



**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS**

**Trabajo de fin de Carrera titulado:**

**"ANÁLISIS DEL PROCESO TÉCNICO-OPERATIVO CENTRO DE REVISIÓN  
TÉCNICA VEHICULAR: CASO DE ESTUDIO EN CAYAMBE"**

**Realizado por:**

**JEFFERSON EZEQUIEL CAMPUÉS COLIMBA**

**Director del proyecto:**

**Msc, DIANA BELÉN PERALTA ZURITA, PhD.**

**Como requisito para la obtención del título de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**QUITO, 27 de marzo del 2026**

## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, JEFFERSON EZEQUIEL CAMPUÉS COLIMBA, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N°100485973-0, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



-----  
JEFFERSON EZEQUIEL CAMPUÉS COLIMBA

C.I.: 100485973-0

## **DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

-----

DIANA BELÉN PERALTA ZURITA

Máster

**LOS PROFESORES INFORMANTES:**

Jaime Vinicio Molina Osejos

Edilberto Antonio Llanes Cedeño

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

---

Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos

---

Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño

Quito, 27 de Marzo del 2026

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



-----  
JEFFERSON EZEQUIEL CAMPUÉS COLIMBA

C.I.: 100485973-0

## **Agradecimientos**

Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad Internacional SEK Ecuador, por brindarme las herramientas y el conocimiento necesario para alcanzar esta meta profesional y prepararme para contribuir a la sociedad.

Asimismo, a mi madre, mis amigos, compañeros y todas las personas que me brindaron su apoyo y aliento a lo largo de este camino, les extiendo mi gratitud por ser una parte fundamental de este logro. Sin su respaldo y motivación, este logro no habría sido posible.

**Jefferson E. Campués Colimba**

## Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar el proceso técnico-operativo actual del Centro de Revisión Técnica Vehicular (CRTV) de Cayambe mediante herramientas de calidad y toma de tiempos, con el fin de proponer mejoras que optimicen el flujo operativo y garanticen el cumplimiento normativo, identificando procedimientos operativos, recursos técnicos y causas de ineficiencia para desarrollar un modelo de gestión eficiente que mejore la seguridad vial y la satisfacción del usuario. La metodología adoptó un enfoque descriptivo y cuantitativo, no experimental, empleando técnicas como la observación directa, cronometraje de tiempos en 120 vehículos (40 por tipo: livianos, taxis y pesados), revisión documental de la Resolución No. 025-DIR-2019-ANT, levantamiento planimétrico con software SketchUp, y herramientas de análisis como el diagrama de Ishikawa y el mapa de flujo de valor (VSM) para cuantificar tiempos, variabilidad y eficiencia operativa durante una jornada laboral estándar de 8 horas. Los resultados revelaron tiempos promedio de procesamiento de 731 segundos para vehículos livianos, 799 segundos para taxis y 639 segundos para pesados, con una tasa de aprobación global del 80,83% y rechazos concentrados en holguras (30,43%) y emisiones de gases (21,74%); se identificaron cuellos de botella en las estaciones de suspensión y emisiones, con porcentajes de tiempo de valor agregado superiores al 95% en todas las categorías, capacidad diaria teórica de hasta 47 vehículos livianos, cumplimiento normativo del 86,70% con desviaciones menores en infraestructura, y causas de ineficiencia principales en la falta de estandarización de protocolos, insuficiencia de personal y ausencia de indicadores de monitoreo, lo que evidencia un proceso eficiente pero con oportunidades focalizadas de optimización para reducir tiempos muertos y mejorar el flujo vehicular.

**Palabras claves:** revisión técnica vehicular; eficiencia operativa; mapa de flujo de valor (VSM); tiempos de proceso; cumplimiento normativo.

### **Abstract**

The objective of this study was to analyze the current technical and operational processes at the Cayambe Vehicle Inspection Center (CRTV) using quality assessment and time-study tools, with the aim of proposing improvements that optimize operational flow and ensure regulatory compliance. This involved identifying operational procedures, technical resources, and causes of inefficiency in order to develop an efficient management model that improves road safety and user satisfaction. The methodology adopted a descriptive and quantitative, non-experimental approach, employing techniques such as direct observation, time measurement on 120 vehicles (40 per type: light, taxis, and heavy), a documentary review of Resolution No. 025-DIR-2019-ANT, planimetric surveying with SketchUp software, and analytical tools such as the Ishikawa diagram and the Value Stream Map (VSM) to quantify times, variability, and operational efficiency during a standard 8-hour workday. The results revealed average processing times of 731 seconds for light vehicles, 799 seconds for taxis, and 639 seconds for heavy vehicles, with an overall approval rate of 80.83% and rejections concentrated in clearances (30.43%) and exhaust emissions (21.74%); bottlenecks were identified at the suspension and emissions stations, with value-added time percentages exceeding 95% across all categories, a theoretical daily capacity of up to 47 light-duty vehicles, and regulatory compliance of 86.70% with minor deviations in infrastructure, and the main causes of inefficiency were the lack of standardized protocols, insufficient staffing, and the absence of monitoring indicators, which indicates an efficient process but with targeted opportunities for optimization to reduce downtime and improve traffic flow.

**Keywords:** vehicle inspection; operational efficiency; value stream map (VSM); process times; regulatory compliance.

## TABLA DE CONTENIDO

Declaración Juramentada .....	ii
Declaración Del Director De Tesis .....	iii
Declaración De Autoría Del Estudiante.....	v
Índice de Tablas .....	xii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Anexos.....	xiv
Introducción .....	1
Antecedentes .....	2
Planteamiento del Problema .....	3
Justificación .....	4
Objetivos.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos específicos .....	5
Objetivos ODS que persigue el proyecto.....	6
Hipótesis .....	7
Estado del arte.....	8
Centros de Revisión Técnica Vehicular.....	8
Marco Normativo Aplicable .....	8
Resolución No. 025-DIR-2019-ANT.....	8
Normas Técnicas Complementarias .....	10
Procesos Operativos en CRTV .....	11
Herramientas de Análisis de Procesos .....	11
Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Mapping - VSM) .....	11
Elaboración del Mapa de Flujo de Valor .....	13
Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa).....	13
Metodología DMAIC.....	14
Análisis Estadístico de Tiempos en Procesos de Servicio.....	15
Metodología de Análisis Cuantitativo .....	15
Protocolo de Toma de Tiempos .....	16

Indicadores de Desempeño en CRTV .....	17
Metodología .....	18
Tipo de Investigación.....	18
Enfoque y diseño.....	18
Fases de la investigación.....	18
Levantamiento del proceso actual y diagnostico .....	20
Reconocimiento del CRTV de Cayambe .....	20
Descripción del área de estudio .....	20
Identificación de variables y definición de instrumentos .....	21
Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
Protocolo de toma de tiempos.....	24
Indicadores de eficiencia.....	27
Variables a analizar mediante el diagrama de Ishikawa .....	27
Variables .....	28
Operacionalización de las variables.....	29
Población y muestra.....	30
Revisión de la normativa .....	33
Resultados .....	34
Información del proceso actual del sistema de revisión técnica vehicular de Cayambe .....	34
Descripción del flujo operativo actual (revisión técnica desde la alineación en adelante).....	34
Diseño de la implantación del proceso técnico-operativo .....	44
Diagrama de flujo de tráfico interno para la visualización del desplazamiento de los vehículos dentro del patio de revisión técnica. ....	47
Análisis de puntos de detención y distancias de recorrido .....	59
Eficiencia del proceso por estación de trabajo.....	59
Resultados de aprobación del proceso .....	60
Interpretación de indicadores de capacidad y eficiencia del proceso .....	63
Verificación el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa técnica vigente... 65	
Análisis las principales causas de ineficiencia mediante la aplicación del diagrama de Ishikawa. ....	68

Síntesis del análisis .....	73
Mapa de flujo de valor que permita la visualización los tiempos muertos, actividades con y sin valor agregado, y posibles cuellos de botella en el proceso técnico-operativo. ....	73
Construcción del Mapa de Flujo de Valor .....	73
Análisis de actividades con valor agregado .....	74
Identificación de tiempos muertos y actividades sin valor agregado .....	78
Identificación de Cuellos de Botella Operativos .....	78
Estación de Suspensión.....	79
Estación de Emisiones (Gasómetro/Opacómetro) .....	79
Estaciones Específicas para Taxis .....	79
Análisis de Capacidad del Sistema .....	81
Implicaciones para la Optimización del Proceso .....	81
Conclusiones .....	84
Recomendaciones .....	86
Referencias Bibliográficas .....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Artículos Relevantes para Análisis Técnico-Operativo CRTV .....	9
Tabla 2. Resumen de las etapas de la RTV .....	11
Tabla 3. Elementos clave del VSM para CRTV .....	12
Tabla 4. Categorías del diagrama causa y efecto en CRTV .....	13
Tabla 5. Etapa de metodología DMAIC .....	15
Tabla 6. Elementos del análisis estadístico descriptivo .....	15
Tabla 7. Protocolo de toma de tiempos.....	16
Tabla 8. Etapa de metodología DMAIC .....	17
Tabla 9. Indicadores de eficiencia .....	27
Tabla 10. Categorías de análisis del diagrama de Ishikawa.....	28
Tabla 11. Operacionalización de las variables.....	29
Tabla 12. Verificación del cumplimiento de la normativa en el proceso actual.....	33
Tabla 13. Descripción de flujo operativo actual en la revisión técnica vehicular .....	35
Tabla 14. Datos de vehículos livianos .....	49
Tabla 15. Datos de vehículos Taxis .....	52
Tabla 16. Datos de vehículos pesados .....	55
Tabla 17. Resultados de aprobación y rechazo del proceso por tipo de vehículo .....	61
Tabla 18. Motivos de no aprobación.....	61
Tabla 19. Marcas de vehículos revisadas.....	62
Tabla 20. Indicadores calculados .....	64
Tabla 21. Verificación del cumplimiento de la normativa .....	65
Tabla 22. Indicadores calculados.....	67
Tabla 23. Tiempos y porcentajes de los procesos con y sin valor agregado .....	73
Tabla 24. Tiempos y porcentajes de los procesos con y sin valor agregado .....	74
Tabla 25. Cuellos de botellas en el CRTV.....	80
Tabla 26. Formulación de las propuestas de mejora.....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ejemplo de Mapa de Flujo de Valor.....	12
Figura 2 Flujo metodologico general.....	14
Figura 3 Flujo metodologico general.....	19
Figura 4 Ubicación geografica.....	20
Figura 5 Vista de la Empresa Pública Municipal de Movilidad Cayambe (EPMMC).....	21
Figura 6 Vista de las secciones de la revision tecnica vehicular .....	21
Figura 7 Aplicación de cronometro en telefono celular usada para la tecnica de cronometraje ..	22
Figura 8 Pagina inicial de la resolución No. 025-DIR-2019-ANT .....	23
Figura 9 Entorno del software de modelado 3D SketchUp Pro 2022.....	24
Figura 10 Protocolo de toma de tiempos para la revisión tecnica vehicular .....	25
Figura 11 Analisis estadístico de etapas de proceso de RTV .....	26
Figura 12 Diagrama de Ishikawa .....	27
Figura 13 Construcción del Mapa de flujo de valor del proceso CRTV .....	32
Figura 14 Diagrama de flujo del proceso de revisión técnica actual .....	45
Figura 15 Plano de planta de la zona de revisión tecnica actual del CRTV .....	46
Figura 16 Vista de la zona de revisión tecnica actual del CRTV .....	47
Figura 17 Tiempo promedio de proceamiento de vehiculos.....	48
Figura 18 Comparación de tiempos de ejecución de las pruebas .....	60
Figura 19 Diagrama de Ishikawa de la etapa de la prueba de emisiones.....	69
Figura 20 Diagrama de Ishikawa de la etapa de la prueba de velocímetro.....	70
Figura 21 Diagrama de Ishikawa de la etapa de la prueba de frenómetro .....	71
Figura 22 Diagrama de Ishikawa de la etapa de la prueba de suspensión .....	72
Figura 23 Mapa de flujo de valor de los vehiculos livianos .....	75
Figura 24 Mapa de flujo de valor de los taxis.....	76
Figura 25 Mapa de flujo de valor de los vehiculos pesados .....	77

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Centro de Atención.....	89
----------------------------------	----

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los servicios públicos deben alcanzar el propósito para el que fueron creados, que consiste en maximizar el bienestar público, asegurando equidad y justicia en la provisión de servicios. Por ende, el servicio siempre debe esforzarse por mejorar eficazmente, como entidad gubernamental, es importante considerar que gran parte de su modelo depende de la economía que se asigna para este fin. Además, se considera que los elementos clave para conseguir servicios de alta calidad en esta entidad son: los empleados de infraestructura y la organización (Martínez-Narváez et al., 2021).

La implementación de un modelo de administración eficiente para centros donde se realiza la revisión técnica vehicular es un asunto de gran importancia en el contexto actual, particularmente en la ciudad de Cayambe, en donde la movilidad y la seguridad vial son elementos esenciales para el bienestar de la comunidad. Esta investigación prácticamente tiene como meta identificar los diferentes procedimientos de revisión técnica de vehículos, con la finalidad de desarrollar un modelo que no solo mejore la administración operacional, sino que también asegure el acatamiento de las regulaciones y la satisfacción del usuario.

Panjon y Ortega (2022) indican que las revisiones técnicas vehiculares son procedimientos necesarios para certificar que los vehículos en circulación den cumplimiento de las normas de seguridad y el nivel de emisiones de gases al ambiente, pero muchos centros de revisión presentan distintos problemas como aglomeración de usuarios, poco personal formado para realizar las tareas de revisión y ciertas falencias en la infraestructura, ya sean equipos o espacios, lo que desmejora el servicio prestado. Del escenario planteado, el centro vehicular ubicado en el Cantón Cayambe no se escapa, lo que terminó implicando la necesidad del establecimiento de un modelo de gestión que promueva la optimización de los elementos señalados.

La proposición tiene base en la concepción de que un modelo adecuadamente aplicado, puede mejorar de forma grande el funcionamiento de los centros de inspección vehicular, considerando los elementos tanto técnicos como logísticos, así como los administrativos, Y los elementos propios de las comunidades donde se encuentran los centros. Si se logra la implementación eficaz de un modelo en gestión adecuado, se pueden obtener beneficios como una mejora en la seguridad vial como lo que se traduce en una reducción de los accidentes viales como

pero además una mejor calidad del aire al reducir las emisiones por falta de mantenimiento de los autos.

La investigación se considera dentro del método descriptivo y no experimental, Haciendo uso de una metodología mixta , donde se utilizan datos tanto cuantitativos como cualitativos como lo que implicó el uso de técnicas como la revisión documental y la observación, para poder dar con los elementos que describen la situación actual del centro de revisión vehicular.

La investigación adopta un enfoque descriptivo y no experimental, empleando técnicas cualitativas y cuantitativas para recolectar información pertinente, para ello se lleva a cabo sondeos y conversaciones con diferentes usuarios del centro de revisión vehicular y el personal administrativo, con la finalidad de adquirir una perspectiva completa de sus necesidades y expectativas. Adicionalmente, se realiza un estudio comparativo con otros centros exitosos de diferentes ciudades, lo que facilita la identificación de mejores prácticas que pueden ser ajustadas al entorno local.

La puesta en marcha de este modelo eficaz de revisión técnica de vehicular opta por ventajas para los usuarios directos del servicio y de la comunidad en su conjunto, contribuyendo con la disminución de accidentes provocados por averías mecánicas, garantizando que los automóviles liberen niveles tolerables de contaminantes con el fin de mejorar la calidad del aire. Algo muy importante que fortalecerá la imagen institucional de la ciudad de Cayambe al evidenciar un compromiso con la seguridad ciudadana y el entorno natural.

## **Antecedentes**

La revisión técnica de los vehículos es un proceso necesario en la legislación del transporte y la seguridad vial, cuyo propósito es garantizar que los coches en movimiento se adecuen a los estándares establecidos por las autoridades correspondientes. En diversas ciudades, esta práctica se ha establecido como un esfuerzo más amplio para aumentar la seguridad vial y reducir el efecto ecológico del transporte. Sin embargo, a pesar de su importancia los centros de evaluación suelen enfrentarse a desafíos que afectan su eficacia y eficiencia (Enríquez Rosales, 2022).

En la nación ecuatoriana, la revisión técnica vehicular está bajo la regulación de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), la cual establece resoluciones en las cuales se menciona normativas

y procedimientos para garantizar que los vehículos cumplan con las exigencias técnicas y medioambientales, no obstante, a pesar de estos esfuerzos, numerosos centros se encuentran con dificultades operativas considerables. Una investigación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, (2020) reveló que existen varios centros de revisión técnica vehicular en el país que no satisfacen los criterios básicos necesarios para funcionar de manera adecuada.

López de la Cruz et al. (2021) documentan aplicaciones exitosas de DMAIC en el sector técnico-vehicular, primero en Servitotal S.A. (Quito), la implementación de DMAIC en procesos de reparación redujo el uso de materiales del 28% al 19%, generando ahorros significativos y aumentos de eficiencia del 39% en línea de pintura. En empresas de mantenimiento vehicular, el uso de herramientas estadísticas dentro de DMAIC facilitó la identificación de causas de defectos, reduciendo errores y mejorando la satisfacción del cliente.

Chicaiza Martínez (2022) evidencia que la aplicación de técnicas estadísticas y diagramas de análisis causal en procedimientos de inspección vehicular ha producido mejoras notables en eficiencia y reducción de fallas, permitiendo disminuir costos operativos y mejorar la confiabilidad del servicio. Estos antecedentes demuestran la viabilidad y efectividad de aplicar metodologías estructuradas de análisis y mejora en centros de revisión técnica vehicular, proporcionando el fundamento para su implementación en el caso específico de Cayambe.

### **Planteamiento del Problema**

El proceso de Revisión Técnica Vehicular (RTV) en Cayambe es coordinado por la Empresa Pública Municipal de Movilidad de Cayambe (EPMMC), entidad responsable no solo de atender a los vehículos del cantón, sino también a aquellos provenientes de otras localidades. En los últimos años, se ha demostrado un aumento significativo en la demanda de este servicio, tanto por el crecimiento del parque automotor como por lo estipulado en el artículo 206 de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Este artículo establece que los propietarios pueden realizar la RTV en cualquier centro autorizado del país, lo que ha generado un incremento en la afluencia de usuarios provenientes de otras provincias y cantones hacia Cayambe (Castro, 2024).

A pesar de contar con instalaciones relativamente nuevas, la infraestructura del centro no está totalmente diseñada para gestionar un incremento actual en la demanda. En la actualidad, se

puede estimar que desde marzo de 2025, la cifra de citas diarias ha aumentado aproximadamente en un 40% en comparación con los 6 meses anteriores, alcanzando un promedio cercano a las 120 atenciones por día. Sin embargo, este incremento no ha sido acompañado por una optimización adecuada de los procesos internos, lo que ha originado dificultades como extensas filas, periodos de espera que llegan a dos hasta tres horas la cual origina una experiencia desagradable para los usuarios e incluso una sobrecarga en cuanto al tiempo laboral de todo el personal de este centro de revisión..

El Centro de Revisión Técnica Vehicular (CRTV) de Cayambe, en este contexto, cumple parcialmente con las normativas establecidas, pero presenta restricciones operativas y técnicas que reducen su eficiencia y afectan la satisfacción de los usuarios, subrayando la necesidad de implementar un modelo de gestión eficiente que permita ampliar la capacidad de atención, perfeccionar los procesos y garantizar un servicio de alta calidad conforme a las leyes y las expectativas sociales.

### **Justificación**

Obregón & Vásquez, (2023) la revisión técnica vehicular es un procedimiento necesario para asegurar que los automóviles en circulación respeten los criterios de seguridad y emisiones contaminantes fijados por las autoridades. En Ecuador, este procedimiento es regulado por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), la cual dicta reglas para garantizar que los automóviles sean inspeccionados de manera regular. No obstante, a pesar de estos esfuerzos, numerosos centros revisión técnica vehicular se encuentran con dificultades importantes que impactan su funcionamiento y la satisfacción del usuario tales como carencia de procedimientos homogenizados e identificación de procesos. En Cayambe, la creciente cantidad de vehículos ha provocado una demanda en aumento por los servicios, lo que ha ejercido presión sobre las instalaciones ya existentes.

El presente estudio tiene la finalidad de presentar un análisis de la situación actual que sirva como base para la realización a futuro de una propuesta que permita cambiar la experiencia del usuario y potenciar la calidad del servicio, a través de la puesta en marcha de dicha propuesta, los propietarios de vehículos sentirán mayor satisfacción por efectos de la disminución de los tiempos

de espera y por el potencial alcanzado en cuanto a la atención al cliente, además de certificar la seguridad vial, ya que solo los vehículos aptos se mantendrán en circulación.

A nivel social y económico un correcto análisis de la eficiencia actual del proceso de revisión técnica vehicular, que pase por un adecuado levantamiento de información, que incluya: la identificación del espacio, de los procesos, y revisión de las operaciones actuales, permitirá los insumos necesarios para la proposición de una propuesta que se traduzca en un incremento en el cumplimiento normativo por parte de los propietarios de vehículos, el incremento de la eficacia del servicio, el manejo de un mayor número de usuarios, y una mejores condiciones de trabajo para los partícipes del proceso.

Prácticamente el presente proyecto aspira a mejorar las operaciones internas y aportar de manera significativa a la seguridad vial y al bienestar del medio ambiente. Ya que la aplicación eficiente de este modelo de gestión tiene la capacidad de cambiar el centro de revisión vehicular de Cayambe y actuar como un modelo a seguir para otros centros en Ecuador que se encuentren con retos parecidos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar el proceso técnico-operativo actual del Centro de Revisión Técnica Vehicular de Cayambe mediante las fases definir y medir de la metodología DIMAIC, para la identificación de áreas de oportunidad para futuras propuestas y mejoras

### **Objetivos específicos**

- Levantar la información del proceso actual del sistema de revisión técnica vehicular de Cayambe, mediante el análisis del proceso operativo, el recurso técnico y la Resolución-025-ANT-DIR-2019.
- Graficar la implantación del proceso técnico-operativo a través de un plano de vista superior que represente gráficamente el recorrido vehicular y la distribución del recurso técnico.
- Elaborar el diagrama de flujo de tráfico mediante la visualización gráfica y mapeo del desplazamiento de los vehículos dentro del patio de revisión técnica.

- Verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa técnica vigente, mediante comparativa de requerimientos de la norma la Resolucion-025-ANT-DIR-2019.
- Analizar las principales causas de ineficiencia mediante la aplicación del diagrama de Ishikawa para la identificación de las causas para la posible ineficiencia del proceso
- Visualizar los tiempos muertos, actividades con y sin valor agregado mediante la construcción de mapa de flujo de valor para la identificación de cuellos de botella en el proceso técnico-operativo.

### **Objetivos ODS que persigue el proyecto**

El presente proyecto de optimización de la revisión técnica vehicular tiene una clara alineación con los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por la organización de las Naciones Unidas en la Agenda 2030. En particular, contribuye al ODS 11 “ciudades y comunidades sostenibles” mediante la mejora de la eficiencia operativa del centro de revisión técnica vehicular, lo que se traduce en una reducción de los tiempos de espera para los usuarios, disminución de la congestión vehicular en las zonas aledañas al centro y la promoción de un transporte público y privado más seguro a través del cumplimiento riguroso de las normativas técnicas vigentes.

El proyecto también se alinea con el ODS 12 “producción y consumo responsables” al optimizar los recursos técnicos y humanos disponibles en el centro de revisión, eliminando desperdicios operativos y promoviendo un uso más eficiente de los insumos y equipos especializados, lo que resulta en una prestación de servicios más sostenible y económicamente viable. Finalmente, el proyecto contribuye al ODS 13 “acción por el clima”, al garantizar que los vehículos que circulan cumplan con los estándares de emisiones establecidos en la normativa técnica, contribuyendo directamente a la reducción de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos en el Cantón Cayambe, mientras que la optimización del flujo vehicular reduce el tiempo de ralentización y las emisiones asociadas a la congestión en el centro de revisión.

## **Hipótesis**

La implementación de las fases definir y medir de la metodología DIMAIC mediante la aplicación de herramientas de análisis de procesos como la toma de tiempos, el diagrama de Ishikawa y el mapa del flujo de valor, permitirá la identificación de manera precisa de los puntos críticos del proceso técnico-operativo del centro de revisión técnica vehicular de Cayambe, y el establecimiento de las métricas de referencia necesarias para la proposición de mejoras fundamentadas que optimicen el desempeño operativo del centro.

## **ESTADO DEL ARTE**

En esta sección se establecen los fundamentos teórico-metodológicos necesarios para el análisis del proceso técnico-operativo del Centro de Revisión Técnica Vehicular de Cayambe. Se abordan los conceptos esenciales sobre el CRTV, el marco normativo aplicable, las herramientas de análisis de procesos y las metodologías estadísticas requeridas para el cumplimiento de los objetivos planteados.

### **Centros de Revisión Técnica Vehicular**

Los CRTV son establecimientos especializados dotados de tecnología y personal capacitado para evaluar el estado mecánico, técnico y ambiental de los vehículos del parque automotor nacional. Su función principal consiste en asegurar que los vehículos cumplan con los estándares mínimos de seguridad y emisiones establecidos por la legislación vigente, contribuyendo a la reducción de accidentes viales y la protección del medio ambiente (Narváz et al., 2021).

Los CRTV realizan inspecciones metódicas a sistemas básicos del vehículo, incluyendo frenos, dirección, suspensión, iluminación y emisiones contaminantes, utilizando equipos especializados como frenómetros, analizadores de gases, opacímetros y sonómetros. El resultado de estas inspecciones puede ser aprobado, condicional o rechazado, siendo requisito indispensable para la matriculación anual de vehículos en Ecuador (Reglamento de Revisión Técnica Vehicular, 2020).

### **Marco Normativo Aplicable**

#### **Resolución No. 025-DIR-2019-ANT**

La operación de los CRTV se rige por la Resolución No. 025-DIR-2019-ANT emitida por la Agencia Nacional de Tránsito, que establece el Reglamento de Revisión Técnica Vehicular. Los artículos específicos relevantes para el análisis técnico-operativo se muestran en la tabla 1:

**Tabla 1.***Artículos Relevantes para Análisis Técnico-Operativo CRTV*

<b>Artículo</b>	<b>Tema Principal</b>	<b>Descripción</b>
Art. 15	Definición y Autorización de CRTV	Los centros especializados en revisión vehicular son instalaciones técnicas específicamente diseñadas y autorizadas para realizar inspecciones vehiculares. Únicamente estos centros tienen la facultad de emitir certificaciones oficiales que determinen la aprobación, condicionamiento o rechazo de vehículos inspeccionados.
Art. 16	Función de Verificación	Los centros tienen la responsabilidad de inspeccionar integralmente los vehículos (aspectos técnicos, mecánicos y emisiones) para confirmar que operan en condiciones óptimas según las normativas técnicas establecidas y reglamentos INEN vigentes.
Art. 29	Infraestructura Mínima	Los centros deben cumplir especificaciones técnicas precisas: área cerrada con altura mínima de 4,5 m, líneas de revisión de 4-4,5 m de ancho y 25 m de largo, fosas de inspección de 1,7 m de profundidad con ventilación e iluminación, sistemas de señalización, servicios básicos, zonas de estacionamiento, áreas administrativas y de espera con visibilidad al proceso.
Art. 40	Equipamiento Técnico Obligatorio	Según norma INEN 2349:2003, los centros requieren equipos específicos: sistemas para pruebas de alineación, suspensión, frenado, pesaje automático, medición de neumáticos, análisis lumínico, detección de holguras, medición de gases y ruido, y equipos especiales para taxis cuando corresponda.
Art. 41	Sistema de Registro Digital	Los centros deben implementar terminales computarizadas en las líneas de revisión para registrar electrónicamente tanto los resultados de inspecciones visuales como mecatrónicas, además de la identificación vehicular.

Artículo	Tema Principal	Descripción
Art. 42	Confidencialidad de Resultados	Los operadores no pueden visualizar resultados parciales durante el proceso. Toda información se transmite a un servidor central seguro para generar certificados finales, con disponibilidad pública de consultas a través de plataformas web oficiales.
Art. 54	Automatización del Proceso	Excepto la inspección visual y detección de holguras, todas las pruebas deben ser completamente automatizadas y computarizadas, con procesamiento instantáneo de resultados mediante sistemas centralizados.
Art. 55	Registro Electrónico	Los resultados de inspecciones visuales, detección de holguras e identificación vehicular deben registrarse electrónicamente a través de terminales estratégicamente ubicadas en las líneas de revisión.
Art. 56	Confidencialidad Total	Ni propietarios ni personal operativo pueden conocer resultados hasta completar la revisión integral y generar el reporte final oficial.
Art. 57	Alcance de la Revisión	La revisión técnica comprende cuatro componentes: inspección visual, revisión mecánica de seguridad, control de emisiones contaminantes, y verificación de parámetros específicos según el tipo de vehículo y servicio conforme a resoluciones ANT e INEN.

*Nota.* Adaptado de (Resolución No 025-DIR-2019-ANT Reglamento de Revisión Técnica Vehicular, 2019)

### **Normas Técnicas Complementarias**

Los CRTV deben acreditarse según la norma NTE INEN ISO/IEC 17020:2013 Evaluación de la conformidad - Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección, y cumplir con las especificaciones técnicas de la norma NTE INEN 2349

Revisión Técnica Vehicular. Procedimientos, para equipos de inspección vehicular, garantizando la confiabilidad de los resultados y el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales.

### Procesos Operativos en CRTV

El proceso de revisión técnica vehicular comprende las etapas secuenciales, descritas en la tabla 2:

**Tabla 2.**

*Resumen de las etapas de la RTV*

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>
Recepción e identificación	Verificación de documentación y datos del vehículo
Inspección visual y funcional	Evaluación de sistemas básicos sin desmontaje
Pruebas técnicas especializadas	Medición con equipos específicos por estación
Evaluación y dictamen	Procesamiento de resultados según criterios normativos
Emisión de certificado	Documentación del resultado final

*Nota.* Adaptado de (Leal Importaciones, 2022).

### Herramientas de Análisis de Procesos

#### Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Mapping - VSM)

El Value Stream Mapping es una herramienta del Lean Manufacturing que permite visualizar y analizar el flujo completo de materiales e información necesarios para entregar un producto o servicio al cliente final. Según Rother y Shook (2003), el VSM identifica desperdicios, cuellos de botella y oportunidades de mejora mediante la representación gráfica detallada de los estados actual y futuro de un proceso.

En el contexto de CRTV, el VSM mapea el flujo vehicular desde el ingreso hasta la emisión del certificado, identificando primero: los tiempos de valor agregado (VA), que son las Actividades que transforman el servicio según requerimientos; segundo, los tiempos de espera, que se definen como las demoras entre estaciones o por disponibilidad de recursos, y tercero, las actividades sin valor agregado (NVA), que representan desperdicios que deben eliminarse.

Los elementos clave del VSM para CRTV, se presentan en la tabla 3y un ejemplo en la figura 1.

**Tabla 3.**

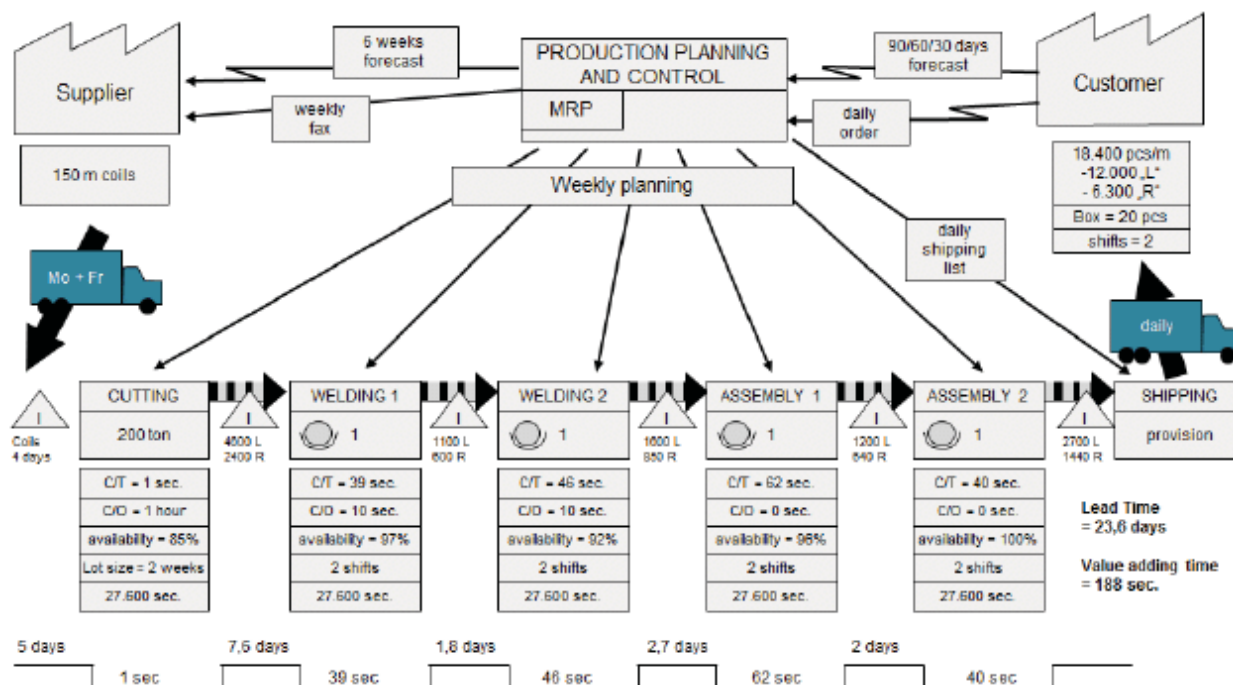
*Elementos clave del VSM para CRTV*

Etapas	Descripción
Takt Time	Ritmo de demanda del cliente (frecuencia requerida de atención)
Cycle Time	Tiempo para completar cada proceso de inspección
Lead Time	Tiempo total desde ingreso hasta emisión de certificado
Process Time	Suma de tiempos de actividades con valor agregado

*Nota.* Adaptado de (Leal Importaciones, 2022).

**Figura 1**

*Ejemplo de Mapa de Flujo de Valor*



*Nota.* Tomado de (Rauch, 2014)

## Elaboración del Mapa de Flujo de Valor

El VSM se construye siguiendo una secuencia metodológica estructurada; en primer lugar, se define la familia de producto o servicio a analizar y se delimita el alcance del proceso en campo (gemba), levantando datos reales mediante cronometraje y observación directa. Para cada etapa se registran indicadores clave como tiempo de ciclo (CT), tiempo de cambio (C/O), disponibilidad, número de operarios y porcentaje de defectos. Los datos se consignan en ellos “cuadros de proceso” ubicados debajo de cada operación en el mapa; paralelamente, se documenta el flujo de información (órdenes, programación, sistemas) utilizando los símbolos estandarizados del VSM.

Una vez representadas todas las etapas, se incorporan los inventarios o tiempos de espera entre procesos, indicando cantidad acumulada y días de cobertura cuando se aplica. Finalmente, en la parte inferior del mapa se construye la línea de tiempo, separando claramente el tiempo de valor agregado (VA) del tiempo sin valor agregado (NVA), esta línea permite calcular el Lead Time total y comparar la proporción de tiempo productivo frente al tiempo de espera; con base en este diagnóstico del estado actual, se diseña el flujo el estado futuro eliminando desperdicios, balanceando cargas según el Talk Time y optimizando el flujo continuo.

## Diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa)

El diagrama de Ishikawa, desarrollado por Kaoru Ishikawa, es una herramienta de análisis que permite identificar sistemáticamente las causas potenciales de un problema mediante categorización estructurada. Basílio y Campos (2021) establecen que debe construirse mediante sesiones de análisis multidisciplinario, validando cada causa con datos objetivos. La tabla 4 muestra las categorías específicas para análisis en CRTV (6M's):

**Tabla 4.**

*Categorías del diagrama causa y efecto en CRTV*

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Método	Procedimientos de inspección, secuencia de pruebas, protocolos
Mano de obra	Capacitación técnica, disponibilidad de personal, experiencia
Máquina	Estado de equipos, calibración, mantenimiento, obsolescencia

Categoría	Descripción
Material	Disponibilidad de consumibles, calidad de insumos técnicos
Medio ambiente	Layout de instalaciones, condiciones físicas, flujo vehicular
Medición	Sistemas de monitoreo, trazabilidad, indicadores de desempeño

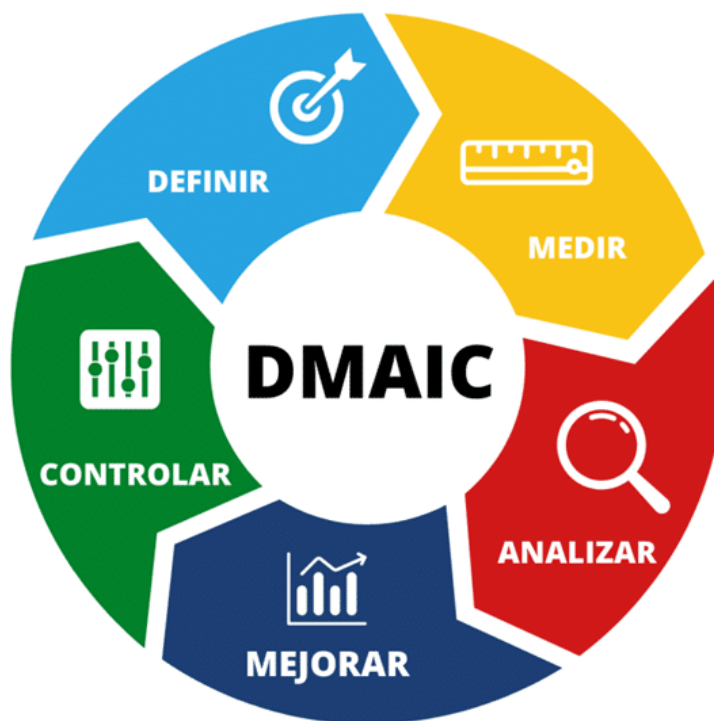
*Nota.* Adaptado de (Reyes et al., 2025)

### Metodología DMAIC

DMAIC es una metodología estructurada de mejora continua que forma parte de Six Sigma, aplicable para optimizar procesos existentes mediante un enfoque basado en datos. Comprende cinco fases secuenciales que se presentan en la figura 2 y la tabla 5:

#### *Figura 2*

*Flujo metodológico general*



*Nota.* Tomado de (Desarrollo Profesional SyS, 2023)

**Tabla 5.***Etapa de metodología DMAIC*

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>
Definir	Identificación clara del problema, objetivos específicos y alcance del proyecto. Herramientas: Diagrama de flujo actual, carta del proyecto.
Medir	Recopilación de datos para evaluar el desempeño actual y establecer líneas base. Herramientas: Mapas de proceso, histogramas, análisis del sistema de medición.
Analizar	Investigación de causas raíz mediante herramientas estadísticas. Herramientas: Diagrama de Ishikawa, análisis de Pareto, pruebas de hipótesis.
Mejorar	Diseño e implementación de soluciones para eliminar causas identificadas. Herramientas: Diseño de experimentos, pruebas piloto, simulaciones.
Controlar	Implementación de sistemas de monitoreo para asegurar sostenibilidad. Herramientas: Planes de control, gráficos de control estadístico.

*Nota.* Adaptado de (Carrillo-Landazabal et al., 2022).

## **Análisis Estadístico de Tiempos en Procesos de Servicio**

### **Metodología de Análisis Cuantitativo**

El análisis estadístico de tiempos en procesos de servicio requiere la aplicación de medidas descriptivas y pruebas inferenciales. Rojas & Trujillo (2023) establecen que debe incluir, lo expuesto en la tabla 6:

**Tabla 6.***Elementos del análisis estadístico descriptivo*

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
Medidas de	Media aritmética: Tiempo promedio por tipo de prueba
tendencia	Mediana: Valor central que divide la distribución en dos partes iguales
central	Moda: Tiempo más frecuente observado

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
Medidas de dispersión	Desviación estándar: Variabilidad absoluta de los tiempos
	Coefficiente de variación: Variabilidad relativa para comparar procesos
	Rango intercuartílico: Dispersión de valores centrales
Análisis de distribución	Pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk)
	Análisis de varianza (ANOVA) entre tipos de vehículos

*Nota.* Adaptado de Rojas & Trujillo (2023)

### **Protocolo de Toma de Tiempos**

La tabla 7 presenta la estructura del protocolo de toma de tiempos utilizado en el estudio, detallando los pasos para la ejecución del cronometraje, las variables temporales consideradas y los criterios de validación aplicados; el protocolo se implementa con el propósito de estandarizar la medición de los tiempos operativos, garantizar consistencia en la recolección de datos y asegurar la validez estadística de los resultados obtenidos bajo condiciones normales de operación.

#### **Tabla 7.**

##### *Protocolo de toma de tiempos*

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
Pasos para la ejecución del cronometraje	Identificación de puntos de medición por etapa del proceso
	Definición de eventos de inicio y fin para cada actividad
	Establecimiento de códigos para registro sistemático
	Variables temporales a medir:
	Tiempo de ejecución de cada prueba técnica
	Tiempo de traslado entre estaciones
	Tiempo de espera por disponibilidad de recursos
Tiempo de documentación y registro	
Criterios de validación	Mínimo 40 observaciones por tipo de vehículo
	Condiciones normales de operación
	Eliminación de observaciones atípicas

## Indicadores de Desempeño en CRTV

Los indicadores de rendimiento son instrumentos esenciales para evaluar la eficiencia, calidad y efectividad de los procesos operativos en CRTV (Huacca Mamani, 2024). Los más relevantes se muestran en la tabla 8:

**Tabla 8.**

*Etapa de metodología DMAIC*

<b>Clasificación</b>	<b>Indicador</b>
Indicadores de eficiencia	Tiempo medio de revisión por vehículo
	Capacidad de procesamiento (vehículos/hora)
	Porcentaje de utilización de equipos
Indicadores de calidad	Tasa de aprobación en primera inspección
	Precisión en identificación de fallas
	Cumplimiento de parámetros normativos
Indicadores de satisfacción	Tiempo de espera promedio
	Nivel de satisfacción del usuario
	Número de quejas o reclamos

*Nota.* Adaptado de (Huacca Mamani, 2024)

## METODOLOGÍA

En este apartado se detallan la metodología utilizada para abordar y solucionar el problema identificado en la investigación, partiendo de describir el tipo enfoque y diseño de la investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el protocolo específico de toma de tiempos, la metodología de análisis estadístico, las variables del diagrama de Ishikawa, el diagrama de procesos metodológicos, las fases de investigación, y la población y muestra.

### **Tipo de Investigación**

La presente investigación es de tipo descriptiva, ya que busca caracterizar y detallar sistemáticamente el proceso técnico operativo del centro de revisión técnica vehicular de Cayambe tal como se presenta en la realidad. Este tipo de investigación permite identificar, describir y analizar las características componentes y funcionamiento del proceso de revisión técnica vehicular, sin manipular variables o alterar las condiciones naturales del fenómeno estudiado.

### **Enfoque y diseño**

El estudio adopta un enfoque cuantitativo, basado en la recolección y análisis de datos numéricos que permiten medir y cuantificar las variables dentro del proceso técnico operativo. Dicho enfoque se fundamenta en la medición precisa de los tiempos de revisión, el conteo de los vehículos atendidos. El análisis de los datos operativos, y una evaluación del cumplimiento de los parámetros normativos. El diseño de investigación es de campo, dado que la recolección de datos se centra directamente en el lugar donde ocurre el fenómeno estudiado, es decir, en el centro de revisión técnica vehicular de Cayambe, lo que permite observar y registrar el proceso en su ambiente natural sin intervención o manipulación de las condiciones operativas existentes.

