



Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores-generadores utilizados en propulsión eléctrica.

Morillo Regalado, Josué Alejandro y Ulcuango Mármol, Rogger Ricardo

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán MSc.

23 de febrero del 2024

Latacunga



Plagiarism and AI Content Detection Report

Proyecto de Integración Curricular_T...

Scan details

Scan time: February 23th, 2024 at 18:30 UTC

Total Pages: 94

Total Words: 23386

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	8.8%	178
Minor Changes	0%	0
Paraphrased	0%	0
Omitted Words	12.7%	2976

AI Content Detection



Text coverage	Words
AI text	2.7% 625
Human text	97.3% 19785

[Learn more](#)

Plagiarism Results: (3)

Copleaks Internal Database 0.7%

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Copleaks Internal Database 0.6%

el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas

Copleaks Internal Database 0.5%

el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas

Quirk
Ing. G. Erazo
0501432637

Certified by
Copleaks

About this report
help.copleaks.com

copleaks.com



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores-generadores utilizados en propulsión eléctrica”** fue realizado por los señores **Morillo Regalado, Josué Alejandro** y **Ulcuango Mármol, Rogger Ricardo**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de febrero del 2024

Firma:


.....
Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

0501432637



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros **Morillo Regalado, Josué Alejandro** y **Ulcungo Mármol, Rogger Ricardo** con cédulas de identidad de ciudadanía n°**1750153536** y n°**1725418147**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: “**Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores-generadores utilizados en propulsión eléctrica**” es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 de febrero del 2024

Firma:

.....
Morillo Regalado, Josué Alejandro

1750153536

Firma:

.....
Ulcungo Mármol, Rogger Ricardo

1725418147



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros **Morillo Regalado, Josué Alejandro** y **Ulcuango Mármol, Rogger Ricardo** con cédulas de ciudadanía n°**1750153536** y n°**1725418147**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores-generadores utilizados en propulsión eléctrica”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero del 2024

Firma:

Morillo Regalado, Josué Alejandro

1750153536

Firma:

Ulcuango Mármol, Rogger Ricardo

1725418147

Dedicatoria

Dedico el presente proyecto de integración curricular a mis padres, Morillo Rober y Regalado Natalia, a los cuales amo con todo mi ser, que con su esfuerzo y perseverancia me otorgaron el regalo de la educación e inculcaron en mi ser valores y principios que me han encaminado a ser una persona de bien.

A mi hermana Morillo Génesis, que con su incondicional apoyo y aliento me ha inspirado a seguir adelante, manteniéndome firme durante mi arduo camino.

A mis tíos, Achig Roberto, Morillo Consuelo, Zapata Jaime y Amores Jimena, que siempre me han inculcado el seguir adelante, me han brindado consejos, alegría y me han apoyado para poder lograr este objetivo en mi vida.

Morillo Regalado, Josué Alejandro

Dedicatoria

Dedico esta tesis, con todo mi corazón a mis padres, Ulcuango Luis y Mármol Nanci, por haber sido un apoyo incondicional en base a su esfuerzo y paciencia para que siempre siga adelante, además de enseñarme los buenos valores y hábitos que me han ayudado a llegar a esta meta, por este motivo les entrego mi trabajo como muestra de amor que les tengo y siempre los tendré en mi corazón.

A mis hermanos Pablo, Luis y Erick por estar siempre a mi lado apoyándome en todo momento, por creer siempre en mí.

A mis sobrinos Matías, Ezequiel, Aitana y Emilio por ser el motivo de salir adelante y nunca rendirme y que esto en un futuro les pueda servir como ejemplo.

A mis cuñadas Gabriela y Verónica, por siempre darme apoyo moral y su cariño, por tratarme como a un hermano más.

A toda mi familia en general que nunca faltaron unas palabras de aliento en todo momento y siempre estuvieron pendientes de mí, en el proceso de mi carrera en la universidad.

Ulcuango Mármol, Rogger Ricardo

Agradecimiento

Agradezco por la vida que se me ha otorgado a nuestro Dios, por brindar con su infinita bondad la salud y la voluntad de mantenerme perseverante a pesar de las adversidades.

A mis padres Morillo Rober y Regalado Natalia por otorgar a mi persona su incondicional amor, apoyo, consejos y darme lo mejor siempre.

A mi hermana Morillo Génesis, por ser mi soporte, por ayudarme siempre que lo necesitaba y siempre confiar en mí, estar a mi lado, cuidarme y defenderme.

A mis tíos, Achig Roberto, Morillo Consuelo, Zapata Jaime y Amores Jimena, por todo lo que hicieron por mi durante mi vida universitaria, por brindar conmigo lo que estaba en su alcance y esperar siempre mi regreso, velar por mi seguridad; gracias por hacer que siempre haya sentido que estuve en mi hogar.

Al ingeniero Erazo Washington, tutor del presente proyecto de integración curricular, por compartir sin dudar sus conocimientos, guiarnos y apoyarnos.

Morillo Regalado, Josué Alejandro

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios por la vida, sabiduría y entendimiento que me fue otorgado, por brindarme la salud y la protección en todo este proceso, y siempre ayudarme a salir de todas las adversidades que se me presentaron.

Agradezco a mis padres Luis Ulcuango y Nanci Mármol, por apoyarme en todo en lo moral y lo económico que con tanto esfuerzo me ayudaron a terminar mi carrera profesional.

Agradezco a mis hermanos Pablo, Luis y Erick por ayudarme a seguir adelante y siempre estar ahí en el proceso de mi carrera profesional.

Agradezco a toda mi familia en general por animarme, a seguir adelante en mi carrera y hacerme sentir siempre en familia y muy querido.

A mis amigos Jordán, Steven y Esteban con quienes conviví en toda mi carrera universitaria y enseñaron a ser una mejor persona. Apoyarnos mutuamente y llegar a tener una relación como hermanos en todo este trayecto.

A mi novia Odalys Morales por todo su amor y cariño que me ha demostrado en todo este tiempo que hemos compartido, por todo su apoyo en mis noches de desvelos, acompañándome a todo lugar, por darme los consejos para mejorar cada día, además ayudarme a alcanzar este objetivo gracias por lo que has hecho por mí. Te amo Odyta.

Al Ingeniero Washington Erazo tutor de la unidad de integración curricular, por impartir sus conocimientos e instrucción en el presente trabajo.

Ulcuango Mármol, Rogger Ricardo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento	8
Agradecimiento	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras.....	18
Índice de tablas.....	21
Abstract.....	24
Resumen	23
Capítulo I: Marco Metodológico.....	25
Antecedentes investigativos	25
Planteamiento del problema	26
<i>Descripción resumida.....</i>	27
Justificación e importancia	28
Objetivos	29
<i>Objetivo General</i>	29
<i>Objetivos específicos.....</i>	29

Metas	30
Hipótesis.....	30
Variables de investigación	30
<i>Variable dependiente</i>	30
<i>Variable independiente</i>	30
Método de desarrollo.....	30
Capítulo II: Marco Teórico	33
Movilidad Eléctrica.....	33
Contextualización de la movilidad eléctrica.....	34
Introducción a los motores generadores en vehículos híbridos y eléctrico.....	35
Descripción general de los motores generadores en vehículos híbridos y eléctricos.....	36
Diferencias entre motores generadores en vehículos híbridos y eléctricos	36
<i>Motores Generadores En Vehículos Híbridos</i>	36
<i>Motores generadores en vehículos eléctricos</i>	38
<i>Freno Reostático</i>	39
<i>Freno Regenerativo</i>	39
Tipos de motores generadores.....	40
<i>Motores generadores síncronos de corriente alterna</i>	40
<i>Saturación de la densidad de flujo</i>	41
<i>Elevación de la temperatura en el devanado y en el aislamiento debido a las pérdidas</i>	41

<i>Motores generadores de inducción</i>	<i>41</i>
<i>Motor de inducción tipo jaula de ardilla</i>	<i>42</i>
<i>Motor de inducción de rotor bobinado</i>	<i>42</i>
<i>Motores generadores de corriente directa.....</i>	<i>43</i>
Clasificación de motores generadores utilizados en vehículos eléctricos	44
<i>Motores eléctricos síncronos</i>	<i>45</i>
Conjunto móvil de los motores síncronos.....	45
Conjunto estático de los motores síncronos	45
<i>Motores electrónicos asíncronos o de inducción.....</i>	<i>49</i>
<i>Motores eléctricos de reluctancia.....</i>	<i>49</i>
<i>Motores eléctricos de corriente continua.....</i>	<i>51</i>
<i>Motores eléctricos de corriente continua con escobillas</i>	<i>51</i>
Funcionamiento y operación de los motores generadores	52
<i>Modos de operación de los motores generadores</i>	<i>54</i>
<i>Condición vehículo detenido Parking.....</i>	<i>55</i>
<i>Empieza el movimiento del vehículo.....</i>	<i>56</i>
<i>Modo operativo en conducción normal</i>	<i>57</i>
<i>Condiciones de aceleración fuerte y velocidad crucero</i>	<i>57</i>
<i>Desaceleración y frenado.....</i>	<i>58</i>
<i>Reversa</i>	<i>59</i>

Diagnóstico de fallas en motores generadores	60
Fallas presentes en el estator	61
<i>Sobrecalentamiento</i>	61
<i>Características principales para el sobrecalentamiento del estator</i>	62
<i>Variación de tensión</i>	62
<i>Desbalanceo en las fases de tensión</i>	62
<i>Arranques recurrentes</i>	62
<i>Sobrecargas</i>	62
<i>Sistemas de ventilación y refrigeración</i>	63
<i>Eléctricas</i>	63
<i>Características principales para los cortocircuitos del estator</i>	63
<i>Aislante del bobinado</i>	63
<i>Efecto corona</i>	63
<i>Sobretensiones</i>	64
<i>Mecánicas</i>	64
<i>Características principales de defectos mecánicos del estator</i>	64
<i>Movimiento de espiras</i>	64
<i>Contacto entre el estator y el rotor</i>	64
<i>Agentes externos</i>	65
Fallas presentes en el rotor.....	65

<i>Por condiciones térmicas.....</i>	<i>65</i>
<i>Elevadas cargas térmicas.....</i>	<i>65</i>
<i>Desequilibrio térmico del rotor.....</i>	<i>66</i>
<i>Por condiciones magnéticas.....</i>	<i>66</i>
<i>Consecuencias electromagnéticas.....</i>	<i>66</i>
<i>Electromagnetismo desequilibrado.....</i>	<i>66</i>
<i>Por condiciones mecánicas.....</i>	<i>67</i>
Métodos y técnicas para el diagnóstico de fallas en motores generadores.....	67
Protocolos para el diagnóstico de los elementos de un motor generador.....	68
<i>Técnicas de diagnóstico de motores generadores.....</i>	<i>70</i>
Uso de sistemas de monitoreo y sensores.....	71
<i>Sistemas de monitoreo.....</i>	<i>71</i>
<i>Sensores.....</i>	<i>71</i>
Mantenimiento preventivo y correctivo de motores generadores.....	73
<i>Mantenimiento preventivo.....</i>	<i>73</i>
<i>Mantenimiento correctivo.....</i>	<i>75</i>
Procedimiento de reparación y reemplazo de componentes defectuosos.....	75
Importancia de los sistemas de refrigeración para motores generadores.....	76
<i>Técnicas de disipación de calor en motores de alta potencia.....</i>	<i>76</i>
<i>Análisis del diseño de refrigeración.....</i>	<i>76</i>

<i>Sensores de temperatura</i>	77
<i>Sistema de refrigeración</i>	78
Seguridad en la operación de motores generadores	78
Consideraciones de seguridad al trabajar con motores generadores de alta tensión.....	79
Normativo y estándares de seguridad aplicables	80
<i>Características principales de la normativa IEC</i>	80
<i>Protección contra cortocircuitos y cargas excesivas</i>	80
<i>Cableado alta tensión seguras</i>	81
<i>Conexión de masa o tierras eficientes</i>	82
<i>Mantenimiento preventivo</i>	83
<i>Técnicos capacitados</i>	83
<i>Registro y recopilación de información</i>	84
Tendencias futuras y desarrollo de motores generadores	84
Investigación y desarrollo en el campo de motores generadores para vehículos eléctricos	84
Nuevas tecnologías y avances esperados	86
<i>Motores eléctricos de flujo axial</i>	86
Capítulo III: Proceso de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores generadores.....	88
Levantamiento de requerimientos	88
<i>Detector de errores & osciloscopio FADOS9F1</i>	88
<i>Multímetro automotriz TRISCO DA-830</i>	90

<i>Escáner automotriz THINKCAR</i>	92
<i>Herramientas manuales</i>	93
<i>Pinzas removedoras de anillos retenedores</i>	93
<i>Llave de media vuelta</i>	94
<i>Motor generador TOYOTA Highlander 2010</i>	94
Proceso de desarmado y armado de motores generadores.....	95
Requisitos del sistema	99
<i>Pruebas de continuidad y resistencia en las bobinas</i>	99
<i>Trabajo ideal de motores generadores y funcionamiento</i>	102
Diagrama eléctrico de los motores generadores.....	105
Diagnóstico del mecanismo de transmisión.....	106
Diagnóstico del mecanismo de parqueo	108
Conector DLC (<i>Data Link Conector</i>) y protocolos de comunicación	110
Monitoreo de sistemas específicos o pruebas de control a bordo.	111
PIDs y DTCs de Motores Generadores.....	111
<i>DTC (Diagnostic Trouble Codes) de fallos en motores generadores</i>	112
<i>Parámetro de identificadores de diagnóstico (PID)</i>	114
Borrado y reinicio de los DTC (<i>Diagnostic Trouble Codes</i>).....	116
Sensores del conjunto motor generador y distribución de pines	116
Flujo de datos de tensión y corriente en motores generadores	121

Capítulo IV: Marco Administrativo.....	124
Recursos	124
<i>Recursos humanos.....</i>	<i>124</i>
<i>Recursos tecnológicos.....</i>	<i>124</i>
<i>Recursos materiales.....</i>	<i>125</i>
Análisis de costos del proyecto de investigación.....	125
Análisis costo-beneficio	126
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones	127
Conclusiones	127
Recomendaciones	129
Bibliografía	130
Anexos	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Tipología de los vehículos eléctricos</i>	34
Figura 2 <i>Características físicas de los motores generadores MG1 usados en vehículos híbridos</i>	37
Figura 3 <i>Características físicas de los motores generadores MG2 usados en vehículos híbridos</i>	37
Figura 4 <i>Características de los cuadrantes para motores eléctricos</i>	38
Figura 5 <i>Ensamble del motor generador 2</i>	40
Figura 6 <i>Despliegue de componentes de motor tipo jaula de ardilla</i>	42
Figura 7 <i>Sección transversal de un motor de inducción de rotor bobinado</i>	43
Figura 8 <i>Motor de corriente directa con arranque en línea directa por un conmutador</i>	44
Figura 9 <i>Clasificación de motores</i>	45
Figura 10 <i>Esquema de componentes de motores síncronos</i>	46
Figura 11 <i>Ondas trifásicas del motor síncrono desfasadas 120°</i>	47
Figura 12 <i>Circuito equivalente de un motor síncrono</i>	48
Figura 13 <i>Esquema de motores eléctricos asíncronos</i>	49
Figura 14 <i>Fundamento para el accionamiento de motores de reluctancia</i>	50
Figura 15 <i>Motores de reluctancia</i>	51
Figura 16 <i>Esquema de motores de CC con escobillas</i>	52
Figura 17 <i>Diagrama de conexión motores generadores</i>	53
Figura 18 <i>Modo operativo detenido</i>	55
Figura 19 <i>Modo operativo de arranque</i>	56
Figura 20 <i>Modo de operación en conducción normal</i>	57
Figura 21 <i>Modo de operación condiciones de aceleración fuerte y velocidad crucero</i>	58
Figura 22 <i>Modo operativo en desaceleración y frenado</i>	59
Figura 23 <i>Modo de operación para reversa</i>	60

Figura 24 <i>Clasificación de los métodos de diagnosis</i>	68
Figura 25 <i>Sistemas de monitoreo del vehículo híbrido Lexus</i>	71
Figura 26 <i>Arquitectura de control de los sistemas eléctricos de tracción</i>	72
Figura 27 <i>Mantenimiento preventivo de un motor generador Toyota Prius</i>	73
Figura 28 <i>Verificación del sistema híbrido "Check Hybrid System"</i>	75
Figura 29 <i>Conductos del sistema de refrigeración por medio de líquido en motores generadores</i>	77
Figura 30 <i>Conexiones eléctricas de fases y sensores de temperatura del motor generador</i>	77
Figura 31 <i>Sistemas de refrigeración de un conjunto de motores generadores e inversor</i>	78
Figura 32 <i>Jumper de seguridad que inhabilita el sistema</i>	81
Figura 33 <i>Conexión eléctrica de motores generadores MG1 y MG2</i>	81
Figura 34 <i>Conexiones de motores generadores con terminales y pernos de ajuste</i>	82
Figura 35 <i>Mantenimiento preventivo de vehículos híbridos y eléctricos</i>	83
Figura 36 <i>Armado de conjunto motor generador y transmisión de un vehículo híbrido</i>	84
Figura 37 <i>Motor generador de flujo axial</i>	86
Figura 38 <i>Diferencias de los motores eléctricos de flujo radial y flujo axial</i>	87
Figura 39 <i>Equipo de diagnóstico por figuras & osciloscopio FADOS9S1</i>	88
Figura 40 <i>Interfaz del software FADOS</i>	90
Figura 41 <i>Descripción ilustrativa de las características del multímetro TRISCO</i>	91
Figura 42 <i>Escáner THINKCAR</i>	92
Figura 43 <i>Pinzas removedoras de anillos retenedores</i>	93
Figura 44 <i>Partes de caja de herramientas manuales</i>	94
Figura 45 <i>Motor generador TOYOTA Highlander 2010</i>	95
Figura 46 <i>Bobinado trifásico de los motores generadores</i>	100
Figura 47 <i>Tablero auxiliar del vehículo, información de nivel de carga de la batería de alta tensión</i>	103

Figura 48 <i>Diagrama representativo de la comunicación de los motores generadores</i>	105
Figura 49 <i>Mecanismos de transmisión en motores generadores</i>	106
Figura 50 <i>Ensamble del mecanismo de bloqueo para motor generadores</i>	110
Figura 51 <i>Línea de conexión para el diagnóstico DLC del vehículo TOYOTA Prius</i>	110
Figura 52 <i>Interfaz de operación y monitorio escáner THINKCAR en vehículo TOYOTA Prius</i>	111
Figura 53 <i>Representación de borrado y reinicio de DTC del vehículo TOYOTA Prius</i>	116
Figura 54 <i>Informe de flujo de datos</i>	121
Figura 55 <i>Informe de flujo de datos 2</i>	122
Figura 56 <i>Informe de flujo de datos 3</i>	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ejemplo de Protocolo de verificación de un motor Generador Eléctrico</i>	69
Tabla 2 <i>Técnicas de diagnóstico de motores generadores</i>	70
Tabla 3 <i>Características de los sensores presentes en un motor generador</i>	72
Tabla 4 <i>Procesos para el mantenimiento preventivo en motores generadores</i>	74
Tabla 5 <i>Medidas de seguridad al trabajar con motores generadores</i>	79
Tabla 6 <i>Aspectos importantes en el avance y desarrollo para optimizar los motores generadores</i>	85
Tabla 7 <i>Características FADOS</i>	89
Tabla 8 <i>Especificaciones técnicas del multímetro TRISCO DA-830</i>	90
Tabla 9 <i>Especificaciones del escáner THINKCAR</i>	92
Tabla 10 <i>Especificaciones técnicas de motor generador TOYOTA Highlander 2010</i>	94
Tabla 11 <i>Proceso de desarmado de motores generadores</i>	96
Tabla 12 <i>Proceso de armado de motores generadores</i>	98
Tabla 13 <i>Pruebas de cortocircuito en bobinas</i>	100
Tabla 14 <i>Datos en condiciones de operación para motor generador de vehículo TOYOTA Prius 2009</i> ...	103
Tabla 15 <i>Componentes del sistema de transmisión en motores generadores</i>	107
Tabla 16 <i>Mecanismo de parque en motores generadores</i>	108
Tabla 17 <i>Componentes de monitoreo y recopilación de datos operativos de los motores generadores</i>	111
Tabla 18 <i>DTC posibles en motores generadores</i>	112
Tabla 19 <i>Registro de parámetros de identificación de diagnóstico en vehículo TOYOTA Prius</i>	114
Tabla 20 <i>Sensores de posición de la palanca de cambios</i>	117
Tabla 21 <i>Sensor de velocidad y sensor de temperatura del MG1</i>	118
Tabla 22 <i>Sensores de velocidad del MG2</i>	119
Tabla 23 <i>Sensores de temperatura del MG2</i>	120

Tabla 24 <i>Flujo de datos TOYOTA Prius</i>	121
Tabla 25 <i>Flujo de datos TOYOTA Prius C</i>	122
Tabla 26 <i>Flujo de datos TOYOTA Corolla Cross</i>	123
Tabla 27 <i>Recursos Humanos</i>	124
Tabla 28 <i>Recursos Tecnológicos</i>	124
Tabla 29 <i>Recursos Materiales</i>	125
Tabla 30 <i>Análisis de Costos del Proyecto de Investigación</i>	125

Resumen

Los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores generadores en vehículos de propulsión eléctrica se basan en obtener información con ayuda de equipos de diagnóstico automotriz, que nos ayudará a gestionar planes de reparación de sus componentes tanto en el sistema motor eléctrico y sistema de transmisión de movimiento, poner a punto los modos de operación, definir métodos de mantenimiento que requieren los sistemas más propensos a desgastes, determinados por recopilación de datos y gestión de resultados. Parametrizando el comportamiento de las máquinas eléctricas y sus sistemas mecánicos, dependiendo de las condiciones externas a las cuales se vea influenciado el vehículo híbrido o eléctrico y así entender los principios fundamentales del sistema, aprender a gestionar parámetros de diagnóstico y solucionar de forma eficiente los diferentes errores o percances que pueden presentarse en la unidad de control electrónica híbrida, que gestiona el comportamiento del sistema motor generador, encontrando los problemas con ayuda de diagramas eléctricos, que permitirán y facilitarán la lectura de flujo de datos con lo cual se podrá generar un proceso correcto de mantenimiento, localizando y solucionando averías eléctricas y mecánicas; la investigación y recopilación de conocimientos sobre los motores generadores ayudan a los profesionales del campo a mejorar constantemente en el ámbito de diagnóstico y puesta a punto de las máquinas electro mecánicas con un proceso riguroso.

Palabras clave: Motores generadores, vehículo híbrido, diagramas eléctricos, diagnóstico automotriz

Abstract

The processes of operation, diagnosis and maintenance of engine generators in electric propulsion vehicles are based on obtaining information with the help of automotive diagnostic equipment, which will help us to manage repair plans of its components in both the electric motor system and motion transmission system, fine-tune the modes of operation, define maintenance methods that require the systems most prone to wear, determined by data collection and management of results. Parameterizing the behavior of the electrical machines and their mechanical systems, depending on the external conditions to which the hybrid or electric vehicle is influenced and thus understand the fundamental principles of the system, learn to manage diagnostic parameters and efficiently solve the different errors or mishaps that may occur in the hybrid electronic control unit, The research and compilation of knowledge about the behavior of the engine generator system, finding the problems with the help of electrical diagrams, which will allow and facilitate the reading of data flow with which it will be possible to generate a correct maintenance process, locating and solving electrical and mechanical failures; The research and collection of knowledge about engine generators help professionals in the field to constantly improve in the field of diagnosis and tuning of electro-mechanical machines with a rigorous process.

