



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE INGENIERÍA DE AUTOMOTRIZ**

**DESARROLLO DE UN MODELO TÉCNICO PARA LA CLASIFICACIÓN Y  
CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS EN EL ECUADOR, MEDIANTE  
ANÁLISIS DEL MARCO REGULATORIO APLICABLE Y CARACTERIZACIÓN  
TECNOLÓGICA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: LUIS ENRIQUE TORAL CARRIEL,  
CRISTHIAN JOSUÉ TORO HONORES  
TUTOR: ING. RENATO FIERRO JIMÉNEZ, MGTR

Guayaquil – Ecuador  
2026

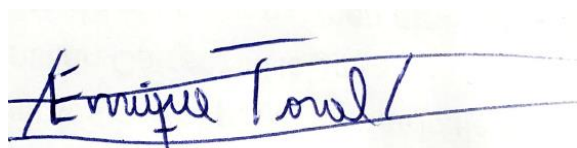
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Luis Enrique Toral Carriel con documento de identificación N° 0953920527 y Cristhian Josue Toro Honores con documento de identificación N° 0705600567; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 03 de marzo del año 2026

Atentamente,



Luis Enrique Toral Carriel

0953920527



Cristhian Josue Toro Honores

0705600567

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Luis Enrique Toral Carriel con documento de identificación No. 0953920527 y Cristhian Josue Toro Honores con documento de identificación No. 0705600567, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Desarrollo de un modelo técnico para la clasificación y categorización de vehículos híbridos en el Ecuador, mediante análisis del marco regulatorio aplicable y caracterización tecnológica”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

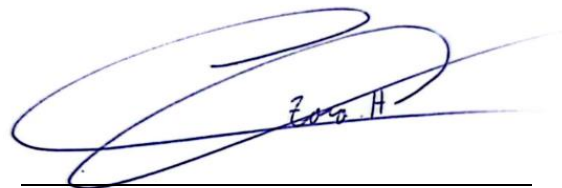
Guayaquil, 03 de marzo del año 2026

Atentamente,



Luis Enrique Toral Carriel

0953920527



Cristhian Josue Toro Honores

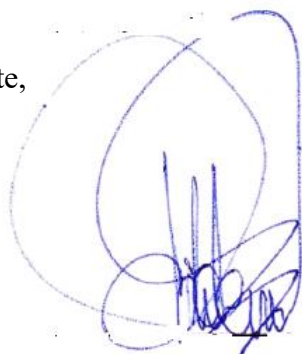
0705600567

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pablo Renato Fierro Jiménez con documento de identificación N° 1103588578 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN MODELO TÉCNICO PARA LA CLASIFICACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS EN EL ECUADOR, MEDIANTE ANÁLISIS DEL MARCO REGULATORIO APLICABLE Y CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA, realizado por Luis Enrique Toral Carriel con documento de identificación N° 0953920527 y por Crithian Josue Toro Honores con documento de identificación No. 0705600567, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 03 de marzo del año 2026

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a vertical line, positioned to the right of the word 'Atentamente,'.

---

Ing. Pablo Renato Fierro Jiménez

1103588578

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia que me apoya en todo momento a seguir adelante recordándome que soy capaz y si puedo, a mi mamá que siempre estuvo pendiente de mi progreso sufriendo más que yo en mis fracasos y alegrándose de igual manera en mis victorias, a mi papá que todos los días trabaja muy duro para apoyarnos en todo y que nunca falte comida en la mesa, a mis tías Carriel que siempre me dan grandes empujones que me ayudan a ver la luz al final del túnel, a Dios que siempre estuvo guiando mi camino y bendiciéndome. Sin ellos no hubiera sido posible el que yo esté aquí finalizando mi carrera universitaria después de tantas caídas y fracasos en el camino, no fue nada fácil para mí, pero sin duda agradezco de todo corazón esta oportunidad que se me dio, a por más victorias y logros de valor en esta hermosa vida.

**Luis Enrique Toral Carriel**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo con mucho cariño a mi mamá, ella siempre ha estado ahí para mí, me ha enseñado a ser fuerte y a creer en mí mismo. Ella ha sido la persona más importante de mi vida, aprendí de ella cómo seguir y trabajar duro. Así es como pude hacer bien todo lo que me propuse, este triunfo también es suyo. Quiero agradecer a mi yo más joven por mostrarme que puedo hacer mis sueños realidad si trabajo duro y nunca rendirse.

**Cristhian Josue Toro Honores**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi mamá Eliana Victoria Carriel y a mi papá Luis Alfredo Toral por siempre haber estado presente cuando sentía que no podía más, en los momentos más difíciles, dándome ánimos para seguir sin olvidar mi propósito, a mis hermanos Mario y Yanki por haberme dado sus mejores consejos y acompañamiento cuando más los necesitaba, a toda mi familia y a Dios por su protección y bendiciones cada día, gracias de todo corazón por convertirme en la persona que soy, siempre seguiré el camino que confío, me llevara a la gran y esperada meta de mi vida. Extiendo un agradecimiento a mi tutor el Mgtr. Ingeniero Renato Fierro Jiménez por su excelente tutoría y paciencia durante todo el proceso de desarrollo de este proyecto técnico, sin duda fue fundamental para la finalización. Agradezco también a la PhD. Economista Susana Lam por su amabilidad y consejos, agradezco a los docentes que me compartieron sus conocimientos y a todas las personas que me brindaron su apoyo en estos años. Eternamente agradecido con todos.

**Luis Enrique Toral Carriel**

## AGRADECIMIENTO

Primero y, antes que nada, mi más sincero y profundo agradecimiento a Dios, por la vida, por la fortaleza que me ha dado en cada paso, por cada puerta abierta y por guiar mis pasos en este camino. Sin su bendición, nada de esto sería posible. A mi querida familia, mi motor y mi mayor tesoro. Cada uno de ustedes ha sido una pieza fundamental en este recorrido. A mis hermanos y padres, por su apoyo incondicional, una fuente constante de ánimo y risas cuando más lo necesité. Sus palabras de aliento, su presencia y esa conexión única que compartimos fueron y son mi impulso diario. También a mis queridos tíos, primos y sobrinos por cada palabra de aliento que me impulsó a seguir adelante. Son mi refugio, mi inspiración y mi más grande motivación. Un especial y profundo agradecimiento a la familia Rugel Honores y a la familia Tenorio, por su cariño incondicional, por abrirme sus puertas, su presencia ha sido un regalo invaluable en esta travesía, agradezco a mi tutor el Mgtr. Ingeniero Renato Fierro Jiménez por su apoyo a lo largo de toda la carrera. A mi prima Erika, tu generosidad y tu ayuda incondicional fueron muy importantes en los momentos de mayor desafío. Gracias por tu tiempo, tu sabiduría, siempre llevaré en mi corazón tu apoyo. Y, con el alma llena de gratitud y un amor que trasciende cualquier palabra, dedico esto a ti, mi querida madre. Tu fuerza, tus sacrificios silenciosos, tus oraciones y tu fe inquebrantable en mí han sido el motor que hizo posible este sueño. Gracias por enseñarme el valor de la perseverancia, por cada desvelo, por cada consejo y por ser el ejemplo más grande de amor incondicional. Esto es tanto tuyo como mío, porque sin ti, nada de esto se estaría cumpliendo. Eres mi inspiración eterna y mi logro es, ante todo, un tributo a tu grandeza. Finalmente, esta dedicatoria es también para mi yo pequeño, aquel que desde niño soñó con este momento. Este logro es la promesa cumplida de todos esos anhelos, de todas esas horas de estudio y esfuerzo.

**Cristhian Josue Toro Honores**

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación aborda la problemática existente en el Ecuador respecto a la ausencia de una categorización técnica unificada para los vehículos híbridos eléctricos, situación que ha generado discrepancias en los procesos de homologación, clasificación arancelaria y asignación de incentivos, además de limitar la efectividad de las políticas de movilidad sostenible. Se evidencia la necesidad de establecer criterios técnicos claros y verificables que permitan diferenciar adecuadamente los distintos niveles y configuraciones de hibridación presentes en el mercado nacional, fortaleciendo el marco regulatorio y garantizando una correcta distribución de beneficios fiscales, energéticos y ambientales. El presente proyecto busca desarrollar un modelo técnico de categorización para los vehículos híbridos en el Ecuador, integrando el análisis del marco regulatorio nacional e internacional con la caracterización tecnológica de los modelos comercializados en el país. La metodología plantea etapas de recopilación y análisis comparativo de normas internacionales y ecuatorianas, la identificación de brechas normativas, la elaboración de un inventario tecnológico del mercado híbrido nacional, la definición de variables técnicas de categorización y el diseño del modelo incorporando subclases de vehículos híbridos. Como resultados se obtuvo una metodología técnica sólida, y compatible con los procesos de categorización vehicular nacionales, bajo la guía de normativas internacionales, permitiendo una categorización más precisa y alineada con las tendencias globales del sector automotriz

**Palabras claves:** Vehículos híbridos eléctricos, Categorización técnica, Homologación vehicular, Normativa automotriz y Movilidad sostenible

## ABSTRACT

This thesis addresses the problem in Ecuador of the lack of a unified technical categorization for hybrid electric vehicles. This situation has led to discrepancies in homologation processes, tariff classification, and incentive allocation, as well as limiting the effectiveness of sustainable mobility policies. The need to establish clear and verifiable technical criteria is evident, allowing for the proper differentiation of the various levels and configurations of hybridization present in the national market. This would strengthen the regulatory framework and ensure a fair distribution of fiscal, energy, and environmental benefits. This project aims to develop a technical categorization model for hybrid vehicles in Ecuador, integrating an analysis of the national and international regulatory framework with the technological characterization of the models marketed in the country. The proposed methodology stages include compiling and comparing international and Ecuadorian standards, identifying regulatory gaps, developing a technological inventory of the national hybrid market, defining technical categorization variables, and designing a model that incorporates potential subclasses of hybrid vehicles. For the expected results, it is anticipated that a solid, verifiable technical methodology will be developed, compatible with national vehicle homologation processes, in line with international regulations, allowing for a more precise classification aligned with global trends in the automotive sector.