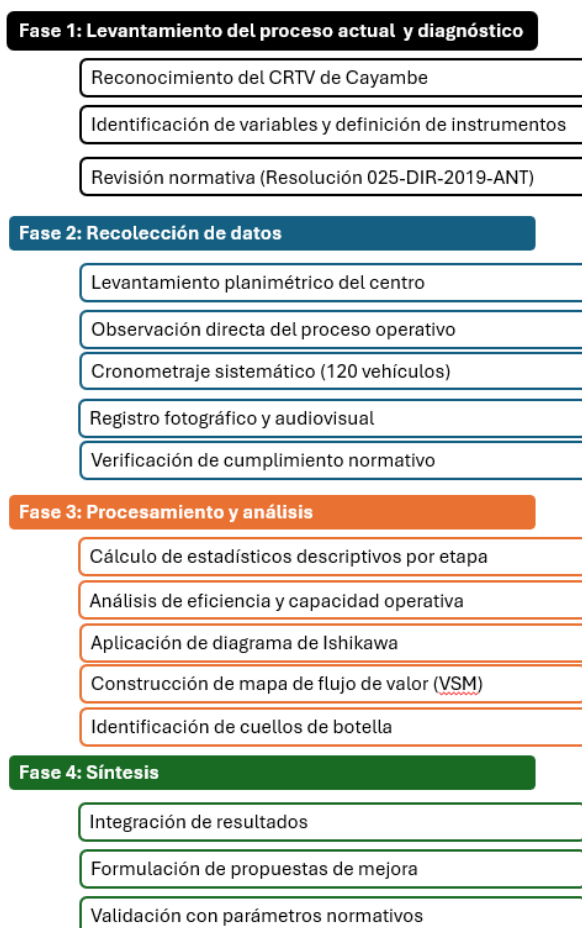
### **Fases de la investigación**

La investigación se ejecutó en cuatro fases secuenciales que aseguran el cumplimiento sistemático de los objetivos planteados. La primera fase de diagnóstico incluyó el reconocimiento inicial del terreno, la revisión de documentación normativa y la identificación de los elementos del proceso técnico operativo. La segunda fase de recolección de datos comprendió la observación

directa del proceso, la medición de tiempo por tipo de vehículo y prueba técnica, el conteo de vehículos atendidos y la elaboración del levantamiento planimétrico del centro. La tercera fase del procesamiento y análisis incluyó la determinación de los promedios de los tiempos de trabajo por las fases de la revisión técnica, la identificación de los cuellos de botella, la evaluación del cumplimiento normativo y la aplicación de herramientas de análisis para el diagrama de Ishikawa y el mapa de flujo de calor. La cuarta fase de síntesis se centró en la integración de resultados y la formulación de propuestas de mejora basada en los hallazgos del análisis técnico operativo. En la figura 1 se muestra el flujo metodológico general de la investigación.

### **Figura 3**

#### *Flujo metodológico general*



## Levantamiento del proceso actual y diagnóstico

### Reconocimiento del CRTV de Cayambe

#### Descripción del área de estudio

El presente proyecto de investigación se desarrolló en la Empresa Pública Municipal de Movilidad Cayambe (EPMMC), localizada en la ciudad de Cayambe, provincia de Pichincha, Ecuador. La institución se encuentra situada en la intersección de la Avenida Luis Cordero y la calle Nápoles, lo que facilita el acceso para la recolección de datos y la interacción con los actores involucrados en el estudio (Ver figura 4).

#### **Figura 4**

##### *Ubicación geográfica*



**Nota.** Fotografía satelital geográfica de la República del Ecuador con la ubicación de la Empresa Pública Municipal de Movilidad Cayambe (Google Maps, 2024).

La Empresa Pública Municipal de Movilidad Cayambe (EPMMC), (ver figuras 5 y 6), es una empresa responsable, eficaz, dedicada a la seguridad, calidad, agilidad y accesibilidad para los ciudadanos, a través de una administración integral del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, respaldada por un equipo humano dedicado a optimizar los recursos humanos, financieros y materiales (EPMMC, 2024).

**Figura 5**

*Vista de la Empresa Pública Municipal de Movilidad Cayambe (EPMMC)*



**Figura 6**

*Vista de las secciones de la revision tecnica vehicular*



## **Identificación de variables y definición de instrumentos**

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de información se emplearon diversas técnicas de investigación, cada una con su instrumento específico correspondiente. La observación directa se aplicó como técnica

principal para el registro sistemático del proceso técnico operativo, utilizando como instrumento fichas de observación estructuradas que documentaron cada etapa de la revisión técnica vehicular, el comportamiento del personal y el flujo de vehículos.

La técnica de cronometraje (Ver figura 7) se implementó para la medición precisa de los tiempos operativos, empleando como instrumento hojas de registro de tiempo que capturan la duración de cada prueba técnica y los desplazamientos entre estaciones, diferenciando por tipo de vehículos.

### **Figura 7**

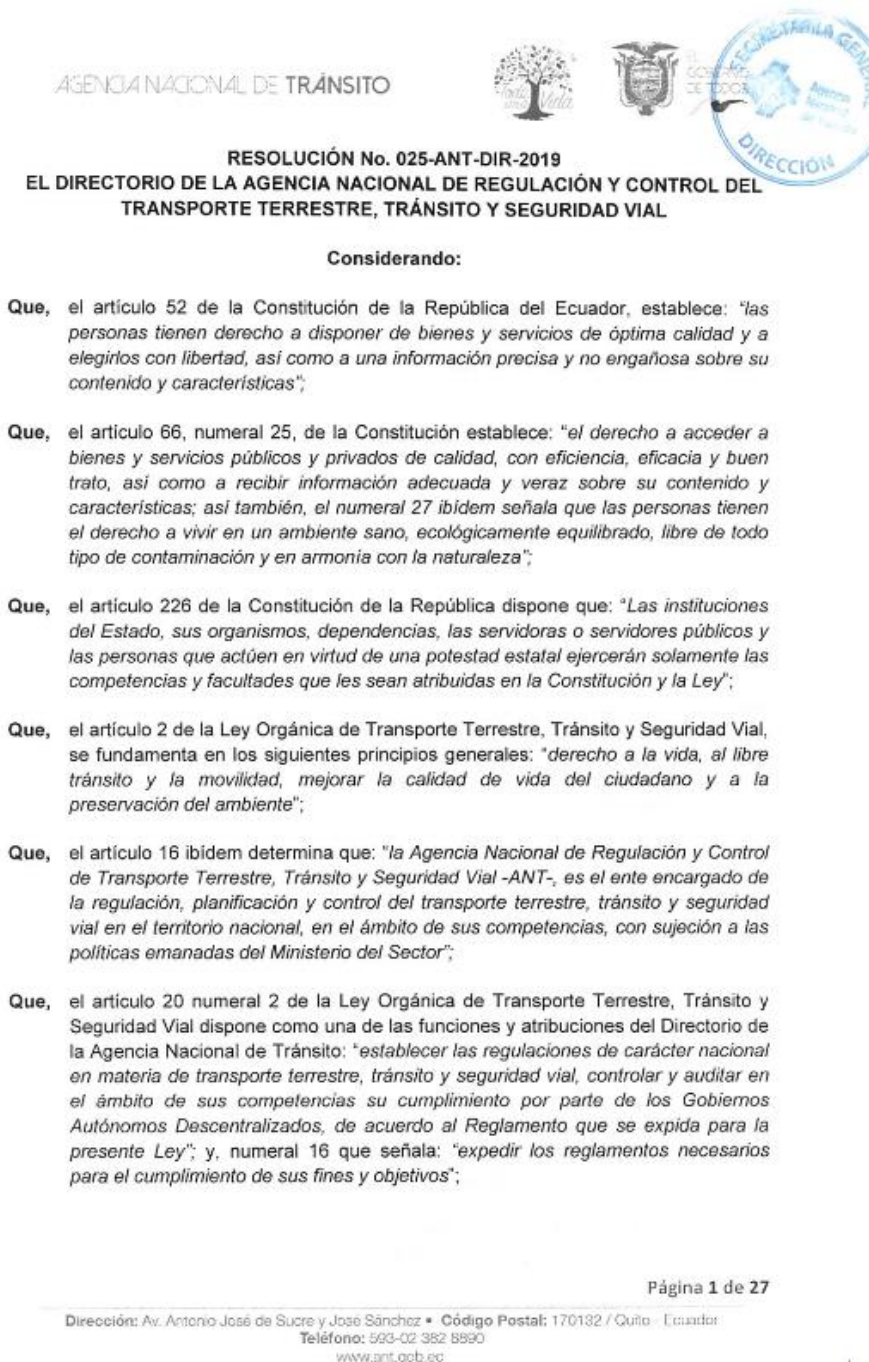
*Aplicación de cronómetro en telefono celular usada para la tecnica de cronometraje*



El análisis de documental se utilizó como técnica para examinar la normativa vigente y contratar el cumplimiento de procedimiento aplicando como instrumento matrices de verificación normativa basada en la resolución No. 025-DIR-2019-ANT (ver figura 8), específicamente en los artículos 29, 40, 54, 55 y 56 que regulan la infraestructura, equipamiento y procedimientos de los CRTV.

**Figura 8**

*Página inicial de la resolución No. 025-DIR-2019-ANT*



La técnica de levantamiento planimétrico se ejecutó para caracterizar la distribución espacial del centro, utilizando como instrumentos cintas métricas y el software SketchUp pro 2022

(ver figura 9) para generar planos técnicos precisos. Finalmente, se aplicó la técnica de registro fotográfico y audiovisual como complemento documental, empleando la cámara digital de un teléfono celular para capturar evidencia visual del proceso operativo.

### **Figura 9**

*Entorno del software de modelado 3D SketchUp Pro 2022*

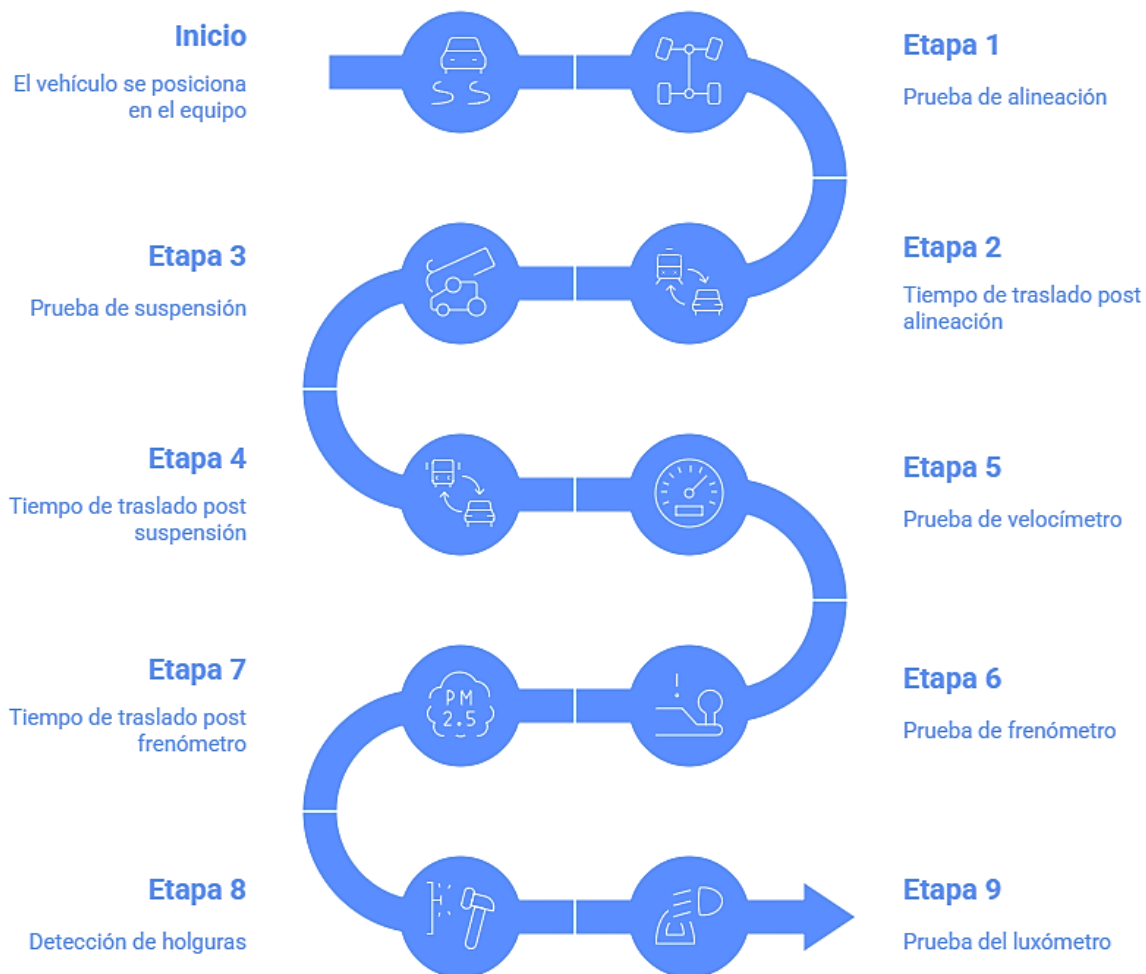


### **Protocolo de toma de tiempos**

La toma de tiempo se realizó siguiendo un protocolo estructurado que garantizó la precisión y confiabilidad de los datos recolectados, Como se señaló en el estado de arte Se realizó primero la identificación de los puntos medición estableciéndose 13 etapas principales del proceso de revisión técnica vehicular (prueba de alineación, tiempo de traslado post alineación, prueba de suspensión, tiempo de traslado post suspensión, prueba de velocímetro, prueba de frenómetro, tiempo de traslado post frenómetro, detección de holguras, prueba el luxómetro, traslado posterior a las pruebas de holguras y de luxómetro, prueba de gasómetro/opacímetro), prueba de ruido, emisión de informe). Para cada etapa Se establecieron criterios específicos de inicio y de fin, siendo el inicio el momento en que el vehículo se posiciona en el equipo o estación correspondiente, y el fin es el momento en que se completa la prueba y el sistema registre el resultado o inicia el desplazamiento (ver figura 10).

**Figura 10**

*Protocolo de toma de tiempos para la revisión técnica vehicular*



Se utilizó una tabla de registro como instrumento de recopilación de datos que contenía las siguientes columnas: número consecutivo, marca del vehículo, tipo de vehículo (liviano, taxi y pesado), tiempo en segundos para cada una de las 13 etapas, estado final (aprobado, condicionado y rechazado), motivo de no aprobación, tiempo total en segundos.

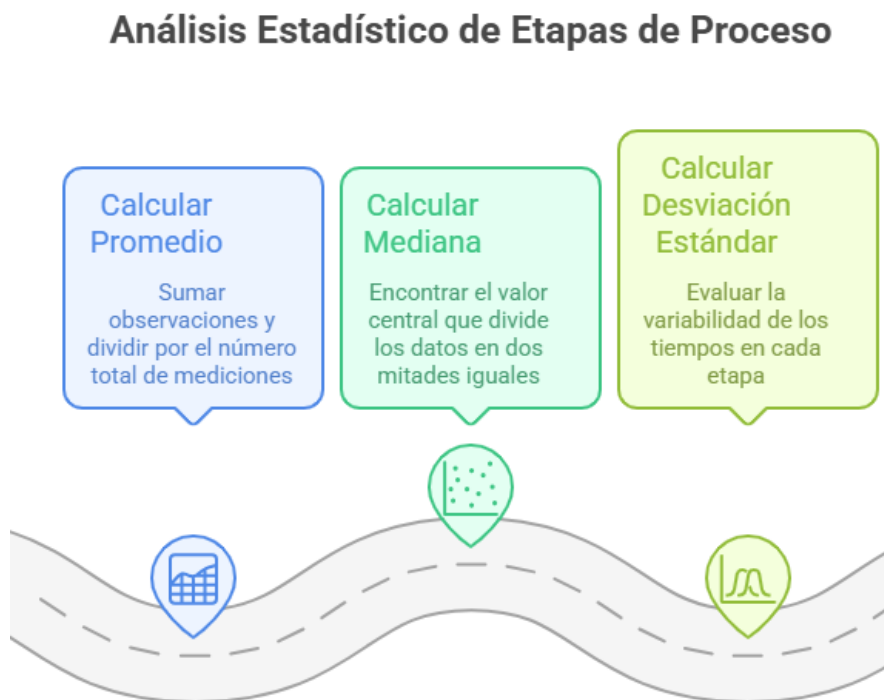
Para lograr las condiciones de medición, se trabajó bajo parámetros normales del CRTV, en una jornada laboral estándar de 8 horas, con el personal técnico regular sin intervenciones externas y con los equipos en funcionamiento normal y calibrados.

Se estableció un mínimo de 40 observaciones para cada tipo de vehículos totalizando 120 mediciones para garantizar la representatividad de la muestra, Examinándose los tiempos excesivamente prolongados por fallas técnicas, las interrupciones por mantenimiento de equipos o los casos especiales que requirieron interacción manual extraordinaria, lo que represento un control de calidad, eliminando operaciones atípicas que pudieran distorsionar los resultados.

Para cada una de las dos etapas del proceso y por cada tipo de vehículo se calcularon los siguientes elementos estadísticos efectivos: como medidas de tendencia central, el promedio, calculado como la suma de las observaciones divididas por el número total de mediciones por etapa y tipo de vehículo, y la mediana, que es el valor central que divide los datos en 2 mitades iguales, proporcionando una media de robusta entre valores extremos, así también, se calculó una medida de dispersión que es la desviación estándar, calculada para evaluar la variabilidad de los tiempos en cada etapa indicando la consistencia del proceso (ver figura 11).

**Figura 11**

*Analisis estadístico de etapas de proceso de RTV*



## Indicadores de eficiencia

En la tabla 9 se muestran los indicadores de utilizados

**Tabla 9.**

*Indicadores de eficiencia*

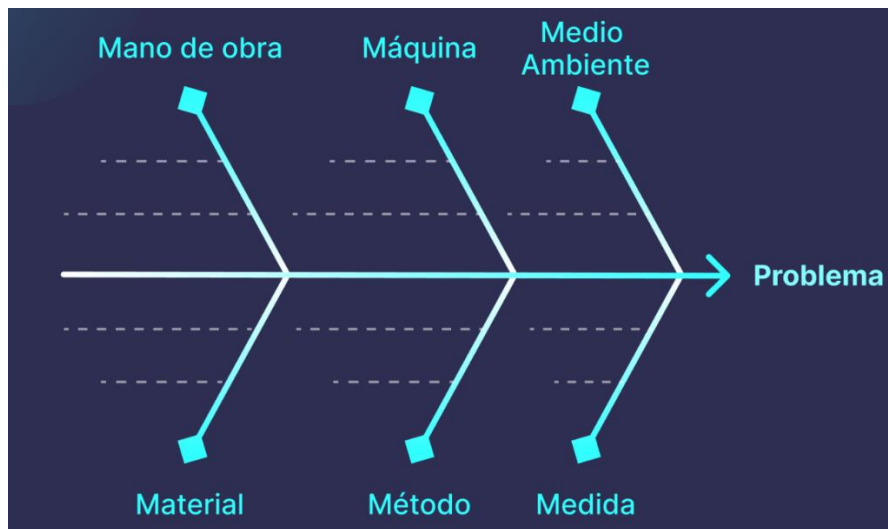
Indicador	Formula
Capacidad de procesamiento	$\text{Vehículos procesados por hora} = \frac{3600}{\text{tiempo de promedio total}}$ $\text{Capacidad diaria teórica} = \text{capacidad por hora} \times 8 \text{ horas laborales}$
Eficiencia del proceso	$\text{Porcentaje de tiempo de valor agregado} = \left( \frac{\text{Suma de tiempos de pruebas}}{\text{tiempo total}} \right) \times 100$ $\text{Porcentaje de tiempo de traslado} = \left( \frac{\text{Suma de tiempos de traslado}}{\text{tiempo total}} \right) \times 100$

## Variables a analizar mediante el diagrama de Ishikawa

En la figura 12 se muestra en esquema de un diagrama de Ishikawa, y en la tabla 10 se presentan las categorías específicas usadas en el análisis de causas ineficiencia dentro del contexto del CRTV:

**Figura 12**

*Diagrama de Ishikawa*



Nota: Tomado de (STEL Order, 2024)

**Tabla 10.***Categorías de análisis del diagrama de Ishikawa*

<b>Indicador</b>	<b>Formula</b>
Método (procedimientos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secuencia de pruebas técnicas.</li> <li>• Estandarización de procesos operativos.</li> <li>• Protocolos para casos especiales.</li> </ul>
Mano de Obra (Personal)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de capacitación.</li> <li>• Rotación del personal.</li> <li>• Tiempo de respuesta del personal técnico.</li> </ul>
Máquina (Equipamiento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibración de los equipos.</li> <li>• Frecuencia de mantenimiento.</li> <li>• Actualidad de los equipos.</li> </ul>
Material (Insumos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de consumibles técnicos.</li> <li>• Suministro energético estable.</li> <li>• Gestión de inventarios de repuestos.</li> </ul>
Medio Ambiente (Infraestructura)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Condiciones de iluminación y ventilación.</li> <li>• Señalización y demarcación.</li> <li>• Espacios de maniobra vehicular.</li> </ul>
Medición (control y monitoreo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores de desempeño operativo</li> <li>• Monitoreo de cumplimiento normativo</li> <li>• Mecanismos de retroalimentación</li> </ul>

**Variables**

En el presente estudio la variable independiente es el proceso técnico operativo del centro de revisión técnica vehicular, que constituye el objeto de análisis principal y comprende todas las actividades, procedimientos, recursos y elementos que intervienen en la prestación del servicio de revisión técnica. La variable dependiente de la eficiencia operativa del centro, medida a través de indicadores como tiempo de atención, capacidad de procesamiento, cumplimiento normativo y optimización del flujo vehicular. La variable dependiente refleja el resultado o efecto del funcionamiento del proceso técnico operativo y constituye el aspecto que se busca mejorar mediante la propuesta que surjan del análisis.