Key words: engine generators, hybrid vehicle, electrical diagrams, automotive diagnostics.

Capítulo I

Marco Metodológico

Antecedentes investigativos

La movilidad eléctrica ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas debido a su impacto en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la búsqueda de alternativas más sostenibles en el transporte.

Según (Corvea, 2023) en el siglo XXI, la preocupación por el cambio climático y la dependencia de los combustibles fósiles ha impulsado un renacimiento de la movilidad eléctrica. La mejora de las tecnologías de baterías, el aumento de la conciencia ambiental y los avances en la infraestructura de carga han contribuido al crecimiento de los vehículos eléctricos en todo el mundo.

Durante la década de 1880, los vehículos eléctricos comenzaron a ganar popularidad, especialmente en entornos urbanos. Empresas como la *Electric Vehicle Company* en Nueva York comenzaron a fabricar taxis eléctricos. Estos vehículos eran silenciosos y limpios en comparación con los vehículos de gasolina de la época.

(BBVA, 2019) Robert Anderson, un inventor escocés, desarrolló uno de los primeros carros eléctricos en la década de 1830. Su vehículo utilizaba baterías no recargables y representó uno de los primeros pasos hacia la movilidad eléctrica

Según (Ewald, 2023) los motores y generadores utilizados en la movilidad eléctrica tienen una historia que se remonta a los primeros desarrollos de la tecnología eléctrica. A continuación, se presentan algunos antecedentes significativos. En el siglo XIX, inventores como Michael Faraday y Thomas Davenport realizaron investigaciones pioneras en motores eléctricos. Faraday desarrolló el principio de la inducción electromagnética, que es fundamental para la operación de motores eléctricos.

Como menciona (Rodríguez, 2020) Nikola Tesla desempeñó un papel crucial en la promoción de la corriente alterna (CA) y la invención de motores de CA eficientes. Sus contribuciones revolucionaron la industria eléctrica y allanaron el camino para la movilidad eléctrica moderna.

(Hyundai, 2022) A lo largo del siglo XX, se utilizaron motores eléctricos y generadores en vehículos eléctricos históricos, como el EV1 de General Motors y el Land Rover utilizado en las misiones, Apollo de la NASA. Estos vehículos demostraron la viabilidad de la tecnología eléctrica en aplicaciones de movilidad.

(Navarrete, 2022) En el siglo XXI, con el resurgimiento de la movilidad eléctrica, se han desarrollado motores y generadores altamente eficientes y avanzados para vehículos eléctricos e híbridos. Estos motores han sido clave para lograr un mayor rendimiento y autonomía en los vehículos eléctricos modernos. La investigación y el desarrollo de motores de imanes permanentes y motores síncronos de reluctancia han sido fundamentales en la mejora de la eficiencia y el rendimiento de los motores utilizados en la movilidad eléctrica.

Planteamiento del problema

(Hyundai, 2022) La movilidad eléctrica, con su énfasis en la reducción de emisiones y la eficiencia energética, ha experimentado un rápido crecimiento en las últimas décadas. Los motores generadores desempeñan un papel fundamental en la propulsión eléctrica de vehículos, ya que convierten la energía eléctrica almacenada en las baterías en energía mecánica para impulsar el vehículo. Sin embargo, a medida que aumenta la adopción de vehículos eléctricos, se plantean desafíos importantes relacionados con los procesos de operación, el diagnóstico y el mantenimiento de estos motores generadores.

Uno de los principales desafíos se refiere a los procesos de operación, donde la eficiencia y el rendimiento óptimo de los motores generadores son esenciales para maximizar la autonomía de

los vehículos eléctricos y garantizar una experiencia de conducción satisfactoria. La optimización de estos procesos implica consideraciones sobre el diseño del motor, la gestión de la energía y la interacción con otros componentes del vehículo eléctrico.

(Augeri, 2016) En referencia con el diagnóstico de problemas en los motores generadores. La detección temprana de fallas y el diagnóstico preciso son cruciales para prevenir tiempos de inactividad costosos y garantizar la seguridad de los conductores. Los motores generadores pueden verse afectados por diversas condiciones, como sobrecargas, desgaste de componentes y problemas de control, lo que requiere sistemas de diagnósticos avanzados.

De acuerdo con (Ros & Barrera, 2017) el mantenimiento preventivo y predictivo es esencial para prolongar la vida útil de estos componentes y garantizar su rendimiento óptimo a lo largo del tiempo. Esto incluye consideraciones sobre la refrigeración, la lubricación y la sustitución de piezas desgastadas.

El planteamiento del problema se basa en la necesidad de abordar los desafíos relacionados con los procesos de operación, el diagnóstico y el mantenimiento de los motores generadores utilizados en propulsión eléctrica. Resolver estos desafíos es esencial para promover una movilidad eléctrica eficiente y confiable.

Descripción resumida

A través de la UIC (Unidad de Integración Curricular), se desarrolló el proyecto de graduación denominado "INVESTIGACION DEL PROCESO DE OPERACIÓN, DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DE MOTORES GENERADORES DEL SISTEMA DE PROPULSION DE VEHICULOS HIBRIDOS Y ELECTRICOS", en este contexto se realizó la investigación del estado del arte en fuentes de consulta confiables para posteriormente desarrollar las siguientes tareas que conformaran el trabajo de graduación.

-Levantamiento de requerimientos del sistema.

-Levantamiento de información para el funcionamiento de motores generadores

- Determinar los procesos de operación
- Definir metodología del diagnóstico y mantenimiento de motores generadores utilizados en propulsión eléctrica
- Selección de equipos de verificación de diagnóstico.
- Parámetros de operación de motores generadores en propulsión eléctrica.
- Obtención de flujo de datos para motores generadores.
- Verificación de PIDs y DTC de motores generadores.
- Diagramación del sistema de control electrónico de motores generadores.
- Diagnóstico y flujo de datos de motores generadores en movilidad eléctrica
- Proceso de mantenimiento de motores generadores.
- Localización y solución de averías.

Justificación e importancia

La movilidad eléctrica, con su énfasis en la reducción de emisiones y la eficiencia energética, ha experimentado un rápido crecimiento en las últimas décadas. Los motores generadores desempeñan un papel fundamental en la propulsión eléctrica de vehículos, ya que convierten la energía eléctrica almacenada en las baterías en energía mecánica para impulsar el vehículo. Sin embargo, a medida que aumenta la adopción de vehículos eléctricos, se plantean desafíos importantes relacionados con los procesos de operación, el diagnóstico y el mantenimiento de estos motores generadores.

(Torres, y otros, 2019) Uno de los principales desafíos se refiere a los procesos de operación, donde la eficiencia y el rendimiento óptimo de los motores generadores son esenciales para maximizar la autonomía de los vehículos eléctricos y garantizar una experiencia de conducción satisfactoria. La optimización de estos procesos implica consideraciones sobre el diseño del motor, la gestión de la energía y la interacción con otros componentes del vehículo eléctrico.

(Augeri, 2016) En referencia con el diagnóstico de problemas en los motores generadores. La detección temprana de fallas y el diagnóstico preciso son cruciales para prevenir tiempos de inactividad costosos y garantizar la seguridad de los conductores. Los motores generadores pueden verse afectados por diversas condiciones, como sobrecargas, desgaste de componentes y problemas de control, lo que requiere sistemas de diagnóstico avanzados.

El mantenimiento preventivo y predictivo es esencial para prolongar la vida útil de estos componentes y garantizar su rendimiento óptimo a lo largo del tiempo. Esto incluye consideraciones sobre la refrigeración, la lubricación y la sustitución de piezas desgastada.

El planteamiento del problema se basa en la necesidad de abordar los desafíos relacionados con los procesos de operación, el diagnóstico y el mantenimiento de los motores generadores utilizados en propulsión eléctrica. Resolver estos desafíos es esencial para promover una movilidad eléctrica eficiente y confiable.

Objetivos

Objetivo General

-Investigar los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores generadores en propulsión eléctrica.

Objetivos específicos

- Investigar información referente a motores generadores utilizados en movilidad eléctrica.
- Definir los parámetros de operación y comportamiento de motores generadores utilizados en movilidad eléctrica
- Definir los posibles, más recurrentes PIDs – DTCs y flujos de datos de motores generadores.
- Protocolos de diagnóstico, reparación y mantenimiento de motores generadores de alta tensión.

Metas

Lograr un óptimo desempeño en la operación, diagnóstico y mantenimiento de motores-generadores utilizados en propulsión eléctrica.

Hipótesis

La investigación de los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores generadores utilizados en propulsión eléctrica permitirá tener a punto la instalación correspondiente a la creación de voltajes de alta y baja tensión de vehículos con propulsión eléctrica.

Variables de investigación***Variable dependiente***

-Motores Generadores

Variable independiente

Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento procesos de diagnóstico avanzado.

Método de desarrollo

La investigación del proceso de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores generadores en el sistema de propulsión de vehículos híbridos y eléctricos puede beneficiarse de una metodología que combine diferentes enfoques. A continuación, se describe cómo se pueden aplicar varios métodos y técnicas de investigación.

De acuerdo con (Trashorras, 2019) el método deductivo implica partir de teorías generales para llegar a conclusiones específicas. En el contexto de la investigación de motores generadores, se podría comenzar con principios fundamentales de electrónica de potencia y mecánica, y luego aplicar estos

principios para comprender cómo funcionan y se pueden mantener estos motores en vehículos eléctricos e híbridos.

Según (Narvaez, 2023) el método inductivo implica observaciones detalladas que conducen a la formulación de teorías o conclusiones generales. En este caso, se podrían analizar datos de funcionamiento y diagnóstico de motores generadores en situaciones reales para derivar pautas y principios generales de operación y mantenimiento.

La investigación experimental implica la realización de pruebas y experimentos en motores generadores para obtener datos empíricos. Se podrían llevar a cabo pruebas de eficiencia, pruebas de rendimiento en bancos de pruebas y experimentos que evalúan la resistencia y la durabilidad de los motores.

El trabajo de campo podría incluir la inspección y el monitoreo en tiempo real de motores generadores en vehículos reales. Esto proporciona información valiosa sobre el comportamiento en condiciones de funcionamiento del mundo real y permite la recopilación de datos para análisis.

La medición precisa de parámetros eléctricos, mecánicos y térmicos es esencial. Se podrían utilizar técnicas de medición avanzada, como sensores de alta precisión y sistemas de adquisición de datos, para obtener datos confiables que se usó en el análisis.

La síntesis implica combinar los datos y hallazgos de diversas fuentes y técnicas para obtener una comprensión integral de los motores generadores y su mantenimiento. Esta etapa se basaría en la revisión de literatura, análisis de datos y experimentos.

Además de los métodos mencionados, también se pueden utilizar técnicas de modelado y simulación computacional para analizar el comportamiento de los motores generadores bajo diferentes condiciones de operación y cargas.

La combinación de estos métodos y técnicas en una metodología de investigación integral permitió abordar de manera efectiva los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores generadores en vehículos híbridos y eléctricos.

Capítulo II

Marco Teórico

Movilidad Eléctrica

Según (Mobility, 2021) “se puede contextualizar a la movilidad eléctrica como un sistema, proveedor de servicio y equipos especializados que están destinados a aportar una constante evolución en el transporte de pasajeros o mercancía por medio de vehículos con propulsión eléctrica”, dentro de este grupo se incluye los medios de transporte como autos SUV, camiones, buses, Scooter, bicicletas eléctricas, trenes, tranvías.

Cabe recalcar que los vehículos híbridos HEV no se deberían considerar dentro del concepto de movilidad 100% eléctrica, ya que, los sistemas usados dentro del motor son complementados con un motor eléctrico y un motor de combustión interna.

Considerar también dentro de la movilidad eléctrica los *fuel cell electric vehicle*, que usan hidrógeno para cargar celdas de almacenamiento de energía eléctrica AC, sin embargo según (Mobility, 2021) “Los vehículos FCEV no están en condiciones óptimas que ayudan a funcionar en vías que requieran alto requerimiento”, esto se debe a la complejidad que aborda el tema de almacenamiento de energía y lo complicado que es abastecerse de hidrógeno puesto que es complicado sintetizar, almacenar y distribuir comercialmente el compuesto en los países que desarrollan este tipo de tecnología, considerando condiciones topográficas que influyen en el desgaste de los motores dados los requerimientos de funcionamiento variable, como sucede en el país, ya que su irregular territorio no permite un óptimo aprovechamiento de la capacidad máxima de este tipo de motores y provoca desgastes considerables tanto en vehículos eléctricos, híbridos, con celda de combustible, entre varios que aprovecha las ventajas, totales o parciales, de la movilidad eléctrica.

Figura 1

Tipología de los vehículos eléctricos



Nota. La clasificación de los vehículos eléctricos toma en consideración el uso de componentes capaces de almacenar energía para poder adaptarse a la necesidad del conductor, el cual varía dependiendo del diseño o disposición que provea el fabricante, así mismo considerando su autonomía.

Contextualización de la movilidad eléctrica

Los diversos cambios e innovación que se generan debido a las condiciones ambientales y en función a la escasez de recursos, la humanidad opta por velar la preservación de bienes de alto valor a futuro para conservar el estado óptimo de una condición de vida sostenible que se hereda a las futuras generaciones. La movilidad es un ámbito de vital importancia puesto que la mayoría de los medios de transporte usan combustibles fósiles que incrementan la polución generada y por ende destruyen la sustentabilidad de los productos que en la actualidad se consideran escasos o próximos a perderse.

Según (Corvea, 2023) "la problemática ambiental que vive el planeta en la actualidad se debe al crecimiento económico provocado por la intervención humana", debido a que el crecimiento individual de los sectores industriales mantiene una centralización de los bienes en monopolio, explotando recursos naturales de forma desmedida sin considerar los impactos negativos que provocan al entorno, acortando la vida en el planeta y afectando a sectores de importancia ambientales y humanos.

Los sistemas de propulsión eléctrica aplicados a los medios convencionales de movilidad, pueden considerarse como opciones viables para la conservación medio ambiental, así mismo, se pueden llegar a considerar una amplia opción de investigación e innovación que abrirá nuevas fronteras en el desarrollo de la ingeniería y sus campos, proporcionando campos laborales con alto interés en el futuro.

Según (Mobility, 2021) “el transporte representa una cuarta parte de las emisiones de gases que influyen en el efecto invernadero”, por eso se consideran de las más veloces en expandirse y afectar al medio ambiente, considerando que se pueden llegar a duplicar para el 2050, ya que aproximadamente el 61,9% del crudo de petróleo que se refina está destinado como combustible en motores de combustión.

Introducción a los motores generadores en vehículos híbridos y eléctrico

(Wildi, 2007) Los motogeneradores son unidades de corriente AC-DC que conforman los sistemas eléctricos de propulsión mejor conocidos como SEP, en conjunto con elementos aledaños a los sistemas de movilidad híbrido y eléctrico tales como, inversores, baterías, placas de control electrónico de forma general; estos conjuntos se caracterizan por mantener grupos de análisis que radican en variables basadas en operaciones de motores eléctricos síncronos de imán permanente que se ven controlados por configuraciones de funcionamiento detalladas como generador o motor.

Según (Tamayo & Barrera, 2021) “los motor generadores tienen como función principal la transformación de la energía mecánica en eléctrica y viceversa”, considerando las características y especificaciones que requiera tomar en cuenta la capacidad de los generadores, soportes adecuados para adaptar en el mecanismo destinado a la movilidad, temperaturas de operación óptimas y los niveles de aislamiento según los requerimientos especificados de la RTE INEN 092 “GENERADORES, GRUPOS ELECTRÓGENOS Y CONVERTIDORES ROTATIVOS ELÉCTRICOS”.

Descripción general de los motores generadores en vehículos híbridos y eléctricos

Según (Harper, 2005) “los motores generadores son sistemas que se asemejan mucho a los alternadores”, estos equipos están contruidos estructuralmente de forma muy similar, a su vez manejan principios de funcionamiento que coinciden en varios aspectos tanto en la práctica como en la aplicación teórica de la materia.

Los sistemas en los vehículos híbridos y eléctricos son muy conocidos por ser sustentables con el medio ambiente; al igual que cualquier pieza mecánica o eléctrica posee una vida útil determinada, por ende, se debe realizar un mantenimiento periódico. El alternador convencional es un gran ejemplo para tener noción de cómo funciona el motor generador de un vehículo de propulsión eléctrica, por esto existen métodos y procesos que apoyan al encargado de los diagnósticos que brindan un reporte certero.

Diferencias entre motores generadores en vehículos híbridos y eléctricos

Motores Generadores En Vehículos Híbridos

Según (Augeri, 2016) “los motores generadores se definen como máquinas eléctricas trifásicas que trabajan con una tensión aproximada de 500 VCA”, se puede apreciar que cuentan con dos motores que se denominan MG1 y MG2, los cuales se caracterizan por la diferencia de tamaño siendo el MG1 más pequeño que el MG2 como se puede apreciar en la figura 2 y en la figura 3.

La corriente alterna usada en los motores generadores se debe al trabajo realizado por el inversor, componente fundamental dentro de la aplicación de sistemas con propulsión eléctrica, de esta forma el motor generador 1 se encarga de contribuir una constante carga al sistema mientras que el motor generador 2 se ve sincronizado con el motor de combustión interna para

brindar movimiento al medio de transporte, controlado por medio de un sistema de control electrónico destinado a los vehículos híbridos o mejor conocido como ECU HV.

Figura 2

Características físicas de los motores generadores MG1 usados en vehículos híbridos



Nota. El motor generador 1 es el encargado de funcionar como un motor de arranque en los sistemas híbridos, los motores generadores 1 cumplirán su función de carga muy similar a la aplicación que mantiene un alternador en el vehículo convencional.

Figura 3

Características físicas de los motores generadores MG2 usados en vehículos híbridos



Nota. El motor generador 2 también aporta con regenerar energía en el sistema híbrido de los vehículos y mantener una carga constante en la batería del vehículo, sin embargo, a diferencia del motor generador 1 el sistema de regeneración de energía se produce mientras el vehículo frene, esto se

conoce como freno regenerativo, cuando el vehículo empieza a bajar su velocidad el motor generador 2 toma la energía cinética provocando que el imán permanente generen campos magnéticos que se aprovechan en la bobina del sistema trifásico transformándolo en energía que se capta por el sistema inversor y luego se almacena en la batería de alto voltaje.

Motores generadores en vehículos eléctricos

En los vehículos eléctricos la disposición de un sistema de transmisión de movimiento para vehículos con propulsión eléctrica se suele simplificar mucho, en lo que a partes mecánicas se refiere, según (Chapman, 2012) “los motores eléctricos son máquinas que se encargan de transformar la energía eléctrica en energía mecánica, presentando curvas ideales en los análisis de tracción de los vehículos a propulsión eléctrica”, esto se representa con una potencia constante a todo rango de velocidades lo que ayuda a tener un torque elevado en un régimen bajo del motor y una relación inversamente proporcional en un régimen alto del motor. La gran mayoría de máquinas eléctricas tienen la característica de girar en ambos sentidos, denotando sistemas de función específicos denominados, estado de generador y estado de motor, representados mejor en la figura 4

Figura 4

Características de los cuadrantes para motores eléctricos



Nota. En el sector superior izquierdo considerado cuadrante uno se observa que el par será positivo y el régimen será negativo, ya que, el vehículo genera movimiento sobre el motor eléctrico lo que produce una regeneración de energía; en el sector superior derecho considerado cuadrante dos se observa que el par será positivo y el régimen de giro también lo será, por lo cual se deduce que el motor está generando un esfuerzo para poner en marcha al vehículo, esto consume energía en función nominal de kWh; en el sector inferior izquierdo considerado cuadrante tres se observa que el par es negativo y el régimen de giro también lo es, por lo cual, se puede decir que el vehículo está marcha atrás, consumiendo energía; en el sector inferior derecho considerado cuadrante cuatro se observa que el par será negativo mientras que el régimen de giro es positivo, se dice que el vehículo se encuentra soportando carga pero regenerando el almacenamiento de energía, por lo cual es una situación de pendientes mientras se conduce.

Hay que considerar que la regeneración y el consumo de energía en los vehículos con propulsión eléctrica puede darse bajo dos condiciones cuando interviene el proceso de frenado, ya sea, freno reostático o freno regenerativo, ilustración obtenida de (Miño, 2019)

Freno Reostático

(Augeri, 2016) dice “Cuando la energía que se presenta en el sistema es consumida por los devanados o la resistencia que presenta el propio bobinado de los motores generadores eléctricos”.

Freno Regenerativo

(Ros & Barrera, 2017) mencionan “Cuando se aprovecha la inercia generada por fuerzas externas hacia el rotor, para generar campos magnéticos que cargan o devuelven la energía a las baterías de alta tensión”.

Tipos de motores generadores

Según (Wildi, 2007) “existen tres tipos fundamentales de motores generadores utilizados de forma común, los cuales son: generadores síncronos de corriente alterna, generadores por inducción de corriente alterna y generadores por rotor de corriente directa”. Por lo general la mayoría de las industrias prefieren utilizar los motores generadores síncronos, ya que, su sistema de excitación mantiene un sistema más estable.

Motores generadores síncronos de corriente alterna

Según (Ros & Barrera, 2017) su principio fundamental de operación mantiene la premisa de que el movimiento que se genera desde un conductor a los campos magnéticos inducirá voltaje en dicho conductor. Una fuente externa de excitación se aplica a través de los anillos del colector en el rotor del sistema, esta fuerza del flujo generado provoca un voltaje inducido en la armadura que se regula produciendo corriente alterna debido a la inversión del campo magnético a medida que el polo norte y sur se mueve por los conductores individuales. Suelen utilizar electroimanes cilíndricos que giran dentro de un conjunto de conductores estacionarios como se representa en la figura 5

Figura 5

Ensamble del motor generador 2



Nota. El electroimán que se encuentra en el centro de la estructura bobinada, es el imán permanente como un rotor y la bobina es el estator.

Hay dos parámetros característicos que pueden limitar la producción de energía eléctrica en los motores generadores y estas son:

Saturación de la densidad de flujo.

(Chapman, 2012) A medida que se incrementa la corriente de excitación del campo, llega a un pico en el cual la densidad de flujo ya no podrá aumentar y añadido la saturación del hierro en el núcleo se determina que la capacidad en este punto se satura el flujo que puede llegar a producir la máquina eléctrica.

Elevación de la temperatura en el devanado y en el aislamiento debido a las pérdidas

(Torres, y otros, 2019) Existen pérdidas de corriente a causa del devanado, la corriente alterna de este en la armadura del sistema, variaciones dentro del circuito magnético de la composición trifásica o corrientes parásitas que se dan por fricción de los componentes mecánicos, estas pérdidas pueden representar del 1% al 5%.

Motores generadores de inducción

(Hughes & Drury, 2019) Al igual que los motores generadores síncronos de corriente alterna, estos dispositivos poseen un rotor y un estator, con la diferencia de que no existe excitación y los conductores se localizan en las uniones en corto con el extremo del rotor mediante un anillo anular; según (Wildi, 2007) “el estator se considera como la parte del motor generador que no posee movimiento y está conformado por chapas de acero al silicio en las cuales se puede apreciar un devanado trifásico que se energiza con corriente alterna, las ranuras se distribuyen cada 120°, mientras que el rotor es la parte móvil y se caracteriza por ser un conjunto de barras cortocircuitadas por donde

se distribuirá el flujo de corriente alterna dada en base a la inducción”. Estas máquinas eléctricas pueden ser clasificados de dos maneras; motores de inducción de jaula de ardilla o de rotores bobinados.

