

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**



**SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO PRESUNTIVO DE  
FALLAS AUTOMOTRICES DE FLOTA MEDIANA EN LA  
EMPRESA JC AUTOMOTRIZ RODRIGUEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**AUTOR**

**RICARDO ALONSO RODRIGUEZ LOZANO**

**ASESOR**

**MARLON EUGENIO VILCHEZ RIVAS**

<https://orcid.org/0000-0003-2979-0731>

**Chiclayo, 2022**

**SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO  
PRESUNTIVO DE FALLAS AUTOMOTRICES DE FLOTA  
MEDIANA EN LA EMPRESA JC AUTOMOTRIZ  
RODRIGUEZ**

PRESENTADA POR

**RICARDO ALONSO RODRIGUEZ LOZANO**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

APROBADA POR

Jessie Leila Bravo Jaico

PRESIDENTE

Miguel Angel Diaz Ospino

SECRETARIO

Marlon Eugenio Vilchez Rivas

VOCAL

## **Dedicatoria**

A mis padres, por su constancia en mi educación para convertirme en un gran profesional.

## **Agradecimientos**

A la empresa JC Automotriz Rodriguez, por brindarme las facilidades para realizar mi investigación. A mi asesor de tesis, por su soporte para culminar este documento.

## Índice

RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>I. REVISIÓN DE LITERATURA / MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1.3. ANTECEDENTES LOCALES .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.2. SISTEMA EXPERTO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.3. SISTEMAS VEHICULARES .....</b>	<b>20</b>
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4. PROCEDIMIENTOS.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.1. METODOLOGÍA DE DESARROLLO.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.2. PRODUCTO ACREDITABLE .....</b>	<b>24</b>
<b>2.5. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....</b>	<b>26</b>
<b>2.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS .....</b>	<b>27</b>
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1. EN BASE A LA METODOLOGÍA UTILIZADA .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.1. ITERACIÓN #1: EVALUACIÓN .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.2. ITERACIÓN #2: ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.3. ITERACIÓN #3: MODELADO DE NEGOCIO SEGÚN RUP .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.4. ITERACIÓN #4: ANÁLISIS SEGÚN RUP .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.5. ITERACIÓN #5: DISEÑO.....</b>	<b>43</b>

3.1.6.	ITERACIÓN #6: PRUEBAS .....	55
3.1.7.	ITERACIÓN #7: DOCUMENTACIÓN .....	62
3.1.8.	ITERACIÓN #8: MANTENIMIENTO .....	66
3.2.	EN BASE A LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
3.2.1.	IDENTIFICAR LOS PROBLEMAS MÁS COMUNES DETECTADOS EN EL MANTENIMIENTO VEHICULAR Y SUS CAUSANTES .....	66
3.2.2.	IDENTIFICAR LOS COSTOS PERTINENTES EN EL MANTENIMIENTO VEHICULAR.....	67
3.2.3.	IMPLEMENTAR UN SISTEMA WEB BASADO EN REGLAS QUE DETERMINE LOS PROBLEMAS EXISTENTES CON UN VEHÍCULO.....	67
3.2.4.	VALIDAR Y VERIFICAR EL SISTEMA. ....	67
3.3.	MANUAL DE USUARIO .....	67
3.4.	IMPACTOS ESPERADOS .....	67
3.4.1.	IMPACTOS ECONÓMICOS .....	67
3.4.2.	IMPACTOS EN TECNOLOGÍA .....	68
3.4.3.	IMPACTOS AMBIENTALES .....	68
3.4.4.	IMPACTOS EN LA FORMACIÓN DE CADENAS PRODUCTIVAS .....	69
IV.	DISCUSIÓN .....	69
V.	CONCLUSIONES.....	71
VI.	RECOMENDACIONES.....	71
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
VIII.	ANEXOS.....	75
	ANEXO 01: FICHA DE OBSERVACIÓN .....	75
	ANEXO 02: RESUMEN DE ENTREVISTA INICIAL PARA DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	76
	ANEXO 03: RESUMEN DE ENTREVISTA INICIAL PARA OBTENCIÓN DE COSTOS POR ATENCIÓN VEHICULAR .....	78
	ANEXO 04: MANUAL DE USUARIO .....	80

## Lista de tablas

TABLA I: MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	22
TABLA II: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	22
TABLA III: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	26
TABLA IV: ASUNTOS DE VIABILIDAD DEL PROBLEMA .....	29
TABLA V: ASUNTOS DE VIABILIDAD DEL PERSONAL.....	29
TABLA VI: ASUNTOS DE VIABILIDAD DEL DESPLIEGUE .....	30
TABLA VII: VIABILIDAD DEL PROYECTO .....	30
TABLA VIII: PRESUPUESTO DEL PRODUCTO ACREDITABLE .....	31
TABLA IX: PRESUPUESTO TECNOLÓGICO .....	31
TABLA X: RESUMEN PRESUPUESTAL .....	31
TABLA XI: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	32
TABLA XII: TIEMPOS ESTABLECIDOS POR ACTIVIDAD EN EL PROYECTO.....	35
TABLA XIII: COSTOS POR AUXILIO VEHICULAR.....	37
TABLA XIV: CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN 01 .....	59
TABLA XV: CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN 02 .....	60
TABLA XVI: CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN 03 .....	61
TABLA XVII: LISTADO DE FALLAS AUTOMOTRICES E INFORMACIÓN RELEVANTE .....	63

## Lista de figuras

FIG. 1. MODELOS DE LA METODOLOGÍA COMMONKADS [18].....	18
FIG. 2. FASES DE LA METODOLOGÍA BUCHANAN [19] .....	19
FIG. 3. FASES DE LA METODOLOGÍA JHON DURKIN [20].....	20
FIG. 4. DIAGRAMA DE CONTEXTO DE NEGOCIO .....	40
FIG. 5. DIAGRAMA DE ACTORES DE NEGOCIO.....	40
FIG. 6. DIAGRAMA DE CASOS DE USO DEL NEGOCIO .....	40
FIG. 7. DIAGRAMA DE CONTEXTO DE ANÁLISIS .....	42
FIG. 8. DIAGRAMA DE ARQUITECTURA.....	43
FIG. 9. DIAGRAMA DE CLASES DE ANÁLISIS .....	43
FIG. 10. DIAGRAMA DE CONTEXTO DE DISEÑO.....	44
FIG. 11. DIAGRAMA DE COMPONENTES.....	44
FIG. 12. DIAGRAMA DE CLASES DE DISEÑO .....	45
FIG. 13. DISEÑO DE BASE DE DATOS.....	45
FIG. 14. DIAGRAMA DE DESPLIEGUE .....	46
FIG. 15. INTERFAZ DE BIENVENIDA AL SISTEMA.....	46
FIG. 16. INTERFAZ DE SOLICITUD DE DATOS DE UBICACIÓN .....	47
FIG. 17. INTERFACES DE PREGUNTAS PARA DIAGNÓSTICO .....	47
FIG. 18. INTERFACES DE PREGUNTAS PARA DIAGNÓSTICO .....	47
FIG. 19. INTERFAZ DE REPORTE DE DIAGNÓSTICO VEHICULAR .....	48
FIG. 20. INTERFAZ DE SOLICITUD DE AUXILIO .....	48
FIG. 21. INTERFAZ DETALLADA DE SOLICITUDE DE AUXILIO .....	49
FIG. 22. INTERFAZ DE BIENVENIDA AL SISTEMA.....	50
FIG. 23. INTERFAZ DE PREGUNTA DE UBICACIÓN PARA SERVICIO.....	51
FIG. 24. INTERFAZ DE PREGUNTAS CATEGÓRICAS PARA EL USO DE LA APLICACIÓN .....	52
FIG. 25. INTERFAZ DE PREGUNTAS PARA OBTENER DIAGNÓSTICO .....	53
FIG. 26. INTERFAZ DE REPORTE DE DIAGNÓSTICO .....	54
FIG. 27. INTERFAZ DE SOLICITUD DE AUXILIO .....	54
FIG. 28. INTERFAZ DE GESTIÓN DE ESTADOS DE SOLICITUD DE AUXILIO.....	55
FIG. 29. INTERFAZ DE REPORTE DE SOLICITUDES DE AUXILIO .....	55
FIG. 30. GRAFO DEL FUNCIONAMIENTO DEL ALGORITMO.....	56
FIG. 31. CASO DE PRUEBA CUANDO NO PUEDE DETECTARSE UNA FALLA VEHICULAR .....	57
FIG. 32. SOLICITUD DE AUXILIO CUANDO NO SE DETERMINA UNA FALLA VEHICULAR.....	57
FIG. 33. CASO DE PRUEBA CUANDO NO PUEDE DETECTARSE UNA FALLA VEHICULAR .....	58

FIG. 34. REPORTE DE DIAGNÓSTICO COMPLETO .....	58
FIG. 35. CONFIRMACIÓN DE REGISTRO DE SOLICITUD .....	59
FIG. 36. INTERFAZ DE RESULTADOS DEL REPORTE DE DIAGNÓSTICO VEHICULAR.....	62
FIG. 37. ÁRBOL BINARIO DE DECISIÓN DE REGLAS DEL ALGORITMO .....	64
<i>FIG. 38. FLUJO DE FUNCIONAMIENTO DEL ALGORITMO .....</i>	<i>65</i>

## Resumen

Hoy en día es importante para las empresas brindar servicios al alcance de sus clientes a través de internet y aplicaciones móviles, lamentablemente no ha sido muy aprovechado por empresas de la región Lambayeque, especialmente en el sector de talleres automotrices. JC Automotriz Rodriguez es un taller que viene atravesando problemas con su cartera de clientes, sin poder acceder a nuevos usuarios a pesar de contar con un servicio de calidad, especialmente en la rápida detección de fallas vehiculares. Por esto se inicia esta tesis que es una investigación tecnológica aplicada con el objetivo de apoyar el proceso de diagnóstico de fallas automotrices en vehículos de flota mediana. Para lograrlo se diseñó, programó e implementó un sistema experto basado en reglas difusas, el cual conceptualizaba el conocimiento de los mecánicos para generar diagnósticos presuntivos de los problemas de los vehículos de sus clientes y permitir el auxilio vehicular remoto y asistido al lugar de la emergencia. Utilicé RUP y Jhon Durkin para el sistema y se evaluó la calidad de la aplicación a través de varias pruebas automatizadas del software y también la aprobación de los administrativos. Se concluyó con la tipificación de costos y sistemas afectados por cada falla vehicular, se implementó el sistema experto con calidad verificada; por lo tanto se logró satisfactoriamente apoyar el diagnóstico de fallas realizado por el taller automotriz.

**Palabras clave:** sistema basado en reglas, diagnóstico vehicular, falla automotriz, sistema experto.

### **Abstract**

Nowadays it is important for companies to provide services within the reach of their customers through the internet and mobile applications, unfortunately it has not been much used by companies in the Lambayeque region, especially in the automotive workshop sector. JC Automotriz Rodriguez is a workshop that has been experiencing problems with its client portfolio, without being able to access new users despite having a quality service, especially in the rapid detection of vehicle failures. This is why this thesis begins, which is an applied technological research with the objective of supporting the process of diagnosing automotive failures in medium-sized vehicles. To achieve this, an expert system based on fuzzy rules was designed, programmed and implemented, which conceptualized the knowledge of the mechanics to generate presumptive diagnoses of the problems of their clients' vehicles and allow remote and assisted vehicular assistance to the emergency site. . I used RUP and Jhon Durkin for the system and the quality of the application was assessed through various automated software tests and also administrative approval. The classification of costs and systems affected by each vehicle failure was concluded, the expert system with verified quality was implemented; therefore, it was successfully possible to support the fault diagnosis carried out by the automotive workshop.

**Keywords:** rule-based system, vehicular diagnosis, automotive failure, expert system.

## **I. Introducción**

En estos tiempos en que la tecnología se ha convertido en un componente primordial en las empresas debido a la globalización, aquellas que se resisten al cambio de la innovación tecnológica en sus procesos usualmente quedan atrás y son rebasadas por su competencia. Debido a ello, resulta imperativo buscar automatizar o incluir soluciones tecnológicas dentro de los procesos de las compañías sin importar su rubro. Según la Fundación Romero [1], en el Perú se ha visto un interés en las compañías por sumarse a la tendencia de la transformación digital, sobre todo tras la situación generada por la pandemia del COVID-19.

JC Automotriz Rodriguez E.I.R.L. es una empresa dedicada al rubro de carga liviana y pesada, proveyendo los servicios de mantenimiento, reparación y venta de repuestos para camiones, tractores, trailers y semi-trailers. Las operaciones de la compañía se han mantenido estancadas durante los últimos años debido a que mantienen su cartera de siete clientes (empresas que utilizan vehículos de carga mediana y pesada) y no han logrado atraer nuevos clientes, pues no han actualizado sus servicios al ritmo en que el mundo hoy en día se mueve (servicios digitales personalizados). Asimismo, debido al limitado número de mecánicos el proceso de diagnóstico vehicular tiene fallas y es lento durante alta demanda a pesar de ser un procedimiento repetitivo y ya conocido por los mecánicos.

Respecto al sector automotriz en la región Lambayeque, en 2018 se comprobó que más de 36,000 vehículos circulan en un parque automotor totalmente hacinado [2]. Sumado a ello, Chiclayo en 2019 ha visto un incremento del 2.3% de venta de vehículos en la ciudad respecto al año anterior [3]. Con estas cifras, queda demostrado que existe una alta demanda de vehículos que precisan de mantenimiento preventivo y correctivo, tanto por su bienestar social como por el impacto ambiental que este tiene en Lambayeque.

Ante esta realidad, es importante formular la siguiente pregunta ¿Cómo apoyar el diagnóstico de fallas automotrices en vehículos de flota media en la empresa JC Automotriz Rodriguez E.I.R.L.? Frente a esta pregunta y la necesidad de profundizar el problema, se realizó la investigación del tipo tecnológico aplicada cuya población fue de usuarios que solicitan el servicio de atención vehicular por fallas vehiculares en sus automóviles de flota media.

Para atender el problema identificado se planteó implantar un sistema experto basado en reglas para apoyar el diagnóstico de fallas automotrices para vehículos de flota media en la empresa JC Automotriz Rodriguez. La investigación se justifica a nivel tecnológico porque existe demanda de vehículos con necesidad de mantenimiento y clientes potenciales para atender en la región Lambayeque, así como el uso de internet para actividades diarias que permite la implementación del sistema web propuesto. Asimismo, se justifica a nivel socioeconómico al proveer de servicios más personalizados a los clientes de la región y reciben una atención a su medida, permitiendo el incremento de la actividad económica en el rubro de los talleres automotrices; e incluso a nivel ambiental, puesto que vehículos mejor conservados y cuidados emiten menos contaminación en Lambayeque.

Para esta investigación, se determinó como objetivo general desarrollar un sistema experto para realizar un diagnóstico presuntivo de fallas automotrices en vehículos de flota media para la empresa JC Automotriz Rodriguez. Se plantearon como objetivos específicos identificar las fallas vehiculares más comunes y sus causantes, identificar los costos pertinentes en la reparación de fallas vehiculares según su tipificación, diseñar un algoritmo para el diagnóstico a través de reglas difusas y finalmente validar y verificar la calidad del software.

## **I. REVISIÓN DE LITERATURA / MARCO TEÓRICO**

### **1.1. Antecedentes**

Se han considerado para esta investigación los siguientes antecedentes:

#### **1.1.1. Antecedentes internacionales**

Abdelmohsen y Ali [4] realizaron una investigación bastante similar al de esta tesis: desarrollaron un sistema experto para la resolución de problemas en el mantenimiento de tractores. El software utilizó las herramientas SQL Server para la base de datos y Microsoft Visual Studio. Este estudio concluye en el cumplimiento de sus tres objetivos e hipótesis específicas: implementar un sistema experto para la resolución de problemas en fallas vehiculares, establecer una base de datos de conocimiento que contiene la mayoría de las disfuncionalidades, coincidiendo con el trabajo realizado por los tractores y los pasos para resolverlo, y por último apoyar a técnicos

e ingenieros a hallar un diagnóstico y reparar tractores agricultores. Esta tesis desarrolló un software de características y objetivos similares a los del sistema que implementé, sin embargo, mi tesis planteó un sistema experto que sirva de apoyo para el cliente, en lugar del mecánico como lo planteó este antecedente.

Por otro lado, Garzón y Urdiales [5] desarrollaron un sistema que a través de redes neuronales artificiales encontraba fallas mecánicas en motores de encendido. Este antecedente utilizó el reconocimiento de sonidos mediante sensores en el vehículo para después de reconocer la falla, analizar cuál es la fuente (parte del vehículo que sufre daños) del problema en general. Se utilizó el software MATLAB y LabVIEW como sistema de programación gráfica. Al ser una investigación que apoya el proceso de diagnóstico en el área de la mecánica automotriz, elegí este antecedente para revisar el análisis y la lógica de su sistema que detectaba fallas mecánicas en vehículos, tal y como se realizó en esta tesis.

Cabe añadir que Hurtado y Zabala [6] desarrollan un sistema inteligente web con el fin de recomendar destinos turísticos, basándose en reglas y casos previos. Desarrollado mediante la metodología Microsoft Solution Framework, se utilizó Python y el IDE Pycharm for Education para diseñar y programar el sistema experto que ofrecía paquetes turísticos sin la necesidad de contar con un guía para que realice esta acción. Si bien este rubro no es el mismo que el automovilístico, el objetivo principal sí: conceptualizar el conocimiento de un experto para apoyar un proceso de la empresa y ejecutar tareas sin que este se encuentre presente. La validación de este antecedente se dio mediante juicio de expertos y validación del usuario final.

