, que identifique anomalías tempranas y las reporte antes de que se conviertan en fallos. La diferencia entre un escáner que se cae del banco de trabajo y daña el cable de comunicación, y otro que funciona sin problemas durante tres años, no está en la calidad del equipo. Está en el hábito de cuidado y uso. Para poner en práctica este pilar en Motor Works, cada técnico obtiene una tarjeta de referencia plastificada que contiene tres responsabilidades relacionadas con los equipos que maneja:

- Limpiar:** el equipo se entrega limpio al final de cada jornada y se almacena en su lugar definido por las 5S.

- b) **Verificar:** se aplica la verificación diaria del checklist del **ANEXO H** al inicio de cada jornada.
- c) **Reportar:** cualquier anomalía (ruido inusual, lectura inconsistente, fuga, daño físico) se reporta al gerente el mismo día que se detecta mediante una nota en el tablero Kanban o un mensaje directo.

Ese informe activa la decisión del gerente: ¿Es posible que el equipo continúe operando bajo supervisión? ¿Necesita un mantenimiento correctivo de inmediato? ¿Es necesario que deje de funcionar hasta que se repare? Con ese criterio, el taller evita descubrir que un equipo falló cuando ya está en medio de una orden de trabajo. Se entera el día anterior, cuando todavía puede reorganizar.

Los equipos críticos cuentan, además de la verificación diaria, con un cronograma de intervenciones programadas. El calendario se divide en dos periodos anuales: un examen general al comienzo de cada semestre (en enero y julio) y una revisión particular por equipo, de acuerdo con su ciclo de mantenimiento.

El gerente tiene la responsabilidad de organizar estas intervenciones en fechas distintas a los días de mayor demanda. Un taller que cuenta con 90 coches al mes y una ocupación del 95% significa que un elevador fuera de servicio durante un día entero para mantenimiento programado equivale a entre tres y cinco OTs no realizadas. Ese es un costo verdadero. Sin embargo, es predecible y programable, además de ser más pequeño que la otra opción: un ascensor fuera de servicio sin previo aviso en medio de la semana con más demanda.

El TPM no disminuye directamente el MTTR en un período de tiempo determinado. Su efecto es preventivo. Cada fallo de equipo que no sucede porque fue detectado a tiempo significa una OT que no se interrumpe, un técnico que no queda inactivo y una bahía que no se bloquea por razones ajenas al procedimiento.

La tasa de retrabajo actual, que es del 10%, tiene varias causas. Una parte proviene de diagnósticos que están incompletos (los cuales son resueltos por el SOP de recepción). Otro segmento proviene de trabajos que quedan mal acabados debido a la falta de verificación, situación que el SOP de control de calidad soluciona. Una parte, que es complicada de cuantificar sin datos propios, proviene de las intervenciones hechas con herramientas descalibradas o equipos deteriorados. El TPM combate esa tercera causa.

Thakur y Panghal (2021) documentaron que el TPM y su transformación a mantenimiento inteligente son elementos clave para asegurar la eficiencia del equipo y la coherencia entre los procesos de producción y mantenimiento en escenarios con una complejidad técnica cada vez mayor. En Motor Works, se conoce como "los vehículos BYD" y el aumento de vehículos eléctricos e híbridos en la provincia de Imbabura a esa complejidad. Un escáner especializado que no funciona en el único taller de la región certificado por BYD no solamente suspende una OT. Interrumpe el principal elemento que hace que el taller sea competitivo.

La puesta en marcha inicial del TPM no necesita una inversión importante. La impresión y plastificación de las tarjetas de verificación diaria tienen un costo. Los servicios técnicos de calibración y sustitución de componentes desgastados (filtros, cables de diagnóstico, aceite hidráulico) suponen aproximadamente 400 dólares al año dentro del calendario semestral para el mantenimiento preventivo. Ese valor es invariablemente inferior al costo de un solo fallo no previsto en una semana de alta demanda, ya sea en un escáner o en un elevador.

4.2.8. VSM del estado futuro

El VSM del estado futuro mostrado en la *Figura 7* representa el proceso de servicio de Motor Works cuando se implementan y operan de manera estable las cinco herramientas Lean. Su propósito es evidenciar la magnitud de las variaciones en cada sub-período del MTTR cuando se abordan de manera sistemática las causas raíz identificadas en el Capítulo 3.



El punto de partida del estado futuro es la línea de base del MTTR técnico-operativo: 270 minutos (4,50 horas). Esa cifra comprende los sub-tiempos **T2 a T8**, es decir, desde la recepción física del vehículo hasta su entrega formal. Sobre esa base se proyectan todas las mejoras del flujo interno del taller.

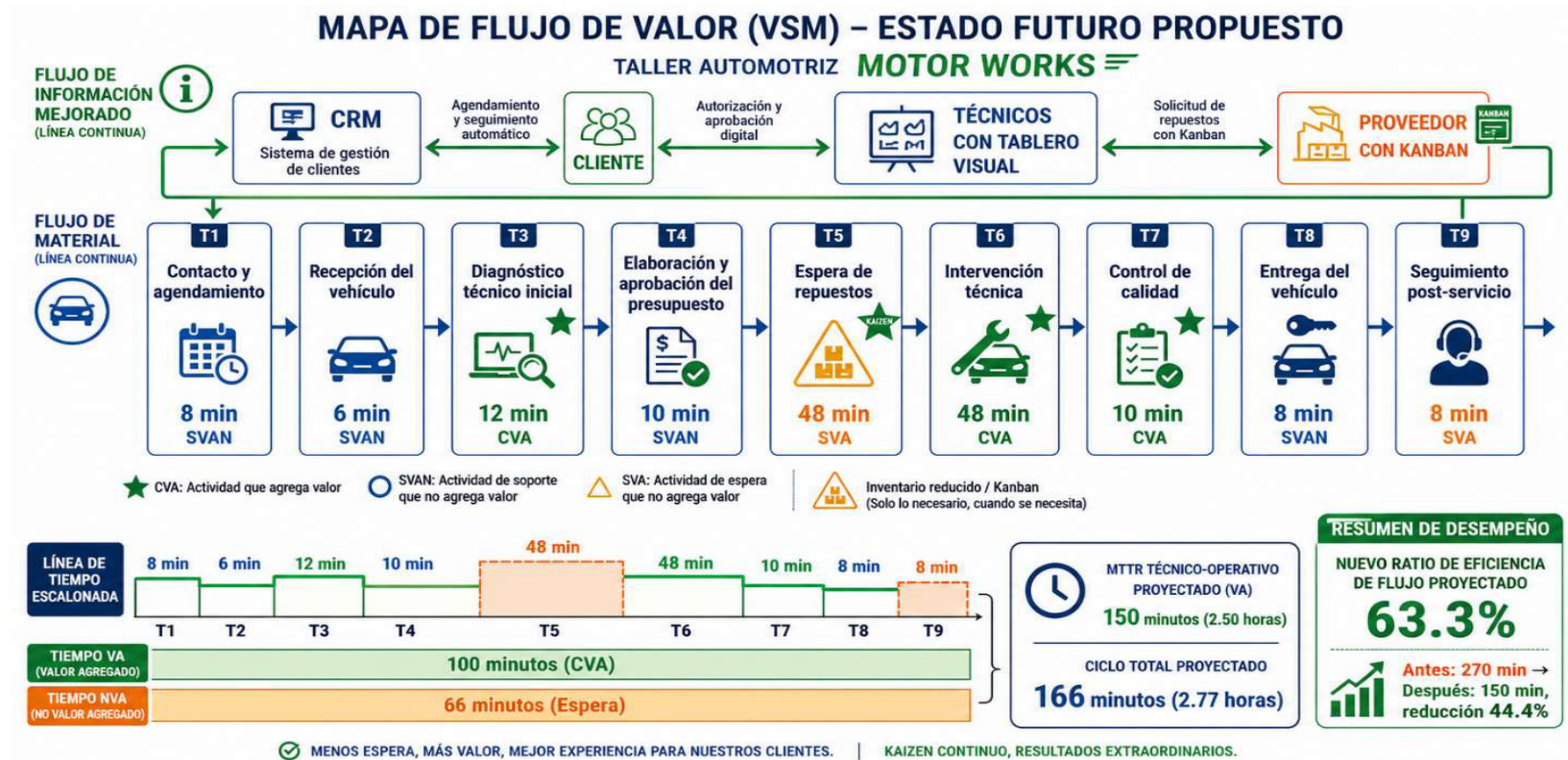


Figura 7. Mapa de Flujo de Valor (VSM) del estado futuro propuesto para Motor Works. Elaboración propia (Perplexity Pro)

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Cuando se amplía el análisis al ciclo total de atención al cliente, el tiempo sube a 300 minutos (5,00 horas), porque se suman **T1** (contacto y agendamiento) y **T9** (seguimiento post-servicio). Ese valor no debe usarse como base del MTTR técnico. Las reducciones de esta sección se calculan siempre sobre los **270 minutos**.

- **T1. Contacto y agendamiento.** No forma parte del MTTR técnico-operativo. Ocurre antes del ingreso físico del vehículo. Su mejora depende de la propuesta de posventa digital y se evalúa como parte del ciclo total de atención al cliente.
- **T2. Recepción del vehículo (actual: 8 min → futuro: 6 min).** La reducción viene del SOP de recepción. Se mantiene un tiempo mínimo porque requiere verificación física del estado del vehículo y apertura de la orden de trabajo.
- **T3. Diagnóstico técnico inicial (actual: 20 min → futuro: 12–15 min).** La reducción se produce por el SOP y por la integración con herramientas de diagnóstico innovador. Lean ordena la secuencia; el diagnóstico innovador comprime el tiempo de detección.
- **T4. Elaboración y aprobación del presupuesto (actual: 22 min → futuro: 12–18 min).** Mejora por plantillas estandarizadas, envío digital del presupuesto y menor número de correcciones posteriores. Sí forma parte del MTTR técnico porque el vehículo ya está en el taller.
- **T5. Espera de repuestos (actual: 130 min → futuro: 45–70 min).** Es el mayor foco de mejora. La reducción depende del Kanban, del agendamiento con datos previos y de la preparación anticipada de piezas para servicios programados. Representa el 46,43% del MTTR técnico actual.
- **T6. Intervención técnica (actual: 60 min → futuro: 45–50 min).** Reducción conservadora. Proviene de SOP, 5S, SMED y eliminación de tiempos perdidos por búsqueda de herramientas o interrupciones evitables.

- **T7. Control de calidad post-reparación (actual: 15 min → futuro: 10–12 min).** Mejora por checklist estandarizado y menor variabilidad en la verificación final. También reduce el retrabajo posterior.
- **T8. Entrega del vehículo (actual: 15 min → futuro: 10–12 min).** Se reduce por notificación oportuna y documentación más clara. Sí integra el MTTR técnico porque ocurre antes del cierre de la orden.
- **T9. Seguimiento post-servicio.** No forma parte del MTTR técnico. Se gestiona como KPI de posventa: tasa de seguimiento, satisfacción, reseñas y frecuencia de retorno. Su mejora se evalúa en la propuesta de posventa digital.

Tabla 22. Comparación de subtiempos del MTTR: estado actual vs. estado futuro con Lean Service

Sub-tiempo	Herramienta principal	Actual (min)	Futuro (min)	Reducción (min)	Reducción (%)
T2. Recepción del vehículo	SOP recepción	8	6	2	25,0%
T3. Diagnóstico técnico	SOP + diagnóstico innovador	20	12–15	5–8	25,0–40,0%
T4. Presupuesto y aprobación	SOP + posventa digital	22	12–18	4–10	18,2–45,5%
T5. Espera de repuestos	Kanban + agenda digital	130	45–70	60–85	46,2–65,4%
T6. Intervención técnica	SOP + 5S + SMED	60	45–50	10–15	16,7–25,0%
T7. Control de calidad	SOP + checklist	15	10–12	3–5	20,0–33,3%
T8. Entrega del vehículo	SOP + notificación digital	15	10–12	3–5	20,0–33,3%
MTTR técnico-operativo (T2–T8)	Integrado	270	140–183	97–140	34,6–50,0%

Nota 1. T1 y T9 no se incluyen en esta tabla. T1 (contacto y agendamiento) pertenece al ciclo total de atención al cliente y ocurre antes del ingreso del vehículo. T9 (seguimiento post-servicio) se monitorea como KPI de posventa, ya que ocurre después de la entrega.

***Nota 2.** Los rangos del estado futuro corresponden a escenarios de implementación gradual. Los valores menores asumen adopción parcial en seis meses; los mayores asumen adopción completa de todas las herramientas.*

Reducir el **MTTR técnico-operativo** de 270 a un rango de 140–183 minutos significa que Motor Works puede completar más servicios por jornada sin ampliar infraestructura ni personal. El mayor efecto se produce cuando **T5** deja de inmovilizar bahías por períodos largos. Con el vehículo liberado antes, el técnico mantiene un flujo más continuo de trabajo y la ocupación de cada bahía se vuelve más eficiente.

Si el análisis se amplía al ciclo total de atención, la mejora puede ser mayor por el efecto de T1 y la gestión relacional posterior. Ese análisis es válido, pero debe presentarse como un indicador distinto, porque incluye tiempos que ocurren fuera del proceso operativo del taller.

4.2.9. Sistema de indicadores de desempeño Lean

Una herramienta Lean que no se evalúa no puede mejorarse, y una que no se mejora se deteriora. El sistema de indicadores no es el cierre burocrático del proyecto: es lo que evita que la propuesta se deshaga en el primer mes de funcionamiento.

Hoy Motor Works no mide ningún indicador operativo de forma sistemática. No hay registro del MTTR por tipo de servicio, ni cálculo estructurado de retrabajo, ni datos históricos de ocupación por bahía. El gerente usa como referencia un tiempo global cercano a 5 horas, que corresponde al ciclo total de atención estimado, desde el primer contacto hasta el seguimiento posterior. Para fines de esta investigación, ese valor se desagregó y la línea de base del MTTR técnico-operativo quedó establecida en 270 minutos (4,50 horas), correspondientes a los sub-tiempos T2–T8.

El principio rector del sistema propuesto es simple: cada indicador debe ser calculable con Getsoft y el tablero Kanban, sin software adicional, sin tableros complejos y en menos de 15 minutos

al cierre de la semana. Si no cumple esa condición, no pertenece al sistema. Los indicadores se organizan en tres niveles según su función en el ciclo de mejora:

- **Nivel estratégico:** mide si la propuesta está produciendo la reducción del MTTR que justifica toda la investigación. Revisión mensual, comparación contra la línea base del mes 2.
- **Nivel operativo:** mide si cada herramienta Lean está funcionando como fue diseñada. Revisión semanal, señala dónde actuar antes de que la desviación afecte el MTTR del mes.
- **Nivel de proceso:** mide la adherencia del equipo a los SOP. Surge de la auditoría quincenal 5S y del tablero Kanban. Detecta problemas antes de que aparezcan en los niveles superiores.

Tabla 23. Sistema de indicadores de desempeño Lean para Motor Works

Nivel	Indicador	Fórmula / método de cálculo	Fuente	Frecuencia	Meta al mes 6
Estratégico	MTTR promedio total	(Hora entrega – hora ingreso) / número de OTs del periodo	Getsoft	Mensual	$\leq 3,00$ h
Estratégico	MTTR por tipo de servicio	MTTR promedio por tipo (MP, MC, diagnóstico, BYD)	Getsoft	Mensual	MP $\leq 1,50$ h; MC $\leq 2,50$ h
Estratégico	Tasa de retrabajo	OTs reingresadas por el mismo problema en ≤ 30 días / total OTs $\times 100$	Getsoft	Mensual	$\leq 3\%$
Estratégico	Ocupación de bahías	Horas facturadas / horas disponibles totales $\times 100$	Getsoft	Mensual	80–88%
Operativo	T5 promedio (espera de repuestos)	Hora disponibilidad repuesto – hora solicitud al proveedor, promedio del mes	Registro de pedidos + Getsoft	Semanal	$\leq 0,80$ h
Operativo	Cobertura del Kanban Nivel 2	OTs con repuestos confirmados antes del ingreso / total OTs con cita previa $\times 100$	Tablero Kanban	Semanal	$\geq 75\%$ al mes 4
Operativo	T4 promedio (aprobación del cliente)	Hora aprobación – hora envío de presupuesto, promedio del mes	WhatsApp + Getsoft	Semanal	$\leq 0,20$ h
Operativo	Cumplimiento del tiempo estándar	OTs dentro del $\pm 20\%$ del tiempo estándar / total OTs del tipo $\times 100$	Getsoft	Semanal	$\geq 80\%$ al mes 3

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Nivel	Indicador	Fórmula / método de cálculo	Fuente	Frecuencia	Meta al mes 6
Proceso	Adherencia al SOP de recepción	OTs con los 8 pasos completados / total OTs $\times$ 100	Tablero Kanban + revisión aleatoria	Quincenal	$\geq 90\%$ al mes 2
Proceso	Resultado de auditoría 5S	Puntuación 0–12 del checklist por zona	Checklist de auditoría	Quincenal	$\geq 10/12$ al mes 3
Proceso	Adherencia al SOP de calidad	OTs con checklist de 8 puntos completado / total OTs $\times$ 100	Revisión aleatoria de OTs	Quincenal	$\geq 95\%$ al mes 4
Proceso	Disponibilidad de equipos críticos	Días con equipo crítico fuera de servicio / días hábiles del mes $\times$ 100	Registro de incidencias TPM	Mensual	$\leq 2\%$

***Nota:** la meta de ocupación de bahías se establece en 80–88% y no en valores superiores. Una ocupación por encima del 88% en un taller de cinco bahías sin holgura de capacidad no deja margen para absorber imprevistos. La ocupación elevada del estado actual no es señal de éxito operativo: es señal de saturación que amplifica cualquier variación del proceso.*

Los indicadores no se leen de forma independiente. Un MTTR que no baja en el tercer mes puede tener tres causas distintas: si T5 sigue alto, el Kanban de Nivel 1 no está operando; si T4 sigue alto, el protocolo de WhatsApp no se aplica; si la adherencia al SOP de recepción es baja, el diagnóstico sigue siendo selectivo y eso afecta T3 y T5. Sin los indicadores de nivel operativo y de proceso, el gerente solo sabe que el MTTR no bajó. Con el sistema completo, sabe exactamente dónde está el problema y puede actuar esa misma semana. El sistema opera con tres instancias de revisión:

- **Semanal (15 minutos, viernes al cierre):** el gerente calcula T4, T5 y el cumplimiento del tiempo estándar. Si algún indicador operativo está por debajo del umbral de la semana anterior, define una acción correctiva concreta para la semana siguiente.
- **Quincenal (20 minutos, primer y tercer lunes del mes):** auditoría 5S y revisión de cumplimiento de SOP. El resultado se pega en el tablero. El equipo lo ve, y eso es suficiente para activar la corrección.
- **Mensual (30 minutos, primer día hábil del mes siguiente):** cálculo del MTTR total, tasa de retrabajo, ocupación de bahías y cobertura del Kanban Nivel 2. Los cuatro indicadores

estratégicos se comparan contra el mes anterior y contra la línea base del mes 2 en una hoja de papel o en una celda de Excel.

La línea base medida en el mes 2 no se reemplaza cuando la propuesta empieza a producir resultados: se mantiene como referencia permanente. Si al mes 6 el MTTR real es de 3,00 horas y la línea base del mes 2 fue de 4,80 horas (MTTR medido, no el estimado de 5,00), la reducción es del 37,5%. Ese porcentaje valida o refuta las proyecciones del VSM. Sin línea base medida, ese número no existe y la propuesta puede haber funcionado perfectamente sin poder demostrarlo.

Si el sistema completo de 12 indicadores parece excesivo para el primer mes, existe un indicador de arranque: el T5 promedio semanal. Es el sub-tiempo de mayor peso sobre el MTTR (46% del tiempo total actual), el más fácil de calcular (hora de llegada del repuesto menos hora de solicitud al proveedor, promedio semanal) y el primero en reaccionar cuando el Kanban de Nivel 1 empieza a funcionar. Si T5 baja semana a semana durante el mes 2, el Kanban está operando. Si no baja, hay un problema identificable y corregible antes de que afecte el MTTR del mes completo.

4.3. Propuesta metodológica: Diagnóstico Innovador

En Motor Works, el diagnóstico técnico inicial se aplica en el 40–80% de los ingresos. En el resto, el técnico empieza a trabajar sin evaluación formal previa. Cuando eso ocurre, los problemas reales aparecen durante la intervención. El técnico para. Busca un repuesto que no tenía previsto. El vehículo ocupa la bahía sin avanzar. Ese ciclo explica en parte la tasa de retrabajo del 10% y los tiempos de espera de repuestos que el VSM identificó como el cuello de botella principal.

La propuesta de diagnóstico innovador selecciona tres tecnologías que reducen el tiempo de diagnóstico y aumentan su precisión: termografía infrarroja con aprendizaje profundo, escáner bidireccional avanzado, y boroscopio digital con analizador de batería inteligente.

Las tres fueron evaluadas con una matriz multicriterio de cinco criterios: precisión técnica documentada, reducción del tiempo de diagnóstico frente a métodos convencionales, costo de

adquisición viable para una microempresa, compatibilidad con el parque vehicular de Motor Works, y viabilidad operativa según las competencias del equipo técnico disponible. No se propone adquirirlas todas de inmediato. La secuencia de incorporación sigue la prioridad de cada sub-tiempo afectado y la capacidad de inversión del taller.

4.3.1. Propósito y alcance de la propuesta

El tercer elemento de la propuesta metodológica se basa en una afirmación que los dos elementos anteriores no solucionan completamente. La información es organizada por la posventa digital antes de que el automóvil arribe. El Lean Service organiza el proceso cuando ya se encuentra en la bahía. Sin embargo, hay un momento que continúa siendo crucial: el momento en que el técnico conecta el equipo de diagnóstico y tiene que interpretar lo que le comunica el vehículo.

Ese momento es el que define todo lo que ocurre a continuación. Un diagnóstico exacto en 15 minutos conlleva un presupuesto adecuado, una autorización expedita y una intervención que concluye a la primera. Un diagnóstico que no está completo o es incorrecto conlleva un presupuesto revisado, una segunda autorización, piezas de repuesto adicionales no planeadas y, a menudo, un retrabajo en el mes siguiente. T2, T3 y T4 se reinician en la misma OT. Las consecuencias de lo que tardó 20 minutos en no realizarse correctamente cuestan entre 4 y 8 horas.

El objetivo de la propuesta de diagnóstico innovador del ítem 4.3 no es sustituir la capacidad técnica del técnico. Trata de expandirla utilizando tres instrumentos que la tecnología contemporánea pone al alcance incluso de un taller como Motor Works: el diagnóstico a bordo en el motor avanzado con escaneo bidireccional (OBD2), la inteligencia artificial para el examen de síntomas y la telemetría básica para los automóviles BYD y EV/HEV.

El Capítulo 3 registra el diagnóstico en Motor Works con los síntomas de implementación intermitente y la necesidad de que el técnico se base en su propia experiencia para entender lo que aparece en el escáner.

El SOP de recepción del ítem 4.2.4 soluciona el primer síntoma: no se permite la entrada de ningún vehículo a la bahía sin que haya un diagnóstico registrado. Esa norma no necesita tecnología extra. Necesita una disciplina de procedimiento.

El segundo síntoma es distinto. No se trata de un problema de protocolo. Se trata de un inconveniente en términos de capacidad diagnóstica. Un técnico con experiencia en motores de combustión interna que se enfrenta a un BYD Atto 3 por primera vez tiene la capacidad de leer los códigos de error del escáner, pero no necesariamente cuenta con el contexto para discernir si dicho código indica una advertencia de mantenimiento rutinario o una falla grave en el sistema de gestión de la batería.

La distancia entre las dos interpretaciones podría ser la diferencia que existe entre una intervención de 2 horas y otra de 8. Las herramientas de diagnóstico innovador están específicamente concebidas para cerrar ese vacío interpretativo. Antes de desarrollar el contenido, es necesario señalar tres limitaciones explícitas de la propuesta de diagnóstico innovador:

- No se propone ninguna herramienta que requiera inversión superior a USD 3.000 ni que demande capacitación técnica superior a 16 horas por técnico. El contexto de Motor Works es el de una microempresa de seis personas. Las herramientas que requieren especialistas dedicados, certificaciones de fabricante de 80 horas o equipos de diagnóstico de USD 15.000 no son pertinentes para este horizonte de implementación.
- El alcance del diagnóstico innovador se circunscribe a los tipos de vehículos del portafolio actual de Motor Works: vehículos livianos y SUVs de combustión interna (80% del volumen), vehículos BYD (10% del volumen y en crecimiento) y otros EV/HEV de marca variada que han comenzado a ingresar al taller en los últimos 12 meses. El diagnóstico de vehículos pesados, maquinaria agrícola o motocicletas está fuera del alcance.
- La propuesta no reemplaza la inspección visual ni el juicio técnico del mecánico. Las herramientas de diagnóstico innovador son instrumentos de apoyo a la decisión, no sistemas de diagnóstico autónomo. El técnico que interpreta los datos que entrega un sistema de IA o

un escáner bidireccional sigue siendo el responsable de la conclusión diagnóstica y del presupuesto que de ella se deriva.

La relación con el MTTR. Las tres herramientas sugeridas operan sobre T2 y, de manera indirecta, sobre T3 y T4. T2 se acorta si la evaluación inicial es más rápida y precisa. Un escáner bidireccional, que tiene la capacidad de activar y desactivar actuadores a distancia, disminuye el tiempo de comprobación de hipótesis diagnósticas de entre 20 y 30 minutos a solamente 5 o 10. Una plataforma de IA que relaciona el síntoma informado por el cliente con los códigos del escáner y la historia del vehículo proporciona en cuestión de segundos el árbol de decisión que un técnico, sin esa ayuda, tarda 15 minutos en elaborar a través de ensayo y error.

Cuando el diagnóstico se completa en el primer intento, T4 se comprime de manera indirecta. El Kanban de Nivel 2 puede gestionar todos los repuestos al mismo tiempo si se hace un diagnóstico que detecta todas las piezas a reemplazar en la primera inspección. Cuando la bahía ya está ocupada y el técnico no puede reasignarse, un diagnóstico incompleto que encuentra elementos adicionales durante la intervención reactiva el ciclo de pedido y espera.

T3 se encoge porque un presupuesto basado en un diagnóstico técnicamente sólido, con pruebas fotográficas del componente afectado y la referencia de la historia del vehículo, crea más confianza en el consumidor. Un cliente que obtiene una cotización con datos técnicos específicos tarda menos en aprobarla que aquel al que se le ofrece un número sin más contexto.