Motor de inducción tipo jaula de ardilla

Según (Augeri, 2016) “este tipo de motores se caracteriza por que su devanado está compuesto por algunas barras de aluminio o cobre que se limitan por medio de anillos soldados en los extremos del rotor, siendo muy sencillos lo cual genera en la industria una manufacturación más económica y una confiabilidad alta”, sin embargo, a coste de estos beneficios se ven afectados los valores de potencia que puede generar y su rendimiento baja si el régimen de giro disminuye, necesitando altos valores de corriente para su arranque.

Figura 6

Despliegue de componentes de motor tipo jaula de ardilla



Nota. Se puede apreciar, el rotor, el estator, las tapas laterales, el ventilador, cojinetes de bola y caja de terminales. Tomada de (Wildi, 2007)

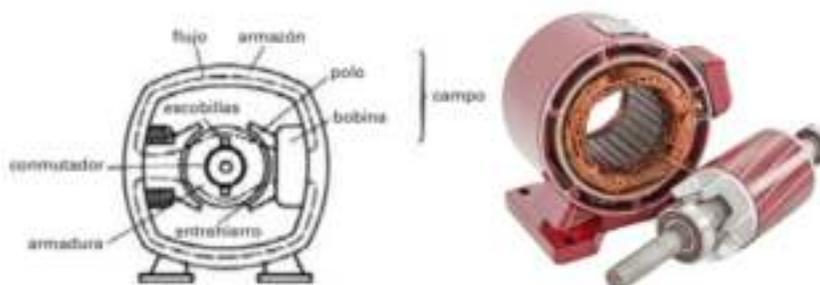
Motor de inducción de rotor bobinado

Según (Ros & Barrera, 2017) “este tipo de máquinas eléctricas no suelen ser muy utilizados en la industria automotriz”, ya que, al ser necesarios anillos rozantes y escobillas para su funcionamiento, generarían gran desgaste debido a la constante fricción de las piezas mencionadas, esto provocaría que

los motores de tipo rotor bobinado aplicados en vehículos de propulsión eléctrica requieran mantenimientos periódicos muy recurrentes.

Figura 7

Sección transversal de un motor de inducción de rotor bobinado



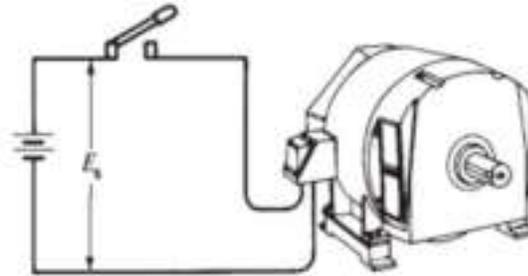
Nota. El campo magnético produce un flujo de corriente, es un sistema con un electroimán estacionario que consta de polos atornillados en el interior del armazón, las bobinas transportan corriente directa de excitación. Tomado de (Chapman, 2012)

Motores generadores de corriente directa

Tomando en consideración el principio de funcionamiento de los motores de corriente alterna se nota que su función es muy similar, según (Hughes & Drury, 2019) “la armadura que posee el motor generador de corriente directa tiene la posibilidad de girar entre dos polos que mantienen campos fijos mientras que la corriente se mueve en la armadura por cada media revolución del rotor y esta invierte su giro durante la otra mitad de la revolución, para invertir el flujo de corriente es necesario disponer de elementos que ayuden a esta inversión fuera del mecanismo”; en máquinas eléctricas antiguas se solía usar conmutadores, un anillo de metal montado sobre el eje de la armadura; su función se da a voltajes bastante bajos para evitar posibles chispas que puedan ocasionarse por el rozamiento entre las escobillas y el conmutador cuando el régimen de giro aumente en voltajes más altos; este suele variar y alcanzar valores de aproximadamente 1480V, en la actualidad para controlar la inversión del flujo de corriente se suele usar puentes rectificadores de diodos.

Figura 8

Motor de corriente directa con arranque en línea directa por un conmutador



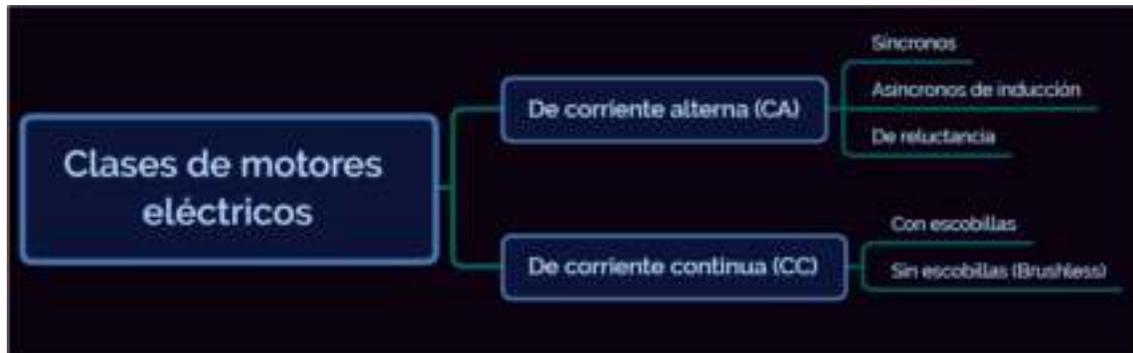
Nota. Los motores de corriente directa tienen la misma configuración que los generadores, una máquina de corriente directa es considerada un motor generador, como se puede apreciar el conmutador está conectado hacia la armadura, la cual posee una resistencia, y con el campo electromagnético que se crea debido a los imanes permanentes suman las fuerzas para ocasionar un par muy potente que hace girar a la armadura, en caso contrario de que la armadura gire se producirá el efecto de generador de voltaje, ya que, es inducido en los conductores de la armadura siempre y cuando estos cumplan la condición de atravesar los campos magnéticos, además sin importar el fenómeno que provoque la rotación el valor y la polaridad del voltaje inducido son los mismos en ambas condiciones de funcionamiento. Tomado de (Wildi, 2007)

Clasificación de motores generadores utilizados en vehículos eléctricos

(Hughes & Drury, 2019) Los vehículos con propulsión eléctrica se han caracterizado por innovar en el mercado con una propuesta que mejora ámbitos que antes no se consideraban en la movilidad o el transporte, tales han sido las barreras que ha roto la investigación en el paso de los años que se han implementado distintos tipos y clases de motores y/o motores generadores como se puede apreciar en la figura 9.

Figura 9

Clasificación de motores



Nota. En rasgos simplificados los motores que pueden implementarse en sistemas de propulsión eléctrica se mencionan en la tabla, dicha información fue obtenida de (Ros & Barrera, 2017)

Motores eléctricos síncronos

Según (Ros & Barrera, 2017) “se los conoce popularmente como motores de imán permanente, estos motores se caracterizan por mantener dos conjuntos muy definidos”; los cuales se describe a continuación:

Conjunto móvil de los motores síncronos

(Miño, 2019) Es el conjunto móvil que se denomina rotor, en este se aprecia sus componentes que son: el eje, soporte fundamental para dar giro al sistema y el núcleo que es un cilindro de metal ferromagnético, considerado un elemento de soporte designado a los imanes permanentes.

Conjunto estático de los motores síncronos

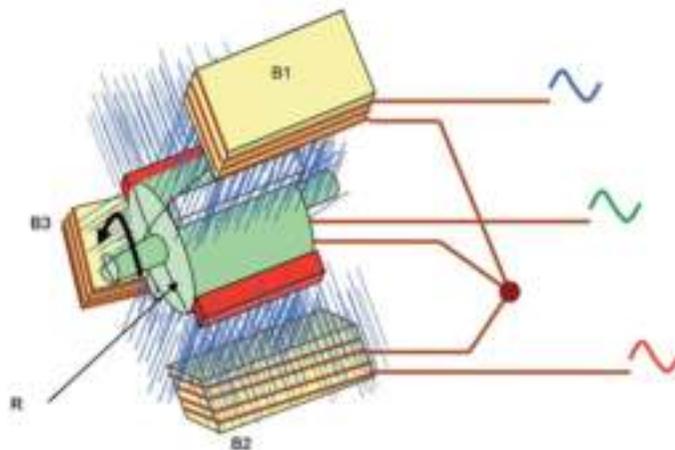
(Trashorras, 2019) El conjunto estático se caracteriza por tener tres bobinas inductoras conocidas comúnmente como estator, cada una de estas bobinas reciben corriente independiente, las

cuales estarán desfasadas a 120° para poder trabajar con la corriente alterna que recibe, cada una de las partes descritas se pueden apreciar de mejor manera en la figura 10.

En los motores síncronos la velocidad de rotación del rotor siempre esta sincronizado con la frecuencia de los tres trenes de ondas representados en la figura 11, por esta razón se conoce a este tipo de motores como síncronos debido a que, gracias a los sensores implementados en el sistema, se puede conocer con alta precisión la posición y la velocidad a la cual gira el componente móvil de la máquina eléctrica mencionada.

Figura 10

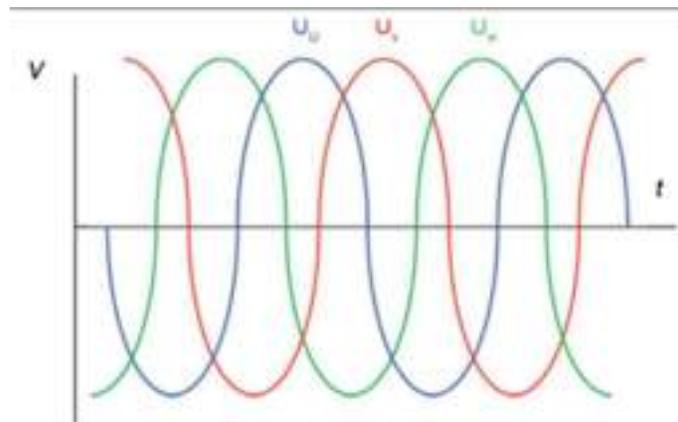
Esquema de componentes de motores síncronos



Nota. Representación del valor R como el rotor del sistema, B1, B2 y B3 son los bobinados, los imanes permanentes están representados por las placas de color rojo y blanco, la señal de corriente alterna azul irá hacia la bobina 1, la señal de corriente alterna verde irá hacia la bobina 2 y la señal de corriente alterna roja irá hacia la bobina 3, ilustración tomada de (Ros & Barrera, 2017)

Figura 11

Ondas trifásicas del motor síncrono desfasadas 120°



Nota. Las ondas registradas en el oscilograma mostrado representan la corriente alterna que se produce bajo condiciones de accionamiento del motor síncrono, como se aprecia se mantiene la armonía de las ondas. Tomado de (Ros & Barrera, 2017)

Los modelos de diseño de motores eléctricos DC suelen tener gran cantidad de variables que implican exhaustivos procesos de cálculos para corroborar una eficiencia buscada, sin embargo, los motores de imán permanente usados en sistemas motores generadores de vehículos híbridos son más sencillos y simplificados.

Según (Hughes & Drury, 2019) “en un motor en lugar de tener un solo cable dentro del campo magnético, se presenta una bobina conformada por espiras que se colocan alrededor de un eje. Al aplicar corriente se generan fuerzas opuestas”, una hacia arriba y otra hacia abajo a cada lado de las espiras, por lo cual se genera movimiento y por ende un giro alrededor del eje. Por lo tanto, el efecto neto de las dos fuerzas sobre la bobina produce un momento de giro o torque, dando una relación expresada por:

$$\tau = 2N Blir \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

r es la distancia entre ejes y la espira

i es la corriente que fluye en la espira

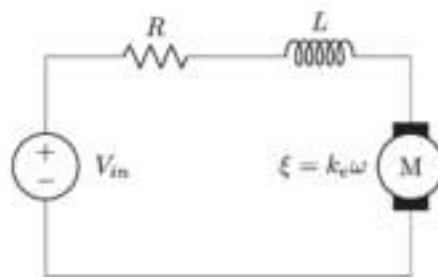
B es el campo magnético producido por un imán permanente en los motores DC

Considerando que N , B y l son constantes, el torque se puede inferir el producto de la corriente i que circula en la espira por una constante k_τ conocida como constante del torque obteniendo una fórmula de torque obtenido en motores eléctricos de imán permanente:

$$\tau = k_\tau i \quad \text{Ecuación (2)}$$

Figura 12

Circuito equivalente de un motor síncrono



Nota. El circuito equivalente representa una fuente de alimentación como voltaje de entrada que energiza una bobina L que es regulada por una resistencia R y tiene comunicación con un motor M , de tal forma que si llega a fluir corriente circulando por el devanado y el campo magnético del imán permanente generar un torque electromagnético representado por la ecuación 2.

Según (M. G. Quijano & C. G. Hernández, 2009) “La fuerza contra electromotriz es proporcional a la velocidad angular del eje del motor”; y está dada por:

$$\xi = k_e \omega \quad \text{Ecuación (3)}$$

Considerando a K_e como una constante de proporcionalidad denominada “constante de fuerza contra electromotriz”.

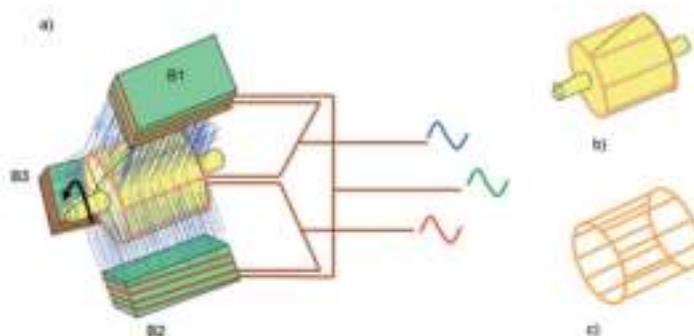
Motores electrónicos asíncronos o de inducción

Según (Ros & Barrera, 2017) “la base primordial de funcionamiento es la fuerza de atracción y repulsión que se generan en los campos magnéticos entre el rotor y el estator”; los motores de inducción se caracterizan porque no poseen imanes permanentes, usa el principio de inducción de Faraday como se puede apreciar en la figura 13.

El conjunto móvil de los motores asíncronos posee dos anillos paralelos interconectados entre sí por un conjunto de conductores, también denominado jaula, su función se caracteriza por generar campos magnéticos cuando el estator recibe corriente alterna, estos campos generados son variables en lo que respecta a su intensidad y sentido de giro.

Figura 13

Esquema de motores eléctricos asíncronos



Nota. En la sección a) de la imagen se aprecia un esquema del motor en configuración triangular, la sección b muestra el rotor de la máquina y la sección c) detalla la jaula estructural del motor. Tomado de (Ros & Barrera, 2017)

Motores eléctricos de reluctancia

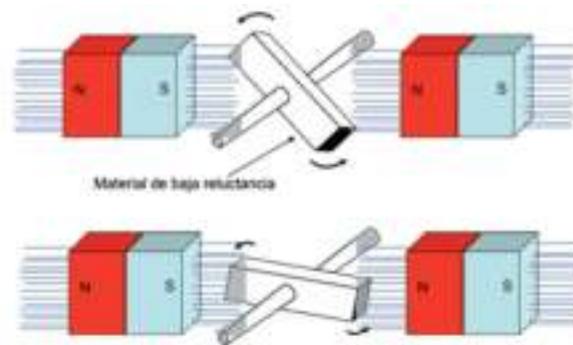
Según (Ros & Barrera, 2017) “para comprender la reluctancia se considerar el principio de resistencia eléctrica en la corriente, los materiales que conforman su estructura se comportan de diferente manera dependiendo del paso de los campos magnéticos”, considerando los conceptos de

reluctancia se dice que los materiales que se ven sometidos a una amplia resistencia al paso del campo magnético poseen una gran reluctancia y en caso de presentar una ausente presencia de oposición o resistencia, se posee una baja reluctancia, como se puede apreciar en la figura 14.

Este fenómeno se produce porque la circulación del flujo magnético circula mejor a través de materiales de baja reluctancia que a través del aire. Al tener un sentido de giro sobre un eje el bloque busca la mejor posición para que fluya el campo magnético de un imán a otro, este fenómeno se aplica en la construcción de motores de reluctancia como el que se muestra en la figura 15.

Figura 14

Fundamento para el accionamiento de motores de reluctancia



Nota. Se puede apreciar un componente de baja reluctancia, se consideran de este tipo, cualquier material ferromagnético, se coloca un eje que permita el libre movimiento y se coloca en medio de campos opuestos que dependiendo de su disposición brindarían un sentido de giro determinado, intercalando los campos magnéticos obligando a girar el mecanismo.

Figura 15*Motores de reluctancia*

Nota. Los motores de reluctancia siempre necesitan un número diferente entre álabes del rotor y los polos que se encuentran en el estator, esto se debe a que cuando unas bobinas del estator generen campos magnéticos deben alinearse solo unos polos del rotor y no todos al mismo tiempo. Tomado de (Oswos, 2022).

Motores eléctricos de corriente continua

Según (Hughes & Drury, 2019) se consideran máquinas eléctricas óptimas para la adaptación e implementación en sistemas de tracción en vehículos de propulsión eléctrica como los autos eléctricos o los híbridos, presentan una enorme ventaja en comparación a otros motores que pueden funcionar como generadores dado que al simplificar la transformación de corriente debido a los acumuladores de energía que suelen implementarse en conjunto con estos equipos facilitando el poder aprovechar los tiempos de carga y descarga de forma más eficiente, se pueden considerar dos tipos:

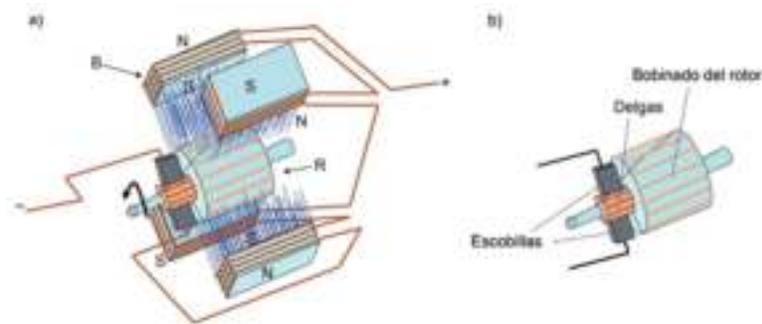
Motores eléctricos de corriente continua con escobillas

(Chapman, 2012) menciona que comparte las características que se han mencionado en los modelos de motores generadores tratados anteriormente, manteniendo un campo magnético uniforme; según (Chapman, 2012) las bobinas del rotor están alimentadas con corriente eléctrica continua que

llega desde el colector, este se caracteriza por estar formado por piezas fijas denominadas escobillas y un cilindro móvil que tiene placas de cobre denominadas delgas que friccionan con las escobillas permitiendo la comunicación de corriente hacia el bobinado interno. Esta comunicación de corriente hace que los campos magnéticos del estator y las bobinas dirigiéndose al circuito de alimentación cambiando el ángulo del campo magnético y girando hasta que se desgastan las delgas.

Figura 16

Esquema de motores de CC con escobillas



Nota. Se determina a) como el esquema de un motor que posee escobillas y b) como su conjunto móvil conformado por las escobillas, las delgas y el bobinado del rotor. Tomado de (Ros & Barrera, 2017).

Motores eléctricos de corriente continua sin escobillas (*brushless*).

(Botha, 1997) Los motores eléctricos que no poseen escobillas son idénticos a los motores de corriente alterna síncronos, por eso se considera que son los más eficientes para funcionar como motores generadores en vehículos de propulsión eléctrica,

Funcionamiento y operación de los motores generadores

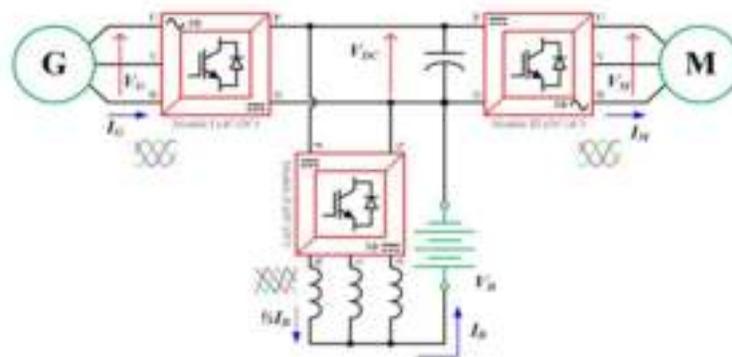
(Chapman, 2012) En la actualidad varios organismos internacionales velan por alternativas eficientes que reduzcan la constante polución generada por medios de transporte terrestre, la preocupación inspira a la innovación de mecanismos que salvaguarden la integridad medioambiental, reduciendo gases contaminantes y concientizando a las masas para poder innovar día a día. Los sistemas

híbridos o eléctricos, caracterizados por mantener componentes eléctricos y mecánicos, con el objetivo de reducir el uso de gasóleo y sus derivados.

Los convertidores electromagnéticos de energía, comúnmente conocidos como máquinas eléctricas, especializados en transformar la energía mecánica en energía eléctrica aplicando su función de generador, a su vez generando el efecto contrario aplicando una transformación de la energía eléctrica en energía mecánica, actuando como motores, los cuales dan reporte de existencia desde 1832 hasta la actualidad.

Figura 17

Diagrama de conexión motores generadores



Nota. En la figura 1 se puede observar el esquema de un circuito designado al sistema de motor generador donde G es el Generador y M representa al motor, señalando valores de comunicación de voltaje e intensidad controlados por un sistema transistorizado. Tomado de (Torres, y otros, 2019).

(Toyota, Sistemas de seguridad Toyota, 2023) los sistemas motores generadores que provee TOYOTA suelen constituirse por dos máquinas catalogadas como MG1 y MG2, cumpliendo con las especificaciones que mencionan los vehículos de la casa comercial automotriz previamente mencionada; su función se da por un flujo de corriente alterna que se obtiene gracias al inversor, el MG1 provee carga la cual se distribuye hacia la batería de alta tensión y el MG2, a su vez, el MG2 es aquel que brinda

tracción al vehículo y se intercala la función de mecanismo de propulsión con el motor de combustión interna que poseen los vehículos híbridos, dando opción a moverse libremente hacia adelante o hacia atrás, esta gestión de control se mantiene constantemente monitoreada bajo señales gracias al sistema de control electrónico híbrido, mejor conocido en el mercado como ECU HV.

Los motores generados deben reabastecer a las baterías de alta tensión de carga, por lo cual el MG2 se configura de tal manera que al momento de frenar, el rotor envíe carga como se menciona en previamente en el sistema de freno regenerativo, tomando energía cinética que se transmite al rotor y transformándola en energía eléctrica que será aprovechada por el inversor el cual transmitirá y almacena la carga en la batería de alto voltaje híbrida; esto genera una gran eficiencia, ya que, al considerar que la energía se desperdicie en su mayoría al momento de frenar, como calor, entonces el vehículo híbrido aprovecha esta configuración. Los vehículos híbridos cuentan con sistemas de frenado hidráulico, que suelen operar de forma paralela con y muy similar a los sistemas ABS, los vehículos híbridos incorporan un control electrónico que registra la presión de frenado mejor conocido por sus siglas como EBD.

Cuando arranca el motor de combustión interna los motores generadores sirven como motores de arranque, precisamente el MG1, el cual en estado *Parking* da impulso para que inicie la operación del motor usando gasolina; cuando el vehículo empieza su movimiento se conectaran los motores generadores y el motor de combustión interna usando un sistema de engranajes epicicloidales que relacionaran los movimientos según la configuración de manejo que escoja el usuario o el requerimiento que detecte el vehículo con ayuda de la ECU HV.