### **1.1.2. Antecedentes nacionales**

En otro giro de negocio, Santa Cruz y Padilla [7] desarrollan un sistema experto para el diagnóstico médico de pacientes que sufren de enfermedades gastroenterológicas en la región de Huancavelica. Al no contar con el especialista adecuado en el hospital sobre el cual se realizó la investigación, se planteó apoyar al diagnóstico de dichos

pacientes a través de un sistema experto. Este es un caso similar al planteado en mi tesis, pues brindó soporte a personas que no contaban con un experto en el mantenimiento vehicular cerca. Si bien este antecedente tampoco es del rubro y se orienta más a la medicina, se eligió porque se cumplió el objetivo de incrementar la satisfacción de pacientes y médicos respecto al diagnóstico recibido. Se consideró la conceptualización del problema y la resolución del problema.

Menacho [8] desarrolló un sistema experto para gestionar el mantenimiento de tractores y maquinaria pesada para actividades relacionadas con la tierra en la ciudad de Huaraz. Para esta tesis, se conceptualizó todo el conocimiento del mantenimiento tanto preventivo como correctivo para construir el sistema experto, incrementando la disponibilidad y gestión de la planificación del mantenimiento para prevenir fallas en los motores u otras partes de los vehículos. A los expertos que se consultó fue mecánicos, técnicos y profesionales de ingeniería relacionados a dichos aspectos para brindar soporte en el modelado del sistema. Se concluyó que el software generaba un incremento representativo en la gestión del mantenimiento de dicha maquinaria pesada. Se consideró como antecedente dado que fue un sistema experto en el área de mantenimiento de maquinaria, similar a lo desarrollado en mi tesis. Terán [9] desarrolló un sistema experto para determinar índices de seguridad en diferentes escuelas de nivel primario y secundario del distrito de Calzada en Tarapoto, influyendo positivamente en el desarrollo de sus actividades. A través de preprueba y postprueba se concluyó que el software desarrollado influenciaba positivamente a los colegios. Este antecedente fue considerado por la aplicación de la metodología Jhon Durkin para el desarrollo de un sistema experto, conceptualizando sus fases de una manera bastante similar a la de mi tesis.

### **1.1.3. Antecedentes locales**

Cabe resaltar que, en la región, el uso de sistemas expertos para investigaciones está más orientado a la medicina, educación y otras

actividades económicas, por lo que elegí otras tesis que conceptualizaban el conocimiento de expertos y lograban los objetivos planteados para apoyar a sus respectivas situaciones problemáticas.

Con el fin de promover el turismo en el departamento de Lambayeque, Ramos [10] desarrolló un sistema experto a través del diseño de un repositorio de datos relevantes para la sugerencia de destinos turísticos en la región, generando el modelo de conocimientos utilizado por el software implementado. Elegí este antecedente porque también fue implementado en entorno web, brindando la facilidad para que cualquier turista en alguna parte del país acceda a los beneficios de este sistema cuando sea necesario. Se logró cumplir el objetivo de brindar soporte y fomentar el turismo en Lambayeque.

En la región del norte, específicamente en Moche, Gupioc y Peña [11] implementaron un sistema experto de diagnóstico, igual que en mi tesis, pero en este caso fue para personas con diagnóstico de depresión. A través de un sistema basado en reglas que conceptualizaron el conocimiento de psicólogos expertos, se concluyó que se incrementaron los diagnósticos de depresión, tiempos de diagnóstico y de reporte de diagnóstico, así como la satisfacción del personal en buena medida. A través de la metodología ICONIX, esta tesis fue considerada como antecedente porque realizó una comparación de metodologías de desarrollo para sistemas expertos, así como la aplicación de reglas para obtener un diagnóstico.

De manera similar a los antecedentes orientados a la medicina, Dávila y Nomberto [12] conceptualizaron el conocimiento de los médicos para dar soporte en el diagnóstico de enfermedades, en este caso gástricas. Aplicando la metodología COMMON KADS, se logró diseñar e implementar un sistema experto web para generar una base de conocimiento y obtener las reglas que determinaban el diagnóstico clínico de la enfermedad descrita. Debido a lo obtenido como reglas es que elegí este antecedente, pues también se

consideraron diversos factores determinantes al momento de realizar un diagnóstico, que en mi caso fue vehicular.

## **1.2. Bases teórico científicas**

### **1.2.1. Inteligencia artificial**

Turing, considerado pionero en el ámbito de la inteligencia artificial, en [13] propone el desarrollo de sistemas capaces de la generación autónoma de conocimiento por las computadoras, con la capacidad de razonar y tomar decisiones a través del análisis de su experiencia y situaciones presentadas diariamente. Russell y Norvig [14] agrupan la inteligencia artificial bajo cuatro criterios:

#### **1.2.1.1. Sistemas que piensan como humanos**

Simulan el pensamiento humano a través de modelos como las redes neuronales artificiales.

#### **1.2.1.2. Sistemas que actúan como humanos**

Imitan el comportamiento humano a través de la implantación de modelos físicos que simulan sus acciones, como la robótica.

#### **1.2.1.3. Sistemas que piensan racionalmente**

Simulan el pensamiento humano, específicamente su pensamiento racional. Los sistemas expertos son incluidos en este grupo.

#### **1.2.1.4. Sistemas que actúan racionalmente**

Los agentes inteligentes son un buen ejemplo de este tipo de sistemas, que imitan el comportamiento humano racionalmente.

### **1.2.2. Sistema experto**

En términos de Feigenbaum [15], un sistema experto es un software inteligente que aprovecha los conocimientos y la inferencia para afrontar y resolver problemáticas complejas que requieren de la participación de un experto para solucionarlas.

Para el desarrollo de sistemas expertos se requiere contar con dos perfiles claros: un experto en el área a la cual se desea intervenir y

un desarrollador que pueda procesar todo el conocimiento (o parte de él) y procesarlo para generar una base de conocimiento.

#### **1.2.2.1. Tipos de sistemas expertos**

De acuerdo con Badaró, Ibañez y Agüero [16], existen:

##### **A. Basados en reglas previamente establecidas**

Funcionan a través de inferencia lógica dirigida, aplicando reglas, comparando sus resultados y aplicando nuevas según la situación generada por la realidad.

##### **B. Reglas “Si... entonces...”**

Son el tipo de conocimiento mayormente generado a través de sistemas expertos, donde se busca simular la lógica del razonamiento de los expertos.

##### **C. Basados en casos**

A través de analogías de casos se resuelven los problemas de la realidad problemática, aprovechando el conocimiento generado por casos previamente resueltos. Este tipo de sistema experto es de los más utilizados actualmente.

##### **D. Basados en redes bayesianas**

Las redes bayesianas representan modelos matemáticos probabilísticos que relacionan variables y sus dependencias mediante gráficos acíclicos. De este modo se genera un modelo de causa-efecto.

##### **E. Sistemas expertos difusos**

A través de la lógica difusa se gestiona la incertidumbre de las variables, se simula la lógica humana del razonamiento, perdiendo el concepto rígido con el que las computadoras procesan información. Se aprovecha el concepto del quizás, según Holland [17].

#### **1.2.2.2. Metodologías de desarrollo de sistemas expertos**

##### **A. CommonKADS**

De acuerdo con Lagos [18], esta metodología es apropiada para los sistemas basados en conocimiento,

creando sistemas a gran escala de calidad. Esta metodología cuenta con seis modelos a modo de plantillas para gestionar apropiadamente el proyecto.

Estos son:

- Modelo organizacional: se analiza y describe la organización a estudiar.
- Modelo de tarea: detalla las tareas realizadas por la organización donde se implantará el sistema y se distribuyen las tareas entre los agentes presentados en el modelo siguiente.
- Modelo de agente: describe a los agentes que ejecutarán las tareas descritas en el modelo previo. Deben definirse sus correlaciones, características y limitaciones.
- Modelo de comunicación: describe las comunicaciones entre los agentes al desarrollar sus tareas.
- Modelo de experiencia: es el modelo primordial de la metodología, describe el conocimiento para la solución de problemas por parte del sistema. Se consideran los niveles de dominio, tarea e inferencia.
- Modelo de diseño: orientado al artefacto, este modelo describe el diseño arquitectónico y características técnicas del sistema a desarrollar.

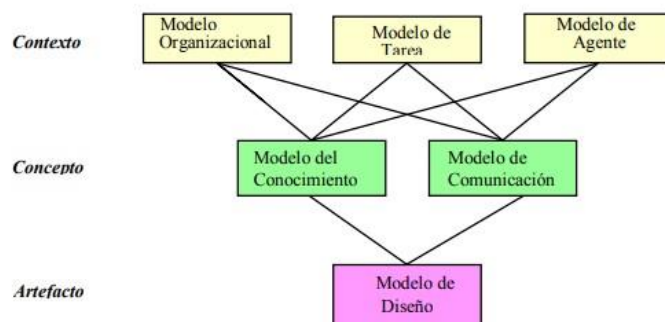


Fig. 1. Modelos de la metodología CommonKADS [18]

## B. Buchanan

Propuesta por Buchanan [19], presenta esta metodología con la premisa de constantemente relacionar al experto y al ingeniero del conocimiento, como fue mencionado previamente, enfocándose en la obtención del conocimiento. Esta metodología enumera seis etapas:

- Identificación
- Conceptualización
- Formalización
- Implementación
- Validación

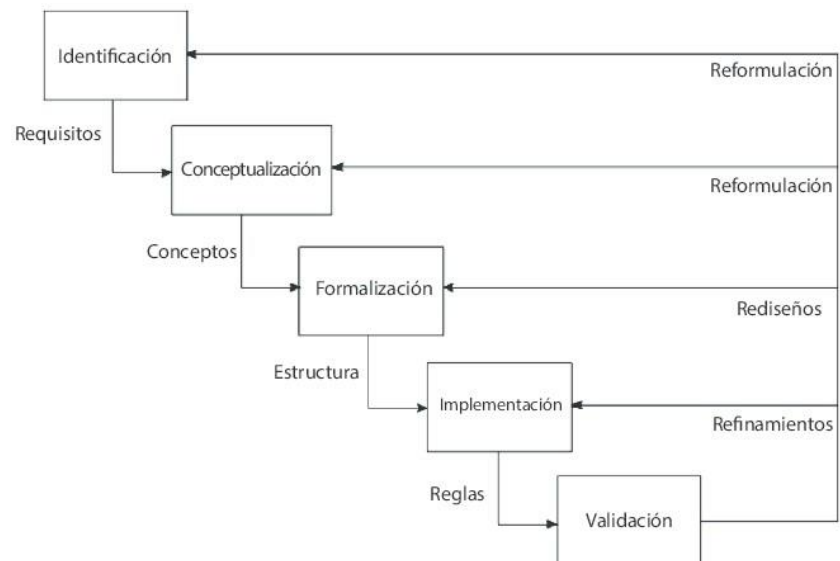


Fig. 2. Fases de la metodología Buchanan [19]

## C. Jhon Durkin

Propuesta por Durkin [20] esta metodología conceptualiza el desarrollo y diseño de sistemas expertos a través de 6 fases:

- Evaluación
- Adquisición del conocimiento
- Diseño
- Pruebas
- Documentación
- Mantenimiento

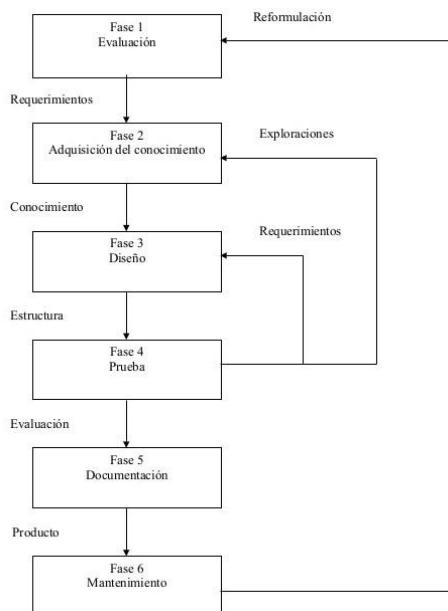


Fig. 3. Fases de la metodología Jhon Durkin [20]

### 1.2.3. Sistemas vehiculares

El automóvil es un vehículo que a través de motores y un conductor se moviliza. Por su peso pueden dividirse en flota liviana, media y pesada. Sin embargo, todos comparten la misma constitución: dos grupos de elementos mecánicos que son la carrocería y el chasis [21]. Juntos, permiten a un vehículo funcionar de la manera correcta. Sin embargo, en caso se presente una falla vehicular, es importante identificar el sistema que presenta problemas y así resolverlo de la manera apropiada según el experto que requiera atención (mecánico, electricista, etc).

#### 1.2.3.1. Sistema de suspensión

El sistema de suspensión es aquel que permite al vehículo brindar comodidad a los pasajeros, evitando que las imperfecciones en la carretera o acera no afecten la carroza del vehículo, manteniendo los rodajes apoyados correctamente sobre la acera y evitando que derrape [22]. Algunos de sus elementos que presentan fallas más comúnmente son los muelles, neumáticos o amortiguadores.

### **1.2.3.2. Sistema de carga de alternador**

Como parte del sistema eléctrico del vehículo, lo conforman los circuitos de arranque, carga y encendido, todos relacionados con el alternador [24]. Suministra la corriente a la batería y los otros sistemas que requieren de electricidad para su funcionamiento. Algunos de sus elementos que presentan fallas más comúnmente son los cables, batería, chapa de contacto y alternador.

### **1.2.3.3. Sistema de frenos**

El sistema de frenos brinda al vehículo la capacidad de reducir la velocidad de un automóvil, así como detenerlo cuando se encuentra en movimiento. Transforma energía mecánica en calor para disminuir la rapidez del vehículo [25]. Algunos de sus elementos que presentan fallas más comúnmente son los cardanes, frenos, bandas de rodamiento, bombín o mangueras de frenos.

### **1.2.3.4. Sistema de arranque**

El sistema de arranque, conformado por la chapa de contacto y la batería, permite al motor de arranque accionar para encender el vehículo, transformando energía eléctrica en energía cinética para prender los sistemas del automóvil [26].

### **1.2.3.5. Sistema de motor**

Transformando la energía química en mecánica, permite al vehículo desplazarse [22]. Este puede hacerlo a través de un motor de explosión o de combustión, que funcionan con gasolina o diesel respectivamente. Algunos de sus elementos que presentan fallas más comúnmente son los cables, empaque o manguera de motor, o los o-rings.

### **1.2.3.6. Sistema de dirección**

El sistema de dirección cumple el objetivo de orientación para las ruedas delanteras y así dirigir el automóvil a disposición de su conductor. A través de diferentes mecanismos de articulación y manijas, conducen la

dirección a través de las ruedas [22]. Algunos de sus elementos que presentan fallas más comúnmente son los terminales de dirección, ejes de dirección, eje de timón, barra de dirección, caja de dirección o incluso los rodamientos.

### 1.2.3.7. Sistema de transmisión

El sistema de transmisión está conformado por el mecanismo que conduce el movimiento desde el motor hasta las ruedas según la rapidez que este requiera [22]. A través del embrague, la caja de cambios, el árbol de transmisión, el puente motriz y otros piñones que los conforman, provee estas funciones para los vehículos.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Tipo de investigación

Esta investigación es tecnológico aplicada por la implementación del sistema para hacer frente a la situación problemática planteada. Este tipo de investigación está fundamentada por Sánchez y Reyes [23].

### 2.2. Métodos de investigación

Los métodos de investigación empleados son los siguientes:

TABLA I: MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Método	Descripción
Analítico	Estudio y análisis del problema que presenta la organización
Deductivo	Estrategia para el planteamiento de la propuesta de solución al problema
Implementación	Se pondrá en ejecución la propuesta de solución

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, en la siguiente tabla se muestra las técnicas e instrumentos que serán útiles para la recolección de datos. Se puede ver el detalle en los anexos 01 a 03.

TABLA II: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Observación	Ficha de observación (ver Anexo 01)	Trabajadores	Recopilar información de la situación problemática
Entrevista	Cuestionario (ver Anexos 02-03)	Trabajadores	Obtener base de datos de conocimiento de problemas vehiculares

## 2.4. Procedimientos

A continuación, en la siguiente tabla se muestra las técnicas e instrumentos que serán útiles para la recolección de datos.

### 2.4.1. Metodología de desarrollo

A continuación, se mencionan las actividades que se realizarán en cada una de las iteraciones de la metodología a seguir, en este caso, Jhon Durkin.

#### ➤ **Iteración #1: Evaluación**

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:

- ✓ Motivación para el Esfuerzo.
- ✓ Identificar problemas candidatos.
- ✓ Estudio de viabilidad.
- ✓ Análisis de Costo/Beneficio.
- ✓ Seleccionar el mejor proyecto.
- ✓ Escribir el proyecto propuesto.

#### ➤ **Iteración #2: Adquisición del conocimiento**

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:

- ✓ Recolección del conocimiento.
- ✓ Interpretación.
- ✓ Análisis.
- ✓ Diseño de métodos para recolectar conocimiento adicional.