## Operacionalización de las variables

En la tabla 11 se presenta la operacionalización de las variables:

**Tabla 11.**

*Operacionalización de las variables*

Objetivo	Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica e Instrumento
Levantar la información del proceso actual del sistema de revisión técnica vehicular de Cayambe,	Proceso técnico operativo del CRTV	Procedimiento operativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numero de etapas del proceso.</li> <li>• Secuencia de actividades.</li> <li>• Distribución del personal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación directa.</li> <li>• Ficha de observación estructurada.</li> <li>• Registro fotográfico y audiovisual</li> </ul>
		Recurso técnico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de equipos por tipo.</li> <li>• Estado de los equipos.</li> <li>• Capacidad instalada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación directa.</li> <li>• Inventario técnico con lista de verificación.</li> <li>• Registro fotográfico y audiovisual</li> </ul>
Diseñar la implantación del proceso técnico-operativo a través de un plano de vista superior	Proceso técnico operativo del CRTV	Distribución espacial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área total (m<sup>2</sup>).</li> <li>• Distancia entre estaciones.</li> <li>• Layout de los equipos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamiento planimétrico.</li> <li>• Medición directa.</li> <li>• Software Sketch up.</li> <li>• Registro fotográfico y audiovisual</li> </ul>
Elaborar el diagrama de flujo de tráfico interno	Eficiencia operativa	Flujo vehicular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancia recorrida</li> <li>• Tiempo de recorrido interno (segundos).</li> <li>• Número de puntos de detención.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cronometraje.</li> <li>• Hoja de registro de tiempo.</li> </ul>

Objetivo	Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica e Instrumento
Verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa técnica vigente, contrastándolos con el proceso observado	Proceso técnico operativo del CRTV	Parámetros Normativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje cumplimiento (%).</li> <li>• Desviaciones identificadas.</li> <li>• Procedimientos conformes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación directa.</li> <li>• Revisión documental.</li> <li>• Matriz de verificación normativa..</li> </ul>
Analizar las principales causas de ineficiencia mediante la aplicación del diagrama de Ishikawa	Eficiencia operativa	Factores limitantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Causas de los cuellos de botella identificados.</li> <li>• Actividades sin valor agregados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación directa.</li> <li>• Diagrama de Ishikawa.</li> </ul>
Construir un mapa de flujo de valor	Eficiencia operativa	Tiempos operativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo por prueba (segundos).</li> <li>• Tiempo total (segundos).</li> <li>• Tiempos muertos (segundos).</li> <li>• Capacidad (vehículos procesados por hora/día)</li> <li>• Eficiencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cronometraje.</li> <li>• Hoja de registro de tiempo.</li> </ul>

### Población y muestra

La población de estudio estuvo constituida 120 vehículos distribuidos en 40 unidades por cada tipo de automóvil revisado en la prueba técnica (vehículo liviano promedio, vehículo pesado promedio y taxi promedio), que representaron la demanda típica del centro de revisión técnica vehicular de Cayambe durante condiciones normales de operación.

La población se determinó considerando la capacidad operativa del centro durante una jornada laboral de 8 horas efectivas y un tiempo promedio preliminar de atención de 12 minutos por vehículo, lo que resultó en una capacidad teórica preliminar de 40 vehículos por jornada. La distribución por tipos permitió analizar las particularidades de cada categoría vehicular y sus requerimientos específicos de revisión técnica.

Dado que se trabajó con la totalidad de la población identificada no se aplicó técnica de muestreo sino que se realizó un censo completo de los 120 vehículos distribuidos equitativamente en las 3 categorías de prueba establecidas (40 vehículos livianos, 40 vehículos pesados y 40 taxis).

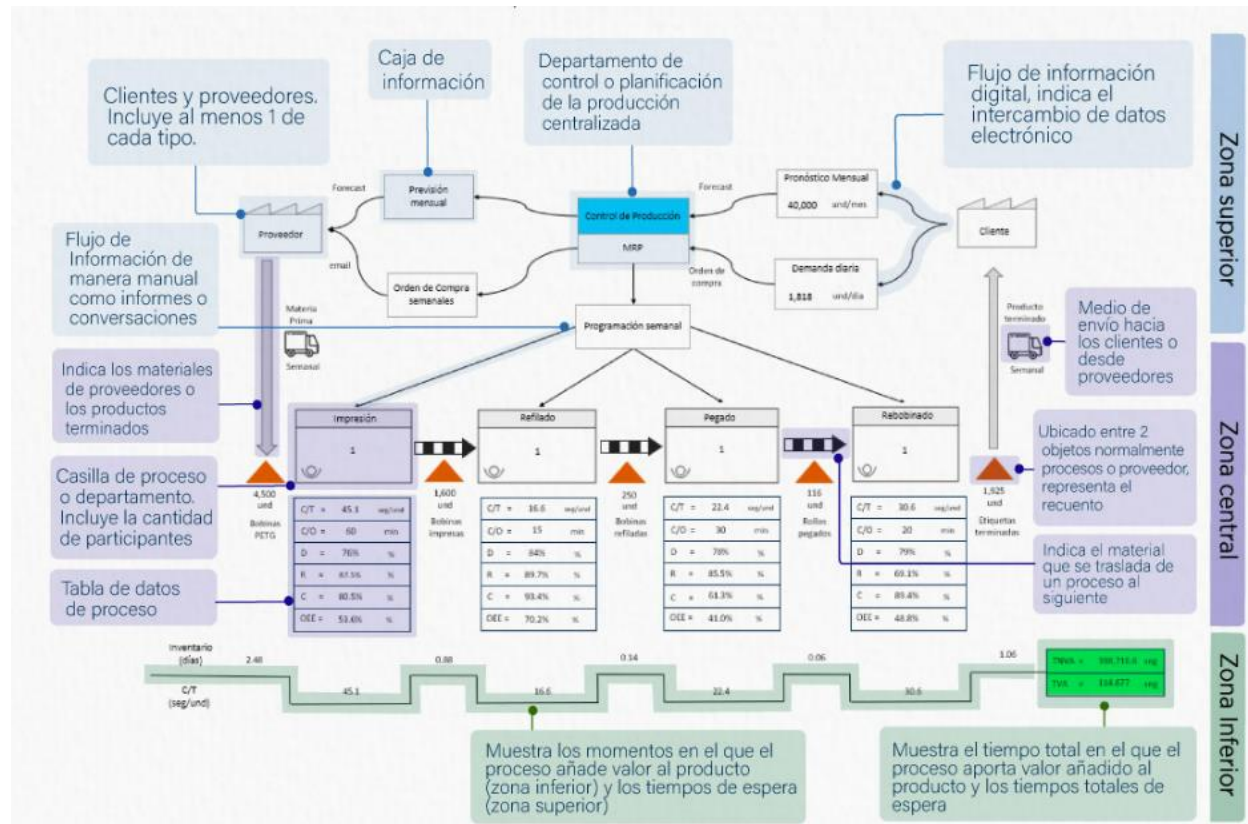
### **Mapa de flujo de valor**

La construcción del mapa de flujo de valor se realizó representando de manera secuencial todas las actividades que sigue un vehículo desde la prueba de alineación hasta la emisión del informe final, incorporando los tiempos medidos en cada estación, los desplazamientos entre equipos y los tiempos de espera. El levantamiento permitió identificar los tiempos de valor agregado y los tiempos sin valor agregado del proceso, mostrando cómo cada etapa contribuye al tiempo total de revisión técnica y permitiendo visualizar el comportamiento real del flujo operativo en función de los resultados observados durante el cronometraje.

La gráfica del mapa de flujo de valor se elaboró empleando los iconos estándar del VSM para mostrar cada estación del proceso junto con su tiempo promedio, su porcentaje de valor agregado y los tiempos de traslado que conectan a diferentes pruebas. En la figura 13 se aprecia como se completa el mapa utilizando los datos obtenidos en el proyecto indicando de forma visual el recorrido del vehículo, la secuencia de actividades y la acumulaciones de tiempo que influyen en el lead time total, lo que facilita comprender la dinámica operativa del CRTV en una sola de representación

**Figura 13**

*Construcción del Mapa de flujo de valor del proceso CRTV*



Nota: Tomado de (Adn Lean Bussines School, 2024)

La identificación de cuello de botellas se efectuó comparando los tiempos de ciclo de cada prueba, la variabilidad registrada en las mediciones y la acumulación de vehículos en espera, lo que permitió reconocer como puntos críticos a las estaciones de suspensión y emisiones debido a sus tiempos elevados y a la mayor congestión generada. El análisis combinó la lectura visual del VSM con el cálculo de la utilización de los equipos y la comparación entre la capacidad de servicio y la demanda observada, evidenciando las áreas de donde el flujo se ralentiza y donde se originan los principales retrasos del proceso.

## Revisión de la normativa

La tabla 12 muestra el formato de verificación usado para evaluar el cumplimiento normativo.

**Tabla 12.**

*Verificación del cumplimiento de la normativa en el proceso actual*

Artículo/Norma	Parámetro Normativo	Especificación Técnica	Situación Observada CRTV Cayambe	Cumplimiento	% Cumplimiento	Observaciones/Desviaciones
Art. 15	Autorización y certificación oficial					
Art. 16	Función de verificación integral					
Art. 29	Altura mínima estructura					
Art. 29	Ancho línea de revisión					
Art. 29	Largo línea de revisión					
Art. 29	Profundidad fosa inspección					
Art. 29	Ventilación e iluminación fosa					
Art. 29	Señalización					
Art. 29	Servicios básicos					
Art. 29	Zonas administrativas					
Art. 40 / INEN 2349	Equipos de alineación					
Art. 40 / INEN 2349	Equipos de suspensión					
Art. 40 / INEN 2349	Equipos de frenado					
Art. 40 / INEN 2349	Sistema de pesaje					
Art. 40 / INEN 2349	Medición neumáticos					
Art. 40 / INEN 2349	Análisis lumínico					
Art. 40 / INEN 2349	Detección holguras					
Art. 40 / INEN 2349	Medición gases					
Art. 40 / INEN 2349	Medición ruido					
Art. 41	Terminal computarizada					
Art. 42	Confidencialidad resultados					
Art. 54	Automatización proceso					
Art. 55	Registro electrónico					
Art. 56	Confidencialidad total					
Art. 57	Alcance revisión integral					
Operación	Horario funcionamiento					
Operación	Personal técnico					
Mantenimiento	Programa mantenimiento preventivo					

## **RESULTADOS**

### **Información del proceso actual del sistema de revisión técnica vehicular de Cayambe**


#### **Descripción del flujo operativo actual (revisión técnica desde la alineación en adelante)**



El proceso de revisión técnica vehicular en el CRTV de Cayambe inicia formalmente con la prueba de alineación, luego de que el vehículo ha sido registrado en el sistema y ha ingresado a la línea de inspección. A continuación, se describen las etapas operativas en la tabla 13:

**Tabla 13.**

*Descripción de flujo operativo actual en la revisión técnica vehicular*

Sección	Prueba	Descripción	Aparato o método de Medición	Imagen referencial
valuaciones mecánicas iniciales	Prueba 01 de alineación	Se verifica la alineación de las ruedas delanteras y traseras para evitar desgaste prematuro de llantas y pérdida de control	Plataforma de alienación con sensores	 

Sección	Prueba	Descripción	Aparato o método de Medición	Imagen referencial
Prueba 02 de suspensión	Se mide la respuesta de los amortiguadores mediante una plataforma vibratoria que identifica irregularidades en la estabilidad del vehículo.	Plataforma vibratoria para prueba de amortiguadores		
				

Sección	Prueba	Descripción	Aparato o método de Medición	Imagen referencial
	Prueba 03 de Velocidad (solo taxis)	Se evalúa la precisión del velocímetro de vehículo para verificar que marque correctamente la velocidad de desplazamiento	Velocímetro	 

**Resultados velocímetro**

**Velocidades en km/h**

	Velocidad nominal	Velocidad medida	Diferencia
1.	10 km/h	8.8 km/h	12 %
2.	20 km/h	18.1 km/h	9 %
3.	30 km/h	33.4 km/h	10 %
4.	40 km/h	42.5 km/h	6 %
5.	50 km/h	---.--- km/h	----- %
6.	60 km/h	---.--- km/h	----- %
7.	70 km/h	---.--- km/h	----- %
8.	80 km/h	---.--- km/h	----- %
9.	90 km/h	---.--- km/h	----- %
10.	100 km/h	---.--- km/h	----- %

Sección	Prueba	Descripción	Aparato o método de Medición	Imagen referencial
Prueba 04 de frenos	Se evalúa el equilibrio de frenado entre ejes, y se determina si el vehículo tiene capacidad de frenado segura según los parámetros establecidos.	Frenómetro de rodillos		
				

Evaluación  
visual y  
mecánica



Prueba 05  
de  
Holguras

Se identifican  
desgastes en  
rótulas, bujes, y  
elementos del tren  
delantero y trasero  
mediante  
plataformas  
mecánicas e  
inspección visual

Inspección  
visual



Sección	Prueba	Descripción	Aparato o método de Medición	Imagen referencial																																																							
Prueba 06 de Luces	Se analiza la intensidad y dirección de las luces delanteras, asegurando visibilidad nocturna y evitando deslumbramiento a otros conductores	Luxómetro con pantalla de medición																																																									
				 <table border="1"> <caption>Resumen Valores de Luces</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Hotspot X</th> <th>Hotspot Y</th> <th>Intensidad</th> <th>Int. Hotspot</th> <th>Ang. Incl.</th> <th>Ang. Giro</th> <th>Pto. Quiab. X</th> <th>Pto. Quiab. Y</th> <th>Intensidad</th> <th>Encandilam.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Luz Alta Izquierda</td> <td>2,5%</td> <td>- 5,9 %</td> <td>1,9 Lux</td> <td>3,5 Lux</td> <td>-</td> <td>999,9 °</td> <td>999,9 %</td> <td>999,9 %</td> <td>3,7 Lux</td> <td>1,7 Lux</td> </tr> <tr> <td>Luz Alta Derecha</td> <td>2,5 %</td> <td>- 5,9 %</td> <td>1,9 Lux</td> <td>3,6 Lux</td> <td>-</td> <td>999,9 °</td> <td>999,9 %</td> <td>999,9 %</td> <td>3,7 Lux</td> <td>1,7 Lux</td> </tr> <tr> <td>Luz Baja Izquierda</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>- 3,8 %</td> <td>68,7 °</td> <td>999,9 %</td> <td>999,9 %</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Luz Baja Derecha</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>- 3,5 %</td> <td>68,7 °</td> <td>999,9 %</td> <td>999,9 %</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Hotspot X	Hotspot Y	Intensidad	Int. Hotspot	Ang. Incl.	Ang. Giro	Pto. Quiab. X	Pto. Quiab. Y	Intensidad	Encandilam.	Luz Alta Izquierda	2,5%	- 5,9 %	1,9 Lux	3,5 Lux	-	999,9 °	999,9 %	999,9 %	3,7 Lux	1,7 Lux	Luz Alta Derecha	2,5 %	- 5,9 %	1,9 Lux	3,6 Lux	-	999,9 °	999,9 %	999,9 %	3,7 Lux	1,7 Lux	Luz Baja Izquierda	-	-	-	-	- 3,8 %	68,7 °	999,9 %	999,9 %	-	-	Luz Baja Derecha	-	-	-	-	- 3,5 %	68,7 °	999,9 %	999,9 %	-	-
Categoría	Hotspot X	Hotspot Y	Intensidad	Int. Hotspot	Ang. Incl.	Ang. Giro	Pto. Quiab. X	Pto. Quiab. Y	Intensidad	Encandilam.																																																	
Luz Alta Izquierda	2,5%	- 5,9 %	1,9 Lux	3,5 Lux	-	999,9 °	999,9 %	999,9 %	3,7 Lux	1,7 Lux																																																	
Luz Alta Derecha	2,5 %	- 5,9 %	1,9 Lux	3,6 Lux	-	999,9 °	999,9 %	999,9 %	3,7 Lux	1,7 Lux																																																	
Luz Baja Izquierda	-	-	-	-	- 3,8 %	68,7 °	999,9 %	999,9 %	-	-																																																	
Luz Baja Derecha	-	-	-	-	- 3,5 %	68,7 °	999,9 %	999,9 %	-	-																																																	

Sección	Prueba	Descripción	Aparato o método de Medición	Imagen referencial
Control ambiental y sonoro	Prueba 07 de detección de gases	Se evalúa el nivel de emisiones contaminantes como CO y NO <sub>x</sub> . El vehículo debe cumplir los límites establecidos por la normativa vigente	Gasómetro (vehículo que utiliza gasolina) Opacímetro (vehículo a Diesel)	 

Prueba 08  
de Ruido

Se mide el nivel de ruido generado por el motor y el sistema de escape, verificando que no supere los límites permitidos por la normativa ambiental

Sonómetro  
calibrado



Mediciones Ruidos		
Valor 1	70,2	[dB A]
Valor 2	70,2	[dB A]
Valor 3	70,2	[dB A]

Sección	Prueba	Descripción	Aparato o método de Medición	Imagen referencial
Diagnóstico final	Emisión de Informe	El sistema computarizado emite un dictamen (Aprobado, Condicional o Rechazado). Si el resultado es Condicional, el propietario debe corregir las fallas y regresar en un plazo determinado. Si es Rechazado, debe realizarse una nueva revisión completa	Software de revisión técnica vehicular integrado	

El CRTV de Cayambe dispone de todos los equipos técnicos requeridos por la norma NTE INEN 2349, que trata sobre los procedimientos de revisión técnica vehicular, contando con una unidad de cada tipo de aparato necesario para el proceso de revisión vehicular, así como una terminal específica para el registro de inspección visual por detención de holguras.

El estado actual de los equipos es operativo y se encuentran debidamente calibrados, sin embargo, no se ha implementado un programa de mantenimiento preventivo estructurado. La vida útil de los equipos ha alcanzado aproximadamente su punto medio, lo que indica la necesidad de considerar futuras renovaciones tecnológicas para mantener la eficiencia operativa del centro.

El centro opera como una sola línea de revisión que funciona en horario de 08h00 a las 17h00, de lunes a viernes totalizando un total de 40 horas semanales de operación. El equipo humano está conformado por siete (7) funcionarios distribuidos en diferentes roles: dos (2) analistas encargados de las pruebas de matrículas, un (1) supervisor responsable del proceso general y cuatro (4) conductores auxiliares que apoyan las actividades en la línea de revisión, trabajando de forma rotativa.

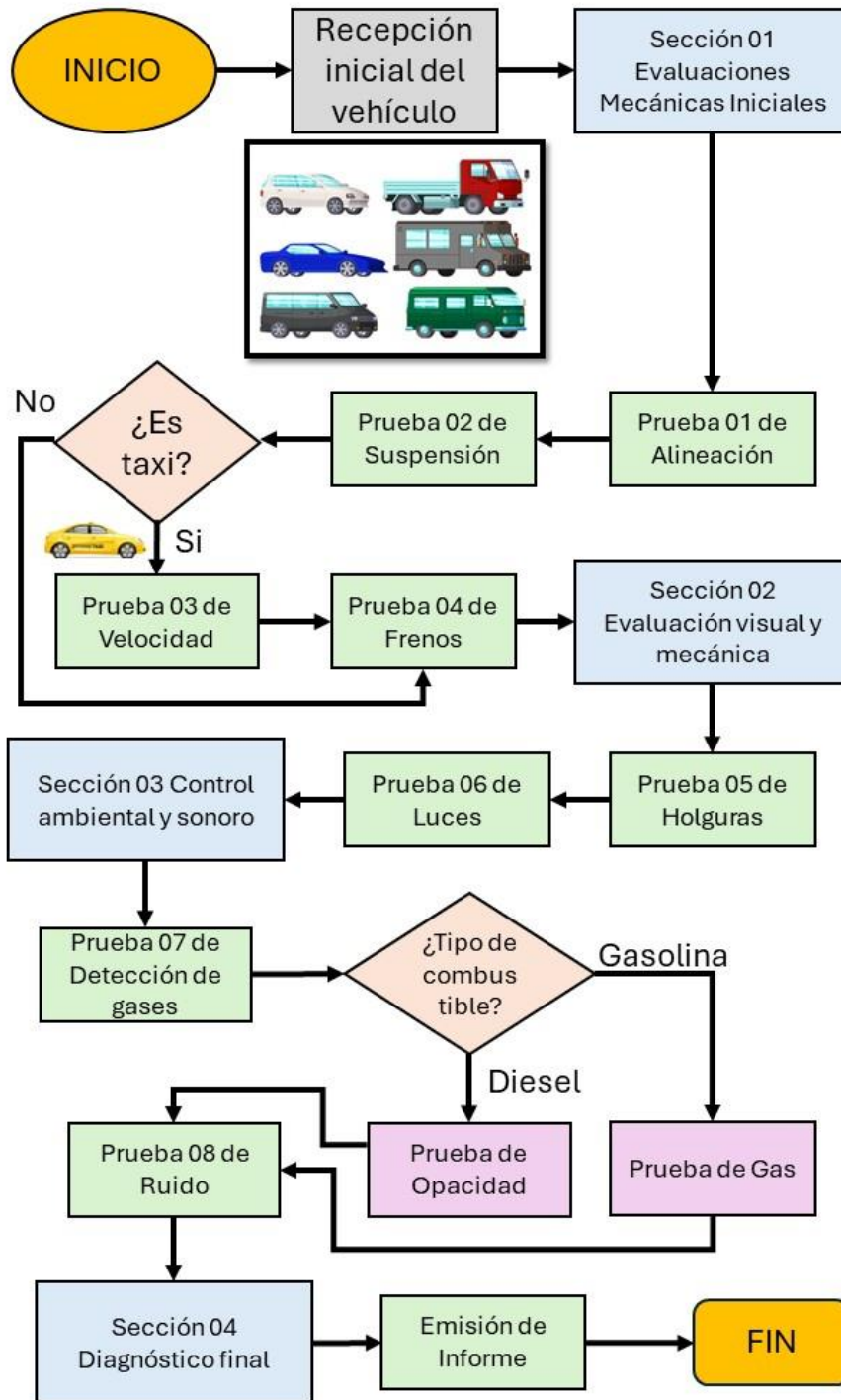
El centro implementa el software oficial proporcionado por la ANT para el procesamiento y registro de los resultados. La mayoría de los equipos transmite automáticamente sus resultados al sistema central de registro digital, cumpliendo con los requerimientos de automatización establecidos en la norma vigente. La sección corresponde al procedimiento de detección de holgura que requiere inspección visual por parte del técnico y posterior ingreso manual de resultados a través de la terminal computarizada designada para este fin.

### **Diseño de la implantación del proceso técnico-operativo**

La figura 12 complementa la tabla 13 a señalar las bifurcaciones que puede presentar el proceso, de acuerdo al tipo de vehículo, observándose que solo en el caso del vehículo tipo taxi se aplica la prueba del velocímetro, y que dependiendo de la fuente de combustible (Diesel o gasolina) el aparato para la prueba de emisión de gases cambia.