**Key words:** Keywords: Hybrid electric vehicles, Technical categorization, Vehicle homologation, Automotive regulations, and Sustainable mobility

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	xi
<b>GLOSARIO</b> .....	xiv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xvi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xvii
<b>1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Problema .....	2
1.4. Objetivos Generales y Específicos .....	5
a. Objetivo General.....	5
b. Objetivos específicos .....	5
<b>2. CAPÍTULO II. ANALISIS DE LA NORMATIVA INTERNACIONAL, REGIONAL Y ECUATORIANA VIGENTE</b> .....	6
2.1. Organización por nivel.....	6
2.1.1. Nivel de electrificación (enchufable / no enchufable) .....	6
2.1.2. Grado de hibridación (aporte eléctrico real) .....	7
2.1.4. Autonomía y economía (km/gal o equivalente) .....	8
2.1.5. Potencia (térmica y eléctrica comparable) .....	8
2.1.6. Energía/capacidad de batería (métrica técnica real).....	9
2.2. Normas relacionadas a nivel de electrificación.....	10
2.2.1. Norma internacional UNECE R101 .....	10
2.2.2. Norma internacional GRPE-92-40 .....	12
2.2.3. Norma Regional Resolución n° 749/2018 .....	13
2.3. Normas y Reglamentos relacionadas al Grado de hibridación .....	15
2.3.1. Norma internacionales UN R154 .....	15
2.3.2. Norma internacional (UN R101 Rev.3 Amendment 11) .....	17
2.3.4. Norma Nacional (PRTE INEN 162).....	18
2.4. Normas relacionadas a la Arquitectura híbrida (serie / paralelo / combinada) .....	19
2.4.1. Norma internacional SAE J1715.....	19
2.4.2. Norma internacional SAE J1711 .....	21

2.4.4. Norma Nacional INEN 162.....	23
2.5. Normas relacionadas a la Autonomía y economía (km/gal) .....	24
2.5.1. Norma internacional UNECE (UN Regulation No. 154 WLTP) .....	24
2.5.2. Norma internacional ISO 23274-2:2021 .....	26
2.5.3. Norma Regional ONU/Chile Decreto Supremo N°14 .....	28
2.6. Normas relacionadas a la Potencia (térmica y eléctrica).....	29
2.6.1. Norma internacional ISO 1585:2020 .....	29
2.6.2. Norma internacional SAE J1349.....	31
2.7. Normas relacionadas a la Energía/capacidad de batería (métrica técnica real) .....	33
2.7.1. Norma internacional ONU–UNECE   UN GTR No. 22 .....	34
2.7.2. Norma internacional Reglamento (UE) 2023/1542 .....	35
2.7.3. Norma Regional California (CARB)   13 CCR 1962.8.....	37
<b>3. CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS ELÉCTRICOS PRESENTES EN EL ECUADOR.</b>	<b>39</b>
3.1. Panorama del mercado ecuatoriano de VHE.....	39
3.2. Recopilación de vehículos híbridos comercializados en el Ecuador.....	40
3.3. Metodología de selección de los modelos representativos.....	43
3.3.1. Criterios de selección por volumen de ventas .....	43
3.3.2. Disponibilidad comercial .....	44
3.4. Representatividad tecnológica.....	44
3.4.1. Comparativa modelos híbridos comerciales .....	44
3.4.2. Integración del marco normativo nacional e internacional aplicables a vehículos híbridos.....	45
3.4.3. Selección de parámetros técnicos según las normativas para la categorización .....	46
3.5. Definición de tecnología híbrida en los vehículos del mercado ecuatoriano .....	48
3.5.1 Clasificación tecnológica según nivel de hibridación .....	48
3.5.2. Mild hybrid (MHEV) .....	48
3.5.3. Full Hybrid (HEV) .....	49
3.5.4. Plug-in Hybrid (PHEV).....	50
3.6. Diseño del modelo de decisión.....	51
3.7. Definición del proceso de categorización de vehículos híbridos .....	54
3.8. Identificación preliminar del nivel de electrificación .....	55
3.9. Determinación del grado de hibridación y aporte eléctrico real .....	55

<b>4. CAPÍTULO IV. DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE CATEGORIZACIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS (HEV) EN EL MARCO REGULATORIO ECUATORIANO.</b> .....	56
4.1. Procedimiento de implementación del modelo .....	56
4.2 Fundamentos de Ingeniería Aplicados al Modelo de Categorización.....	57
4.2.1. Recolección de documentación técnica.....	58
4.2.2. Validación de datos verificables .....	69
4.2.3. Ingreso de variables al modelo.....	69
4.2.4. Aplicación de reglas de decisión.....	70
4.2.5. Asignación de subclase .....	70
4.2.6. Registro del resultado y respaldo documental.....	73
4.3. Validación del modelo .....	74
4.3.1 Aplicación a vehículos híbridos reales del mercado ecuatoriano .....	74
4.3.2 Verificación de coherencia normativa.....	74
<b>5. CAPÍTULO IV. RESULTADOS</b> .....	75
<b>6. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	78
6.1. Conclusiones .....	78
6.2. Recomendaciones.....	80
<b>7. REFERENCIAS</b> .....	81
<b>8. ANEXOS</b> .....	87

## GLOSARIO

**AER:** Autonomía Eléctrica Real.

**ADT:** Applicable Driving Test (Prueba de manejo aplicable).

**ANT:** Agencia Nacional de Tránsito.

**BEV:** Battery Electric Vehicle (Vehículo eléctrico de batería).

**BMS:** Battery Management System (Sistema de gestión de batería).

**CD:** Charge Depleting (Agotamiento de la carga).

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono.

**CS:** Charge Sustaining (Sostenimiento de carga).

**EAER:** Equivalent All-Electric Range (Autonomía totalmente eléctrica equivalente).

**EMS:** Energy Management System (Sistema de gestión energética).

**EV:** Electric Vehicle (Vehículo eléctrico).

**GTR:** Global Technical Regulation (Reglamento Técnico Global).

**HEV:** Hybrid Electric Vehicle (Vehículo eléctrico híbrido).

**ICE:** Internal Combustion Engine (Motor de combustión interna).

**IEC:** International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).

**INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización.

**ISO:** International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).

**MHEV:** Mild Hybrid Electric Vehicle (Vehículo eléctrico híbrido suave).

**NOVC-HEV:** Not Off-Vehicle Charging Hybrid Electric Vehicle (Vehículo eléctrico híbrido sin carga de fuentes externas).

**OBFCM:** On-Board Fuel and/or Energy Consumption Monitoring (Monitoreo del consumo de combustible y/o energía a bordo).

**OVC-HEV:** Off-Vehicle Charging Hybrid Electric Vehicle (Vehículo eléctrico híbrido con

carga de fuentes externas).

**PBV:** Peso Bruto Vehicular.

**PHEV:** Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Vehículo híbrido enchufable).

**REEV:** Range Extended Electric Vehicle (Vehículo eléctrico de autonomía extendida).

**REESS:** Rechargeable Energy Storage System (Sistema de almacenamiento de energía recargable).

**RTE:** Reglamento Técnico Ecuatoriano.

**SAE:** Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices).

**SOC:** State of Charge (Estado de carga).

**SOCE:** State of Certified Energy (Estado de la Energía Certificada).

**SOCR:** State of Certified Range (Estado de la gama certificada).

**SOH:** State of Health (Estado de salud).

**UNECE:** United Nations Economic Commission for Europe (Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas).

**UF:** Utility Factor (Factor de utilidad).

**WLTC:** Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle (Ciclo de pruebas de vehículos ligeros armonizado a nivel mundial).

**WLTP:** Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure (Procedimiento de prueba de vehículos ligeros armonizado a nivel mundial).

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1</b> Nivel de electrificación .....	6
<b>Fig. 2.</b> Grado de hibridación .....	7
<b>Fig. 3.</b> Arquitectura híbrida .....	8
<b>Fig. 4.</b> Autonomía y economía (km/gal o equivalente) .....	8
<b>Fig. 5.</b> Potencia (térmica y eléctrica comparable) .....	9
<b>Fig. 6 .</b> Energía/ capacidad de batería (metrica tecnica real).....	10
<b>Fig. 7.</b> Datos estadísticos de las ventas de vehículos .....	41
<b>Fig. 8.</b> Árbol de decisión para la categorización vehicular.....	52
<b>Fig. 9.</b> Flujograma de la metodología.....	56
<b>Fig. 10.</b> Mapa conceptual de los principios técnicos aplicados.....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. RESUMEN NORMA UNECE R101 (REV.3) [15].....	10
TABLA II. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL APOORTE ELÉCTRICO EN LA CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PHEV [15].....	11
TABLA III. RESUMEN NORMA GRPE-92-40 [22].....	12
TABLA IV. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE BATERÍA Y CUMPLIMIENTO REGULADORIO EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS [22] .....	13
TABLA V. RESUMEN NORMA RESOLUCIÓN N.º 749/2018 [23].....	14
TABLA VI. RESUMEN NORMA UN R154 [16].....	15
TABLA VII. VARIABLES TÉCNICAS DE AUTONOMÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA DETERMINACIÓN DE SUBCLASES HÍBRIDAS [16].....	16
TABLA VIII. RESUMEN NORMA UN R101 REV.3 – AMENDMENT 11 [15].....	17
TABLA IX. RESUMEN NORMA PRTE INEN 162 [21].....	18
TABLA X. RESUMEN NORMA SAE J1715 [22].....	20
TABLA XI. VARIABLES DE TRACCIÓN ELÉCTRICA Y CONFIGURACIÓN HÍBRIDA PARA LA DETERMINACIÓN DE SUBCLASES HEV/MHEV .....	21
TABLA XII. RESUMEN NORMA SAE J1711 .....	21
TABLA XIII. CRITERIOS TÉCNICOS DE OPERACIÓN Y APOORTE ELÉCTRICO PARA LA CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PHEV .....	22
TABLA XIV. RESUMEN NORMA PRTE INEN 162 .....	23
TABLA XV. RESUMEN NORMA REGULATION NO. 154 .....	25
TABLA XVI. RESUMEN NORMA ISO 23274-2:2021 .....	26
TABLA XVII. PARÁMETROS TÉCNICOS NORMALIZADOS PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE VEHÍCULOS PHEV .....	27
TABLA XVIII. RESUMEN NORMA DECRETO SUPREMO N°14 MINISTERIO DE ENERGÍA [26].....	28
TABLA XIX. RESUMEN NORMA ISO 1585:2020 [28].....	30
TABLA XX. PARÁMETROS NORMALIZADOS DE POTENCIA Y RELACIÓN DE ELECTRIFICACIÓN EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS (ISO 1585) [28].....	31
TABLA XXI. RESUMEN NORMA SAE J1349 [29] .....	32
TABLA XXII. PARÁMETROS NORMALIZADOS DE POTENCIA Y PROPORCIÓN DE ELECTRIFICACIÓN EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS SEGÚN SAE J1349 .....	33
TABLA XXIII. RESUMEN NORMA ONU–UNECE UN GTR NO. 22 .....	34