Modos de operación de los motores generadores

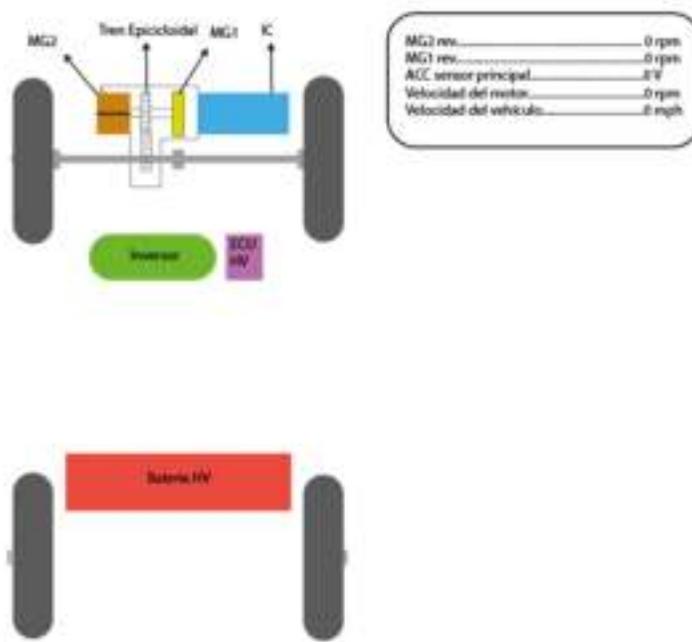
Se pueden dar seis condiciones diferentes durante el funcionamiento del vehículo híbrido:

Condición vehículo detenido Parking

(Augeri, 2016) Si el vehículo mantiene una carga alta en la batería de alta tensión y detecta que no hay movimiento, el motor de combustión interna permanecerá apagado y arranca solo si detecta una disminución de la carga de la batería HV, el aire acondicionado o la dirección asistida del vehículo no requieren de la activación del motor de combustión interna, ya que, ambos sistemas son eléctricos; en la situación del aire acondicionado este usa un motor trifásico de frecuencia variable y en la situación de la dirección asistida cuentan con un motor de corriente directa.

Figura 18

Modo operativo detenido



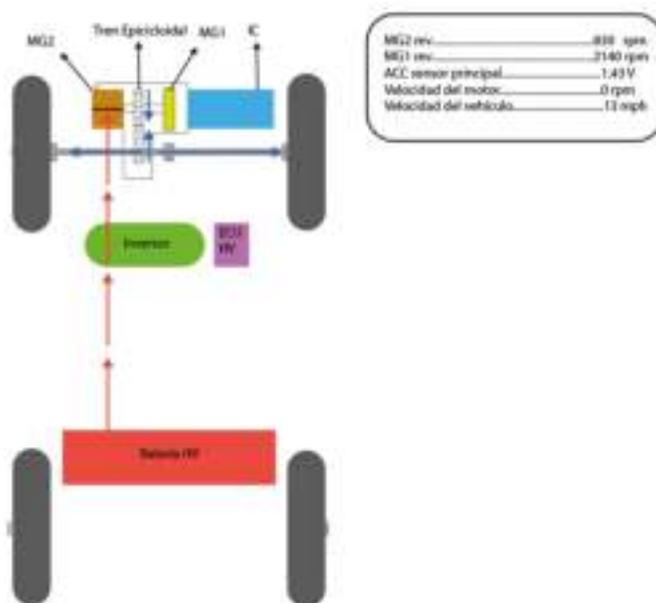
Nota. Representación en bloques del funcionamiento del modo operativo detenido de los vehículos híbridos y sus valores representativos. Tomado de (Augeri, 2016).

Empieza el movimiento del vehículo

(Augeri, 2016) Si el vehículo inicia su movimiento y la carga de la batería híbrida es baja, realiza la tracción inicial con ayuda del MG2, ya que, el motor de combustión interna permanece apagado; si la carga sobre el vehículo no es abastecida por la tracción brindada por el MG2 empieza el funcionamiento del motor de combustión interna. La carga sobre el vehículo la calcula la ECU HV según la posición del pedal de aceleración también denominado APP, la energía que se requiere para el movimiento será tomada de la batería de alta tensión híbrida; dado estas condiciones el arranque de los vehículos híbridos suele ser muy silencioso.

Figura 19

Modo operativo de arranque



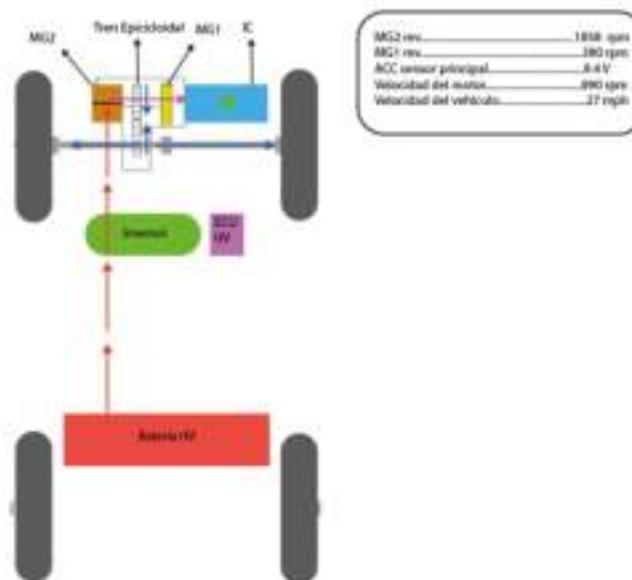
Nota. Flujo de comunicación desde la batería híbrida al sistema de transmisión de movimiento. Tomado de (Augeri, 2016).

Modo operativo en conducción normal

(Augeri, 2016) Cuando el vehículo eléctrico se mueve a velocidades entre 30 a 70 km/h, arranca el motor de combustión interna y genera potencia, dado ciertas condiciones se activa el MG2, esto funciona como una ayuda mecánica al motor de combustión interna, en esta configuración el MG1 gira en el mismo sentido que el MG2, entonces se expresa como si el MG1 genera una carga para el MG2 provocando un movimiento y ayudando a mover el vehículo.

Figura 20

Modo de operación en conducción normal



Nota. Los sistemas de operación para mantener un control de movimiento estable intercalando el funcionamiento del MG2 y el motor de combustión interna, apoyándose con el MG1 que sirve como un motor de arranque del sistema y proporciona carga al MG2. Tomado de (Augeri, 2016).

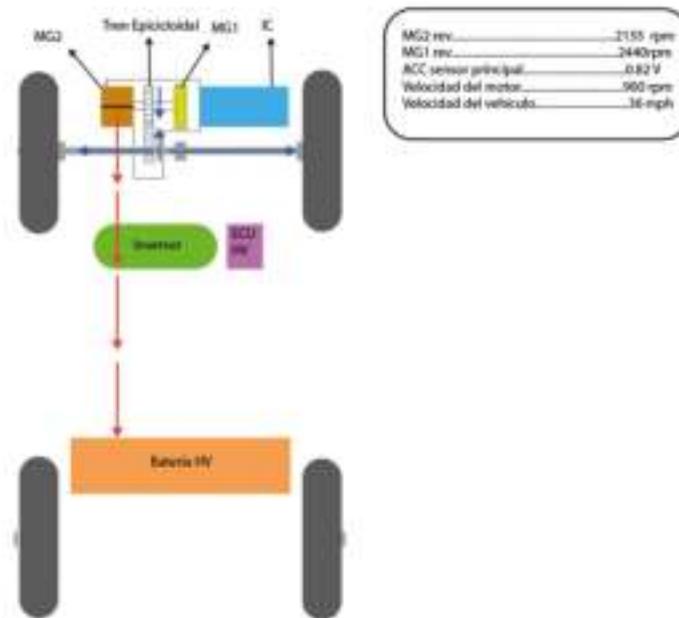
Condiciones de aceleración fuerte y velocidad crucero

(Augeri, 2016) Cuando se dan condiciones de velocidad altas que se aproximan a 200km/h, el MG2 proporciona potencia que ayuda al motor de combustión de interna, la batería de alta tensión

híbrida suministra energía suficiente para que mantenga el movimiento del MG2, el MG1 también recibe energía, pero gira en sentido inverso creando un radio de *Overdrive* conocido como estado de sobre marcha, generando la máxima velocidad posible.

Figura 21

Modo de operación condiciones de aceleración fuerte y velocidad crucero



Nota. Se consume la carga de la batería híbrida que se aprovecha para generar movimiento y una sobre marcha dentro del sistema de transmisión de movimiento del vehículo. Tomado de (Augeri, 2016).

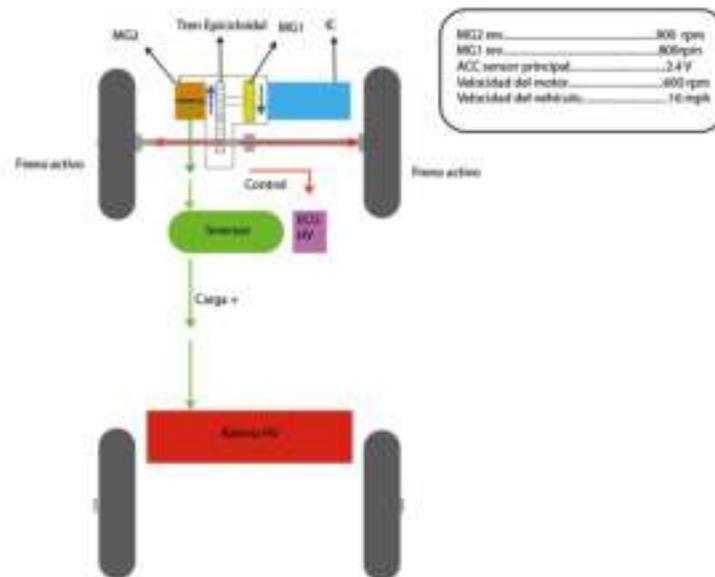
Desaceleración y frenado

(Augeri, 2016) Cuando se registra que el APP deja de ser accionado, el MG2 entra en función de generador y con el movimiento cinético del vehículo empieza a cargar a la batería de alta tensión híbrida, disminuye la velocidad del vehículo apoyándose con el sistema de frenos hidráulicos que funcionan en paralelo gestionando la operación de freno regenerativo; se apaga el motor de combustión interna y el MG1 gira en sentido contrario para crear un radio de giro que administra la unidad de

control electrónico híbrido que pasa por el inversor y carga la batería después de transformar la corriente.

Figura 22

Modo operativo en desaceleración y frenado



Nota. El sistema aprovecha toda la inercia generada por el vehículo como una fuerza externa que proporciona carga a la batería híbrida manteniendo operativo el sistema de activación del vehículo.

Tomado de (Augeri, 2016).

Reversa

(Augeri, 2016) Si el usuario requiere ir en reversa, el sistema usa el MG2 y usa energía de la batería de alta tensión HV para funcionar como motor y girando en sentido contrario, al necesitar más tracción, entra en funcionamiento el MG1 gira en el mismo sentido del MG2, esto no genera una carga que puede ser aprovechada por el inversor.

-Diagnóstico de Sensores y actuadores de monitoreo de los motores generadores.

-Diagnóstico de los acoplamientos de transmisión de un motor generador.

(Botha, 1997) Una particularidad importante en base a la investigación realizada se determinó que “La mayoría de las fallas en motores eléctricos pueden ser clasificados en dos grupos: fallas de aislamiento y fallas mecánicas

Una falla de aislamiento del devanado del estator de un motor generador casi siempre tiene que ver con el desgaste, además que puede ir relacionada con las elevadas temperaturas, agentes contaminantes y vibraciones que provocan el movimiento de las bobinas.

Por otro lado, el daño mecánico es causado principalmente por daños al rotor o piezas relacionadas. Entre las principales fallas mecánicas, las más destacables son: daños en rodamientos, rotura de barras y anillos del rotor, irregularidades en el entrehierro (excentricidad estática y dinámica) y desequilibrio.

Para dar comienzo de un diagnóstico preciso dirigida a los motores generadores se debe tener un conocimiento básico en cuanto a las causas de fallas presentes en el estator y el rotor.

Fallas presentes en el estator

Sobrecalentamiento

(Miño, 2019) Una de las causas importantes para que falle el estator de un motor generador es el sobrecalentamiento producido por sobrecargas y sistemas de enfriamiento. Una causa común que se puede encontrar es que los conductos de ventilación o refrigeración estén obstruidos haciendo que se vea afectado.

Características principales para el sobrecalentamiento del estator

Variación de tensión

(Castelli & Andrade, 2007) Una gran variación en la tensión del motor generador eléctrico afectará al rendimiento y consecuentemente esto se presentará como sobrecalentamiento de los bobinados. Una particularidad importante en los motores eléctricos es que al momento de diseñarlos estos ya tienen asignado un criterio de operación $\pm 10\%$ en las variaciones de tensión.

Desbalanceo en las fases de tensión

(Hughes & Drury, 2019) Otro aspecto importante que causará sobrecalentamiento es el desbalance en las fases de los bobinados del estator. “El 3.5% de desbalanceo por fase, existe sobrecalentamiento del bobinado en un 25% en la fase de mayor corriente. Por ello se deben mantener las 3 fases lo mejor balanceadas posibles, con el fin de evitar la ocurrencia de este problema (Castelli & Andrade, 2007).

Arranques recurrentes

(Castelli & Andrade, 2007) En consecuencia, de que un vehículo propulsado eléctricamente es de uso prolongado, es sometido a aceleraciones repentinas y arranques recurrentes, una causa más para que ocurra un sobrecalentamiento de los bobinados del estator provocando un incremento alto de las corrientes que se generan para mover el vehículo, además que existe el deterioro de los aislantes de las bobinas.

Sobrecargas

(Augeri, 2016) Si al motor generador se somete a cargas excesivas de trabajo por encima del factor de servicio o dentro del mismo, debido a esto el estator se verá afectado.

Sistemas de ventilación y refrigeración

(Augeri, 2016) Comúnmente en los motores generadores existen sistemas de enfriamiento los que podrían ser por convección (a través de la circulación de líquido) o radiación (por aire). Por lo tanto, estos sistemas de refrigeración que pueden estar descompuestos ocasionarán sobrecalentamiento.

Eléctricas

(Chapman, 2012) Una de las fallas comunes que se puede presentar en el estator de un motor generador es el cortocircuito en sus fases por pérdida de aislamiento haciendo a los bobinados más conductores y estos caminos crean cortocircuitos.

Características principales para los cortocircuitos del estator

Aislante del bobinado

(Ros & Barrera, 2017) A pesar de que existen aislantes de diferente material y con capacidades de tolerancias a la tensión, siendo una mejor que otra. Las sobretensiones pueden ocasionar cortocircuitos en las fases del bobinado del estator de la siguiente manera:

-Fase- Fase

-Espira – Espira

-Espira – Tierra

Efecto corona

(Ros & Barrera, 2017) Por el exceso de tensión que puede haber en el motor Generador en sistemas que operen con 5000V, esto puede recurrir a que las cargas internas o externas, como en cavidades de los aislantes eléctricos, en la superficie de las espiras o en puntos alrededor del estator este puede llegar a dañar todo los componentes eléctricos y electrónicos que estén alrededor.

Sobretensiones

(Chapman, 2012) Generalmente suceden al llevar a los motores generadores a exigencias elevadas de trabajo en periodos de tiempos cortos así disminuyendo la vida útil de los bobinados del estator. Para que esto suceda tiene que ver con.

- Falta de conexión a masa.
- Disyuntores en mal estado
- Colocación de fusibles limitadores de corriente.

Mecánicas

(Trashorras, 2019) Uno de los aspectos importantes en las fallas mecánicas del estator se toma en cuenta las exigencias en las que se encuentra sometido, esto puede ocasionar que el estator se someta a diferentes esfuerzos físicos de contacto con otros componentes.

Características principales de defectos mecánicos del estator

Movimiento de espiras

(Ros & Barrera, 2017) Al momento en el que la Tensión fluye por los bobinados del estator esta arranca conjuntamente al rotor así generando un esfuerzo excesivo de arranque, desencadenando vibraciones que se van a concentrar en las espiras, así provocando que exista contacto relativo entre espiras en tal sentido que se produzcan cortocircuitos. Una recomendación es de mantener una alineación del eje de salida correctamente con la transmisión.

Contacto entre el estator y el rotor

(Wildi, 2007) Los componentes principales que ocasionan esto son fallas en los rodamientos, desalineación del eje de salida o entre el rotor y estator.

Agentes externos

(Trashorras, 2019) Con agentes externos se refiere a que en el motor generador puede estar expuesto a impurezas como limalla, suciedad, polvo o incluso desprendimiento de materiales del conjunto, consecuente a una reducción en el funcionamiento del motor generador además de provocar sobrecargas, cortocircuitos, deficiencia en la disipación de calor, entre otros aspectos importantes también los daños al rotor.

Fallas presentes en el rotor

Por condiciones térmicas

(Castelli & Andrade, 2007) El sobrecalentamiento en el rotor de un motor generador puede ocasionar problemas relacionados a la fricción entre piezas debido a que las altas temperaturas harían que se consuma de manera progresiva el lubricante en las partes móviles. Además, que este va a intervenir en todas las piezas del motor.

Tomando en cuenta que el sobrecalentamiento es un problema bastante común en motores de inducción, con la ventaja de que puede ser fácilmente detectado y corregido. Medidas simples de mantenimiento pueden contribuir de forma significativa a solucionar este problema.

Elevadas cargas térmicas

(Botha, 1997) Ocurren comúnmente en el régimen de trabajo de un motor en los arranques prolongados ocasionando altas temperaturas anillos y ejes del rotor. También es debido a los acoplamientos al eje de salida con la transmisión, por ende, a temperaturas altas existe el desgaste en rodamiento, anillos y demás componentes del motor generador consecuente a la aparición de vibraciones. Estas vibraciones y demás factores van a romper los ejes del rotor por la fatiga ocasionada internamente, otro factor a tomar en cuenta es la ventilación insuficiente.

Desequilibrio térmico del rotor

(Botha, 1997) Existen casos en los que estos pueden llegar a fallar en el proceso de fabricación, desde otro punto de vista también en las opresiones de trabajo en la que está sometido. Cabe recalcar que los arranques prolongados al momento de transportarse ocasionan elevación de temperatura en el eje de salida del rotor y sus barras. Otro aspecto importante es la conducción de calor a través de los ejes del rotor y las barras por el desgaste, esto puede ser ocasionado por puntos de roturas que no son apreciables a simple vista.

Por condiciones magnéticas

(Ros & Barrera, 2017) En los motores síncronos de imanes permanentes generalmente utilizados en movilidad eléctrica, debido a las altas revoluciones y cargas eléctricas que el motor generador debe entregar para un máximo trabajo, producen fuerzas magnéticas enormes, que atrae los componentes mecánicos que lo rodean.

Consecuencias electromagnéticas

(Chapman, 2012) “Debido a las fuerzas electromagnéticas producidas por el rotor, este tuerce los ejes y barras, además que se desalinean conjuntamente, produciendo desgastes”.

Electromagnetismo desequilibrado

(Harper, 2005) Para evitar la deflexión del rotor juntamente con sus barras deben estar alineados correctamente además de que sus cargas estén perfectamente equilibradas, pero en la práctica el rotor no se encuentra perfectamente alineado, por esto los rodamientos y el eje de salida, siempre van a tener desgaste.

Por condiciones mecánicas

(Castelli & Andrade, 2007) Las condiciones en las que el rotor presenta fallos se vieron en la separación de las láminas del imán y el incorrecto ajuste del motor. Los fallos mecánicos se pueden distribuir en un porcentaje, por ejemplo:

- Daños relacionados con rodamiento 41%
- Daños Relacionados al estator: 37%
- Daños en el rotor: 10%

Métodos y técnicas para el diagnóstico de fallas en motores generadores

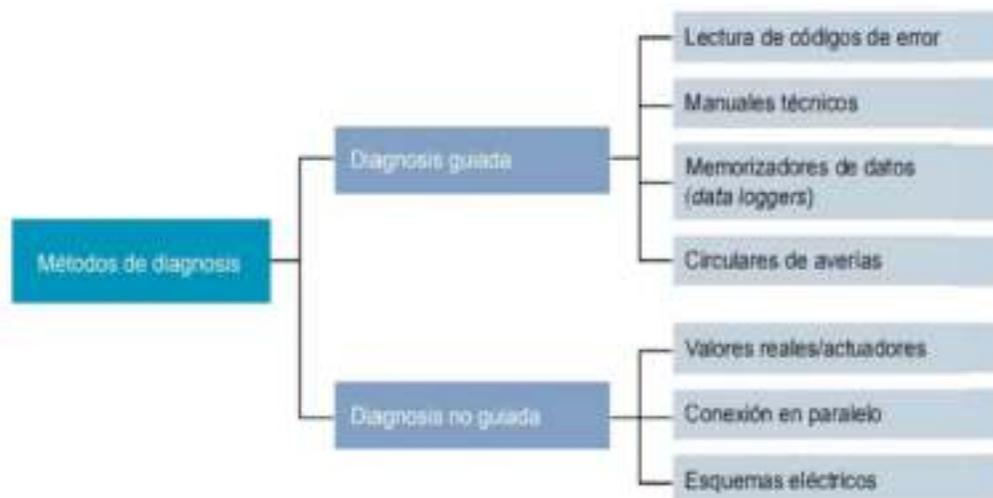
(Wildi, 2007) Para un diagnóstico eficiente en los vehículos eléctricos e híbridos es importante reconocer cada uno de los sistemas que lo componen, entre estos están las unidades de control electrónico que se interconectan por medio de redes de comunicación CAN, conocidos como módulos de control.

De acuerdo con (Ros & Barrera, 2017) “Con todo este sofisticado sistema informático, un técnico de automóvil dispone de diferentes sistemas de diagnosis que le pueden ayudar a encontrar la causa de la avería que se presenta en el vehículo. Es muy importante conocer todos los sistemas de diagnóstico y saber aplicarlos con orden y rigor en función de los síntomas detectados”.

Según (Ros & Barrera, 2017) actualmente los métodos de diagnósticos se clasifican en dos clases: métodos guiados y métodos no guiados, los métodos y técnicas empleados en el diagnóstico de las fallas de los motores generadores, son procesos que van a estar descritos por cada fabricante en donde estas verificaciones se deben realizar estrictamente para determinar la condición requerida a reparación o mantenimiento del conjunto motor generador.

Figura 24

Clasificación de los métodos de diagnosis



Nota. En la siguiente figura se clasifican los métodos de diagnóstico que existen en la actualidad, en donde el técnico puede guiarse para averiguar la causa de la falla presente. Tomado de (Ros & Barrera, 2017)

Protocolos para el diagnóstico de los elementos de un motor generador

En la tabla 1 se propone los métodos que la mayoría de los fabricantes aconsejan realizar para determinar un buen diagnóstico, manteniendo todo los procedimientos y uso de los instrumentos de medición.

(Ros & Barrera, 2017) los mecanismos didácticos que proporcionan información confiable para gestionar el correcto uso, mantenimiento y diagnóstico de motores generadores, considerando el estado de cada componente, es crucial al momento de generar un caso de análisis en los motores generadores.

Tabla 1

Ejemplo de Protocolo de verificación de un motor Generador Eléctrico

Elemento	Verificación	Resultado
Cableado	Continuidad: el buen estado del cobre y de la resistencia interna del conductor	
	Aislamiento: ausencia de deterioro en la funda aislante. Ausencia de roces con piezas externas.	
Conexiones	Buen estado de las conexiones de los cables al motor	
	Ausencia de suciedad, óxido, grietas, etcétera.	
Estator	Verificación de las resistencias de los bobinados.	
	Aislamiento a masa.	
	Propiedades magnéticas de los núcleos de las bobinas.	
Rotor	Ausencia de óxido, grietas, manchas, suciedad, etcétera.	
	Propiedades magnéticas del rotor dependiendo del tipo de motor (imán permanente, reluctancia, inducción)	
	Verificación de los bobinados (motores de inducción o de CC): Resistencia interna.	
	Aislamiento de los bobinados a masa.	
	Alineación del eje y contrapesado.	
Rodamientos/Retenes	Ausencia de óxido, grietas, manchas, suciedad, etcétera.	
	Buen estado de rodamientos y retenes.	
Carcasas	Ausencia de grietas, óxido, suciedad, deterioros, etcétera.	
	Buen estado del sistema de refrigeración: palas del ventilador, rejilla de circulación de aire, sistema de refrigeración por líquido, etcétera.	