**Figura 14**

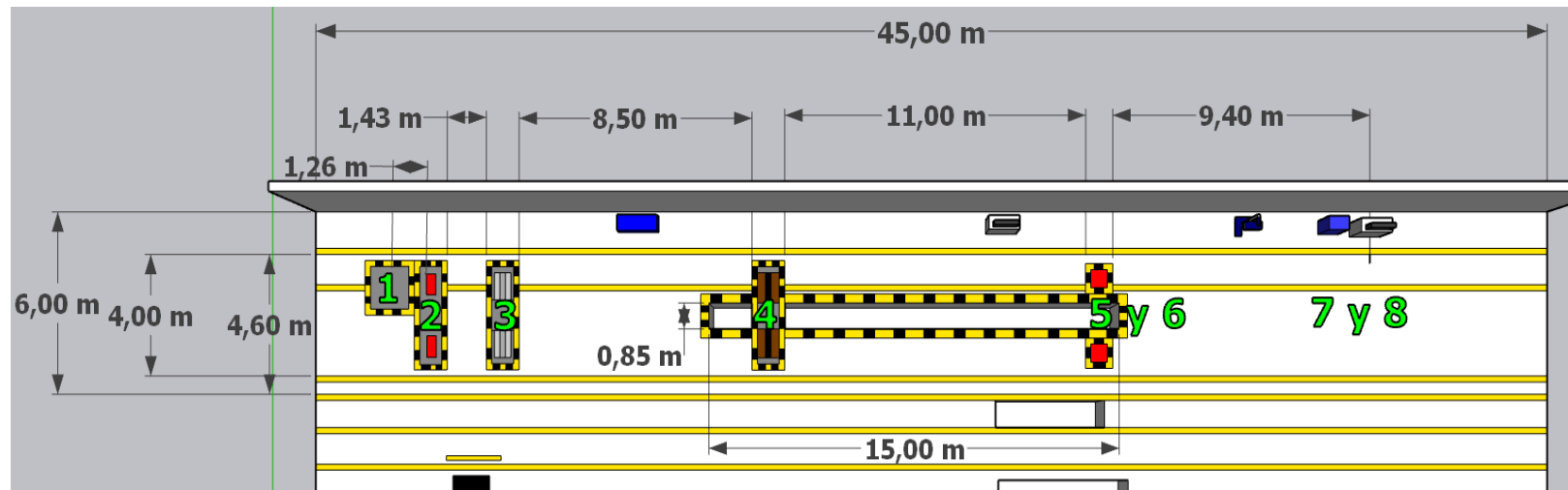
*Diagrama de flujo del proceso de revisión técnica actual*



En la figura 13, se aprecia el plano de planta de la zona de trabajo del CRTV, donde se especifican las distancias entre las pruebas, la longitud total de la zona de revisión (45 metros), el ancho total de trabajo (6 metros), el ancho de la zona de vehículos livianos (4 metros), el ancho de la zona para vehículos pesados (4,6 metros), el largo de la fosa de inspección (15 metros), el ancho de la misma fosa (0,85 metros), y además las distancias entre las diferentes pruebas, donde entre la prueba 1 y la prueba 2 se tienen 1,26 metros, entre la prueba 2 y la 3 existen 1,43 metros, entre la prueba 3 y la 4, se presentan 8,5 metros, entre la 4 y la 5, 11 metros, como la prueba 6 se realiza en el mismo lugar que la prueba 5 (pues solo se moviliza el luxómetro), no existe distancia entre ellas, entre la prueba 6 y la 7, se tienen unos 9,4 metros, y entre la prueba 7 y 8 no se tiene distancia, puesto que luego de posicionarse el auto para la prueba de detección de gases, en el mismo sitio se mide con el sonómetro, el área de trabajo total es de 270 metros.

### Figura 15

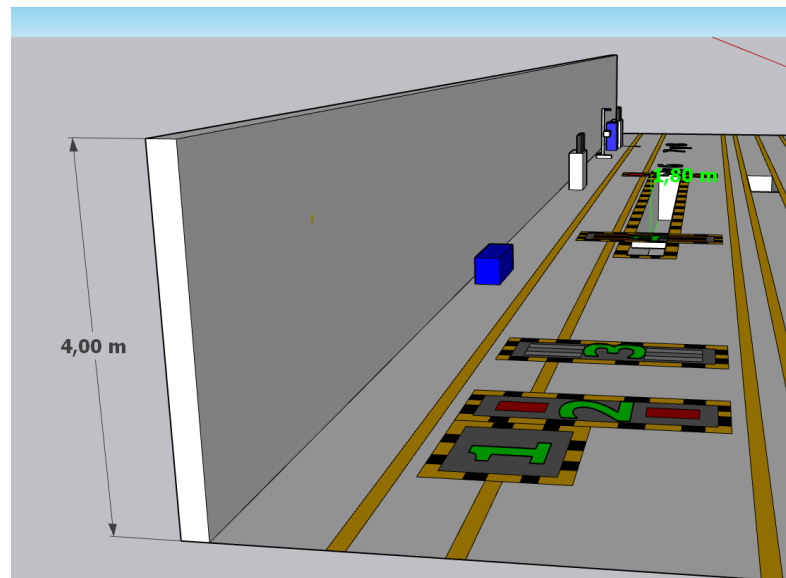
Plano de planta de la zona de revisión técnica actual del CRTV



La figura 14 en cambio, se muestran las alturas de la estructura y de la fosa, 4 metros y 1,8 metros respectivamente, así como la disposición de algunos de los equipos de medición como el luxómetro, el sonómetro, el gasómetro y el opacímetro, y los sensores de las pruebas de alineación, suspensión, velocidad y frenado.

### **Figura 16**

*Vista de la zona de revisión técnica actual del CRTV*



### **Diagrama de flujo de tráfico interno para la visualización del desplazamiento de los vehículos dentro del patio de revisión técnica.**

El análisis del flujo vehicular interno comenzó con la evaluación de 40 vehículos livianos, los cuales presentaron un tiempo total promedio de 610,36 segundos (aproximadamente 10,17 minutos), con una mediana de 594 segundos y una desviación estándar de 46,99 segundos, lo que indica una variabilidad moderada en los tiempos de procesamiento.

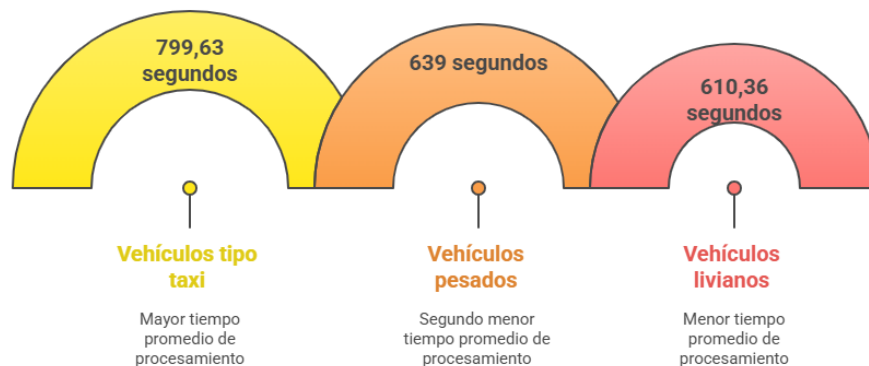
La variabilidad se atribuye principalmente a las diferencias en los tiempos de las pruebas de suspensión y gasómetro/opacímetro que mostraron las mayores desviaciones estándar con 22,60 y 22,11 segundos respectivamente. Los vehículos livianos no requieren la prueba de velocímetro, lo que simplifica su proceso de revisión técnica. En la tabla 14 se muestran los datos recopilados para los vehículos livianos

Posteriormente se evaluaron 40 vehículos tipo taxi, estos registraron el mayor tiempo promedio de procesamiento con 799,63 segundos (13,33 minutos) superando a los otros tipos vehiculares. La mediana de 788,5 segundos y la desviación estándar de 85,13 segundos evidencian una mayor variabilidad en los procesos, particularmente en las pruebas de velocímetro y frenómetro, donde se observaron desviaciones estándar de 30,08 y 29,35 segundos respectivamente (ver figura 15). La diferencia se explica por la inclusión obligatoria de la prueba de velocímetro para taxis que no aplica para vehículos livianos convencionales, añadiendo una estación adicional al proceso de remisión. Los datos recopilados para vehículos tipo taxi se presentan en la tabla 15.

Finalmente, los 40 vehículos pesados evaluados mostraron el segundo menor tiempo promedio de procesamiento con 639 segundos (10,65 minutos) con una mediana de 631,5 segundos y una desviación estándar del 46,79 segundos, y sus datos están en la tabla 16.

### **Figura 17**

*Tiempo promedio de procesamiento de vehículos*



**Tabla 14.***Datos de vehiculos livianos*

N <sup>o</sup>	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 1	Prueba 02	Traslado 2	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 3	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 4	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
1	Toyota	Liviano	6	4	100	7	No	93	9	60	47	8	170	17	55	Sí		576
2	Hyundai	Liviano	5	3	110	8	No	90	7	50	55	9	230	15	56	Sí		638
3	Chevrolet	Liviano	7	4	108	7	No	95	8	55	50	8	165	14	58	Sí		579
4	Nissan	Liviano	5	3	110	6	No	100	8	55	53	7	180	13	54	Sí		594
5	Ford	Liviano	6	3	110	7	No	90	7	55	53	8	165	14	72	No	Frenómetro fuera de rango	590
6	Kia	Liviano	8	4	107	8	No	92	7	60	50	9	157	14	60	Sí		576
7	Byd	Liviano	8	4	95	8	No	105	9	80	57	9	142	14	65	No	Holguras fuera de rango	596
8	Shineray	Liviano	5	4	105	7	No	93	8	55	55	8	248	15	55	Sí		658
9	Hyundai	Liviano	6	3	107	8	No	102	8	55	43	2	215	15	57	Sí		621
10	Byd	Liviano	7	4	105	7	No	99	8	55	45	8	118	15	70	No	Gasómetro excede límites	541
11	Kia	Liviano	5	4	106	7	No	89	7	54	52	8	175	17	65	No	Holguras fuera de rango	589
12	Renault	Liviano	6	5	109	7	No	94	9	56	49	8	180	18	60	Sí		601

N <sup>o</sup>	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 1	Prueba 02	Traslado 2	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 3	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 4	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
13	Mazda	Liviano	7	4	110	7	No	91	9	55	51	8	160	17	57	Sí		576
14	Suzuki	Liviano	5	4	107	6	No	88	7	53	48	7	155	18	60	No	Prueba suspensión fuera de rango	558
15	Kia	Liviano	7	4	105	7	No	97	7	65	55	8	170	17	55	Sí		597
16	Byd	Liviano	8	5	106	7	No	103	8	75	52	8	153	15	55	Sí		595
17	Renault	Liviano	7	4	106	7	No	100	7	70	50	8	180	16	65	No	Frenómetro fuera de rango	620
18	Chevrolet	Liviano	6	4	105	8	No	95	9	60	48	9	200	17	57	Sí		618
19	Fiat	Liviano	5	4	108	7	No	89	9	54	49	8	170	16	55	Sí		574
20	Chevrolet	Liviano	6	4	110	8	No	93	7	55	51	9	165	18	65	No	Gasómetro fuera de rango	591
21	Peugeot	Liviano	5	5	106	7	No	90	8	55	50	8	180	17	55	Sí		586
22	Citroën	Liviano	6	3	109	7	No	94	8	56	52	8	175	17	54	Sí		589
23	Land Rover	Liviano	7	4	110	6	No	91	7	55	53	7	190	16	55	Sí		601
24	Jeep	Liviano	5	4	107	7	No	89	7	54	50	8	170	17	60	No	Holguras fuera de rango	578

N.º	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 1	Prueba 02	Traslado 2	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 3	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 4	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
25	Mitsubishi	Liviano	6	4	109	8	No	93	9	55	51	9	180	15	55	Sí		594
26	Suzuki	Liviano	5	4	108	7	No	90	9	55	52	8	165	16	58	Sí		577
27	Ford	Liviano	7	4	110	7	No	94	9	55	52	8	160	19	54	Sí		579
28	Volkswagen	Liviano	6	4	108	6	No	91	8	55	50	7	180	14	57	Sí		586
29	Audi	Liviano	5	5	109	6	No	90	8	54	53	7	175	19	56	Sí		587
30	BMW	Liviano	6	4	110	7	No	93	7	55	51	8	190	16	55	Sí		602
31	Tesla	Liviano	7	4	107	7	No	92	8	54	52	8	170	15	50	Sí		574
32	Kia	Liviano	6	3	105	6	No	94	9	60	52	7	165	17	70	No	Prueba alineación fuera de rango	594
33	Chevrolet	Liviano	7	4	106	7	No	95	7	65	50	8	180	18	58	Sí		605
34	Renault	Liviano	6	4	105	8	No	93	7	60	53	9	200	17	55	Sí		617
35	Mitsubishi	Liviano	6	5	169	7	No	153	8	55	51	8	180	15	55	Sí		712
36	Suzuki	Liviano	5	4	168	7	No	150	9	55	52	8	165	16	58	Sí		697
37	Ford	Liviano	7	4	170	7	No	154	7	55	52	8	160	19	54	Sí		697
38	Volkswagen	Liviano	6	4	168	8	No	151	8	55	50	9	180	14	57	Sí		710
39	Audi	Liviano	5	5	169	8	No	150	8	54	53	9	182	19	56	Sí		718
40	BMW	Liviano	6	4	170	7	No	153	9	55	51	8	190	16	55	Sí		724
	<b>Media</b>		<b>6,10</b>	<b>4,00</b>	<b>116,30</b>	<b>7,10</b>		<b>102,45</b>	<b>7,95</b>	<b>57,35</b>	<b>51,08</b>	<b>7,93</b>	<b>175,88</b>	<b>16,18</b>	<b>58,08</b>			<b>610,38</b>

N°	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 1	Prueba 02	Traslado 2	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 3	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 4	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
		Mediana	6,00	4,00	108,00	7,00		93,50	8,00	55,00	51,00	8,00	175,00	16,00	56,50			594
		Desviación Estándar	0,93	0,55	22,60	0,63		21,38	0,81	5,97	2,62	1,14	22,11	1,62	4,93			46,99

**Tabla 15.**

*Datos de vehiculos Taxis*

N°	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 1	Prueba 02	Traslado 2	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 3	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 4	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
1	Chevrolet	Taxi	5	3	105	6	110	90	6	55	50	9	190	16	60	Sí		705
2	Nissan	Taxi	6	3	100	5	115	93	7	50	53	8	185	16	56	Sí		697
3	Chevrolet	Taxi	6	4	110	5	112	94	5	55	50	8	195	16	54	Sí		714
4	Nissan	Taxi	5	3	107	5	115	92	6	54	53	8	190	17	57	Sí		712
5	Hyundai	Taxi	6	4	109	4	110	93	6	55	51	7	185	18	60	No	Taxímetro no funciona correctamente	708
6	Chevrolet	Taxi	5	5	108	5	112	90	7	55	53	8	195	16	57	Sí		716
7	Chevrolet	Taxi	5	5	155	5	170	150	6	55	50	8	195	16	60	Sí		880
8	Nissan	Taxi	6	4	160	5	175	153	5	50	53	8	185	16	56	Sí		876
9	Mercedes-Benz	Taxi	6	4	170	5	172	154	6	55	50	8	195	16	54	Sí		895
10	Nissan	Taxi	5	5	149	4	175	152	5	54	53	7	190	17	57	Sí		873

N°	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 01	Prueba 02	Traslado 02	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 03	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 04	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
11	Hyundai	Taxi	6	4	169	6	170	153	5	55	51	9	195	18	60	No	Taxímetro no funciona correctamente	901
12	Chevrolet	Taxi	5	3	168	5	172	150	6	55	53	8	195	16	57	Sí		893
13	Chevrolet	Taxi	6	4	120	6	111	104	7	55	51	9	195	16	54	Sí		738
14	Nissan	Taxi	5	4	160	4	175	153	6	50	53	7	185	16	56	Sí		874
15	Hyundai	Taxi	5	4	167	5	172	153	7	53	51	8	194	18	58	Sí		895
16	Chevrolet	Taxi	5	4	105	6	110	90	6	55	50	9	190	16	60	Sí		706
17	Nissan	Taxi	6	3	100	5	115	93	5	50	53	8	185	16	56	Sí		695
18	Chevrolet	Taxi	6	4	110	6	112	94	5	55	50	9	195	16	54	No	Taxímetro no funciona correctamente	716
19	Nissan	Taxi	5	5	107	5	115	92	6	54	53	8	190	17	57	Sí		714
20	Hyundai	Taxi	6	4	109	4	110	93	6	55	51	7	185	18	60	Sí		708
21	Chevrolet	Taxi	5	5	108	4	112	90	5	55	53	7	195	16	57	Sí		712
22	Chevrolet	Taxi	5	4	155	5	170	150	7	55	51	8	195	16	60	Sí		881
23	Nissan	Taxi	6	3	160	6	175	153	6	50	53	8	185	16	56	Sí		877
24	Mercedes-Benz	Taxi	6	4	170	5	172	154	6	55	53	9	195	16	54	Sí		899
25	Nissan	Taxi	5	4	149	6	175	152	5	54	53	7	190	17	57	Sí		874

N°	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 01	Prueba 02	Traslado 02	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 03	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 04	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
26	Hyundai	Taxi	6	4	169	4	170	153	6	55	51	8	195	18	60	Sí		899
27	Chevrolet	Taxi	5	4	168	5	172	150	5	55	51	8	195	16	57	Sí		891
28	Chevrolet	Taxi	6	4	120	6	111	104	5	55	53	9	195	16	54	No	Taxímetro no funciona correctamente	738
29	Nissan	Taxi	5	4	160	6	175	153	6	50	53	8	185	16	56	Sí		877
30	Hyundai	Taxi	5	4	167	5	172	153	6	53	51	7	194	18	58	Sí		893
31	Nissan	Taxi	6	4	104	4	112	123	5	52	53	8	185	16	56	Sí		728
32	Chevrolet	Taxi	5	5	108	5	112	90	6	55	53	7	195	16	57	Sí		714
33	Chevrolet	Taxi	6	4	110	5	112	94	7	55	50	7	195	16	54	Sí		715
34	Nissan	Taxi	5	3	127	6	125	92	6	54	53	8	185	17	56	Sí		737
35	Hyundai	Taxi	6	4	119	5	110	93	7	55	51	9	185	18	60	Sí		722
36	Chevrolet	Taxi	5	3	138	4	112	90	5	55	53	8	195	16	57	Sí		741
37	Chevrolet	Taxi	5	4	165	5	172	150	5	55	51	9	195	16	60	Sí		892
38	Nissan	Taxi	6	5	145	6	167	153	6	50	53	8	185	16	56	Sí		856
39	Mercedes-Benz	Taxi	6	3	155	5	146	150	6	55	53	7	180	16	54	Sí		836
40	Nissan	Taxi	5	4	165	6	177	142	7	54	53	7	193	17	57	Sí	-	887
	<b>Media</b>		<b>5,48</b>	<b>3,95</b>	<b>136,25</b>	<b>5,10</b>	<b>141,93</b>	<b>123,13</b>	<b>5,88</b>	<b>53,80</b>	<b>51,93</b>	<b>7,95</b>	<b>190,78</b>	<b>16,50</b>	<b>56,98</b>			<b>799,63</b>
	<b>Mediana</b>		<b>5,00</b>	<b>4,00</b>	<b>141,50</b>	<b>5,00</b>	<b>135,50</b>	<b>132,50</b>	<b>6,00</b>	<b>55,00</b>	<b>53,00</b>	<b>8,00</b>	<b>193,50</b>	<b>16,00</b>	<b>57,00</b>			<b>788,50</b>

N°	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 01	Prueba 02	Traslado 02	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 03	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 04	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
		Desviación Estándar	0,51	0,64	26,74	0,71	30,08	29,35	0,72	1,90	1,25	0,71	4,71	0,78	2,11			85,13

**Tabla 16.**

*Datos de vehículos pesados*

N°	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 01	Prueba 02	Traslado 02	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 03	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 04	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
1	Hino	Pesado	6	5	109	7	No	102	9	60	47	8	170	17	55	Sí		595
2	Hyundai	Pesado	5	4	103	7	No	100	7	50	55	8	230	15	56	Sí		640
3	Chevrolet	Pesado	7	4	100	6	No	105	8	55	50	7	165	14	58	Sí		579
4	Sinotruk	Pesado	5	4	104	7	No	100	8	55	53	8	180	13	54	Sí		591
5	Chevrolet	Pesado	6	4	106	8	No	100	7	55	53	9	165	14	72	No	Frenómetro fuera de rango	599
6	Mercedes-Benz	Pesado	8	3	109	7	No	107	7	60	50	8	157	14	60	Sí		590
7	Volvo	Pesado	8	4	105	7	No	105	9	80	57	8	142	14	65	No	Holguras fuera de rango	604
8	Freightliner	Pesado	5	4	106	8	No	103	8	55	55	7	248	15	55	Sí		669
9	Isuzu	Pesado	6	5	104	7	No	102	8	55	43	7	215	15	57	Sí		624
10	Hino	Pesado	7	4	107	8	No	109	8	55	45	8	118	15	70	No	Opacómetro fuera de rango	554

N°	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 01	Prueba 02	Traslado 02	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 03	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 04	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
11	Chevrolet	Pesado	5	4	107	7	No	100	7	55	50	8	190	16	60	Sí		609
12	Hyundai	Pesado	6	4	105	8	No	103	9	50	53	7	185	16	56	Sí		602
13	Chevrolet	Pesado	5	5	103	8	No	105	9	54	52	8	175	17	65	No	Alineación fuera de rango	606
14	Hino	Pesado	6	4	102	7	No	104	7	56	49	9	180	18	60	Sí		602
15	Hino	Pesado	7	5	109	6	No	107	7	55	51	8	160	17	57	Sí		589
16	Man	Pesado	5	4	100	7	No	105	8	53	48	8	155	18	60	No	Holguras fuera de rango	571
17	Jac	Pesado	7	4	103	8	No	107	7	65	55	8	170	17	55	Sí		606
18	Scania	Pesado	8	5	105	7	No	103	9	75	52	9	153	15	55	Sí		596
19	MAN	Pesado	7	4	104	7	No	100	9	70	50	9	180	16	65	No	Frenómetro fuera de rango	621
20	Chevrolet	Pesado	6	3	107	6	No	105	7	60	48	8	200	17	57	Sí		624
21	International	Pesado	5	4	170	7	No	109	8	54	49	9	170	16	55	Sí		656
22	Chevrolet	Pesado	6	5	230	6	No	103	9	55	51	8	165	18	65	No	Opacómetro fuera de rango	721
23	Chevrolet	Pesado	5	4	165	7	No	100	7	55	50	8	180	17	55	Sí		653
24	Volvo	Pesado	6	4	180	5	No	104	8	56	52	8	175	17	54	Sí		669
25	Hino	Pesado	7	4	165	7	No	106	8	55	53	7	190	16	55	Sí		673
26	Hino	Pesado	5	4	157	8	No	109	9	54	50	8	170	17	60	No	Holguras fuera de rango	651

N°	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 01	Prueba 02	Traslado 02	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 03	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 04	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
27	Chevrolet	Pesado	6	5	142	8	No	105	8	55	51	8	180	15	55	Sí		638
28	Hino	Pesado	5	4	248	7	No	106	7	55	52	8	165	16	58	Sí		731
29	Mercedes-Benz	Pesado	6	5	215	7	No	104	8	55	50	8	195	16	54	Sí		723
30	Jac	Pesado	5	4	118	6	No	107	7	54	53	7	190	17	57	Sí		625
31	Mercedes-Benz	Pesado	8	5	190	8	No	107	7	60	50	9	157	14	60	Sí		675
32	Volvoo	Pesado	8	4	185	8	No	105	8	80	57	8	142	14	65	Sí		684
33	Freightliner	Pesado	5	4	175	8	No	103	9	55	55	9	248	15	55	Sí		741
34	Isuzu	Pesado	6	5	180	7	No	102	8	55	43	7	215	15	57	Sí		700
35	Hino	Pesado	7	4	160	6	No	109	9	55	45	8	118	15	70	No	Opacímetro fuera de rango	606
36	Dodge	Pesado	5	4	155	7	No	100	8	55	50	9	190	16	60	Sí		659
37	Scania	Pesado	6	3	170	8	No	103	7	50	53	8	185	16	56	Sí		665
38	MAN	Pesado	5	4	153	8	No	105	9	54	52	9	175	17	65	Sí		656
39	Chevrolet	Pesado	6	5	180	7	No	104	8	56	49	8	180	18	60	No	Holguras fuera de rango	681
40	Hino	Pesado	7	4	200	8	No	107	9	55	51	7	160	17	57	Sí		682
		<b>Media</b>	<b>6,10</b>	<b>4,20</b>	<b>140,90</b>	<b>7,15</b>		<b>104,25</b>	<b>7,98</b>	<b>57,40</b>	<b>50,80</b>	<b>8,03</b>	<b>177,20</b>	<b>15,88</b>	<b>59,13</b>			<b>639</b>
		<b>Mediana</b>	<b>6,00</b>	<b>4,00</b>	<b>113,50</b>	<b>7,00</b>		<b>104,50</b>	<b>8,00</b>	<b>55,00</b>	<b>51,00</b>	<b>8,00</b>	<b>175,00</b>	<b>16,00</b>	<b>57,00</b>			<b>631,5</b>

N°	Marca	Tipo Vehículo	Prueba 01	Traslado 01	Prueba 02	Traslado 02	Prueba 03	Prueba 04	Traslado 03	Prueba 05	Prueba 06	Traslado 04	Prueba 07	Prueba 08	Emisión de Informe	Aprobado	Motivo no aprobación	Total
		Desviación Estándar	1,03	0,56	42,03	0,77		2,76	0,80	7,04	3,28	0,66	27,79	1,32	4,82			46,79

### **Análisis de puntos de detención y distancias de recorrido**

En el caso de los vehículos livianos, los tiempos de traslado promedio mostraron una progresión de 4 segundos para el primer traslado; 7,1 segundos para el segundo; 7,95 segundos para el tercero y 7,925 segundos para el cuarto traslado. Los vehículos tipo taxi presentaron tiempos de traslado de 3,95 segundos; 5,1 segundos; 5,875 segundos y 7,95 segundos, respectivamente, mostrando una distribución más uniforme.