TABLA XXIV. PARÁMETROS TÉCNICOS DE CAPACIDAD, DURABILIDAD Y FUNCIÓN DEL REESS EN LA CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS ELECTRIFICADOS (UN GTR NO. 22) .....	35
TABLA XXV. RESUMEN REGLAMENTO (UE) 2023/1542.....	36
TABLA XXVI. PARÁMETROS TÉCNICOS, AMBIENTALES Y DE TRAZABILIDAD DE LA BATERÍA DE TRACCIÓN EN LA CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS ELECTRIFICADOS [33] .....	37
TABLA XXVII. RESUMEN NORMA 13 CCR 1962.8 [34] .....	38
TABLA XXVIII. MARCAS MÁS VENDIDAS EN EL AÑO 2025 [37].....	41
TABLA XXIX. MODELOS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS POR MARCA [37].....	42
TABLA XXX. COMPARATIVA DE MODELOS HÍBRIDOS COMERCIALES [38].....	45
TABLA XXXI. PARÁMETROS TÉCNICOS CLAVE PARA LA CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS.....	47
TABLA XXXII. CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA (MILD HYBRID) [41] .....	48
TABLA XXXIII. CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA (FULL HYBRID) [42].....	49
TABLA XXXIV. CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA (PLUG-IN HYBRID) [42].....	50
TABLA XXXV. DATOS REPRESENTATIVOS DEL ARBOL DE DECISIÓN.....	53
TABLA XXXVI. CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS .....	54
TABLA XXXVII. CARACTERÍSTICA HIBRIDA PRINCIPAL DE LOS VEHÍCULOS SUZUKI [43] .....	58
TABLA XXXVIII. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS TOYOTA [44] .....	59
TABLA XXXIX. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS HYUNDAI [45] .....	60
TABLA XL. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS NISSAN [46].....	61
TABLA XLI. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS KIA [47].....	62
TABLA XLII. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS HAVAL [48] .....	63
TABLA XLIII. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS CHERY .....	64
TABLA XLIV. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS RENAULT .....	65
TABLA XLV. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS JAC .....	66
TABLA XLVI. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS DFSK .....	66
TABLA XLVII. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS BYD [53] .....	67
TABLA XLVIII. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS JETOUR [54] .....	68
TABLA XLIX. CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS MG [55] .....	69

TABLA L. CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS DE ACUERDO CON LOS PARÁMETROS TÉCNICOS.....	70
TABLA LI. DISTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS POR SUBCLASE TÉCNICA.....	75
TABLA LII. HUELLA TÉCNICA POR SUBCLASE HÍBRIDA.....	75
TABLA LIII. MODELOS REPRESENTATIVOS POR SUBCLASE .....	76



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Los vehículos híbridos eléctricos (HEV) representan una de las soluciones tecnológicas más relevantes en la transición hacia sistemas de transporte más eficientes y sostenibles. Al integrar un motor de combustión interna con sistemas de propulsión eléctrica, estos vehículos permiten reducir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes, sin las limitaciones de autonomía asociadas a los vehículos totalmente eléctricos. Gracias a esta combinación tecnológica, los HEV se han consolidado como una alternativa viable, contribuyendo de manera progresiva a la descarbonización del sector transporte y al cumplimiento de objetivos energéticos a nivel global [1]-[2].

La creciente incorporación de vehículos híbridos en los mercados internacionales ha impulsado el desarrollo de marcos normativos específicos que regulan su homologación, seguridad y desempeño técnico. Organismos internacionales como la UNECE y la ISO han establecido reglamentos y normas técnicas que permiten clasificar los vehículos híbridos según su arquitectura, nivel de electrificación y características funcionales [3]. A nivel nacional, la adopción de este tipo de normativas ha sido parcial y, en algunos casos, adaptada de manera general, lo que ha permitido el ingreso y la comercialización de vehículos híbridos bajo un marco regulatorio aún en proceso de consolidación [4]-[5]. La correcta aplicación de la normativa resulta fundamental para garantizar procesos de homologación coherentes, incentivos equitativos y una adecuada planificación del sistema de transporte nacional [6].

No obstante, el principal desafío identificado en el contexto ecuatoriano es la falta de un modelo técnico de categorización claramente definido para los distintos tipos de vehículos híbridos. Esta limitación ha generado que vehículos con niveles de hibridación y aportes eléctricos significativamente distintos sean agrupados dentro de una misma categoría, provocando inconsistencias técnicas, normativas y tributarias [8]. Además, la ausencia de criterios técnicos verificables dificulta la diferenciación entre microhíbridos, híbridos completos y otras configuraciones, afectando la transparencia regulatoria y la correcta asignación de beneficios [9]. Frente a este escenario, surge la necesidad de desarrollar una propuesta de categorización técnica que permita superar estas limitaciones, fortaleciendo el marco normativo y asegurando una clasificación alineada con la realidad tecnológica de los vehículos híbridos presentes en el país.

## 1.1. Problema

En los últimos años, la movilidad sostenible y la transición energética se han convertido en prioridades, impulsando a la mayoría de los países hacia la adopción progresiva de vehículos con tecnologías más eficientes y menos contaminantes. A nivel mundial, los vehículos híbridos han ganado una presencia significativa en el mercado internacional siendo una alternativa viable entre los vehículos de combustión interna tradicionales, gracias a su capacidad para reducir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes sin requerir una infraestructura de carga tan extendida [1]. Existen estudios donde se establece que los híbridos constituyen una tecnología puente entre los vehículos de combustión interna y los vehículos eléctricos, al combinar ambas tecnologías en el desarrollo futuro del transporte [2]-[3].

Estudios realizados revelan que, en América Latina, en particular la región andina, existe un consumo específico de combustible y gran cantidad de emisiones por no contar con una incorporación progresiva de verdaderos vehículos híbridos en las flotas [4]. Desde una perspectiva tecnológica, distintos estudios revelan que la adopción de híbridos no siempre se traduce en beneficios ambientales proporcionales, debido a la presencia de modelos con aporte eléctrico marginal (microhíbridos) que reciben el mismo tratamiento que híbridos completos o enchufables, además de marcos conceptuales regulatorios que carecen de criterios claros para una correcta implementación para clasificación técnica de los vehículos híbridos [5]-[6]-[7].

Dentro de este ámbito, está presente la necesidad de implementar marcos regulatorios claros, consistentes y basados en criterios técnicos, para que los beneficios ambientales gubernamentales se materialicen realmente en el parque automotriz adecuado, así lo menciona un estudio realizado por [8]. En este contexto, los sistemas de homologación y clasificación vehicular han debido actualizarse para contemplar las particularidades técnicas de los sistemas híbridos, tales como la potencia del motor eléctrico, la capacidad de la batería y la autonomía en modo totalmente eléctrico, elementos fundamentales para evaluar la eficiencia energética y el impacto ambiental de estos vehículos [9]. Por otra parte, estudios subrayan que las políticas públicas deben basarse en parámetros técnicos verificables para evitar la clasificación errónea de vehículos y la asignación indebida de incentivos ambientales [10]-[11].

En el Ecuador no existe una metodología unificada, técnica y normativamente armonizada que permita clasificar de manera objetiva los vehículos híbridos según su grado real de electrificación, arquitectura de propulsión y desempeño energético verificable. La normativa vigente no establece parámetros técnicos diferenciadores —como tensión del sistema, potencia eléctrica, capacidad de batería o autonomía eléctrica certificada— que permitan distinguir entre microhíbridos (MHEV), híbridos completos (HEV) y enchufables (PHEV), generando inconsistencias entre los procesos de homologación, registro, clasificación arancelaria e incentivos tributarios. Esta situación provoca que tecnologías con aportes eléctricos marginales reciban el mismo tratamiento que vehículos con tracción eléctrica significativa, afectando la equidad de la política pública, la planificación energética y la efectividad ambiental [12].

Además, varios análisis sobre tendencias de mercado revelan que la ausencia de subclases para híbridos ha incentivado la importación de vehículos mild-hybrid (48 V) que, si bien ofrecen mejoras marginales, son presentados y comercializados como híbridos completos, generando confusión entre consumidores y autoridades [13].

En consecuencia, el problema puntual que aborda este estudio puede sintetizarse en la ausencia, en el Ecuador, de una metodología unificada, técnicamente robusta y normativamente alineada para la categorización técnica de los vehículos híbridos, lo que se traduce en vacíos y discrepancias entre los procesos de homologación, registro y aplicación de incentivos, y limita el aprovechamiento ordenado y eficiente en el parque automotor de vehículos híbridos [14]. Conceptualizando la información anterior, se evidencia una escasa regulación de clasificación de vehículos Híbridos, es por eso por lo que surge la necesidad de mejorar el proceso mediante criterios claros, medibles y coherentes, que permitan articular la política tecnológica, energética, ambiental y tributaria alrededor de este tipo de vehículos.

## **1.2. Importancia**

La propuesta metodológica de categorización vehicular de HEV es importante realizarla, ya que permite establecer criterios técnicos claros y estandarizados para la categorización de los vehículos híbridos en el país, contribuyendo al fortalecimiento del marco regulatorio y a la toma de decisiones informadas en materia de movilidad sostenible, siguiendo con las tecnologías de propulsión alternativa en la industria automotriz ya que ha generado un desafío importante para los organismos técnicos y normativos encargados

de la regulación vehicular, con el objetivo que no exista vacíos normativos y operativos que dificultan su adecuada clasificación en función de sus características mecánicas, energéticas y ambientales.