#### ➤ **Iteración #3: Modelado de negocio**

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:

- ✓ Diagrama de contexto de negocio
- ✓ Diagrama de actores de negocio
- ✓ Diagrama de casos de uso de negocio

#### ➤ **Iteración #4: Análisis según RUP**

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:

- ✓ Requisitos funcionales
- ✓ Requisitos no funcionales
- ✓ Diagrama de contexto de análisis
- ✓ Definición de la arquitectura
- ✓ Diagrama de clases de análisis

➤ **Iteración #5: Diseño**

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:

- ✓ Seleccionar Técnica de Representación del Conocimiento.
- ✓ Seleccionar Técnica de Control.
- ✓ Seleccionar Software de Desarrollo de Sistema Experto.
- ✓ Desarrollo de Prototipo.
- ✓ Desarrollo de Interfaces.
- ✓ Desarrollo del Producto

➤ **Iteración #6: Pruebas**

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:

- ✓ Validación del Sistema.
- ✓ Evaluación de la Prueba/Evaluación.
- ✓ Pruebas unitarias
- ✓ Pruebas de integración
- ✓ Pruebas de aceptación

➤ **Iteración #7: Documentación**

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:

- ✓ Relación de temas que deben ser documentados.
- ✓ Organización de la documentación.
- ✓ Documentación Impresa.
- ✓ Documentación en hipertexto.
- ✓ Reporte Final

➤ **Iteración #8: Mantenimiento**

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:

- ✓ Modificaciones probables del sistema.
- ✓ Responsables de mantenimiento.
- ✓ Interfaces de documentación del mantenimiento

## 2.4.2. Producto acreditable

### 1. Interfaces

Se construyeron las interfaces del sistema experto haciendo uso del lenguaje Javascript en Angular.js, las mismas que se

presentan en el *ítem 4.1.5. Iteración #5: Diseño, sección Diseño de interfaces, en el Capítulo IV. Resultados.*

## **2. Arquitectura**

Se diseñó una arquitectura idónea para el funcionamiento del sistema experto, el cual se detalla en el *ítem 4.1.5. Iteración #5: Diseño, sección Diseño de la arquitectura, en el Capítulo IV. Resultados.*

## **3. Infraestructura tecnológica**

Considerando la arquitectura anteriormente descrita, se definen las características de cada uno de sus componentes en el ítem *4.1.5. Iteración #5: Diseño, sección Diseño de la infraestructura tecnológica, en el Capítulo IV. Resultados.*

## 2.5. Matriz de consistencia

TABLA III: MATRIZ DE CONSISTENCIA

<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>		<u>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</u>			
¿Cómo apoyar el diagnóstico de atención vehicular en la empresa JC Automotriz Rodriguez E.I.R.L.?		<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u> Tecnológico aplicada		<u>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</u> Cuasi experimental	
<u>OBJETIVO GENERAL</u>		<u>MÉTODO</u>		<u>DESCRIPCIÓN</u>	
Desarrollar un sistema experto para apoyar el diagnóstico de atención vehicular en la empresa JC Automotriz Rodriguez E.I.R.L.		Analítico	Estudio y análisis del problema que presenta la organización		
		Deductivo	Estrategia para el planteamiento de la propuesta de solución al problema		
		Implementación	Se pondrá en ejecución la propuesta de solución		
		<u>TÉCNICAS</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>	<u>ELEMENTOS DE LA POBLACIÓN</u>	<u>PROPÓSITO</u>
	Observación	Ficha de observación	Trabajadores	Recopilar información de la situación problemática Entrevista	
	Entrevista	Cuestionario	Trabajadores	Obtener base de datos de conocimiento de problemas vehiculares	
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>INDICADORES</u>			
Identificar los problemas más comunes detectados en el mantenimiento vehicular y sus causantes.	Se determinan, listan y ponderan todas las causas de los problemas vehiculares más comunes	Número de problemas Número de causas			
Identificar los costos pertinentes en el mantenimiento vehicular.	Se determinan, listan y ponderan todos los costos directos e indirectos involucrados tras el diagnóstico vehicular	Número de costos			
Implementar un sistema web basado en reglas que determine los problemas existentes con un vehículo.	Sistema web desarrollado mediante la metodología John Durkin que aplique el algoritmo y añada funcionalidades para agilizar el diagnóstico de atención vehicular	Grado de confiabilidad del sistema % Cumplimiento de requerimientos funcionales y no funcionales			
Validar y verificar el sistema.	Determinar el grado de confiabilidad del sistema tras conformidad de la empresa	Juicio de expertos			

## **2.6. Consideraciones éticas**

A continuación, se listan los aspectos que se han considerado para la protección y bienestar de los participantes de esta investigación, en este caso los mecánicos, así como de la seguridad (resguardo) de los datos:

- Encuestas mantenidas en privado y resguardo virtual con claves.
- Información compartida solo con fines académicos y adjunta como anexos.
- Resguardo de los datos y secreto de la información

## **III. RESULTADOS**

### **3.1. En base a la metodología utilizada**

De acuerdo al informe presentado en el proyecto de tesis, la metodología determinada como idónea para el desarrollo del sistema experto fue la de Jhon Durkin, complementada con RUP para algunas fases.

#### **3.1.1. Iteración #1: Evaluación**

##### **a. Motivación para el Esfuerzo**

Debido a la revolución digital, hoy en día la personalización de productos y servicios a través de medios virtuales es un factor altamente relevante al momento de la elección de una empresa por parte del cliente. El hecho que la empresa JC Automotriz Rodriguez no ofrezca estos servicios, sumado a la cartera de clientes limitada con que cuenta la compañía, ha generado que el taller de autos no logre mejorar el posicionamiento esperado en la región Lambayeque.

Actualmente, empresas en otras ciudades del mundo aprovechan la tecnología para potenciar sus servicios a través de asistencia virtual personalizada para el auxilio vehicular, donde a través de chatbots permiten a los clientes conseguir a un mecánico que los asista en momentos de necesidad o programación de citas en un taller automotriz. Sin embargo, este tipo de soluciones aún no se encuentran muy desarrolladas en el Perú, especialmente en Chiclayo, donde el parque automotriz viene incrementándose cada año; por lo tanto, resulta idónea la implementación de la tecnología en los servicios que son ofrecidos al mercado en la región Lambayeque.

En base a lo planteado previamente, se puede definir el problema como la necesidad de la empresa JC Automotriz Rodriguez por obtener un mejor posicionamiento y alcance en la región, por lo que el desarrollo de una tecnología que ofrezca sus servicios a la medida a los clientes que se ubiquen en cualquier distrito y tengan la necesidad, sobre todo en circunstancias como la coyuntura actual donde la COVID-19 incrementa en muchas personas la necesidad de solicitar servicios a domicilio. El servicio principal es el de auxilio vehicular, en el cual se repara alguna falla del vehículo, por lo que se requiere proporcionar un sistema que realice un diagnóstico presuntivo previo a la llegada de un mecánico al lugar en que se le solicita. Aquí surge la motivación para el esfuerzo del desarrollo de un sistema experto.

De este modo, la organización asume una posición conducida por el problema, puesto que este ya ha sido identificado previo a la incursión en el sistema experto.

#### **b. Identificar problemas candidatos**

Debido a que la organización no es conducida por la solución sino por el problema, esta tarea de pre-determinación no es requerida según el desarrollo metodológico propuesto por Jhon-Durkin. Por lo tanto, se procede a continuar con el estudio de viabilidad.

#### **c. Estudio de viabilidad**

Para determinar la viabilidad del proyecto se considera la evaluación de requerimientos considerando recursos de la organización, del conocimiento y el personal que forma parte del proyecto. Por dicho motivo, se aplica una técnica para evaluar la viabilidad a través del problema, el personal y el despliegue.

TABLA IV: ASUNTOS DE VIABILIDAD DEL PROBLEMA

<b>Asuntos de viabilidad del problema</b>			
<b>Asunto</b>	<b>Peso</b>	<b>Valor</b>	<b>Pje.</b>
Conocimiento experto necesitado	7	9	63
Los pasos de solución de problema son definibles	9	8	72
Conocimiento simbólico usado	7	8	56
Heurísticas usadas	8	9	72
El problema es solucionable	10	7	70
Existen sistemas exitosos	8	9	72
El problema es bien enfocado	9	10	90
El problema es razonablemente complejo	6	8	48
El problema es estable	7	6	42
Conocimiento incompleto o incierto utilizado	9	7	63
No determinístico	5	6	30
Solución más de una recomendación	6	10	60
<b>Subtotales</b>	<b>91</b>	<b>-</b>	<b>738</b>
<b>Viabilidad del problema</b>	<b>8.11</b>		

TABLA V: ASUNTOS DE VIABILIDAD DEL PERSONAL

<b>Asuntos de viabilidad del personal</b>			
<b>Experto de dominio</b>			
<b>Asunto</b>	<b>Peso</b>	<b>Valor</b>	<b>Pje.</b>
El experto puede comunicar el conocimiento	7	10	70
El experto puede dedicar tiempo	9	8	72
El experto es cooperativo	7	10	70
Subtotales de experto	23	-	212
Viabilidad del experto	9.22		
<b>Ingeniero de conocimiento</b>			
<b>Asunto</b>	<b>Peso</b>	<b>Valor</b>	<b>Pje.</b>
Buenas habilidades de comunicación	8	6	48
Puede relacionar el problema al software	8	8	64
Tiene destrezas de programación de sistema experto	9	7	63
Puede dedicar tiempo	9	9	81
Subtotales de ingeniero de conocimiento	34	-	256
Viabilidad del ingeniero de conocimiento	7.53		
<b>Usuario final</b>			
<b>Asunto</b>	<b>Peso</b>	<b>Valor</b>	<b>Pje.</b>
El usuario final puede dedicar tiempo	6	7	42
El usuario final es receptivo al cambio	7	8	56
El usuario final es cooperativo	7	7	49
Subtotales de usuario final	20	-	147
Viabilidad del usuario final	7.35		

<b>Gerencia</b>			
<b>Asunto</b>	<b>Peso</b>	<b>Valor</b>	<b>Pje.</b>
La gerencia apoya al proyecto	9	10	90
La gerencia es receptiva al cambio	7	8	56
La gerencia no es escéptica	7	7	49
La gerencia tiene expectativas razonables	6	8	48
La gerencia entiende objetivos	8	9	72
<b>Subtotales de gerencia</b>	<b>37</b>	<b>-</b>	<b>315</b>
<b>Viabilidad de la gerencia</b>	<b>8.51</b>		
<b>Subtotales de viabilidad del personal</b>	<b>114</b>	<b>-</b>	<b>930</b>
<b>Viabilidad del personal</b>	<b>8.16</b>		

TABLA VI: ASUNTOS DE VIABILIDAD DEL DESPLIEGUE

<b>Asuntos de viabilidad del despliegue</b>			
<b>Asunto</b>	<b>Peso</b>	<b>Valor</b>	<b>Pje.</b>
El sistema puede ser introducido fácilmente	7	9	63
El sistema puede ser mantenido	9	8	72
El sistema no tiene una ruta crítica	7	9	63
El sistema puede ser integrado con recursos existentes	9	9	81
Entrenamiento disponible	7	5	35
<b>Subtotales</b>	<b>39</b>	<b>-</b>	<b>314</b>
<b>Viabilidad del despliegue</b>	<b>8.05</b>		

Tras realizar individualmente las viabilidades de cada uno de los componentes detallados, se procede a realizar un solo cálculo de la viabilidad del proyecto en una escala del 1 al 10. Dicho valor es mostrado a continuación:

TABLA VII: VIABILIDAD DEL PROYECTO

<b>Categoría</b>	<b>Puntaje Total</b>	<b>Peso Total</b>
Problema	738	91
Personal	930	114
Despliegue	314	39
<b>Total</b>	<b>1982</b>	<b>244</b>
<b>Viabilidad del proyecto</b>	<b>8.12</b>	

De esto se puede determinar que el proyecto cuenta con una viabilidad mayor al 80%, concluyendo que es factible llevar a cabo la implementación del sistema propuesto.

#### d. Análisis de Costo/Beneficio

Los costos involucrados en la implementación del sistema experto se detallan a continuación en las tablas VIII a X.

TABLA VIII: PRESUPUESTO DEL PRODUCTO ACREDITABLE

PARTE PRESUP.	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)	SUBTOTAL (S/.)
2.3.	BIENES Y SERVICIOS					4,000.00
	Alimentación	1	GLOBAL	2,000.00	2,000.00	
	Transporte	1	GLOBAL	2,000.00	2,000.00	
2.3.1.6.1.2.	COMUNICACIÓN Y TELECOMUNICACIONES					6,000.00
	Telefonía	1	GLOBAL	3,200.00	3,200.00	
	Internet	1	GLOBAL	2,800.00	2,800.00	
2.6.7.1.5.	CAPACITACIÓN					1,000.00
	Curso de inteligencia artificial	1	UNIDAD	500.00	500.00	
	Curso de programación web	1	UNIDAD	500.00	500.00	
<u>TOTAL</u> PRESUPUESTO DEL PRODUCTO ACREDITABLE						11,000.00

TABLA IX: PRESUPUESTO TECNOLÓGICO

PARTE PRESUP.	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)	SUBTOTAL (S/.)
2.6.3.2.3.	LAPTOP					2,800.00
	Laptop HP	1	UNIDAD	2,800.00	2,800.00	
2.6.3.2.3.	OTROS EQUIPOS INFORMÁTICOS					500.00
	USB	1	UNIDAD	50.00	50.00	
	Impresora	1	UNIDAD	420.00	420.00	
	Mouse	1	UNIDAD	30.00	30.00	
<u>TOTAL</u> PRESUPUESTO TECNOLÓGICO						3,300.00

TABLA X: RESUMEN PRESUPUESTAL

ITEM	DESCRIPCIÓN PRESUPUESTO	SUBTOTAL (S/.)
1	<u>TOTAL</u> PRESUPUESTO DEL PRODUCTO ACREDITABLE	11,000.00
2	<u>TOTAL</u> PRESUPUESTO TECNOLÓGICO	3,300.00
<u>TOTAL</u> PRESUPUESTO		S/. 14,300.00

En adición, los beneficios a obtener por este sistema, en base además a los objetivos de la investigación son las mejoras en la productividad, de la calidad del servicio y la imagen o posicionamiento del taller automotriz. Debido a esto, los costos son razonables puesto que los beneficios a obtener son mucho mayores, además que la recuperación de la inversión económica hecha será rápida.

**e. Seleccionar el mejor proyecto**

Tras identificar el problema de la organización, estimar la viabilidad del proyecto, estimar los presupuestos y realizar el análisis de costo-beneficio, el proyecto es óptimo a implementar, ya que contempla la mejora del servicio ofrecido al mercado. El sistema experto para realizar un diagnóstico presuntivo es el mejor y es respaldado por las cifras de los cálculos realizados previamente.

**f. Escribir el proyecto propuesto**

TABLA XI: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

<b>PROYECTO PERSONAL</b>
<p><b>OBJETIVO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Objetivo General:</b> Desarrollar un sistema experto para realizar un diagnóstico presuntivo de fallas automotrices en vehículos de flota media para la empresa JC Automotriz Rodriguez.</li> <li>- <b>Objetivos Específicos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar las fallas vehiculares más comunes y sus causantes.</li> <li>- Identificar los costos pertinentes en la reparación de fallas vehiculares según su tipificación.</li> <li>- Diseñar un algoritmo para el diagnóstico a través de reglas difusas.</li> <li>- Validar y verificar la calidad del software.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>PROBLEMA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No se brinda un servicio de atención personalizada a distancia a clientes fuera de la cartera manejada por la organización.</li> <li>- El cliente no comprende del todo las causas de las fallas vehiculares que tiene su automóvil.</li> <li>- Los usuarios dejan pasar problemas que pueden ser atendidos a tiempo a través de un diagnóstico preventivo.</li> </ul>

- Se desaprovecha el mercado de la región al no utilizar herramientas digitales que están al alcance.

### **SOLUCIÓN**

- El sistema experto emitirá un diagnóstico presuntivo de las fallas vehiculares y sus causas a través de una serie de preguntas distribuidas en categorías, conceptualizando el conocimiento de un mecánico experto en la detección de fallas, simulando dicha inspección a través de una aplicación web, donde el usuario responde preguntas estructuradas y sencillas de Sí/No.
- El sistema permitirá realizar una nueva prueba en caso no se haya detectado alguna falla vehicular, permitiendo al usuario corregir alguna respuesta durante la encuesta o al final, posterior al reporte.
- El sistema permitirá, tras mostrar en un reporte las fallas detectadas junto a los costos correspondientes, solicitar un mecánico a su auxilio directo a su ubicación a través de geolocalización. Estas solicitudes de auxilio vehicular también serán listadas en un reporte para la vista administrador de la aplicación.

### **PLAN**

Las principales fases del plan según la metodología son:

- **Iteración #1: Evaluación**

En esta etapa se realizó la revisión de bibliografía para sustentar y justificar el sistema experto a realizar, determinar estimaciones de costo-beneficio junto a la elección del proyecto, así como la revisión teórica previa de mantenimiento vehicular preventivo y correctivo, así como de las tecnologías que se utilizan en otras empresas y países para resolver problemas similares, tanto en vehículos como en otros contextos aplicables.

- **Iteración #2: Adquisición del conocimiento**

Esta fase contempla la conceptualización del conocimiento del experto de negocio, en este caso los mecánicos (para las fallas vehiculares y sus causas) y el gerente (para los costos involucrados). Se definirán las causas de problemas automotrices en vehículos de flota media y ponderarán según los sistemas del auto, relacionará con costos y causas y serán distribuidos en categorías según la necesidad porque se acude a la empresa automotriz. Asimismo se determinarán las preguntas a realizar a los clientes con el objetivo de ser claras y precisas para evitar confusiones en el usuario final o cliente.

- **Iteración #3: Diseño**

Esta fase contempla tanto el diseño como desarrollo del prototipo y producto acreditable a través de técnicas, modelos y diagramas considerando el acompañamiento del asesor de la tesis y los mecánicos expertos.

- **Iteración #4: Pruebas**

Con el objetivo de determinar si el software generado es de calidad, se validará y verificará el software a través de pruebas de usuario, técnicas y de aceptación por parte tanto del cliente como del administrador.

- **Iteración #5: Documentación**

En esta etapa el desarrollo de la metodología será documentado como parte de los resultados en base a la metodología Jhon Durkin elegida, complementada con algunos modelos de la metodología RUP.