Elemento	Verificación	Resultado
Soportes	Buen estado de los soportes, ausencia de grietas, óxido, desgastes, etcétera.	
	Alineación del motor en sus soportes.	

Nota. En la tabla se representa un protocolo de diagnóstico relacionado a todos los componentes que conforman a un motor- generador de un vehículo híbrido y eléctrico. Tomado de (Ros & Barrera, 2017)

Técnicas de diagnóstico de motores generadores

Tabla 2

Técnicas de diagnóstico de motores generadores

Técnica de Diagnóstico	Descripción
Diagnóstico con aparatos tecnológicos	Este Tipo o de diagnóstico se realiza, sin desmontar nada del vehículo, Además que el vehículo está en Ignición <i>On</i> y a través del OBDII.
Diagnóstico Dinámico Con Aparatos Electrónicos Como El Scanner	Es una técnica en la cual el diagnóstico se le puede hacer en el vehículo en carretera en donde se puede ir verificando las condiciones reales de marcha y verificando el estado del Motor Generado además se los otros sistemas.
Diagnóstico por medio de señales	Esta verificación se la puede hacer de forma estática en el taller los implementos a utilizar son polímetro, osciloscopio, pinza amperimétrica, etcétera) comprobando los cables de las fases de entrada y salida del motor Generador.
Diagnóstico por desmontaje de elementos	En este tipo de diagnóstico, se requiere ya el desmontaje del Equipo motor Generador ir comprobando cada una de sus partes que los conforman en este caso Sensores, Actuadores, transmisión, Rotor y estator.

Nota. En la siguiente tabla se describe las técnicas empleadas para un diagnóstico de los motores generadores de un vehículo híbrido y eléctrico. Tomado de (Trashorras, 2019)

Uso de sistemas de monitoreo y sensores

Sistemas de monitoreo

(Augeri, 2016) Los vehículos híbridos y eléctricos son diseñados con dispositivos electrónicos que brindan la eficiencia y seguridad de controlar las diferentes prestaciones de trabajo del vehículo en carretera, por lo tanto, la integración en un sistema de monitoreo permite tanto al técnico como al conductor verificar que el funcionamiento de los sistemas como el motor de combustión interna, inversor, batería de alta tensión y motor generador; estén cumpliendo con las operaciones de trabajo correctas.

Figura 25

Sistemas de monitoreo del vehículo híbrido Lexus



Nota. En la siguiente imagen se puede observar un sistema de monitoreo incorporado en el vehículo, en donde al empezar su funcionamiento esta hace un análisis de los sistemas de un vehículo híbrido.

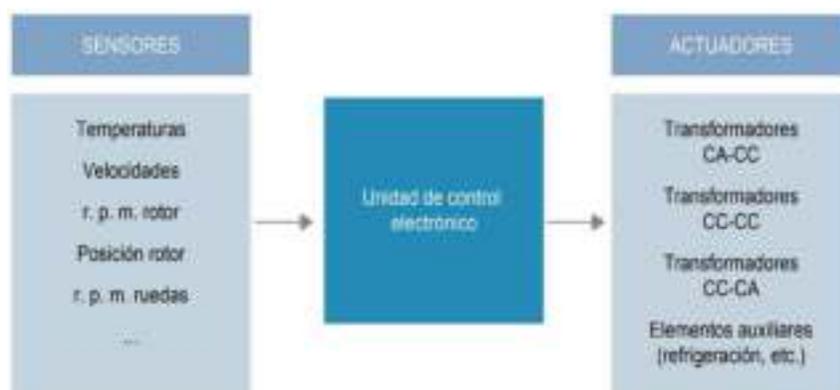
Sensores

(Ros & Barrera, 2017) Los sensores son elementos electrónicos que monitorean una función operativa sea física o química, por medio de señales eléctricas, analógicas o digitales, a una unidad de control electrónico. Por lo tanto en el funcionamiento del motor generador, los sensores nos pueden proporcionar información importante acerca de su operación de trabajo es decir: “Los sensores, que se

emplean en este sistema, tienen por objetivo medir con precisión la velocidad y posición de los elementos móviles como son el rotor del motor eléctrico y los elementos de transmisión de movimiento de las ruedas del vehículo y además de actuar como elementos de protección ante eventuales sobrecalentamientos del sistema”.

Figura 26

Arquitectura de control de los sistemas eléctricos de tracción



Nota. En la figura se presenta un esquema de los sensores principales que se componen en el sistema electrónico de tracción o el conjunto de motor generador en movilidad eléctrica.

Como se pudo ver en la figura 26, los sensores que monitorean el estado del motor generador, al mismo tiempo envían información a la UCE para que realice los respectivos cálculos y así pueda controlar adecuadamente a los actuadores, en efecto son aproximadamente parecidos a los sensores que monitorean el funcionamiento electrónico de un MCI, se resume en la tabla 3.

Tabla 3

Características de los sensores presentes en un motor generador

Tipos de sensor	Componente eléctrico	PIDS
Sensores de Posición Rotor MG1 Y MG2	Inductivo	RPM
	Hall	
	Capacitivo	
	PWM	

Sensor de Temperatura De bobinado del Estator	Termistor NTC	°C/°F
	Termistor PTC	
Sensores de presión Lubricante Dieléctrico.	Piezoeléctrico o Piezorresistencia	InHg/Bar/Psi
Sensores de posición Marchas (Switch)	Switch (De posición)	P/N/D/R

Nota. En esta tabla muestra las características principales de los sensores que monitorean el estado de un motor generador además PID`S para la lectura de datos en vivo por medio de diagnóstico computarizado.

Mantenimiento preventivo y correctivo de motores generadores

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo de un motor generador es una de las ventajas específicamente, debido a que netamente ya no cuenta con un sistema de embrague, plato, disco de embrague o un mecanismo de pedal de embrague, etcétera. Por otro lado, hay que tomar en cuenta que el sistema de transmisión del motor generador cuenta todavía con un diferencial y un tren de engranes epicicloidales, de manera que se comprende que el vehículo igualmente está sometido factores externos que en realidad de una u otra forma van a influir durante el régimen de trabajo.

Figura 27

Mantenimiento preventivo de un motor generador Toyota Prius



Nota. En la siguiente foto se evidencia el mantenimiento preventivo del cambio de “lubricante dieléctrico” de motor generador del vehículo Toyota Prius.

Según (Garzón & Vásquez, 2013) “El agua, el polvo, el calor, el frío, la humedad, la falta de ésta, los ambientes corrosivos, los residuos de productos químicos, los vapores, las vibraciones e innumerables condiciones más de otra índole pueden afectar el funcionamiento y la duración de los aparatos eléctricos”.

El tomar en cuenta, de este modo un plan de mantenimiento preventivo de un motor generador podría reducirse a la tabla 4.

Tabla 4

Procesos para el mantenimiento preventivo en motores generadores

Mantenimiento Preventivo	Tarea	Frecuencia
Inspección Visual	Consiste en una revisión de suciedad y fugas fluidos a todo alrededor de los motores generadores	5000 km
Revisión de cableado y bornes	Con las debidas medidas de seguridad, se realiza una inspección de los cables que van del inversor al motor generador, conjuntamente los bornes de los cables.	50.000km
Control computarizado	Se realiza una comprobación dinámica con Scanner automotriz, para verificar si existe alguna anomalía	15.000km
Cambio de lubricante Dieléctrico	Se realiza el Cambio de lubricante dieléctrico.	30.000km

Nota. Se debe mantener procesos de calidad que preserven de la mejor manera la vida útil de los motores generadores, siguiendo un procedimiento explicado en la tabla, el cual evita problemas y daños que pueden considerarse de mayor impacto a la seguridad, la economía y el confort.

Mantenimiento correctivo

Para (Villagomez, 2011) al hablar de un mantenimiento correctivo, se refiere a la solución de una falla de un componente en específico que impida el funcionamiento del vehículo, del mismo modo el componente defectuoso va a requerir una reparación o el remplazo.

El mantenimiento correctivo es el que se realiza cuando ya se produjo el desgaste completo o rotura dentro de un equipo lo que produce que la maquinaria afectada deje de funcionar, inutilizándola.

Figura 28

Verificación del sistema híbrido "Check Hybrid System"



Nota. Alerta de verificación de una falla presente, que puede estar averiado cualquier sistema con respecto al sistema híbrido.

Procedimiento de reparación y reemplazo de componentes defectuosos

(Villagomez, 2011) en los procedimientos que se infiere en el mantenimiento correctivo es recomendable manejar un protocolo en el que: “La corrección de los defectos funcionales y técnicos del motor y carrocería cubiertos por el servicio de mantenimiento correctivo son acciones a realizar en el vehículo híbrido”.

-Análisis de error / problema o daño

- Información técnica con respecto a las descritas del fabricante.
- Analizar las soluciones que requiera para reparar el componente defectuoso.
- Desarrollo de las reparaciones.
- Pruebas dinámicas.
- Manejo de un plan de mantenimiento en base a la documentación del sistema reparado.

Importancia de los sistemas de refrigeración para motores generadores

(Augeri, 2016) debido a las altas exigencias en las que opera un motor generador en el vehículo, tiende a generar calor en su sistema por las sobrecargas eléctricas y mecánicas. Debido a estos antecedentes un sistema de enfriamiento o refrigeración en el motor generador es importante para la vida útil del mismo.

Técnicas de disipación de calor en motores de alta potencia

(Barzola & Marcelino, 2018) “Según la IEC (Comité Electrotécnico Internacional), el código de enfriamiento se ubica en la norma IEC 34 y se conoce como código de enfriamiento”.

Las técnicas empleadas de un sistema de refrigeración en motores generadores van a ir en la vanguardia del diseño y el sistema de refrigeración más conveniente, por lo tanto, las técnicas de disipación de calor en motores de alta potencia se guían a través de los siguientes requerimientos.

Análisis del diseño de refrigeración

(Torres, y otros, 2019) En el diseño de un motor generador de un vehículo híbrido y eléctrico, se requiere realizar un diseño que sea compacto y adaptativo a los demás sistemas que los componen entre estos el sistema de refrigeración.

Figura 29

Conductos del sistema de refrigeración por medio de líquido en motores generadores



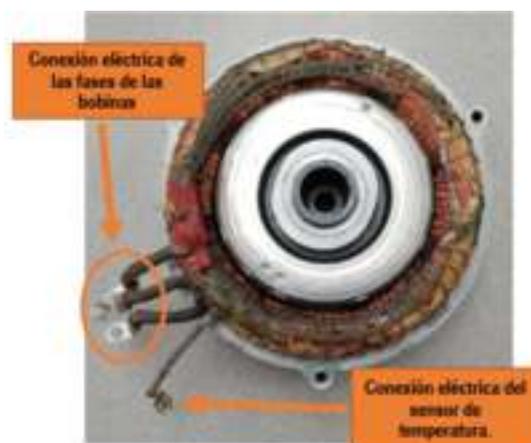
Nota. En la siguiente figura se representa el diseño de los conductos de un sistema de refrigeración por circulación de líquido, en la carcasa de un motor generador de Toyota.

Sensores de temperatura

(Ros & Barrera, 2017) En el motor generador de alguna forma se debe controlar la temperatura en la que están trabajando, esto se hace por medio de sensores de temperatura que pueden ir conectadas en el exterior del motor generador o directamente en el estator como en los sistemas de motores generadores de Toyota.

Figura 30

Conexiones eléctricas de fases y sensores de temperatura del motor generador



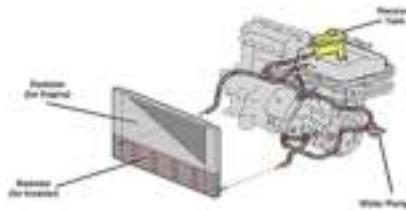
Nota. Representación de las conexiones eléctricas del MG1 de las fases del estator y sensor de temperatura, de un motor generador Toyota.

Sistema de refrigeración

(Hughes & Drury, 2019) los sistemas de refrigeración van a depender siempre de las alternativas que el fabricante vea conveniente, lo importante es el conocimiento de los distintos sistemas de refrigeración sea por aire o por un líquido refrigerante, lo más comúnmente utilizado, por otro lado, los sistemas de refrigeración que se utilizan en vehículos híbridos lo hacen por medio de un sistema de circulación de líquido refrigerante a través de conductos, radiador y mangueras.

Figura 31

Sistemas de refrigeración de un conjunto de motores generadores e inversor



Nota. En la figura se representa un sistema de refrigeración por circulación de líquido refrigerante, que circula por conductos, conexión de mangueras, un radiador integrado al radiador del motor conocido como “Radiador de inversor”, con la finalidad de refrigerar al Inversor y motor generador de un vehículo Toyota. Tomado de (Toyota, Operacion del sistema Híbrido, 2010).

Seguridad en la operación de motores generadores

(Toyota, Operacion del sistema Híbrido, 2010) la seguridad al momento de operar con motores generadores se las puede atribuir con aplicar todos los protocolos existentes en las normas preestablecidas en la manipulación de motores generadores, por otro lado, también es importante seguir los procesos y métodos que el fabricante nos recomienda.

Consideraciones de seguridad al trabajar con motores generadores de alta tensión

(Toyota, Sistemas de seguridad Toyota, 2023) el considerar la seguridad al trabajar con un motor generador se puede ligar a los diferentes escenarios en los cuales podrían ocurrir malas intervenciones del motor generador o también a alguna falla presente en las que se debe estar bien capacitado en todo lo que respecta al sistema eléctrico. Al momento de hablar de seguridad se refiere a la protección garantizada del técnico entre estas consideraciones identificadas se la puede ver en la tabla 5.

Tabla 5

Medidas de seguridad al trabajar con motores generadores

Medidas de Seguridad	Descripción	Medidas Consideradas
Protección contra contactos Directos e indirectos	Directos: La manipulación directa de los elementos sin recubrimiento de aislante que evite el contacto con partes activas.	Protección por aislamiento de las partes activas o barreras, que emplea recubrimiento pinturas y lacas.
	Indirectos: Se produce con partes que se han puesto bajo tensión por un fallo de aislamiento.	Protección por cortes automáticos fusibles y disyuntores. Sin cortes automáticos, pero con protección de separación eléctrica, es decir los circuitos aislados a tierra incluido el neutro.
Protección por influencias Externas	Daños Mecánicos y daños por corrosión o penetración de cuerpos extraños.	Diseño compacto que impida la entrada de cuerpos extraños, es decir que el motor generador va a estar herméticamente cerrado.
Protección Contra Sobreintensidades	Es decir, por sobrecargas con cortocircuitos.	Fusibles e interruptores calibrados.
Protección contra Sobre tensiones.	Cuando existe tensiones elevadas superando la tensión máxima	En donde son interruptores que abren el circuito y a la vez pueden ser óptimos para la continuidad del trabajo.

Nota. En la siguiente imagen se identifica las medidas de seguridad y protección aplicadas a los motores generadores. Tomado de (Trashorras, 2019)

Normativo y estándares de seguridad aplicables

(Normalización, 2017) las normas para los motores eléctricos son una guía en las cuales nos pueden ayudar a determinar parámetros de seguridad, rendimiento y mantenimiento de los motores generadores. Es importante saber que un motor generador, entra en las aplicaciones de las normativas electrónicas internacionales más conocidas, como la Comisión Electrónica Internacional CEI o por sus siglas en inglés IEC.

En base a esto “El Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), realizó el primer Comité Electrotécnico Ecuatoriano (CEE), el 17 de enero de 2017, en el edificio matriz del INEN; con el objetivo de participar en trabajos relacionados con el ámbito eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas”.

Según (Inducom, 2023) “Los motores eléctricos son componentes esenciales en una amplia variedad de aplicaciones industriales y comerciales. Sin embargo, su funcionamiento puede ser peligroso si no se siguen las normas de seguridad adecuadas. Explorar las normas de seguridad clave que deben seguirse en la instalación y operación de motores eléctricos para proteger a los trabajadores y los equipos.”

Características principales de la normativa IEC

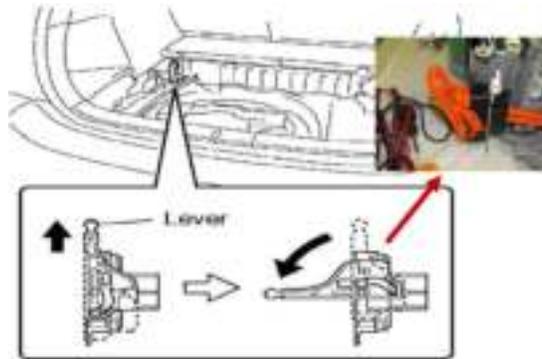
Protección contra cortocircuitos y cargas excesivas

(Normalización, 2017) Se refiere en que un motor generador o cualquier tipo de motor eléctrico de alta tensión debe tener dispositivos de emergencia o protección contra cortocircuitos y cargas

excesivas, las cuales son fusibles o disyuntores. Por consiguiente, ayudará a evitar averías en el motor e incendios inesperados.

Figura 32

Jumper de seguridad que inhabilita el sistema



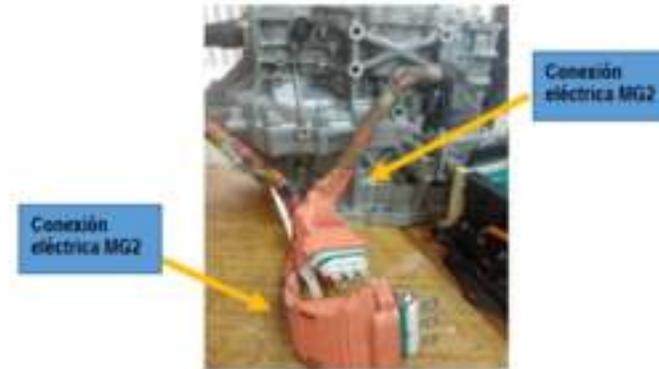
Nota. En la figura se observa un jumper de seguridad en donde su principal función es abrir el circuito de la batería así impidiendo que todos los sistemas de control de un vehículo híbrido o eléctrico queden deshabilitados. Tomado de (Augeri, 2016)

Cableado de alta tensión seguro

(Augeri, 2016) En la norma indica que las conexiones eléctricas seleccionadas deben estar perfectamente blindadas con la protección adecuada, además con los terminales y con tubo termo contraíble.

Figura 33

Conexión eléctrica de motores generadores MG1 y MG2



Nota. En la figura se puede observar el blindaje respectivo que deben tener las conexiones eléctricas de un motor generador en los cuales cumple con las normas establecidas.

Conexión de masa o tierras eficientes

(Augeri, 2016) Para el conjunto del motor generador es importante la conexión a masa o tierra, debido a las tensiones eléctricas y estáticas que se generan en sus componentes evitando descargas eléctricas.

Figura 34

Conexiones de motores generadores con terminales y pernos de ajuste



Nota. En la figura se puede observar el ajuste de las conexiones eléctricas de un estator del motor generador, en donde se ocupa debidamente los terminales y pernos de ajuste, garantizando una adecuada conexión a masas y alimentaciones.

Mantenimiento preventivo

(Trashorras, 2019) Un mantenimiento preventivo es primordial ejecutarlo, debido a que concluye una evaluación de todos los componentes como, la lubricación, limpieza, inspección de la transmisión.

Figura 35

Mantenimiento preventivo de vehículos híbridos y eléctricos



Nota. Los procesos para un mantenimiento preventivo son de vital importancia en los talleres de servicio automotriz. Tomado de (Ros & Barrera, 2017)

Técnicos capacitados

(Trashorras, 2019) Todos los técnicos que operan en este campo en el mantenimiento de vehículos híbridos y eléctricos, deben recibir la capacitación primordial en seguridad eléctrica y funcionamiento de los sistemas del vehículo para evitar accidentes o daños imprudentes.

Figura 36

Armado de conjunto motor generador y transmisión de un vehículo híbrido



Nota. En la Figura se presenta el armado de un motor generador del vehículo híbrido Toyota Highlander.

Registro y recopilación de información

Se comprende en mantener un registro de toda la información en base a protocolos de mantenimiento, reparación y diagnóstico de fallas de los motores generadores.

Tendencias futuras y desarrollo de motores generadores

(Harper, 2005) los avances tecnológicos siempre están presentes en el campo automotriz debido al estudio de la sustentabilidad del medio ambiente y al desarrollo de las competencias de las fábricas representantes de vehículos híbridos y eléctricos, por tal motivo se han implementado nuevos avances tecnológicos

Investigación y desarrollo en el campo de motores generadores para vehículos eléctricos

Uno de los aspectos más importante en la investigación de los motores generadores son las tendencias en las que un motor eléctrico es sometido para mejorar su capacidad y así obtener

resultados óptimos generando una mejora continua en el desarrollo e investigación de nuevas tecnologías aplicadas a los equipos de tracción y movimiento de los vehículos que mantienen una propulsión eléctrica, estas características se pueden resumir en la tabla 6.

Tabla 6

Aspectos importantes en el avance y desarrollo para optimizar los motores generadores

Aspectos Clave	Descripción
Investigación en Tipos de Motores Generadores	Exploración de motores de inducción, síncronos y de flujo axial para determinar el más eficiente.
Eficiencia Energética	Optimización de la eficiencia del motor para aumentar la autonomía del vehículo.
Sistemas de Refrigeración y Gestión Térmica	Implementación de sistemas de refrigeración eficientes para controlar la temperatura.
Desarrollo de Materiales Avanzados	Utilización de aleaciones ligeras y materiales avanzados en la construcción del motor.
Integración de Sistemas	Desarrollo de sistemas de gestión de energía integrados para una eficiencia óptima.
Costo de Producción	Implementación de procesos de fabricación más eficientes para reducir los costos.
Peso y Tamaño	Uso de materiales compuestos para reducir el peso y tamaño del motor eléctrico.
Tecnologías de Control Inteligente	Desarrollo de algoritmos de control inteligente para optimizar el rendimiento.
Densidad de Energía de las Baterías	Desarrollo de baterías de ion de litio con mayor capacidad y menor peso.

Nota. En la siguiente tabla se puede entender que los aspectos son muy importantes para optimizar el funcionamiento del motor generador en un vehículo híbrido.

Nuevas tecnologías y avances esperados

(Hughes & Drury, 2019) La transición hacia una movilidad sostenible y una mayor eficiencia en una variedad de aplicaciones ha sido impulsada por los avances tecnológicos en los motores eléctricos. Estos avances incluyen el desarrollo de nuevas tecnologías y mejoras en la eficiencia energética.

Una nueva alternativa que se representa hoy en día, en el avance tecnológico con respecto a los motores generadores es de aplicar al mejoramiento de su rendimiento. Y uno de sus avances actuales es el desarrollo de motores eléctricos de flujo axial.

Motores eléctricos de flujo axial

(Harper, 2005) en un motor eléctrico de flujo axial su principal característica a comparación de un motor eléctrico radial de imanes permanentes, es que el rotor ya no va a estar girando en el interior del estator, lo que es más interesante su forma de disco tanto el rotor como el estator, además que el rotor va a girar centralmente con el estator.

También con respecto al funcionamiento: “Sin embargo, en los motores axiales, los rotores en forma de disco no giran dentro de un estator, sino que giran junto a un estator central. El flujo de corriente se desplaza axialmente a través del centro de la máquina en lugar de salir radialmente de él. El motor tiene una mayor eficiencia cuando produce par con un diámetro mayor, lo que significa que se necesita menos material para producir el mismo torque (Autocosmos, 2022).