Los principales beneficiarios de este trabajo son los entes reguladores, futuras investigaciones y la ciudadanía ecuatoriana, que permite tener un parque automotor correctamente clasificado y eficiente. De igual forma, el proyecto es de gran aporte académico al contar con un referente metodológico para la evaluación técnica de tecnologías vehiculares emergentes.

### **1.3. Alcance**

En cuanto al alcance del trabajo, se basa específicamente en la evaluación, análisis y propuesta de una metodología técnica para categorizar los vehículos híbridos en el Ecuador, sin intervenir directamente en la formulación normativa final o en la ejecución de políticas públicas. La investigación abarca la revisión de normas internacionales, el análisis de las tecnologías híbridas disponibles en el mercado nacional y el desarrollo de un modelo de categorización aplicable a los procesos de homologación y registro vehicular, todas estas variables permiten obtener una correcta categorización del parque automotor híbrido dentro del territorio ecuatoriano.

## **1.4. Objetivos Generales y Específicos**

### **a. Objetivo General**

Desarrollar un modelo técnico para la clasificación y categorización de vehículos híbridos en el Ecuador, mediante el análisis del marco regulatorio aplicable y la caracterización tecnológica de los vehículos híbridos presentes en el país.

### **b. Objetivos específicos**

- Analizar la normativa internacional, regional y ecuatoriana vigente relacionada con la clasificación y homologación vehicular, incluyendo los estándares aplicables a la categorización de vehículos híbridos.
- Caracterizar las tecnologías de los vehículos híbridos presentes en el Ecuador mediante el estudio de información técnica para diferenciar su estructura y funcionamiento.
- Diseñar una propuesta de categorización técnica que permita incorporar subclases de vehículos híbridos (HEV) en el marco regulatorio ecuatoriano.
- Definir un modelo de categorización técnica para los vehículos híbridos en el Ecuador que posibilite su adecuada clasificación dentro del sistema de transporte nacional, basado en parámetros normativos y datos técnicos verificables.

## 2. CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE LA NORMATIVA INTERNACIONAL, REGIONAL Y ECUATORIANA VIGENTE

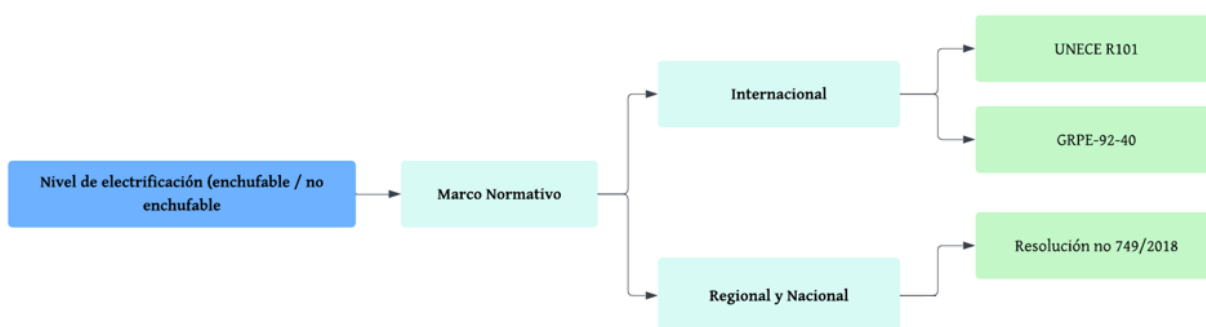
La normativa se agrupa por parámetros técnicos (batería–durabilidad, autonomía/energía y modo de operación).

### 2.1. Organización por nivel

A continuación, se presentan los parámetros técnicos importantes de los vehículos híbridos para la selección de las normativas.

#### 2.1.1. Nivel de electrificación (enchufable / no enchufable)

En la Fig. 1 se visualiza el nivel de electrificación, el cual se utiliza para identificar si el vehículo híbrido dispone de recarga externa de energía eléctrica, lo que permite separar de forma técnica a los HEV (sin enchufe) de los PHEV (con enchufe). Esta distinción no solo modifica el perfil de uso (por ejemplo, mayor circulación en modo eléctrico), sino que también impacta la forma en que se declaran y verifican parámetros energéticos durante la homologación. En el ámbito internacional, la UNECE R101 [15], establece bases metodológicas para la medición de consumo y emisiones en tecnologías híbridas, mientras que aportes técnicos como GRPE-92-40 respaldan criterios diferenciados para sistemas con carga externa [17]. A escala regional, la Resolución N.º 749/2018 integra lineamientos que reconocen la presencia de nuevas tecnologías de propulsión.

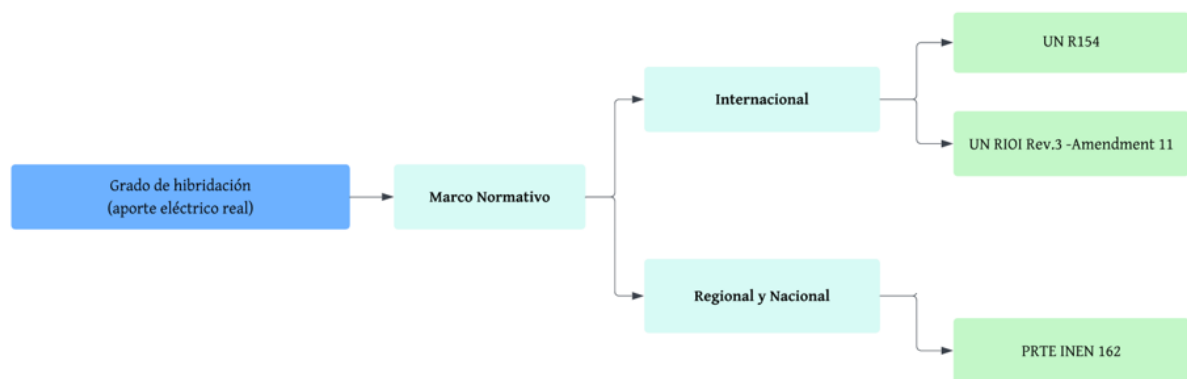


**Fig. 1** Nivel de electrificación

### 2.1.2. Grado de hibridación (aporte eléctrico real)

En la Fig. 2, se observa el grado de hibridación describe la magnitud real con la que el sistema eléctrico interviene en la propulsión, lo cual permite diferenciar entre vehículos con asistencia limitada y configuraciones donde el motor eléctrico puede mover el vehículo en determinadas condiciones.

En términos de verificación, lo relevante no es solo “tener” un componente eléctrico, sino comprobar su contribución en operación, a nivel internacional la UNECE R101 Rev.3 y la UN R154 estructuran procedimientos de ensayo (bajo ciclos estandarizados) que evidencian el desempeño del sistema híbrido y su aporte eléctrico [16]. En el plano regional, se incorpora enfoques de eficiencia y emisiones que se relacionan con el nivel de hibridación, mientras que el PRTE INEN 162 se considera como referencia nacional para trasladar estos criterios al análisis técnico y a la categorización.

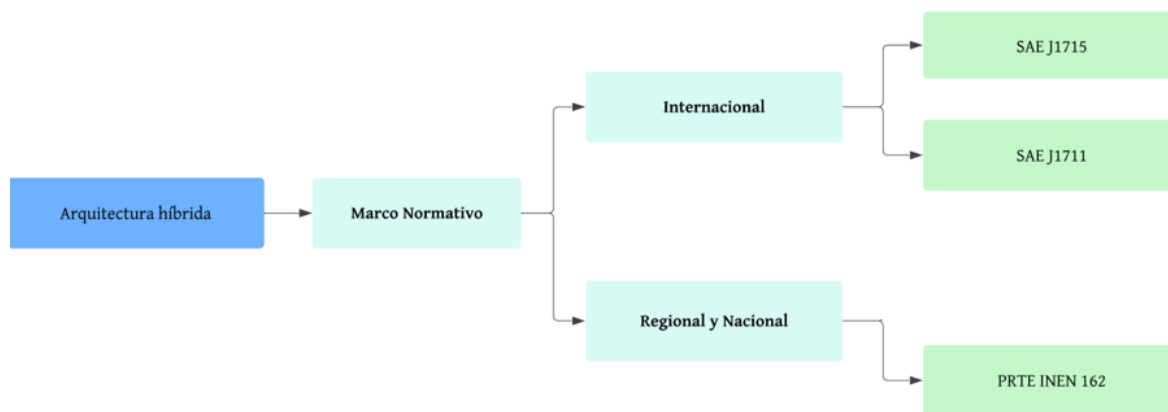


**Fig. 2.** Grado de hibridación

### 2.1.3. Arquitectura híbrida (serie / paralelo / combinada)

En la Fig.3, se presenta la arquitectura híbrida que describe la forma en que se integran y coordinan el motor térmico y el sistema eléctrico dentro del tren motriz del vehículo, pudiendo adoptar configuraciones en serie, en paralelo o serie-paralelo (power split).

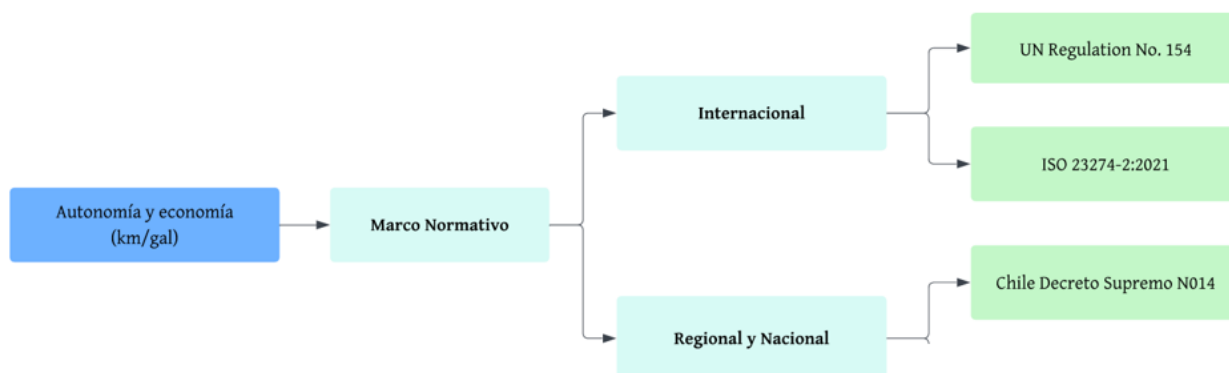
Esta característica influye directamente en la eficiencia energética, la complejidad mecánica y comportamiento dinámico del vehículo a nivel internacional. A nivel nacional, el PRTE INEN 162 incorpora estos conceptos para el análisis técnico de vehículos híbridos.