El parque automotor de la provincia de Imbabura está experimentando una transformación. BYD experimentó un aumento en las ventas en Ecuador durante 2024 y 2025. En la región norte del país, los vehículos híbridos ligeros de Toyota, Hyundai y Kia constituyen una parte cada vez más importante de los ingresos a taller. Los escáneres OBD2 genéricos leen de manera incorrecta o incompleta las arquitecturas eléctricas de esos vehículos.

En Ibarra, Motor Works es el único taller que tiene la certificación de BYD. Eso representa una ventaja competitiva genuina. Sin embargo, esa ventaja se mantiene solo si la habilidad para diagnosticar del equipo aumenta al mismo ritmo que la complejidad de los vehículos que entran. Si otro taller de la misma área toma la decisión de certificarse y equiparse, un taller que diagnostica autos BYD con las mismas herramientas que emplea en un Chevrolet Aveo de 2012 pierde esa ventaja.

La sugerencia del ítem 4.3 no supone una inversión en tecnología con el fin de modernizarse. Es la condición necesaria para que Motor Works continúe siendo importante en el sector de mayor crecimiento del mercado automotriz de Imbabura durante los próximos cinco años.

4.3.2. Fundamento metodológico del Diagnóstico Innovador

Azamfirei et al. (2023) documentan que el principio central de la manufactura de cero defectos es hacer las cosas bien desde el primer intento, y que la inspección en línea con automatización permite detectar fallas en tiempo real, antes de que se conviertan en un problema mayor. Trasladado a un taller, ese principio significa una sola cosa: entre más rápido y más completo sea el diagnóstico inicial, menos errores se arrastran hasta la entrega del vehículo.

Las tecnologías de diagnóstico no invasivo, como termografía, lectura OBD-II bidireccional e inspección visual ampliada con boroscopio, reducen el tiempo de diagnóstico entre un 30% y un 45% respecto a los métodos convencionales, con mayor precisión y menor probabilidad de retrabajo (Ortiz-Chiliquinga et al., 2026). En microempresas, lo que determina si una tecnología es viable no es solo su capacidad técnica. Es su costo de entrada, la facilidad de uso y su compatibilidad con el parque vehicular que se atiende.

El diagnóstico técnico es el punto donde se define todo lo que viene después: qué repuesto se necesita, cuánto tiempo tomará la intervención, qué se le dice al cliente en el presupuesto. Si ese paso es impreciso o se omite, el error se propaga al resto del ciclo.

El uso de algoritmos de aprendizaje automático para clasificar fallas mecánicas a partir de señales físicas ya tiene respaldo experimental sólido fuera del sector automotriz. Manikandan & Mutra (2025) entrenaron redes neuronales sobre señales de vibración para clasificar fallas en rodamientos cónicos, con una exactitud de clasificación del 90,9% tras el procesamiento de las señales mediante descomposición modal empírica. El hallazgo relevante no es la técnica en sí, sino el principio que confirma: una señal física, bien procesada, contiene información suficiente para que un modelo entrenado detecte un defecto que el ojo humano no percibe todavía.

Eddarhri et al. (2022) muestran que, en sectores donde el tiempo de parada es costoso, el aprendizaje automático aplicado sobre datos históricos de fallas y mantenimiento permite anticipar averías antes de que ocurran, reduciendo tiempos de inactividad frente al mantenimiento correctivo tradicional. Motor Works no gestiona una flota industrial, pero el mecanismo es idéntico: cuanta más información se capture en cada intervención, mayor es la capacidad de anticipar el próximo problema en lugar de reaccionar cuando ya ocurrió.

Roy et al. (2016) plantean que el mantenimiento continuo de productos de alto valor requiere dos capacidades básicas: entender la ciencia de la degradación de los componentes y aprovechar el análisis de datos acumulados a lo largo del ciclo de vida. Motor Works ya genera esa clase de datos en cada orden de trabajo, pero hoy los pierde porque no existe un protocolo que los capture de forma sistemática. Las cuatro tecnologías propuestas no solo diagnostican mejor: empiezan a construir el historial de degradación que, con el tiempo, convierte el diagnóstico reactivo en diagnóstico predictivo.

Las tecnologías no fueron seleccionadas por ser nuevas. Se eligieron mediante una matriz multicriterio con cinco dimensiones: reducción esperada de T2, costo de adquisición, viabilidad operativa con el equipo disponible, compatibilidad con el parque vehicular de Motor Works y exactitud técnica documentada en literatura especializada. Ese método evita dos errores comunes: elegir equipos solo por prestigio tecnológico, o elegir herramientas económicas sin efecto real sobre el proceso.

Siguiendo ese criterio, la termografía con IA obtuvo el puntaje más alto. Le siguieron el boroscopio, el analizador de batería y el escáner bidireccional. Se descartaron el software predictivo en la nube y el analizador portátil de vibraciones, porque su relación entre compatibilidad, costo y viabilidad no resultó favorable para el contexto de Motor Works.

El valor metodológico de estas tecnologías se multiplica cuando se integran al flujo Lean y a los procedimientos operativos estándar de recepción. Usadas como instrumentos aislados, su impacto es menor. Incorporadas a una secuencia estándar, su efecto se acumula: el escáner bidireccional acelera T2, la termografía mejora T3 al entregar al cliente un documento objetivo sobre el estado del lubricante, el boroscopio reduce T5 al evitar desarmes innecesarios, y el analizador de batería refuerza la detección temprana en la recepción.

Estas tecnologías también alimentan mejor el Kanban. Un diagnóstico más completo desde el inicio identifica los repuestos necesarios por adelantado, lo que reduce la probabilidad de que T4 se reactive a mitad de la intervención. En ese sentido, el diagnóstico innovador no solo mejora la etapa diagnóstica: mejora la calidad de los datos que sostienen todo el trabajo posterior.

Lean Service reduce los desperdicios. La posventa digital ordena la relación con el cliente y la calidad de la información. El diagnóstico innovador resuelve la incertidumbre técnica justo donde las otras dos propuestas todavía necesitan apoyo. Esa es su función dentro de la metodología integral: no reemplaza a Lean ni al componente digital, los completa.

Si el diagnóstico inicial se hace con herramientas más eficaces, en menos tiempo y con más evidencia, el resto del proceso deja de basarse en suposiciones. Y cuando el proceso deja de basarse en suposiciones, el MTTR deja de crecer por descubrimientos tardíos, presupuestos rectificadas y repuestos solicitados a mitad de la reparación. Ahí está la razón metodológica de todo este apartado.

4.3.3. Diagnóstico del estado actual de las capacidades técnicas

La tecnología como propuesta de diagnóstico innovador es una realidad del taller. La situación de Motor Works en este sentido es contradictoria: el equipo técnico está por encima del promedio local, pero su uso real está muy por debajo de su potencial. Para un taller de seis personas en Ibarra, dicho inventario tiene gran importancia. No existe un perfil de equipamiento que se pueda comparar con ninguno de los cinco competidores directos detectados en el benchmarking.

Esta es la conclusión principal de este diagnóstico. No es una disparidad de activos. Es una brecha de uso. Y es relevante esta distinción porque transforma por completo la solución requerida. Si el problema fuera la falta de equipos, la solución sería adquirirlos. Dado que la cuestión es el uso intermitente de equipos ya existentes, la solución consiste en un protocolo obligatorio.

La propuesta se apoya en cuatro tecnologías que se complementan entre sí, y cada una ataca un aspecto distinto del problema diagnóstico:

- **Escáner bidireccional avanzado.** Es la columna vertebral del sistema. A diferencia del OBD2 básico, no solo lee códigos. También activa actuadores, prueba sistemas en tiempo real, cubre módulos de vehículos híbridos y eléctricos, y genera informes automáticos. Un síntoma que antes exigía esperar a que la falla reaparezca en prueba de ruta ahora puede probarse en minutos desde el propio escáner.
- **Termografía infrarroja con aprendizaje profundo** para monitoreo de lubricantes. Es la tecnología más innovadora de toda la propuesta. Su lógica no depende de que el aceite "se vea mal" para concluir que está degradado. Analiza la firma térmica del lubricante durante un ciclo de enfriamiento controlado, y esa firma contiene patrones que una red neuronal convolucional puede clasificar como aceite conforme o no conforme, sin enviar muestra a laboratorio y en pocos minutos.
- **Boroscopio digital.** Reduce desmontajes exploratorios. Permite observar cámaras, conductos o componentes internos sin abrir el sistema completo. Eso ahorra tiempo técnico y genera evidencia visual que puede compartirse con el cliente para justificar una reparación.

- **Analizador de batería inteligente.** Su papel es especialmente relevante en mantenimiento preventivo y en el segmento BYD o EV/HEV. Evalúa estado de salud, resistencia interna y capacidad real en segundos, y sustituye el método de "esperar a que la batería falle" por una detección anticipada del deterioro.

La diferencia entre la capacidad y el uso se muestra en la **Tabla 24**. El inventario es la regularidad con la que se utiliza. El escáner multimarca se utiliza entre el 40 y el 60% de las órdenes laborales. Dependiendo del criterio del técnico o del gerente de ese día, en menos de la mitad o un poco más de la mitad. El osciloscopio solo se utiliza en el 20% de las OTs. El analizador de gases, entre el 10% y el 20%. El equipo de prueba de compresión, entre el 15 y el 25%. La certificación BYD se activa solo cuando el vehículo que ingresa es de esa marca, lo cual es correcto por definición. Pero incluso en esos casos no existe un protocolo obligatorio de verificación del BMS ni del sistema de refrigeración de baterías.

Tabla 24. Brecha entre capacidad diagnóstica disponible y uso efectivo en Motor Works

Tecnología disponible	Frecuencia de uso actual	Capacidad técnica real	Brecha operativa
Escáner multimarca OBD2 básico	40–60% de OTs	Lectura de códigos activos y pendientes	Uso selectivo, no sistemático
Osciloscopio automotriz	20% de OTs	Análisis de señales eléctricas complejas	Subutilizado pese a disponibilidad
Analizador de gases	10–20% de OTs	Verificación de emisiones y combustión	Aplicación esporádica
Equipo de prueba de compresión	15–25% de OTs	Diagnóstico de motor sin desmontaje	Solo en fallas evidentes
Certificación BYD activa	Solo vehículos BYD	Diagnóstico de sistemas híbridos/eléctricos	Sin protocolo de uso obligatorio

Nota. La frecuencia de uso fue declarada por el gerente propietario durante el instrumento de encuesta-entrevista. No existe registro formal en Getsoft que confirme o corrija estos valores. La primera medición objetiva de frecuencia de uso por herramienta será posible solo cuando el registro del MTTR esté activo desde la Fase 1 del plan de implementación.

Cuando el diagnóstico se aplica de manera selectiva, las órdenes de trabajo se abren con datos insuficientes. Una OT incompleta produce tres efectos en cadena. El primero es que T2 se

expande porque el técnico opera con hipótesis en lugar de evidencia. La segunda es que se encuentran descubrimientos durante T5 que no estaban previstos en el presupuesto. Cuando eso sucede, el técnico se para, le comunica al gerente, quien crea un presupuesto nuevo y lo envía al cliente; se aguarda entonces una nueva aprobación. T3 y T4 se reactivan en la misma OT. El tercer efecto es que los repuestos suplementarios no estaban incluidos en el proyecto de aprovisionamiento. El Kanban de Nivel 2 no puede prever lo que el primer diagnóstico no detectó, a pesar de que esté en funcionamiento.

En pocas palabras: la brecha diagnóstica de este apartado es el mismo factor fundamental que se presenta en el análisis de los cinco porqués del tercer capítulo. Siempre se atraviesa un diagnóstico incompleto para llegar a T4 elevado. La falta de un protocolo obligatorio que especifique qué herramienta se utiliza en cada momento y tipo de servicio es el motivo inmediato del diagnóstico incompleto.

La brecha específica en los vehículos eléctricos e híbridos. El sector más dinámico del portafolio de Motor Works requiere una mención por separado. La certificación BYD es un activo distintivo verdadero. Sin embargo, no hay un procedimiento normalizado para comprobar el sistema de gestión de batería (BMS), el sistema de refrigeración de celdas ni el motor eléctrico propulsor en cada entrada de un vehículo BYD.

De eso se origina un riesgo específico. El técnico tiene la posibilidad de aplicar el protocolo BYD en su totalidad durante un ingreso y de manera parcial en el siguiente, dependiendo del síntoma que se reporta o de la carga laboral del día. En este sector, sin estandarización, la exactitud del diagnóstico depende de variables que el taller no tiene bajo control.

Asimismo, el escáner OBD2 básico puede proporcionar lecturas incorrectas o incompletas si no cuenta con los adaptadores adecuados o la actualización del firmware necesaria para leer los módulos de un coche eléctrico. Un código que no se encuentra en el informe no quiere decir que no

exista. Quiere decir que no fue alcanzado por el escáner. Y esa diferencia puede hacer que se diagnostique correctamente o que la reparación no solucione el problema.

La carencia de documentación y trazabilidad. Existe un tercer problema, que, aunque es menos evidente que los otros dos, tiene la misma importancia. Los diagnósticos en la actualidad no producen pruebas documentadas que se puedan compartir con el cliente.

Si el técnico determina que hay un problema en la cámara de combustión utilizando una linterna para inspección visual, no se registra fotográficamente. Cuando evalúa el aceite "a ojo" y determina que está en buen estado, no queda registro de ese criterio. Cuando llega a la conclusión de que la batería "está bien" sin medirla, Getsoft no tiene datos que confirmen o contradigan dicha conclusión en la próxima visita.

Esa falta de trazabilidad conlleva dos efectos. El primer problema es que T3 se alarga más de lo que debería: cuando un cliente recibe un presupuesto sin evidencia técnica, le toma más tiempo aprobarlo debido a que no puede corroborar si el diagnóstico es correcto. La segunda es que el taller pierde la habilidad de crear un historial técnico verdadero por cada vehículo, lo cual es exactamente lo que el Kanban de Nivel 2 y el CRM del ítem 4.1 requieren para prever necesidades venideras.

Motor Works tiene equipamiento diagnóstico superior. Lo usa de forma parcial, sin protocolo y sin registro. El resultado de esa combinación es un proceso donde el alcance de cada OT se descubre durante la intervención, no antes.

Ese patrón es lo que la propuesta de diagnóstico innovador del ítem 4.3 busca interrumpir. No con más equipos en todos los casos, sino con un protocolo que defina qué herramienta se activa en qué paso, para qué tipo de servicio y con qué tiempo asignado. La diferencia entre el estado actual y el estado futuro en T2 no depende solo de comprar tecnología nueva. Depende de que los cinco equipos que ya existen en el taller se usen en el 100% de las OTs que lo requieren, en el momento correcto y con el resultado registrado en Getsoft.

4.3.4. Matriz multicriterio de selección de tecnologías

Elegir una tecnología de diagnóstico para un taller sin un método de evaluación explícito produce selección de un equipo más costoso bajo la lógica de que más precio equivale a más capacidad, o más barato sin verificar si realmente resuelve el problema.

El método multicriterio usado para esta propuesta evaluó seis alternativas tecnológicas a partir de cinco criterios con pesos distintos. Los pesos no son arbitrarios. Reflejan la prioridad del contexto de Motor Works: una microempresa con presupuesto limitado, equipo técnico de cuarto nivel ya certificado y un portafolio de servicios donde el 80% corresponde a mantenimiento preventivo y correctivo en vehículos livianos y SUVs. Los cinco criterios y su ponderación responden a:

- **Precisión técnica documentada (30%):** mide si la tecnología tiene resultados validados en literatura especializada. No basta con que el fabricante declare un porcentaje de precisión. Se requiere que ese dato esté respaldado por estudios independientes o publicaciones revisadas por pares. Esta dimensión recibe el mayor peso porque un diagnóstico impreciso, aunque sea rápido y barato, no resuelve el problema y puede empeorar el MTTR.
- **Reducción esperada del T2 (25%):** mide cuánto puede comprimir la tecnología el subtiempo de diagnóstico inicial respecto al método convencional. Es el criterio directamente vinculado a la variable central del estudio. Una tecnología que no reduce T2 no tiene lugar en la propuesta, por más que cumpla bien en los otros criterios.
- **Costo de adquisición (20%):** evalúa la accesibilidad financiera para una microempresa de seis personas. El umbral máximo definido para el conjunto de tecnologías seleccionadas es USD 3.500. Cualquier alternativa que supere esa cifra de forma individual, o que impida que el total se mantenga dentro de ese rango, recibe penalización en este criterio.
- **Compatibilidad con el parque vehicular de Motor Works (15%):** evalúa si la tecnología puede aplicarse a los tipos de vehículos que realmente ingresan al taller. Una herramienta

muy precisa en camiones pesados o en vehículos de competición no tiene utilidad en un taller cuya cartera es principalmente de vehículos livianos, SUVs y BYD.

- **Viabilidad operativa (10%):** evalúa si el equipo técnico disponible puede aprender a usar la tecnología sin capacitación externa de largo aliento. El umbral establecido es un máximo de 16 horas de formación por técnico. Tecnologías que requieren especialistas dedicados o cursos de meses quedan fuera del alcance.

Las seis alternativas evaluadas no se seleccionaron al azar. Se identificaron a partir de tres fuentes: el benchmarking de talleres de referencia en la región, la revisión de literatura especializada en diagnóstico automotriz y las capacidades del mercado ecuatoriano de importación de equipos técnicos.

La termografía infrarroja con aprendizaje profundo para lubricantes fue la primera alternativa analizada. Su base científica es el estudio de Ortiz-Chiliquinga et al. (2026), que documentó una precisión superior al 99% en la clasificación del estado de conformidad de aceites de motor y caja de cambios mediante redes neuronales convolucionales ResNet-34. Su tiempo de análisis es inferior a 8 minutos por vehículo. Su costo de implementación (cámara termográfica, enclosure de aislamiento y software ResNet) se sitúa entre USD 1.700 y USD 1.900 en el mercado sudamericano. Y puede aplicarse al 100% de los servicios de mantenimiento preventivo del taller desde el primer día de implementación.

El escáner bidireccional avanzado fue la segunda alternativa. La diferencia con el OBD2 básico que Motor Works ya tiene no es solo de velocidad. Es de alcance. El control activo de actuadores, la cobertura de módulos BYD y la generación automática de informes PDF son funciones que el escáner básico no tiene. Su costo complementario para actualizar desde el equipo actual al avanzado se sitúa entre USD 800 y USD 1.000.

El boroscopio digital fue la tercera alternativa. Su valor está en la reducción de desmontajes exploratorios. Permite inspeccionar cámaras de combustión, conductos de turbo, bandejas de batería

y sistemas de refrigeración interna sin abrir el componente. Su costo es de USD 400 a USD 500 y su curva de aprendizaje es mínima.

El analizador de batería inteligente fue la cuarta alternativa. Evalúa el estado de salud (SOH) de baterías convencionales y de los módulos auxiliares de vehículos BYD en 5 a 10 segundos. Con el 50% del volumen correspondiendo a mantenimiento preventivo, un punto de diagnóstico de batería en la recepción de cada vehículo genera una categoría de venta adicional de alto margen que hoy no existe. Su costo es de USD 300 a USD 400.

El software de diagnóstico predictivo en la nube fue la quinta alternativa. Ofrece alta precisión técnica y capacidad predictiva, pero su puntuación en costo y viabilidad fue baja. Requiere conectividad estable, suscripción mensual, integración con sensores embarcados y soporte técnico especializado continuo. Para el contexto de Motor Works, ese nivel de dependencia tecnológica es un riesgo operativo, no una ventaja.

El analizador de vibraciones portátil fue la sexta alternativa. Es una herramienta útil para flotas de maquinaria pesada o plantas industriales. En un taller de servicio automotriz liviano, su aplicación se limita a un número muy reducido de casos. La inversión no se justifica por el volumen de uso potencial.

Todas las tecnologías de diagnóstico se las resume en la **Tabla 25**, con la intención de evaluarlas para su selección multicriterio:

Tabla 25. Matriz multicriterio de selección de tecnologías diagnósticas para Motor Works

Tecnología	Precisión técnica (30%)	Reducción T2 (25%)	Costo (20%)	Compatibilidad (15%)	Viabilidad operativa (10%)	Puntuación ponderada	Decisión
Termografía IR con deep learning	9	9	8	9	7	8,7	Prioritaria
Escáner bidireccional avanzado	9	9	7	9	9	8,6	Seleccionada

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Tecnología	Precisión técnica (30%)	Reducción T2 (25%)	Costo (20%)	Compatibilidad (15%)	Viabilidad operativa (10%)	Puntuación ponderada	Decisión
Analizador de batería inteligente	8	7	9	9	9	8,0	Seleccionada
Boroscopio digital	7	7	8	9	9	7,6	Seleccionada
Software diagnóstico predictivo cloud	9	8	3	5	3	6,5	Descartada
Analizador de vibraciones portátil	6	5	6	6	7	5,9	Descartada

***Nota.** La escala de puntuación es de 1 a 10 en cada criterio. El puntaje ponderado se calcula multiplicando la puntuación de cada criterio por su peso y sumando los cinco productos. La penalización en viabilidad operativa de la termografía (7 sobre 10) refleja únicamente la curva de aprendizaje inicial del protocolo de adquisición de imágenes, no una limitación técnica estructural. El equipo de Motor Works, con formación de cuarto nivel y certificación BYD activa, tiene capacidad plena para dominar el protocolo en menos de 16 horas de práctica supervisada.*

La termografía con deep learning obtiene la puntuación más alta. Eso merece una explicación, porque es la tecnología menos convencional de las cuatro seleccionadas. Su puntuación de 9 en precisión técnica tiene un respaldo concreto: el modelo ResNet-34 del estudio de referencia alcanzó más del 99% de exactitud en la clasificación de aceites conformes y no conformes, con valores ROC-AUC próximos a 1,0 en los dos tipos de lubricante evaluados (aceite de motor 15W40 y aceite de caja 5W30). Eso no es una afirmación del fabricante. Es un resultado publicado en NDT & E International, una revista indexada de Elsevier. Su puntuación de 9 en reducción de T2 se explica porque el protocolo completo de análisis del lubricante, desde la extracción de la muestra hasta la clasificación, tarda menos de 8 minutos. El método convencional de envío de muestra a laboratorio externo tarda entre 24 y 48 horas. Esa diferencia no afecta solo a T2. Afecta a T3 y T4, porque el cliente que recibe un informe con imagen termográfica y mapa Grad-CAM tarda menos en aprobar el presupuesto que el cliente que recibe una descripción verbal del diagnóstico. Su

puntuación de 7 en viabilidad operativa es la única penalización real. No porque la tecnología sea compleja. Sino porque requiere estandarizar un protocolo de adquisición de imágenes que hoy no existe en el taller. Ese protocolo tiene cuatro pasos: extracción de muestra, calentamiento controlado, posicionamiento en el enclosure y activación del software de clasificación. Es aprendible en una jornada de práctica.

Las cuatro tecnologías seleccionadas suman entre USD 3.200 y USD 3.500 en inversión inicial. La distribución es la siguiente: termografía IR y software ResNet, entre USD 1.700 y USD 1.900; escáner bidireccional avanzado complementario, entre USD 800 y USD 1.000; boroscopio digital, entre USD 400 y USD 500; analizador de batería inteligente, entre USD 300 y USD 400.

Esa cifra representa el 26% del costo de una sola bahía adicional con elevador hidráulico. Y, a diferencia de una bahía adicional, esta inversión no requiere obra civil, no amplía el espacio físico del taller y no incrementa los costos fijos operativos. Su retorno aparece directamente sobre el MTTR, sobre la tasa de retrabajo y sobre la capacidad de diferenciación técnica frente a los cinco competidores identificados en el benchmarking, ninguno de los cuales opera con diagnóstico lubricante respaldado por inteligencia artificial.

El software predictivo en la nube y el analizador de vibraciones portátil no entran en la propuesta por razones concretas que vale la pena documentar. El software predictivo en la nube obtuvo 6,5 puntos. Su problema es de dependencia. Requiere conectividad estable, licencias mensuales que se acumulan indefinidamente, integración con sensores embarcados que Motor Works no tiene y soporte técnico que no existe de forma accesible en el mercado local. Si el proveedor del servicio en la nube sube las tarifas o interrumpe el servicio, el taller pierde la herramienta sin posibilidad de sustitución inmediata. Para una microempresa de seis personas, ese nivel de dependencia tecnológica es un riesgo que supera el beneficio.

El analizador de vibraciones portátil obtuvo 5,9 puntos. Es una herramienta valiosa en diagnóstico industrial de maquinaria rotativa. Pero en un taller de servicio automotriz liviano, su

aplicación práctica se reduce a un número muy pequeño de casos: diagnóstico de desequilibrios en árboles de transmisión y análisis de rodamientos en rueda. La frecuencia de ese tipo de diagnóstico en el portafolio de Motor Works no justifica una inversión de USD 600 a USD 900.

4.3.5. Termografía infrarroja con aprendizaje profundo para monitoreo de lubricantes

Esta es la tecnología de mayor peso en toda la propuesta de diagnóstico innovador. Obtiene la puntuación más alta de la matriz multicriterio. Y lo hace porque su desempeño técnico tiene respaldo experimental directo, no solo declaraciones del fabricante.

El principio es simple pero poderoso. El aceite degradado no se enfría igual que el aceite en buen estado. Cuando se calienta una muestra a temperatura controlada y se deja enfriar frente a una cámara infrarroja, el patrón térmico que aparece durante ese proceso revela el estado fisicoquímico del lubricante. Los cambios químicos por oxidación, contaminación con agua, acumulación de partículas metálicas o pérdida de aditivos alteran la conductividad térmica del aceite. Esos cambios son visibles en la imagen termográfica antes de que sean detectables por inspección visual.

El método fue desarrollado y validado por Ortiz-Chiliquinga et al. (2026) con dos tipos de aceite representativos del parque vehicular de Motor Works: aceite de caja de cambios 5W30 (O-1178) y aceite de motor 15W40 (O-1236). Los dos corresponden a los lubricantes de mayor rotación en el taller.

El protocolo experimental funciona así. La muestra de aceite se calienta hasta aproximadamente 55 °C y se coloca en una cubeta estándar dentro de un enclosure aislado de corrientes de aire. Una cámara de infrarrojos de onda larga capta la secuencia de enfriamiento a 30 fotogramas por segundo durante 180 a 200 segundos. El proceso genera centenares de imágenes que describen la evolución del perfil térmico del aceite en tiempo real.

Esas imágenes no se analizan manualmente. Se procesan mediante una red neuronal convolucional de arquitectura ResNet-34. El modelo clasifica automáticamente cada muestra como

conforme o no conforme. El resultado aparece en pantalla en menos de 30 segundos desde la última imagen capturada.