Los vehículos pesados registraron tiempos de 4,2 segundos; 7,15 segundos; 7,975 segundos y 8,025 segundos, evidenciando los mayores tiempos en los traslados finales. Esta progresión temporal es porque las distancias entre estaciones aumentan gradualmente hacia el final del proceso. La uniformidad relativa en los tiempos de traslado entre diferentes tipos de vehículos indica que el diseño del patio permite un flujo vincular relativamente constante, aunque los vehículos pesados experimentan tiempos ligeramente superiores debido a sus características de maniobrabilidad.

### **Eficiencia del proceso por estación de trabajo**

Las estaciones que presentaron mayor variabilidad en los tiempos de ejecución fueron identificadas mediante el análisis secuencial de cada tipo de vehículo. En los vehículos livianos, la prueba de suspensión mostró un tiempo promedio de 116,3 segundos con una desviación estándar de 22,60 segundos, mientras que la prueba de emisión de gases registró un promedio de 175,88 segundos con desviación estándar de 22,11 segundos. Los vehículos tipo taxi presentaron mayor estabilidad en la prueba de suspensión (136,25 segundos promedio y desviación estándar de 26,74), pero mostraron alta variabilidad en la prueba del velocímetro (141,93 segundos promedio con desviación de 30,08 segundos) y frenómetro (123,13 segundos promedio con desviación de 29,35 segundos) con una prueba de emisión de gases con promedio de 190,78 segundos y una desviación estándar de 4,71.

Los vehículos pesados evidenciaron la mayor variabilidad de la prueba de suspensión, con un promedio de 140,9 segundos y una desviación estándar de 42,03 segundos, indicando diferencias grandes en los tiempos de evaluación. La prueba de emisión de gases para este tipo de




vehículos mostró un promedio de 177,2 segundos con desviación de 27,79 segundos (Ver figura 16).

Las variabilidades sugieren la presencia de cuellos de botella operativos que requieren atención específica, sobre todo en las estaciones de suspensión y emisiones, donde se concentran las mayores demoras del proceso.

### Figura 18

Comparación de tiempos de ejecución de las pruebas

#### Comparación de tiempos de ejecución de pruebas

Prueba	 Suspensión	 Emisiones	 Velocímetro	 Frenómetro
Vehículos livianos	116,3 ± 22,60	175,88 ± 22,11	N/A	N/A
Taxis	136,25 ± 26,74	190,78 ± 4,71	141,93 ± 30,08	123,13 ± 29,35
Vehículos pesados	140,9 ± 42,03	177,2 ± 27,79	N/A	N/A

### Resultados de aprobación del proceso

El análisis de los resultados generales reveló una tasa de aprobación global del 80,83% con 97 vehículos aprobados de los 120 evaluados en total. La distribución por tipo de vehículo postro diferencias significativas. Los vehículos tipo taxi presentaron la mayor tasa de aprobación con 90% (36 aprobados de 40), seguidos por los vehículos livianos con 77,50% (31 aprobados de 40) y los pesados con 75% (30 aprobados de 40). Las diferencias en las tasas de aprobación sugieren que los vehículos comerciales tipo taxi mantienen mejores estándares de mantenimiento, posiblemente debido a las regulaciones más estrictas que enfrentan en su operación comercial diaria. Insertar aquí tabla cuatro. En la tabla 17 quedaron registrados estos valores

**Tabla 17.***Resultados de aprobación y rechazo del proceso por tipo de vehículo*

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Aprobado</b>	<b>Porcentaje aprobados</b>	<b>Rechazado</b>	<b>Porcentaje Rechazados</b>
Liviano	31	77,50%	9	22,50%
Taxi	36	90,00%	4	10,00%
Pesado	30	75,00%	10	25,00%
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>80,83%</b>	<b>23</b>	<b>19,17%</b>

El análisis de las causas de rechazo identificó que los principales motivos de no aprobación, están parcialmente focalizado, donde las fallas de holguras representaron el 30,43% de todos los rechazos (7 casos de 23 totales) constituyendo la causa más frecuente de no aprobación. Los problemas en el frenómetro y el taxímetro empataron en segunda posición con 17,39% cada uno, (cuatro casos respectivamente). La prueba con el gasómetro que excede los límites representó el 8,70% de los rechazos, mientras que la prueba del opacímetro fuera de rango alcanzó el 13,04%, en conjunto la prueba de emisión de gases alcanzo el 21,74%, superando de esa forma el segundo lugar.

Las fallas en alineación y suspensión fueron menos frecuentes representando 4,35% cada una, por lo que la distribución obtenida indica que los problemas estructurales y de sistemas de emisión de gases constituyen las principales causas de rechazo en el centro de revisión técnica, pudiéndose detallar los resultados en la tabla 18.

**Tabla 18.***Motivos de no aprobación*

<b>Motivo no aprobación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Alineación fuera de rango	1	4,35%
Frenómetro fuera de rango	4	17,39%
Gasómetro excede límites	2	8,70%
Holguras fuera de rango	7	30,43%
Opacímetro fuera de rango	3	13,04%

Prueba alineación fuera de rango	1	4,35%
Prueba suspensión fuera de rango	1	4,35%
Taxímetro no funciona correctamente	4	17,39%
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100,00%</b>

Al revisar las marcas del parque automotor evaluado se pudo constatar que se trabajaron con 32 marcas diferentes de vehículos. Chevrolet represento la mayor proporción con 29 vehículos, (24,17%), seguida por Nissan con 15 unidades (12,50%) e Hyundai con 11 vehículos (9,17%). Hino ocupó el cuarto lugar con 9 unidades (7,50%), seguida por Mercedes Benz con 6 vehículos, (5,00%). Las marcas Kia, Volvo, Suzuki, Renault, Ford y Byd presentaron de 3 a 4 vehículos cada una, representando entre 2,50% y 3,33% del total. Las demás marcas fueron representadas con dos o un vehículo solamente. La distribución presentada refleja la preferencia del mercado ecuatoriano por marcas asiáticas y estadounidenses particular. Particularmente en el segmento comercial y de transporte público mientras que la presencia de marcas premium y especializadas en transporte pesado confirma la diversidad del parque automotor que utiliza los servicios del centro de revisión técnica vehicular de Cayambe. En la tabla 19, se reflejan los resultados de forma detallada.

**Tabla 19.**

*Marcas de vehículos revisadas*

<b>Marca de Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Citroën	1	0,83%
Dodge	1	0,83%
Fiat	1	0,83%
International	1	0,83%
Jeep	1	0,83%
Land Rover	1	0,83%
Man	1	0,83%
Mazda	1	0,83%
Peugeot	1	0,83%
Shineray	1	0,83%
Sinotruck	1	0,83%
Tesla	1	0,83%
Toyota	1	0,83%
Audi	2	1,67%
BMW	2	1,67%

<b>Marca de Vehículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Freightliner	2	1,67%
Isuzu	2	1,67%
Jac	2	1,67%
MAN	2	1,67%
Mitsubishi	2	1,67%
Scania	2	1,67%
Volkswagen	2	1,67%
Byd	3	2,50%
Ford	3	2,50%
Renault	3	2,50%
Suzuki	3	2,50%
Volvo	3	2,50%
Kia	4	3,33%
Mercedes-Benz	6	5,00%
Hino	9	7,50%
Hyundai	11	9,17%
Nissan	15	12,50%
Chevrolet	29	24,17%
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>100,00%</b>

Los resultados obtenidos evidencian que el proceso técnico operativo del centro de revisión técnica vehicular de Cayambe presenta características diferenciadas según el tipo de vehículo, con tiempos de procesamiento que varían entre categorías. La identificación de estaciones con alta variabilidad temporal particularmente en las pruebas de suspensión y emisiones, señala oportunidades específicas de mejora para optimizar el flujo vehicular interno. La tasa de aprobación global del 80,83% se encuentra dentro de parámetros aceptables Aunque la concentración de rechazos en aspectos específicos como holguras y emisiones de gases sugiere la necesidad de programas preventivos de mantenimiento vehicular en la región.

### **Interpretación de indicadores de capacidad y eficiencia del proceso**

En la tabla 20, se muestran los resultados de la aplicación de los indicadores de la tabla 9, donde se puede cuantificar la capacidad y la eficiencia del proceso.

**Tabla 20.***Indicadores calculados*

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Vehículos procesados por hora</b>	<b>Capacidad Diaria</b>	<b>Porcentaje de tiempo de valor agregado</b>	<b>Porcentaje de tiempo de traslado</b>
Liviano	5,90	47,18	95,58%	4,42%
Taxi	4,50	36,02	97,14%	2,86%
Pesado	5,63	45,07	95,72%	4,28%

Los vehículos livianos presentan la mayor capacidad de procesamiento con 5,9 vehículos por hora, lo que se atribuye a su proceso de revisión más estandarizado y menos complejidad técnica, en cambio, los vehículos pesados ocupan la segunda posición con 5,63 vehículos por hora, mostrando una capacidad ligeramente inferior debido a las mayores tiempos requeridos por las condiciones de manejo de este tipo de vehicular. Los vehículos tipo taxis registran el menor capacidad de procesamiento con 4,50 vehículos por hora resultado esperado debido a la instrucción obligatoria de la prueba de velocímetro que añade una estación adicional al proceso e incrementa el tiempo del total de revisión.

Análogamente ocurre con la capacidad máxima diaria teórica, Para una jornada laboral de 8 horas Se muestra que el centro puede procesar 47,18 vehículos livianos por día, 45,07 vehículos pesados por día y 36,02 vehículos tipo taxi por día, dichos valores presentan el límite operativo superior bajo condiciones ideales, sin conseguir el tiempo muerto mantenimiento de equipo o interpretaciones operacionales.

Cuando se analiza el valor agregado se revela una alta eficiencia general en todos los tipos de vehículos, los vehículos tipo taxi presentan el mayor porcentaje de tiempo de valor agregado con 97,14% indicando que casi la totalidad del tiempo se de procesamiento se dedica a actividades que agregan valor al proceso de revisión técnica, lo que sugiere una optimización superior en el flujo de trabajo para este tipo de vehículo, a pesar de su mayor tiempo total de procesamiento.

Los vehículos pesados registran 95,72% de tiempo de valor agregado mientras que los vehículos livianos presentan 95,58%. Aunque las diferencias son mínimas entre todos los tipos de

vehículo (menos del 2%) se puede señalar que todos los tipos de vehículo tienen procesos altamente eficientes con muy poco tiempo en improductivo.

Los vehículos tipo taxi presentan el menor tiempo de traslado con un 2,86%, seguido de los vehículos pesados con 4,28%, y finalmente los vehículos livianos con 4,42%, todos estos porcentaje relativamente bajos, menores al 5%, indican que el diseño del patio de revisión técnica permite desplazamientos eficientes entre estaciones de trabajo.

### Verificación el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa técnica vigente

Las tablas 21 y 22, muestran el proceso de verificación de acuerdo a las normativas relacionadas.

**Tabla 21.**

*Verificación del cumplimiento de la normativa*

Artículo / Norma	Parámetro Normativo	Especificación Técnica	Situación Observada CRTV Cayambe	Cumplimiento	% Cump limien to	Observaciones/ Desviaciones
Art. 15	Autorización y certificación oficial	Centro autorizado para emitir certificaciones de aprobación, condicionamiento o rechazo	Centro autorizado por ANT con capacidad de emisión de certificaciones oficiales	Conforme	100%	Sin desviaciones identificadas
Art. 16	Función de verificación integral	Inspección de aspectos técnicos, mecánicos y emisiones según normativas INEN	Realiza inspección integral de vehículos conforme a procedimientos establecidos	Conforme	100%	Proceso integral implementado
Art. 29	Altura mínima estructura	4,5 metros mínimo	4,0 metros	No conforme	89%	Desviación: -0,5 m respecto al mínimo requerido
Art. 29	Ancho línea de revisión	4-4,5 metros	4,0 metros (livianos), 4,6 metros (pesados)	Parcialmente conforme	75%	Zona livianos en límite mínimo, pesados excede especificación
Art. 29	Largo línea de revisión	25 metros mínimo	45 metros	Conforme	180%	Supera especificación normativa (+20m)
Art. 29	Profundidad fosa inspección	1,7 metros mínimo	1,8 metros	Conforme	106%	Supera especificación normativa (+0,1m)

Artículo / Norma	Parámetro Normativo	Especificación Técnica	Situación Observada CRTV Cayambe	Cumplimiento	% Cumplimiento	Observaciones/ Desviaciones
Art. 29	Ventilación e iluminación fosa	Sistemas de ventilación e iluminación	Implementado según observación directa	Conforme	100%	Sistemas operativos
Art. 29	Señalización	Sistemas de señalización	Implementado	Conforme	100%	Sin desviaciones
Art. 29	Servicios básicos	Agua, electricidad, telecomunicaciones	Disponibles	Conforme	100%	Servicios operativos
Art. 29	Zonas administrativas	Áreas de administración y espera	Implementadas	Conforme	100%	Áreas funcionales
Art. 40 / INEN 2349	Equipos de alineación	Sistema de medición de alineación	1 unidad operativa y calibrada	Conforme	100%	Equipo funcional
Art. 40 / INEN 2349	Equipos de suspensión	Sistema de medición de suspensión	1 unidad operativa y calibrada	Conforme	100%	Equipo funcional
Art. 40 / INEN 2349	Equipos de frenado	Sistema de medición de frenado	1 unidad operativa y calibrada	Conforme	100%	Equipo funcional
Art. 40 / INEN 2349	Sistema de pesaje	Pesaje automático	1 unidad operativa y calibrada	Conforme	100%	Equipo funcional
Art. 40 / INEN 2349	Medición neumáticos	Sistema de medición de neumáticos	1 unidad operativa y calibrada	Conforme	100%	Equipo funcional
Art. 40 / INEN 2349	Análisis lumínico	Luxómetro	1 unidad operativa y calibrada	Conforme	100%	Equipo funcional
Art. 40 / INEN 2349	Detección holguras	Sistema/terminal para detección	Terminal específica implementada	Conforme	100%	Terminal operativa
Art. 40 / INEN 2349	Medición gases	Gasómetro/Opacímetro	1 unidad de cada tipo operativa	Conforme	100%	Equipos funcionales
Art. 40 / INEN 2349	Medición ruido	Sonómetro	1 unidad operativa y calibrada	Conforme	100%	Equipo funcional
Art. 41	Terminal computarizada	Terminal en línea de revisión	Implementada para registro electrónico	Conforme	100%	Sistema operativo
Art. 42	Confidencialidad resultados	No visualización de resultados parciales	Sistema centralizado sin acceso a resultados parciales	Conforme	100%	Protocolo implementado
Art. 54	Automatización proceso	Automatización excepto inspección visual y holguras	Mayoría de equipos con transmisión automática al sistema central	Conforme	100%	Proceso automatizado

Artículo / Norma	Parámetro Normativo	Especificación Técnica	Situación Observada CRTV Cayambe	Cumplimiento	% Cump limien to	Observaciones/ Desviaciones
Art. 55	Registro electrónico	Registro electrónico inspección visual y holguras	Terminal específica para registro manual implementada	Conforme	100%	Sistema operativo
Art. 56	Confidencialidad total	Sin acceso a resultados hasta completar revisión	Protocolo implementado	Conforme	100%	Cumplimiento verificado
Art. 57	Alcance revisión integral	Cuatro componentes: visual, mecatrónica, emisiones, parámetros específicos	Proceso integral implementado	Conforme	100%	Proceso completo
Operación	Horario funcionamiento	Horario establecido por ANT	08h00-17h00, lunes a viernes (40h/semana)	Conforme	100%	Horario cumplido
Operación	Personal técnico	Personal calificado	7 funcionarios: 2 analistas, 1 supervisor, 4 auxiliares	Conforme	100%	Personal asignado
Mantenimiento	Programa mantenimiento preventivo	Mantenimiento programado de equipos	No implementado estructuralmente	No conforme	0%	Desviación crítica: Ausencia de programa preventivo

**Tabla 22.**

*Indicadores calculados*

Indicador	Valor	Porcentaje
Parámetros Conformes	24	86,70%
Parámetros No Conformes	2	7,10%
Parámetros Parcialmente Conformes	1	3,60%
Desviaciones Críticas Identificadas	2	7,10%
Procedimientos Conformes	21	75,00%
Indicador	Valor	Porcentaje

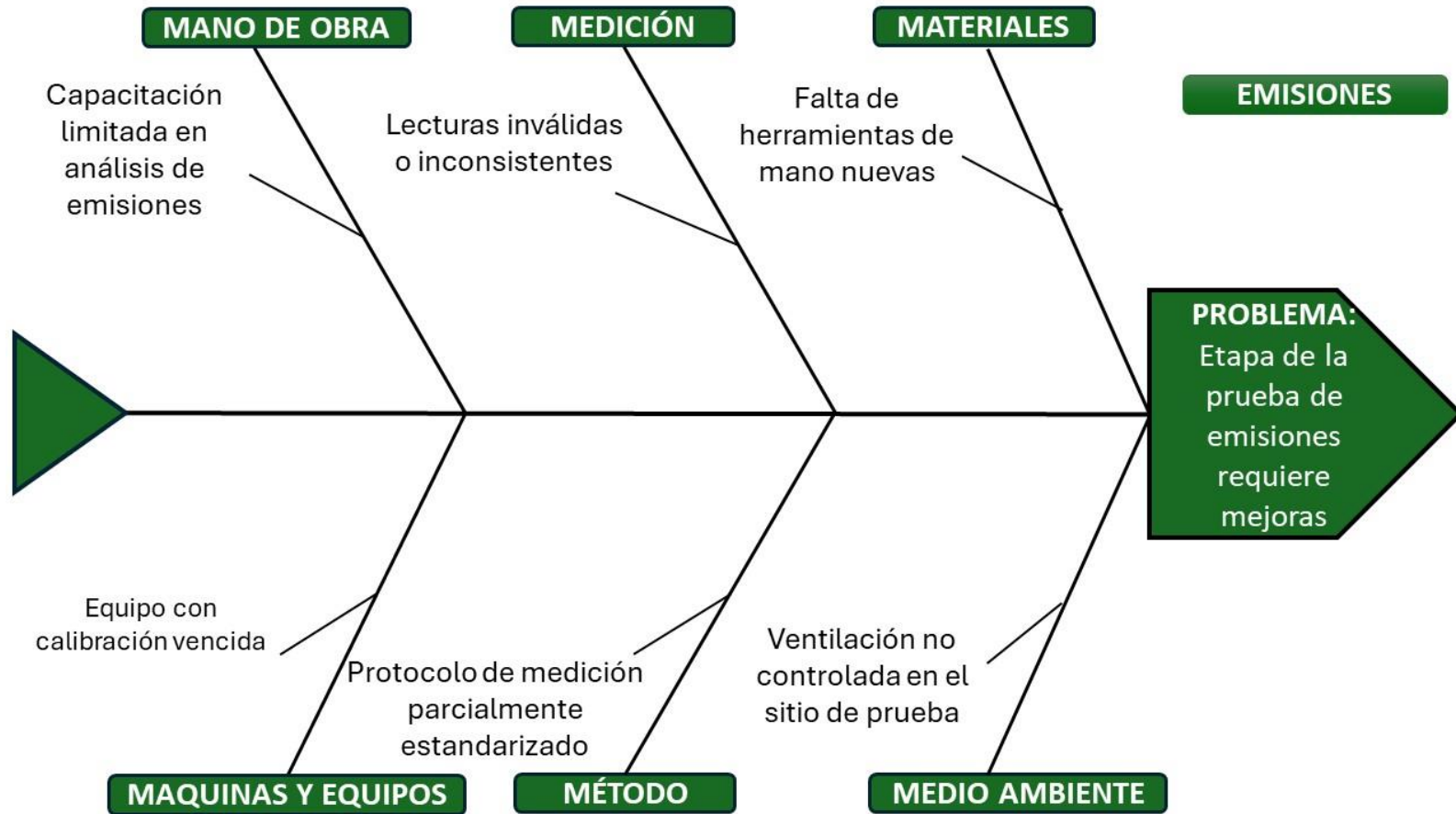
En general, se puede decir que existe un alto grado de conformidad con respecto a la normativas, y solo en aspectos estructurales o de tamaño físico es donde no se cumple la norma en el CRTV.