Figura 37

Motor generador de flujo axial



Nota. En la figura se presenta un motor generador de flujo axial. Tomado de (Autocosmos, 2022).

(Heras, 2022) En los motores de flujo axial también una de sus cualidades es el golpe potente que tiene al acelerar, los motores de flujo axial son más potentes, aunque son mucho más pequeños que los motores radiales convencionales.

Figura 38

Diferencias de los motores eléctricos de flujo radial y flujo axial



Nota. Representación de las diferencias de potencia que entrega un motor eléctrico de flujo radial a comparación del flujo axial. Tomado de (Autocosmos, 2022).

Capítulo III

Proceso de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores generadores

Levantamiento de requerimientos

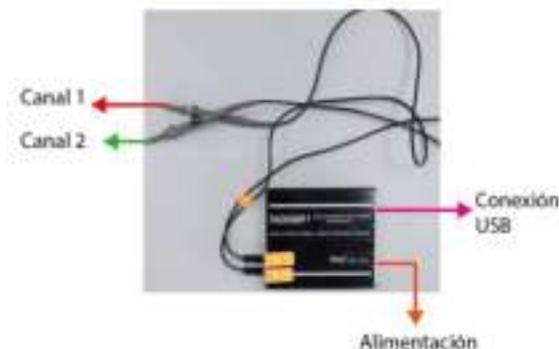
Para poder realizar la correcta elaboración del presente proyecto de integración curricular se requieren recursos tecnológicos con los que se pueda asegurar las pruebas de control, diagnóstico y puesta a punto de los motores generadores en vehículos de propulsión eléctrica.

Detector de errores & osciloscopio FADOS9F1

Según (Ar-Ge, s.f.) “Detector de fallas y osciloscopio 9 funciones en 1 ha sido especialmente desarrollado para determinar y solucionar fallas en todo tipo de placas de circuitos electrónicos”; por esto el desarrollo y análisis de los procesos de diagnóstico aplicados a motores generadores, el análisis gráfico nos brindó información que los componentes y sistemas que conforman la máquina eléctrica se mantienen en óptimas de funcionamiento; caso contrario se indica una falla y se procederá a gestionar el procedimiento de reparación y puesta a punto de las piezas que conforman el equipo analizado en el presente proyecto de integración curricular.

Figura 39

Equipo de diagnóstico por figuras & osciloscopio FADOS9S1



Nota. Equipo con dos puntas de conexión para comprobar dispositivos y equipos con ayuda del software de FADOS que ayudan a copilar información.

Tabla 7

Características FADOS

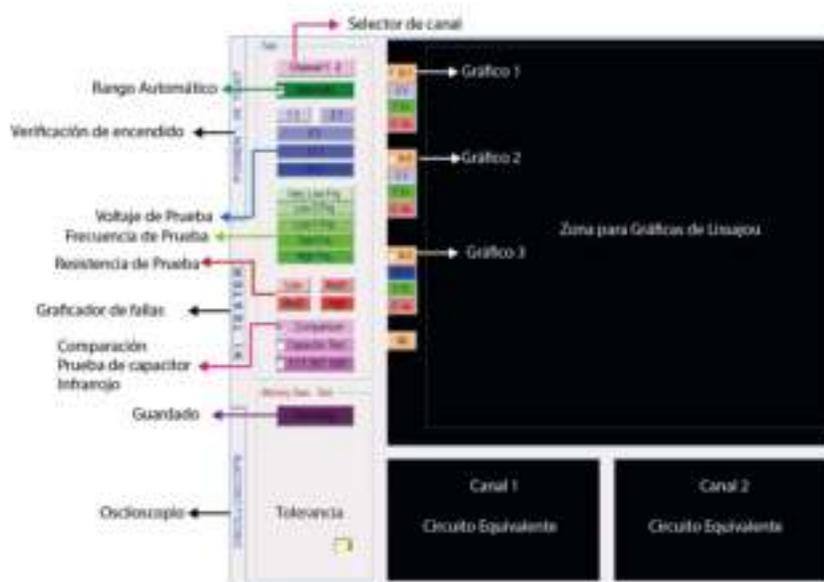
Especificaciones de detección de fallas	
Voltajes de prueba	±1; ±2; ±5; ±10; ±15; ±24 (V)
Resistencia de prueba	Nivel de corriente: Bajo 47kΩ Medio 3.5 kΩ Medio 2700 Ω Alto 250 Ω
Frecuencias de prueba	Muy baja 2Hz Baja2 4Hz Baja1 12Hz Prueba 32.5Hz Alta 355.4Hz
Número de canales	2
Modo de escaneo	Manual o Automático
Características adicionales	Diagrama de circuito equivalente Medición de resistencias, condensadores, diodos, etcétera Grabar datos y compararlos con datos registrados Visualizar 3 gráficos con ajustes diferentes
Especificaciones de energía- Características de temperatura	
Fuente de alimentación CC	Ajustable entre 0-16V y 20-1500 mA con salida de potencia
Sensores infrarrojos	Muestra diferencias entre 0 y 120 °C
Especificaciones del Osciloscopio	
Tasa de muestreo	400k/s
Voltaje de entrada	Sonda 1X: ±5V / Sonda 10X: ±50V
Canal/ADC	2 canales / 12bits
Sensibilidad	2.5 mV
Tasa de imagen	0.02 ms/div. – 100 ms/div.
Memoria instantánea	64 KB
Especificaciones de salida digital/analógica y físicas	
Producción	Canal 2
Frecuencia (Digital)	-5V _ +5V (Ajustable)
Dimensiones	122 mm de largo x 113 mm de ancho x 233 mm de alto
Peso	450 gr con todos los accesorios

Nota. Características eléctricas, funcionales y físicas del dispositivo FADOS, información obtenida de (Ar-

Ge, s.f.)

Figura 40

Interfaz del software FADOS



Nota. Descripción de funciones para el correcto uso del software e interfaz FADOS, descripción específica en la tabla 7.

Multímetro automotriz TRISCO DA-830

(Vargas, 2017) equipo de diagnóstico de gran utilidad y versatilidad para recopilar información de componentes eléctricos y electrónicos gracias a sus características generales de captar señales de voltaje, resistencia, amperaje, entre otras funciones especificadas en la tabla 8

Tabla 8

Especificaciones técnicas del multímetro TRISCO DA-830

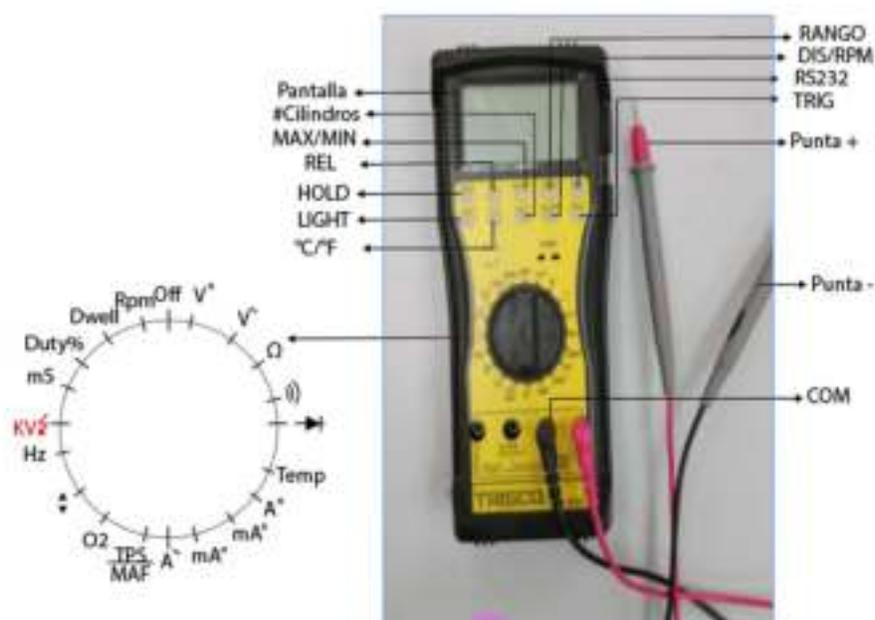
Funciones típicas	Funciones especiales
RPM: tacómetro para motores con encendido convencional y DIS (300-12000 rpm)	AUTO RANGO: en todas las escalas de función
DWELL: Cilindros 4, 6, 8	MÁX/MIN: memoria que almacena valores máximos y mínimos de cada medición
DUTY%: porcentaje de duración de ciclo	REL: calcula el incremento entre dos medidas
PULSE WIDTH (ms): tiempo de inyección en ms (0-40 ms)	HOLD: congela la lectura

Funciones típicas	Funciones especiales
KV: medida especial para calcular los kilovatios de la bobina secundaria o cables de bujía (0-40 KW)	LIGHT: luz para la pantalla
HZ: medición de frecuencia (4KHz-40MHz)	TRIG+/-: cambia el disparo positivo a negativo y viceversa
LOGIC PROBE: sonda lógica	BARGRAPH: barra gráfica
TPS/MAF y O2: espala especial para la revisión de sensor de velocidad y flujo másico de aire	AUTO POWER OFF: apaga el dispositivo automáticamente para prolongar la vida de las baterías.
TEMPERATURA: en grados centígrados y Fahrenheit	RS232: puerto y cable especial para la comunicación en el computador, el cual se ayuda con un software para almacenar información, el cual es compatible con el sistema operativo Windows.
AMPERAJE: AC y DC hasta 20 A	
PROBADOR DE DIODOS/ RESISTENCIA: hasta 40 MΩ con aviso auditivo de continuidad	
VOLTAJE: hasta 500 V en AC o DC	

Nota. Funciones típicas y especiales del multímetro TRISCO, información obtenida de (Chicaiza, 2019).

Figura 41

Descripción ilustrativa de las características del multímetro TRISCO



Nota. Características y funciones del multímetro automotriz empleado en la elaboración del presente proyecto, descripción específica en la tabla 8.

Escáner automotriz THINKCAR

(THINKCAR, 2022) Equipo de diagnóstico automotriz empleado para la verificación de códigos de falla e identificación de parámetros, conocidos en la industria como DTCs y PIDs, que nos brindaran datos que ayudaran a comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas controlados por la unidad de control electrónico del vehículo, los cuales usan comunicación OBD II,

Según (Vargas, 2017) “En la actualidad la mayoría de los automóviles contienen sistemas de gestión electrónica, es así como, para el diagnóstico se emplea un escáner que se conecta a la ECU (Unidad de Control Electrónico)”.

Tabla 9

Especificaciones del escáner THINKCAR

Descripción	THINKCAR SE
Sistema operativo	Android 10.0
Memoria RAM	4Gb
Almacenamiento	64Gb
Batería	12600 mAh/3.7V
Pantalla	8 in
Cámara	5Mp frontal/ 13 Mp trasera
Red	Wi-Fi, WLAN 802.11 b/g/n
Bluetooth	5.1
Temperatura de trabajo	32°F-122°F (0°C-50°C)
Temperatura de almacenamiento	-4°F-140°F (-20°C-60°C)

Nota. Características del equipo usado. Tomado de (THINKCAR, 2022)

Figura 42

Escáner THINKCAR



Nota. Interfaz de diagnóstico otorgado por el equipo de diagnóstico automotriz THINKCAR.

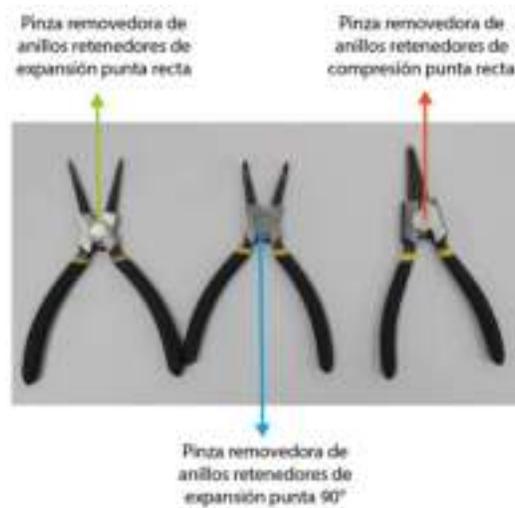
Herramientas manuales

Se usó varios tipos de herramientas que ayudaron a obtener información del proceso de desarme, revisión, reparación, función y ensamble correcto para los motores generadores, entre las cuales datan las cajas de media vuelta de 1/2 pulgada, 3/8 pulgada, desarmadores planos y de estrella, pinzas para remover anillos retenedores tanto de compresión como de expansión.

Pinzas removedoras de anillos retenedores

Figura 43

Pinzas removedoras de anillos retenedores



Nota. El correcto uso de los equipos manuales ayudó a reducir tiempos de trabajo, ya que, con las herramientas correctas se facilitó la actividad.

Llave de media vuelta

Figura 44

Partes de caja de herramientas manuales



Nota. Clasificación de la disposición de las herramientas manuales que se usaron para el proceso de armado y desarmado del presente proyecto.

Motor generador TOYOTA Highlander 2010

Fue el equipo destinado a ser estudiado, del cual se obtiene datos para comprender, como generar un adecuado proceso de diagnóstico y mantenimiento, manteniendo correctos procesos de operación, de manera óptima y con la certeza de preservar la integridad funcional del sistema, comprendiendo y entendiendo la función de cada uno de sus componentes.

Tabla 10

Especificaciones técnicas de motor generador TOYOTA Highlander 2010

Especificaciones técnicas del motor generador TOYOTA Highlander 2010		
	Motor generador 1	Motor generador 2
Voltaje máximo	650 V	650V
Tipo	Imán permanente	Imán permanente
Potencia máxima	-	167 HP

Especificaciones técnicas del motor generador TOYOTA Highlander 2010

Torque máximo	-	247 lb-ft
---------------	---	-----------

Nota. Características generales del motor generador, información obtenida de (Toyota, Manual de reparación TOYOTA Higlander 2010 , 2010)

Figura 45

Motor generador TOYOTA Highlander 2010



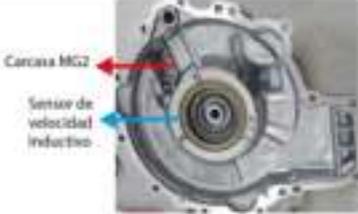
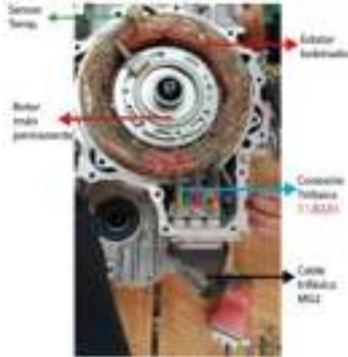
Nota. Las especificaciones se encuentran en la tabla 10, ilustración.

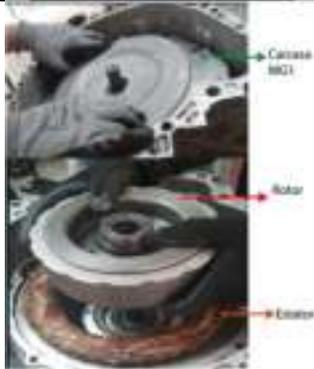
Proceso de desarmado y armado de motores generadores

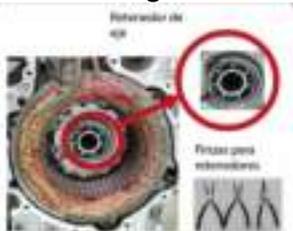
Es indispensable seguir una serie de pasos para desarmar y armar motores generadores, mantener orden, limpieza, correcto uso de herramientas, adecuada manipulación de equipos de medición y el uso de equipo de protección; esto ayudó a reducir accidentes y mejorar los tiempos de reparación.

Tabla 11

Proceso de desarmado de motores generadores

Proceso	Proceso de desarmado de motores generadores Detalle	Imagen
Identificar carcasa del motor generador 2	Se debe reconocer la carcasa del MG2, ya que, esta lleva incorporado la bomba del sistema de lubricación.	
Retirar los pernos de la bomba de lubricación del MG2	Una vez retirada los pernos y la cubierta de la bomba, se retira el eje de impulsión de la bomba de aceite, rotor impulsor y el rotor impulsado.	
Cuando el sistema de bomba de lubricación esté fuera, se retira la carcasa del MG2	En este punto se retira o no el sensor de velocidad del MG2, el cual se debe revisar por posibles averías; en caso de fallar se deberá reemplazar la pieza.	
Retirada la carcasa se observa el MG2, su estator, rotor de imán permanente y conexión trifásica.	Se debe retirar los tornillos de la conexión trifásica, luego se procede a extraer con cuidado el conjunto estator y rotor.	

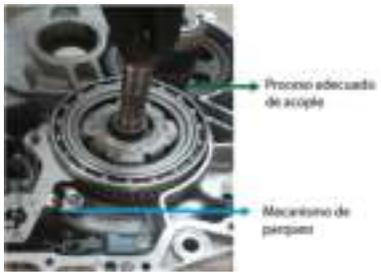
Proceso de desarmado de motores generadores		
Proceso	Detalle	Imagen
<p>Cuando se retira el conjunto MG2 se observan los rodamientos de conexión del tren epicicloidal.</p>	<p>En este punto se retiran los tornillos que sujetan el conjunto MG2 y el MG1 para acceder al sistema de transmisión.</p>	
<p>Levantar la estructura que mantiene en su lugar al MG2</p>	<p>Al hacerlo, se observa el sistema de transmisión que cuenta con conjuntos: epicicloidal, diferencial y engranado que comunica el movimiento y brinda las funciones de operación de conducción en el vehículo.</p>	
<p>Se retira el conjunto diferencial, engranado y los planetarios.</p>	<p>Al retirar los sistemas engranados se nota que las coronas del MG1 no se pueden sacar, entonces se da la vuelta al sistema y se retira el MG1.</p>	
<p>Voltear el conjunto motor generador restante y retirar la carcasa del MG1</p>	<p>Al retirar la carcasa se realiza el mismo proceso que se realizó con el MG2, desconectar sensores, conexiones trifásicas y separar de la estructura el conjunto estator y rotor.</p>	

Proceso de desarmado de motores generadores		
Proceso	Detalle	Imagen
El conjunto MG1 posee un anillo de retención que sujeta la corona epicicloidal, se retira usando una pinza para retenedores.	Considerar la posición en la que se encuentra, revisar si está desgastado, roto, con grietas, para proceder a su reemplazo en caso de ser necesario.	

Nota. Con este proceso se desarma un motor generador y verificar cada uno de los componentes, su estado, darle mantenimiento o en caso de ser necesario reemplazar las piezas que posean daños graves.

Tabla 12

Proceso de armado de motores generadores

Proceso de armado de motores generadores		
Proceso	Detalle	Imagen
Colocar el MG1 en su lugar y ajustar la conexión trifásica	A su vez colocar la corona del epicicloidal y no olvidar poner el anillo retenedor del eje para su correcta sujeción.	
Colocado el conjunto MG1 asegurar la carcasa correspondiente	Asegurarse de que los sensores del MG1 se localicen en su posición correcta	
Una vez colocada la carcasa, dar la vuelta al conjunto estructural MG1 y armar el sistema de transmisión.	Colocar de forma correcta los engranes, acoplado en su posición adecuado y asegurándose que los dientes no tengan ninguna fuerza que los retenga, acoplar el sistema de parque según se explica en la tabla 15	

Proceso de armado de motores generadores		
Proceso	Detalle	Imagen
Colocar la carcasa del MG2 cubriendo el sistema de transmisión del conjunto motor generador	Tomar en consideración, el correcto acople de los vástagos que dan guía a la estructura, considerar disposición de sensores y cales de conexión de las fases trifásicas.	
Colocar el conjunto MG2 en su posición	Tomar en consideración los cables de sensores, su posición, verificar el correcto acople del rotor y el estator, cuidar accidente puesto que el imán permanente genera una fuerte atracción al colocarse.	
Verificar tapas de conexión, correcta posición de los conectores para los sensores.	Ajustar los cables de conexión trifásica y los sensores en su lugar	
Colocar la tapa del MG2, ajustar correctamente y colocar el sistema de la bomba de lubricación en su lugar	Con esto terminan los procesos de armado y desarmado, comprobar que todo se encuentre en su lugar, no olvidar colocar el sensor de posición shift lever.	

Nota. Con este proceso se arma un motor generador y asegurar su correcto funcionamiento.

Requisitos del sistema

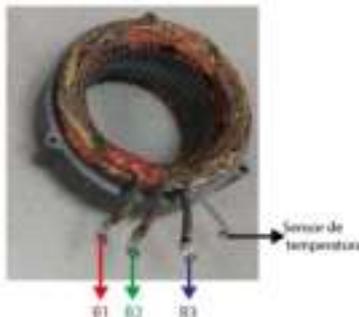
Pruebas de continuidad y resistencia en las bobinas

Se debe considerar que los bobinados de cada motor generador no se encuentren en corto circuito, esto se realiza la comprobación de los terminales trifásicos en cada bobinado y localizando su

continuidad, debe ser independiente, esto quiere decir que los terminales B1, B2 y B3 de la figura no deben tener continuidad con otro bobinado que no sea el suyo.

Figura 46

Bobinado trifásico de los motores generadores



Nota. Se puede ver representado el bobinado 1 en rojo, el bobinado 2 en verde y el bobinado 3 en azul; los estatores de los motores generadores cuentan con sensores de temperatura que se comunican con la unidad de control electrónica híbrida.

Además, es importante comprobar que cada uno de los terminales de B1, B2, B3 no tengan comunicación con tierra, esto también representa como un corto circuito.

Tabla 13

Pruebas de cortocircuito en bobinas

Pruebas de cortocircuito en bobinados		
Descripción	Detalle	Imagen
B1 a tierra	No existe continuidad en el multímetro, por ende, el bobinado B1 no posee cortocircuito a tierra y se verifica su buen estado.	

Pruebas de cortocircuito en bobinados		
Descripción	Detalle	Imagen
Resistencia B1	Se comprueba resistencia de 0.4Ω en B1 lo que confirma que está en buen estado.	
B2 a tierra	No existe continuidad en el multímetro, por ende, el bobinado B2 no posee cortocircuito a tierra y se verifica su buen estado.	
Resistencia B2	Se comprueba resistencia de 0.4Ω en B2 lo que confirma que está en buen estado.	

Pruebas de cortocircuito en bobinados		
Descripción	Detalle	Imagen
B3 a tierra	No existe continuidad en el multímetro, por ende, el bobinado B3 no posee cortocircuito a tierra y se verifica su buen estado.	
Resistencia B3	Se comprueba resistencia de 0.3 Ω en B3 lo que confirma que está en buen estado.	

Nota. Completando la prueba de verificación se concluye que no existe cortocircuito en el bobinado del motor generador 2, el mismo procedimiento se realizó en el motor generador 1 y no presentó errores, en caso de haber falla optar por rebobinar el estator.

Trabajo ideal de motores generadores y funcionamiento

Los sistemas de motores generadores cuentan con seis modos de operación posible, considerando condiciones de operación comunes por el usuario se han registrado algunas adicionales, para poder analizar estos datos de forma correcta haciendo uso de un escáner automotriz obteniendo datos que ayudaran a tabular un régimen de giro del motor generador 1 en comparación con el motor generador 2, esto se representa en la tabla 11.