Lo que hace interpretable el resultado es la técnica Grad-CAM. Esta función genera un mapa de calor superpuesto sobre la imagen termográfica original. El mapa señala exactamente qué zonas del perfil térmico influyeron más en la decisión de clasificación. Eso elimina el problema de la "caja negra": el técnico no recibe solo un veredicto. Recibe una imagen con evidencia visual de por qué el aceite está en mal estado.

Los resultados publicados no dejan espacio para ambigüedad. El modelo ResNet-34 con ajuste completo de parámetros alcanzó una exactitud de clasificación superior al 99% en los dos tipos de lubricante evaluados.

Para el aceite de caja de cambios 5W30 (O-1178), el modelo identificó correctamente las 646 muestras no conformes sin ningún falso negativo. La precisión para la clase no conforme fue del 100%. La exactitud global fue del 97,9%. Para el aceite de motor 15W40 (O-1236), el desempeño fue aún mejor: 261 muestras no conformes detectadas sin error y exactitud global del 99,5%.

Los valores ROC-AUC se aproximaron a 1,0 en ambos tipos de lubricante. Ese dato es importante porque confirma que la capacidad discriminativa del modelo se mantiene robusta con independencia del umbral de decisión que se adopte. En un taller con condiciones variables de temperatura y humedad, esa estabilidad no es un detalle menor.

Para implementar este sistema en el taller se necesitan cuatro elementos, pero ninguno requiere obra civil ni modificación de las instalaciones:

- **Cámara termográfica de onda larga.** La especificación mínima es sensibilidad térmica de 100 mK y resolución de 384×240 píxeles. El modelo Optris Xi 410, usado en el estudio

original, tiene un precio de USD 1.200 a USD 1.500 en el mercado sudamericano. Cámaras equivalentes de otras marcas tienen precios similares.

- **Enclosure de aislamiento.** Es una caja que rodea la cubeta de muestra y la cámara. Su función es eliminar las corrientes de aire y las fuentes externas de calor que podrían alterar el perfil térmico del aceite. Se puede construir con materiales de bajo costo. Madera, espuma de polietileno y pintura negra mate son suficientes. Su costo no supera los USD 100.
- **Soporte de posicionamiento.** Garantiza que la cámara quede a 21 cm de la cubeta con perpendicularidad fija en cada uso. Es una condición necesaria para que la geometría de adquisición sea constante entre mediciones. Un soporte de aluminio ajustable cuesta menos de USD 50.
- **Software de clasificación ResNet-34.** Se ejecuta en un computador portátil estándar con GPU básica. En su defecto, funciona en CPU con tiempos de inferencia inferiores a 30 segundos. No requiere conexión a internet ni servidor externo.

El protocolo de uso tiene cuatro pasos que el técnico completa durante la recepción del vehículo. Primero, extrae 3 mL de aceite de motor mediante jeringa de muestreo. Eso toma dos minutos y no requiere drenar el sistema. Segundo, calienta la muestra a 50–55 °C en un baño de agua simple. Tercero, coloca la cubeta en el enclosure frente a la cámara y activa la secuencia de captura. Cuarto, el software procesa las imágenes y emite la clasificación. El resultado queda registrado en Getsoft como parte de la OT. Se adjunta al mensaje de WhatsApp con el presupuesto como imagen termográfica con el mapa Grad-CAM superpuesto. Tiempo total del protocolo: menos de 8 minutos por vehículo desde la extracción hasta la clasificación.

El impacto de esta tecnología sobre el MTTR opera en tres sub-tiempos, no solo en T2. En **T2** (diagnóstico inicial), el protocolo reemplaza la inspección organoléptica convencional — olor, color, consistencia, criterio del técnico por una clasificación automatizada con precisión superior al 99%. El tiempo de evaluación del aceite baja de 24–48 horas de laboratorio externo a menos de 8 minutos en taller. En **T3** (aprobación del cliente), el impacto es quizás más significativo.

El cliente que recibe una imagen termográfica con el mapa Grad-CAM tarda menos en aprobar el cambio de aceite que el cliente al que solo se le describe verbalmente el diagnóstico. La conversión de un juicio técnico abstracto en evidencia visual comprensible reduce el tiempo de negociación del presupuesto. Los servicios correctivos complejos tienen mayor resistencia a la aprobación cuando el cliente no puede verificar el diagnóstico. Este sistema resuelve ese problema de forma directa.

En **T4** (espera de repuestos), el impacto es indirecto pero real. Cuando el diagnóstico lubricante se completa en la recepción, el técnico conoce desde el inicio del proceso qué materiales se necesitan. Eso alimenta el Kanban de repuestos con información más completa y reduce la probabilidad de que T4 se reactive a mitad de la intervención por un hallazgo no anticipado.

Además del impacto sobre los sub-tiempos, esta tecnología genera un diferenciador competitivo que ningún taller de Ibarra tiene en este momento. Motor Works sería el único operador de la ciudad capaz de ofrecer diagnóstico de lubricantes respaldado por inteligencia artificial con precisión documentada en una publicación indexada de Elsevier. Eso es especialmente relevante para el segmento de flotas corporativas (arquetipo A2), donde la decisión de contratar el mantenimiento no se basa solo en precio o ubicación. Se basa en la confianza en la capacidad diagnóstica y en la disponibilidad de documentación técnica por vehículo. Un informe PDF con imagen termográfica e informe Grad-CAM cumple exactamente ese requisito.

Hay una consecuencia adicional sobre los cambios de aceite innecesarios. El método visual convencional tiende al conservadurismo: si el técnico no está seguro del estado del aceite, recomienda el cambio. El sistema termográfico permite distinguir aceites conformes de no conformes con alta precisión. Eso reduce la proporción de cambios realizados sobre aceite todavía apto, lo que mejora el margen de contribución del servicio y, desde la perspectiva del cliente, genera una experiencia de confianza: el taller no recomienda lo que no es necesario.

La primera limitación es que los resultados del estudio de referencia se obtuvieron en condiciones experimentales controladas. La temperatura ambiente, la humedad y la geometría de adquisición estaban estandarizadas con precisión. Un taller automotriz tiene más variabilidad. Por eso el enclosure de aislamiento no es un accesorio opcional. Es la condición que permite replicar en el taller las condiciones del laboratorio original. La segunda limitación afecta a los tipos de lubricante. Los aceites evaluados en el estudio son de viscosidad 5W30 y 15W40. Esas viscosidades cubren la mayoría de los servicios del portafolio de Motor Works. Pero si en algún momento ingresan lubricantes sintéticos de alto rendimiento, aceites específicos para vehículos eléctricos o formulaciones propietarias de marca, el modelo necesitará una fase de validación adicional antes de aplicar los mismos criterios de clasificación. Ninguna de las dos limitaciones invalida la propuesta. La primera tiene solución técnica directa con el enclosure. La segunda establece el alcance inicial del sistema: funciona con plena confiabilidad sobre los tipos de lubricante más comunes en el taller, y puede extenderse a otros tipos con trabajo de reentrenamiento del modelo cuando el volumen de servicios lo justifique.

4.3.6. Escáner bidireccional avanzado

El escáner bidireccional avanzado es la base del innovador protocolo de diagnóstico. Es la herramienta que consume más tiempo del protocolo de 8 pasos. Y eso es lo que reduce más directamente el T2, el subtiempo de diagnóstico, en la categoría de servicio que más lo necesita: el mantenimiento correctivo.

Motor Works ya dispone de un escáner OBD2 básico multimarca. Pero este equipo tiene una limitación estructural. Sólo lee lo que el módulo de control ya ha registrado como código activo. Si el error es intermitente, si el síntoma aún no ha generado un código o si el problema está en un sistema no cubierto por el escáner básico, el técnico se queda sin información. En adelante el diagnóstico es por exclusión. La diferencia entre un escáner básico y un escáner bidireccional avanzado tiene un alcance funcional. Cuatro características específicas justifican la actualización de su equipo actual.

- **El control bidireccional de actuadores.** El escáner básico solo recibe información del vehículo. El escáner avanzado también envía comandos. Eso significa que el técnico puede activar individualmente inyectores, solenoides de transmisión, la válvula EGR o el sistema de regeneración del filtro de partículas DPF desde el equipo, sin mover el vehículo y sin cambiar sondas. Una falla intermitente que con el método convencional obliga a esperar hasta que el síntoma reaparezca durante la prueba de ruta puede verificarse en minutos desde la bahía. El tiempo de diagnóstico para ese tipo de falla baja de 60–90 minutos a 15–30 minutos.
- **La cobertura de sistemas híbridos y eléctricos BYD.** El escáner bidireccional avanzado incluye módulos especializados para BMS (Sistema de gestión de batería), control de motor eléctrico y sistema de refrigeración de batería en vehículos BYD. Motor Works recibe un vehículo BYD con síntomas de propulsión eléctrica, si el escaneo básico no llega a esos módulos, el taller tiene dos opciones: acudir a un distribuidor autorizado o ir a ciegas.
- **La generación automática de informes PDF.** Al final de cada sesión de diagnóstico, la máquina genera un informe con códigos activos y pendientes, datos de congelación de fallas, valores de sensores en tiempo real y gráficos de parámetros correspondientes al tipo de servicio. Esta reseña se adjunta directamente al mensaje de WhatsApp que el gerente envía al cliente con la oferta. Esto tiene dos efectos. El tiempo de preparación del presupuesto se reduce porque no es necesario escribir manualmente el diagnóstico. Y el tiempo de aprobación del cliente se reduce porque el cliente recibe el informe directo.
- **La codificación de módulos post-reemplazo.** Al reemplazar la una unidad de control de transmisión, un módulo de sistemas ADAS básicos o un módulo de confort en vehículos recientes, el nuevo componente necesita ser codificado para reconocer al vehículo específico. Sin esa función, Motor Works debe derivar al concesionario para completar el proceso. Eso genera T4 adicional que el cliente percibe como demora injustificada. El escáner avanzado ejecuta esa codificación internamente. El servicio se completa sin salir del taller.

La implementación sistemática del escáner bidireccional en el 100% de los ingresos reduce el tiempo de diagnóstico de servicios correctivos del rango actual de 60–90 minutos al rango proyectado de 20–30 minutos en el 90% de los casos. Para los servicios de mantenimiento preventivo estándar, la reducción es aún mayor: 10–15 minutos mediante checklists automatizados específicos por marca y modelo.

Tres mecanismos convergen para producir esa reducción. El primero es el diagnóstico autónomo de actuadores sin cambio de sondas. El segundo es la cobertura simultánea de múltiples sistemas electrónicos en una sola sesión. El tercero es la generación automática del informe, que sustituye la elaboración manual del presupuesto.

El impacto no se limita a T2. Cuando el diagnóstico inicial es completo y documentado, los repuestos requeridos se conocen antes de iniciar T5. Esa información alimenta el Kanban de Nivel 2 del ítem 4.2.3 con un grado de certeza mucho mayor. Un Kanban alimentado por un diagnóstico completo reduce la probabilidad de que T4 se reactive a mitad de la intervención. En términos de flujo, el escáner bidireccional no solo mejora T2: refuerza la condición que hace sostenible la reducción de T4.

La cobertura BYD tiene además una consecuencia sobre la capacidad instalada del taller que va más allá del MTTR. Cada vehículo BYD derivado al distribuidor por falta de cobertura diagnóstica es un ingreso que Motor Works cede. Si el segmento BYD representa actualmente entre el 5 y el 10% de la cartera y tiende a crecer —como documenta el Capítulo 2—, la habilitación diagnóstica completa para esa marca no es una mejora de calidad técnica. Es una condición de viabilidad competitiva a mediano plazo.

La implementación del escáner bidireccional avanzado no requiere reemplazar el equipo actual. Se trata de una actualización complementaria.

El modelo de referencia para la actualización es el escáner avanzado con cobertura multimarca que incluya módulos BYD/EV activados. En el mercado ecuatoriano, los modelos Launch X431 Pro o Autel MaxiSys MS906 Pro cumplen las especificaciones requeridas. Su costo en el mercado sudamericano se sitúa entre USD 800 y USD 1.000 para la actualización dependiendo del nivel de licencias activadas.

La curva de aprendizaje es mínima. El equipo de Motor Works ya opera con escáneres OBD2 a nivel de cuarto nivel. Las funciones bidireccionales adicionales siguen la misma lógica de interfaz. El fabricante provee guías de uso por modelo de vehículo y el tiempo de adaptación estimado no supera las 8 horas de práctica supervisada por técnico. Eso está dentro del límite de 16 horas establecido como criterio de viabilidad operativa en la matriz multicriterio.

El mantenimiento del equipo se integra al plan TPM del ítem 4.2.7: verificación semanal de actualización de software, limpieza de conectores y comprobación de cables. La actualización del software de cobertura de marcas —que extiende la capacidad diagnóstica a modelos más recientes— debe realizarse al menos trimestralmente. Eso garantiza que la cobertura BYD se mantenga vigente conforme lleguen al mercado ecuatoriano los nuevos modelos de la marca.

La segunda es que la cobertura de módulos BYD depende de las actualizaciones de software del fabricante del escáner. Si BYD introduce un nuevo protocolo de comunicación en un modelo específico, puede haber un período de semanas o meses antes de que el escáner tenga soporte oficial. En ese intervalo, el taller podría enfrentar el mismo problema de cobertura limitada que existe hoy. Por eso el plan de mantenimiento TPM incluye la verificación trimestral de actualizaciones como tarea obligatoria, no opcional.

Ninguna de las dos limitaciones reduce el valor de la herramienta. Solo establecen con precisión dónde actúa y dónde necesita el respaldo de las otras tres tecnologías del protocolo.

4.3.7. Boroscopio digital y analizador de batería inteligente

Estas dos herramientas son las de menor costo individual del paquete. Pero su ausencia dejaría dos brechas concretas que ni la termografía ni el escáner bidireccional pueden cerrar. El boroscopio resuelve el problema del diagnóstico mecánico sin desmontaje. El analizador de batería resuelve el problema de la verificación del estado de salud eléctrico en tiempo de recepción. Los dos actúan sobre T2. Los dos reducen la probabilidad de que T5 genere hallazgos no anticipados.

En el diagnóstico automotriz convencional, hay zonas del vehículo que no son accesibles por inspección visual directa. Las cámaras de combustión, los conductos del turbocompresor, el interior de la bandeja de batería en vehículos BYD, los espacios internos de la dirección hidráulica y los conductos de refrigeración son ejemplos típicos. La única manera de inspeccionarlos hoy es desmontando el componente que bloquea el acceso.

Ese desmontaje tiene un costo. Toma tiempo. Genera piezas que hay que reensamblar. Y en ocasiones, después del desmontaje, el diagnóstico confirma que no hay problema real. Todo ese tiempo corre dentro de T5, con la bahía ocupada y el cliente esperando.

El boroscopio digital elimina ese costo. Su sonda flexible de 5,5 mm de diámetro accede a cualquiera de esas zonas a través de las vías de acceso natural: la bujía, la válvula de aceite, los conductos del sistema de refrigeración, las ranuras de la carrocería. Desde ahí, la cámara de 720p con iluminación LED integrada transmite imagen en tiempo real a la pantalla del equipo o al celular del técnico mediante conexión WiFi o USB-C.

El técnico ve lo que hay dentro. Lo graba. Lo fotografía. Y lo adjunta a la OT en Getsoft como evidencia del diagnóstico. Las cuatro aplicaciones más frecuentes en el portafolio del taller son las siguientes:

- **Inspección de cámaras de combustión.** La imagen de los pistones y válvulas permite identificar depósitos de carbón, desgaste prematuro de válvulas o daño por sobrettemperatura

sin desmontar la culata. Es la aplicación más común en servicios correctivos de motor con síntomas de pérdida de potencia o consumo de aceite elevado.

- **Inspección del turbocompresor.** Los álabes del turbo son visibles a través del conducto de admisión. Un turbo con álabes doblados o con holgura excesiva en el eje es diagnosticable en menos de 3 minutos. El diagnóstico convencional exige desmontar el intercooler y el colector para llegar al mismo punto.
- **Inspección de la bandeja de batería BYD.** Algunos síntomas de advertencia del sistema de alta tensión en vehículos BYD pueden estar relacionados con daño físico interno de la batería: deformaciones, humedad o contactos oxidados. El boroscopio permite verificar esas condiciones sin intervenir el sistema de alta tensión. Eso no es solo eficiencia operativa. Es seguridad del técnico.
- **Inspección de conductos de refrigeración.** La presencia de sedimentos o depósitos internos que obstruyen el flujo de refrigerante es detectable directamente por el boroscopio. Sin él, ese diagnóstico requiere vaciar el sistema antes de poder ver el interior.

El impacto del boroscopio sobre el MTTR opera sobre dos subtiempos. En **T2**, reduce el tiempo de diagnóstico en los servicios correctivos con síntomas mecánicos no asociados a códigos electrónicos. Ese tipo de falla representa aproximadamente el 30% del volumen del taller (mantenimiento correctivo, según los datos del Capítulo 2). El diagnóstico convencional de ese 30% tarda entre 60 y 120 minutos porque incluye desmontajes exploratorios. Con el boroscopio, baja a 15–30 minutos en los casos donde la inspección visual interna resuelve la incertidumbre.

En **T5**, elimina los desmontajes que la intervención técnica realiza sin certeza diagnóstica. Cuando el técnico sabe exactamente qué va a encontrar antes de abrir el componente, trabaja con secuencia clara. No hay paradas para consultar, no hay reprocesos por hallazgos inesperados.

El equipo de referencia es un boroscopio industrial automotriz con sonda flexible de 5,5 mm, cámara de 720p, iluminación LED ajustable y conectividad WiFi y USB-C. Su costo en el mercado ecuatoriano se sitúa entre USD 400 y USD 500.

No requiere infraestructura adicional. Funciona con la tablet o el celular que el técnico ya usa para fotografiar las OT. La curva de aprendizaje es mínima: menos de 4 horas de práctica para dominar el posicionamiento de la sonda y la interpretación de imágenes en los contextos de uso más comunes. Se integra al SOP de recepción del ítem 4.2.4 como herramienta de activación condicional: se usa en todos los servicios correctivos donde el síntoma reportado involucra un componente que no es directamente accesible por inspección visual externa. El técnico no decide si usarlo o no según su criterio del día. El SOP lo indica con precisión.

En cuanto al analizador de batería inteligente. La batería del vehículo es el componente más silencioso antes de fallar. En la mayoría de los talleres, su estado no se verifica en cada servicio. Se espera a que el cliente reporte el síntoma: arranque lento, no enciende, batería descargada durante la noche. Para ese momento, la falla ya ocurrió. El cliente llegó con el vehículo en grúa o con la batería de emergencia puesta. Eso genera T1 extendido y un cliente con experiencia negativa que empieza antes de poner el pie en el taller.

El analizador de batería inteligente invierte esa secuencia. La verificación del estado de salud (SOH) de la batería pasa a ser parte de la recepción de cada vehículo. No solo cuando hay síntoma. En cada ingreso. El equipo conecta directamente a los bornes de la batería mediante pinzas. En 5 a 10 segundos emite tres valores: tensión en circuito abierto (OCV), resistencia interna (CCA disponible vs. CCA nominal) y temperatura estimada. Con esos tres datos calcula el estado de salud (SOH) expresado en porcentaje y emite uno de tres veredictos: batería en buen estado, batería con degradación significativa que hay que monitorear, o batería que requiere reemplazo.

Los modelos actuales —como el Launch BST-860 o el Ancel BST500— también prueban el estado del alternador y el sistema de carga. Eso amplía el diagnóstico eléctrico básico sin añadir tiempo operativo. Para los vehículos BYD, el equipo verifica el estado de la batería de 12V auxiliar, que es el componente que activa el sistema de bienvenida, los módulos de control y la apertura de la carga del vehículo eléctrico. Esa batería falla independientemente del estado de la batería de alta

tensión y es la causa más frecuente de síntomas eléctricos aparentemente complejos en vehículos BYD que en realidad tienen solución sencilla y de bajo costo.

El impacto sobre el MTTR es principalmente preventivo. No actúa sobre T2 en los servicios donde la batería ya falló. Actúa antes: detecta en recepción una batería con SOH por debajo del 60% en un vehículo que ingresó por un cambio de aceite rutinario. Eso le permite al técnico abrir el presupuesto con esa observación incluida. El cliente decide en el momento. Si aprueba, se resuelve en la misma visita. Si no aprueba, al menos el taller documentó la advertencia en la OT.

Esa documentación tiene tres consecuencias. La primera es que la tasa de retrabajo baja: el cliente que regresa en dos semanas porque la batería falló difícilmente puede responsabilizar al taller cuando la OT ya registraba la observación. La segunda es que el ticket promedio sube: el cambio de batería realizado en la misma visita evita el desplazamiento adicional del cliente y genera un ingreso que sin el analizador nunca se habría identificado. La tercera es que la confianza del cliente aumenta: un taller que detecta proactivamente problemas que el cliente no sabía que tenía tiene una reputación diferente a uno que solo responde cuando hay síntoma declarado.

El costo del equipo es de USD 300 a USD 400. Su retorno se produce en la primera batería adicional vendida que de otro modo no se habría detectado. Con 90 vehículos al mes y una tasa conservadora de detección del 10%, el analizador genera entre 8 y 9 recomendaciones de batería mensuales. Si se convierte una de cada tres, son 3 baterías adicionales por mes. A un precio promedio de USD 80 por batería y su instalación, el retorno de la inversión se alcanza en el segundo mes de uso.

El equipo de referencia es un analizador de batería con tecnología de conductancia electrónica que cubra baterías AGM, EFB, GEL y plomo-ácido estándar. Su rango de medición debe cubrir de 100 a 1.200 CCA. El costo en el mercado ecuatoriano se sitúa entre USD 300 y USD 400. No requiere capacitación técnica especializada. El equipo opera con tres pasos: conectar, esperar 10



segundos, registrar el resultado en la OT. Cualquier técnico del taller puede usarlo desde el primer día.

Se integra al SOP de recepción del ítem 4.2.4 como paso obligatorio en el 100% de los ingresos, independientemente del tipo de servicio. El resultado se registra en Getsoft como campo de la OT. Si el resultado indica degradación o falla, aparece automáticamente como ítem de presupuesto con la descripción técnica estandarizada y el precio de referencia ya precargado. Eso elimina la elaboración manual del presupuesto para ese ítem y reduce el tiempo de T3 en los casos donde la batería es parte del presupuesto.

CAPÍTULO 5. FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA, PLAN DE IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA

El presente capítulo sintetiza los resultados de la propuesta metodológica en la planificación operativa de la implementación, la viabilidad técnica y económica del conjunto de intervenciones y los mecanismos de validación que permiten verificar el impacto de la metodología sobre la variable central del estudio.

5.1. Resultados esperados de la propuesta de posventa digital.

Este bloque responde una pregunta concreta: si Motor Works implementa la propuesta de posventa digital, ¿qué cambia, en cuánto tiempo y a qué costo?

La propuesta de posventa digital actúa sobre los sub-tiempos de coordinación y comunicación que rodean el proceso operativo.

Las proyecciones de esta sección son estimaciones orientadoras. Se basan en los datos declarados por el gerente, en los patrones identificados en la encuesta a 75 clientes y en referencias de talleres de escala similar. Su función es dar al taller un punto de referencia con el que comparar el desempeño real una vez que la implementación esté en marcha.

Dentro del MTTR técnico-operativo ($T2-T8 = 270$ minutos), el impacto directo de esta propuesta recae sobre T4 (elaboración y aprobación del presupuesto) y T8 (entrega del vehículo). También genera un efecto indirecto sobre T5 cuando el agendamiento con información previa permite anticipar repuestos antes del ingreso del vehículo.

T1 (contacto y agendamiento) mejora con esta propuesta, pero no integra el MTTR técnico porque ocurre antes de que el vehículo llegue al taller. T9 (seguimiento post-servicio) tampoco

forma parte del MTTR: su función es relacional y su mejora se mide en indicadores de fidelización, reseñas y retorno.

Un criterio guía todo el plan: ninguna fase depende de completar la anterior para iniciarse, salvo donde la dependencia técnica es explícita. Las primeras acciones pueden ejecutarse en la primera semana. El retorno empieza a ser visible desde el segundo mes.

5.1.1. Plan de implementación por fases

Motor Works tiene un gerente que coordina la operación diaria y no dispone de un equipo dedicado a marketing o analítica. Por eso la implementación se organiza en fases cortas, secuenciales y acumulativas. Cada fase activa primero lo que cuesta menos, exige menos esfuerzo técnico y genera impacto rápido sobre operación. Se empieza corrigiendo las brechas que impiden captar y atender bien la demanda que ya existe. Después se activan las herramientas que aumentan el volumen de contactos. Y solo cuando el circuito básico está funcionando se escala la inversión y la cobertura territorial. Ese orden evita el error más común en talleres pequeños: pagar publicidad antes de tener listo el sistema que debe convertir esa demanda en citas y esas citas en servicios efectivos.

Si Motor Works no registra desde la primera fase los datos mínimos de visibilidad, conversión, respuesta y seguimiento, no podrá demostrar después si la propuesta realmente mejoró la operación ni en qué magnitud lo hizo. Por eso el sistema de KPI y el esquema de registro del MTTR se activan en la Fase 1 y acompañan todo el proceso. La secuencia operativa se divide en cinco fases y se resume en el cronograma propuesto en la **Tabla 26**.

Tabla 26. Plan de implementación de la propuesta de posventa digital de Motor Works

Fase	Período	Acciones prioritarias	KPI de control de la fase	Costo estimado
Fase 1	Semanas 1–2	Optimizar Google Business Profile; configurar WhatsApp Business con catálogo, etiquetas y	Perfil GBP completo, tiempo de respuesta en WhatsApp,	USD 0

Fase	Período	Acciones prioritarias	KPI de control de la fase	Costo estimado
		automatización; crear CRM básico; instalar GA4 y Google Tag Manager; diseñar esquema de registro del MTTR y tablero inicial de KPI	CRM operativo, línea base del MTTR definida	
Fase 2	Semanas 3–4	Publicar landing page principal; activar formularios de captación; configurar automatizaciones iniciales con Zapier o Make; activar campaña de Google Ads de búsqueda local	Leads captados por formulario, tasa de contacto a cita, CTR de Google Ads, primeras citas confirmadas	USD 100/mes
Fase 3	Mes 2	Activar Meta Ads y TikTok Ads; lanzar secuencia de seis correos automatizados; publicar primeros testimonios; activar flujo de posventa por WhatsApp; primera revisión formal del panel de indicadores	Contactos calificados por mes, reseñas generadas, tasa de seguimiento post-servicio, tasa de apertura de email	USD 280/mes
Fase 4	Mes 3	Sincronizar Getsoft con el CRM; activar campañas por segmento, flotas y EV/HEV; escalar contenido diferenciador de certificación BYD; ajustar metas según resultados del tablero	Tasa de reactivación, clientes segmentados por arquetipo, frecuencia de recompra, revisión del MTTR por tipo de servicio	USD 275–475/mes
Fase 5	Mes 4 en adelante	Optimización continua por KPI; pruebas A/B en anuncios y mensajes; creación de públicos similares; expansión territorial a Zona 2 Imbabura y Zona 3 Carchi; análisis comparativo del MTTR frente a la línea base	Costo por cita confirmada, ROI por canal, retención a 90 días, comparación del MTTR contra la línea base	USD 275–475/mes

La primera fase del plan de posventa digital concentra las acciones de mayor impacto y menor costo como Google Business Profile, WhatsApp Business y CRM básico. Se instala la analítica mínima y se diseña el registro del MTTR con sus subtiempos. Aquí también se activa el sistema de indicadores de desempeño en su versión inicial.