- **Iteración #6: Mantenimiento**

Esta fase se desarrollará fuera de este plan de investigación, puesto que posterior a ser implementado, se hará periódicamente mantenimiento, principalmente al módulo de reglas, en caso se generen nuevos hallazgos por parte de los expertos, o la gerencia decida aplicar la lógica para otro tipo de vehículos fuera de la flota media que abarca esta aplicación web.

El plan detallado, así como los tiempos establecidos se muestran en el anexo #1.

## TIEMPOS ESTABLECIDOS

TABLA XII: TIEMPOS ESTABLECIDOS POR ACTIVIDAD EN EL PROYECTO

Actividad	Días
Recolección del conocimiento	20
Interpretación	7
Análisis	20
Listado de fallas automotrices	5
Listado de costos involucrados	5
Desarrollo de reglas para el algoritmo	10
Desarrollo de interfaces	10
Integración de algoritmo con reglas	12
Pruebas de usuario	8
Documentación	8

## RESULTADOS

- Sistema experto para el diagnóstico presuntivo de fallas automotrices en vehículos de flota media.
- Manual de usuario.
- Documentación del desarrollo metodológico.

## PERSONAL

- Autor: Ricardo Alonso Rodriguez Lozano.
- Asesor: Ernesto Nicho Cordova.
- Asesor: Marlon Vílchez Rivas.

## COSTOS

Presupuesto total de S/ 14,300.00 detallado en el literal *d. Análisis de costo beneficio* del numeral *4.1.1. Iteración #1: Evaluación*.

### **3.1.2. Iteración #2: Adquisición del conocimiento**

#### **a. Recolección del conocimiento**

Con el objetivo de recolectar el conocimiento se coordinó diversas entrevistas con los mecánicos (según su área de expertiz) y el gerente de la automotriz. Con los primeros se tuvo para obtener información de fallas vehiculares, sistemas afectados y causas de los problemas automotrices; mientras que con el segundo fue para obtener información relacionada a costos por repuestos y por auxilio vehicular tanto dentro como fuera del taller.

#### **b. Interpretación**

De lo conversado con los expertos del negocio se determinó lo siguiente:

- Los clientes acuden al taller automotriz por tres motivos principalmente:
  - Fallas vehiculares debido a la falta de mantenimiento preventivo general o de alguna autoparte en específico en los últimos seis meses.
  - Fallas por choque vehicular o accidente leve/moderado debido a manejo brusco.
  - Fallas de alguna autoparte por recalentamiento del vehículo o en casos se trate de algo más severos como un cortocircuito.
- El motivo más común por el que asisten al taller automotriz está relacionado con la fuga de algún tipo de líquido del vehículo (combustible, líquido de frenos, petróleo, agua o aceite).
- Cada falla vehicular está relacionada a problemas con el funcionamiento regular de una autoparte, la cual es parte de un sistema del vehículo. Estos son:
  - Sistema de arranque
  - Sistema de carga del alternador
  - Sistema de frenos
  - Sistema de suspensión

- Sistema de motor
  - Sistema de dirección
  - Sistema de transmisión
- La mayoría de fallas vehiculares puede ser determinada a través de preguntas sencillas que el conductor puede responder según su experiencia manejando, sin embargo siempre es más seguro realizar una revisión técnica para confirmar un diagnóstico presuntivo. Asimismo, solo cierto número de fallas pueden ser detectadas a través de este método en base a su experiencia.
  - Una misma falla puede corresponder a más de un sistema según su origen, por lo que se puede aproximar según los signos que muestre que está fallando.
  - Los costos finales pueden variar en caso se requiera renovar alguna autoparte que no pueda ser reparada/soldada. La empresa automotriz no vende los repuestos directamente debido a la gran cantidad de empresas fabricantes de vehículos de flota media, por lo que por cada problema se hace una cotización a los proveedores en Chiclayo o Lima (dependiendo de la marca) y esto se adiciona al costo final.
  - El auxilio vehicular cuenta con costos fijos determinados por la distancia de la que se encuentran del taller e incluyen los costos por remolque en caso sea necesario. Estos son:

TABLA XIII: COSTOS POR AUXILIO VEHICULAR

Provincia	Distrito	Costo
Chiclayo	Cayalti	S/. 200.00
	Chiclayo	S/. 100.00
	Chongoyape	S/. 220.00
	Eten	S/. 100.00
	José Leonardo Ortiz	S/. 100.00
	La Victoria	S/. 100.00
	Lagunas	S/. 150.00
	Monsefú	S/. 100.00
	Nueva Arica	S/. 220.00
	Oyotún	S/. 250.00
	Pátapo	S/. 200.00
	Picsi	S/. 100.00
	Pimentel	S/. 100.00
	Pomalca	S/. 100.00
	Pucalá	S/. 200.00
	Puerto Eten	S/. 100.00
	Reque	S/. 100.00
	Santa Rosa	S/. 100.00
	Tumán	S/. 150.00
	Zaña	S/. 150.00
Ferreñafe	Pitipo	S/. 250.00
	Ferreñafe	S/. 150.00
	Incahuasi	S/. 250.00
	Kañaris	S/. 220.00
	Pueblo Nuevo	S/. 150.00
Lambayeque	Chochope	S/. 200.00
	Íllimo	S/. 150.00
	Jayanca	S/. 180.00
	Lambayeque	S/. 100.00
	Mochumí	S/. 150.00
	Mórrope	S/. 150.00
	Motupe	S/. 200.00
	Pacora	S/. 180.00
	Salas	S/. 200.00
	San José	S/. 150.00
Túcume	S/. 150.00	

### c. Análisis del conocimiento extraído

- Se realizará preguntas para determinar la falla vehicular en base a la información proporcionada por los mecánicos relacionadas cada una a través de reglas difusas.
- Para determinar los caminos que tomarán las reglas se agruparán por 4 categorías iniciales, cada una con una serie de reglas
  - Choque/golpe por manejo brusco: 12

- Cortocircuito/recalentamiento: 5
- Falta de mantenimiento en los últimos seis meses: 18
- Vehículo presenta fugas: 3
- Según los sistemas vehiculares, las fallas detectadas pueden organizarse de este modo, obteniendo como número de problemas:
  - Sistema de arranque: 4
  - Sistema de carga del alternador: 5
  - Sistema de frenos: 5
  - Sistema de suspensión: 3
  - Sistema de motor: 5
  - Sistema de dirección: 5
  - Sistema de transmisión: 4
- En total el sistema contará con 38 reglas no excluyentes junto a la posibilidad de no obtener un diagnóstico, por lo que puede haber hasta una combinación de  $2^{38}$  escenarios distintos de diagnósticos posibles obtenidos a través del sistema experto.

#### **d. Diseño de métodos para recolectar conocimiento adicional**

Con el objetivo de extraer el conocimiento de los expertos de negocio y de TI (para pruebas posteriores de la verificación de la calidad del software) se procedió a realizar:

- Encuestas
- Cuestionarios
- Observación
- Entrevistas

### 3.1.3. Iteración #3: Modelado de negocio según RUP

#### a. Diagrama de contexto de negocio

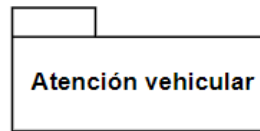


Fig. 4. Diagrama de contexto de negocio

#### b. Diagrama de actores de negocio

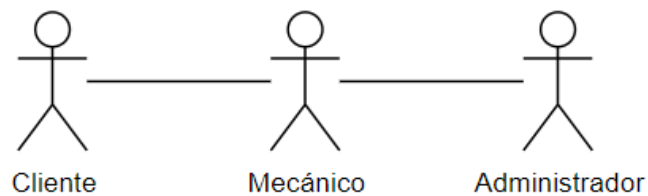


Fig. 5. Diagrama de actores de negocio

#### c. Diagrama de casos de uso del negocio

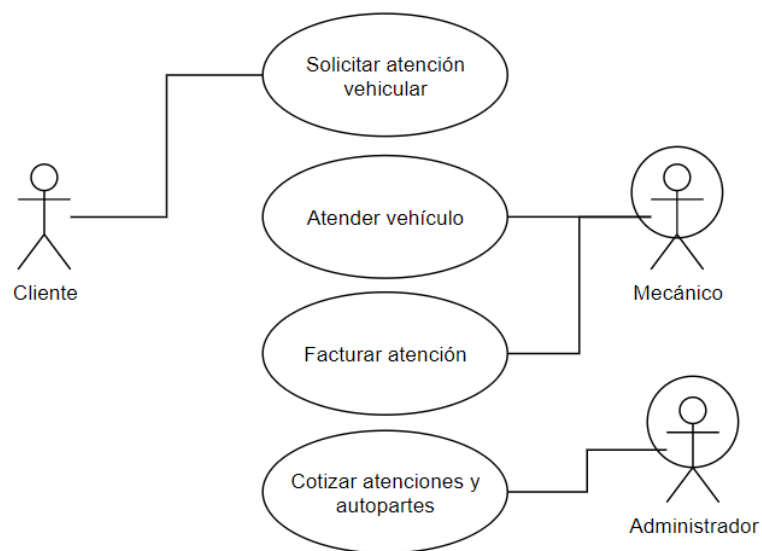


Fig. 6. Diagrama de casos de uso del negocio

### 3.1.4. Iteración #4: Análisis según RUP

#### a. Requisitos funcionales

- El sistema debe contar con una vista para cliente y otra para el administrador, donde la primera muestra las preguntas para obtener el diagnóstico y la segunda permite gestionar las solicitudes de auxilio generadas.

- El sistema debe solicitar la ubicación en primer lugar por provincia y distrito, pero esta debe ser confirmada al momento de registrar un auxilio. Esto debe ser a través de una localización por GPS automática y no personalizable por el cliente para garantizar la seguridad.
- El sistema debe permitir acceso a cualquier cliente, por lo que no deberá haber un pre o post registro sino ir directo a las preguntas de diagnóstico.
- Toda diagnóstico debe contar con la opción de convocar a una llamada de auxilio, pero una llamada de auxilio debe poder realizarse aunque se haya obtenido un diagnóstico inconcluso.
- El sistema debe validar los campos de ingreso de datos.
  - Teléfono solo números.
  - Nombre solo letras.
  - Referencia de ubicación letras y números.
- La vista de administrador debe contar con una interfaz de inicio de sesión a través del DNI del usuario.
- El sistema debe permitir actualizar el estado de una solicitud de auxilio, siendo estos:
  - Pendiente: solicitud no atendida.
  - Cancelada: solicitud rechazada.
  - En camino: un mecánico ya está en dirección al auxilio.
  - Facturada: solicitud efectuada y pagada.
- El sistema no debe considerar con ingreso de datos del cliente o creación de usuarios, pues eso está contemplado en otros procesos del negocio. Asimismo la facturación y cobro por el servicio brindado.

**b. Requisitos no funcionales**

- El sistema deberá estar disponible en cualquier momento de cualquier día de la semana, incluyendo feriados.
- El sistema deberá procesar las solicitudes en un máximo de 10 segundos.

- El sistema debe utilizar textos cortos de fuentes amigables y grandes.
- El sistema debe utilizar los colores de la empresa.
- El sistema deberá mostrar el logo de la empresa en todas las interfaces.
- El sistema debe ser web responsivo, permitiendo que cualquier cliente potencial pueda utilizarlo usando su computadora o dispositivo móvil.
- El sistema debe ser compatible con Android, Windows y iOS, así como ser soportado por Chromium.
- La metodología de desarrollo de software será Jhon Durkin complementada con RUP para algunos artefactos.
- El sistema debe utilizar íconos relacionados a un taller automotriz para que sea fácilmente relacionable.
- Los cambios en la base de datos deben actualizarse de inmediato en las interfaces de reporte.
- Los accesos lógicos pueden ser solo actualizados por el gerente a través de su usuario.
- El sistema deberá contar con manuales de usuario tanto para los clientes como para el módulo de administrador.

### c. Diagrama de contexto de análisis

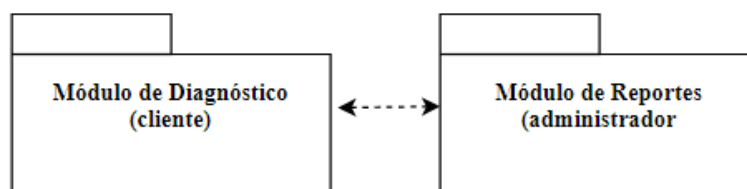


Fig. 7. Diagrama de contexto de análisis



## b. Seleccionar Técnica de Control

Para problemas de diagnóstico, la mejor técnica de representación del conocimiento es a través de reglas, mientras que la técnica de control apropiada más apropiada es encadenamiento hacia atrás, puesto que a partir de conocimientos previos se realizan hipótesis, cotejando los datos iniciales y comparándolos con los saberes previos.

## c. Seleccionar Software de Desarrollo de Sistema Experto

Dado que el sistema experto a desarrollar será web responsivo para ser desplegado en dispositivos móviles, se decidió desarrollar el software en PHP y HTML con un motor de base de datos MySQL, donde a través de web services las reglas serán representadas. De este modo se garantiza que cualquier modelo de teléfono con su navegador respectivo pueda leer la aplicación sin problemas mayores. Asimismo es una opción ideal debido a su bajo costo de implementación, acomodándose al presupuesto presentado.

## d. Desarrollo de Prototipo

### i. Diagrama de contexto de diseño

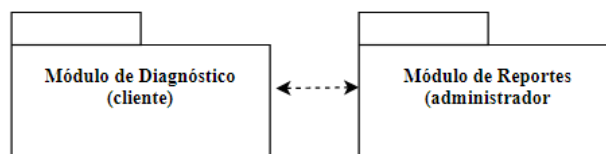


Fig. 10. Diagrama de contexto de diseño

### ii. Diagrama de componentes

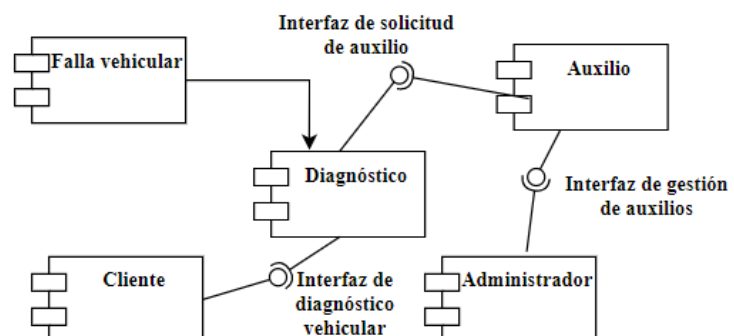


Fig. 11. Diagrama de componentes

### iii. Diagrama de clases de diseño

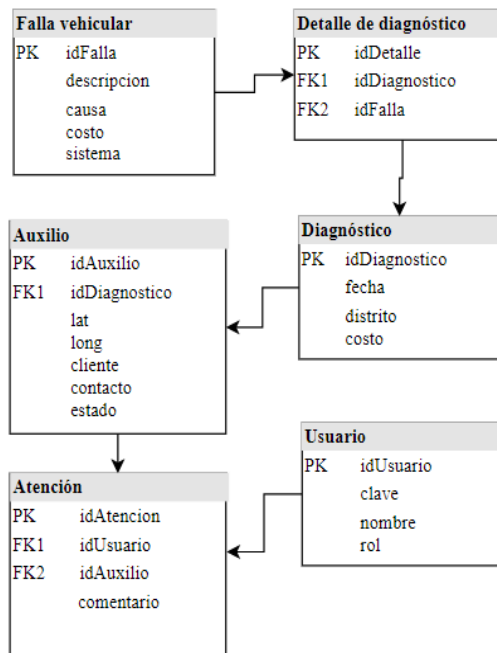


Fig. 12. Diagrama de clases de diseño

### iv. Diseño de base de datos

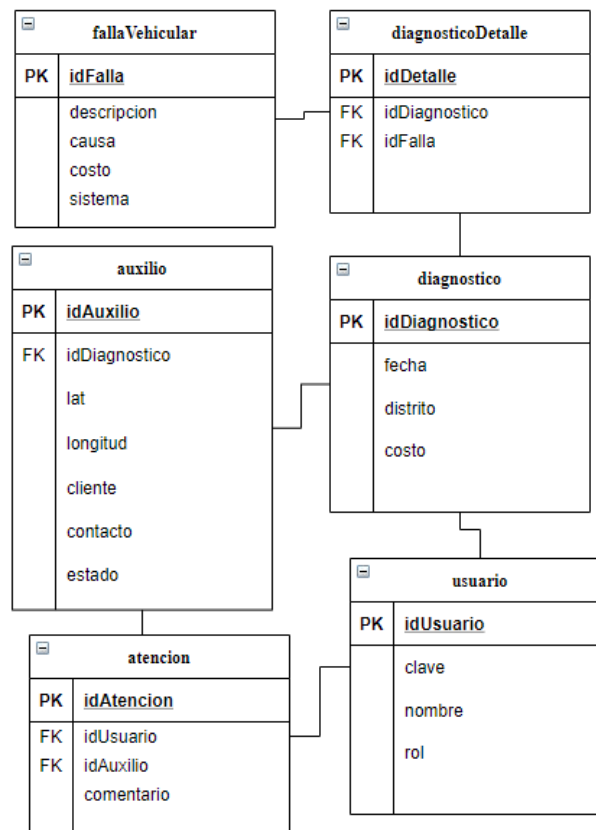


Fig. 13. Diseño de base de datos

## v. Diagrama de despliegue

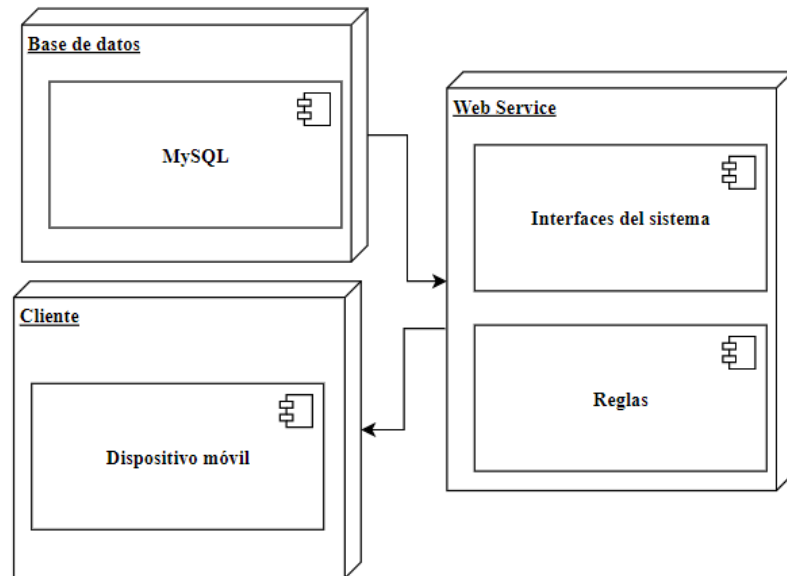


Fig. 14. Diagrama de despliegue

## e. Desarrollo de Interfaces

A continuación se adjuntan los prototipos de las interfaces a desarrollar.