## **Análisis las principales causas de ineficiencia mediante la aplicación del diagrama de Ishikawa.**

El diagrama de Ishikawa constituye una herramienta para identificar y categorizar las causas raíz que generan ineficiencias en el proceso técnico-operativo del Centro de Revisión Técnica Vehicular de Cayambe. La aplicación de esta metodología permitió estructurar el análisis en seis categorías principales: Método, Mano de Obra, Máquina, Material, Medio Ambiente y Medición, facilitando una evaluación sistemática de los factores que impactan el desempeño operacional, en las cuatro pruebas más críticas: emisión de gases, velocímetro, frenómetro y suspensión, Los diagramas de las diferentes pruebas se muestran en las figuras 19, 20, 21 y 22 de forma respectiva.

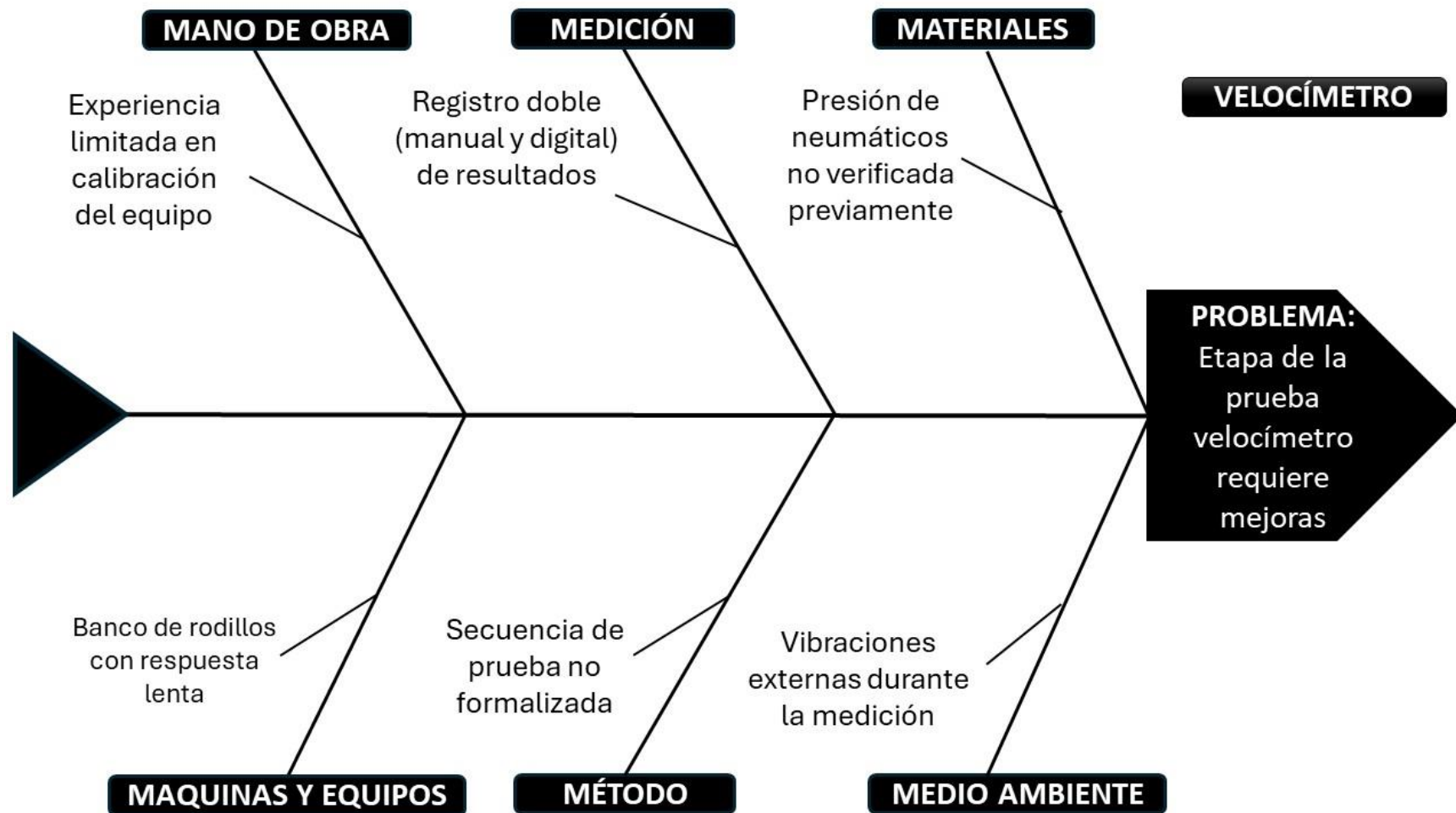
**Figura 19**

Diagrama de Ishikawa de la etapa de la prueba de emisiones



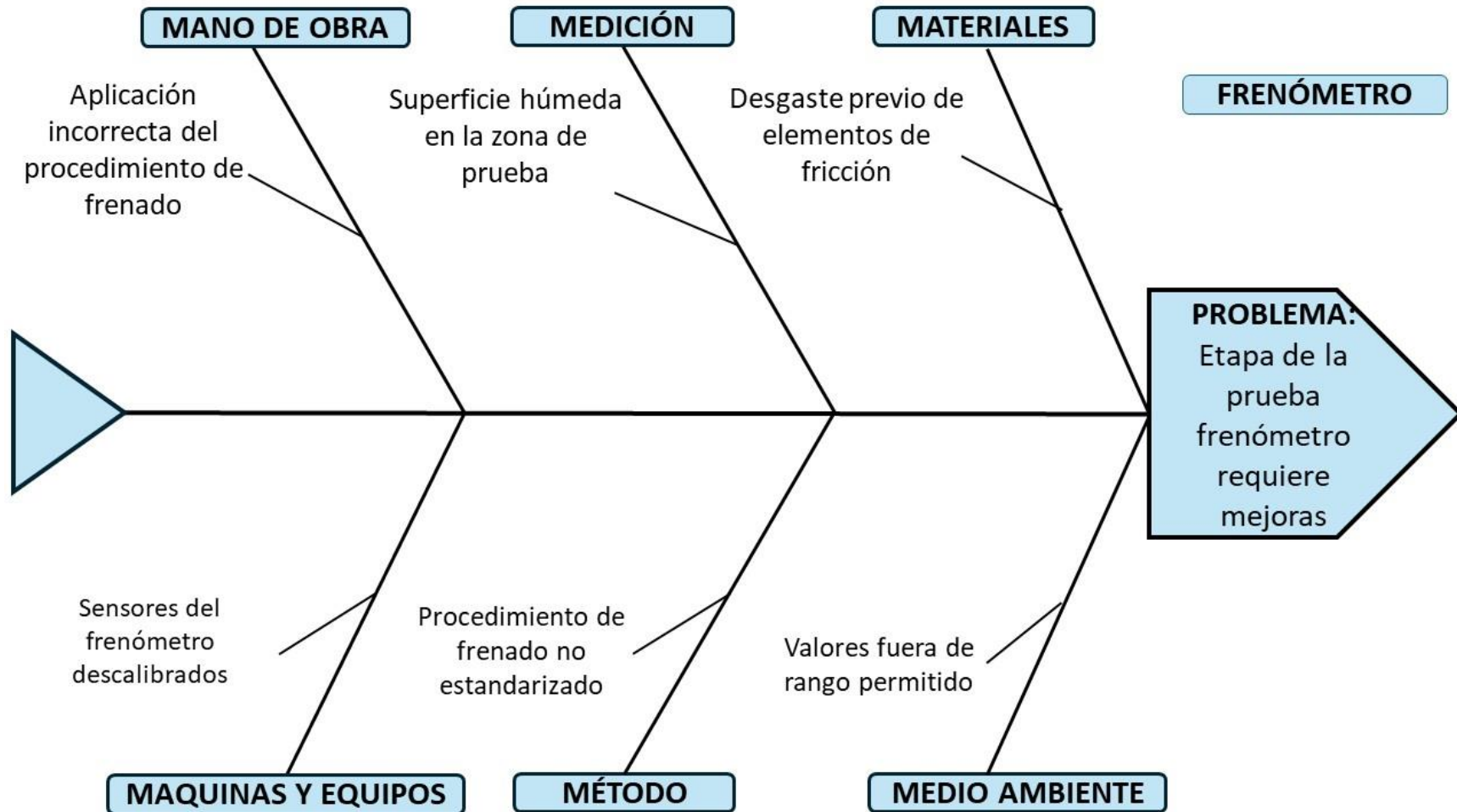
**Figura 20**

*Diagrama de Ishikawa de la etapa de la prueba de velocímetro*



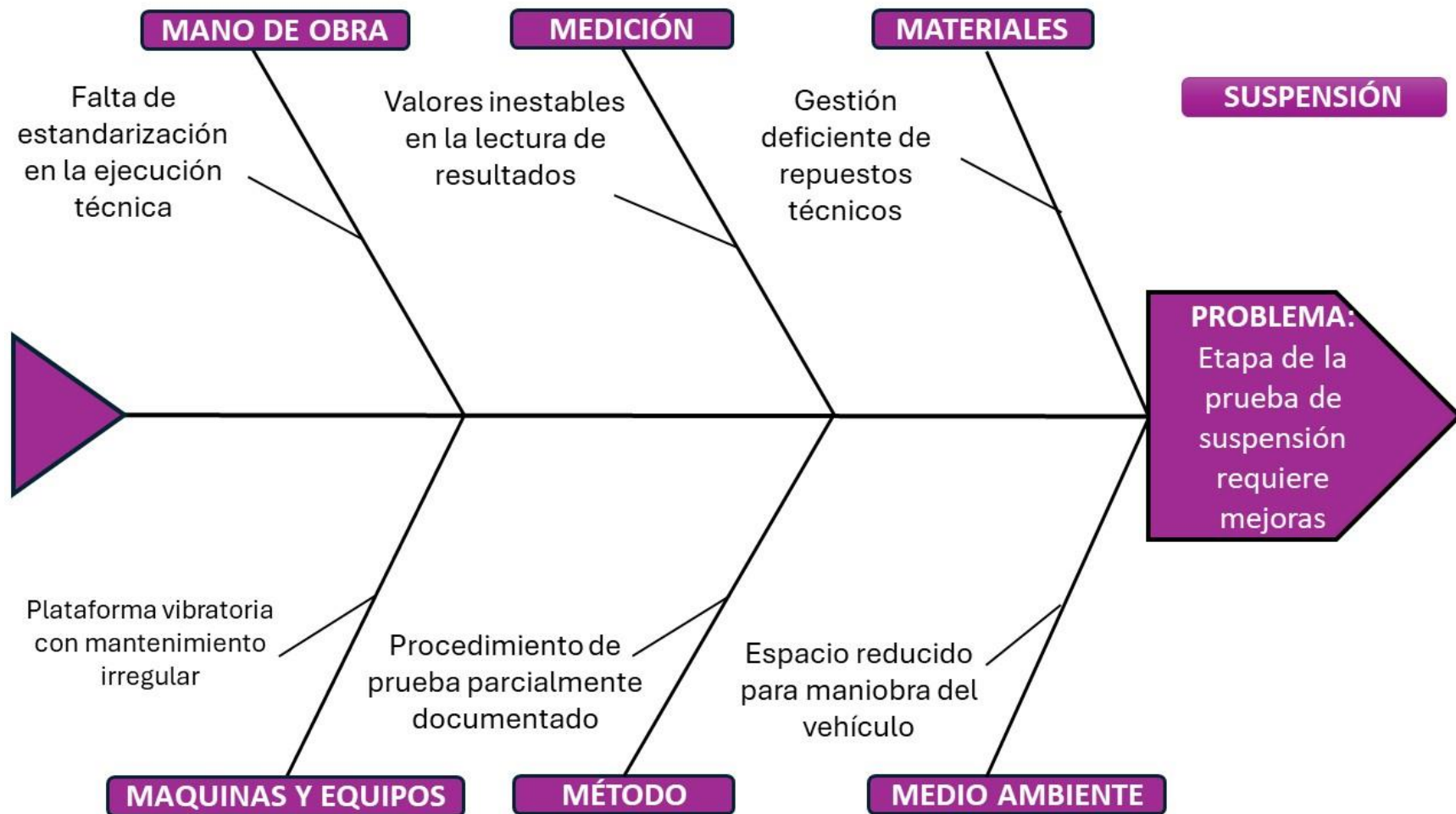
**Figura 21**

Diagrama de Ishikawa de la etapa de la prueba de frenómetro



**Figura 22**

Diagrama de Ishikawa de la etapa de la prueba de suspensión



## Síntesis del análisis

**Tabla 23.**

*Tiempos y porcentajes de los procesos con y sin valor agregado*

<b>Etapa</b>	<b>Problema clave identificado</b>
Suspensión	Variabilidad en resultados y demoras operativas por falta de estandarización y mantenimiento preventivo estructurado
Emisiones	Inconsistencias en las mediciones asociadas a deficiencias de calibración y control ambiental
Velocímetro	Retrasos en la prueba y baja trazabilidad de resultados por procesos manuales y equipos con respuesta lenta
Frenómetro	Riesgo de resultados no confiables debido a descalibración de sensores y ausencia de estandarización del procedimiento

El diagrama de Ishikawa revela las principales causas de ineficiencia resumidas en la tabla 23. Dichas deficiencias interactúan entre sí, amplificando su impacto en el desempeño operacional general del centro.

La implementación de mejoras dirigidas a estas causas raíz permitiría optimizar la eficiencia del proceso técnico-operativo, reducir tiempos de espera y mejorar la satisfacción del usuario final.

**Mapa de flujo de valor que permita la visualización los tiempos muertos, actividades con y sin valor agregado, y posibles cuellos de botella en el proceso técnico-operativo.**

### **Construcción del Mapa de Flujo de Valor**

El mapa de flujo de valor constituye una herramienta para la visualización integral del proceso técnico-operativo del Centro de Revisión Técnica Vehicular de Cayambe, permitiendo identificar actividades que agregan valor, tiempos muertos y cuellos de botella que limitan la eficiencia del sistema.

Los mapas de flujo de valor por tipo de vehículo se muestran a continuación en las figuras 23, 24 y 25.

### **Análisis de actividades con valor agregado**

La síntesis de los valores cuantitativos del valor agregado se presenta en la tabla 24:

**Tabla 24.**

*Tiempos y porcentajes de los procesos con y sin valor agregado*

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Tiempo de Procesos con Valor agregado (segundos)</b>	<b>Tiempo de Procesos sin Valor agregado (segundos)</b>	<b>Tiempo Total (segundos)</b>	<b>Porcentaje de Procesos con Valor agregado</b>	<b>Porcentaje de Procesos sin Valor agregado</b>
Liviano	583,4	26,975	610,38	95,58%	4,42%
Taxi	776,75	22,875	799,63	97,14%	2,86%
Pesado	611,65	27,35	639	95,72%	4,28%