La segunda fase pone en marcha el primer mecanismo real de conversión digital. Se trata de capturar contactos con datos útiles. La landing page, los formularios y la automatización inicial permiten que el cliente no solo escriba, sino que deje la información mínima que el taller necesita para preparar el servicio. Se controlan los leads captados, la tasa de contacto a cita, el CTR de Google Ads y las primeras citas confirmadas. Esta fase sirve para validar si el circuito de captación y cierre ya funciona con tráfico real.

La tercera fase marca el paso de una presencia digital estructurada a una presencia digital activa. Se incorporan Meta Ads y TikTok Ads. Se lanza la secuencia automatizada de correos. Se publican testimonios. Y se activa el flujo de posventa por WhatsApp. Motor Works ya no solo capta también sigue, recuerda y pide reseñas. Aquí entran en control la cantidad de contactos calificados por mes, la tasa de seguimiento post-servicio, el número de reseñas generadas y la tasa de apertura de email.

La cuarta fase conecta el sistema comercial con el historial operativo del taller. La sincronización entre Getsoft y el CRM es el punto donde la propuesta digital comienza a producir inteligencia útil para la operación. Motor Works segmenta, diferencia, y prioriza con campañas activas y específicas para flotas, clientes EV/HEV y clientes recurrentes.

La quinta fase agrega criterio donde el sistema empieza a aprender de sus propios datos. Se prueban variantes de anuncios y mensajes, ampliando públicos similares y radio geográfico. Y se compara el MTTR observado contra la línea base levantada al inicio. El sistema de indicadores se convierte en una herramienta de decisión. El costo por cita confirmada, el ROI por canal, la retención a 90 días y la variación del MTTR permiten decidir qué mantener, qué corregir y qué escalar.

Las fases deben cumplirse por calendario o por evidencia. Si el tiempo de respuesta en WhatsApp sigue por encima de 30 minutos en más del 20% de los casos, no conviene escalar publicidad. Si el CRM no está siendo alimentado con disciplina, no conviene automatizar campañas segmentadas. Si el seguimiento post-servicio no se cumple de forma consistente, no tiene sentido pedir más reseñas ni escalar retargeting.

El plan debe leerse como una progresión condicionada por desempeño. La propuesta avanza cuando la fase anterior funciona y no cuando simplemente termina la semana prevista. Ese principio reduce el riesgo de sobrecargar al taller y protege la variable central del estudio: que el crecimiento

digital no aumente la demanda más rápido de lo que la operación puede absorber sin deteriorar el MTTR.

5.1.2. Factibilidad técnico-económica

La propuesta de posventa digital no requiere infraestructura nueva. Todas las herramientas ya existen o son de acceso gratuito. El costo está en el tiempo de configuración inicial y en la suscripción mensual a un CRM básico a partir de la segunda fase.

La inversión total del plan es de USD 1 680 en seis meses. El primer mes cuesta USD 120: configuración de WhatsApp Business y Google Business Profile. El retorno empieza a ser visible en el segundo mes, cuando el tiempo de autorización de presupuestos baja y el agendamiento por canal digital empiece a reemplazar la coordinación informal por chat.

Las proyecciones financieras de la **Tabla 27** y la **Tabla 28** son estimaciones construidas sobre tres supuestos: que el volumen mensual de vehículos se mantiene en 90 unidades, que el tiempo promedio de recepción y autorización se reduce en un 30% con los flujos automatizados, y que al menos el 40% de los clientes activos responde al primer ciclo de seguimiento post-servicio. Los tres supuestos son conservadores frente a los rangos reportados en la literatura para implementaciones similares.

Tabla 27. *Ecosistema de herramientas propuesto — función, costo y disponibilidad*

Capa	Herramienta	Función principal	Costo mensual	Disponibilidad
Captación web	WordPress + Elementor	Landing multiservicio con formularios y botones a WhatsApp	USD 0 + hosting USD 5–10	Alta — proveedores locales
Visibilidad local	Google Business Profile	SEO local, reseñas, mapa, horarios	USD 0	Alta
Canal de conversión	WhatsApp Business	Atención, agendamiento, informe de diagnóstico PDF	USD 0–15 (API básica)	Alta
CRM	HubSpot Free	Gestión de contactos, segmentación, recordatorios	USD 0	Alta

Capa	Herramienta	Función principal	Costo mensual	Disponibilidad
Email	Brevo (Sendinblue)	Secuencias automatizadas, recordatorios de mantenimiento	USD 0 hasta 300 correos/día	Alta
Publicidad	Google Ads	Captura de demanda existente — búsquedas locales	USD 100 pauta	Alta
Publicidad	Meta Ads + TikTok Ads	Generación de demanda latente — descubrimiento	USD 60–100 + 40–60 pauta	Alta
Analítica	GA4 + Google Tag Manager	Medición de tráfico, conversiones, comportamiento	USD 0	Alta
Automatización	Zapier o Make	Enlace entre formularios, CRM, email y WhatsApp	USD 0–25 plan básico	Alta

***Nota.** Ninguna herramienta requiere licencia corporativa ni servidor propio. Las plataformas de automatización Zapier y Make conectan las capas entre sí mediante interfaces visuales sin código, lo que pone la implementación técnica al alcance del equipo actual del taller sin necesidad de contratar un técnico externo.*

La viabilidad técnica depende de tres hábitos operativos que el equipo de Motor Works debe adoptar desde el primer día:

- **Respuesta al WhatsApp en menos de treinta minutos durante el horario laboral.** El flujo de conversión colapsa si el tiempo de respuesta es mayor. Un contacto que no recibe respuesta en la primera media hora tiene una probabilidad superior al 60% de contactar al siguiente taller en su lista.
- **Registro estructurado del cliente y del vehículo en el CRM.** Cada contacto que entra por cualquier canal como formulario, WhatsApp, o llamada, debe registrarse. Un CRM mal registrado genera segmentaciones incorrectas.
- **Registro disciplinado del MTTR desde la Fase 1.** Cada orden de trabajo debe tener estampados los hitos del proceso: ingreso, cierre de diagnóstico, aprobación del presupuesto, inicio de reparación, disponibilidad para entrega y entrega efectiva.

Tabla 28. Estructura de costos mensuales por fase de implementación

Componente	Fase 1 (sem. 1–2)	Fase 2 (sem. 3–4)	Fase 3 (mes 2)	Fases 4–5 (mes 3+)
Google Business Profile	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0
WhatsApp Business	USD 0	USD 0	USD 0–15	USD 0–15
CRM HubSpot Free	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0–30
Landing page + hosting	USD 0	USD 5–10	USD 5–10	USD 5–10
Email Brevo	USD 0	USD 0	USD 0	USD 0
Automatización Zapier/Make	USD 0	USD 0–25	USD 0–25	USD 0–25
Google Ads	USD 0	USD 100	USD 100	USD 100
Meta Ads	USD 0	USD 0	USD 60–100	USD 60–100
TikTok Ads	USD 0	USD 0	USD 40–60	USD 40–60
Producción de contenido	USD 0	USD 0	USD 0–50	USD 0–50
Total estimado	USD 0	USD 85–155	USD 185–380	USD 185–410

La inversión en las Fases 4 y 5 es idéntica porque la expansión territorial de la Fase 5 no añade nuevas herramientas. Solo amplía el radio de segmentación geográfica de las campañas que ya están corriendo.

El modelo de retorno se construye sobre cuatro parámetros del diagnóstico y de referencias sectoriales para MiPymes de servicios en Ecuador: ticket promedio de USD 45 a 80 por servicio, tasa de conversión de contacto digital a cita confirmada del 25 al 35%, volumen de leads calificados estimado por fase, y el efecto acumulativo de la reactivación de la base histórica de Getsoft a partir del mes 3.

Desde el mes 3, el CRM conectado a Getsoft comienza a enviar recordatorios de mantenimiento a clientes que ya visitaron el taller pero que no han vuelto en más de noventa días. Esos contactos no cuestan pauta. Ya están en la base. Activarlos genera facturación recurrente sin incrementar la inversión publicitaria. Las proyecciones de retorno de la **Tabla 29** se construyen sobre tasas de conversión de referencia para MiPymes de servicios locales en Ecuador.

Tabla 29. Proyección de retorno estimado por mes de implementación

Variable	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Inversión total	USD 375	USD 400	USD 450

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Variable	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Leads calificados estimados	20–30	40–50	55–70
Tasa conversión lead → cita	25%	30%	35%
Citas confirmadas estimadas	5–8	12–15	19–25
Ticket promedio por servicio	USD 45–80	USD 45–80	USD 45–80
Ingreso potencial estimado	USD 225–640	USD 540–1.200	USD 855–2.000
ROI mínimo estimado	0,6–1,7	1,4–3,0	1,9–4,4

***Nota.** Valores estimados con base en tasas de conversión de referencia para MiPymes de servicios locales en Ecuador (Latamclick, 2026). El ROI mejora progresivamente porque el CRM acumula datos, las reseñas generan confianza orgánica y los flujos de reactivación activan la base de Getsoft sin costo adicional de pauta.*

El ROI del mes 1 es bajo. Eso es esperado y no debe interpretarse como señal de alerta. En el primer mes el sistema está en fase de configuración. Los leads llegan, pero el proceso de conversión todavía está ajustándose. A partir del mes 2, cuando las automatizaciones de respuesta están activas y el CRM tiene datos de segmentación suficientes, el ROI escala de manera consistente.

Las proyecciones son realistas y no optimistas sin fundamento. Se identifican cuatro condiciones cuya ausencia comprometería el retorno proyectado:

- **Respuesta sostenida al WhatsApp.** Si el volumen de leads de la Fase 2 supera la capacidad de atención del equipo antes de que las automatizaciones estén activas, la tasa de conversión cae por debajo del umbral proyectado. La solución consiste en activar los flujos automáticos de respuesta en la Fase 1, antes de lanzar la publicidad pagada.
- **Mantenimiento del CRM.** Los flujos de reactivación de Getsoft solo funcionan si los datos del cliente están registrados con los siete campos mínimos. Un dato faltante, por ejemplo, el WhatsApp o el modelo del vehículo, inutiliza el registro para la segmentación posterior.
- **Producción sostenida de contenido.** El algoritmo de Instagram y Facebook penaliza los perfiles que publican de forma irregular. Una interrupción de más de dos semanas

consecutivas reduce el alcance orgánico y eleva el costo por lead de las campañas pagadas. El mínimo operativo es tres publicaciones semanales durante los primeros dos meses. Después, el algoritmo ya tiene suficiente historial para mantener la distribución con menor frecuencia.

- **Registro disciplinado del MTTR.** Sin los hitos de proceso registrados en cada OT desde la Fase 1, la comparación entre la línea base del mes 2 y los datos del mes 4 no tiene sustento. Y sin esa comparación, la propuesta cumple sus objetivos de captación, pero no puede demostrar su impacto sobre la variable central del estudio.

5.1.3. Validación

La validación no mide si la propuesta funcionó, sino si las proyecciones son coherentes con la evidencia disponible antes de implementar. Se realiza mediante contraste con los datos del diagnóstico de Motor Works, referencias sectoriales de talleres de escala similar y literatura sobre posventa digital y MTTR. Esta validación teórica asegura consistencia interna entre las brechas identificadas y las intervenciones propuestas.

La propuesta de posventa digital se valida en función de la coherencia con los sub-tiempos que busca mejorar, la razonabilidad de las proyecciones, y indicadores sean verificables con los datos que ya genera Getsoft.

Sobre el primer frente: la propuesta actúa directamente sobre **T4 y T8**, que sí forman parte del MTTR técnico-operativo, y de forma indirecta sobre **T5**, cuando el agendamiento digital genera información anticipada sobre repuestos. T1 y T9 también mejoran, pero no se suman al MTTR técnico porque corresponden al ciclo total de atención al cliente y a los KPI de posventa, respectivamente.

Sobre el segundo frente: la reducción proyectada sobre el **MTTR técnico-operativo** ($T2 - T8 = 270$ minutos), considerando solo el efecto directo de esta propuesta sobre T4 y T8, oscila entre 35 y 65 minutos por servicio en la Fase 3, asumiendo una adopción mínima del 50% de vehículos

agendados con datos completos. Cuando se suma el efecto indirecto sobre T5, la reducción puede alcanzar entre 55 y 95 minutos adicionales por servicio correctivo con espera de repuesto.

Los tres criterios se aplican a cada intervención propuesta: ¿el sub-tiempo que ataca esta acción es real y está documentado en el diagnóstico? ¿La reducción proyectada entra dentro del rango reportado en estudios comparables? ¿La herramienta es operativamente viable para un taller de cinco bahías y seis trabajadores en Ibarra? Se desarrolla las dimensiones así:

- **Congruencia entre diagnóstico, objetivos e intervenciones.** Partiendo del diagnóstico del Capítulo 3 registrados en las Tablas 5 y 6 brechas, causa raíz y su sub-tiempo afectado, se diseña la propuesta metodológica en el presente Capítulo. Responde a cada brecha de manera específica y trazable. La **Tabla 30** hace visible esa trazabilidad.

Tabla 30. Correspondencia entre brechas del diagnóstico, objetivos específicos e intervenciones de la propuesta

Brecha identificada	OE relacionado	Intervención propuesta	Sub-tiempo del MTTR afectado
Google Business Profile sin optimizar, sin reseñas visibles	OE3	Optimización integral de GBP + protocolo sistemático de solicitud de reseñas	T2: reduce el tiempo de recepción al generar citas con datos previos del vehículo
Comunicación con el cliente sin protocolo ni automatización	OE3	Reestructuración de WhatsApp Business con flujo de 6 pasos + formulario previo al ingreso	T3: agiliza la aprobación del presupuesto, T4: anticipa la gestión de repuestos
CRM e historial de Getsoft sin uso operativo	OE3 / OE4	Activación de CRM básico + sincronización con Getsoft + flujos de reactivación segmentados por arquetipo	T2 y T4: el historial previo del vehículo anticipa el alcance del trabajo
Ausencia de presencia digital estructurada	OE3	Google Ads + Meta Ads + TikTok Ads con estrategia de geolocalización en tres radios	Incrementa citas agendadas con información previa, mejorando la planificación operativa
Sin estrategia de contenidos diferenciadora	OE3 / OE5	Calendario editorial diferenciado por plataforma, arquetipos A1–A3 y fase del journey	Reduce expectativas desajustadas que generan tiempos improductivos en T1–T2
Ausencia de indicadores de seguimiento	OE6	Sistema de KPI vinculados al MTTR y a la conversión	Todas: el registro del MTTR permite identificar qué sub-

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Brecha identificada	OE relacionado	Intervención propuesta	Sub-tiempo del MTTR afectado
		digital + medición desde la Fase 1	tiempos se reducen y en qué magnitud

Nota. T4, T5 y T8 integran el MTTR técnico-operativo porque ocurren con el vehículo dentro del taller. T1 (contacto y agendamiento) pertenece al ciclo total de atención al cliente y ocurre antes del ingreso. T9 (seguimiento post-servicio) es un KPI de posventa que se ejecuta después de la entrega. Mejorar T1 y T9 es relevante, pero su efecto no debe sumarse al indicador central de la investigación, cuya base es $T2-T8 = 270$ minutos.

Esta tabla demuestra que la propuesta es un sistema de intervenciones diseñadas para responder exactamente las brechas que el diagnóstico documentó como solución técnicamente defendible en:

- **Sistema de indicadores de desempeño.** Todos los indicadores propuestos cumplen con la medición de herramientas gratuitas o ya contratadas por el taller: GA4, el panel de WhatsApp Business, Google Business Profile Insights, HubSpot CRM Free y Getsoft. Estos indicadores tienen metas cuantitativas y frecuencia de revisión definida. También se vinculan de manera explícita a alguna de las brechas del diagnóstico o directamente al MTTR. Cada cita agendada con el formulario completado entrega al técnico la marca, modelo, año, tipo de combustible y síntoma reportado antes de que el vehículo entre a la bahía. Esa información anticipa el alcance del diagnóstico y la verificación de repuestos, reduciendo T2 y T4. Se muestra en la **Tabla 31** el sistema de indicadores mencionado.

Tabla 31. Sistema de indicadores de desempeño de la posventa digital de Motor Works

Fase del journey	KPI	Meta	Herramienta de medición	Frecuencia
Descubrimiento	Impresiones mensuales TikTok + Instagram	15.000/mes desde mes 2	Meta Business Suite / TikTok Ads Manager	Semanal
Consideración	Visitas al perfil de GBP	500/mes — posición top-3 local	GBP Insights	Mensual
Evaluación	Reseñas verificadas en Google Maps	40 en 4 meses — nota $\geq 4,5$	GBP + hoja de registro del protocolo	Quincenal

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Fase del journey	KPI	Meta	Herramienta de medición	Frecuencia
Conversión	Leads calificados mensuales por canal	40–60/mes desde mes 3	HubSpot CRM	Semanal
Conversión	Tasa de conversión lead → cita confirmada	≥ 30%	HubSpot CRM / WhatsApp Business	Semanal
Conversión	Tiempo de respuesta al canal de WhatsApp	< 30 minutos en horario laboral	Panel de WhatsApp Business	Diaria
Fidelización	Tasa de retorno de clientes activos	≥ 40% en 6 meses	HubSpot CRM / Getsoft	Mensual
Fidelización	Tasa de apertura de email	≥ 25%	Brevo	Mensual
Operativo-MTTR	MTTR técnico-operativo (T2–T8)	3,50–4,00 h	Getsoft + registro de hitos de OT	Mensual
Operativo-MTTR	% de citas agendadas con formulario previo completo	≥ 70% desde Fase 2	HubSpot CRM / WhatsApp Business	Mensual

***Nota.** El MTTR técnico-operativo no cambia de forma aislada por la propuesta digital. Su reducción depende principalmente de Lean Service. La posventa digital crea las condiciones de información y coordinación que permiten que T4, T5 y T8 bajen en el escenario integrado.*

- **Contrastación con evidencia externa.** El benchmarking competitivo refuerza la validez de la propuesta desde otro ángulo. Ninguno de los cinco competidores directos analizados en el 3.9 dispone de flujos digitales integrados al proceso de posventa con incidencia verificable sobre la gestión operativa del servicio. Ninguno ha capitalizado comunicacionalmente la certificación técnica ni la especialización en EV/HEV como diferenciador en el mercado digital de Imbabura. El taller que la ocupe primero con una metodología estructurada construirá una posición competitiva que el siguiente competidor tardará al menos doce meses en replicar.

El análisis de consistencia indica que las tres intervenciones son pertinentes, técnicamente fundamentadas y aplicables al contexto de Motor Works. La principal limitación es que las proyecciones de reducción del MTTR se basan en estimaciones referenciales, no en registros propios; por eso la primera medición post-implementación es crítica para verificar el impacto real.

Eso no invalida la propuesta. Solo establece que la primera medición post-implementación es el paso más importante de todo el proceso.

5.2. Resultados esperados de la propuesta Lean Service

El Capítulo 4 explica qué hace cada herramienta Lean y por qué se seleccionó. Este bloque responde lo que sigue: ¿qué resultado concreto produce cada una?, ¿cuánto cuesta ponerla en marcha y cómo se sabe que está funcionando?

La propuesta Lean Service es la que tiene mayor incidencia directa sobre el **MTTR técnico-operativo**. Su punto de partida es la línea de base de **270 minutos (4,50 horas)**, que cubre los sub-tiempos T2 a T8. Sobre esa base, el escenario conservador proyecta llevarlo a un rango de 142 minutos (2,37 horas).

5.2.1. Plan de implementación de Lean Service

Un plan de implementación Lean puede fracasar por ejecutar todo al mismo tiempo o por activar las herramientas en el orden equivocado. El plan propuesto para Motor Works organiza la implementación en cinco fases secuenciales bajo tres criterios: prioridad de impacto sobre el MTTR (el Kanban va primero, el TPM va último), dependencia entre herramientas (el SMED requiere el tablero Kanban y las 5S activos) y capacidad de absorción del equipo (ninguna fase exige modificar más de dos hábitos de trabajo simultáneamente).

Fase 1 — Semanas 1 y 2: 5S (Seiri y Seiton) + registro del MTTR. Jornada de clasificación y ordenamiento del taller, con instalación del registro de seis hitos por OT en Getsoft desde la primera semana. Sin esa línea base no es posible verificar si el MTTR se redujo de 5,00 h a 3,00 h o se mantuvo sin cambio real.

Fase 2 — Semanas 3 y 4: SOP de recepción + tablero Kanban físico. Se instalan los dos pilares del flujo de información interno. Desde la semana 3, los técnicos trabajan con OTs que tienen información completa desde la recepción, con impacto directo sobre T1 y T3.

Fase 3 — Mes 2: Kanban Nivel 1 + SOP de intervención + primera medición del MTTR. Mayor inversión y mayor impacto directo sobre T5. Se calcula el punto de pedido de los 15 a 20 repuestos de mayor rotación, se compra el stock mínimo y se instalan las tarjetas en el estante. Al cierre del mes se obtiene la primera medición real del MTTR, que reemplaza la estimación de 5,00 h con un valor medido y desagregado.

Fase 4 — Mes 3: SMED + SOP de control de calidad + Seiso y Seiketsu. Se completa el sistema con las tres herramientas que dependen de las fases anteriores. El SMED se activa con una reunión de 30 minutos; el checklist de control de calidad se plastifica en cada bahía; las fotos del estado correcto de cada zona se convierten en el estándar visual permanente.

Fase 5 — Mes 4 en adelante: Kanban Nivel 2 + Shitsuke + TPM formalizado. Cuando el agendamiento digital cubre el 70% de los ingresos con 24 horas de anticipación, el gerente incorpora la revisión matutina de citas y pedidos de repuestos. Es el hábito más simple de la propuesta y el que lleva T5 del rango conservador de 1,00 h al optimista de 0,55 h. Al cierre del mes 6 se realiza la segunda medición formal del MTTR, cuya comparación con la línea base del mes 2 valida o refuta la reducción media del 50% proyectada.

Los costos recurrentes por cada fase del plan de implementación se muestran en la **tabla 32**.

Tabla 32. Plan de implementación de Lean Service por fases para Motor Works

Fase	Período	Herramientas activas	Acciones clave	Costo estimado
Fase 1	Semanas 1–2	5S (Seiri + Seiton) + registro MTTR	Jornada de clasificación y ordenamiento, delimitación de zonas, activación del registro de	USD 300

Fase	Período	Herramientas activas	Acciones clave	Costo estimado
			hitos en Getsoft, instalación de paneles de siluetas	
Fase 2	Semanas 3–4	SOP de recepción + tablero Kanban físico	Redacción e instalación del SOP, capacitación de 2 h al equipo, diseño e instalación del tablero Kanban de planificación	USD 100
Fase 3	Mes 2	Kanban Nivel 1 + SOP de intervención técnica	Cálculo de puntos de pedido, redacción de SOP por tipo de servicio, stock inicial de repuestos de alta rotación, primera medición formal del MTTR	USD 1.200
Fase 4	Mes 3	SMED + SOP de calidad + Seiso + Seiketsu	Protocolo de cambio de bahía, rutina de limpieza diaria, checklist de control de calidad, fotografías de estado de referencia	USD 0
Fase 5	Mes 4 en adelante	Kanban Nivel 2 + Shitsuke + TPM formalizado	Integración del Kanban de OT anticipada con agendamiento digital, calendario de mantenimiento preventivo de equipos, auditorías 5S quincenales, segunda medición del MTTR y comparación con línea base	USD 400 recurrente

El plan tiene cinco fases, pero tiene cuatro condiciones sin las cuales ninguna fase produce el resultado proyectado:

- **El registro del MTTR empieza en la semana 1.** Si el taller no tiene datos de sus propios tiempos al final del mes 2, la medición de impacto es imposible y el plan pierde su capacidad.
- **El gerente modela los estándares con su comportamiento.** Los SOP deben respetarse por el gerente y el equipo. El tablero Kanban debe actualizarse y liderarse la implementación.
- **El Kanban de Nivel 2 se activa cuando el agendamiento digital opera.** Si el gerente revisa un tablero de citas vacío entonces el sistema pierde credibilidad en la primera semana.
- **Los tiempos estándar se registran, no se imponen.** Durante los primeros tres meses, la función de los tiempos estándar es descriptiva al saber el tiempo que tarda cada servicio. Esa información ajusta estándares de la **Tabla 16**, y se trata de superar la resistencia al cambio.

La inversión total del plan Lean es de USD 1.600, concentrada en las primeras tres fases. Las fases 4 y 5 no requieren inversión adicional. Con un MTTR reducido a un rango de entre 2,00 y 3,00 horas, el taller gana capacidad para atender más vehículos mensuales sin ampliar

infraestructura. Con un ticket promedio de USD 162 y un margen de contribución del 61,5%, cada servicio adicional genera margen real desde el primer mes de régimen. La inversión de USD 1.600 se amortiza rápidamente, y a los doce meses el retorno acumulado en el escenario conservador supera con amplitud el costo de no haber actuado antes. Por qué Lean Service no puede operar sin la propuesta digital, justamente esta es la interdependencia más importante de toda la propuesta metodológica.

El Kanban de Nivel 2 depende de que los clientes agenden con datos previos del vehículo. Sin el protocolo de WhatsApp Business del ítem 4.1, el gerente revisa el tablero del día siguiente y encuentra tarjetas incompletas: no puede confirmar repuestos ni anticipar herramientas, y T5 no baja a 0,55 horas, sino que se mantiene cerca del estado actual.

T4 proyectado en 0,15 horas depende del protocolo de presupuesto con fotografía del diagnóstico enviado por WhatsApp. Sin ese protocolo, el SOP de recepción puede funcionar perfectamente y el cliente seguirá tardando horas en aprobar, porque recibe una cifra sin contexto visual y sin mecanismo de seguimiento.