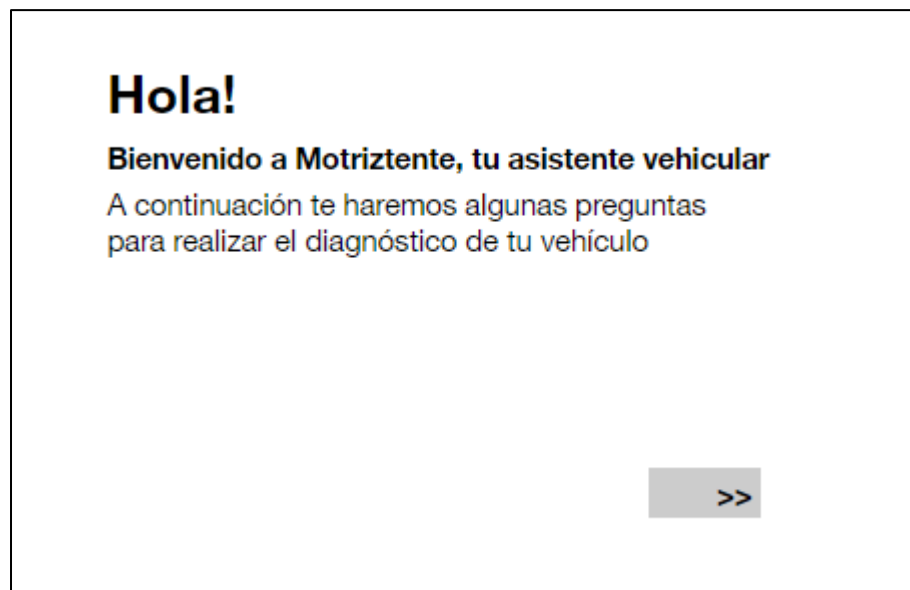


Fig. 15. Interfaz de bienvenida al sistema

**Motriztente**

¿Dónde te encuentras?

Provincia

Distrito

>>

This screenshot shows the 'Motriztente' app interface for location data collection. It features a title 'Motriztente' and a question '¿Dónde te encuentras?'. Below the question are two dropdown menus labeled 'Provincia' and 'Distrito'. A grey button with '>>' is located at the bottom right.

Fig. 16. Interfaz de solicitud de datos de ubicación

**Motriztente**

¿Por qué motivo desea auxilio?

- Mi vehículo ha sufrido un choque/golpe por manejo brusco
- Mi vehículo ha sufrido un cortocircuito/recalentamiento
- Mi vehículo no ha recibido mantenimiento en los últimos seis meses
- Mi vehículo presenta fugas
- Otro

>>

This screenshot shows the 'Motriztente' app interface for diagnostic questions. It features a title 'Motriztente' and a question '¿Por qué motivo desea auxilio?'. Below the question are five radio button options: 'Mi vehículo ha sufrido un choque/golpe por manejo brusco', 'Mi vehículo ha sufrido un cortocircuito/recalentamiento', 'Mi vehículo no ha recibido mantenimiento en los últimos seis meses', 'Mi vehículo presenta fugas', and 'Otro'. A grey button with '>>' is located at the bottom right.

Fig. 17. Interfaces de preguntas para diagnóstico

**Motriztente**

Pregunta "n"

- Sí
- No

>>

This screenshot shows the 'Motriztente' app interface for a specific diagnostic question. It features a title 'Motriztente' and a question 'Pregunta "n"'. Below the question are two radio button options: 'Sí' and 'No'. A grey button with '>>' is located at the bottom right.

Fig. 18. Interfaces de preguntas para diagnóstico

### Reporte de diagnóstico vehicular

El diagnóstico es el siguiente

Falla	Costo de reparación	Causa probable
Falla 1	S/	Causa 1
Falla 2	S/	Causa 2
Falla 3	S/	Causa 3
No determinado	S/ 0.00	No se tiene suficiente información, es mejor llamar a un mecánico

**Reparación** S/  
**Asistencia\*** S/ (varía según el distrito marcado)  
**Subtotal\*\*** S/ Reparación + asistencia

(\*) Los costos por asistencia varían por la distancia a recorrer por el mecánico  
 (\*\*) El subtotal no considera el costo de repuestos nuevos, en caso se requiera

Fig. 19. Interfaz de reporte de diagnóstico vehicular

### Solicitud de auxilio

Distrito \*   
 Nombre \*   
 Número \*   
 Ubicación \*

Referencia

Fig. 20. Interfaz de solicitud de auxilio

**Solicitudes de auxilio**

Fecha	Hora	Cliente	Teléfono	Distrito	Costo	Estado	Detalle
12/07/2020	11:47 am	Ricardo Rodríguez	978456123	Pomalca	S/ 75.00	Pendiente	(icono)
12/07/2020	11:45 am	Juan Pérez	956321011	Eten	S/ 430.00	Atendido	(icono)
12/07/2020	10:39 am	Carlos La Torre	998213564	Cayalti	S/ 60.00	En camino	(icono)
12/07/2020	9:24 am	Boris Castro	910003547	La Victoria	S/ 120.00	Atendido	(icono)
11/07/2020	6:54 pm	Maribel Salazar	945970335	Chiclayo	S/ 45.00	Cancelado	(icono)

**modal**

**Solicitud de auxilio**

**Fecha** 12/07/2020  
**Hora** 11:47 am  
**Cliente** Ricardo Rodríguez  
**Teléfono** 978456123  
**Distrito** Pomalca

*mapa con ubicación*

Falla	Costo	Causa
Falla 1	S/	Causa 1
Falla 2	S/	Causa 2
Falla 3	S/	Causa 3

**Reparación** S/  
**Asistencia** S/ (varía según el distrito marcado)  
**Subtotal\*** S/ Reparación + asistencia

**Vehículo enviado** **Cancelar pedido**

**Atención exitosa**

Fig. 21. Interfaz detallada de solicitud de auxilio

## f. Desarrollo del Producto



Fig. 22. Interfaz de bienvenida al sistema



Fig. 23. Interfaz de pregunta de ubicación para servicio

**Automotriz**

# Motriztente

✂️ 🚗 🕒 🚘 📍

- Mi vehículo ha sufrido un choque/golpe por manejo brusco
- Mi vehículo ha sufrido un cortocircuito/recalentamiento
- Mi vehículo no ha recibido mantenimiento en los últimos seis meses
- Mi vehículo presenta fugas
- Otro

**ATRÁS** **SIGUIENTE**

TERMINAR

Fig. 24. Interfaz de preguntas categóricas para el uso de la aplicación



Fig. 25. Interfaz de preguntas para obtener diagnóstico

## Reporte de Motriztente

El diagnóstico es el siguiente:

Falla	Costo de reparación	Causa
Empaque y/o O-ring desgastados	S/.50	Empaque quemado por recalentamiento o tiempo de uso. O-ring desgastado por tiempo de uso.
Manguera de motor rota	S/.30	Manguera rota por tiempo o por recalentamiento.

Reparación	S/.80
Asistencia	S/.220
<b>Subtotal*</b>	<b>S/.300</b>

(\*) El subtotal no considera el costo de repuestos nuevos, en caso se requiera

CERRAR REPORTE
SOLICITAR MECÁNICO

Fig. 26. Interfaz de reporte de diagnóstico

## SOLICITUD DE AUXILIO

Nombre completo


Número de contacto  Distrito

Ubicación

6°46'58.7"S 79°51'55.6"W

648M+RR Chiclayo

[Ampliar el mapa](#)



Referencia

CANCELAR
SOLICITAR AUXILIO

Fig. 27. Interfaz de solicitud de auxilio

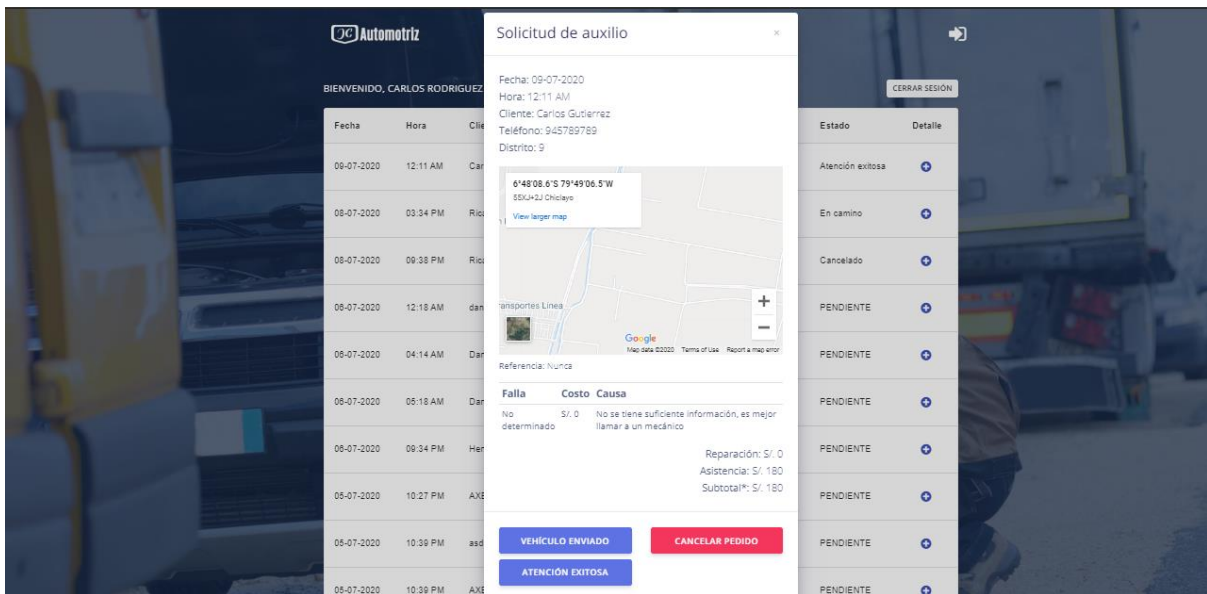


Fig. 28. Interfaz de gestión de estados de solicitud de auxilio

Fecha	Hora	Cliente	Teléfono	Distrito	Costo	Estado	Detalle
09-07-2020	12:11 AM	Carlos Gutierrez	945789789	9	S/ 180	Atención exitosa	+
08-07-2020	03:34 PM	Ricardo	947868308	9	S/ 560	En camino	+
08-07-2020	09:38 PM	Ricardo Alonso Rodriguez Lozano	947868308	9	S/ 340	Cancelado	+

Fig. 29. Interfaz de reporte de solicitudes de auxilio

### 3.1.6. Iteración #6: Pruebas

#### a. Pruebas unitarias

Con el objetivo de determinar los escenarios para probar el sistema experto con módulos ya integrados, se realiza un mapa de flujo con pseudocódigo del funcionamiento de la lógica del algoritmo.

- 0: Imprimir bienvenida
- 1: Solicitar ubicación
- 2: Leer ubicación
- 3: Imprimir preguntas
- 4: Mientras (terminar=falso) hacer
- 5: Leer respuestas
- 6: Fin mientras
- 7: Imprimir diagnóstico
- 8: Si (solicitud\_auxilio=verdadero) entonces
- 9a: Registrar solicitud
- 9b: Si no mostrar diagnóstico
- 10: Fin Si

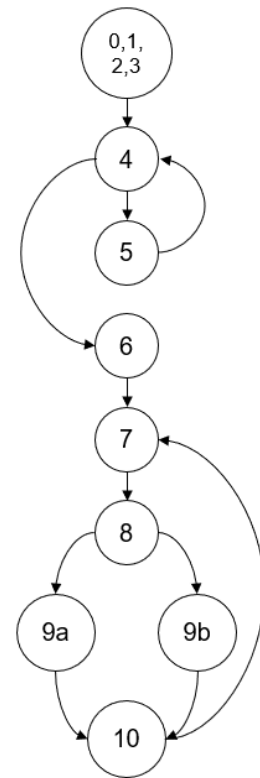


Fig. 30. Grafo del funcionamiento del algoritmo

En base al grafo mostrado, los caminos posibles son:

- 0, 1, 2, 3 - 4 - 6 - 7 - 8 - 9a - 10
- 0, 1, 2, 3 - 4 - 6 - 7 - 8 - 9b - 10 - 7
- 0, 1, 2, 3 - 4 - 5 - 4 - 6 - 7 - 8 - 9a - 10
- 0, 1, 2, 3 - 4 - 5 - 4 - 6 - 7 - 8 - 9b - 10 - 7

Tras evaluar cada interfaz por separado en las pruebas unitarias, se procedió a probar los módulos ya integrados. Cada uno de estos caminos representó casos de prueba a evaluar que fueron después documentados como casos de prueba en las pruebas de aceptación y de integración.

## b. Pruebas de integración

Se realizaron pruebas de caja negra para determinar si los módulos funcionaban correctamente al ser integrados en el sistema. A continuación se detallan algunos resultados.

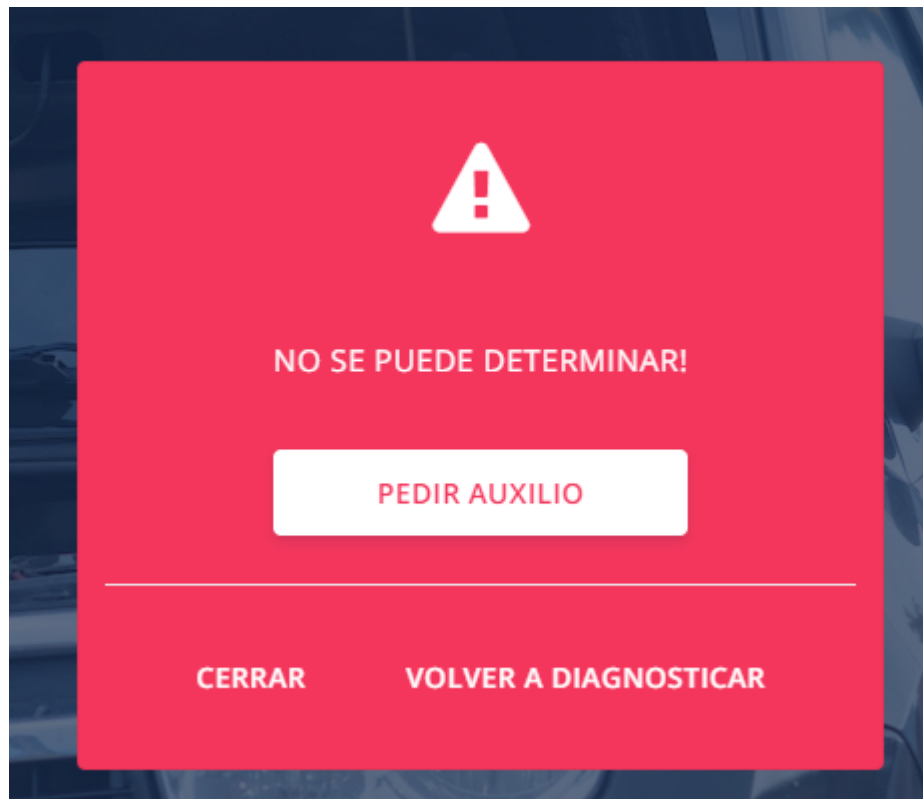


Fig. 31. Caso de prueba cuando no puede detectarse una falla vehicular

Cuando se interrumpe el diagnóstico y ninguna regla se cumplió sale este mensaje de error o se completa todo y el sistema no pudo coincidir ninguna respuesta con los caminos establecidos en las reglas sale este mensaje que no se puede determinar la falla vehicular. Sin embargo, aún así se puede realizar una solicitud de auxilio como se muestra en la siguiente figura.



Fig. 32. Solicitud de auxilio cuando no se determina una falla vehicular.

Sin embargo, en caso se encuentre una falla vehicular, el mensaje es de éxito previo al reporte, mostrándose así:



Fig. 33. Caso de prueba cuando no puede detectarse una falla vehicular

Reporte de diagnóstico vehicular

El diagnóstico es el siguiente:

Falla	Costo de reparación	Causa probable
Manguera de frenos rota	\$/.30	Por piedra o por tiempo que no se cambia, manguera cuarteada, fuga de líquido
Bombín frenos desgastado	\$/1.80	Por tiempo que no se hizo mantenimiento
Empaque y/o O-ring desgastados	\$/1.50	Empaque quemado por recalentamiento o tiempo de uso, O-ring desgastado por tiempo de uso
<b>No determinado</b>	<b>Pendiente</b>	<b>No se tiene suficiente información, es mejor llamar a un mecánico</b>

Reparación	\$/160
Asistencia	\$/180
<b>Subtotal*</b>	<b>\$/340</b>

(\*) Los costos por asistencia varían por la distancia a recorrer por el mecánico.  
(\*\*) El subtotal no considera el costo de repuestos nuevos, en caso se requiera.