**Fig. 3.** Arquitectura híbrida

#### 2.1.4. Autonomía y economía (km/gal o equivalente)

En la Fig. 4, se aprecia que la autonomía y economía energética constituyen indicadores clave para evaluar el desempeño de los vehículos híbridos, ya que reflejan la relación entre la energía disponible y la distancia recorrida bajo condiciones estandarizadas. Estos parámetros permiten comparar tecnologías HEV y PHEV de manera objetiva, a nivel internacional, la UN R154 y la ISO 23274-2:2021 establecen metodologías para la medición del consumo energético y la autonomía en ciclos normalizados [18]. A nivel regional, el Decreto Supremo N.º 14 de Chile regula la declaración de eficiencia energética vehicular [26].

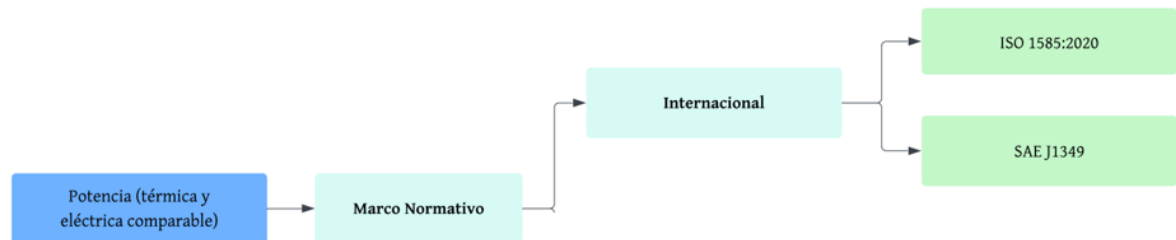


**Fig. 4.** Autonomía y economía (km/gal o equivalente)

#### 2.1.5. Potencia (térmica y eléctrica comparable)

En la Fig. 5, se representa la potencia térmica y eléctrica comparable que permite caracterizar el desempeño global del sistema híbrido mediante la evaluación conjunta del motor de combustión interna y del sistema eléctrico [19]. Este enfoque evita

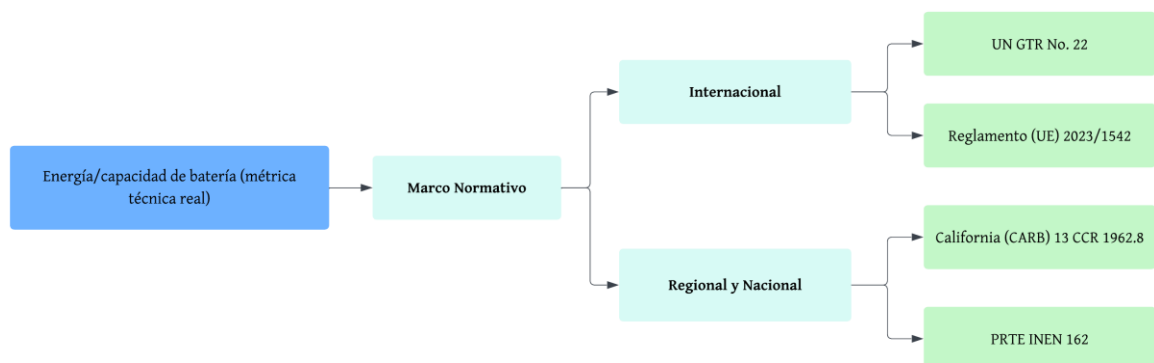
interpretaciones parciales del desempeño del vehículo y facilita comparaciones técnicas entre distintas configuraciones híbridas, normas internacionales como ISO 1585:2020 y SAE J1349 establecen criterios para la medición normalizada de potencia, los cuales son adoptados a nivel regional. En el contexto nacional, resoluciones emitidas por la ANT incorporan estos criterios como referencia para la validación técnica de las especificaciones declaradas por los fabricantes.



**Fig. 5.** Potencia (térmica y eléctrica comparable)

### 2.1.6. Energía/capacidad de batería (métrica técnica real)

En la Fig.6 se observa que la capacidad energética del sistema de almacenamiento recargable (REESS) constituye un parámetro determinante para la autonomía eléctrica, el grado de electrificación y la seguridad del vehículo híbrido. Este parámetro se expresa mediante métricas técnicas verificables, como la energía nominal en kWh o la capacidad en Ah, a nivel internacional en UN GTR No. 22 y el Reglamento (UE) 2023/1542 establecen requisitos sobre durabilidad, desempeño y verificación de baterías [20]. En el ámbito regional, la regulación CCR 1962.8 introduce criterios adicionales de control y validación, mientras que a nivel nacional el PRTE INEN 162 adopta estos principios para el análisis técnico de vehículos híbridos en procesos de clasificación.



**Fig. 6 . Energía/ capacidad de batería (metrica tecnica real)****2.2. Normas relacionadas a nivel de electrificación**

La UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) es la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, un organismo de la ONU que promueve la cooperación económica entre países y que, en el ámbito automotriz, impulsa reglamentos técnicos internacionales usados para homologación y seguridad vehicular en muchos países, incluso fuera de Europa.

**2.2.1. Norma internacional UNECE R101**

En la Tabla I se resume la Regulación UNECE R101 (Rev.3). Esta normativa constituye el marco internacional de homologación para medir y declarar, en vehículos ligeros para transporte de personas y vehículos ligeros para transporte de mercancía, el CO<sub>2</sub> y el consumo de combustible, así como el consumo de energía eléctrica y la autonomía en vehículos con propulsión electrificada [15].

En particular, para los vehículos híbridos, la regulación establece conceptos técnicos clave (por ejemplo, HEV, autonomía en modo eléctrico y autonomía bajo condición de carga externa) y fija procedimientos de medición que permiten reportar el desempeño energético y de emisiones con trazabilidad normativa. En la tabla I se muestran los datos más relevantes de las normas.

TABLA I.  
RESUMEN NORMA UNECE R101 (REV.3) [15]

<b>Bloque normativo (R101)</b>	<b>Definición</b>	<b>Variable / dato normativo</b>	<b>Aporte a la categorización HEV/PHEV</b>
Alcance y tipo de vehículo	Establece el marco de aplicación del ensayo y declara qué vehículos se evalúan y con qué magnitudes se reportan resultados.	Categorías M1 y N1; reportes: g/km (CO <sub>2</sub> ), l/100 km, Wh/km, km (autonomía).	Se clasifica primero por categoría vehicular (M1 vs N1) y se usan métricas comparables por subclase.
Criterio normativo de “vehículo híbrido” (HEV)	Define qué se considera tren motriz híbrido.	HEV = uso de energía de combustible + energía eléctrica con dispositivo de almacenamiento.	Define una condición mínima: doble fuente de energía + almacenamiento eléctrico real.
Separación HEV vs PHEV (enchufable)	Para híbridos, se exige declarar si el vehículo permite	Categoría del tipo de cargador del vehículo híbrido eléctrico	Es el separador normativo directo de la categoría PHEV.

	carga externa de la batería.		
Autonomía eléctrica (AER)	Define el concepto de autonomía en modo eléctrico bajo condición de batería cargada.	Electric range (km) con batería totalmente cargada.	Permite subclasificar PHEV por capacidad real de movilidad eléctrica.

La Tabla I evidencia que el Reglamento UNECE R101 aporta la base técnica para que la categorización de HEV/PHEV sea objetiva y comparable, al delimitar su aplicación a M1 y N1 y definir las magnitudes normalizadas para su categorización. Además, establece definiciones formales de tren motriz híbrido y HEV, exigiendo doble fuente de energía (combustible + energía eléctrica) y un almacenamiento eléctrico real.

TABLA II.  
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL APORTE ELÉCTRICO EN LA  
CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PHEV [15]

Variable	Unidad	Umbral	Justificación técnica
Operación en modo Charge Depleting (CD)	Sí/No	Sí (PHEV)	Indica fase de uso 100% eléctrico antes de activación del ICE.
Proporción uso eléctrico (UF)	%	$\geq 30\%$	Permite cuantificar aporte eléctrico real en operación diaria.
Separación CD / CS	Método	Obligatorio	Distingue aporte eléctrico real frente a operación térmica sostenida.

La Tabla II define criterios técnicos fundamentales para la identificación y categorización de vehículos híbridos enchufables (PHEV), basándose en su comportamiento operativo real. En primer lugar, se establece que el vehículo debe operar en modo Charge Depleting (CD), lo que implica que puede funcionar inicialmente en modo 100 % eléctrico antes de la activación del motor de combustión interna (ICE). Asimismo, se fija un umbral mínimo de proporción de uso eléctrico ( $UF \geq 30\%$ ), con el objetivo de garantizar que el aporte energético eléctrico sea representativo en la operación diaria y no meramente marginal. Finalmente, se exige la separación obligatoria entre los modos CD y Charge Sustaining (CS), permitiendo distinguir claramente el aporte eléctrico real frente a la operación térmica sostenida.

### 2.2.2. Norma internacional GRPE-92-40

La GRPE (Working Party on Pollution and Energy) está encargada de desarrollar y actualizar regulaciones internacionales relacionadas con emisiones contaminantes, consumo energético y eficiencia de los vehículos. Su labor es fundamental para la creación de reglamentos como WLTP y normas aplicables a vehículos híbridos y electrificados, asegurando mediciones armonizadas y comparables a nivel mundial [22].

Este reglamento, el foco son PEV y OVC-HEV (híbridos enchufables), por lo que es especialmente útil para diferenciar enchufable vs no enchufable, y para cuantificar el aporte eléctrico real mediante energía utilizable y/o autonomía certificada a lo largo del tiempo [22]. Para una mejor comprensión de la norma, en la Tabla III se muestra los datos técnicos más relevantes.