T7 y T8 proyectados en 0,10 horas dependen de la notificación automática de entrega. Sin ese mensaje, el vehículo termina a las 3 de la tarde y el cliente lo recoge al día siguiente porque nadie le avisó. La bahía queda bloqueada por un problema de comunicación que el SOP no puede resolver por sí solo.

Esa interdependencia no debilita la propuesta Lean, la fortalece: el Lean Service garantiza que el proceso interno sea eficiente; la posventa digital sostiene esa eficiencia en el flujo con el cliente; y el diagnóstico innovador del ítem 4.3 asegura que la detección técnica no se convierta en el nuevo cuello de botella una vez que los sub-tiempos anteriores ya se redujeron. La **Tabla 33** sintetiza esas conexiones.

Tabla 33. Síntesis de la propuesta Lean Service: herramienta, sub-tiempo atacado, mecanismo de reducción e interdependencia

Herramienta	Sub-tiempo principal	Mecanismo de reducción	Interdependencia crítica
Kanban Nivel 1	T5	Tarjeta roja activa el pedido antes del desabasto, Stock mínimo activo de repuestos de alta rotación	5S (almacén ordenado para que la tarjeta sea visible)
Kanban Nivel 2	T5, T1	Repuestos confirmados antes del ingreso del vehículo	Agendamiento digital 4.1 (requiere datos previos del vehículo)
SOP de recepción	T1, T2	Secuencia de 8 pasos con tiempo asignado, diagnóstico universal obligatorio	WhatsApp 4.1 (historial del vehículo disponible antes de la OT)
SOP de intervención	T6	Reduce variabilidad entre técnicos, tiempos estándar por tipo de servicio,	5S (herramientas en su lugar para que el tiempo estándar sea alcanzable)
SOP de control de calidad	T7 y T8	Checklist universal de 8 puntos, reduce retrabajo del 10% al 3%	TPM (equipos calibrados para que la verificación sea confiable)
5S	Transversal	Elimina tiempo de búsqueda de herramientas y repuestos, sostiene el orden que los SOP y el Kanban requieren	Auditoría quincenal Shitsuke para sostenibilidad
SMED	T1, T6	Prepara la siguiente OT mientras la anterior aún está activa, convierte actividades internas en externas	Tablero Kanban (sin visibilidad del siguiente vehículo, el SMED no puede prepararse)
TPM	T6, T7	Previene fallas de equipos críticos, convierte interrupciones imprevistas en mantenimiento programado	5S (Seiso diario como primera línea de detección de anomalías)

Nota: la columna de interdependencia no indica que la herramienta falle sin esa condición, sino que su impacto máximo sobre el MTTR depende de que esa condición esté activa. Un Kanban de Nivel 2 con 50% de cobertura de citas digitales produce una reducción parcial de T5; con 80% de cobertura, produce la reducción proyectada en la Tabla 22.

El MTTR actual de Motor Works es de 5,00 horas. De esas 5,00 horas, solo 1,00 hora tiene valor agregado directo para el cliente; las 4,00 horas restantes son desperdicio acumulado por brechas que se refuerzan mutuamente y que hoy no se miden.

La propuesta Lean Service, articulada con la posventa digital del ítem 4.1, proyecta reducir ese MTTR a un rango de entre 2,00 y 3,00 horas, lo que representa una reducción media del 50%

sobre el estado actual. El taller sigue con cinco bahías, seis personas y los mismos equipos, pero el proceso es radicalmente distinto. Esa diferencia no viene de invertir en infraestructura, sino de dejar de perder tiempo de formas que hoy nadie mide y que por eso nadie intenta resolver.

5.2.2. Factibilidad técnico-económica del Lean Service

La propuesta Lean Service para Motor Works es viable. No requiere infraestructura nueva ni personal adicional. Actúa sobre lo que ya existe: cinco bahías, cinco técnicos y un sistema de gestión con historial desde 2019. Su lógica es liberar capacidad bloqueada, no comprarla.

La inversión total de las primeras tres fases se sitúa en USD 1.600. La mayor parte corresponde al stock mínimo inicial de repuestos que activa el Kanban de nivel 1. El resto cubre materiales de organización: etiquetas, pintura, tableros y tarjetas laminadas.

Tabla 34. Inversión por fase del plan Lean Service — Motor Works.

Fase	Período	Herramientas	Costo estimado (USD)
Fase 1	Semanas 1–2	5S (Seiri, Seiton)	300
Fase 2	Semanas 3–4	SOP de recepción, tablero Kanban físico	100
Fase 3	Mes 2	Kanban nivel 1, SOP de intervención técnica	1.200
Fase 4	Mes 3	SMED, SOP de control de calidad, Seiso, auditoría 5S	0
Fase 5	Mes 4 en adelante	Kanban nivel 2, OT anticipada, TPM formalizado	400 (recurrente al año)

La Fase 4 tienen costo cero y la Fase 5 tienen un costo recurrente de USD 400. Solo requieren tiempo del equipo. Esto es relevante: la mayor parte del impacto operativo se logra sin desembolso adicional una vez consolidado el stock inicial. Para comparar una bahía adicional con elevador hidráulico cuesta USD 15.000 aproximadamente. La propuesta Lean genera un retorno equivalente en capacidad liberada con una décima parte de esa inversión. Eso equivale a 1.170 horas mensuales de capacidad técnica total. En el estado actual, el MTTR promedio por reparación simple es de 5 horas por vehículo.

Motor Works opera con cinco bahías y una jornada de 26 días laborables al mes, con nueve horas diarias por bahía. Con 90 vehículos al mes, el taller consume aproximadamente 4.320 horas de ocupación de bahía. Ese número supera la capacidad instalada. Eso solo es posible porque los vehículos en espera de repuestos especialmente durante T4, ocupan la bahía sin trabajo técnico activo. El cálculo es directo: con un MTTR de 16 horas y una capacidad de 1.170 horas mensuales, el taller puede atender entre 108 y 115 vehículos al mes. Eso representa un incremento del 20 al 28 % sobre los 90 actuales, sin una sola hora extra de jornada ni un metro cuadrado adicional. Expresado en bahías: la reducción del MTTR libera aproximadamente 1,2 bahías permanentes que hoy están bloqueadas por vehículos en espera. Esas bahías pasan de ser una restricción física a una variable gestionable.

La base de cálculo parte de los indicadores actuales documentados en el Capítulo 2: facturación mensual de USD 14.580, ticket promedio de USD 162, margen de contribución del 61,5 % y punto de equilibrio en 55 servicios mensuales.

- **Escenario conservador (6 meses).** Un incremento del 20 % en el volumen equivale a 18 vehículos adicionales al mes. Genera una facturación incremental de USD 2.916 mensuales. El margen de contribución neto sobre ese incremento es de USD 1.793. Con una inversión Lean acumulada de USD 1.600, distribuida en las primeras tres fases, el período de recuperación es de uno a dos meses.
- **Escenario moderado (6 meses).** Un incremento del 28 %, equivalente a 25 vehículos adicionales, genera una facturación incremental de USD 4.050 mensuales y un margen de contribución neto de USD 2.490. El retorno acumulado a doce meses se sitúa en USD 27.880 aproximadamente, dependiendo del escenario. Ambas cifras superan con amplitud la inversión inicial.

La **Tabla 35** muestra que el plan recupera la inversión en el cuarto mes. Ese resultado depende de que Kanban y los SOP estén operativos antes del cierre del tercer mes. Si la implementación se retrasa, el retorno se corre en la misma proporción. El riesgo no es financiero:

es de ejecución. Un tablero Kanban sin disciplina de actualización diaria no reduce la espera de repuestos. Un SOP sin práctica supervisada no reduce la variabilidad de los técnicos. La viabilidad económica está condicionada a la adherencia operativa.

Tabla 35. Proyección financiera del impacto de la propuesta Lean Service a seis y doce meses — Motor Works

Indicador	Estado actual	Escenario conservador (6 m)	Escenario moderado (6 m)	Proyección 12 meses
Vehículos atendidos/mes	90	108	115	108–115 estabilizado
Facturación mensual (USD)	14.580	17.496	18.630	17.496–18.630
Incremento facturación/mes (USD)	—	2.916	4.050	—
Margen de contribución neto 61,5 % (USD)	8.967	10.760	11.457	—
Incremento margen neto/mes (USD)	—	1.793	2.490	—
Inversión acumulada Lean (USD)	—	1.600	1.600	Amortizada en mes 2
Retorno acumulado a 12 meses (USD)	—	18.516	27.880	—

El modelo conservador excluye dos fuentes de valor por razones metodológicas.

- **La reducción del costo de retrabajo.** Cada retrabajo eliminado representa un servicio completo de bahía sin ingreso. Con una tasa de retrabajo actual del 10 % se producen aproximadamente nueve retrabajos al mes. Reducirla al 3 % proyectado libera seis servicios adicionales que hoy se realizan sin cobro.
- **La mejora del valor de vida del cliente.** Un cliente retenido tiene un LTV (Life Time Value) mayor que uno captado nuevamente desde cero. Esta fuente de valor no es fácil de aislar estadísticamente sin medición longitudinal post-implementación.

El retorno depende de las siguientes condiciones:

- El sistema Kanban debe activarse con un stock mínimo real de repuestos de alta rotación porque el T4 no baja al rango proyectado.
- El agendamiento digital debe cubrir al menos el 70 % de los ingresos diarios con 24 horas de anticipación de repuestos. La reducción de T4 se estabiliza en ocho horas.
- El registro sistemático del MTTR debe comenzar desde la Fase 3. Eso implica registrar los seis hitos de cada OT sin excepción para poder medir y verificar el impacto.
- Los tiempos estándar definidos en el SOP deben revisarse trimestralmente. El ingreso de nuevos modelos BYD al portafolio modifica los tiempos de intervención técnica.

La propuesta Lean Service es técnica y económicamente viable para Motor Works. La inversión requerida es baja, el riesgo de implementación es manejable y los resultados pueden empezar a verificarse desde los primeros meses, siempre que exista disciplina operativa y seguimiento continuo de los indicadores. Su aporte principal se refleja en la reducción del MTTR, ya que actúa directamente sobre los desperdicios identificados en el diagnóstico del Capítulo 3. El sistema Kanban reduce la espera de repuestos, los SOP disminuyen la variabilidad en la ejecución, las 5S fortalecen el orden del entorno de trabajo, el SMED acorta los tiempos improductivos entre servicios y el TPM ayuda a prevenir interrupciones no planificadas por fallas de equipos.

El resultado central de la propuesta Lean es la reducción del MTTR técnico-operativo. Para esta investigación, los sub-tiempos del mantenimiento correctivo (reparaciones simples) se estimaron mediante entrevista al gerente, observación directa y encuesta a clientes, aplicadas durante mayo de 2026. Motor Works no dispone de cronometraje formal, por lo que estos valores constituyen una línea de base referencial, no una medición empírica. La Tabla 36 proyecta la reducción de cada sub-tiempo a seis meses de implementación. El MTTR técnico-operativo baja de 4,5 horas (270 minutos) a un rango de entre 2,50 y 1,50 horas, lo que equivale a una mejora de entre el 46% y el 68% sobre la línea base, con una reducción media del 57%. Esta proyección es coherente con los valores reportados en la literatura para talleres de características similares, donde las

implementaciones Lean documentadas registran reducciones promedio del 40% al 65% en el tiempo de ciclo durante los primeros seis meses de aplicación sistemática. La estimación refleja además la incertidumbre propia de una primera implementación en una organización sin cultura Lean consolidada.

Tabla 36. Proyección de reducción de sub-tiempos del MTTR a seis meses de implementación Lean

Sub-tiempo	Herramienta principal	Estado actual (h)	Proyección conservadora (h)	Proyección optimista (h)	Reducción media (%)
T1. Contacto y agendamiento*	—	0,17	0,13	0,08	—
T2. Recepción del vehículo	SOP	0,13	0,10	0,08	30,77%
T3. Diagnóstico técnico	SOP + SMED	0,33	0,20	0,15	46,97%
T4. Elaboración y aprobación del presupuesto	SOP + posventa digital	0,37	0,17	0,15	56,98%
T5. Espera de repuestos	Kanban + agenda digital	2,17	0,80	0,55	68,78%
T6. Intervención técnica	SOP + 5S + SMED	1,00	0,80	0,55	32,50%
T7 y T8. Control de calidad y entrega	SOP + TPM	0,50	0,30	0,10	60,00%
MTTR técnico (T2–T8)	Integrado	4,50	2,37	1,58	56,11%
T9. Seguimiento post-servicio*	—	0,17	0,13	0,08	—

Nota. T1 ocurre antes del ingreso físico del vehículo; T9 ocurre después de la entrega. Su mejora se mide en indicadores del ciclo total de atención y en KPI de posventa, no en el MTTR técnico-operativo. Las proyecciones de impacto financiero y de retorno de inversión del Capítulo 5 se calculan siempre sobre la base del MTTR técnico (270 min / 4,5 h). *T1 y T9 no forman parte del MTTR técnico. Se incluyen en la tabla solo como referencia del ciclo total de atención al cliente, y su reducción no se suma al cálculo del MTTR.

El mayor potencial de reducción se observa en T5: espera de repuestos (68,78%), coherente con la incorporación de Kanban y programación digital. El MTTR técnico integrado podría disminuir, en promedio, un 56,11%, desde 4,50 horas hasta un rango proyectado de 2,37 a 1,58 horas.

La mejora proyectada, de 1,00 h actual a un rango de 0,80 h a 0,55 h, proviene la eliminación de las interrupciones de intervención: búsqueda de herramientas, llegada de repuestos a mitad del trabajo y decisiones técnicas postergadas del diagnóstico. La implementación de SOP, 5S y SMED actúa precisamente sobre esas fricciones, no sobre el tiempo técnico irreducible.

5.2.3. Validación teórica Lean Service

Las reducciones proyectadas en T2 y T3 no son producto exclusivo de Lean Service. Dependen también de que el sistema de agendamiento digital opere con un formulario de pre-ingreso activo. Sin esa información previa, el técnico llega a la bahía sin conocer el tipo de servicio requerido y el SOP de recepción no puede comprimirse desde cero datos.

T1 no se incluye en el análisis de reducción del MTTR técnico porque no forma parte de él. Su mejora tiene efecto sobre el ciclo total de atención y sobre la capacidad del taller de anticipar demanda, pero no sobre el tiempo de permanencia del vehículo dentro del taller.

T6 muestra la reducción porcentual más moderada de toda la propuesta, alrededor del 25%. Eso no indica bajo impacto. Indica que la intervención técnica tiene un piso real que no se puede comprimir sin comprometer la calidad. Un cambio de aceite tiene un tiempo mínimo físico. Las 5S y el SMED reducen lo que está alrededor de ese tiempo, no el tiempo en sí.

El escenario optimista de 140 minutos (2,33 horas) de MTTR técnico solo es alcanzable cuando el Kanban de doble nivel, el agendamiento digital y el protocolo de diagnóstico innovador operan de forma conjunta. Ese estado corresponde a la Fase 5 del plan de implementación, no al mes 2.

La Tabla 36 y la Tabla 37 concentran esa comparación. Los rangos proyectados para Motor Works se ubican dentro de los límites inferiores de los estudios de referencia. Eso significa que las estimaciones son conservadoras, no optimistas. Un taller que ejecute el plan con disciplina puede superar las proyecciones. Uno que lo ejecute de forma parcial puede quedar por debajo, pero aun así registrar mejoras medibles desde el tercer mes.

Tabla 37. Indicadores de desempeño de la propuesta Lean Service para Motor Works

Indicador	Línea base	Meta 6 meses	Instrumento de medición	Frecuencia
MTTR técnico-operativo (T2–T8)	4,50 h (270 min)	2,33–3,05 h	Registro de OT en Getsoft (6 hitos)	Mensual
MTTR mantenimiento preventivo	No medido	1,50 h	Getsoft	Mensual
MTTR mantenimiento correctivo	Cronometrado	2,50 h	Getsoft	Mensual
% OT con espera de repuestos	50–75%	12%	Getsoft + tablero Kanban	Mensual
Tasa de retrabajo	10%	3%	Getsoft — OT reabiertas en 30 días	Mensual
Cumplimiento de promesa de entrega	70%	90%	Getsoft — registro de OT	Mensual
Puntuación auditoría 5S	No medida	45/50 pts	Checklist semanal	Semanal
% OT con diagnóstico inicial registrado	40–80%	100%	Getsoft	Semanal
Tiempo de cambio de bahía	No medido	10 min	Registro manual en tablero Kanban	Quincenal
Ciclo total de atención (T1–T9) — referencial	5,00 h (300 min)	3,00–3,80 h	Getsoft + registro de seguimiento	Mensual

Nota. La propuesta distingue entre el MTTR técnico-operativo (T2–T8), con 270 minutos, y el ciclo total de atención al cliente (T1–T9), con 300 minutos. El primero se usa como base para las proyecciones de reducción; el segundo refleja todo el ciclo, dentro y fuera del taller.

El MTTR por tipo de servicio es el indicador central porque sintetiza el efecto acumulado de todas las herramientas. Sin embargo, solo es válido si cada OT registra los seis hitos: hora de ingreso, inicio de diagnóstico, aprobación del cliente, inicio de intervención, disponibilidad para entrega y entrega efectiva. Ese registro debe comenzar desde la Fase 3. El porcentaje de OT con diagnóstico inicial registrado mide una condición habilitadora, no un resultado: si ese indicador no

alcanza el 100% en las primeras cuatro semanas, los demás indicadores carecen de base de cálculo confiable.

La propuesta Lean Service de Motor Works tiene tres alcances definidos. Está diseñada para una microempresa de cinco bahías con personal certificado y software Getsoft activo. Su replicabilidad en talleres sin esas condiciones requeriría ajustes en la secuencia de fases y en la estructura de costos.

El horizonte de proyección es de seis meses desde el inicio de la implementación. Los resultados al mes 12 dependen de factores externos como la variación del parque vehicular, la entrada de nuevos competidores con certificación BYD y las fluctuaciones de demanda estacional que el modelo no puede controlar.

La propuesta opera sobre los procesos internos del taller. No puede sustituir la propuesta de posventa digital en lo que respecta al flujo de información con el cliente, ni a la propuesta de diagnóstico innovador en lo que respecta a la precisión técnica del diagnóstico inicial.

Las limitaciones de la propuesta son las siguientes. Las tasas de reducción de sub-tiempos se derivan de literatura Lean en talleres de escala similar, no de mediciones posteriores a la implementación en Motor Works. Eso introduce un margen de incertidumbre que solo la medición real puede reducir. Los valores proyectados son referencias, no garantías.

El impacto de T5 en el escenario optimista depende de una condición externa: que el agendamiento digital cubra al menos el 70% de los ingresos con formulario completado con 24 horas de anticipación. Si ese umbral no se alcanza, T5 se estabilizará en el rango conservador de 1,00 hora.

La propuesta requiere entre 12 y 15 horas de tiempo del equipo en las primeras dos semanas. Esas horas deben gestionarse sin reducir la capacidad de atención técnica diaria. Si el

taller opera al límite de su capacidad en ese período, la implementación de las Fases 1 y 2 puede retrasarse.

Los tiempos estándar definidos en el SOP tienen vigencia condicionada al portafolio actual. La incorporación de nuevos modelos BYD, especialmente vehículos eléctricos con arquitecturas de tren de potencia distintas, modifica los tiempos de intervención en diagnóstico especializado y requiere revisión trimestral de los estándares.

El impacto máximo de la propuesta Lean se alcanza cuando los tres componentes metodológicos funcionan en conjunto. La posventa digital provee la información anticipada que activa el Kanban de doble nivel. El diagnóstico innovador garantiza que el 100% de los diagnósticos iniciales sea completo, lo que alimenta el Kanban con datos precisos y reduce los hallazgos imprevistos que reinician los sub-tiempos T3 y T5 a mitad de la intervención. Lean Service organiza el flujo de trabajo interno para que esa información se traduzca en tiempo de ciclo reducido.

Separar las tres propuestas para evaluarlas de forma independiente es metodológicamente válido, pero implementarlas de forma aislada tiene un costo. Los resultados de cada una se deterioran sin el soporte de las otras dos. Un Kanban que no recibe información diagnóstica precisa tiende a degradarse porque los técnicos retoman la práctica de saltarse el diagnóstico cuando la presión de trabajo es alta. Un SOP ejecutado en un entorno de agendamiento informal pierde parte de su impacto sobre T1 y T3 porque la información del vehículo llega tarde o incompleta. Esa interdependencia es la razón de que la propuesta sea una metodología integrada y no un catálogo de herramientas independientes.

5.3. Resultados esperados de la propuesta de diagnóstico innovador

Las tres tecnologías propuestas en el Capítulo 4 (termografía infrarroja, escáner bidireccional avanzado, y boroscopio con analizador de batería) fueron seleccionadas por su

impacto proyectado sobre el sub-tiempo T2 (diagnóstico técnico). Este bloque evalúa ese impacto en términos concretos: cuánto tiempo se reduce, qué precisión gana el diagnóstico, cuánto cuesta la inversión y cuándo se recupera.

El sub-tiempo T2 representa aproximadamente 30 minutos del MTTR de referencia cuando el diagnóstico se aplica completo. Cuando se omite o se hace a medias, el costo real es mayor: el técnico descubre el problema durante la intervención, para el trabajo, busca un repuesto no previsto y el vehículo ocupa la bahía sin avanzar. Eso alimenta la tasa de retrabajo del 10% y parte de la espera de repuestos (T5).

Las proyecciones de esta sección son estimaciones basadas en estudios de desempeño de cada tecnología en contextos similares. No reemplazan una medición real post-implementación. Su función es mostrar que la inversión tiene retorno verificable y que las tecnologías son viables para una microempresa de las características de Motor Works.

5.3.1. Desempeño técnico esperado por tecnología:

- **Termografía infrarroja con aprendizaje profundo.** La tasa de detección de aceites no conformes se proyecta en el 100% para aceites de motor 15W40 y de transmisión 5W30. El tiempo de evaluación del estado del lubricante se reduce de 24 horas (análisis fisicoquímico externo) a menos de 8 minutos en taller. La reducción de cambios de aceite innecesarios se proyecta en un 20% sobre el volumen actual. La generación sistemática del informe PDF con imagen termográfica tiene consecuencias directas sobre T4.
- **Escáner bidireccional avanzado.** Reduce el tiempo de diagnóstico para servicios correctivos del rango actual de 60 a 90 minutos al rango proyectado de 20 a 30 minutos. La cobertura de sistemas híbridos y eléctricos BYD elimina la necesidad de derivación a distribuidores autorizados para diagnósticos de tracción eléctrica, con impacto directo sobre

T5. Para el segmento correctivo, que representa el 46.4% del volumen de servicios, evita la cadena de reinicios de sub-tiempos T3 y T5.

- **Boroscopia digital.** Reduce el rango de desmontaje exploratorio de 90 a 120 minutos a 15 a 20 minutos de inspección visual, con efecto directo sobre T6 al eliminar la apertura de componentes que no terminan siendo intervenidos. La evidencia fotográfica y de video tiene el mismo efecto sobre T4 que la termografía: el cliente recibe imagen del estado interno del componente antes de aprobar.
- **Analizador de batería inteligente.** La prueba de estado de salud (SOH) ejecutada en 5 a 10 segundos como punto obligatorio del checklist de recepción permite identificar baterías en deterioro antes de que fallen. La precisión de los analizadores de conductancia por carga (CCA) supera el 95% en la detección de baterías con SOH inferior al 70%.

5.3.2. Impacto sobre los sub-tiempos del MTTR

La contribución del diagnóstico innovador al MTTR actúa de forma complementaria en los puntos donde la eficiencia del proceso depende de la calidad de la información técnica disponible. La Tabla 38 proyecta el impacto diferencial del diagnóstico innovador sobre cada sub-tiempo, comparando el estado actual, el estado futuro con solo Lean Service y el estado futuro con la propuesta integral:

Tabla 38. Impacto del diagnóstico innovador sobre los sub-tiempos del MTTR: comparación de escenarios.

Sub-tiempo	Estado actual (h)	Solo Lean Service (h)	Lean + Diagnóstico innovador (h)	Contribución específica del diagnóstico innovador
T1. Contacto y agendamiento	0,17	0,12	0,17	Variación adicional nula
T2. Recepción del vehículo	0,13	0,10	0,10	Variación adicional nula
T3. Diagnóstico técnico inicial	0,33	0,20	0,40	Reducción por escáner bidireccional y protocolo termográfico integrado

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Sub-tiempo	Estado actual (h)	Solo Lean Service (h)	Lean + Diagnóstico innovador (h)	Contribución específica del diagnóstico innovador
T4. Elaboración y aprobación del presupuesto	0,37	0,17	0,13	Reducción adicional por informe PDF con evidencia visual (termografía, boroscopia)
T5. Espera de repuestos	2,17	0,80	0,55	Reducción por mayor precisión diagnóstica; evita pedidos adicionales no previstos
T6. Intervención técnica	1,00	0,80	0,45	Reducción por eliminación de desmontajes exploratorios mediante boroscopia
T7 y T8. Control de calidad y entrega	0,50	0,30	0,15	Reducción por mayor confianza en el diagnóstico inicial y fluidez global del proceso
T9. Seguimiento post-servicio	0,17	0,12	0,17	Variación adicional nula
MTTR total	4.5	2,37	1,78	Contribución neta del diagnóstico innovador: -0,63 h adicionales sobre el escenario Lean

Nota: los valores de la columna "Solo Lean Service" suman 2,37 h y los de "Lean + Diagnóstico" suman 1,78 h. La diferencia de 0,59 h representa el aporte incremental del diagnóstico innovador sobre el escenario Lean. Los sub-tiempos T1, T2 y T9 no presentan variación porque corresponden a etapas de contacto, recepción y seguimiento donde las mejoras ya se capturan con la estandarización de procesos y las herramientas de posventa digital.

El diagnóstico innovador actúa principalmente sobre **T3** (diagnóstico técnico inicial), que en la línea de base del MTTR técnico-operativo representa 20 minutos sobre los 270 totales (7,4%). La proyección lleva T3 a un rango de 12 a 24 minutos por servicio de diagnóstico técnico debido a la aplicación del protocolo operativo obligatorio detallado más adelante.

Ese ahorro parece pequeño en términos absolutos. Su valor real está en otro lugar: la información que genera T3 con herramientas de diagnóstico innovador es la que alimenta directamente el tablero Kanban y el informe de WhatsApp Business. Cuando T3 es completo y preciso, T5 puede reducirse de forma consistente porque el repuesto ya fue solicitado antes de que el vehículo entre a la bahía. Sin ese insumo, el Kanban opera con datos incompletos y T5 no baja al rango proyectado.