CERRAR REPORTE    SOLICITAR MECÁNICO

Fig. 34. Reporte de diagnóstico completo

Asimismo, una vez se completan los datos requeridos para una solicitud de auxilio, se envía un mensaje de confirmación, dando como exitosa la operación realizada.

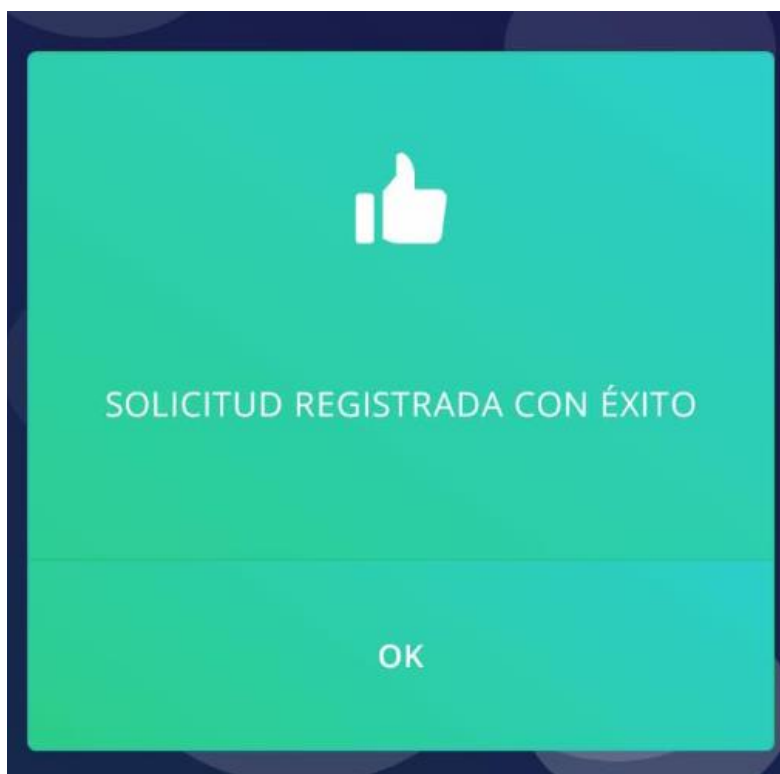


Fig. 35. Confirmación de registro de solicitud

### c. Pruebas de aceptación

TABLA XIV: CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN 01

<b>Obtener diagnóstico vehicular</b>	<b>Caso de prueba 01</b>
<b>Descripción:</b> Se busca probar el diagnóstico vehicular. Para esto se solicita la ubicación	
<b>Prerrequisitos:</b> Ninguno	
<b>Pasos:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cliente ingresa la provincia en la que se encuentra.</li> <li>2. Cliente ingresa el distrito en el que se encuentra.</li> <li>3. Cliente responde cada una de las preguntas realizadas.               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.a. Cliente termina anticipadamente el diagnóstico.</li> <li>3.b. Cliente termina con la última pregunta del cuestionario.</li> </ol> </li> <li>4. Diagnóstico realizado, se muestra la pantalla de reporte de fallas junto a los costos por auxilio y atención.</li> </ol>	

<b>Resultado esperado:</b> Reporte de diagnóstico vehicular con costos
<b>Resultado obtenido:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (Proceso terminado sin obtener diagnóstico) Mensaje de diagnóstico no concluyente, falta información.</li> <li>- (Proceso terminado con diagnóstico parcial) Mensaje de diagnóstico exitoso + botón de ver reporte, lleva al reporte de fallas con costos.</li> <li>- (Diagnóstico no concluyente) Mensaje de diagnóstico no concluyente, falta información.</li> <li>- (Diagnóstico total) Mensaje de diagnóstico exitoso + botón de ver reporte, lleva al reporte de fallas con costos.</li> </ul>

TABLA XV: CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN 02

Solicitar auxilio	Caso de prueba 02
<b>Descripción:</b> Se busca probar el registro de una solicitud de auxilio. Para esto previamente debe haberse obtenido un diagnóstico vehicular completo, después se pide al cliente ingresar su: nombre, teléfono de contacto, confirmar ubicación por GPS y brindar alguna referencia para ser ubicado.	
<b>Prerrequisitos:</b> Diagnóstico vehicular completado	
<b>Pasos:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ingresar el nombre del cliente.</li> <li>2. Ingresar un teléfono de referencia (debe ser celular).</li> <li>3. Permitir a la aplicación tener acceso a la ubicación del dispositivo.</li> <li>4. Ingresar algún texto de referencia para ser ubicado.</li> <li>5. Presionar el botón de registro.</li> </ol>	
<b>Resultado esperado:</b> Auxilio solicitado satisfactoriamente	
<b>Resultado obtenido:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (Datos incompletos) Mensaje de datos incompletos y retorno a la ventana de registro de datos.</li> <li>- (Datos incorrectos) Mensaje de datos incorrectos y retorno a la ventana de registro de datos.</li> <li>- (Datos correctos) Mensaje de éxito y registro de auxilio en la base de datos.</li> </ul>	

TABLA XVI: CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN 03

<b>Actualizar estado de solicitud de auxilio</b>	<b>Caso de prueba 03</b>
<b>Descripción:</b> Se busca probar los cambios de estado de una solicitud de auxilio. Esto se puede hacer solo desde la vista de administrador	
<b>Prerrequisitos:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diagnósticos vehiculares registrados.</li> <li>2. Inicio de sesión en vista administrador</li> <li>3. Confirmar seguridad del auxilio (físico)</li> </ol>	
<b>Pasos:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elegir una solicitud de auxilio de la lista</li> <li>2. Cambiar de estado <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Cancelar solicitud de auxilio</li> <li>b. Confirmar envío de mecánico</li> <li>c. Confirmar pago del monto</li> </ol> </li> <li>3. Actualizar listado de auxilios</li> </ol>	
<b>Resultado esperado:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Auxilio cancelado</li> <li>b. Mecánico enviado</li> <li>c. Solicitud facturada</li> </ol>	
<b>Resultado obtenido:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mensaje de confirmación de cambio de estado de auxilio (sea el caso a., b. o c.).</li> </ul>	

#### d. Pruebas de efectividad

Con el objetivo de corroborar los resultados para comprobar la efectividad de resultados generados por el sistema, se realizaron pruebas de efectividad del sistema. Para ello, se ingresaron en diversos casos datos de prueba (los mismos ingresados para las pruebas de aceptación en la sección anterior), para después cotejar los resultados con los esperados por los mecánicos especialistas. Para ello, la prueba se hizo con 10 casos de distintas combinaciones de casos ficticios, para los cuales el sistema evaluó los resultados obtenidos. Estos fueron corroborados por los mecánicos y se concluyó que concordaban con su diagnóstico a partir de su experiencia, lo que demostró que efectivamente el sistema experto desarrollado realizaba un diagnóstico

presuntivo apropiado para los vehículos de flota mediana. Esto, sumado a las métricas de rendimiento en el resto de las pruebas detalladas en este apartado demuestra que el sistema es confiable y las reglas establecidas en el árbol de decisión funcionan correctamente.



Fig. 36. Interfaz de resultados del reporte de diagnóstico vehicular.

### 3.1.7. Iteración #7: Documentación

#### a. Funcionamiento del sistema experto

1. Cliente responde cuestionario de diagnóstico.
2. PHP procesa las respuestas y el web service ejecuta las reglas y genera un diagnóstico.
3. El diagnóstico se muestra al cliente junto a las causas probables de fallas automotrices y costos correspondientes.
4. El cliente decide si llamar a un mecánico o no. Si lo hace, PHP procesa la solicitud y muestra una interfaz de registro que el cliente llena.
5. PHP registra el diagnóstico y el auxilio en MySQL.
6. La solicitud de auxilio se registra en el sistema y puede ser visualizada por el administrador, quien gestiona las solicitudes y envía mecánicos.

## b. Listado de fallas automotrices, causas, soluciones probables y sistemas afectados

TABLA XVII: LISTADO DE FALLAS AUTOMOTRICES E INFORMACIÓN RELEVANTE

Problema vehicular	Causa	Sistema	Soluciones probables
Unidad no arranca	Arrancador accesorio interno gastado por tiempo que no se ha hecho mantenimiento	Sistema de arranque	Revisar: chapa, batería y cables, arrancador
Revisar arrancador (malogrado)	Arrancador accesorio interno gastado por tiempo que no se ha hecho mantenimiento	Sistema de arranque	En taller (remolcar)
Chapa de contacto (malogrado)	Desgaste de la chapa de contacto	Sistema de arranque	Cambio
Batería malograda	No se ha hecho mantenimiento o por tiempo de duración, que cumplió su periodo de trabajo. Se debe renovar cada dos años	Sistema de arranque	Cambio
Unidad no arranca	Arrancador accesorio interno gastado por tiempo que no se ha hecho mantenimiento	Sistema de carga de alternador	Revisar: chapa, batería y cables, arrancador
Unidad no carga el alternador	Alternador accesorio interno gastado por tiempo de trabajo que no se ha hecho mantenimiento	Sistema de carga de alternador	En taller (remolcar)
Reparar alternador (malogrado)	Sobrecarga del alternador o cortocircuito del sistema de carga	Sistema de carga de alternador	En taller (remolcar)
Corto circuito en el sistema de carga	Los cables del sistema están quemados/sulfatados	Sistema de carga de alternador	Revisar sistema: fusibles, cables, tablero
Batería malograda	No se ha hecho mantenimiento o por tiempo de duración, que cumplió su periodo de trabajo. Se debe renovar cada dos años	Sistema de carga de alternador	Cambio
Ruedas frenadas	Se pegan los frenos por el polvo, falta de mantenimiento	Sistema de frenos	Regulación de frenos
Cañería rota	Sale líquido del freno por cañería rota, puede ser por piedras	Sistema de frenos	Cambio
Manguera rota	Por piedra o por tiempo que no se cambia, manguera cuarteada, fuga de líquido	Sistema de frenos	Cambio
Bomba o bombín frenos (malogrados)	Por tiempo que no se hizo mantenimiento	Sistema de frenos	Cambio (de accesorios)
Frenos o ruedas malogrados	Rueda rota, banda de rodamiento desgastada por tiempo que no se cambia	Sistema de frenos	Cambio
Muelles rotos	Mucho peso de carga o manejo brusco en baches o huecos	Sistema de suspensión	Cambio y/o remolcar
Amortiguadores rotos	Mucho peso de carga o manejo brusco en baches o huecos	Sistema de suspensión	Cambio
Neumático roto	Mucho peso de carga o manejo brusco en baches o huecos	Sistema de suspensión	Cambio
Unidad no arranca	Arrancador accesorio interno gastado por tiempo que no se ha hecho mantenimiento	Sistema de motor	Revisar sistema de arranque y sistema de carga
Cables quemados	Sobrecarga del alternador o cortocircuito del sistema de carga	Sistema de motor	Cambio
Fugas de aceite (simple)	Empaque quemado por recalentamiento o tiempo de uso O-ring desgastado por tiempo de uso	Sistema de motor	Cambio
Fugas de agua (simple)	Empaque quemado por recalentamiento o tiempo de uso O-ring desgastado por tiempo de uso	Sistema de motor	Cambio
Fugas de petróleo	Manguera rota por tiempo o por recalentamiento	Sistema de motor	Cambio
Giro ruedas (malogrado)	Rodajes falta de mantenimiento o engrase rodajes o tiempo de cambio de rodajes	Sistema de dirección	Cambio de rodajes
Terminales de dirección (roto)	Por tiempo se cambia terminales o manejo brusco	Sistema de dirección	Cambio de terminales
Eje de timón (roto)	Manejo brusco o choque vehicular	Sistema de dirección	Soldar y/o cambio
Caja de dirección (malogrado)	Malogrado por tiempo que no se ha hecho mantenimiento o choque inferior	Sistema de dirección	Reparar y/o cambio
Cardan roto	Manejo brusco o choque vehicular o mal cambio con caja de cambio	Sistema de transmisión	Cambio y/o soldar
Cruzetas de cardan (roto)	Falta de mantenimiento o por tiempo de cambio	Sistema de transmisión	Cambio
Caja de cambio (averiada)	Por falta de mantenimiento o por manejo brusco o choque	Sistema de transmisión	Reparar (remolcar)
Corona de transmisión (averiada)	Por falta de mantenimiento o por manejo brusco o choque	Sistema de transmisión	Reparar (remolcar)