TABLA III.  
RESUMEN NORMA GRPE-92-40 [22]

Bloque normativo	Definición	Dato / criterio medible	Aporte a la categorización
Alcance de aplicación	Define qué categorías vehiculares y qué tipo de electrificación entran al control con carga externa y batería	Categorías M1 y N1; aplica a EV y HEV (enchufables) con batería.	Permite separar subclases por capacidad de carga externa, además por categoría vehicular
Definiciones del sistema de almacenamiento	Establece que el conjunto de baterías y componentes que almacenan energía está instalada correctamente.	Identificación de baterías de tracción y condición OEM (“originalmente instalada”).	Ancla la subclase a un componente verificable y evita clasificar con datos de baterías modificadas o no homologadas.
Energía utilizable y rango certificado	Define la métrica de energía utilizable de batería y cómo se vincula con el rango/autonomía certificada y su verificación en vida útil.	UBE (energía entregada hasta criterio de corte).	Parámetros para “grado de electrificación real” con métricas comparables entre modelos.
Conformidad en uso (verificación estadística)	Define cómo se comprueba los valores y como se mantienen en condiciones de uso, usando muestreo y umbrales de aceptación.	Ensayo estadístico “en principio” (ej. $\geq 500$ unidades); aprobación si $\geq 90\%$ cumple criterios (MPR/DPR).	Aporta un filtro de robustez regulatoria: la subclase se respalda con cumplimiento normativo

La Tabla III muestra que la regulación de durabilidad de batería se construye desde cuatro bloques clave para una categorización técnica: alcance, definiciones, métricas UBE/rango y verificación en uso. El alcance limita la aplicación a vehículos M1 y N1 y a los enchufables (PEV/OVC-HEV), lo que permite separar normativamente subclases enchufables vs no enchufables y mantener comparabilidad por tipo de uso. Las definiciones eliminan ambigüedades y aseguran que la clasificación se ancle a la batería real “de fábrica”, no a componentes auxiliares o reemplazos.

TABLA IV.  
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE BATERÍA Y CUMPLIMIENTO REGULATORIO  
EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS [22]

Variable	Unidad	Umbral	Justificación técnica
Energía utilizable batería (UBE)	kWh	$\geq 1$ kWh	Valores <1 kWh corresponden típicamente a sistemas mild hybrid 48V.
Cumplimiento estadístico en uso	% flota	$\geq 90\%$	Garantiza robustez regulatoria del desempeño declarado.
Batería instalada originalmente (OEM)	Sí/No	Sí	Evita clasificación basada en modificaciones no homologadas.

La Tabla IV establece criterios técnicos mínimos para validar la clasificación de vehículos híbridos en función de la capacidad energética de la batería y su cumplimiento regulatorio. En primer lugar, se fija un umbral de energía utilizable de batería ( $UBE \geq 1$  kWh), lo que permite diferenciar sistemas híbridos reales de configuraciones mild hybrid de 48 V con capacidades menores. Además, se exige un cumplimiento estadístico mínimo del 90 % en la flota, garantizando que el desempeño declarado sea consistente y robusto desde el punto de vista regulatorio. Finalmente, se establece que la batería debe ser instalada originalmente por el fabricante (OEM), evitando clasificaciones basadas en modificaciones no homologadas y asegurando trazabilidad técnica.

### 2.2.3. Norma Regional Resolución n° 749/2018

La Resolución 749/2018 (Brasil) establece criterios técnicos y administrativos para la identificación y clasificación de vehículos electrificados, incluyendo vehículos eléctricos e híbridos, dentro del sistema de tránsito brasileño [23].

En la Tabla V se sintetiza la Resolución N.º 749/2018, un instrumento técnico que armoniza requisitos nacionales de seguridad vehicular para unidades con propulsión

híbrida, híbrida enchufable (plug-in) y eléctrica, definiendo qué tipos de vehículos abarca y desde cuándo se vuelve exigible en el proceso de conformidad/homologación [23].

La Resolución n° 749/2018 establece requisitos específicos de seguridad para vehículos con propulsión híbrida, híbrida enchufable (plug-in) y eléctrica. Define su ámbito de aplicación (tipos de vehículos), fija cuándo es exigible y, para demostrar cumplimiento, acepta resultados de ensayos alineados con reglamentos internacionales (ONU).

TABLA V.  
RESUMEN NORMA RESOLUCIÓN N.º 749/2018 [23]

<b>Bloque normativo</b>	<b>Definición</b>	<b>Criterio de aporte a la categorización</b>
Objeto / alcance	Aplica a vehículos híbridos, híbridos enchufables y eléctricos.	Define el primer nivel de clasificación por grado de electrificación: HEV vs PHEV vs EV, como punto de entrada obligatorio del modelo.
Tipo de vehículos cubiertos	Incluye vehículos de pasajeros y comerciales (automóviles, camionetas, buses, camiones).	Permite segmentar la categorización por uso y categoría vehicular (pasajeros vs carga; liviano vs pesado), condicionando requisitos técnicos.
Estructura técnica (propulsión eléctrica)	Establece características y especificaciones técnicas de los sistemas híbridos, plug-in y eléctricos.	Justifica la extracción de parámetros técnicos base para normalizar qué se considera HEV, PHEV o EV desde una perspectiva ingenieril, no comercial.
Arquitectura eléctrica de alta tensión (HV)	Define requisitos de seguridad para sistemas de propulsión eléctrica y componentes conectados.	Aporta un criterio técnico para diferenciar vehículos electrificados con arquitectura HV real frente a soluciones de baja electrificación (microhíbridos).
Definición operativa de movimiento eléctrico	Define el modo en el cual la propulsión eléctrica puede mover el vehículo bajo demanda del conductor.	Permite clasificar por capacidad funcional del tren motriz: híbridos con tracción eléctrica efectiva vs sistemas eléctricos solo auxiliares.

La Tabla V organiza los elementos esenciales de un marco regulatorio que trata conjuntamente HEV, PHEV y EV, y muestra cómo esos bloques se convierten en criterios técnicos de entrada para una categorización objetiva. El objeto/alcance es clave porque define desde el inicio el universo tecnológico (híbridos, enchufables y eléctricos), permitiendo separar la clasificación por nivel de electrificación como primer filtro. A esto se suma el tipo de vehículos cubiertos, que amplía el alcance a livianos y comerciales (pasajeros y carga), lo cual justifica segmentar la categorización por uso, masa y categoría, ya que la demanda energética, la potencia requerida y la configuración del sistema electrificado cambian significativamente entre un automóvil y un bus o camión.

### 2.3. Normas y Reglamentos relacionadas al Grado de hibridación

Desarrollados en el marco de la UNECE (WP.29), constituyen un conjunto de reglamentos técnicos armonizados que regulan la homologación vehicular a nivel internacional. Estos reglamentos definen requisitos de seguridad, emisiones y desempeño, permitiendo la aceptación mutua de vehículos entre países que adoptan este marco regulatorio.

#### 2.3.1. Norma internacionales UN R154

En la Tabla VII se resume la Regulación UN R154 (Regulación de las Naciones Unidas N° 154) establece el marco de homologación tipo WLTP para CO<sub>2</sub>, consumo de combustible y consumo/energía eléctrica (según aplique) en vehículos, incluyendo vehículos híbridos [16]. Para la categorización, es especialmente útil porque diferencia familias y condiciones de ensayo para híbridos enchufables y no enchufables, fija métricas comparables (AER/EAER, consumos, balance energético de la batería) y controla que los resultados no estén sesgados por descarga/carga neta de la batería (REESS) durante el ciclo.

TABLA VI.  
RESUMEN NORMA UN R154 [16]

Bloque normativo	Definición	Variable(s) / unidad(es)	Aporte a la categorización
Tipo de híbrido según fuente de carga	La regulación clasifica a los híbridos según si el sistema de almacenamiento de energía es recargable.	Capacidad de carga externa: sí/no.	Define la subclase primaria del modelo: HEV híbrido no enchufable) = NOVC-HEV y PHEV = OVC-HEV.
Balance energético del REESS y criterio de corrección	Establece un control para que el resultado del ensayo en modo CS (Charge Sustaining: sostenimiento de carga).	(energía del combustible y batería en Wh); c (factor de corrección adimensional); umbrales normativos.	Actúa como filtro de validez técnica: evita interpretar como “eficiente” a un híbrido cuyo resultado depende de vaciar la batería durante el ciclo.
Consumo energético como magnitud común	Permite expresar el consumo del combustible en términos de energía equivalente,	Poder calorífico del combustible, kWh/L); FC (Fuel Consumption: consumo de combustible, L/100 km); d (distancia recorrida, km);	Habilita una métrica unificada (energía) para comparar tecnologías híbridas, más sólida que usar solo L/100 km cuando existe aporte eléctrico.
Autonomía eléctrica certificada (WLTP)	Define el procedimiento WLTP para determinar la autonomía en modo eléctrico bajo condiciones normalizadas y representativas.	AER (All-Electric Range: autonomía en modo 100% eléctrico, km).	Base cuantitativa para subclasificar PHEV por capacidad real de movilidad eléctrica (AER alta/media/baja) dentro del modelo.

Autonomía eléctrica equivalente (EAER) en PHEV	Introduce la EAER como indicador WLTP específico para PHEV, integrando el comportamiento eléctrico dentro del esquema de ensayo.	EAER (Equivalent All-Electric Range: autonomía eléctrica equivalente, km).	Permite comparar PHEV entre sí con un indicador normalizado y establecer umbrales técnicos dentro de la subclase enchufable.
--	--	--	--

La Tabla V evidencia que el Reglamento UNECE R154 (WLTP) aporta los criterios operativos y energéticos más sólidos para diferenciar y subclasificar vehículos híbridos en función de su comportamiento real de uso. En primer lugar, la distinción explícita entre NOVC-HEV y OVC-HEV establece la subclase primaria HEV vs PHEV según la capacidad de recarga externa, alineando la categorización con el nivel de electrificación. A esto se suma la obligación del OBFCM, que introduce trazabilidad mediante datos registrados a bordo, reforzando que la clasificación se base en consumo energético real y no únicamente en valores declarados en homologación.