El impacto del diagnóstico innovador sobre el MTTR técnico-operativo no se mide solo en los minutos que ahorra en T3. Se mide también en cuánto permite reducir T5 cuando se integra con el agendamiento digital y el sistema Kanban.

5.3.3. Protocolo operativo integrado de diagnóstico innovador

Sin un protocolo, el técnico decide en cada ingreso qué herramienta usa, cuándo y si la usa. El resultado es variabilidad en el diagnóstico, dependencia del criterio individual y hallazgos imprevistos durante T6. El protocolo operativo define ocho pasos con tecnología asignada, acción concreta y tiempo máximo, con el objetivo de completar el diagnóstico inicial en menos de 30 minutos para el 90% de los servicios.

Ejecutado de forma completa en cada ingreso, el protocolo convierte el diagnóstico en un paso fijo de 20 a 30 minutos. Eso significa que T3 pasa de ser un sub-tiempo variable a uno estandarizado y que su información llega siempre al Kanban y al chat del cliente antes de que el vehículo entre a la bahía.

El protocolo no actúa solo sobre T3. Es la condición de entrada que permite que T5 baje de forma consistente: sin la lista de repuestos generada en el diagnóstico, el Kanban no puede anticipar la solicitud al proveedor, y T5 regresa al comportamiento reactivo que caracteriza el estado actual. Esa dependencia es la razón por la que el diagnóstico innovador, aunque tiene el menor impacto directo en minutos sobre el MTTR técnico (T2–T8), tiene el mayor efecto multiplicador sobre los demás sub-tiempos del sistema.

Tres principios rigen su lógica interna:

- **Secuencia de menor a mayor invasividad.** Los pasos sin intervención física (consulta de historial, escaneo OBD2) van primero. Los que requieren extracción de muestra o inserción de sonda van después, una vez que el técnico tiene información electrónica completa.

- **Activación condicional.** El paso del boroscopio (Paso 5) solo se activa cuando el escáner detecta anomalías en sistemas que requieren inspección visual interna. En el 60 al 70% de los mantenimientos preventivos estándar no se ejecuta.
- **Cierre con documentación automática.** Los dos últimos pasos no generan tiempo adicional de análisis: cuando termina el diagnóstico, el presupuesto ya está listo para enviarse.

Tabla 39. Protocolo operativo de diagnóstico innovador — tiempo total objetivo: 20 a 30 minutos

Paso	Tecnología	Acción	Tiempo asignado	Condición
1	Getsoft	Consulta del historial por placa: último servicio, componentes reemplazados, observaciones previas	2 min	Obligatorio — 100% de ingresos
2	Escáner bidireccional	Escaneo OBD2 completo: códigos activos, pendientes, datos de congelación y valores de sensores en vivo	10 min	Obligatorio — 100% de ingresos
3	Escáner bidireccional	Pruebas bidireccionales de actuadores según síntomas reportados	5 min	Condicional — solo cuando hay síntomas electrónicos reportados
4	Termografía IR + ResNet-34	Extracción de muestra de aceite, calentamiento y adquisición termográfica; clasificación automática apto/no apto	6 min	Obligatorio — 100% de ingresos con servicio de aceite o mantenimiento preventivo
5	Boroscopio	Inspección visual de componentes internos críticos según hallazgos del escáner	5 min	Condicional — solo cuando el escáner detecta anomalías en sistemas mecánicos internos
6	Analizador de batería	Prueba de SOH en batería de 12V y módulos BYD	2 min	Obligatorio — 100% de ingresos
7	Escáner bidireccional	Generación automática del informe PDF con fotografías endoscópicas y resultado termográfico adjunto	2 min	Obligatorio — 100% de ingresos
8	WhatsApp Business	Envío del informe al cliente con el presupuesto detallado según el protocolo del ítem 4.1	2 min	Obligatorio — 100% de ingresos

Nota: para mantenimiento preventivo sin síntomas adicionales, los pasos 3 y 5 no se ejecutan y el tiempo total es de 24 minutos. Para servicios correctivos con síntomas electrónicos, el tiempo total

sube a 30 minutos. Con síntomas mecánicos que activan el boroscopio, el máximo es 35 minutos en menos del 10% de los casos.

El Paso 1 evita que el técnico diagnostique sin contexto: un vehículo con el mismo síntoma de tres meses atrás ya tiene diagnóstico documentado. El Paso 2 reemplaza un escaneo manual de 20 minutos por uno automático de 10. El Paso 4 es el más diferenciador frente a la competencia: la imagen termográfica con mapa Grad-CAM es evidencia que el cliente entiende sin conocimientos técnicos, y eso reduce directamente el tiempo de aprobación en T4. El Paso 5 actúa sobre T6: cuando el boroscopio confirma que el turbo tiene los álabes intactos, el técnico no lo desmonta. Los Pasos 7 y 8 son el puente entre el diagnóstico y la decisión del cliente; el informe debe enviarse en los dos minutos siguientes al fin del diagnóstico, no cuando el gerente tenga tiempo.

El protocolo tiene tres condiciones para que los tiempos proyectados se materialicen: aplicación en el 100% de los ingresos (la selectividad es el patrón que generó el cuello de botella original), registro de todos los resultados en Getsoft por OT, y sincronización inmediata del informe PDF con WhatsApp Business en el Paso 8.

La conexión con el Kanban opera en el Paso 7: cuando el gerente revisa el informe, tiene toda la información para actualizar la tarjeta de OT anticipada, confirmar stock y emitir pedidos con 24 horas de anticipación. Esa sincronización entre diagnóstico y gestión de repuestos es la que hace sostenible la reducción proyectada de T5.

5.3.4. Ficha técnico-económica de implementación

La inversión total en diagnóstico innovador es de USD 3.500, menos del costo de un elevador hidráulico y menos de la mitad de una bahía adicional completa. Todos los equipos operan con la instalación eléctrica y los espacios existentes. El desembolso se concentra en el mes 7, cuando el taller ya tiene el SOP de recepción operando, el flujo de WhatsApp activo y los primeros datos

reales del MTTR en Getsoft. Esas tres condiciones son las que garantizan que la tecnología produzca el retorno proyectado; si los equipos llegaran antes de que el protocolo esté estandarizado, seguirían usándose de forma selectiva como ocurre hoy con el escáner básico.

Tabla 40. Ficha técnico-económica del diagnóstico innovador para Motor Works

Componente	Costo (USD)	Vida útil estimada	Mantenimiento anual (USD)	Fase de desembolso
Cámara termográfica IR + enclosure + software ResNet-34	1.800	6 años	80 (actualizaciones de software)	Fase 3 — mes 7
Escáner bidireccional avanzado (complemento al existente)	900	5 años	100 (actualización de base de datos)	Fase 3 — mes 7
Boroscopio digital	450	4 años	0	Fase 3 — mes 7
Analizador de batería inteligente	350	5 años	0	Fase 3 — mes 7
Total	3.500	—	180	Mes 7

Nota: el software ResNet-34 no tiene costo de licencia adicional y se ejecuta localmente en un computador estándar con GPU básica. El costo del escáner corresponde a la actualización de licencias del equipo existente con módulos BYD/EV activados.

El retorno proviene de cuatro fuentes que operan en paralelo desde el primer mes de uso: el diagnóstico diferenciado de lubricante incluido en el mantenimiento preventivo (incremento de ticket entre USD 8 y USD 15 por vehículo), el diagnóstico como servicio independiente para flotas corporativas (USD 25 a USD 40 por vehículo, margen superior al 80%), el incremento de la tasa de conversión diagnóstico-intervención en un rango del 15 al 25% sobre el estado actual, y la reducción del retrabajo por diagnóstico incompleto del 5 al 6% actual al 1 al 2% proyectado. Sumadas, estas cuentas sitúan el impacto incremental mensual entre USD 3.342 y USD 3.504 en el escenario de materialización completa, con amortización en el primer mes de operación plena y retorno neto acumulado a doce meses de entre USD 15.000 y USD 18.000.

El costo de oportunidad de mantener el estado actual como servicios que no se pueden atender por exceso de MTTR, retrabajos por diagnóstico incompleto y vehículos BYD derivados al

distribuidor, supera con holgura los USD 3.500 de la inversión. La pregunta no es si el taller puede permitirse implementar el protocolo, sino si puede seguir funcionando sin él mientras la competencia avanza en tecnología diagnóstica.

Tabla 41. Resumen Integrado: Inversión Total vs. Retorno Acumulado a 12 meses

Propuesta	Inversión total USD	Período desembolso	Retorno/mes base USD	Retorno acumulado 12 meses USD	Período recuperación	Dependencia crítica
Lean Service	\$1.600	Sem 1 — Mes 4	\$2.143	\$18.000	1-2 meses	Agendamiento digital (Kanban N2)
Posventa Digital	\$3.750	Sem 3 — Mes 6	\$1.428	\$12.000	2-3 meses	CRM + registro MTTR
Diagnóstico Innovador	\$3.500	Mes 7	\$3.423	\$15.000	< 1 mes uso	SOP recepción + WhatsApp PDF
SISTEMA INTEGRADO	\$8.850	Sem 1 — Mes 7	\$6.994	\$45.000	< 2 meses	Las tres propuestas articuladas

Los resultados económicos de este capítulo se consolidan en el **Anexo K**, que incluye la tabla de inversión y retorno a doce meses, el flujo de caja proyectado mes a mes, los escenarios de retorno del componente Lean Service y la factibilidad del diagnóstico innovador. Su consulta complementa el análisis precedente al permitir contrastar la evolución de egresos e ingresos incrementales en cada etapa del plan de implementación.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y APLICACIONES

6.1. Conclusiones generales

El diagnóstico construido en esta investigación establece que el tiempo de permanencia promedio del vehículo en el taller desde la recepción hasta la entrega es de 270 minutos (4,50 horas) para reparaciones simples. Ese valor es la línea de base referencial del estudio. Fue construido a partir de la entrevista al gerente, la encuesta a 75 clientes y la observación directa del flujo, dado que el taller no dispone de registros formales de tiempos por orden de trabajo.

La espera de repuestos (T5) concentra el 48,15% del tiempo del ciclo técnico y afecta entre el 50 y el 75% de las órdenes de trabajo y no existe ningún mecanismo de aprovisionamiento anticipado. A eso se suma un agendamiento informal, la ausencia de tiempos estándar y un diagnóstico inicial que se aplica solo en el 40% al 80% de los casos.

Lean Service reduce los desperdicios operativos internos. La posventa digital ordena la comunicación con el cliente, mejora el agendamiento y acelera la autorización del presupuesto. El diagnóstico innovador elimina la incertidumbre técnica en las primeras etapas del ciclo. Cuando los tres operan juntos, el efecto sobre el MTTR es mayor que la suma de sus partes por separado.

La proyección integrada de los tres componentes sitúa el MTTR en un rango de 2,37 a 1,78 horas al cabo de seis meses de implementación, partiendo de una base de 4,5 horas. Eso equivale a una reducción de entre el 47.33% y el 60.44%. La inversión total estimada es de USD 8.850, con retorno proyectado a partir del segundo mes. Estas cifras son estimaciones orientadoras, no compromisos. El margen de variación existe porque la base de referencia es declarada, no medida en registros históricos propios. La implementación real deberá establecer desde la primera semana el registro sistemático del MTTR por orden de trabajo.

El aporte más concreto de este trabajo es el marco de intervención: un conjunto articulado de herramientas que cualquier taller de escala similar puede aplicar, siempre que parta de un diagnóstico honesto de su propio proceso.

6.2. Conclusiones específicas

6.2.1. *Análisis del cumplimiento de los objetivos de la investigación*

- **Respecto al OE1 - Diagnóstico del MTTR mediante VSM, sub-tiempos y causa raíz:**

El primer objetivo se cumple en el Capítulo 3. Se construyó el Mapa de Flujo de Valor del estado actual y se identificaron tres cuellos de botella: espera de repuestos como principal, agendamiento y respuesta digital como secundario, y diagnóstico selectivo como terciario. El análisis de causas raíz se desarrolló mediante un diagrama de Ishikawa y dos aplicaciones de la técnica de los 5 porqués.

El ratio de eficiencia del flujo es de 35,19%: solo 95 minutos del ciclo corresponden a trabajo que el cliente valora. El 64,81% restante es tiempo improductivo o de soporte administrativo.

El diagnóstico cumple su propósito. Convierte la estimación intuitiva del gerente en una estructura de sub-tiempos con causas identificadas y pesos relativos documentados. Esa estructura es la que orienta las tres propuestas de mejora.

- **Respecto al OE2 — Estrategias de posventa digital:**

El segundo objetivo se cumplió con el diseño de la propuesta de posventa digital, que articula comunicación omnicanal, CRM, agendamiento digital, gestión de reputación y seguimiento post-servicio. El sistema de agendamiento con formulario de pre-ingreso captura el tipo de servicio, la marca, el modelo y el historial del vehículo. El WhatsApp Business proporciona respuestas automatizadas y protocolo de comunicación por etapas. El CRM básico sobre HubSpot Free se con Getsoft. La estrategia de contenidos y reputación se aplica en Google Business Profile. Y la secuencia de email marketing reactiva clientes inactivos.

El impacto de esta propuesta sobre el MTTR técnico-operativo se concentra en T4 (presupuesto y aprobación) y T8 (entrega del vehículo), que sí ocurren con el vehículo dentro del

taller. También genera un efecto indirecto sobre T5 cuando el agendamiento con datos completos anticipa la solicitud de repuestos antes del ingreso.

T1 (contacto y agendamiento previo) mejora con esta propuesta, pero pertenece al ciclo total de atención al cliente, no al MTTR técnico. T9 (seguimiento post-servicio) tampoco forma parte del MTTR: su mejora se evalúa mediante KPI de posventa como tasa de seguimiento, satisfacción, reseñas y frecuencia de retorno.

En conjunto, se proyecta que estos componentes reducen el tiempo de ciclo atribuible a demoras de autorización y comunicación en entre 45 y 80 minutos por servicio para los vehículos que ingresan con cita previa y datos registrados.

- **Respecto al OE3 — Estrategias de Lean Service:**

El tercer objetivo se cumplió con el diseño de la propuesta Lean Service, que integra Kanban de repuestos, SOP, 5S, SMED y TPM aplicados a las condiciones reales de Motor Works.

Esta propuesta es la de mayor impacto directo sobre el MTTR técnico-operativo. Su punto de partida es la línea de base de 270 minutos (4,50 horas). En el escenario conservador a seis meses, el MTTR técnico proyectado es de 142 minutos (2,37 horas) y puede alcanzar los 107 minutos (1,78 horas) integrado con diagnóstico innovador y posventa digital. Esas proyecciones se basan en reducciones observadas en la literatura para talleres de escala similar y fueron ajustadas a las condiciones específicas de una microempresa de cinco bahías en operación continua.

La mayor palanca de mejora sigue siendo T5. El Kanban de doble nivel, cuando opera con datos de diagnóstico completos y agendamiento previo, puede reducir T5 de 130 a entre 45 y 70 minutos. Esa reducción por sí sola explica más del 60% de la mejora total proyectada sobre el MTTR técnico.

- **Respecto al OE4 — Tecnologías de diagnóstico innovador:**

El cuarto objetivo se cumplió con la selección y caracterización de cuatro tecnologías de diagnóstico innovador (termografía infrarroja con aprendizaje profundo, escáner bidireccional avanzado, boroscopio digital y analizador de batería inteligente) evaluadas mediante una matriz multicriterio de cinco dimensiones.

En la línea de base, T3, diagnóstico técnico inicial, representa 20 minutos sobre los 270 totales, lo que equivale al 7,41% del MTTR técnico-operativo. Aunque su peso individual es menor que T5, su mejora reduce ampliaciones imprevistas de tiempo en las órdenes de trabajo. En términos absolutos esa reducción es moderada, pero su valor real está en otra parte: la información que genera el protocolo de diagnóstico completo es el insumo que el Kanban necesita para prever repuestos antes de que el vehículo entre a la bahía. Sin ese insumo, T5 no puede bajar al rango proyectado. El diagnóstico innovador no reduce T5 por sí solo, pero habilita la condición sin la cual el Kanban opera con datos incompletos.

6.2.2. Contribución a la gestión empresarial

Para Motor Works, la propuesta representa la posibilidad de pasar de operar sin ningún indicador formal a gestionar el proceso con datos propios. El primer paso no es reducir el MTTR: es medirlo. El taller hoy estima un tiempo de atención cercano a las 5 horas, pero esa cifra incluye desde el primer contacto del cliente hasta el seguimiento posterior a la entrega. Una vez que ese indicador se mide de forma regular, el taller puede saber si el Kanban está funcionando, si los SOP se están aplicando y si el diagnóstico innovador está reduciendo el tiempo de T3.

6.2.3. Contribución a nivel académico

El trabajo aporta metodología de posventa digital aplicada a talleres automotrices de pequeña y mediana escala en Ecuador, un sector con escasa atención en la literatura nacional. La vinculación entre el customer journey del cliente y los sub-tiempos del MTTR como indicador operativo compartido abre una línea de investigación aplicada con potencial de replicación. El esquema de desagregación del MTTR en nueve sub-tiempos, construido desde cero en una organización que no

medía su tiempo de ciclo, ofrece un protocolo de medición aplicable a cualquier taller sin sistema de indicadores formales.

6.2.4. Contribución a nivel personal

El aprendizaje central fue construir una propuesta simultáneamente fundamentada en evidencia, coherente con los objetivos y evaluable mediante indicadores operacionalizables. Trabajar un problema que combina dimensiones digitales, operativas y técnicas en un solo marco amplió la comprensión de qué factores determinan realmente la competitividad de un taller automotriz en Ecuador.

Uno de los desafíos concretos fue comunicar conceptos como termografía con ResNet-34, Kanban de dos niveles o customer journey por arquetipo de forma que el gerente los entendiera y pudiera implementarlos sin un consultor permanente. Esa restricción obligó a simplificar sin perder precisión, una habilidad con más valor profesional que el dominio técnico aislado.

6.3. Limitaciones a la Investigación

La principal limitación de la investigación es la ausencia de registros históricos formales del MTTR en Motor Works. Motor Works no mide tiempos por orden de trabajo de forma sistemática. La línea de base referencial del MTTR técnico-operativo (270 min / 4,50 h) se construyó a partir de la estimación del gerente, la observación directa del flujo de servicio y los patrones de demora recogidos en la encuesta a 75 clientes. Es una estimación respaldada en fuentes consistentes entre sí.

El T1 y T9 se estimaron con menor precisión que los sub-tiempos internos. T1 se basó en la descripción verbal del gerente sobre el proceso de agendamiento; T9 en la tasa declarada de seguimiento post-servicio (menos del 30%). Ambos valores son razonables, pero no medidos. Su inclusión en el ciclo total tiene sentido analítico, pero las proyecciones de mejora sobre esos dos sub-tiempos tienen mayor incertidumbre que las del MTTR técnico.

6.4. Recomendaciones para Motor Works

Iniciar un piloto de medición de cuatro semanas antes de adoptar los 270 minutos como línea de base. En ese período, cada orden de trabajo debe registrar el tiempo real de permanencia del vehículo y comparar esos datos con la estimación utilizada en la tesis.

Registrar de forma obligatoria, seis o siete hitos horarios en cada orden de trabajo: ingreso del vehículo, inicio de diagnóstico, envío de presupuesto, aprobación del cliente, inicio de intervención, vehículo disponible para entrega y entrega efectiva.

Calcular el MTTR por tipo de servicio o tipo de vehículo. Así el taller verá con claridad en qué tipo de trabajo se concentran los mayores tiempos de espera.

Verificar la reducción del MTTR con datos reales a los tres y seis meses de implementación, usando los indicadores definidos en el sistema propuesto. Con esos resultados, el taller podrá actualizar el análisis financiero y ajustar las proyecciones de retorno según su realidad, no solo según las estimaciones del estudio

Usar esta metodología como referencia para otros talleres de características similares. Promover estudios comparativos en microempresas de servicio automotriz que adopten posventa digital, Lean Service y diagnóstico innovador para validar la propuesta en otros contextos y aprender qué ajustes hacen falta para mejorar su aplicación en la práctica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero, R., Torralba, M., Pérez-Moya, R., & Pozo, J. A. (2019). Order processing improvement in military logistics by Value Stream Analysis lean methodology. *Procedia Manufacturing*, 41, 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.07.031>
- Africano, S., & Cañón-López, A. (2022). *Propuesta de optimización de tiempos y procesos en el taller automotriz KIA 224* [Tesis de Maestría]. Universidad ECCI.
- Ahaggach, H., Abrouk, L., & Lebon, E. (2024). Enhancing car damage repair cost prediction: Integrating ontology reasoning with regression models. *Intelligent Systems with Applications*, 23, 200411. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2024.200411>
- Alba-Sánchez, H. (2024). *Implementación de Estrategias Digitales para la Optimización de Cotizaciones y WhatsApp Business en Kapital Party* [Tesis de Maestría, Universidad Externado de Colombia]. <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/e1cfb5e4-1c20-431c-8f19-f7370347a1db/content>
- Ayala, D. (2025, febrero). *SEO para talleres mecánicos*. Soluciones SEO. <https://seoluciones.com/blog/seo-para-talleres-mecanicos/>
- Azamfirei, V., Psarommatis, F., & Lagrosen, Y. (2023). Application of automation for in-line quality inspection, a zero-defect manufacturing approach. *Journal of Manufacturing Systems*, 67, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.12.010>
- Bolaños-Rojas, C., -Sanchez Ramírez, J., & Bolaños-Rojas, J. (2025). *Estrategia para promover la experiencia postventa en Cummins de los Andes a través de una Plataforma de Gestión de Negocios* [Tesis de Maestría, Universidad EAN]. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/d2d43977-866d-4d14-b0c4-c57206ac2077>
- Dutta, G., & Kumar, D. R. (2024). Strategic Digitalization in SMEs of developing economies: Digital twin driven engineering value chain for customer-centricity. *Procedia Computer Science*, 232, 2654-2669. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.083>

- Eddarhri, M., Adib, J., Hain, M., & Marzak, A. (2022). Towards predictive maintenance: The case of the aeronautical industry. *Procedia Computer Science*, 203, 769-774.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.115>
- Engine. (2025, noviembre). *CRM automotriz: La conexión que impulsa resultados* [Oficial]. Go virtual. Go virtual. <https://www.govirtual.com.mx/automotriz/blog/crm-automotriz-la-conexion-que-impulsa-resultados/>
- Farzana. (2025, marzo). *121 must-know email segmentation statistics: Supercharge your email marketing in 2025* [Oficial]. FluentCRM. FluentCRM. <https://fluentcrm.com/email-segmentation-statistics/> Govirtual.
- Ferrer, C. (2025, noviembre). *CRM de postventa para la industria automotriz: Maximiza la satisfacción*. Tecnom. Tecnom. <https://tecnom.ai/blog/marketing/como-maximizar-la-satisfaccion-del-cliente-con-crm-de-postventa-para-la-industria-automotriz>
- Gallego-Suarez, D., Puerta-Herrera, J., & Rincón-Guio, C. (2025). *Diagnóstico y Rediseño Del Proceso De Gestión De Mantenimiento de una flota camiones de carga* [Tesis de Ingeniería]. Politécnico Gran Colombiano.
- González-Mata, E., Kido Miranda, J. C., Mendoza García, L. T., Reyes Lasos, R. D., & León Acevedo, M. Á. (2026). Mejora en los Tiempos de Inspección de Piezas Automotrices. *Ibero Ciencias - Revista Científica y Académica - ISSN 3072-7197*, 5(2), 1206-1214.
<https://doi.org/10.63371/ic.v5.n2.a1052>
- Gordon, C. A., & Pistikopoulos, E. (2024). Capítulo Diez—Prácticas de mantenimiento en las operaciones de los sistemas de energía. En *Methods in Chemical Process Safety* (Vol. 8, pp. 303-331). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.mcps.2024.07.013>
- Guasca-Navarro, D. (2026). *Propuesta de mejora en la gestión del proceso de servicios de mantenimiento y reparación en una empresa de fabricación y mantenimiento de válvulas de control de procesos* [Tesis de Maestría, Universidad El Bosque].
repositorio.unbosque.edu.co
- Herrera-Vidal, G., Cohen-Padilla, H., & Carrillo-Landazábal, M. (2024). Mejora de la Calidad del Servicio Mediante Filosofía Lean Service en una Empresa Metalmecánica. *Boletín de*

- Innovación, Logística y Operaciones*, 6(2), 99-108.
<https://doi.org/10.17981/bilo.6.2.2024.12>
- Latamclick. (2026, enero). *Marketing digital en el mercado Automotor: Estado, desafíos y tendencias* [Oficial]. Latamclick. Latamclick. <https://latamclick.com/insights/automotive-marketing-insights-latinamerica/>
- Lavayen, M. A. H. (2020). Estrategias de CRM para la fidelización de clientes, caso Figaimsa. *Revista de Ciencias Sociales y Humanística*, 4(19).
<https://revistamapa.org/index.php/es/article/view/237>
- Llana-Raraz, G. (2025). *Implementación de procedimientos y herramientas para la gestión, mantenimiento y medición de desempeño de la flota de equipos de la empresa W1-Áncash* [Tesis de Ingeniería, Universidad Continental].
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/IV_FIN_108_TSP_Llana_Raraz_2025.pdf
- Luque-Valverde, A., & Calle-Suárez, M. (2025). *Análisis de mejoras para un sistema de ensamblaje de componentes automotrices mediante simulación de eventos discretos y VSM* [Tesis de Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla].
<https://idus.us.es/server/api/core/bitstreams/8cd83378-7b79-45b8-bbce-85c72a92f3ae/content>
- Makarova, I., Shubenkova, K., Pashkevich, A., Buyvol, P., Mavrin, V., & Abeshev, K. (2020). Improvement of Automotive Service Management by Means of Computer Simulation. *Transportation Research Procedia*, 44, 160-167.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.023>
- Manikandan, R., & Mutra, R. R. (2025). Fault classification in rotor-bearing system using advanced signal processing and machine learning techniques. *Results in Engineering*, 25, 103892. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103892>
- Mofolasayo, A., Young, S., Martinez, P., & Ahmad, R. (2022). How to adapt lean practices in SMEs to support Industry 4.0 in manufacturing. *Procedia Computer Science*, 200, 934-943. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.291>

- Muñoz-Guevara, J. A., Zapata-Urquijo, C. A., & Medina-Varela, P. D. (2022). *Lean Manufacturing: Modelos y herramientas*. Universidad Tecnológica de Pereira - UTP. <https://doi.org/10.22517/9789587226362>
- Muscattello, G., & Tolio, T. (2024). A Markov chain-based approach to model the variance of times-to-failure and times-to-repair in manufacturing systems. *Procedia CIRP*, 130, 1322-1326. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.10.246>
- Ortiz-Chiliquinga, A., Moreno-Haya, F., López-Pingarrón, C., Vega-Vera, C. J., & Torrecilla, J. S. (2026). Infrared thermography coupled with deep learning for fast and reliable predictive monitoring of lubricating oils in dual-use heavy-duty vehicles. *NDT & E International*, 160, 103638. <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2026.103638>
- Pedicini, M. (2025). *Lean Manufacturing Filosofía, herramientas y transformación cultural* (1.^a ed., Vol. 1). Universidad Nacional de Lomas de Zamora: Facultad de Ingeniería.
- Pedone, G., Beregi, R., Kis, K. B., & Colledani, M. (2021). Enabling cross-sectorial, circular economy transition in SME via digital platform integrated operational services. *Procedia Manufacturing*, 54, 70-75. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.07.048>
- Pereira, G., Ribeiro, A., & Teixeira, S. (2024). Challenges in the digital transaction of an order picking system of an after-sale auto repair shop. *Procedia Computer Science*, 239, 1856-1862. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.367>
- Polo-Ariza, L., & Acuña-Jimenez, N. (2025). *Transformación Empresarial: Un Modelo Integral para la Innovación y Evolución de Huellas Publicidad* [Tesis de Maestría, Universidad De la Costa]. <https://repositorio.cuc.edu.co/server/api/core/bitstreams/a5b32b30-ad2c-4304-a5c1-554c55eba4e0/content>
- Reina, A., Kocsis, Á., Merlo, A., Németh, I., & Aggogeri, F. (2016). Maintenance Decision Support for Manufacturing Systems Based on the Minimization of the Life Cycle Cost. *Procedia CIRP*, 57, 674-679. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.117>
- Roy, R., Stark, R., Tracht, K., Takata, S., & Mori, M. (2016). Continuous maintenance and the future – Foundations and technological challenges. *CIRP Annals*, 65(2), 667-688. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.006>

- Sanay-Indacochea, A. G., Cindy Melissa Loor Mero, & Noroña Merchán, M. V. (2025). Análisis de fidelización de clientes en talleres automotrices con la aplicación del método Customer Journey Map. *Revista InGenio*, 8(1), 147-155. <https://doi.org/10.18779/ingenio.v8i1.771>
- Similarweb. (2026). *Inversión Publicitaria Automotriz 2026* [Reporte web]. Similarweb. Similarweb. <https://www.similarweb.com/corp/es/reports/inversion-publicitaria-digital-automotriz-2026/>
- Stich, V., Zeller, V., Hicking, J., & Kraut, A. (2020). Measures for a successful digital transformation of SMEs. *Procedia CIRP*, 93, 286-291. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.03.023>
- Team Asana. (2026). *Cuellos de botella en la gestión de proyectos: Qué son, causas y cómo identificarlos* [Empresarial]. Asana. <https://asana.com/es/resources/what-is-a-bottleneck?exp=mm>
- Thakur, R., & Panghal, D. (2021). Total productive maintenance. En *Lean Tools in Apparel Manufacturing* (pp. 355-379). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819426-3.00005-9>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation* (1.^a ed.). Free Press - Gestipon 2000.
- Yance, C. L. (2011). Administración y Gerencia. *Administración y Gerencia*, 4(5), 88-97.