### c. Árbol binario de decisión de reglas del algoritmo

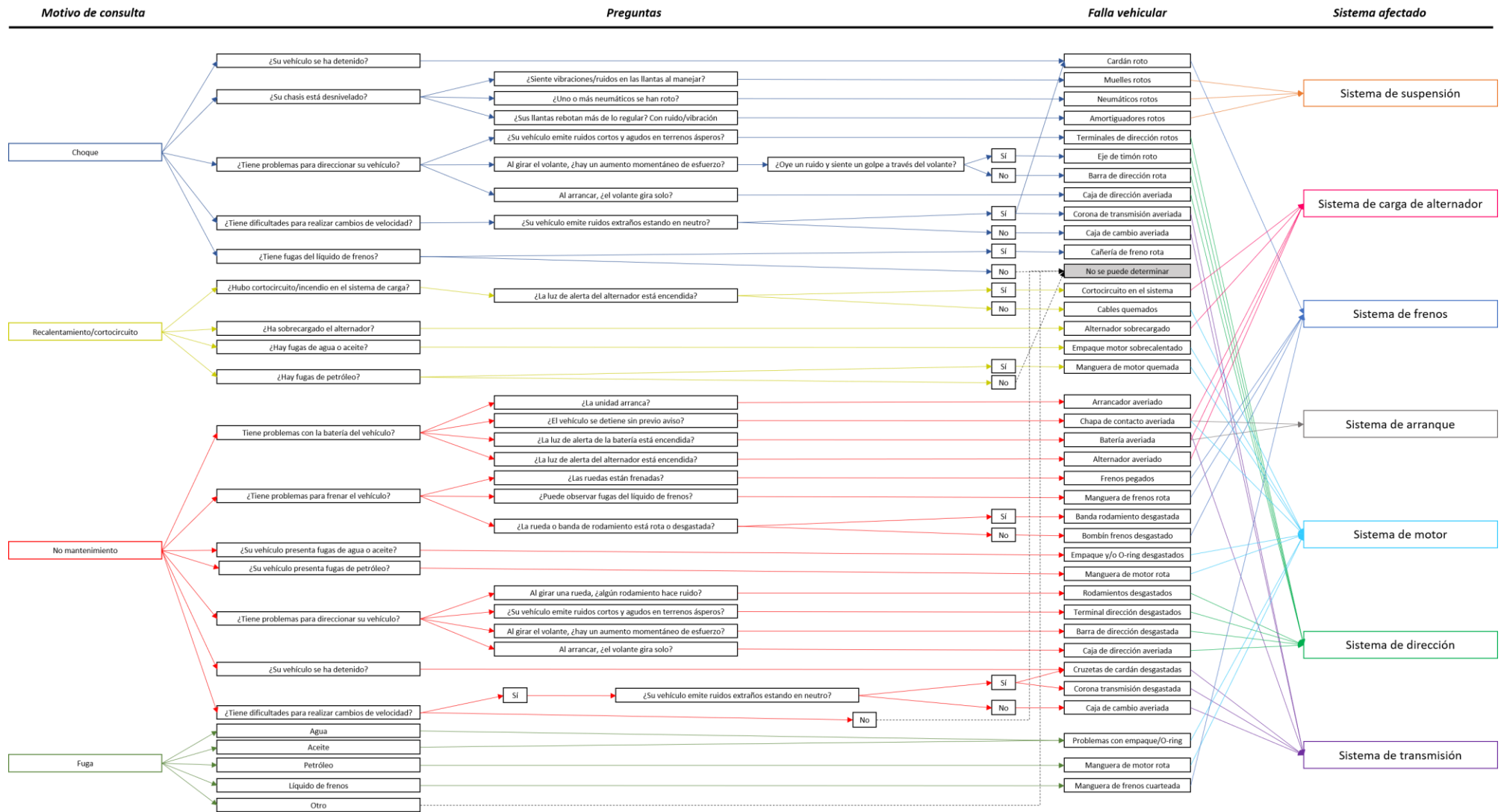


Fig. 37. Árbol binario de decisión de reglas del algoritmo

### d. Flujo de funcionamiento del algoritmo

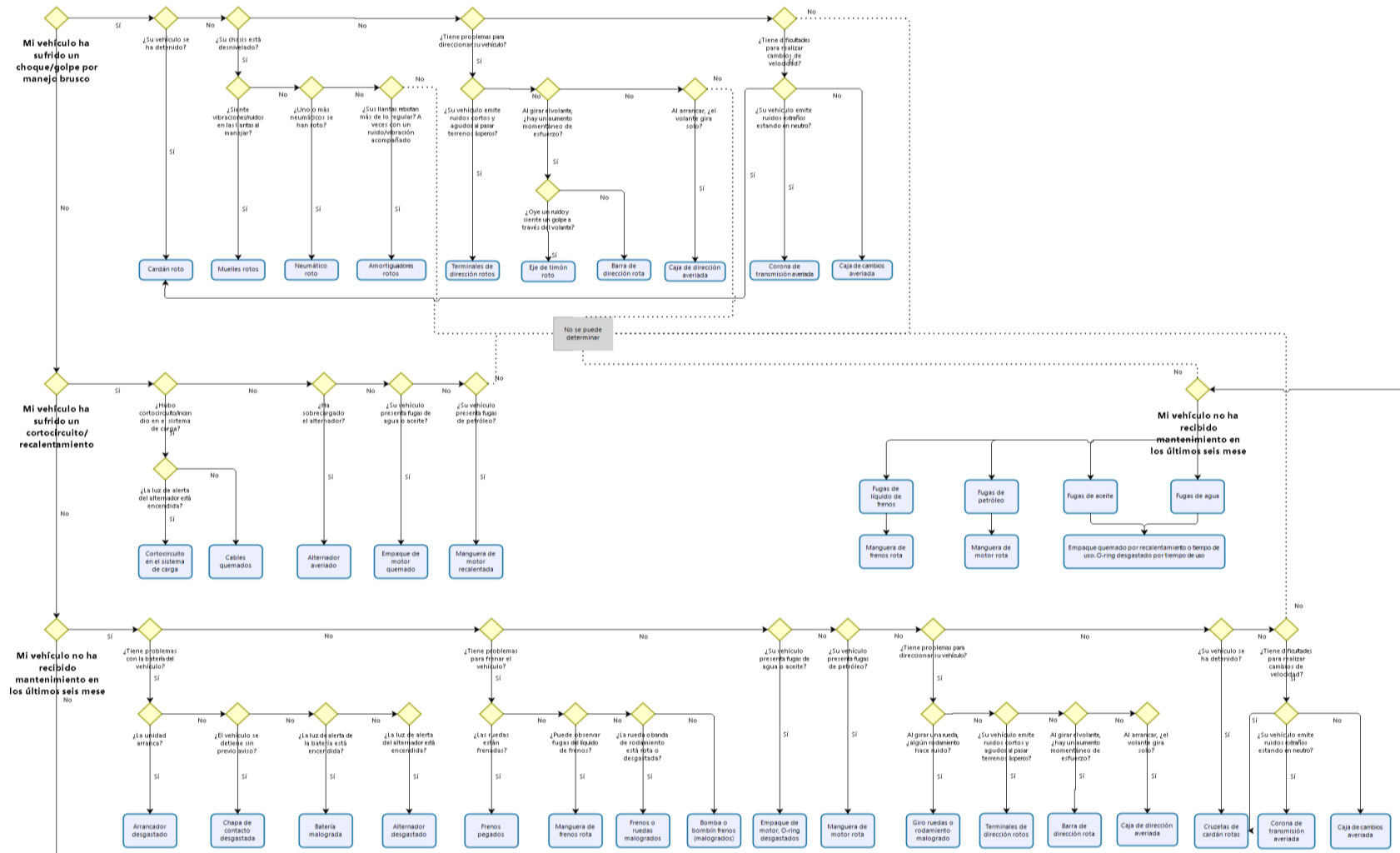


Fig. 38. Flujo de funcionamiento del algoritmo

### **e. Reporte Final**

El reporte es el desarrollo de la metodología, detallando los pasos realizados en cada una de las iteraciones y fases en este capítulo IV. Resultados en base a la metodología.

### **3.1.8. Iteración #8: Mantenimiento**

#### **a. Modificaciones probables del sistema**

En caso se requiera realizar alguna modificación, esta está relacionada con:

- Actualizaciones en las interfaces de encuestas para los clientes, mostrando alguna publicidad o paquete de descuento del taller automotriz.
- Cambios en los precios por mano de obra o por auxilio vehicular según distancia distrital.
- Nuevos reportes para el administrador relacionadas a los diagnósticos vehiculares u otros.

#### **b. Responsables de mantenimiento**

Yo, Ricardo Alonso Rodriguez Lozano, como responsable de la tesis me encargaré de hacer el mantenimiento al sistema, como autor de la tesis y programador del sistema experto.

### **3.2. En base a los objetivos de la investigación**

#### **3.2.1. Identificar los problemas más comunes detectados en el mantenimiento vehicular y sus causantes**

Se identificó satisfactoriamente los problemas más frecuentes que eran detectados después del diagnóstico vehicular en el taller automotriz así como sus causantes. Todo esto ya se ha detallado en el ítem *4.1.7. Iteración #7: Documentación, sección Listado de fallas automotrices, en el Capítulo IV. Resultados.*

### **3.2.2. Identificar los costos pertinentes en el mantenimiento vehicular.**

Asimismo, se identificaron los costos respectivos en el mantenimiento vehicular ligado a las fallas detectadas y sistemas comprometidos. Esta información se detalla en dos momentos: en el ítem *4.1.2. Iteración #2: Adquisición del conocimiento, sección Interpretación, en el Capítulo IV. Resultados* y en el *Anexo 03*.

### **3.2.3. Implementar un sistema web basado en reglas que determine los problemas existentes con un vehículo.**

El sistema fue desarrollado satisfactoriamente e implementado para las pruebas en la empresa automotriz JC Automotriz Rodriguez, habiendo cumplido los requerimientos funcionales y no funcionales. Toda la documentación del sistema web implementado se encuentra *en el Capítulo IV. Resultados*.

### **3.2.4. Validar y verificar el sistema.**

Se hicieron pruebas para validar y verificar el sistema experto basado en reglas, a través de técnicas de pruebas de caja blanca, caja negra, aceptación, unitarias y de integración. Se contó con la validación tanto del usuario como el gerente, así como del asesor de tesis y los mecánicos que verificaron que las reglas cumplieran con sus diagnósticos presuntivos vehiculares. Toda la documentación de las pruebas del sistema que validaban su funcionamiento y verificaban su calidad se encuentran en el ítem *3.1.6. Iteración #6: Pruebas, en el Capítulo III. Resultados*.

## **3.3. Manual de usuario**

Se elaboró un manual de usuario con la finalidad de ayudar a los usuarios en el uso del sistema experto que se implementó. Se puede encontrar en el *Anexo 04*.

## **3.4. Impactos esperados**

### **3.4.1. Impactos económicos**

Una de las causas que sustentan el desarrollo de esta tesis es la crisis económica que atraviesa la empresa automotriz al tener estancadas sus ventas y no incrementar el número de clientes en vehículos de

flota media, liviana y pesada. Es por ello que se espera que después de unos meses de promoción e implementación de la aplicación para el mercado en el departamento de Lambayeque, las ventas incrementen y la cartera de clientes también. De este modo, pueden recuperarse y atraer nuevas oportunidades de expansión para que tengan más ganancias. Así, el impacto económico es positivo directamente en el taller JC Automotriz Rodriguez.

#### **3.4.2. Impactos en tecnología**

Como expliqué antes en los antecedentes, en el departamento de Lambayeque no existen investigaciones que apliquen algoritmos de inteligencia artificial o sistemas expertos para el mercado automotriz o de vehículos en Chiclayo, así que esta tesis es de las primeras en abordar estas nuevas áreas y generar un desarrollo de investigación tecnológica en el departamento y la ciudad.

Fuera del ámbito académico y tecnológico, tampoco se encuentran aplicaciones móviles o servicios tecnológicos que involucren talleres automotrices o mantenimiento vehicular (preventivo o correctivo), así que el sistema experto a través de la aplicación web es un avance importante en las aplicaciones personalizadas en la ciudad de Chiclayo y el departamento de Lambayeque. En caso la empresa crezca, va a poder llevar este mismo avance tecnológico a otras ciudades y localidades en el país.

#### **3.4.3. Impactos ambientales**

Este sistema tiene como objetivo prevenir las fallas automotrices en los vehículos de flota media, así como corregir aquellas que afecten el vehículo después de un accidente. Se tiene como consecuencia una flota automotriz mejor cuidada en la ciudad para los clientes que estén usando la aplicación, y por lo tanto también generan menos contaminación aérea o auditiva en la ciudad de Chiclayo o el departamento de Lambayeque. A largo plazo esto resulta importante puesto que la ciudad es bastante sucia y los ciudadanos contaminan, así que permite concientizar a los usuarios y clientes de la empresa JC Automotriz Rodriguez.

#### **3.4.4. Impactos en la formación de cadenas productivas**

La empresa JC Automotriz Rodriguez realiza sus operaciones en la ciudad de Chiclayo y tiene clientes que vienen de otros departamentos pero que pasan por Lambayeque en sus rutas de operación y requieren de los servicios de mantenimiento o reparación que ofrece la automotriz. La cadena productiva del servicio que ofrece la automotriz no demora mucho ya que no se realizan muchos servicios a gran escala. La implementación del sistema experto a futuro va a permitir que la cadena productiva se expanda y los administrativos de la empresa decidan ofrecer otros servicios o mejorar el taller, expandirse y abrir otra sucursal o vender el software desarrollado a otras empresas automotrices en la ciudad, del modo en que lo han hecho muchas otras empresas en la ciudad.

### **IV. DISCUSIÓN**

Los resultados de esta investigación se obtuvieron según el desarrollo metodológico, el cual comenzó por una obtención de información en dos niveles: primero, las fallas vehiculares más comunes y segundo, los costos que corresponden. Así como Santa Cruz y Padilla [7], era necesario obtener información de las causas que pueden generar problemas, así que por ello se recurrió a esto. Además, los costos permitieron elaborar un reporte con los montos a pagar por el cliente en caso optara por asistencia vehicular, tanto del auxilio como de los repuestos, y así brindarle un presupuesto a ellos para que tengan una idea previa y no sean sorprendidos después. Fue por ello que se siguieron dichos pasos para obtener los resultados.

Según los antecedentes citados anteriormente junto a mi tesis demuestran que la metodología Jhon Durkin es suficiente para el desarrollo ágil de sistemas expertos que cumplan con las características solicitadas a través de requisitos funcionales y no funcionales. En mi caso tuve que considerar RUP también para algunos diagramas requeridos para comprender mejor la realidad del negocio.

En esta investigación para apoyar el diagnóstico de fallas automotrices en la empresa automotriz JC Automotriz Rodriguez E.I.R.L., se pudo desarrollar un sistema experto a través de una aplicación web con resultados satisfactorios y aprobación de la calidad a

través del personal y el asesor de tesis según fue documentado previamente. Esto quiere decir que el sistema desarrollado a través de reglas difusas permite a la empresa automotriz brindar una plataforma digital para el contacto con nuevos clientes y así incrementar su cartera, así como la administración de sus solicitudes de auxilio por parte de los mecánicos y otros administrativos de la empresa. Si bien esta investigación no cuenta con una hipótesis, los resultados se midieron cualitativamente a través de la aprobación de los stakeholders respectivos y se cumplió el objetivo de validar y verificar el software desarrollado, generando diagnósticos presuntivos de fallas automotrices en vehículos de diversa índole. Así, en consecuencia, se genera impacto positivo en el taller automotriz.

Estos resultados son corroborados por Menacho [8] porque a través de su sistema experto de gestión de mantenimiento de vehículos de carga pesada en Huaraz también pudo apoyar a los mecánicos, incrementando significativamente este proceso y también la capacidad operativa de la empresa. El valor diferenciador en comparación de mi tesis es que mi aplicación va directamente relacionada con el cliente final y en primera instancia puede utilizarlo. En comparación con las tesis de Santa Cruz y Padilla [7], Gupioc y Peña [11] y Dávila y Nomberto [12], mi tesis demuestra que los sistemas expertos para realizar diagnósticos presuntivos también son aplicables al rubro automotriz, obteniendo los mismos resultados satisfactorios de validación de los expertos de negocio (en mi caso los mecánicos), abriendo una oportunidad al desarrollo de investigaciones para obtener diagnósticos en otras áreas además de la medicina.

Los resultados de mi investigación muestran un sistema intuitivo que obtiene un diagnóstico presuntivo de las fallas vehiculares o automotrices en vehículos de flota media, así que las reglas se complementaron con el algoritmo de costos para proveer como resultado final no solo un problema encontrado junto a sus fallas y sistemas comprometidos, sino también los costos que se involucran en una asistencia vehicular, y le brindan los medios al cliente para poder acceder a dicho servicio al registrarse en una plataforma web para ser contactados posteriormente por el personal administrativo y mecánicos del taller automotriz.

En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y al analizar estos resultados, confirmamos que un sistema experto desarrollado bajo las metodologías Jhon Durkin y RUP cumplen con el objetivo de realizar diagnósticos presuntivos y producen resultados óptimos en la

empresa en que se implementa, en este caso la automotriz JC Automotriz Rodriguez E.I.R.L.

## **V. CONCLUSIONES**

1. Se identificaron los problemas más comunes presentes en el mantenimiento vehicular, considerando que se pueda obtener un diagnóstico presuntivo previo a la examinación, así como sus causas y sistemas vehiculares afectados.
2. Se identificaron los costos pertinentes en el mantenimiento vehicular considerando mano de obra, costos por la distancia recorrida por los mecánicos y otros servicios auxiliares.
3. Se implementó un sistema web con un algoritmo integrado basado en reglas difusas que lograba generar un diagnóstico presuntivo en base a características de los problemas presentes en los vehículos ingresados por los usuarios.
4. Se validó y verificó el sistema y su calidad a través de pruebas de caja blanca, caja negra, aceptación, unitarias y de integración, contando con un grado de confiabilidad alto.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Recomiendo utilizar en otras investigaciones una metodología de desarrollo de software más ágil, ya que RUP y sus artefactos demandan bastante tiempo y esfuerzo requerido en otras tareas y etapas de la investigación.
2. Recomiendo para investigaciones con más tiempo de implementación investigar otras fallas automotrices que puedan detectarse o incluir inteligencia artificial para procesar imágenes o audios y detectar fallas mecánicas más rápido con el sistema.
3. Recomiendo integrar la aplicación con un sistema para los clientes o página web para que tengan más información de la empresa y esta sea más pública.
4. Recomiendo considerar enviar llamadas automáticas o mensajes a los clientes después de registrar una solicitud de auxilio, en lugar de encargárselo a los administrativos del taller.

5. Recomiendo incluir en el sistema opciones de registro de clientes para que tengan un registro de atenciones y puedan acceder a promociones y otros servicios otorgados por el taller automotriz.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fundación Romero. “Transformación digital en el Perú: ¿A qué ritmo va el cambio en las empresas?”. Campus Virtual Romero. <https://www.campusromero.pe/blog/potenciarmisconocimientos/transformacion-digital-en-el-peru-que-ritmo-va-el-cambio-en-las> (acceso: 30 de abril de 2019).
- [2] RPP. “Parque automotor de Chiclayo completamente hacinado”. RPP Noticias. <https://rpp.pe/peru/lambayeque/parque-automotor-dechiclayo-completamente-hacinado-noticia-1102915?ref=rpp> (acceso: 30 de abril de 2019).
- [3] Andina. “Venta de vehículos nuevos creció en 3.8% unidades en enero”. Agencia Peruana de noticias. <https://andina.pe/agencia/noticia-venta-vehiculosnuevos-crecio-38-unidades-enero-742146.aspx> (acceso: 03 de mayo de 2019).
- [4] M. Abdelmohsen, and N. Ali, “An Expert System for Tractors Maintenances and Troubleshooting” in *The 21conference of Misr Society of Agric. Eng*, 2018
- [5] G. V. Garzón y M. E. Urdiales, “Diseño e implementación de un sistema para determinar fallas mecánicas en motores de encendido provocado mediante redes neuronales artificiales”, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, 2017
- [6] J. C. Hurtado y B. A. Zabala, “Desarrollo de un sistema inteligente web adaptativo para la recomendación de destinos turísticos en el cantón Morona basado en reglas y hechos”, ESPOCH Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Ecuador, 2018
- [7] E. J. Santa Cruz, M. Padilla, “Desarrollo de un sistema experto médico para mejorar el diagnóstico del paciente en enfermedades gastroenterológicas en el hospital de Pampas de Tayacaja”, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú, 2018
- [8] V. M. Menacho, “Modelo computacional basado en sistemas expertos para la gestión de mantenimiento de maquinarias de movimiento de tierras de la ciudad

- de Huaraz – 2016”, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Perú, 2018
- [9] S. D. Terán, “Implementación de un Sistema Experto para determinar el índice de seguridad escolar en instituciones educativas primarias y secundarias del distrito de Calzada, 2017”, Universidad César Vallejo, Perú, 2019
- [10] E. V. Ramos, “Sistema experto para fomentar el turismo en la región Lambayeque – Perú”, *Tzhoecoen*, vol. 9, no. 3, oct 2017
- [11] F. Gupioc, B. Peña, “Sistema Experto Médico para Mejorar el Diagnóstico de Pacientes con Depresión del CSM Santa Lucia de Moche, Año 2018”, Universidad César Vallejo, Perú, 2018
- [12] H. Dávila, L. Y. Nomberto, “Diseño e implementación de un sistema experto para el diagnóstico de enfermedades gastroenterológicas en el Hospital Provincial Docente Belén - Lambayeque 2014”, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú, 2019
- [13] A. M. Turing, “Computing machinery and intelligence”, *Mind LX*, vol. 236, pp. 433-460, 1950
- [14] S. J. Russell y P. Norvig, *Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno*, 3ra ed. Upper Saddle River, NJ, Estados Unidos: Prentice Hall, 2009
- [15] E. Feigenbaum and M. Sharples, *Computers and Thought*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, Inc., 1963
- [16] S. Badaró, L. J. Ibañez y M. J. Agüero, “Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones”, *Ciencia y Tecnología*, no. 13, pp. 349-364, 2013
- [17] J. Holland, “Genetic Algorithms”, *Scientific American*, vol. 267, no. 1, pp. 66-73, 1992
- [18] P. S. Lagos, “CommonKADS y el Lenguaje de Modelado Unificado – UML”, *Ingeniería informática*, no. 8, 2002