Tabla 14

Datos en condiciones de operación para motor generador de vehículo TOYOTA Prius 2009

Función de operación	Motor Generador 1 (rpm)	Motor Generador 2 (rpm)
Vehículo detenido	0	0
Vehículo detenido, activación del motor de combustión interna	9000	0
Movimiento con motor eléctrico	-440	170
Movimiento usando MCI y MG	4700	500
Modo de carga	2500	900
Activación de freno regenerativo	-4000	2000
Reversa	690	-268
Movimiento en neutro	-2700	1000

Nota. Valores obtenidos usando el escáner automotriz THINKCAR en procesos de operación del vehículo TOYOTA Prius, propiedad de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Como se puede apreciar en las funciones de operación registradas en la tabla 11 se determina las siguientes premisas:

Cuando el vehículo se encuentra detenido, el motor de combustión interna no se enciende, a menos que la ECU HV (Unidad de Control Electrónica Híbrida), detecte que el nivel de carga de la batería de alta tensión es baja, esto podría apreciarlo en el tablero de control del auto, como se muestra en la figura ; debido a esto no se requiere el uso constante del conjunto motor generador, solo se detecta una breve activación del motor generador 1, ya que, una de sus funciones es cumplir el rol de motor de arranque para el motor de combustión interna.

Figura 47

Tablero auxiliar del vehículo, información de nivel de carga de la batería de alta tensión



Nota. El sistema que presenta el vehículo como información la carga de la batería de alta tensión es bastante intuitivo para el usuario.

Cuando se activa el motor de combustión quiere decir que el vehículo necesita cargar la batería híbrida, por ende, el motor generador 1 se activa en sentido positivo y genera carga que se dirige hacia el inversor y almacena dicha carga en la batería de alta tensión híbrida, según (Augeri, 2016).

Cuando se produce el primer impulso que genera movimiento en el vehículo, si la carga de la batería híbrida es alta, se impulsa usando solo el motor generador 2, como se puede observar en la tabla 11, a su vez, el motor generador 1 gira en sentido contrario para evitar actuar como motor de arranque y por ende encender el motor de combustión interna.

Cuando el vehículo empieza a requerir más velocidad, entra en función tanto el motor de combustión interna como el motor generador, aportando un valor de revoluciones positivas el motor generador 2, en el caso registrado en la tabla 11, los valores del motor generador 1 son altos, ya que el nivel de carga de la batería de alta tensión eran bajos, caso contrario este empieza a girar en sentido negativo hasta que la unidad de control electrónica híbrida registre una necesidad de carga o un aporte energético adicional que se envía hacia el motor generador 2.

Cuando se registra una necesidad de carga por parte del vehículo, el motor generador 1 activa el motor de combustión y el motor generador 2 mantiene valores de giro positivas para aportar carga al sistema.

Los vehículos híbridos suelen contar con una opción que ayuda a cargar las baterías cuando se detecta la activación del pedal de freno, denominado freno regenerativo, en esta función de operación no se necesita la intervención del motor de combustión interna, el motor generador 1 empieza su función de generador y con ayuda de la fuerza electromotriz ayuda a que el vehículo se detenga, mientras que las revoluciones del motor generador 2 se reducen progresivamente hasta detenerse.

Cuando la unidad de control electrónica híbrida detecta que el usuario requiere dar marcha atrás con el vehículo el motor generador 2 toma valores de activación negativos para otorgar este movimiento al sistema de tracción, el motor generador 1 toma valores positivos debido al mecanismo interno del conjunto motor generador, no cumple ninguna función antes mencionada como otorgar carga o tratar de encender el motor de combustión interna.

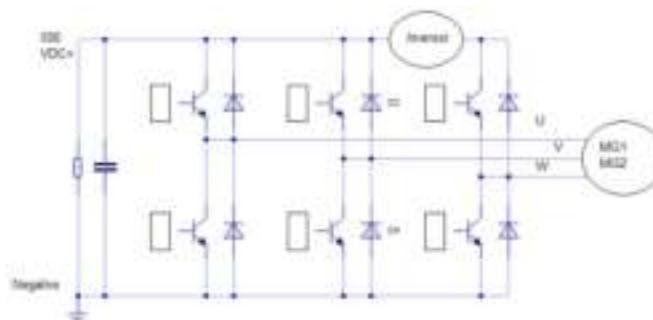
Si el usuario coloca en neutro al vehículo mientras se mantiene en movimiento, el sistema no envía señales provocando que el sistema entre en modo de carga, esto por seguridad del sistema para evitar corrientes parásitas que puedan dañar la comunicación del sistema motor generador, sin embargo, se registra valores negativos en el motor generador 1 y positivos en el giro del motor generador 2, esto debido al mecanismo de transmisión.

Diagrama eléctrico de los motores generadores

Los sistemas de comunicación de los motores generadores son importantes para diagnosticar algún problema que pueda presentarse respecto a los otros componentes que conforman el conjunto operativo de los vehículos con propulsión eléctrica, la figura representa la comunicación de los motores generadores respecto al resto de componentes, tales como, el inversor, baterías y microcontroladores de la UCE HV.

Figura 48

Diagrama representativo de la comunicación de los motores generadores



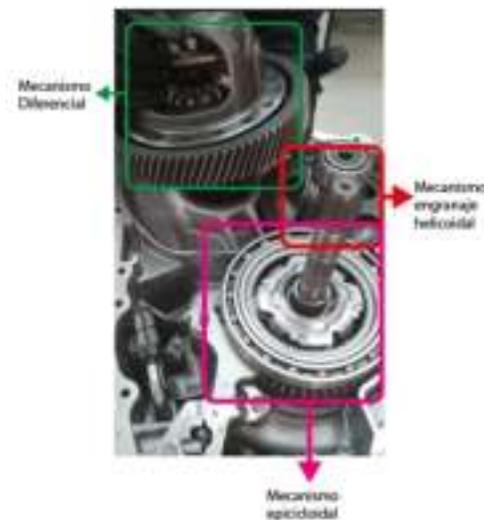
Nota. Representación de los componentes que conforman a los vehículos híbridos y eléctricos, con sus respectivas líneas de conexión y expresando modos de control gestionados por la unidad de control electrónica híbrida.

Diagnóstico del mecanismo de transmisión

Los motores generadores se caracterizan por tener en su interior un sistema de transmisión de movimiento epicicloidal para comunicar al motor generador 1 y al motor generador 2, adicional de un mecanismo diferencial de engranajes como se puede apreciar en la figura 45, que ayuda a variar el movimiento según sea el requerimiento de la ECU HV (Unidad de Control Electrónica Híbrida), se representa su composición en la tabla 12.

Figura 49

Mecanismos de transmisión en motores generadores



Nota. Sistemas de transmisión de movimiento del motor generador, con un transmisor y diferencial de movimiento que regula el movimiento positivo o negativo en sus dos partes fundamentales, motor generador 1 y motor generador 2.

Tabla 15

Componentes del sistema de transmisión en motores generadores

Componente	Características	Imagen
Engranaje solar 1	Posee 24 dientes en la parte interna y 23 dientes en su parte externa; sirve como sujeción del eje para engranar al tren motriz.	
Engranaje solar 2	Está compuesto por dos secciones de diferente diámetro, la parte superior cuenta con 30 dientes rectos y 4 muecas, la sección inferior posee 34 dientes helicoidales.	
Conjunto y porta planetarios	Se caracteriza por tener fijo el eje porta planetario, posee 4 engranajes planetarios que tienen 23 dientes cada uno.	
Corona MG1	Se caracteriza por tener 78 dientes en la cara interna, que comunica con el conjunto planetario, y 23 dientes helicoidales en su cara externa que conecta con el engrane del MG2	
Engrane de comunicación MG2	Cuanta con un rodamiento que sirve como apoyo y reduce la fricción en su sección inferior, en su sección superior cuenta con un engrane helicoidal de 55 dientes que se conecta al mecanismo diferencial y un engrane de menor diámetro que posee 25 dientes helicoidales.	

Componente	Características	Imagen
Engrane para mecanismo de parqueo	Es un engrane adicional que está ubicado tras el engranaje helicoidal, en su cara externa cuenta con aberturas que permiten el bloque del movimiento del motor generador.	
Conjunto diferencial	Los engranes de la parte superior y la parte inferior poseen 16 dientes, los laterales poseen 10 dientes.	

Nota. Cada una de las piezas se debe revisar de forma minuciosa, considerando que no tenga rupturas, grietas, suciedad, imperfecciones, rayones; verificar el correcto grado de libertad para los rodamientos.

Diagnóstico del mecanismo de parqueo

El mecanismo de parqueo cuenta con trinquete de bloqueo, varilla de bloqueo, engrane de estacionamiento, palanca de bloqueo de estacionamiento, como se muestra en la tabla

Tabla 16

Mecanismo de parqueo en motores generadores

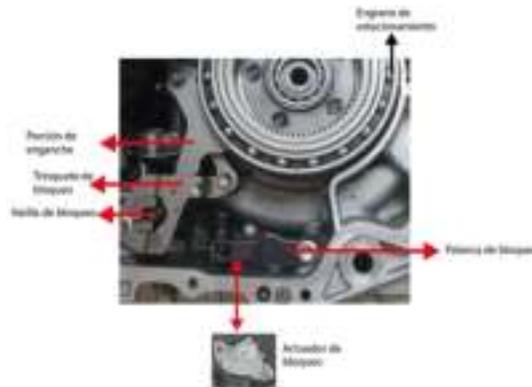
Diagnóstico del mecanismo de parqueo de motores generadores		
Descripción	Característica	Imagen
Trinquete de bloqueo	Es una lámina ubicada en la varilla de bloqueo para que pueda mover el mecanismo y que la porción de enganche trabe el sistema.	

Diagnóstico del mecanismo de parqueo de motores generadores		
Descripción	Característica	Imagen
Porción de enganche	Pieza encargada de conectar con el engrane de estacionamiento para bloquear el movimiento.	
Varilla de bloqueo	Mecanismo que cuenta de un eje y una pieza especial que transmiten el movimiento del actuador de bloqueo hacia el motor generador	
Engranaje de parqueo	Engrane que cuenta con secciones y rodamientos que permiten o bloquean el movimiento cuando el usuario lo requiere.	
Palanca de bloqueo	Conexión al actuador de bloqueo que transmite la orden de acoplar la porción de enganche en el engranaje de parqueo.	
Actuador de bloqueo	Componente electromecánico que se encarga de otorgar posición para loquear el movimiento, además posee configuraciones que determinan el funcionamiento de la transmisión, conocido como <i>Shift Lever</i>	

Nota. El mecanismo de parqueo forma parte del sistema de transmisión de movimiento en los vehículos híbridos, pero se lo considera aparte puesto que mantiene piezas independientes que cumplen una función específica, las cuales deben tener condiciones óptimas, caso contrario requerirán mantenimiento o reparación.

Figura 50

Ensamble del mecanismo de bloqueo para motor generadores



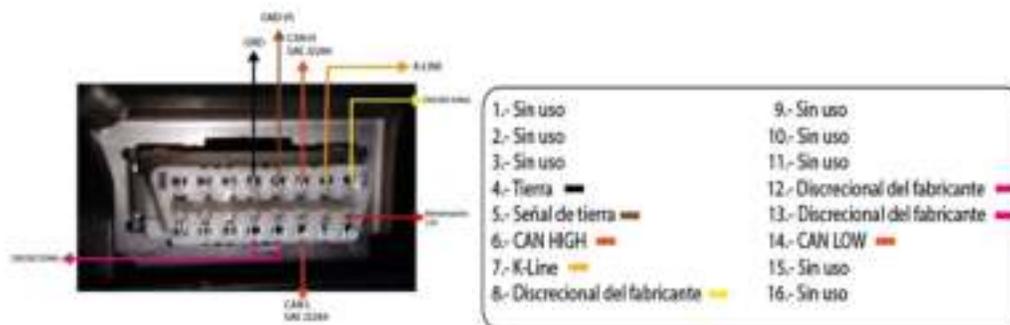
Nota. Características específicas mencionadas en la tabla 13 del sistema de freno para los motores generadores.

Conector DLC (Data Link Connector) y protocolos de comunicación

Es importante verificar los protocolos de comunicación estandarizados OBDII, por el motivo que los fabricantes van a establecer sus propios protocolos para tener el acceso al monitoreo y configuraciones de los subsistemas del vehículo.

Figura 51

Línea de conexión para el diagnóstico DLC del vehículo TOYOTA Prius



Nota. Representación de los pines de conexión que se usó en el diagnóstico y obtención de datos para los motores generadores.

Tipos de sensor	Componente eléctrico	PIDS
Termistor PTC		
Sensores de presión Lubricante Dieléctrico.	Piezoeléctrico o Piezorresistencia	InHg/Bar/Psi
Sensores de posición Marchas (Switch)	Switch (De posición)	P/N/D/R

Nota. Detalles obtenidos gracias a la manipulación de los motores generadores. Tomado de (Augeri, 2016)

DTC (Diagnostic Trouble Codes) de fallos en motores generadores

Los códigos de falla son una guía para determinar el sistema que está averiado en el vehículo sea en el motor, transmisión o en el caso de un vehículo híbrido el sistema de “Control Híbrido (HC)”, donde nos permitirá verificar la existencia de códigos de falla con respecto al sistema híbrido del vehículo “POA”.

A continuación, se representa en la tabla 18 los posibles códigos de falla con respecto al motor generador de un vehículo híbrido o eléctrico.

Tabla 18

DTC posibles en motores generadores

Nro.	Descripción	Código
1	Módulo de control del generador	POA1A
2	Módulo de control “A” del motor de impulsión	POA1B
3	Módulo de control del motor de impulsión “B”	POA1C
4	Módulo de control del tren motriz híbrido	POA1D
5	Rango/rendimiento del circuito del sensor de temperatura del motor impulsor "A"	POA2B
6	Circuito bajo del sensor de temperatura del motor impulsor "A"	POA2C
7	Circuito alto del sensor de temperatura del motor impulsor "A"	POA2D
8	Rango/rendimiento del circuito del sensor de temperatura del motor impulsor "B"	POA31
9	Circuito bajo del sensor de temperatura del motor impulsor "B"	POA32

Nro.	Descripción	Código
10	Circuito alto del sensor de temperatura del motor impulsor "B"	P0A33
11	Rango/rendimiento del circuito del sensor de temperatura del generador	P0A37
12	Circuito bajo del sensor de temperatura del generador	P0A38
13	Circuito alto del sensor de temperatura del generador	
14	Circuito del sensor de posición "A" del motor de accionamiento	P0A3F
15	Rango/rendimiento del circuito del sensor de posición "A" del motor de accionamiento	P0A40
16	Circuito bajo del sensor de posición "A" del motor de accionamiento	P0A41
17	Circuito del sensor de posición "B" del motor de accionamiento	P0A45
18	Rango/rendimiento del circuito del sensor de posición "B" del motor impulsor	P0A46
19	Circuito bajo del sensor de posición "B" del motor de accionamiento	P0A47
20	Circuito del sensor de posición del generador	P0A4B
21	Rango/rendimiento del circuito del sensor de posición del generador	P0A4C
22	Circuito bajo del sensor de posición del generador	P0A4D
23	Circuito del sensor de corriente del motor impulsor "A"	P0A51
24	Circuito del sensor de corriente del motor impulsor "B"	P0A55
25	Corriente del motor de accionamiento "A" Fase V	P0A60
26	Corriente del motor de accionamiento "A" Fase W	P0A63
27	Corriente del motor de accionamiento "B" Fase V	P0A69
28	Corriente del motor de accionamiento "B" Fase W	P0A6C
29	Corriente de fase V del generador	P0A72
30	Generador Fase W Corriente	P0A75
31	Rendimiento del inversor del motor de accionamiento "A"	P0A78
32	Rendimiento del inversor del motor de accionamiento "B"	P0A79
33	Rendimiento del inversor del generador	P0A7A
34	Rendimiento del motor de tracción "A"	P0A90
35	Rendimiento del motor de tracción "B"	P0A91

Nro.	Descripción	Código
36	Rendimiento del generador híbrido	P0A92
37	Rendimiento del sistema de refrigeración inversor	P0A93

Nota. Registro de los códigos que afectan cuando ocurre un mal funcionamiento de los motores generadores.

Parámetro de identificadores de diagnóstico (PID)

Tabla 19

Registro de parámetros de identificación de diagnóstico en vehículo TOYOTA Prius

Nro.	Parámetro	Unidades
1	M (MG2) Valor Excelente de Par	0.625Nm
2	Mal Funcionamiento de Petición P (Control de T/M)	Normal
3	MAP (Presión absoluta colector)	73kPa
4	MG1 Cierre de Invertidor	APAGADO
5	MG1 Estado de Puerta	APAGADO
6	MG1 Fallo de Invertidor	APAGADO
7	MG1 Frecuencia de Transportador	3.750kHz
8	MG1 Modo de Control	0
9	MG2 Cierre de Invertidor	APAGADO
10	MG2 Estado de Puerta	APAGADO
11	MG2 Fallo de Invertidor	APAGADO
12	MG2 Frecuencia de Transportador	2.500kHz
13	Par generador (MG1)	0Nm
14	Par motor (MG2)	5.875Nm
15	Par Regenerativo de Freno	0Nm
16	Par Regenerativo de Freno de Petición	0Nm
17	Revolución motora (MG2)	1rpm
18	Temperatura Alta del Invertidor MG2 (Motor)- Operación antes del último	0
19	Temperatura Alta del Invertidor MG2 (Motor)-Viaje antes del último	0
20	Temperatura de Agua del Refrigerante del Invertidor	32degree C
21	Temperatura del Invertidor (MG1) Después de Encendido Conectado	24degree C
22	Temperatura del Invertidor (MG2) Después de Encendido Conectado	25degree C

Nro.	Parámetro	Unidades
23	Temperatura del Invertidor MG1 (Generador) Alta-Operación antes del último	0
24	Temperatura del Invertidor MG1 (Generador) Alta-Última Operación	0
25	Temperatura del Invertidor MG1 (Generador) Alta-Último Viaje	0
26	Temperatura del Invertidor MG1 (Generador) Alta-Viaje antes del último	0
27	Temperatura del Invertidor MG2 (Motor) Alta-Última Operación	0
29	Temperatura del Invertidor MG2 (Motor) Alta-Último Viaje	0
30	Temperatura del Invertidor- (MG1)	33degree C
31	Temperatura del Invertidor- (MG2)	34degree C
32	Temperatura del Motor (MG1) Después de Encendido Conectado	22degree C
33	Temperatura del Motor (MG2) Después de Encendido Conectado	18degree C
34	Temperatura del Motor No.1	22degree C
35	Temperatura del Motor No.2	39degree C
36	Temperatura Máxima del Convertidor	45degree C
37	Temperatura Máxima del Invertidor (MG1)	41degree C
38	Temperatura Máxima del Invertidor (MG2)	35degree C
39	Temperatura Máxima del Motor (MG1)	39degree C
40	Temperatura Máxima del Motor (MG2)	22degree C

Nota. Parámetros y valores obtenidos con ayuda del escáner THINKCAR para observar el

comportamiento de las magnitudes físicas externas en el proceso de los datos.

Borrado y reinicio de los DTC (*Diagnostic Trouble Codes*)

Una vez realizado el diagnóstico y desarrollado la reparación en el motor generador, al momento de hacer pruebas y verificaciones de funcionamiento es recomendable realizar un borrado de DTC y reinicio de datos provocando en el vehículo el modo de protección o emergencia el cual es un modo de seguridad para evitar dañar componentes importantes del sistema híbrido y también la seguridad de los ocupantes, este procedimiento requiere un diagnóstico con el escáner para verificar si el borrado y reinicio de los códigos de error del vehículo híbrido es adecuado.

Figura 53

Representación de borrado y reinicio de DTC del vehículo TOYOTA Prius



Nota. En la siguiente figura se puede verificar el borrado y reinicio de los códigos de diagnóstico de problemas en la cual se verifica el módulo de control híbrido.

Sensores del conjunto motor generador y distribución de pines

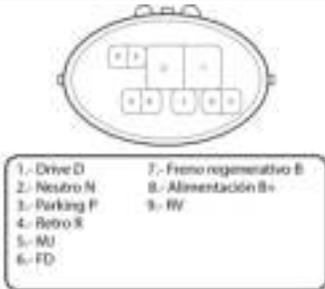
Los sensores implementados en el monitoreo del motor generador son de vital importancia, ya que estos emiten señales eléctricas o magnéticas a la unidad de control híbrido, en función de parámetros externos.

Los sensores y actuadores automotrices, como sensores de temperatura, presión, posición del acelerador, etcétera, también tienen conectores. La disposición de los pines de estos conectores

depende del tipo de sensor o actuador. Además, es importante señalar que la distribución de los pines en los sensores va a variar según el fabricante del vehículo en donde es primordial tener acceso de información técnica para identificar los pines de cada actuador.

Tabla 20

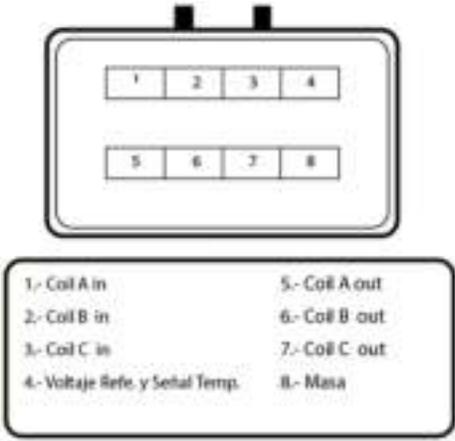
Sensores de posición de la palanca de cambios

Sensor de posición de la palanca de cambios																																																													
Imagen	Pines Conector																																																												
																																																													
Descripción	Es un sensor de Switch Múltiples que va a variar el Voltaje según la posición de la palanca																																																												
Funcionamiento	Proporcionar una señal de voltaje al Modulo HC, indicando la posición de la palanca selectora.																																																												
Valores de comprobación: por resistencia	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1 (1-B1-1) (D)</th> <th>2 (1-B1-2) (N)</th> <th>3 (1-B1-3) (P)</th> <th>4 (1-B1-4) (R)</th> <th>5 (1-B1-5) (NJ)</th> <th>6 (1-B1-6) (FD)</th> <th>7 (1-B1-7) (B)</th> <th>8 (1-B1-8) (B+)</th> <th>9 (1-B1-9) (BV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>posición P</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>4.2 a 5.1 Ohmios</td> <td>Por debajo de 1 ohmio</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>Por debajo de 1 ohmio</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> </tr> <tr> <td>posición N</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>4.2 a 5.1 Ohmios</td> <td>0 Ohmios o más</td> <td>Por debajo de 1 ohmio</td> <td>Por debajo de 1 ohmio</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>Por debajo de 1 ohmio</td> </tr> <tr> <td>posición R</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>Por debajo de 1 ohmio</td> <td>0 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>Por debajo de 1 ohmio</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> </tr> <tr> <td>posición D</td> <td>Por debajo de 1 ohmio</td> <td>4.2 a 5.1 Ohmios</td> <td>0 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>Por debajo de 1 ohmio</td> <td>Por debajo de 1 ohmio</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> </tr> <tr> <td>posición B</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>4.2 a 5.1 Ohmios</td> <td>0 Ohmios o más</td> <td>10 Ohmios o más</td> <td>Por debajo de 1 ohmio</td> <td>0 Ohmios o superior</td> </tr> </tbody> </table>		1 (1-B1-1) (D)	2 (1-B1-2) (N)	3 (1-B1-3) (P)	4 (1-B1-4) (R)	5 (1-B1-5) (NJ)	6 (1-B1-6) (FD)	7 (1-B1-7) (B)	8 (1-B1-8) (B+)	9 (1-B1-9) (BV)	posición P	10 Ohmios o más	4.2 a 5.1 Ohmios	Por debajo de 1 ohmio	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	10 Ohmios o más	posición N	10 Ohmios o más	4.2 a 5.1 Ohmios	0 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	Por debajo de 1 ohmio	10 Ohmios o más	10 Ohmios o más	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	posición R	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	0 Ohmios o más	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	10 Ohmios o más	posición D	Por debajo de 1 ohmio	4.2 a 5.1 Ohmios	0 Ohmios o más	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	Por debajo de 1 ohmio	10 Ohmios o más	10 Ohmios o más	10 Ohmios o más	posición B	10 Ohmios o más	4.2 a 5.1 Ohmios	0 Ohmios o más	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	0 Ohmios o superior									
	1 (1-B1-1) (D)	2 (1-B1-2) (N)	3 (1-B1-3) (P)	4 (1-B1-4) (R)	5 (1-B1-5) (NJ)	6 (1-B1-6) (FD)	7 (1-B1-7) (B)	8 (1-B1-8) (B+)	9 (1-B1-9) (BV)																																																				
posición P	10 Ohmios o más	4.2 a 5.1 Ohmios	Por debajo de 1 ohmio	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	10 Ohmios o más																																																							
posición N	10 Ohmios o más	4.2 a 5.1 Ohmios	0 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	Por debajo de 1 ohmio	10 Ohmios o más	10 Ohmios o más	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio																																																				
posición R	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	0 Ohmios o más	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	10 Ohmios o más																																																							
posición D	Por debajo de 1 ohmio	4.2 a 5.1 Ohmios	0 Ohmios o más	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	Por debajo de 1 ohmio	10 Ohmios o más	10 Ohmios o más	10 Ohmios o más																																																				
posición B	10 Ohmios o más	4.2 a 5.1 Ohmios	0 Ohmios o más	10 Ohmios o más	Por debajo de 1 ohmio	0 Ohmios o superior																																																							
Trazado de Imagen																																																													

Nota. Detalles obtenidos de los sensores que controlan la transmisión de los motores generadores y su análisis con equipo de diagnóstico FADOS9S1.