ANEXOS

ANEXO A. Tabla de preguntas y respuestas del instrumento de encuesta y entrevista dirigida al gerente de Motor Works

Nº	Pregunta (resumen fiel al instrumento)	Respuesta consignada
1	Consentimiento informado	Acepto participar voluntariamente en esta investigación; Autorizo el uso de la información con fines académicos; Acepto que el nombre de la empresa sea mencionado en publicaciones académicas (opcional).
2	¿Cuál es la razón social completa de la empresa?	JUAN FRANCISCO CEVALLOS MIÑO.
3	¿La empresa utiliza un nombre comercial diferente a la razón social?	Sí.
4	Especifique el nombre comercial	SERVICIO POSTVENTA AUTOMOTRIZ MOTOR WORKS.
5	¿Cuál es el número de RUC de la empresa?	1003737390001.
6	¿En qué año se constituyó legalmente la empresa?	2019.
7	¿La empresa cuenta con una declaración formal de MISIÓN?	No.
8	¿La empresa cuenta con una declaración formal de VISIÓN?	No.
9	Transcriba la VISIÓN de la empresa	NO DISPONE.
10	¿La empresa ha definido VALORES corporativos?	No.
11	Liste todos los valores corporativos de la empresa	NO DISPONE.
12	¿Cuándo fue la última actualización de la misión, visión y valores?	NUNCA.
13	¿Con qué frecuencia se comunican estos elementos estratégicos al personal? (1 Nunca – 5 Siempre)	1 = Nunca.
14	¿Cuál es la actividad económica principal según clasificación CIU?	G45200101, G45200301, G45300002, M74901001, S96090705 (mantenimiento y reparación automotriz, servicios de lavado, venta de partes, servicios profesionales y otros servicios diversos).

15	¿Qué servicios de mantenimiento automotriz ofrece actualmente?	Mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, diagnóstico electrónico, mecánica general, electricidad automotriz, sistema de frenos, sistema de suspensión, sistema de transmisión, sistema de aire acondicionado, alineación y balanceo, scanner y diagnóstico computarizado, cambio de aceite y filtros.
16	¿Qué tipos de reparación realiza la empresa?	Reparación mecánica, reparación eléctrica, reparación electrónica, reparación de colisión, pintura automotriz, enderezada y planchado.
17	¿Con qué marcas de vehículos trabaja principalmente?	Todas las marcas (multimarca).
18	¿Tiene algún convenio o certificación oficial con alguna marca?	Sí.
19	Especifique el convenio o certificación oficial	BYD, SERVICIO POSTVENTA AUTORIZADO.
20	Distribuya porcentualmente los servicios que ofrece según su volumen	Mantenimiento preventivo 50%; mantenimiento correctivo 30%; diagnóstico especializado 10%; otros servicios 10%.
21	¿Cómo comercializa los repuestos automotrices?	Mano de obra + comercializamos ambos tipos de repuestos (originales y alternativos).
22	Liste las principales marcas de repuestos que comercializa	CTR SUSPENSIONES, BOSCH BATERIA Y ELECTRONICA, SENFINECO INSUMOS Y ADITIVOS, S OIL ACEITES Y LUBRICANTES, ORIGINALES POR MARCA.
23	¿Cuál es la dirección exacta de la sede principal?	IMBABURA, IBARRA, LOLA ORBE C8 Y LOS GALEANOS.
24	¿En qué parroquia de Ibarra está ubicada la sede?	URBANA, SAN FRANCISCO.
25	Coordenadas geográficas de la ubicación	0.33988090285638645, -78.13952446480485.
26	¿Cuál es el área total de las instalaciones de la sede en metros cuadrados (m²)?	536.
27	¿Las instalaciones son propias, arrendadas o en otra modalidad?	Arrendadas.
28	¿Cuántas sedes operativas tiene la empresa actualmente?	1.
29	¿Todas las operaciones se realizan en la sede de Ibarra?	Sí.
30	¿Cuenta con talleres móviles o servicios a domicilio?	No.
31	¿Tiene alianzas con otros talleres en diferentes ubicaciones?	No.
32	¿Cuál es el radio de cobertura geográfica de sus servicios?	Regional (varias provincias).
33	¿Cuál es la forma jurídica de la empresa?	Persona natural.

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

34	¿Cuál es la estructura de propiedad?	Sociedad de socios no familiares.
35	¿Cuántos propietarios o socios tiene la empresa?	2.
36	¿Existe un directorio o junta de socios formalmente constituido?	No.
37	¿La empresa está afiliada a algún gremio o asociación empresarial?	No.
38	Distribuya el porcentaje de sus clientes según el perfil	Particulares/personas naturales 80%; empresas privadas 20%; resto 0%.
39	Distribuya el porcentaje según tipo de vehículo atendido	Vehículos livianos 30%; camionetas 20%; SUVs 40%; otros 10%.
40	Procedencia geográfica de sus clientes	Ibarra ciudad 70%; parroquias rurales de Ibarra 10%; otros cantones de Imbabura 10%; otras provincias 10%.
41	¿Atiende a clientes corporativos con contratos recurrentes?	No.
42	Distribución mensual de clientes recurrentes vs nuevos	Clientes recurrentes 70%; clientes nuevos 30%.
43	¿Cuál es el segmento socioeconómico predominante de sus clientes?	Clase media-alta.
44	¿Cuántos empleados tiene actualmente la empresa?	6.
45	Según clasificación ecuatoriana, ¿en qué categoría se encuentra la empresa?	Microempresa (1-9 empleados).
46	Volumen de ventas anuales aproximado (año 2025) en USD	Menos de \$100,000.
47	¿Cuántas bahías o puestos de trabajo tiene el taller?	5.
48	¿Cuál es la capacidad de atención promedio mensual en número de vehículos?	90.
49	Valor aproximado de activos fijos de la empresa (USD)	\$50,000 - \$100,000.
50	Distribución de empleados por categoría (número de personas)	Gerencia/Administración 2; Técnicos mecánicos 4; resto de categorías 0.
51	Distribución según jornada laboral	Tiempo completo (40 horas/semana): TODOS; tiempo parcial: 0; por contrato/proyecto: 0.
52	Distribución porcentual según tipo de contrato laboral	Otros tipos de contrato 100%; contrato indefinido, plazo fijo y por obra: 0%.
53	¿Cuál es la antigüedad promedio del personal técnico en años?	3.
54	¿Qué nivel de formación tienen los técnicos principales?	Tecnología automotriz; certificaciones específicas de marcas.

55	¿La empresa cuenta con personal certificado por fabricantes de vehículos?	Sí.
56	Especifique cuántos técnicos certificados tiene y en qué marcas/sistemas	1 técnico especialista en KIA, 2 en BYD.
57	¿Con qué frecuencia capacita al personal técnico?	Esporádica (sin frecuencia definida).
58	¿Tiene trabajadores bajo otras modalidades (pasantías, outsourcing, etc.)?	No.
59	¿Cuál es el índice de rotación de personal anual aproximado (%)?	0%.
60	¿Qué tan formalizado está el proceso de recepción de vehículos? (1-5)	3 = Medianamente formalizado.
61	¿Realiza diagnóstico inicial antes de cada reparación?	Solo para casos complejos (40-80%).
62	¿Qué herramientas de diagnóstico electrónico utiliza?	Scanner genérico OBD2; scanner de marca específica; osciloscopio automotriz; multímetro digital; equipo de escaneo avanzado (bidireccional); software de diagnóstico especializado; equipo de prueba de compresión; analizador de gases.
63	¿Cuenta con sistema de gestión de órdenes de trabajo?	Sí, software especializado para talleres.
64	¿Registra actualmente el Tiempo Medio de Reparación (MTTR)?	No lo registramos actualmente.
65	¿Tiene definidos tiempos estándar por tipo de servicio?	No.
66	¿Qué indicadores de desempeño operativo monitorea actualmente?	Ninguno formalmente.
67	¿Cuenta con proceso de control de calidad post-reparación? (1-5)	3 = Parcialmente implementado.
68	¿Realiza seguimiento post-servicio a los clientes?	Rara vez (menos del 30%).
69	¿Cómo gestiona actualmente el inventario de repuestos?	Software especializado de inventarios.
70	¿Qué porcentaje de reparaciones requiere esperar repuestos?	50-75%.
71	¿Tiene implementado algún sistema de gestión de calidad?	No.
72	¿Utiliza metodologías Lean o de mejora continua?	No.
73	¿Qué metodologías Lean o de mejora continua utiliza? (condicional)	hay prácticas aisladas o informales

74	¿Qué herramientas digitales utiliza en las operaciones?	WhatsApp Business; software especializado de taller automotriz; redes sociales para comunicación.
75	¿Ofrece algún canal digital para posventa o seguimiento?	No.
76	Ticket promedio por servicio (USD)	\$101 - \$200.
77	Margen de utilidad promedio de la empresa (%)	Más del 30%.
78	¿Cuántos vehículos atiende mensualmente en promedio?	90.
79	Tiempo promedio de permanencia de un vehículo en el taller (en horas)	5.
80	Porcentaje de ocupación de las bahías (%)	Más del 95%.
81	Tasa de reincidencia o retrabajo (%)	10%.
82	Índice de satisfacción del cliente	NO MEDIDO.
83	¿Cómo mide la satisfacción del cliente?	NO MEDIDO.
84	Porcentaje que representan los costos de mano de obra sobre ingresos totales	20-30%.
85	Porcentaje que representan los costos de repuestos sobre ingresos totales	41-60%.
86	Facturación promedio mensual (USD)	\$10,001 - \$25,000.
87	Tasa de crecimiento anual promedio en los últimos 3 años (%)	NO MEDIDO.
88	Punto de equilibrio mensual aproximado (USD)	\$10,001 - \$20,000.
89	¿Cuál es la propuesta de valor principal de Motor Work?	TRANSPARENCIA Y COMUNICACIÓN EN EL SERVICIO, GARANTIA, INFRAESTRUCTURA, RELACION CALIDAD PRECIO.
90	Distribución porcentual de las fuentes de ingresos	Mano de obra de servicios de mantenimiento 30%; venta de repuestos 40%; servicios especializados (diagnóstico, etc.) 20%; otros ingresos 10%.
91	¿Cuál es el proceso de captación de clientes?	Referidos y recomendaciones boca a boca; redes sociales (Facebook, Instagram, TikTok).
92	¿Qué estrategia de precios utiliza principalmente?	Competitiva/mercado (similar a competencia); dinámica (varía según temporada/demanda).
93	¿Cuáles son los recursos clave más importantes para el negocio?	REPUTACION DE MARCA, TECNICOS ESPECIALIZADOS, SERVICIO CON GARANTIA, TRANSPARENCIA Y CUMPLIMIENTO.
94	¿Cuáles son las actividades clave del negocio?	ATENCION DE CALIDAD, EXCLUSIVIDAD, TRANSPARENCIA, HONESTIDAD, PRECIO.

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

95	¿Quiénes son los socios clave o aliados estratégicos?	PROVEEDORES DE REPUESTOS, PROVEEDORES DE SERVICIOS TERCERIZADOS.
96	¿Cómo mantiene la relación con los clientes?	Atención personalizada cara a cara; comunicación digital (WhatsApp, email).
97	¿A través de qué canales llega a sus clientes?	Local físico (taller); WhatsApp; teléfono; redes sociales.
98	¿Cuáles son las principales estructuras de costos?	CREDITOS DE IMPLEMENTACION E INFRAESTRUCTURA, MANO DE OBRA, REPUESTOS, SERVICIOS BASICOS, ARRIENDO.
99	¿Ha identificado formalmente los grupos de interés (stakeholders) de la empresa?	No los hemos identificado.
100	Califique la importancia de cada grupo de interés para el negocio	Clientes 5; Proveedores de repuestos 4; Empleados 4; Competidores 5; Propietarios/socios 2; Comunidad local 1; Autoridades/reguladores 1; Instituciones financieras 1; Gremios empresariales 0; Compañías de seguros 0.
101	Frecuencia de interacción con cada grupo de interés	Principalmente mensual con la mayoría de grupos; diaria con clientes y empleados (según escala del instrumento).
102	¿Tiene canales de comunicación establecidos con stakeholders?	No.
103	¿Realiza encuestas o evaluaciones a grupos de interés?	No.
104	¿Cuáles considera que son las expectativas principales de los CLIENTES?	SERVICIO GARANTIZADO, RELACION CALIDAD PRECIO, PRESTIGIO, CONFIANZA, SERVICIO.
105	¿Cuáles son las expectativas principales de los EMPLEADOS?	SUELDO, INFRAESTRUCTURA, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS, EPPS.
106	¿Ha identificado conflictos de interés entre stakeholders?	No.
107	¿Cuáles considera que son las 5 principales FORTALEZAS de Motor Work?	HONESTIDAD, TRANSPARENCIA, INFORMACION, INFRAESTRUCTURA, SERVICIO.
108	¿Cuáles considera que son las 5 principales DEBILIDADES?	DEMORA EN SERVICIO POR REPUESTOS, RAPIDEZ DE RESPUESTA CANALES DIGITALES, MARKETING, ESTRUCTURA EMPRESARIAL NO CONFORMADA, CAPACITACION.
109	¿Qué OPORTUNIDADES de mercado ha identificado?	TALLERES CON BAJO EQUIPAMIENTO TECNICO Y DE EQUIPOS.
110	¿Qué AMENAZAS externas enfrenta el negocio?	COMPETENCIA, PRECIOS REDUCIDOS, TALLERES CERCANOS.
111	¿Cuál considera que es el principal problema operativo actual?	DEMORA EN AGENDAMIENTO DE CITAS Y RAPIDEZ DE RESPUESTA EN CANALES DIGITALES.
112	¿Cuáles son los principales competidores directos en Ibarra?	TECNICENTRO IBARRA, MUNDIAL, RM TECNICENTRO, GRUPO FLORES, AUTOMERA, MECANICA AUTOMOTRIZ IBARRA, CADENA AUTOMOTRIZ, AUTOMOTRIZ ARMAS.

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

113	¿Qué elementos diferencian a Motor Work de la competencia?	ATENCION PERSONALIZADA, LIMPIEZA Y ORDEN EN TALLER, TECNICOS CON BUENA PRESENCIA, RETIRO PUERTA A PUERTA.
114	¿Tiene un plan estratégico formal documentado?	No.
115	¿Cuáles son los objetivos estratégicos para los próximos 3 años?	NO DISPONE.
116	¿Ha implementado innovaciones tecnológicas recientemente?	No.
117	¿Cuál es el nivel de adopción digital actual de la empresa? (1–5)	2

Nota: Solo se incluyen las preguntas para las cuales el archivo procesado muestra explícitamente la respuesta seleccionada o consignada

ANEXO B. Instrumento encuesta dirigida a clientes Motor Works

Instrumento de Encuesta — Clientes de Motor Works

Objetivo: Identificar la percepción de los clientes sobre la gestión de servicios, tiempos de atención, disponibilidad de repuestos y calidad del servicio en Motor Works.

• Obligatoria

SECCIÓN 1: Datos Generales

Instrucciones: Seleccione una respuesta por cada ítem. Sus respuestas son confidenciales y serán utilizadas únicamente con fines académicos.

1. Género: *

- ☐ Masculino
- ☐ Femenino
- ☐ Prefiero no decirlo

2. Rango de edad: *

- ☐ 18–25 años
- ☐ 26–35 años
- ☐ 36–45 años
- ☐ 46–55 años
- ☐ Mayor de 55 años

3. Frecuencia con la que acude a Motor Works: *

- ☐ Primera vez
- ☐ Ocasionalmente
- ☐ Regularmente (1 vez al mes o más)

4. Tipo de servicio que mayormente Motor Works le ha provisto *

- ☐ Mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos (servicios periódicos y reparaciones).
- ☐ Diagnóstico electrónico, scanner y diagnóstico computarizado del vehículo.
- ☐ Mecánica general del automóvil.
- ☐ Electricidad automotriz.
- ☐ Servicio a sistemas de frenos, suspensión y transmisión.
- ☐ Servicio de aire acondicionado automotriz.
- ☐ Alineación y balanceo.
- ☐ Cambio de aceite y filtros.
- ☐ Reparación de colisión, pintura automotriz y enderezada con planchado.

SECCIÓN 2: Proceso de Atención al Cliente

Escala: 1 = Muy insatisfecho, 2 = insatisfecho, 3 = ni satisfecho ni insatisfecho, 4 = satisfecho, 5 = Muy satisfecho

5. Qué opina del proceso de atención al cliente *

	Muy insatisfecho	insatisfecho	ni satisfecho ni insatisfecho	satisfecho	Muy satisfecho
El tiempo de espera para ser atendido al llegar al taller es adecuado	☐	☐	☐	☐	☐
El personal le brinda una atención clara y oportuna al momento de recibir su vehículo	☐	☐	☐	☐	☐
Se le informa con claridad el diagnóstico del vehículo antes de iniciar el servicio	☐	☐	☐	☐	☐
Se le comunica oportunamente el tiempo estimado de entrega del vehículo	☐	☐	☐	☐	☐

SECCIÓN 3: Disponibilidad de Repuestos y Materiales

Escala: 1 = Muy insatisfecho, 2 = insatisfecho, 3 = ni satisfecho ni insatisfecho, 4 = satisfecho, 5 = Muy satisfecho

6. Qué opina de la disponibilidad de repuestos y materiales *

	Muy insatisfecho	insatisfecho	ni satisfecho ni insatisfecho	satisfecho	Muy satisfecho
El taller cuenta con los repuestos necesarios para realizar el servicio sin demoras	☐	☐	☐	☐	☐
Ha experimentado retrasos en la entrega de su vehículo por falta de repuestos	☐	☐	☐	☐	☐
La calidad de los repuestos o materiales utilizados en su vehículo es satisfactoria	☐	☐	☐	☐	☐

SECCIÓN 4: Calidad del Servicio Técnico

Escala: 1 = Muy insatisfecho, 2 = insatisfecho, 3 = ni satisfecho ni insatisfecho, 4 = satisfecho, 5 = Muy satisfecho

7. Qué opina de la calidad del servicio técnico *

	Muy insatisfecho	insatisfecho	ni satisfecho ni insatisfecho	satisfecho	Muy satisfecho
El servicio técnico realizado solucionó correctamente el problema de su vehículo	☐	☐	☐	☐	☐
Ha tenido que regresar al taller por el mismo problema después de una reparación	☐	☐	☐	☐	☐
El personal técnico demuestra conocimiento y profesionalismo en el servicio	☐	☐	☐	☐	☐
El vehículo es entregado en las condiciones pactadas y en el tiempo acordado	☐	☐	☐	☐	☐

SECCIÓN 5: Gestión Administrativa y Costos

Escala: 1 = Muy insatisfecho, 2 = insatisfecho, 3 = ni satisfecho ni insatisfecho, 4 = satisfecho, 5 = Muy satisfecho

8. Qué opina de la gestión administrativa y costos *

	Muy insatisfecho	insatisfecho	ni satisfecho ni insatisfecho	satisfecho	Muy satisfecho
Los precios del servicio son acordes a la calidad recibida	☐	☐	☐	☐	☐
La facturación y los cobros son claros y transparentes	☐	☐	☐	☐	☐
Los procesos administrativos (recepción, facturación, entrega) son ágiles y organizados	☐	☐	☐	☐	☐

SECCIÓN 6: Satisfacción General y Fidelización

9. Qué tan satisfecho se siente frente a los servicios de Motor Works *

	Muy insatisfecho	insatisfecho	ni satisfecho ni insatisfecho	satisfecho	Muy satisfecho
En general, está satisfecho con el servicio recibido en Motor Works	☐	☐	☐	☐	☐
Recomendaría los servicios de Motor Works a otras personas	☐	☐	☐	☐	☐
Continuará eligiendo a Motor Works para el mantenimiento de su vehículo	☐	☐	☐	☐	☐

10. ¿Qué aspecto del servicio considera que Motor Works debería mejorar con mayor urgencia?

Escriba su respuesta

ANEXO C. Estimaciones referenciales de tiempos según categorías de actividades

Categoría	Subtiempos	Total estimado	% MTTR
CVA — Valor agregado	T3 + T6 + T7	~95 min	35.19%
SVAN — Necesario sin valor directo	T1 + T2 + T4 + T8	~55 min	20.37%
SVA — Desperdicio puro	T5 + T9 + ext. T8	~150 min	55.55%
Ratio de eficiencia del flujo (EF)	CVA / MTTR total	95 / 270	≈ 35.19%

de la siguiente manera:

$$EF = \frac{\text{Tiempo CVA}}{\text{MTTR total}} = \frac{95}{270} \approx 35.19\%$$

Un ratio del 35,19% indica que solo un tercio del tiempo que el vehículo permanece en el taller corresponde a trabajo efectivo que el cliente valora. El 64,81% restante es tiempo improductivo o de soporte administrativo. Este resultado guarda coherencia con los indicadores operativos declarados por el gerente, entre ellos ocupación de bahías superior al 95%, tasa de retrabajo del 10% y las demoras ocasionadas por la falta de repuestos.

Además, la ratio constituye la línea de base sobre la cual se evaluará el impacto de la propuesta metodológica. En este sentido, el estado futuro propuesto en el Capítulo 4 apunta a reducir el tiempo SVA y SVAN mediante la aplicación de Lean Service, la digitalización del flujo de información y optimización del aprovisionamiento de repuestos, con el objetivo de elevar el ratio de eficiencia por encima del 55% en un horizonte de seis meses de implementación.