Figura 23

Mapa de flujo de valor de los vehiculos livianos

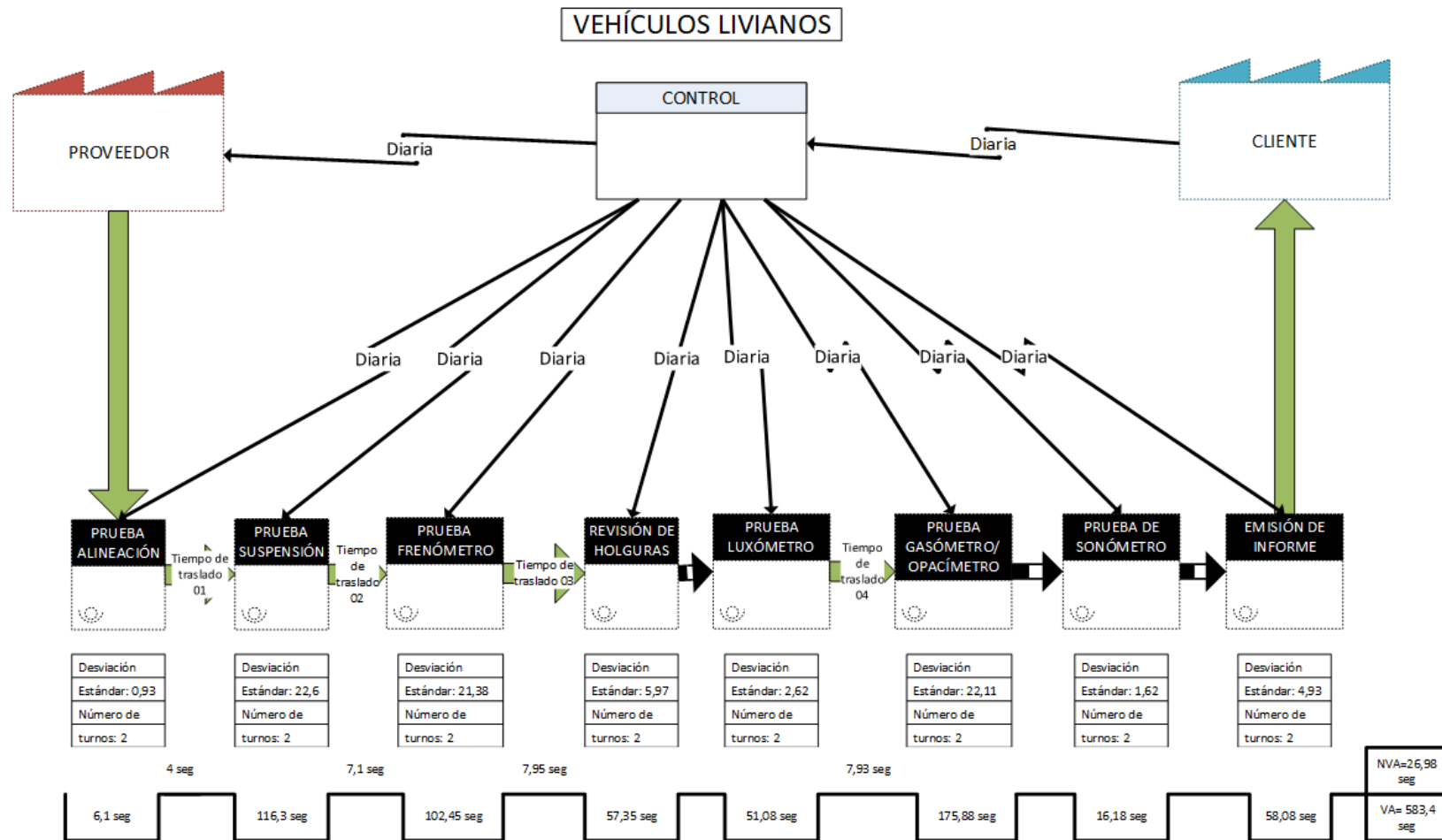


Figura 24

Mapa de flujo de valor de los taxis

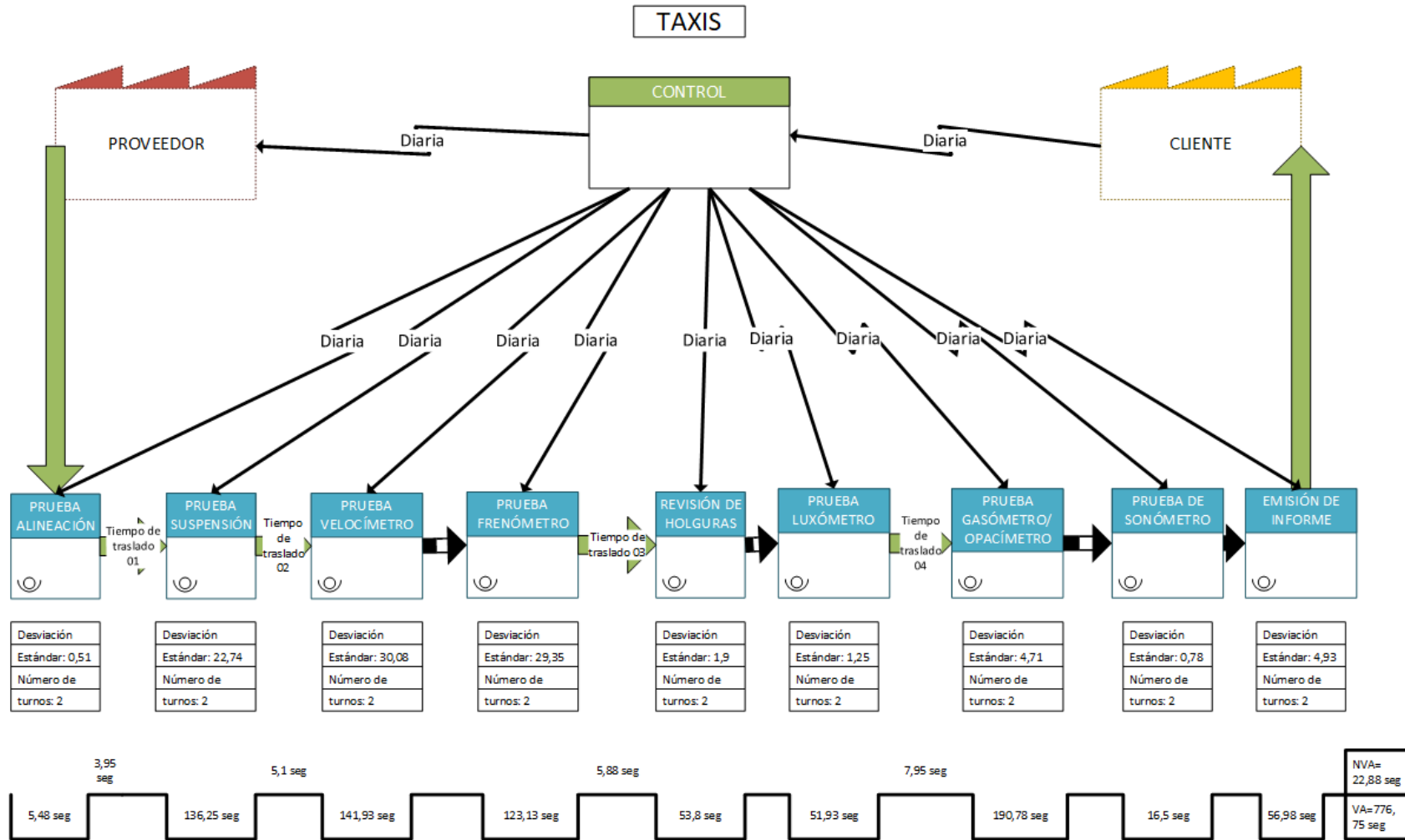
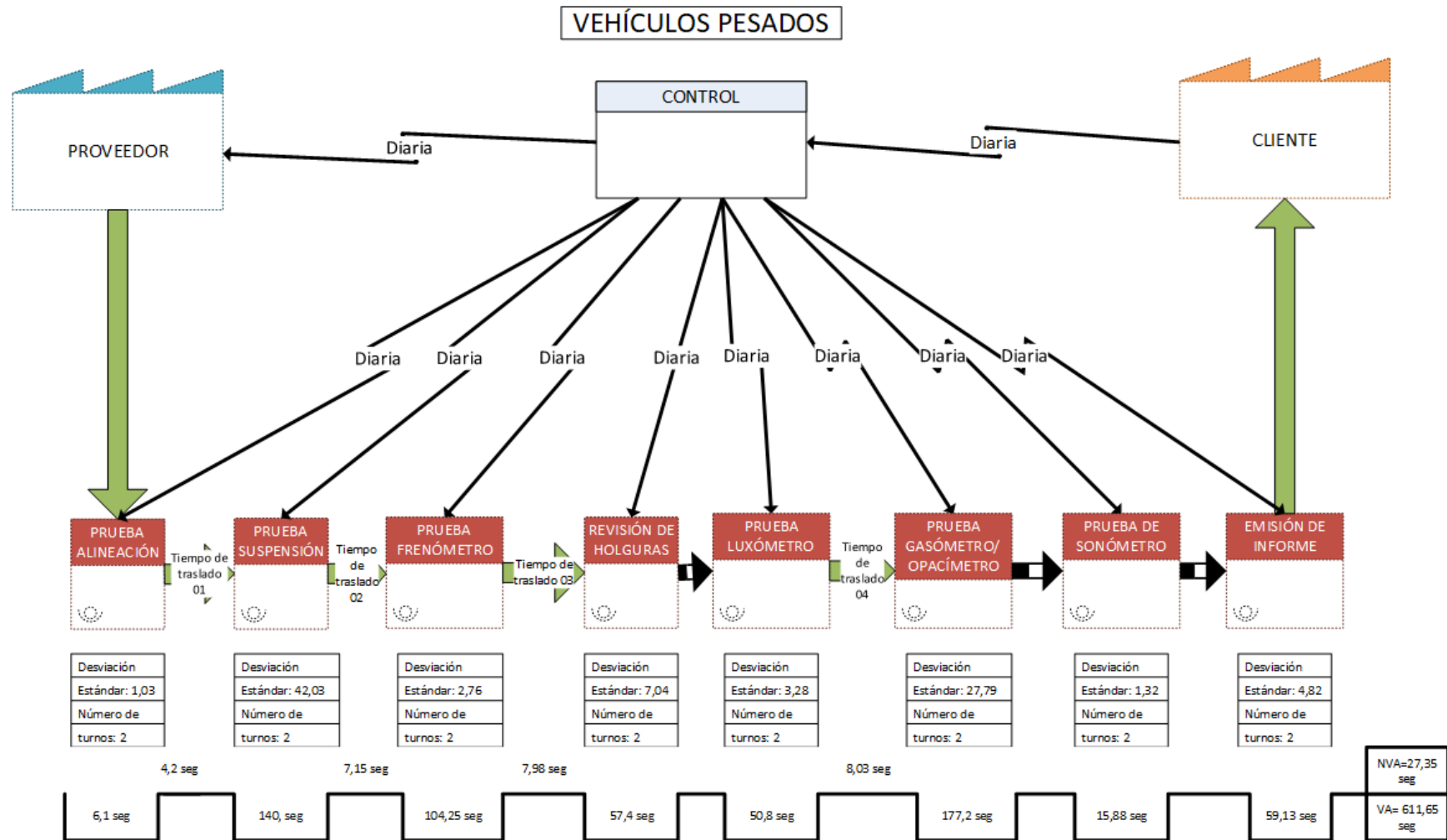


Figura 25

Mapa de flujo de valor de los vehiculos pesados



El análisis cuantitativo del valor agregado revela una alta eficiencia general en el proceso operativo para todos los tipos vehiculares evaluados. Los vehículos tipo taxi registran el mayor porcentaje de tiempo de valor agregado con 97,14%, indicando que prácticamente la totalidad del tiempo de procesamiento se dedica a actividades que contribuyen directamente al objetivo de la revisión técnica vehicular.

Los vehículos pesados presentan un 95,72% de tiempo de valor agregado, mientras que los vehículos livianos alcanzan un 95,58%. Esta diferencia mínima entre tipos vehiculares (inferior al 2%) evidencia que el proceso mantiene un alto nivel de eficiencia operativa, con muy poco tiempo improductivo en todas las categorías evaluadas.

### **Identificación de tiempos muertos y actividades sin valor agregado**

Los tiempos de traslado entre estaciones constituyen la principal actividad sin valor agregado identificada en el proceso. Los vehículos livianos presentan el mayor porcentaje de tiempo de traslado con 4,42%, seguidos por los vehículos pesados con 4,28%, y finalmente los vehículos tipo taxi con 2,86%.

El análisis secuencial de los tiempos de traslado muestra una progresión temporal que refleja el incremento de distancias entre estaciones:

- Primer traslado: 4,0 segundos (livianos), 3,95 segundos (taxi), 4,2 segundos (pesados)
- Cuarto traslado: 7,925 segundos (livianos), 7,95 segundos (taxi), 8,025 segundos (pesados)

Esta progresión evidencia que las distancias entre estaciones aumentan gradualmente hacia el final del proceso, lo que genera tiempos de desplazamiento superiores en las últimas etapas del flujo operativo.

### **Identificación de Cuellos de Botella Operativos**

El mapa de flujo de valor revela la presencia de cuellos de botella concentrados en estaciones específicas, identificados a través del análisis de variabilidad temporal:

### **Estación de Suspensión**

Esta estación presenta la mayor variabilidad operativa en vehículos pesados con una desviación estándar de 42,03 segundos sobre un tiempo promedio de 140,9 segundos. Para vehículos livianos, la desviación alcanza 22,60 segundos con un promedio de 116,3 segundos, indicando inconsistencias en los tiempos de evaluación que generan interrupciones en el flujo continuo.

### **Estación de Emisiones (Gasómetro/Opacímetro)**

La prueba de emisión de gases constituye el segundo cuello de botella principal, con tiempos promedio de 175,88 segundos para vehículos livianos y 177,2 segundos para vehículos pesados, acompañados de desviaciones estándar de 22,11 segundos y 27,79 segundos respectivamente.

### **Estaciones Específicas para Taxis**

Los vehículos tipo taxi evidencian cuellos de botella adicionales en las estaciones de velocímetro (desviación estándar de 30,08 segundos) con un promedio de 141,93 segundos, y la prueba del frenómetro (desviación estándar de 29,35 segundos), y un promedio de 123,13 segundos, lo que explica su mayor tiempo total de procesamiento promedio de 799,63 segundos.

La tabla 25, resume los elementos que confluyen dentro de los cuellos de botella:

**Tabla 25.***Cuellos de botellas en el CRTV*

<b>Estación/Etapa</b>	<b>Tipo de Vehículo Afectado</b>	<b>Tiempo Promedio (segundos)</b>	<b>Desviación Estándar (segundos)</b>	<b>Causas Principales (de Ishikawa)</b>	<b>Impacto en el Proceso</b>	<b>Porcentaje de Rechazos Asociados</b>
Suspensión	Pesados (principal), Livianos	140,9 (pesados), 116,3 (livianos)	42,03 (pesados), 22,60 (livianos)	Mano de obra (insuficiencia de personal), Máquina (mantenimiento inadecuado)	Demoras en flujo, acumulación vehicular	30,43% (holguras)
Emisiones (Gasómetro/Opacímetro)	Todos, especialmente Pesados y Livianos	177,2 (pesados), 175,88 (livianos)	27,79 (pesados), 22,11 (livianos)	Método (falta de protocolos especiales), Máquina (actualidad limitada)	Interrupciones por fallas técnicas, rechazos ambientales	21,74% (emisiones)
Velocímetro y Frenómetro	Taxis	141,93 (velocímetro), 123,13 (frenómetro)	30,08 (velocímetro), 29,35 (frenómetro)	Mano de obra (tiempos de respuesta medios), Medición (ausencia de monitoreo)	Estación adicional reduce capacidad (4,5 veh/hora)	17,39% (frenómetro)
Traslados entre Estaciones	Todos	4-8 segundos por traslado	N/A (acumulativo: 4,42% livianos)	Medio Ambiente (espacios de maniobra limitados)	Tiempos muertos sin valor agregado	N/A (indirecto, afecta eficiencia global)

## **Análisis de Capacidad del Sistema**

El mapa de flujo de valor permite cuantificar la capacidad operativa del sistema bajo las condiciones actuales:

- Vehículos livianos: 5,90 vehículos/hora (47,18 vehículos/día)
- Vehículos pesados: 5,63 vehículos/hora (45,07 vehículos/día)
- Vehículos tipo taxi: 4,50 vehículos/hora (36,02 vehículos/día)

La menor capacidad de procesamiento para vehículos tipo taxi se atribuye directamente a la inclusión obligatoria de la prueba de velocímetro, que añade una estación adicional al flujo operativo estándar.

## **Implicaciones para la Optimización del Proceso**

El mapa de flujo de valor evidencia que las principales oportunidades de mejora se concentran en:

1. Reducción de variabilidad en las estaciones de suspensión y emisiones mediante estandarización de procedimientos y mejora de equipamiento.
2. Optimización de la distribución espacial para reducir los tiempos de traslado, particularmente en las últimas etapas del proceso.
3. Balanceamiento de cargas entre estaciones para evitar la acumulación de vehículos en los cuellos de botella identificados.
4. Implementación de protocolos específicos para la gestión de vehículos tipo taxi que minimicen el impacto de la estación adicional requerida.

La alta eficiencia general del proceso (superior al 95% en valor agregado) indica que el sistema presenta un diseño operativo sólido, requiriendo ajustes focalizados en las áreas críticas identificadas para alcanzar su potencial óptimo de rendimiento.

La tabla 26 muestra la síntesis de las propuestas de mejora.

Tabla 26.

## Formulación de las propuestas de mejora

Propuesta de Mejora	Descripción Detallada	Causas Abordadas (de Ishikawa)	Cuellos de Botella Impactados	Viabilidad (Costo/Tiempo)	Impacto Esperado	Indicadores de Medición
Implementar Programa de Mantenimiento Preventivo	Desarrollar un calendario mensual de calibraciones y revisiones técnicas para todos los equipos, incluyendo entrenamiento cruzado del personal en detección temprana de fallas. Integrar software de gestión de mantenimiento (ej. CMMS gratuito como Fiix).	Máquina (frecuencia inadecuada), Mano de Obra (capacitación complementaria)	Suspensión, Emisiones	Medio/Bajo (3 meses)	Reducción de desviaciones de 30%, aumento de disponibilidad de equipos al 98%	Tasa de fallas técnicas (meta: <5%), tiempo de inactividad por equipo (meta: <1 hora/mes)
Estandarizar Protocolos y Aumentar Personal	Crear manuales digitales de procedimientos para casos especiales (ej. vehículos atípicos) y contratar auxiliares técnicos adicionales. Realizar rotaciones para balancear cargas en estaciones críticas.	Método (falta de estandarización y protocolos), Mano de Obra (insuficiencia y rotación)	Suspensión, Velocímetro/Frenómetro	Medio (6 meses)	Reducción de tiempos promedio en 15-20%, capacidad diaria +10 vehículos	Tiempo de respuesta por estación (meta: <10% variabilidad), tasa de ocupación del personal (meta: 85%)
Optimizar Layout y Flujo Vehicular	Rediseñar el patio con AutoCAD/SketchUp para reducir distancias en traslados finales (de 8 a 5 segundos limitados),	Medio Ambiente (espacios limitados),	Traslados entre Estaciones	Alto (4 meses)	Reducción de tiempos sin valor agregado en 50%,	Tiempo total de traslados (meta: <3% del proceso), vehículos por hora

<b>Propuesta de Mejora</b>	<b>Descripción Detallada</b>	<b>Causas Abordadas (de Ishikawa)</b>	<b>Cuellos de Botella Impactados</b>	<b>Viabilidad (Costo/Tiempo)</b>	<b>Impacto Esperado</b>	<b>Indicadores de Medición</b>
	promedio), añadiendo señalización LED y zonas de buffer para evitar congestión.	Método (secuencia de pruebas)			flujo más fluido en picos	(meta: +1 veh/hora por tipo)
Integrar Sistema de Monitoreo Digital	Implementar dashboard en tiempo real (ej. con Tableau o Google Data Studio) para rastrear indicadores como tiempos por estación, rechazos y cumplimiento normativo. Incluir alertas para cuellos de botella.	Medición (ausencia de indicadores y retroalimentación)	Todos (especialmente Emisiones y Suspensión)	Bajo (2 meses)	Mejora en toma de decisiones, eficiencia global +10%, cumplimiento normativo al 95%	Porcentaje de valor agregado (meta: >98%), tasa de aprobación (meta: >85%)
Campañas Preventivas y Cumplimiento Normativo	Lanzar programas educativos para propietarios (talleres virtuales sobre mantenimiento preventivo de holguras y emisiones) y auditorías trimestrales de normativa (Res. 025-DIR-2019-ANT). Ajustar infraestructura para altura mínima (remodelación parcial).	Material de gestión (insumos), Medición (monitoreo normativo)	Emisiones, Suspensión	Bajo (3 meses continuos)	Reducción de rechazos en 25%, alineación con ODS (menos emisiones)	Tasa de rechazos (meta: <15%), porcentaje de cumplimiento (meta: 95%)

## CONCLUSIONES

El levantamiento de información del proceso actual del sistema de revisión técnica vehicular en Cayambe permitió caracterizar detalladamente el flujo operativo, identificando 13 etapas principales desde la alineación hasta la emisión del informe, con recursos técnicos como equipos calibrados para alineación, suspensión, frenos y emisiones, y un cumplimiento parcial de la Resolución No. 025-DIR-2019-ANT en aspectos de infraestructura como altura mínima de estructura (4 metros observados frente a 4,5 requeridos), aunque se verificó la presencia de todos los equipos obligatorios y un personal de 7 funcionarios capacitados, lo que establece una base sólida para el análisis pero resalta limitaciones en la capacidad para manejar el incremento de demanda diaria de hasta 120 atenciones.

El diseño de la implantación del proceso técnico-operativo a través de un plano de vista superior reveló una distribución espacial eficiente con un área total de 45 metros de largo por línea de revisión, superando el mínimo normativo de 25 metros, y un layout que facilita el recorrido vehicular secuencial, aunque con espacios de maniobra que podrían optimizarse para reducir tiempos de traslado progresivos de 4 a 8 segundos entre estaciones.

La elaboración del diagrama de flujo de tráfico interno visualizó un desplazamiento vehicular lineal con distancias crecientes hacia el final del proceso, evidenciando tiempos de detención mínimos pero acumulativos que representan el 4,42% del tiempo total en vehículos livianos, lo que confirma un flujo constante pero susceptible a congestión en picos de demanda.

La verificación del cumplimiento de parámetros normativos contrastados con el proceso observado mostró un alto grado de conformidad del 86,70%, con desviaciones críticas solo en la ausencia de un programa de mantenimiento preventivo y altura estructural, mientras que aspectos como automatización de pruebas (100% conforme) y confidencialidad de resultados garantizan la integridad del servicio según la norma INEN 2349.

El análisis de las principales causas de ineficiencia mediante el diagrama de Ishikawa identificó factores raíz en categorías como método (falta de protocolos para casos especiales), mano de obra (insuficiencia de personal técnico) y medición (ausencia de indicadores de desempeño), con interacciones que amplifican demoras operativas y reducen la capacidad de respuesta.

Finalmente, la construcción del mapa de flujo de valor permitió visualizar tiempos muertos concentrados en traslados (menos del 5% del total), actividades con valor agregado superiores al 95% y cuellos de botella en estaciones de suspensión (desviación estándar de hasta 42 segundos en pesados) y emisiones (promedios de 177 segundos), cuantificando capacidades de procesamiento de 4,5 a 5,9 vehículos por hora y destacando oportunidades para eliminar desperdicios y balancear cargas.

## RECOMENDACIONES

Con base en el alto cumplimiento normativo pero con desviaciones en infraestructura y mantenimiento, se recomienda implementar un programa de mantenimiento preventivo estructurado para equipos, priorizando calibraciones mensuales y actualizaciones tecnológicas para reducir variabilidad en estaciones críticas como suspensión y emisiones, lo que podría elevar la tasa de aprobación por encima del 80,83% actual y minimizar rechazos por holguras y gases.

Dado el flujo vehicular eficiente pero con tiempos de traslado acumulativos, se sugiere rediseñar el layout del patio mediante un plano optimizado que reduzca distancias entre estaciones finales, incorporando señalización digital para guiar maniobras y disminuir el porcentaje de tiempo sin valor agregado por debajo del 4%, mejorando así la capacidad diaria teórica de hasta 47 vehículos livianos.

Ante la insuficiencia de personal y falta de protocolos especiales identificados en el diagrama de Ishikawa, es aconsejable capacitar y aumentar el equipo técnico en al menos 2 auxiliares, junto con la estandarización de procedimientos para casos atípicos, para acelerar tiempos de respuesta y equilibrar cargas en picos de demanda.

Para abordar la ausencia de indicadores de monitoreo y potenciar la eficiencia general superior al 95% en valor agregado, se propone integrar un sistema de medición de desempeño con métricas en tiempo real, como dashboards digitales para rastrear cuellos de botella, facilitando retroalimentación continua y alineando el proceso con objetivos ODS como ciudades sostenibles y acción climática.

Finalmente, basado en los resultados cuantitativos de tiempos promedio y rechazos concentrados, se recomienda realizar auditorías trimestrales de cumplimiento normativo y campañas preventivas de mantenimiento vehicular dirigidas a propietarios de taxis y pesados, para reducir rechazos en emisiones y holguras, contribuyendo a una mayor satisfacción del usuario y optimización operativa global del CRTV.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adn Lean Bussines School. (2024, marzo 10). *¿Qué es VSM y cómo se hace el mapa de flujo de valor? Plantilla excel - ADN Lean*. <https://adnlean.com/que-es-vsm-y-como-se-hace-el-mapa-de-flujo-de-valor/>
- Basílio, G., & Campos, G. (2021). El uso del Diagrama de Ishikawa para identificar las causas de contaminación en la línea de producción de matanza de ganado. *La Técnica. Revista de las Agrociencias*, 11(2), 99-104. [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i26.3485](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i26.3485)
- Desarrollo Profesional SyS. (2023, enero 24). *Metodología DMAIC - Desarrollo Profesional SyS*. <https://academy.dpsys.com.mx/metodologia-dmaic/>
- Enríquez Rosales, E. P. (2022). *Elaboración de una propuesta para modificar la norma de revisión técnica vehicular ecuatoriana para la incorporación de inspección de vehículos eléctricos*. [B.S. thesis, Quito: EPN, 2022.]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23359>
- Martínez-Narváez, Á. S., Erazo-Álvarez, J. C., Narváez-Zurita, C. I., & Erazo-Álvarez, C. A. (2021). Modelo de Gestión para un Centro de revisión técnico vehicular. *CIENCIAMATRIA*, 7(12), 807-837.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas, M. (2020). *MTOP, ANT, CNC y AME suscribieron convenio para que los GAD implementen el servicio de Revisión Técnica Vehicular en todo el país – Ministerio de Transporte y Obras Públicas*. <https://www.obraspublicas.gob.ec/mtop-ant-cnc-y-ame-firmaron-convenio-para-que-los-gad-implementen-el-servicio-de-revision-tecnica-vehicular-en-todo-el-pais/>
- Obregon, Y. C. S., & Vasquez, J. N. C. (2023). *Estudio de factibilidad para la creación de empresa de revisión técnica al transporte publico en San Pedro Sula* [PhD Thesis, Centro

- Universitario Tecnológico (CEUTEC)]. <https://repositorio.unitec.edu/items/aae177d1-42ac-461a-a7aa-79ed6bf4942e>
- Rauch, E. (2014). *Example of a value stream map (Current state map)*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/figure/Example-of-a-value-stream-map-Current-state-map-from-Lean-Management-21\\_fig1\\_263931556](https://www.researchgate.net/figure/Example-of-a-value-stream-map-Current-state-map-from-Lean-Management-21_fig1_263931556)
- Resolución No 025-DIR-2019-ANT Reglamento de Revisión Técnica Vehicular (2019). [https://guachapala.gob.ec/wp-content/uploads/2024/04/10-RESOLUCION\\_No\\_025-DIR-2019-ANT.pdf](https://guachapala.gob.ec/wp-content/uploads/2024/04/10-RESOLUCION_No_025-DIR-2019-ANT.pdf)
- Reyes, L., Rivera, G., Ángeles, L., Canós, L., & Castelló, F. (2025). Diagrama de Ishikawa y las 3 Mu como herramientas para el diagnóstico de la productividad. *Cultura Científica y Tecnológica*, 22(1), 13-27. <https://doi.org/10.20983/culcyt.2025.1.2.2>
- Rojas, H., & Trujillo, C. (2023). *Fundamentos de Estadística Descriptiva (Medidas de Resumen—Medidas Estadísticas en Datos Agrupados)* [Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Civil, Neiva]. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/52490>
- STEL Order. (2024, agosto 8). *Diagrama de Ishikawa: Qué es y en qué consiste - STEL Order*. <https://www.stelorder.com/blog/diagrama-de-ishikawa/>

## Anexos

### *Anexo 1. Centro de Atención*