TABLA VII.  
VARIABLES TÉCNICAS DE AUTONOMÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA DETERMINACIÓN DE SUBCLASES HÍBRIDAS [16]

Variable	Unidad	Umbral	Justificación técnica
Autonomía eléctrica certificada (AER)	km	$\geq 40$ km	UN R154 define procedimiento WLTP para medición estandarizada del rango eléctrico.
Balance energético REESS (modo CS)	Wh	$\Delta E \approx 0$ (neutral)	Evita clasificar como eficiente un híbrido que depende de descarga neta de batería durante ensayo.
Consumo energético combinado	Wh/km	Declarado WLTP	Permite comparar tecnologías en base energética unificada (no solo L/100 km).

La Tabla VIII establece criterios técnicos relacionados con la autonomía eléctrica y el desempeño energético de los vehículos híbridos bajo procedimientos estandarizados. En primer lugar, se fija un umbral mínimo de autonomía eléctrica certificada ( $AER \geq 40$  km), medido bajo el ciclo WLTP conforme a la normativa UN R154, lo que garantiza una capacidad real de operación en modo eléctrico. Además, se exige que el balance energético del sistema REESS en modo Charge Sustaining (CS) sea prácticamente neutro ( $\Delta E \approx 0$ ), evitando clasificar como eficiente a un vehículo que dependa de una descarga neta de batería durante el ensayo. Finalmente, se considera el consumo energético combinado en Wh/km declarado bajo WLTP, permitiendo comparar distintas tecnologías híbridas y electrificadas sobre una base energética unificada y técnicamente coherente [16].

### 2.3.2. Norma internacional (UN R101 Rev.3 Amendment 11)

En la Tabla IX se sintetiza la Regulación UN R101 (Rev.3), la cual actualiza disposiciones de la R101 relacionadas con la medición homologada de CO<sub>2</sub> y consumo de combustible en vehículos con motor térmico o híbridos (HEV), y la medición de consumo de energía y autonomía eléctricas (electric range) en HEV y en vehículos eléctricos de categorías M1 y N1 [15].

TABLA VIII.  
RESUMEN NORMA UN R101 REV.3 – AMENDMENT 11 [15]

Bloque normativo	Definición	Control de la norma	Aporte a la categorización
Alcance de la regulación (qué se mide)	Define las magnitudes que deben medirse y declararse oficialmente para vehículos ICE, HEV y EV en M1/N1.	Resultados homologables: CO <sub>2</sub> , consumo de combustible, consumo y autonomía eléctricos.	Permite construir la categorización usando datos oficiales de homologación, asegurando comparabilidad entre subclases (no datos comerciales).
Condiciones normalizadas de medición	Establece que la medición debe realizarse bajo condiciones controladas y reproducibles.	Fijación de cargas auxiliares y estados operativos durante el ensayo.	Garantiza que las diferencias entre subclases (eficiencia, autonomía, aporte eléctrico) respondan al diseño del tren motriz.
Régimen de aplicación del procedimiento	Define la coexistencia temporal de distintos procedimientos de ensayo durante periodos de transición normativa.	Identificación de versión/procedimiento aplicable según fecha y enmienda.	Para tu modelo, obliga a controlar la trazabilidad temporal del dato: solo se comparan vehículos evaluados bajo el mismo marco metodológico.

La Tabla IX resume ajustes del marco de R101 que, aunque parecen “detalles de ensayo”, son importantes porque controlan condiciones eléctricas auxiliares y transiciones metodológicas que pueden cambiar los resultados medidos (CO<sub>2</sub>, consumo, Wh/km y autonomía). En términos de categorización HEV/PHEV, el primer bloque (“alcance”) recuerda que R101 define qué se mide y qué es homologable en M1/N1; por tanto, los valores usados para subclases (consumo eléctrico, rango/autonomía) deben provenir de este tipo de medición estandarizada y no de fichas comerciales, para que la clasificación sea defendible técnica y regulatoriamente.

Los bloques de DRL (Luces de circulación diurna) y luces de posición traseras muestran cómo la norma reduce variabilidad: fija una carga eléctrica auxiliar representativa (DRL de mayor consumo dentro del grupo) y estandariza el estado de iluminación en el ensayo

(condición  $>7.000$  lux). Esto evita que una versión “salga mejor” solo por tener menos consumo de iluminación o por estrategias automáticas, mejorando la comparabilidad del aporte eléctrico real entre modelos. Finalmente, la disposición transitoria evidencia que pueden coexistir procedimientos distintos hasta una fecha (extensiones con método anterior), lo que justifica que en tu tesis siempre identifiques versión/serie de enmiendas y año de homologación antes de comparar vehículos o fijar umbrales de subclase, para no mezclar resultados obtenidos con métodos diferentes.

### 2.3.4. Norma Nacional (PRTE INEN 162)

En la Tabla XI se presenta el PRTE INEN 162 (Proyecto de Reglamento Técnico Ecuatoriano del Instituto Ecuatoriano de Normalización) define el campo de aplicación, definiciones, requisitos técnicos y el procedimiento de evaluación de la conformidad para productos asociados a la carga conductiva y al sistema energético de vehículos electrificados (conectores, clavijas/tomas, cargadores, cables y baterías) [21]. En categorización HEV/PHEV, es clave porque amarra el carácter “enchufable” a la existencia de interfaz de carga, modos de carga, niveles eléctricos (tensión/corriente) y ensayos exigibles a baterías de tracción.

TABLA IX.  
RESUMEN NORMA PRTE INEN 162 [21]

Bloque normativo	Definición de dato técnico	Valores	Relevancia en la categorización
Campo de aplicación (productos regulados)	Define que baterías de tracción y sistemas de carga (conector, cable, cargador a bordo/externo) entran al control normativo.	Inclusión explícita de batería e interfaz de carga.	Sustenta técnicamente la subclase “enchufable” (PHEV): existe infraestructura de carga verificable asociada al vehículo, no solo denominación comercial.
Interfaz eléctrica de carga (rangos técnicos)	Establece rangos de tensión y corriente permitidos para accesorios de carga conductiva.	Hasta 500 V AC en configuraciones normalizadas; rangos superiores para aplicaciones específicas (AC/DC).	Permite parametrizar la subclase enchufable con criterios verificables de capacidad eléctrica de la interfaz (compatibilidad técnica de recarga).
Modos de carga (arquitectura de recarga)	Define modos de carga 1–4 según el principio de conexión a red y ubicación del cargador.	Modo 3 (AC) con control piloto; Modo 4 (DC) con cargador externo.	Aporta un criterio funcional: “enchufable” depende del modo de recarga disponible PHEV por comportamiento operativo.

Batería de tracción (REESS)	Exige que la batería que suministra energía de tracción cumpla ensayos de seguridad aplicables.	Cumplimiento de UNECE Regulation No. 100 (vigente).	Refuerza que la subclasificación se base en una batería de tracción real con seguridad HV certificada
Evaluación de la conformidad	Define los mecanismos de certificación para demostrar cumplimiento (ensayos, esquemas, evidencias).	Certificados e informes de ensayo acreditados.	Clave metodológica: garantiza que los parámetros usados en la categorización son auditables y verificables.

La Tabla XI, muestra el marco normativo aporta criterios técnicos verificables para identificar y diferenciar vehículos enchufables dentro de una categorización HEV/PHEV. En primer lugar, el campo de aplicación es determinante porque regula explícitamente baterías y sistemas de carga (conectores, cables, cargadores a bordo y externos), lo que permite sustentar de forma objetiva la subclase PHEV a partir de la existencia real de una interfaz de recarga externa.

Asimismo, los niveles eléctricos y capacidades de los conectores introducen métricas técnicas claras (tensión, corriente y potencia de carga) que permiten diferenciar subclases dentro de los enchufables cuando la información está disponible (por ejemplo, PHEV con carga AC básica frente a sistemas con mayor potencia o carga DC). Las definiciones de modos de carga (1–4) refuerzan esta diferenciación al vincular el comportamiento operativo de recarga con la arquitectura del sistema (cargador a bordo vs externo), aportando un criterio funcional adicional a la categorización.

#### **2.4. Normas relacionadas a la Arquitectura híbrida (serie / paralelo / combinada)**

SAE International es una asociación técnica global que desarrolla estándares, prácticas recomendadas y métodos de ensayo para la industria automotriz. Estas normas son ampliamente empleadas para la medición de consumo de combustible, emisiones, desempeño del tren motriz y caracterización técnica de vehículos híbridos y electrificados.

##### **2.4.1. Norma internacional SAE J1715**

En la Tabla XII se resume SAE J1715, el cual compila definiciones normalizadas para terminología de HEV, PHEV y EV. Su propósito es servir como referencia cuando se redactan otras especificaciones, estándares o prácticas recomendadas relacionadas con vehículos electrificados (evita ambigüedades entre fabricantes, laboratorios y reguladores) [22].

TABLA X.  
RESUMEN NORMA SAE J1715 [22]

Bloque normativo	Definición	Variable de categorización	Regla práctica para subclases HEV/PHEV
HEV (híbrido no enchufable)	Vehículo híbrido cuya batería no se carga desde la red; la energía eléctrica proviene del motor térmico y del frenado regenerativo.	Nivel de electrificación (carga externa)	Si no dispone de interfaz de carga externa HEV (NOVC).
PHEV (híbrido enchufable)	Vehículo híbrido que puede cargarse desde la red eléctrica y operar con una mayor contribución eléctrica.	Nivel de electrificación + autonomía eléctrica	Si dispone de interfaz de carga externa PHEV (OVC).
Mild / micro hybrid	Híbrido con electrificación limitada; no puede mover el vehículo solo en modo eléctrico, solo asiste (start-stop, torque boost).	Grado de hibridación (aporte eléctrico)	Si no existe tracción eléctrica posible subclase Mild/Micro.
Full hybrid	Híbrido capaz de propulsar el vehículo en modo eléctrico, aunque sea por distancias cortas o a baja velocidad.	Grado de hibridación capacidad EV	Si existe tracción eléctrica autónoma (limitada o parcial) subclase Full.
Arquitectura serie	El motor eléctrico es el único que impulsa las ruedas; el motor térmico actúa solo como generador.	Arquitectura híbrida	Si el ICE no tiene acople mecánico a las ruedas Serie.
Arquitectura paralela	El motor térmico y el eléctrico pueden impulsar mecánicamente las ruedas.	Arquitectura híbrida	Si ICE y e-motor pueden impulsar ruedas por vía mecánica Paralelo.
Arquitectura serie-paralelo (power-split)	Combina ambos modos: el ICE puede impulsar ruedas o generar electricidad; permite operación eléctrica o combinada.	Arquitectura híbrida	Si el sistema puede operar como serie y como paralelo Serie-paralelo.