ANEXO D. Criterios de priorización aplicados:

Criterio	Descripción	Escala
Impacto en MTTR	Magnitud del efecto sobre los subtiempos improductivos T1, T4, T8, T9	Alta / Media-Alta / Media
Viabilidad de implementación	Disponibilidad de la herramienta, costo de activación y tiempo de configuración	Alta / Media / Baja
Urgencia competitiva	Ventana de diferenciación frente a competidores directos que no han activado ninguna de estas brechas	Inmediata / Corto plazo / Mediano plazo
Dependencia con el Kanban	Si la brecha condiciona el funcionamiento del sistema de gestión de repuestos	Sí / No

ANEXO E. Síntesis del Customer Journey estratégico de Motor Works

Etapas	Momento del cliente	Estado actual	Fricción principal	Intervención digital	Herramienta	Impacto en MTTR
1. Descubrimiento	Busca taller en Google o redes	Perfil sin optimizar; captación solo por referencia verbal	Baja visibilidad en búsqueda local	Optimización GBP + contenido técnico en redes	Google Business Profile + Instagram/Facebook	Indirecto. Volumen y previsibilidad de la demanda
2. Consideración	Evalúa y contacta por WhatsApp	Sin protocolo de respuesta; catálogo inexistente	Primer contacto inconsistente; tiempo de respuesta variable	Flujo de bienvenida + catálogo + respuestas rápidas	WhatsApp Business	Indirecto. Calidad del contacto inicial
3. Conversión	Agenda la cita	Sin formulario de pre-ingreso; datos del vehículo llegan al ingreso físico	Sin información anticipada para preparar repuestos	Formulario de pre-ingreso integrado al Kanban	WhatsApp Flow / Google Forms	Directo. Reduce T5 (espera de repuestos)
4. Servicio activo	Espera noticias del taller	Comunicación reactiva; sin hitos definidos; notificación de entrega ausente	Incertidumbre del cliente; bahía bloqueada por falta de aviso	Protocolo de comunicación por hito del proceso	WhatsApp Business (plantillas por estado)	Directo. Reduce T4 y T8
5. Posventa	Espera seguimiento del taller	Seguimiento en < 30% de los casos; sin reseña, sin recordatorio	Desconexión post-entrega; pérdida de reseña y recompra	Mensaje de verificación + solicitud de reseña + recordatorio de mantenimiento	WhatsApp Business + Getsoft	Indirecto. Fidelización y reputación digital

ANEXO F. Arquetipos de cliente de Motor Works — caracterización estratégica

Dimensión	A1 - Cliente recurrente fidelizado	A2 - Cliente corporativo (flotas)	A3 - Cliente nuevo por búsqueda digital
Descripción	Propietario de vehículo particular con relación establecida con el taller	Empresa o emprendedor con 3-10 vehículos de trabajo	Propietario que busca taller en Google o redes sociales sin referencia previa
Peso en la base actual	70% de los clientes activos	No cuantificado formalmente	Bajo - captación casi exclusiva por referencia verbal
Frecuencia de visita	1–2 servicios por año	6+ visitas por vehículo al año	Primera visita
Motivación principal	Confianza en el técnico y calidad del trabajo	Tiempo de entrega predecible y documentación técnica del servicio	Precio competitivo, cercanía geográfica y reseñas positivas
Canal de contacto habitual	WhatsApp directo al gerente	Contacto directo o propuesta comercial formal	Google Maps, Instagram, Facebook
Sensibilidad al precio	Baja - prioriza la relación y la confianza	Media - evalúa costo-beneficio por vehículo	Alta - compara antes de decidir
Sensibilidad al tiempo	Media - tolera esperas si hay comunicación	Alta - el tiempo de entrega impacta su operación	Media - espera una respuesta rápida al primer contacto
Expectativa digital	Notificación de entrega y recordatorio de próximo mantenimiento	Informe técnico documentado, factura detallada y seguimiento por flota	Perfil de Google completo, reseñas verificables y respuesta en ≤ 30 minutos
Principal fricción actual	No recibe seguimiento post-servicio ni recordatorio de mantenimiento	No existe propuesta comercial diferenciada para flotas	Motor Works no aparece con fuerza en búsquedas locales
Oportunidad de valor	Reactivación programada + solicitud de reseña + referidos	Contrato de mantenimiento preventivo + diagnóstico diferenciado por vehículo	Primera experiencia impecable que convierta la visita en relación
Herramienta principal asignada	WhatsApp Business - seguimiento automatizado + Getsoft para recordatorios	LinkedIn + propuesta comercial directa + informe PDF de diagnóstico	Google Business Profile + flujo de bienvenida en WhatsApp Business
KPI de seguimiento	Tasa de recompra en 6 meses (meta: 80%)	Frecuencia de visita por vehículo (meta: ≥ 6 /año)	Tasa de conversión contacto $\rightarrow$ cita confirmada (meta: $\geq 35\%$)
Fase de activación	Fase 1 - desde el mes 1	Fase 2 - desde el mes 3	Fase 1 - desde el mes 1

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Dimensión	A1 - Cliente recurrente fidelizado	A2 - Cliente corporativo (flotas)	A3 - Cliente nuevo por búsqueda digital
Prioridad estratégica	Alta - es la base de ingresos actuales y la fuente principal de reseñas	Media - mayor ticket promedio y mayor frecuencia, pero requiere propuesta diferenciada	Media - activa la demanda nueva pero depende de la visibilidad digital

Nota. Los tres arquetipos no son mutuamente excluyentes. Un cliente A3 que tiene una primera experiencia satisfactoria migra hacia el perfil A1 en su segunda visita. Un cliente A1 con más de un vehículo de trabajo puede evolucionar hacia el perfil A2 con una propuesta comercial adecuada. La gestión segmentada por arquetipo permite diseñar comunicaciones, protocolos y ofertas de valor diferenciadas que maximizan la retención y el ticket promedio de cada grupo.

ANEXO G. Estructura del tablero de planificación de la intervención

Su estructura es fija: cinco columnas (Una por cada bahía), y cuatro filas que corresponden a los estados posibles de cada orden de trabajo:

Estado	Descripción
Pendiente de inicio	OT confirmada, repuestos verificados, sin iniciar
En diagnóstico / intervención	Trabajo técnico activo en bahía
Esperando repuesto o autorización	En pausa por causa conocida y visible
Lista para entrega	Trabajo terminado, cliente notificado

Cada OT se representa con una tarjeta de cartulina laminada con código de color según el tipo de servicio:

- **Verde:** mantenimiento preventivo
- **Amarillo:** mantenimiento correctivo
- **Rojo:** reparación urgente
- **Azul:** diagnóstico especializado BYD o vehículo eléctrico/híbrido

La tarjeta incluye el número de orden, la placa del vehículo, el técnico asignado, la hora estimada de entrega y el estado de los repuestos.

El tablero se actualiza tres veces al día: al inicio de jornada, al mediodía y al cierre. En cada actualización, el gerente revisa si hay OTs bloqueadas en la fila de espera y redistribuye trabajo si es necesario. Ese hábito de 5 minutos tres veces al día reemplaza horas de gestión reactiva acumulada.

ANEXO H. Checklist de Verificación Diaria — Mantenimiento Autónomo TPM

Motor Works — Inicio de Jornada

Responsable: _____

Frecuencia: Diaria — primeros 15 minutos de la jornada

Registro: Hoja impresa en tablero Kanban / Getsoft (campo de observaciones de OT)

BLOQUE 1 — Escáner bidireccional avanzado y escáner OBD2 multimarca

Nº	Punto de verificación	✓ / X / N/A	Observación
1	Software actualizado a la versión más reciente (verificar en menú del equipo)		
2	Conectores OBD2 limpios y sin corrosión visible		
3	Cables sin cortes, dobleces marcados ni empalmes informales		
4	Pantalla enciende correctamente y sin mensajes de error al inicio		
5	Batería del equipo cargada $\geq 80\%$ o cable de alimentación disponible		
6	Estuche o soporte del escáner limpio y en su lugar designado (tablero 5S)		

Tiempo estimado del bloque: 3 minutos

BLOQUE 2 — Osciloscopio automotriz

Nº	Punto de verificación	✓ / X / N/A	Observación
7	Puntas de prueba limpias y sin daño en el aislamiento		
8	Cables de prueba conectan correctamente (sin juego en el conector del equipo)		
9	Pantalla enciende sin error y muestra señal estable en canal de prueba libre		
10	Equipo guardado en su posición designada y libre de polvo o grasa		

Tiempo estimado del bloque: 2 minutos

BLOQUE 3 — Cámara termográfica IR (Diagnóstico Innovador)

Nº	Punto de verificación	✓ / X / N/A	Observación
11	Lente limpio (sin huellas ni residuos) — limpiar con paño de microfibra seco		
12	Software ResNet-34 abre correctamente en el portátil del taller		

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

N°	Punto de verificación	✓ / X / N/A	Observación
13	Batería de la cámara cargada $\geq 70\%$		
14	Enclosure (recipiente de calentamiento de muestras) limpio y sin residuos de aceite de uso anterior		
15	Carpeta de imágenes termográficas del día anterior correctamente archivada (por placa/fecha)		

Tiempo estimado del bloque: 2 minutos

BLOQUE 4 — Boroscopio digital

N°	Punto de verificación	✓ / X / N/A	Observación
16	Sonda flexible sin kinks (dobles permanentes) ni daño visible en la cubierta		
17	Cámara en punta de sonda limpia — pasar paño seco con suavidad		
18	Pantalla del controlador enciende y muestra imagen en tiempo real sin distorsión		
19	Batería cargada $\geq 60\%$ o cargador disponible para carga durante uso		
20	Estuche y accesorios (guías de inserción, adaptadores) completos en su lugar		

Tiempo estimado del bloque: 2 minutos

BLOQUE 5 — Analizador de batería inteligente (BYD / 12V)

N°	Punto de verificación	✓ / X / N/A	Observación
21	Pinzas de conexión (caimanes) limpias y sin oxidación en los contactos		
22	Cable de conexión sin cortes ni empalmes		
23	Pantalla del analizador enciende correctamente y muestra menú principal		
24	Base de datos de modelos de batería actualizada (verificar versión en menú)		

Tiempo estimado del bloque: 1 minuto

BLOQUE 6 — Equipo de alineación y balanceo

N°	Punto de verificación	✓ / X / N/A	Observación
25	Sensores (cabezas de medición) limpios y sin golpes visibles		
26	Cables de transmisión de datos sin daño y bien enrollados en su soporte		
27	Pantalla de consola enciende y carga el software sin error		
28	Calibración de sensores (mensual) — anotar fecha del último calibrado:		
29	Plataformas giratorias y levantadizas limpias de residuos (tierra, lubricante)		

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Tiempo estimado del bloque: 2 minutos

Nota: el ítem 28 se verifica diariamente como dato (¿cuándo fue el último calibrado?), pero la calibración solo se ejecuta mensualmente.

BLOQUE 7 — Elevadores hidráulicos (verificar cada bahía activa del día)

Nº	Punto de verificación	✓ / X / N/A	Bahía Nº	Observación
30	Nivel de aceite hidráulico en el visor — dentro del rango verde			
31	Seguros de seguridad (pestillos de bloqueo en posición elevada) accionan y liberan correctamente			
32	Plataformas de apoyo (adaptadores de brazo) en posición correcta y sin deformación			
33	Sin fuga de aceite visible en mangueras, cilindro o conexiones			
34	Botones de subida/bajada responden sin demora ni ruido anormal			

Tiempo estimado del bloque: 3 minutos (bahías activas del día)
BLOQUE 8 — Área de trabajo y condiciones 5S

Nº	Punto de verificación	✓ / X / N/A	Observación
35	Tablero de herramientas completo — siluetas sin faltantes visibles		
36	Piso de bahía limpio y sin residuos de aceite, polvo metálico o trapos abandonados		
37	Almacén de repuestos con tarjetas Kanban visibles — verificar si hay tarjeta roja activa sin pedido emitido		
38	Tablero de planificación Kanban actualizado con las OT del día		
39	Equipo de protección personal (guantes, gafas) disponible y en buen estado		
40	Iluminación de la bahía funciona correctamente en todos los puntos		

Tiempo estimado del bloque: 2 minutos
Resumen de la jornada

Bloque	Equipo	Ítems	Conformes	No conformes	Acción requerida
1	Escáner bidireccional / OBD2	6			
2	Osciloscopio automotriz	4			
3	Cámara termográfica IR	5			
4	Endoscopio borescópico	5			
5	Analizador de batería	4			
6	Equipo de alineación y balanceo	5			
7	Elevadores hidráulicos	5			
8	Área de trabajo / 5S	6			
Total		40			

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

ANEXO I. Tablero Kanban – Motor Works – ejemplo.html

Tablero Kanban – ejemplo operativo

Modelo visual de control para recepción, diagnóstico, aprobación, intervención, control de calidad y entrega. Incluye lógica de OT anticipada, prioridad por estado y trazabilidad básica por vehículo.

5 columnas operativas Tarjetas por OT Estado visible en tiempo real Soporte para Kanban Nivel 2

Bahías operativas: **5** Revisión diaria del tablero: **15 min** Tarjeta anticipada: **24 h antes** Campos mínimos de la tarjeta: **6**

Ejemplo del tablero físico

1. Cita / Recepción 2	2. Diagnóstico / Presupuesto 2	3. Repuestos listos / En bahía 3	4. Control de calidad 1	5. Lista para entrega 2
OT-021 Chevrolet D-Max 2019 Mantenimiento preventivo con cita previa y formulario completo. Placa: IBC-2145 Técnico: Marco Hora: 08:30 Repuestos: Verificados Cita confirmada OT anticipada	OT-019 BYD Yuan Pro 2024 Escaneo inicial completado. Presupuesto en Getsoft listo para envío. Placa: IEV-5521 Técnico: David Hora ingreso: 08:00 Evidencia: PDF diagnóstico Diagnóstico OK WhatsApp	OT-016 Toyota Hilux 2020 Todos los repuestos disponibles. Intervención autorizada. Bahía: 2 Técnico: Jorge Inicio: 08:20 Servicio: Frenos delanteros Stock completo	OT-014 Nissan Frontier 2022 Checklist de 8 puntos en ejecución antes del cierre. Bahía: 3 Técnico: David Fin técnico: 10:15 Checklist: 6/8 Verificación final	OT-012 Ford Ranger 2018 Vehículo finalizado. Cliente notificado por WhatsApp. Hora lista: 10:05 Retiro estimado: 10:40 Pago: Pendiente caja Entrega hoy
OT-022 Kia Sportage 2017 Ingreso sin cita. Se requiere diagnóstico inicial y validación de stock.	OT-020 Hyundai Tucson 2018 Presupuesto enviado. Espera aprobación del cliente.	OT-017 Mazda CX-5 2021 Mantenimiento preventivo completo en ejecución. Bahía: 4 Técnico: Marco		OT-013 Suzuki Grand Vitara 2015 Trabajo terminado. Cliente aún no confirma hora de retiro. Hora lista: 09:20 Notificación: Enviada Seguimiento: 11:00

ANEXO J. Checklist de Auditoría 5S — Shitsuke (Disciplina)

Motor Works. Taller de Servicio Automotriz Ibarra, Ecuador

Nº	Ítem de verificación	Sí	No	Observación
1	¿El técnico actualizó el tablero Kanban al inicio de la jornada (antes de las 08:00)?	☐	☐	
2	¿Todas las tarjetas de orden de trabajo (OT) del día están colocadas en la columna y fila correcta del tablero?	☐	☐	
3	¿El gerente verificó el stock de repuestos para las OT del día siguiente con al menos 24 horas de anticipación?	☐	☐	
4	¿Las herramientas y equipos de diagnóstico (escáner OBD2, multímetro, termógrafo) fueron devueltos a su lugar asignado al cierre del turno?	☐	☐	
5	¿Se aplicó el checklist del SOP de recepción en el 100% de los vehículos ingresados hoy?	☐	☐	
6	¿El técnico responsable notificó al cliente por WhatsApp Business el avance o la finalización del servicio antes de la hora de compromiso?	☐	☐	
7	¿Los pisos y superficies de trabajo de cada bahía quedaron limpios al término de la intervención?	☐	☐	
8	¿Los residuos de aceite, líquidos de freno y materiales de vehículos EV/HEV (baterías, módulos) fueron depositados en los contenedores diferenciados establecidos?	☐	☐	
9	¿El registro de la OT en Getsoft fue completado con técnico asignado, hora de inicio y hora de entrega antes de iniciar la intervención?	☐	☐	
10	¿Ningún vehículo permaneció en bahía más de 30 minutos sin actividad registrada ni justificación documentada?	☐	☐	
11	¿El tablero Kanban fue actualizado al mediodía y al cierre del día por el responsable designado?	☐	☐	
12	¿Se realizó al menos una verificación de seguimiento post-servicio (llamada o mensaje) a clientes con OT cerrada hace 48–72 horas?	☐	☐	

Puntaje: ____ / 12 respuestas Sí

Rango	Nivel de disciplina
11 – 12	✅ Excelente — hábito consolidado
8 – 10	⚠️ Aceptable — reforzar puntos débiles
5 – 7	🔴 En riesgo — revisar SOP y asignación de responsables
0 – 4	🔴 Crítico — intervención inmediata del gerente

Notas de diseño:

- Las preguntas 1, 2, 3 y 11 auditan el **sistema Kanban** (ítem 4.2.3 de la tesis).
- Las preguntas 5 y 9 verifican el cumplimiento de los **SOP de recepción y registro en Getsoft** (ítem 4.2.4).

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

- Las preguntas 6 y 12 miden la **disciplina en la posventa digital** (sub-tiempos T3 y T7 del MTTR).
- La pregunta 8 incorpora la distinción operativa entre **vehículos EV/HEV y de combustión**, clave para la gestión de residuos diferenciados que el diagnóstico de Motor Works aún no formaliza.
- La frecuencia de aplicación sugerida es **diaria**, con registro semanal acumulado para alimentar el sistema de indicadores del Capítulo 5.

ANEXO K. Resultados específicos del análisis financiero de la propuesta

MOTOR WORKS — Flujo de Caja Integrado Proyectado (USD) — 12 Meses													
Escenario base consolidando las tres propuestas metodológicas													
Concepto	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Total 12m
INGRESOS INCREMENTALES													
Ingreso incremental Lean Service (margen)	\$0	\$0	\$1.793	\$1.793	\$1.793	\$1.793	\$1.793	\$1.793	\$1.793	\$1.793	\$1.793	\$1.793	\$17.930
Ingreso incremental Posventa Digital (base)	\$0	\$375	\$413	\$870	\$1.428	\$1.428	\$1.428	\$1.428	\$1.428	\$1.428	\$1.428	\$1.428	\$13.082
Ingreso incremental Diagnóstico Innovador	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1.500	\$2.000	\$2.500	\$3.000	\$3.200	\$3.423	\$15.623
TOTAL INGRESOS INCREMENTALES	\$0	\$375	\$2.206	\$2.663	\$3.221	\$3.221	\$4.721	\$5.221	\$5.721	\$6.221	\$6.421	\$6.644	\$46.635
INVERSIONES (egresos)													
Inversión Lean Service	\$300	\$100	\$1.200	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1.600
Inversión Posventa Digital	\$0	\$120	\$280	\$375	\$375	\$375	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1.525
Inversión Diagnóstico Innovador	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$3.500	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$3.500
Costos recurrentes (TPM + digital)	\$0	\$0	\$0	\$0	\$33	\$33	\$33	\$33	\$33	\$33	\$33	\$33	\$264
TOTAL INVERSIONES	\$300	\$220	\$1.480	\$375	\$408	\$408	\$3.533	\$33	\$33	\$33	\$33	\$33	\$6.889

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

FLUJO NETO Y ACUMULADO													
Flujo neto mensual (USD)	-\$300	\$155	\$726	\$2.288	\$2.813	\$2.813	\$1.188	\$5.188	\$5.688	\$6.188	\$6.388	\$6.611	\$39.746
Flujo acumulado (USD)	-\$300	-\$145	\$581	\$2.869	\$5.682	\$8.495	\$9.683	\$14.871	\$20.559	\$26.747	\$33.135	\$39.746	\$39.746
Nota: Flujo neto = ingresos incrementales - inversiones. Los ingresos del Lean Service reflejan el margen incremental de 18-25 OTs adicionales/mes (USD 162 ticket × 61.5% margen). Diagnóstico Innovador inicia retorno en mes 7. Inversión total acumulada al mes 7: USD 8.850. Fuente: Capítulos 4-5 de la tesis.													

MOTOR WORKS — Tabla Consolidada de Factibilidad Económica Integral											
Propuesta metodológica integrada: Lean Service + Posventa Digital + Diagnóstico Innovador											
SECCIÓN 1 — Inversión Total Consolidada por Propuesta y Período (USD)											
Propuesta / Componente	Período	Sem 1-2	Sem 3-4	Mes 2	Mes 3-4	Mes 5-6	Mes 7+	Total Inversión			
Lean Service — 5S Seiri/Seiton	Sem 1-2	\$300	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$300			
Lean Service — SOP + Kanban físico	Sem 3-4	\$0	\$100	\$0	\$0	\$0	\$0	\$100			
Lean Service — Kanban Nivel 1 + SOP interv.	Mes 2	\$0	\$0	\$1.200	\$0	\$0	\$0	\$1.200			

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Lean Service — SMED + SOP calidad + 5S	Mes 3	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	
Lean Service — Kanban Nivel 2 + TPM (anual)	Mes 4+	\$0	\$0	\$0	\$0	\$400	\$0	\$400	
Posventa Digital — Fase 1 (sin inversión)	Sem 1-2	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	
Posventa Digital — Fase 2 (Google Ads)	Sem 3-4	\$0	\$120	\$0	\$0	\$0	\$0	\$120	
Posventa Digital — Fase 3 (Meta + TikTok)	Mes 2	\$0	\$0	\$280	\$0	\$0	\$0	\$280	
Posventa Digital — Fases 4-5 (escenario base)	Mes 3+	\$0	\$0	\$0	\$375	\$375	\$0	\$750	
Diagnóstico Innovador — 4 tecnologías	Mes 7	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$3.500	\$3.500	
TOTAL INVERSIÓN CONSOLIDADA	Meses 1-7+	\$300	\$220	\$1.480	\$375	\$775	\$3.500	\$6.650	
SECCIÓN 2 — Impacto Operativo Lean Service: Escenarios de Retorno (USD/mes)									
Indicador operativo	Estado actual	Escenario conservador (Mes 6)	Escenario moderado (Mes 6)	Proyección Mes 12	Fuente				
Vehículos atendidos / mes	90	108	115	108-115 estab.	Cap. 2 — Indicadores				

					Motor Works			
Facturación mensual (USD)	14580	17496	18630	17496	Ticket USD 162 × vehículos			
Incremento facturación / mes (USD)	0	2916	4050	2916	#¿NOMBRE?			
Margen de contribución neto (61.5%)	\$8.967	\$10.760	\$11.457	\$10.760	Cap. 2 — margen real Motor Works			
Incremento margen neto / mes (USD)	0	1793	2490	1793	Diferencia vs estado actual			
Inversión acumulada Lean (USD)	0	1600	1600	Amortizada m.2	Tabla 35 tesis			
Período recuperación (meses)	N/A	1-2	1	< 2 meses	Tabla 36 tesis			
SECCIÓN 3 — Proyección de Retorno Posventa Digital (Tabla 30 tesis, escenario base)								
Variable	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5-6	Fuente		
Inversión mensual (USD)	375	400	450	375	375	Tabla 29 tesis		
Leads calificados estimados	20-30	40-50	55-70	55-70	60-75	Ref. Latamclick 2026		
Tasa conversión lead→cita	25%	30%	35%	35%	35%	Referencia sectorial MiPymes EC		
Citas confirmadas estimadas	5-8	12-15	19-25	19-25	20-26	Cálculo sobre leads		
Ingreso potencial base (USD)	413	870	1428	1428	1560	Ticket USD 62 × citas base		

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

ROI estimado (escenario base)	1.1x	2.2x	3.2x	3.8x	4.2x	Ingresos / Inversión			
SECCIÓN 4 — Factibilidad Diagnóstico Innovador: Inversión y Fuentes de Retorno									
Equipo / Fuente retorno	Costo USD	Vida útil	Mant. anual USD	Retorno mensual	Período recup.	Fuente			
Cámara termográfica IR (Optris Xi 410)	\$1.800	6 años	80	USD 360-675 (lubr. diferenciado)	< 6 meses	Tabla 42 tesis			
Escáner bidireccional avanzado	\$900	5 años	100	Incluido en tasa de conversión +15-25%	< 3 meses	Tabla 42 tesis			
Boroscopio digital	\$450	4 años	0	Reducción retrabajo USD 486-648/mes	< 2 meses	Tabla 42 tesis			
Analizador de batería inteligente	\$350	5 años	0	Flota corporativa USD 250-400/mes	< 2 meses	Tabla 42 tesis			
TOTAL inversión diagnóstico	3500	—	180	USD 3.342-3.504 / mes combinado	Mes 1 de uso	Sección 5.3.4 tesis			

ANEXO L. Consolidado de los resultados del proceso de validación de instrumentos

Este anexo presenta los resultados consolidados y la ficha utilizada para la validación por juicio de expertos de los instrumentos de recolección de datos de la investigación:

- Encuesta de satisfacción dirigida a clientes de Motor Works.
- Guía de entrevista semiestructurada dirigida al gerente propietario.

Datos de los evaluadores

Evaluador	Código	Formación académica	Experiencia relevante
Juez 1	J1	Ingeniero con posgrado en Ingeniería Automotriz	Servicio de posventa automotriz en pymes
Juez 2	J2	PhD en Ingeniería Industrial: Tecnologías de Diseño y Producción Industrial	Implementación de indicadores y mejora de procesos
Juez 3	J3	Académico de metodología de la investigación en una carrera de ingeniería automotriz	Metodología de investigación y validación de instrumentos en estudios aplicados

Criterios de selección

- Experiencia comprobada en diseño y revisión de instrumentos de investigación.
- Conocimiento de procesos de servicio en organizaciones pequeñas y medianas.
- Manejo de escalas tipo Likert y de criterios de validez de contenido.

Resultados consolidados de la validación

Instrumento	Claridad J1	Claridad J2	Claridad J3	Pertinencia J1	Pertinencia J2	Pertinencia J3	Coherencia J1	Coherencia J2	Coherencia J3	Observación principal	Ajuste realizado
117 ítems del instrumento usado para la entrevista	3,95	3,90	3,92	4,00	3,98	3,96	3,97	3,95	3,96	Redacción algo larga en un importante número de ítems	Sin mayores cambios solo se simplifica
10 ítems del instrumento usado para la encuesta	3,40	3,35	3,30	3,90	3,85	3,80	3,60	3,55	3,50	Redacción algo larga y con leve desviación de la claridad en la formulación	Se corrigieron ítems de la escala de Likert

Nota. La tabla completa por ítem se presenta en la versión digital del anexo. Los ítems no listados explícitamente conservaron valoraciones promedio entre 3,30 y 4,00 en claridad, pertinencia y coherencia, sin requerir cambios de redacción.

Síntesis de resultados

La mayoría de los ítems obtuvo valoraciones altas, concentradas entre 3,50 y 4,00 en las tres dimensiones evaluadas, lo que indica que los instrumentos son claros, pertinentes y coherentes con los objetivos del estudio. En el caso de la encuesta, tres ítems fueron ajustados por recomendación de los jueces: se simplificó la redacción y se sustituyeron términos técnicos por expresiones de uso común.

Tras estos ajustes, se aplicó la encuesta definitiva a 75 clientes. Con los resultados de mencionada encuesta se calculó el alfa de Cronbach de 0,87 y el omega de McDonald 0,89, lo que refleja buena consistencia interna de la escala utilizada.

Los jueces consideraron pertinentes todos los ejes de la entrevista frente a los objetivos de la investigación. Las observaciones se centraron en el orden de las preguntas y en separar claramente las cuestiones operativas de las estratégicas. Se reordenaron los bloques, se dividieron dos preguntas largas en preguntas más concretas y se aclaró la formulación de la pregunta sobre uso de Getsoft. La entrevista definitiva se aplicó al gerente en una sesión de 90 minutos, y sus respuestas completas se presentan en el Anexo A.

Conclusión del juicio de expertos

El juicio de expertos permitió confirmar la pertinencia de los instrumentos respecto a las variables estudiadas y mejorar su claridad antes de la aplicación definitiva. Las modificaciones sugeridas se incorporaron en las versiones finales de la encuesta y de la entrevista. La evidencia de fiabilidad interna de la encuesta, junto con la estructura revisada de la entrevista, respalda la validez de contenido de los instrumentos utilizados en el diagnóstico de Motor Works.