- [19] B. G. Buchanan et al., “Constructing an expert system”, *Building expert systems*, pp. 127-167, 1983
- [20] J. Durkin and J. Durkin, *Expert systems: design and development*, New York, NY, Macmillan, 2004
- [21] S. Otero, “Manual básico acerca del automóvil y su motor”, 2017. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/324210587\\_MANUAL\\_BASICO\\_ACERCA\\_DEL\\_AUTOMOVIL\\_Y\\_SU\\_MOTOR](https://www.researchgate.net/publication/324210587_MANUAL_BASICO_ACERCA_DEL_AUTOMOVIL_Y_SU_MOTOR)
- [22] República del Perú, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, “Guía del conductor”, Rubro 4 – Seguridad vial, Funcionamiento del automóvil.
- [23] H. Sánchez y C. Reyes, *Metodología y Diseños en la Investigación Científica*, Lima, Editorial Business Suport Aneth SRL Quinta Edición, 2015.
- [24] Pruebaderuta.com, “Sistema de carga de automóvil”. [En línea]. Disponible en: <https://www.pruebaderuta.com/sistema-de-carga-del-automovil.php>
- [25] Comofunciona, “Como funciona un Sistema de frenos”. [En línea]. Disponible en: <https://como-funciona.co/un-sistema-de-frenos/>
- [26] L. Blázquez, “Motor de arranque: qué es y cómo funciona”, *Coches.com*, 26 mar 2019. [En línea]. Disponible en: <https://noticias.coches.com/consejos/motor-de-arranque-que-es-y-como-funciona/332703>

**VIII. ANEXOS****ANEXO 01: FICHA DE OBSERVACIÓN****FICHA DE OBSERVACIÓN DE VISITA AL TALLER**LUGAR: FECHA: OBSERVADOR: 

N°	TRABAJADOR	SERVICIO	OBSERVACIONES
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

## ANEXO 02: RESUMEN DE ENTREVISTA INICIAL PARA DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

### Visita #01

Entrevistado: Carlos Rodriguez, gerente

Fecha: Lunes 11/05/2020

### Resumen

- Mayor porcentaje de casos vienen de vehículos de flota mediana (5-12 toneladas)
- Una parte de ellos proviene de mantenimientos que son realizados cada 5,000 kilómetros o 2 meses.
- Los principales problemas generados por fallas vehiculares son por averías de:
  - Sistema de arranque: el vehículo no arranca
  - Sistema de carga de alternador
  - Sistema de batería
  - Frenos pegados
  - Sistema de aire: no carga el compresor
  - Sistema de suspensión: al ser cargado durante demasiado tiempo
    - Paquetes de muelle
    - Terminales de dirección
    - Cruzeta de cardan
  - Fugas de aceite o aire
  - Sistema de petróleo
- Algunos problemas requieren solución inmediata debido al rubro para el que trabajan los vehículos de flota mediana: reparto de productos alimenticios, ya que no pueden perder el producto o el día de trabajo
- Las principales fallas que cuentan con signos notables son:
  - Sistema de arranque: Bornes de batería con problemas, así como conectores y enchufes
  - Sistema de carga: Fecha de vencimiento, conectores, enchufes
  - Fugas de aceite o aire: Sonido de fuga por una manguera
  - Fuga de combustible: Inestabilidad en el motor y arranque
  - Sistema de luces: Cortocircuito, chispas o fuego
- Según el tipo de problema no siempre se envía mecánicos, sino pueden enviarse electricistas
- La empresa atiende las fallas según el sistema que lo produce, atendiendo solo si comprenden:

- Sistema de arranque
    - Chapa de contacto
    - Arrancadores
    - Batería
    - Conectores/cables
  - Sistema de cargas
    - Conectores/cables
    - Chapa de contacto
    - Alternador
    - Batería
  - Sistema de alimentación de combustible
    - Filtro de combustible
    - Bomba de combustible
    - Motor
  - Sistema de temperatura/enfriamiento
    - Radiador
    - Tanque de refrigeración/agua
    - Bomba de agua
    - Manguera/cañería
    - Termostato
    - Motor
  - Sistema de luces
    - Relay
    - Batería
    - Cables
    - Conectores de mando
    - Faros
    - Tableros de instrumentos
-

## ANEXO 03: RESUMEN DE ENTREVISTA INICIAL PARA OBTENCIÓN DE COSTOS POR ATENCIÓN VEHICULAR

### Visita #02

Entrevistado: Carlos Rodriguez, gerente

Fecha: Lunes 18/05/2020

### Objetivos

- Lista de problemas vehiculares con sus causas (qué sistema es el que falla?)
- Costos involucrados en cada problema (mano de obra+piezas por reemplazar, en caso fuera)
- Se tomará como guía base:
  - Sistema de arranque
  - Sistema de carga de alternador
  - Sistema de batería
  - Frenos pegados
  - Sistema de aire
  - Sistema de suspensión
    - Paquetes de muelle
    - Terminales de dirección
    - Cruzeta de cardan
  - Fugas de aceite o aire
  - Sistema de petróleo

### Resumen

- El costo de mano de obra para el auxilio vehicular depende del lugar de donde se produzca la llamada, sin embargo necesita ser detallado para abarcar todas las distancias posibles con los distritos de la región Lambayeque. Esta información falta ser entregada en su totalidad
- Los clientes pueden consultar directamente por sus repuestos

Sistema vehicular	Problema vehicular	Soluciones probables	Costo mano de obra (Auxilio)	Costo mano de obra (taller)	Costo con repuesto
Sistema de arranque	Unidad no arranque	Revisar: chapa, batería y cables, arrancador	De acuerdo a la distancia	S/.80.00	Llamar al teléfono del jefe de taller
	Revisar arrancador (malogrado)	En taller (remolcar)		S/.80.00	
	Chapa de contacto (malogrado)	Cambio		S/.50.00	
	Batería malogrado	Cambio		S/.30.00	
Sistema de carga de alternador	Unidad no arranque	Revisar: chapa, batería y cables, arrancador	De acuerdo a la distancia	S/.80.00	Llamar al teléfono del jefe de taller
	Unidad no carga el alternador	En taller (remolcar)		S/.80.00	
	Reparar alternador (malogrado)	En taller (remolcar)		S/.80.00	
	Corto circuito en el sistema de carga	Reviser sistema: fusibles, cables, tablero		S/.80.00	
	Batería malograda	Cambio		S/.30.00	
Sistema de frenos	Ruedas frenadas	Regulación de frenos	De acuerdo a la distancia	S/.20.00	Llamar al teléfono del jefe de taller
	Cañería rota	Cambio		S/.30.00	
	Manguera rota	Cambio		S/.30.00	
	Bomba o bobín frenos (malogrados)	Cambio (de accesorios)		S/.80.00	
	Frenos o ruedas malogrados	Cambio		S/.30.00	
Sistema de suspensión	Muelles rotos	Cambio y/o remolcar	De acuerdo a la distancia	S/.100.00	Llamar al teléfono al jefe de taller
	Amortiguadores rotos	Cambio		S/.20.00	
	Neumático roto	Cambio		S/.30.00	

<b>Sistema de motor</b>	Unidad no arranca	Revisar sistema de arranque y sistema de carga	De acuerdo a la distancia	S/.50.00	Llamar al teléfono al jefe de taller
	Cables quemados	Cambio		S/.50.00	
	Fugas de aceite (simple)	Cambio		S/.50.00	
	Fugas de agua (simple)	Cambio		S/.50.00	
	Fugas de motor	Cambio		S/.30.00	
<b>Sistema de dirección</b>	Giro ruedas (malogrado)	Cambio de rodajes	De acuerdo a la distancia	S/.50.00	Llamar al teléfono al jefe de taller
	Terminales de dirección (roto)	Cambio de terminales		S/.50.00	
	Barra de dirección (roto)	Soldar y/o cambio		S/.80.00	
	Eje de timón (roto)	Soldar y/o cambio		S/.80.00	
	Caja de dirección (malogrado)	Reparar y/o cambio		S/.80.00	
<b>Sistema de transmisión</b>	Cardan roto	Cambio y/o soldar	De acuerdo a la distancia	S/.80.00	Llamar al teléfono al jefe de taller
	Cruzetas de cardan (roto)	Cambio		S/.80.00	
	Caja de cambio (averiada)	Reparar (remolcar)		S/.800.00	
	Corona de transmisión (averiada)	Reparar (remolcar)		S/.800.00	

**ANEXO 04: MANUAL DE USUARIO****MANUAL DE USUARIO****SISTEMA MOTRIZTENTE: ASISTENTE VEHICULAR**

*Desarrollado por: Ricardo Alonso Rodriguez Lozano*

# MANUAL DE USUARIO

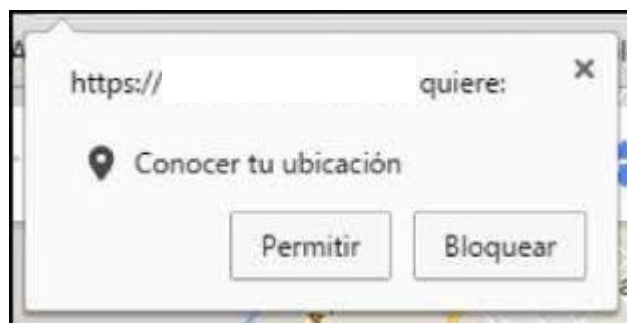
## 1. Ingreso al sistema

Para ingresar al sistema, solo es necesario ingresar al link: [ricrodloz.github.io/motriztente](https://ricrodloz.github.io/motriztente). No es necesario acceder a través de un usuario, le saldrá una pantalla de bienvenida y debe hacer clic en **EMPEZAR**.



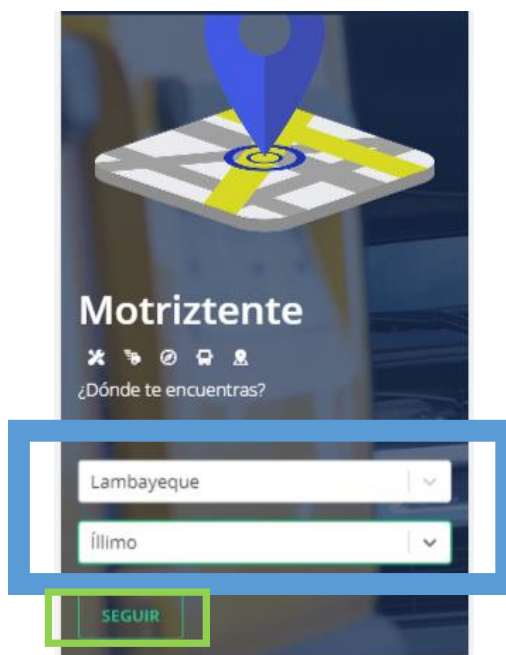
## 2. Ingreso de ubicación

Se le solicitará permiso de ubicación, por lo que debe dar permiso al dar clic en **Permitir**. La pantalla es similar a esta:



Posteriormente, ingrese el distrito y provincia donde se encuentre y podría requerir auxilio vehicular. Recuerde que debe encontrarse en Lambayeque para poder asistirlo, de lo contrario solo podrá recibir consejos o información de asistencia. Solo

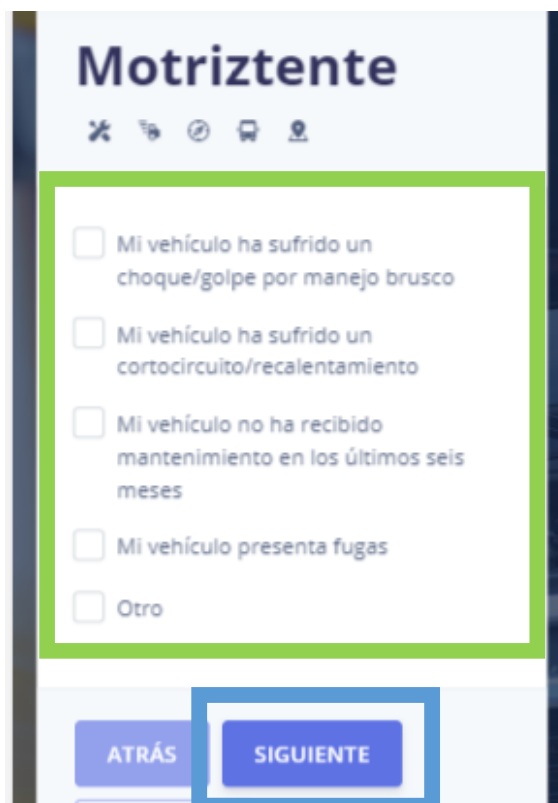
debe dar clic en las dos listas desplegables que se muestran a continuación resaltadas en azul, así como dar clic en el botón verde que dice **SEGUIR**.



The screenshot shows the Motriztente app interface. At the top, there is a map with a blue location pin and a yellow and white checkered pattern. Below the map, the text "Motriztente" is displayed, followed by icons for search, location, settings, and user profile, and the question "¿Dónde te encuentras?". Below this, there are two dropdown menus: the first is set to "Lambayeque" and the second is set to "Íllimo". A green box highlights the "SEGUIR" button at the bottom.

### 3. Elección de motivo de consulta

Se le pedirá que elija una o más opciones del motivo de su consulta de auxilio vehicular, la cual es el motivo del problema. Para ello, elija uno o más de las opciones que se le dan, dando clic en una casilla de verificación resaltada en verde y dando clic en el botón azul **SIGUIENTE**.



The screenshot shows the Motriztente app interface. At the top, there is a map with a blue location pin and a yellow and white checkered pattern. Below the map, the text "Motriztente" is displayed, followed by icons for search, location, settings, and user profile, and the question "¿Dónde te encuentras?". Below this, there are two dropdown menus: the first is set to "Lambayeque" and the second is set to "Íllimo". A green box highlights the "SEGUIR" button at the bottom.

- Mi vehículo ha sufrido un choque/golpe por manejo brusco
- Mi vehículo ha sufrido un cortocircuito/recalentamiento
- Mi vehículo no ha recibido mantenimiento en los últimos seis meses
- Mi vehículo presenta fugas
- Otro

ATRÁS

SIGUIENTE

#### 4. Resolución de preguntas

A continuación se le harán varias preguntas sobre el estado de su vehículo y los signos de falla que está presentando. Le pedimos que responda todas las preguntas haciendo clic en una opción, según se resalta en verde y de clic en el botón **SIGUIENTE** resaltado en naranja hasta que llegue al final. Si desea corregir una respuesta, solo de clic en el botón **ATRÁS** resaltado en rojo, o si gusta terminar de frente solo de clic en el botón **TERMINAR** resaltado en amarillo.



Una vez que haya terminado, solo es necesario dar clic en el botón **IR AL REPORTE** para ver el diagnóstico de su vehículo.



Este se muestra a continuación como ejemplo:

## Reporte de Motriztente

El diagnóstico es el siguiente:

Falla	Costo de reparación	Causa
Empaque y/o O-ring desgastados	S/50	Empaque quemado por recalentamiento o tiempo de uso. O-ring desgastado por tiempo de uso.
Manguera de motor rota	S/30	Manguera rota por tiempo o por recalentamiento

Reparación	S/80
Asistencia	S/220
<b>Subtotal*</b>	<b>S/300</b>

(\*) El subtotal no considera el costo de repuestos nuevos, en caso se requiera

CERRAR REPORTE
SOLICITAR MECÁNICO

Tiene la opción de **SOLICITAR MECÁNICO** (botón verde) o cerrar el reporte y no hacer nada. Le recomendamos solicitar auxilio para poder acudir a su ayuda ya sea remolque del vehículo para llevarlo al taller o asistencia inmediata.

## 5. Registrar solicitud de auxilio


A continuación se le piden datos, por favor ingrese cada uno y dé clic en **SOLICITAR AUXILIO** (botón verde)

### SOLICITUD DE AUXILIO

Nombre completo

Número de contacto  Distrito

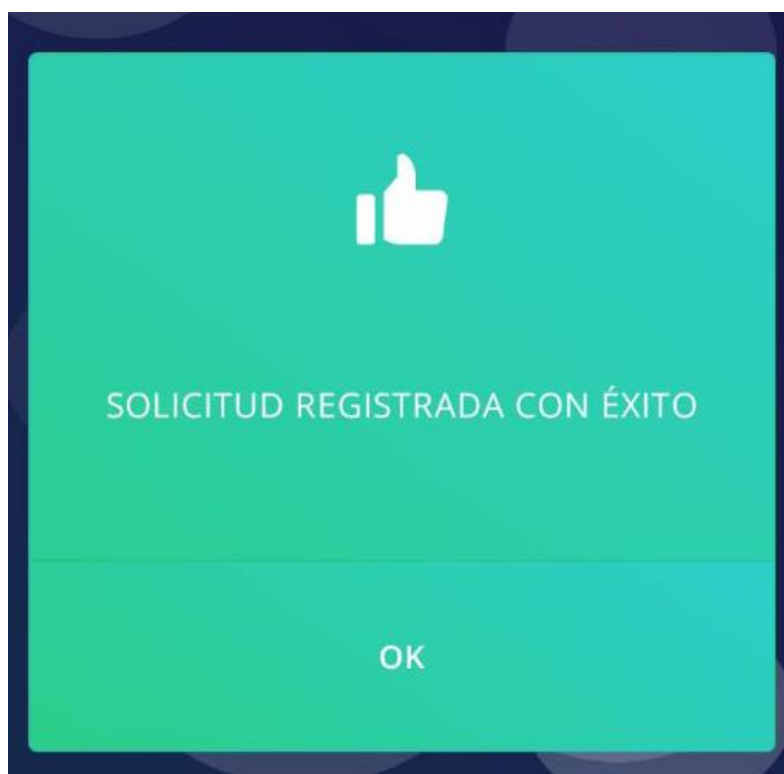
Ubicación   
 [Ampliar el mapa](#)



Referencia

CANCELAR
SOLICITAR AUXILIO

Una vez lo haya concretado, le saldrá un mensaje de confirmación.



**¡Listo! Solo queda esperar una llamada de nuestra parte.**

**Prepárese para disfrutar del servicio de JC  
Automotriz Rodriguez.**