Tabla 21

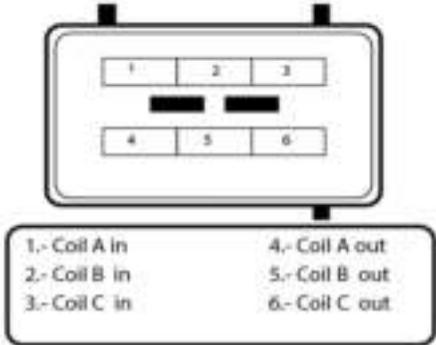
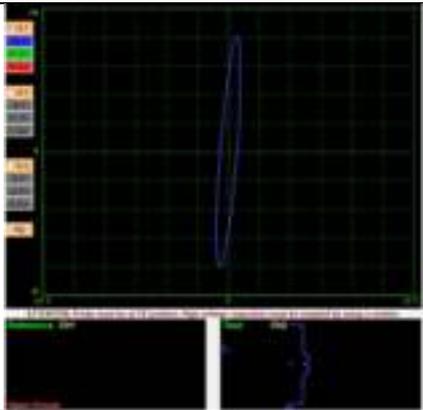
Sensor de velocidad y sensor de temperatura del MG1

Sensor de Velocidad y Sensor de Temperatura del Estator MG1	
Imagen	Pines Conector
	
Descripción	El conector de los sensores de temperatura y velocidad del MG1 están integrados en un solo conector.
Funcionamiento	Al igual que los sensores del MG2 cumplen con la función de medir la velocidad del rotor en RPM y el medir la temperatura del estator.
Valores de comprobación	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia de las bobinas A, B, C deber medir en rango de 14Ω a 15Ω Los sensores de temperatura del estator MG1, debe medir en un rango de 60Ω a 70Ω
Trazado de Imagen	

Nota. Detalles obtenidos de los sensores que recopilan información de magnitudes características de los motores generadores y su análisis con equipo de diagnóstico FADOS9S1.

Tabla 22

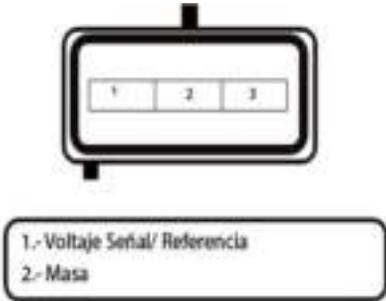
Sensores de velocidad del MG2

Sensor de Velocidad de MG2	
Imagen	Pines de conector
	
Descripción	Sensor de velocidad Contiene 3 Bobinas escalonado 90° debido a que el ovalamiento del rotor.
Funcionamiento	Detectar la posición del rotor del MG2 para enviar señales a la ECU HV y determinar rpm de los MG en un tiempo específico.
Valores de comprobación:	Por resistencia de bobinas
Trazado de Imagen	

Nota. Detalles obtenidos de los sensores que recopilan información de magnitudes de velocidad características de los motores generadores y su análisis con equipo de diagnóstico FADOS9S1.

Tabla 23

Sensores de temperatura del MG2

Sensor de Temperatura del Estator MG2	
Imagen	Pines de conector
	
Descripción	Sensor de componente eléctrico NTC, que su resistencia disminuye conforme aumente la resistencia.
Funcionamiento	Su función principal es de medir la temperatura que se genera en el estator
Valores de comprobación	Los sensores de temperatura del estator MG1, debe medir en un rango de 60Ω a 70Ω
Trazado de Imagen	

Nota. Detalles obtenidos de los sensores que recopilan información de magnitudes de temperatura características de los motores generadores y su análisis con equipo de diagnóstico FADOS9S1.

Flujo de datos de tensión y corriente en motores generadores

El uso del escáner automotriz ayuda a gestionar un informe con el flujo de los datos registrado al momento de encender el motor y otorgar condiciones de funcionamiento de diferentes motores para lograr realizar una comparación óptima de los valores representados en las tablas 24, 25, 26.

Tabla 24

Flujo de datos TOYOTA Prius

Flujo de datos de tensión y corriente en motor generador Prius	
Código de motor	P410
Temperatura del MG1 después del encendido	22° C
Temperatura del MG2 después de encendido	18° C
Tiempo de funcionamiento	989 seg
Voltaje MG1	227.5 V
Voltaje MG2	228.5V
Corriente de MG1 y MG2	No se presenta en valores del flujo de datos

Nota. Valores obtenidos con ayuda del escáner automotriz THINKCAR.

Figura 54

Informe de flujo de datos

Informe de flujo de datos



Tiempo: 2024-07-18 18:29:18
 Nombre del cliente: N/A
 Técnicos: N/A

Nombre de la empresa: XXXX	Teléfono de contacto: N/A
Correo electrónico: N/A	País o región: N/A
Estado: N/A	Ciudad: N/A
Dirección1: N/A	Dirección2: N/A
SN: 960639409001	
Marca: TOYOTA	Modelo: Prius SW7
Año: 2018	Desplazamiento: N/A
VIN: JTDHDC1602A110775	Kilometraje: 18710.00 millas
Número de licencia: N/A	Versión del software del vehículo: V10.40

Nota. Informe de flujo de datos de vehículo TOYOTA Prius Híbrido.

Tabla 25

Flujo de datos TOYOTA Prius C

Flujo de datos de tensión y corriente en motor generador Prius C	
Código de motor	P510
Temperatura del MG1 después del encendido	34° C
Temperatura del MG2 después de encendido	23° C
Tiempo de funcionamiento	58 seg
Voltaje MG1	299.5 V
Voltaje MG2	167 V
Corriente de MG1 y MG2	No se presenta en valores del flujo de datos

Nota. Valores obtenidos con ayuda del escáner automotriz THINKCAR.

Figura 55

Informe de flujo de datos 2

Informe de flujo de datos

Tiempo: 2024-02-19 20:51:52
 Nombre del cliente: N/A
 Técnico: N/A



Nombre de la empresa: N/A	Teléfono de contacto: N/A
Correo electrónico: N/A	País o región: N/A
Estado: N/A	Ciudad: N/A
Dirección1: N/A	Dirección2: N/A
SR: 880488404901	
Marca: TOYOTA	Modelo: Prius C
Año: 2011	Desplazamiento: N/A
VIN: N/A	Kilometraje: 21419.00 millas
Número de licencia: N/A	Versión del software del vehículo: V10.40

Nota. Informe de flujo de datos de vehículo TOYOTA Prius C.

Tabla 26

Flujo de datos TOYOTA Corolla Cross

Flujo de datos de tensión y corriente en motor generador Corolla Cross	
Código de motor	-
Temperatura del MG1 después del encendido	25° C
Temperatura del MG2 después de encendido	28° C
Tiempo de funcionamiento	739 seg
Voltaje MG1	216 V
Voltaje MG2	216.5 V
Corriente de MG1 y MG2	Fase V del MG1 -0.4 A Fase W MG1 -22.3 A Fase V MG2 7.2 V Fase W MG2 18.4 A

Nota. Valores obtenidos con ayuda del escáner automotriz THINKCAR.

Figura 56

Informe de flujo de datos 3

Informe de flujo de datos

THINKCAR

Tiempo: 2024-02-19 21:18:44
 Nombre del cliente: N/A
 Técnico: N/A

Nombre de la empresa: N/A	Teléfono de contacto: N/A
Correo electrónico: N/A	País o región: N/A
Estado: N/A	Ciudad: N/A
Dirección1: N/A	Dirección2: N/A
SBI: 86063900901	
Marca: TOYOTA	Modelo: Corolla Cross 8V
Año: 2023	Desplazamiento: N/A
VIN: 5BRFLLA05RC6K354E	Kilometraje: 4947.00 millas
Número de licencia: N/A	Versión del software del vehículo: V10.40

Nota. Informe de flujo de datos de vehículo TOYOTA Corolla Cross.

Capítulo IV

Marco Administrativo

Recursos

Para llevar a cabo el proyecto de investigación se revisó y acotó los parámetros importantes como los recursos humanos, recursos tecnológicos, recursos materiales y recursos de apoyo como también el análisis de los costos.

Recursos humanos

Los recursos humanos son la esencia de aquellos que llevaron a cabo el desarrollo del proyecto de investigación, de la misma manera se menciona a las personas que desarrollaron mediante el aporte de ideas y comunicación para finalizar la actividad.

Tabla 27

Recursos Humanos

Descripción	Función
Morillo Josué	Investigador
Ulcuango Rogger	Investigador
Ing. Germán Erazo	Colaborador científico

Recursos tecnológicos

A continuación, se muestran los recursos tecnológicos usados como costo de oportunidad para llevar a cabo el proyecto de investigación.

Tabla 28

Recursos Tecnológicos

Detalle	Cantidad	Costo
Escáner THINKTOOL (rentado)	1	\$100

Detalle	Cantidad	Costo
Multímetro Automotriz Pros kit (rentado)	1	\$60
Interfaz detector de fallas FADOS9S1	1	\$50
Computadoras	2	\$120
TOTAL		\$330

Recursos materiales

Tabla 29

Recursos Materiales

Detalle	Cantidad	Costo
Motor Generador Highlander	2	\$400
Vehículo TOYOTA Prius (rentado)	1	\$100
Vehículo TOYOTA Prius C (rentado)	1	\$100
Vehículo TOYOTA Corolla Cross (rentado)	1	\$100
TOTAL		\$700

Análisis de costos del proyecto de investigación

El análisis de los costos del presente proyecto abarca todos los recursos tecnológicos, de apoyo y materiales que fueron parte fundamental para llevar a cabo su desarrollo.

Tabla 30

Análisis de Costos del Proyecto de Investigación

Detalle	Cantidad	Costo
Cables con lagartos, agujas	9	\$15
Puntas lógicas para FADOS9S1	2	\$30
Herramientas manuales (rentado)	3	\$25
Manuales de reparación (sitios web)	1	\$0
Extensiones de corriente	3	\$30
Recursos materiales	1	\$700
Recursos tecnológicos	1	\$330
TOTAL		\$1130

Análisis costo-beneficio

Es una parte fundamental gestionar un análisis de costo-beneficio del trabajo de integración curricular “Procesos de Operación, Diagnóstico & Mantenimiento de Motores-Generadores utilizados en Propulsión Eléctrica”, ya que, conforme van pasando los años las industrias automotrices implementan nuevos modelos de vehículos al mercado que poseen características híbridas o eléctrica y al ser un campo vasto de investigación y aprendizaje, es importante poseer fuentes confiables para afrontar y superar las barreras de la investigación que nos ofrece esta rama tan fantástica de la ingeniería automotriz.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se investigó los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de motores generadores en vehículos de propulsión eléctrica obtenida de información referente a mecanismos utilizados en movilidad eléctrica.

Realizado el armado y desarmado de un motor generador se observó que el mecanismo de transmisión de movimiento utiliza una unidad de engranes planetarios, en el cual el engrane solar 1 de 24 dientes y el engrane solar 2 de 34 dientes se conectan y comunican al MG1, la corona de 78 dientes, conecta el MG2 y el porta-satélites con el eje de salida.

El flujo de datos obtenidos con el escáner nos ayuda a determinar códigos de error con designación P04 que corresponden a los motores generadores y su comunicación con el sistema híbrido, los sensores en buen estado manejaran voltajes en un rango entre 0.5 V-5V, si no se encuentran en estos rangos se definirá como un DTC de baja, si se acerca a 0V o de alta si supera los 5V, por lo cual deberemos comprobar la continuidad de los cables, la correcta ubicación y ensamble de cada uno de los sensores, para una correcta lectura de los parámetros que tienen los motores generadores.

La operación normal después del encendido del vehículo se puede definir por los valores de temperatura de los motores generadores, el rango de operación normal es de 20°C a 40°C, si supera el rango descrito podría existir fricción o fallos en el bobinado, el cual debe poseer valores de resistencia de 0.4 MΩ, y no poseer continuidad entre los bobinados, ni masa evitando sobrecalentamientos en los conjuntos MG1 y MG2.

Los procesos de operación y modos de operación de los motores generadores, se ven influenciados por el régimen de giro que presentan los conjuntos MG1 y MG2, los valores de giro se miden en revoluciones por minuto y pueden ser positivos o negativos, indicando el sentido del giro que ejecutan para completar una operación, los rangos registrados van desde los 9000 rpm hasta los -4000 rpm, cuya combinatoria de valores representarán si el vehículo se encuentra detenido, en movimiento o en reversa.

El uso e implementación de diagramas de los motores generadores permitieron generar planes de mantenimiento preventivo, bajo la designación de inspección visual cada 5000 km, revisión de cableado, bornes y su continuidad cada 50000 km, control computarizado con equipo de diagnóstico profesional cada 15000 km y cambios del lubricante dieléctrico del sistema motor generador cada 30000 km.

El flujo de datos nos permite observar una extensa cantidad de valores y parámetros que se registran durante el funcionamiento de los motores generadores, entre los cuales se encontraron valor de par 0.625 Nm en MG1, presión dentro del sistema de lubricación 73 KPa, frecuencia de comunicación 3.750 KHz, par 5.875 Nm en MG2, valores de temperatura que oscilan los 20°C a 50°C; si el sistema de control híbrido detecta problemas en la recopilación de datos, entregará un *Check Engine* y por ende códigos DTC, que se pueden designar por el prefijo P0A que determina la ubicación del problema en algún sistema híbrido.

Recomendaciones

Al momento de operar con estos componentes como el motor generador o realizar un diagnóstico se debe utilizar el equipo adecuado de protección personal, ya que, los imanes permanentes de los conjuntos MG1 y MG2 poseen una gran atracción magnética hacia el estator, lo cual puede provocar accidentes a los que realicen el proceso de mantenimiento, diagnóstico y puesta a punto.

En los motores generadores producidos por TOYOTA existen varias similitudes en sus sistemas de transmisión de movimiento, motores eléctricos y mecanismos de parqueo; debajo del mecanismo de parqueo se encuentra un filtro que recoge cualquier impureza que se encuentre en el líquido dieléctrico; siempre examinar y limpiar con cuidado para otorgar más vida útil al sistema motor generador.

Al tomar medidas se debe verificar de manera correcta cada uno de los parámetros que se señalan en los procesos de verificación, especialmente a lo que refiere a bobinado, comprobando que no exista ninguna comunicación de los diferentes bobinados con masa, que no se presente continuidad entre bobinados y verificando que los valores de resistencia mantengan un aproximado de 0.4 MΩ.

Asegurarse de verificar valores de carga de la batería híbrida para generar comparación de operación del motor generador al momento de arrancar; como primer escenario, el motor eléctrico realiza el arranque inicial y funciona como motor impulsando al vehículo, tomar datos de voltaje de 200V a 300V dependiendo del modelo del vehículo; o en el segundo escenario en el cual no existe suficiente carga, verificar los datos de funcionamiento en los cuales los valores de voltaje presentaran 200 V a 250 V y un amperaje de 20 A, denotando una carga de la batería, que se ve asistida por el motor de combustión interna ya que el motor generador se encuentra produciendo carga.

Comprobar el estado de los sockets de sensores, conexiones a los elementos que conforman el sistema híbrido, cables de conexión trifásicos, ya que, se puede detectar un *Check Engine* por parte de la computadora híbrida debidos los códigos de falla P0A2C, P0A3F, P0A32; como ejemplos de mala comunicación de señales y alimentación del sistema.

Bibliografía

Ar-Ge, P. (s.f.). *deltest*. Obtenido de deltest.com:

<http://www.deltest.com/UserFiles/File/doc/fados/fados9f1-user-manual.pdf>

Augeri, F. (2016). *Híbridos I* (1 ed., Vol. 1). Fernando Augeri.

Autocosmos. (23 de 08 de 2022). *Autocosmos*. Obtenido de autocosmos.com:

<https://especiales.autocosmos.com.ec/tecnologia/noticias/2022/08/23/conoce-a-los-motores-de-flujo-axial-el-futuro-de-los-electricos>

Barzola, M., & Marcelino, Y. (2018). *Análisis de sistemas de refrigeración en motores eléctricos trifásicos de inducción en baja tensión*.

BBVA. (18 de 10 de 2019). *bbva.com* . Obtenido de BBVA:

<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/quien-invento-el-primer-coche-electrico/>

Botha, M. (1997). *Electrical Machines Failure, Causes and Cures, Electrical Machines and Drivers*.

Electrical Machines and Drivers (pág. 444). Marthinusen: Cambridge.

Castelli, M., & Andrade, M. (2007). *Metodología de Monitoreo, Detección y Diagnóstico de Fallos en Motores Asíncronos de Inducción*. México: ALFEX S.A.

Chapman, S. J. (2012). *Máquinas eléctricas*. (A. Santana Díaz, C. Rodríguez Pérez, Edits., & S. Sarmiento Ortega, Trad.) McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A.

Chicaiza, J. (2019). *Evaluación el funcionamiento de un motor con sistemas de inyección electrónica CRDI con y sin recirculación de gases de escape*. Ibarra: Trabajo previo a la obtención de título de ingeniero automotriz .

Corvea, J. L. (2023). *Ambiente & Sustentabilidad*. La Habana : Iberoamericana .

Ewald, C. (12 de 09 de 2023). *TrainTracksHQ*. Obtenido de traintrackshq.com:

<https://traintrackshq.com/es/quien-invento-el-motor-electrico/>

- Garzón, J., & Vásquez, O. (2013). "Elaboración del módulo didáctico para la enseñanza del funcionamiento y mantenimiento en el motor eléctrico MG2 del vehículo toyota Prius". 91.
- Hantek. (10 de 02 de 2024). *studocu*. Obtenido de studocu.com :
<https://www.studocu.com/ec/document/universidad-laica-eloy-alfaro-de-manabi/gestion-de-la-calidad/hantek-1008-manual-1espanol/26844218>
- Harper, G. (2005). *El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos*. (1 ed., Vol. 1). Limusa. Obtenido de
<https://books.google.es/books?id=P62ebMavSIIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Heras, E. L. (23 de Agosto de 2022). *Autocosmos*. Obtenido de Autocosmos:
<https://especiales.autocosmos.com.ec/tecnologia/noticias/2022/08/23/conoce-a-los-motores-de-flujo-axial-el-futuro-de-los-electricos>
- Hughes, A., & Drury, B. (2019). *Electric Motors And Drivers Fundamentals, Types And Applications*. Washington: Topics.
- Hyundai. (12 de 04 de 2022). *Zona ECO* . Obtenido de hyundai.com:
<https://www.hyundai.com/canarias/es/blog/historia-del-motor-electrico/>
- Inducom, E. (30 de Agosto de 2023). *Inducom Soluciones Industriales*. Obtenido de Inducom Soluciones Industriales: <https://inducom-ec.com/normas-de-seguridad-en-motores-en-instalaciones/>
- Miño, F. (2019). *Análisis De Motores Utilizados En Vehículos Eléctricos* . Quito : Tesis Pregrado .
- Mobility. (10 de May de 2021). *SERIE GRA EN ACCIÓN - Movilidad eléctrica sostenible: Componentes esenciales y recomendaciones de políticas*. Recuperado el 15 de February de 2024, de Sum4all:
https://www.sum4all.org/data/files/buildingblocksandpolicyrecommendations_spanish.pdf
- Narvaez, M. (06 de 04 de 2023). *Método inductivo* . Obtenido de questionpro:
<https://www.questionpro.com/blog/es/metodo-inductivo/>

Navarrete, R. (2022). *Análisis De La Evolución, Situación Actual & Perspectivas Para Dinamizar La Comercialización De Vehículos Eléctricos En El Ecuador, Periodo 2018-2020*. Quito: CreativeCommons.

Normalización, S. E. (17 de Enero de 2017). *Servicio Ecuatoriano de Normalizacion*. Obtenido de Servicio Ecuatoriano de Normalizacion: <https://www.normalizacion.gob.ec/inen-reactiva-comite-electrotecnico-ecuadoriano/#:~:text=El%20IEC%20es%20la%20organizaci%C3%B3n,su%20adopci%C3%B3n%20a%20nivel%20nacional>.

Oswos. (19 de 03 de 2022). *Oswos.com*. Obtenido de <https://oswos.com/es/motor-reluctancia/>

Rodríguez, O. (2020). *El Moderno Sistema Eléctrico & Las Contribuciones de Nikola Tesla*. Guanajuato : Universidad de Guanajuato.

Ros, J., & Barrera, Ó. (2017). *Vehículos Eléctricos e Híbridos*. Madrid: Paraninfo.

Tamayo, F., & Barrera, C. (2 de julio de 2021). Estabilidad en régimen permanente de sistemas eléctricos de potencia considerando límites de operación en generadores, transformadores y líneas de transmisión. *ITECKNE*, 18(2), 9. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8308277>

THINKCAR. (2022). *Manual Thinkcar V1.00.002*. Turquía: Thinkar Tech.

Torres, V., Albuquerque, V., Redón, M., Almeida, P., Oliveira, J., & Rodriguez, M. (2019). *Convertidor CC-CC Bidireccional Entrelazado Para La Aplicación En Sistemas De Propulsión Híbridos: Modelado & Control*. Santos : IEEE Conferencia Brasileña .

Toyota. (2010). *Manual de reparación TOYOTA Highlander 2010*. Tokio : Toyota Company .

Toyota. (2010). Operacion del sistema Híbrido. En T. e. Tecnico, *Operacion del sistema híbrido*.

Toyota. (17 de 02 de 2023). *Sistemas de seguridad Toyota*. Obtenido de toyotaperu.com:

<https://www.toyotaperu.com.pe/noticias/sistemas-de-seguridad-toyota-conoce-todo-sobre-la-asistencia-de-frenado-ba-abs-y-ebd>

Trashorras, J. (2019). *Vehículos Eléctricos*. Madrid: Paraninfo S.A.

Vargas, E. T. (2017). *Sistemas de diagnóstico automotriz mediante el análisis de emisiones contaminantes con la aplicación de redes neuronales para la detección de fallas*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana .

Villagomez, N. (2011). Proyecto de Factibilidad Para La Creación De un Taller de Mantenimiento Automotriz Especializado en Vehiculos Livianos E Híbridos En el Sector Del Valle De Los Chillos, Provincia de Pichincha. Quito.

Wildi, T. (2007). *Máquinas Eléctricas & Sistemas De Potencia* . México : Pearson .

Anexos