Como se visualiza en la Tabla XII establece un marco lógico y operativo para transformar definiciones técnicas de los vehículos híbridos en reglas prácticas de categorización, permitiendo pasar de conceptos generales a subclases claras y aplicables dentro de un modelo HEV/PHEV. En primer lugar, la distinción entre HEV no enchufable y PHEV enchufable se basa en un criterio objetivo y verificable: la existencia de interfaz de carga externa. Este parámetro constituye el filtro primario de clasificación, ya que define el origen de la energía eléctrica y el potencial de operación eléctrica desde la red, separando de manera inequívoca a los PHEV de los HEV convencionales.

TABLA XI.  
VARIABLES DE TRACCIÓN ELÉCTRICA Y CONFIGURACIÓN HÍBRIDA PARA LA  
DETERMINACIÓN DE SUBCLASES HEV/MHEV [22]

Variable	Unidad	Umbral	Justificación técnica
Propulsión eléctrica independiente	Sí/No	Sí	Define Full Hybrid como capaz de mover el vehículo solo con energía eléctrica.
Capacidad de tracción eléctrica autónoma	Sí/No	No → Mild Hybrid	Si no puede mover el vehículo eléctricamente, se clasifica como MHEV.
Arquitectura híbrida	Tipo	Serie / Paralelo / Power-split	Define clasificación estructural del tren motriz.

La Tabla XIII define criterios técnicos orientados a clasificar los vehículos híbridos según su capacidad de propulsión eléctrica y la arquitectura del tren motriz. En primer lugar, se establece que un Full Hybrid (HEV) debe contar con propulsión eléctrica independiente, es decir, la capacidad de mover el vehículo únicamente con energía eléctrica. En contraste, si el sistema no puede generar tracción eléctrica autónoma, se clasifica como Mild Hybrid (MHEV), ya que el motor eléctrico solo asiste al motor térmico. Finalmente, se considera la arquitectura híbrida (serie, paralelo o power-split), lo que permite identificar la configuración estructural del sistema de propulsión y diferenciar técnicamente las distintas soluciones híbridas.

#### 2.4.2. Norma internacional SAE J1711

En la Tabla XIV se presenta SAE J1711, una práctica recomendada que establece procedimientos uniformes de ensayo en dinamómetro de chasis para medir emisiones de escape y economía de combustible/energía en vehículos híbridos (HEV) y híbridos enchufables (PHEV) [23]. La idea central es que un PHEV debe evaluarse en dos regímenes de operación: descarga de la batería y sostenimiento de carga, y luego combinar resultados con un enfoque tipo Factor de Utilidad (UF) basado en estadística de recorridos diarios para obtener valores comparables.

TABLA XII.  
RESUMEN NORMA SAE J1711 [23]

Bloque normativo	Definición	Dato técnico	Aporte a la categorización
Regímenes de operación CD y CS	Reconoce que un PHEV opera primero en descarga de batería (CD) y luego en carga sostenida (CS).	Consumo de combustible y consumo eléctrico separados en CD y CS.	Base para clasificar PHEV por aporte eléctrico real: proporción del recorrido en CD vs CS (EV-dominante vs blended).

Ensayo Charge-Sustaining (CS)	Mide el desempeño cuando el sistema híbrido opera sin descarga neta de batería.	Consumo/eficiencia en CS (p. ej., mpg_gas o equivalente).	Permite diferenciar eficiencia híbrida entre arquitecturas y separar PHEV/HEV con mayor carga térmica vs mayor asistencia eléctrica.
Ensayo de descarga / Full-Charge (CD)	Ensayo desde SOC alto para capturar el tramo de descarga efectiva y ciclos transicionales.	Rcdc (distancia/ciclos en CD).	Permite subclasificar PHEV por capacidad de movilidad eléctrica (CD largo vs corto) y detectar estrategias blended.
Rango eléctrico y transición del ICE	Identifica el tramo previo a la entrada del motor térmico como referencia de operación eléctrica.	Indicador tipo AER (o rango equivalente) y punto de transición.	Distingue PHEV con operación EV significativa vs blended temprano, útil para inferir estrategia de control/arquitectura.
Combinación CD-CS mediante Utility Factor (UF)	Pondera CD y CS según estadísticas de distancia diaria para obtener un valor representativo.	UF y métricas combinadas de consumo/energía/CO <sub>2</sub> .	Clave para clasificar por grado de electrificación efectivo
Uso regulatorio del método	El procedimiento es citado por regulación para determinar consumos/eficiencia.	Referencia normativa al método (no solo académica).	Asegura validez regulatoria del criterio de subclasificación (aplicable y defendible).

La Tabla XIV sintetiza cómo el enfoque CD/CS y el método SAE J1711 convierten el desempeño de los PHEV en criterios técnicos comparables para la categorización. Al separar explícitamente los regímenes Charge Depleting (CD) y Charge Sustaining (CS), la norma reconoce el comportamiento real del híbrido enchufable: primero utiliza energía eléctrica hasta agotar la batería y luego opera en un modo híbrido de sostenimiento. Esta separación permite medir consumo de combustible y consumo eléctrico neto en cada régimen, habilitando subclases por aporte eléctrico real (p. ej., PHEV con predominio EV vs PHEV “blended”). La utilización de ciclos estandarizados (UDDS ciudad y HWFET carretera) asegura comparabilidad por tipo de uso, aspecto crítico porque el beneficio eléctrico varía significativamente entre conducción urbana y en carretera.

TABLA XIII.  
CRITERIOS TÉCNICOS DE OPERACIÓN Y APOORTE ELÉCTRICO PARA LA  
CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PHEV [23].

Variable	Unidad	Umbral	Justificación técnica
Operación en modo Charge Depleting (CD)	Sí/No	Sí (PHEV)	Indica fase de uso 100% eléctrico antes de activación del ICE.

Variable	Unidad	Umbral	Justificación técnica
Proporción uso eléctrico (UF)	%	$\geq 30\%$	Permite cuantificar aporte eléctrico real en operación diaria.
Separación CD / CS	Método	Obligatorio	Distingue aporte eléctrico real frente a operación térmica sostenida.

La Tabla XV establece criterios técnicos para identificar y clasificar vehículos híbridos enchufables (PHEV) en función de su comportamiento operativo real. Se exige que el vehículo opere en modo Charge Depleting (CD), lo que implica una fase inicial de funcionamiento 100 % eléctrico antes de que intervenga el motor de combustión interna. Además, se fija un umbral mínimo de proporción de uso eléctrico ( $UF \geq 30\%$ ), asegurando que el aporte energético eléctrico sea significativo en la operación diaria. Finalmente, se establece la separación obligatoria entre los modos CD y Charge Sustaining (CS), permitiendo distinguir claramente el aporte eléctrico real frente a la operación térmica sostenida y garantizando una clasificación técnica precisa.

#### 2.4.4. Norma Nacional INEN 162

En la Tabla XVII se sintetiza la norma INEN 162, establece un procedimiento de ensayo en dinamómetro de chasis para cuantificar emisiones de escape, consumo de combustible y consumo de energía eléctrica en vehículos híbridos no enchufables (HEV no cargables externamente) [21].

TABLA XIV.  
RESUMEN NORMA PRTE INEN 162 [21]

Bloque de la norma	Definición	Dato técnico	Aporte a la categorización HEV
Alcance y umbral de aplicabilidad	Ensayo en dinamómetro para HEV no enchufables; aplica cuando la electrificación supera un mínimo significativo.	Energía RESS $\geq 2\%$ del consumo total de energía en el ADT.	Actúa como filtro normativo: solo se considera HEV con aporte eléctrico significativo; excluye micro-asistencias que no alcanzan el umbral.
Ciclo aplicable (ADT)	Define un ciclo único por región para medir consumo/emisiones.	ADT regional (p. ej., JC08, NEDC, UDDS).	Asegura comparabilidad: la subclase HEV se fundamenta en resultados bajo ciclos definidos, no en condiciones arbitrarias.
Balace de carga de la batería	Cuantifica el cambio de carga de la RESS durante el ensayo.	$\Delta Q$ (Ah) equivalente energético.	Indica el modo operativo híbrido: revela si el HEV entrega o absorbe energía neta durante el ciclo.

Corrección por SOC no balanceado	Normaliza resultados cuando el SOC inicial y final difieren.	Corrección a $\Delta E_{RESS} = 0$ ; si no hay dependencia, no requiere corrección.	Clave para la categorización: evita “falsos eficientes” por descarga neta de batería y permite clasificar por aporte eléctrico real en condiciones comparables.
----------------------------------	--	---	---

La Tabla XVII se muestra el bloque normativo que define la condición técnica mínima para considerar un vehículo como HEV (no enchufable) mediante un ensayo en dinamómetro basado en el ADT regional y en el comportamiento energético de la RESS. Su primer aporte es establecer un umbral de aplicabilidad (energía de la RESS  $\geq 2\%$  del consumo total del ciclo), que opera como filtro para excluir asistencias eléctricas marginales que no representan hibridación efectiva.

A continuación, al fijar un ciclo aplicable único por región (p. ej., JC08, NEDC, UDDS), asegura que la subclase HEV se sustente en resultados comparables y repetibles, evitando clasificaciones por condiciones de prueba no equivalentes. En términos de operación híbrida, el balance de carga ( $\Delta Q$  en Ah o equivalente energético) permite identificar el aporte neto de la RESS durante el ciclo, distinguiendo si el sistema entrega o recupera energía de forma relevante. Finalmente, la corrección por SOC no balanceado (normalización a  $\Delta E_{RESS} = 0$  cuando corresponde) es el elemento crítico para categorización, porque elimina sesgos por descarga neta de batería y evita “falsos eficientes”, haciendo que la asignación HEV dependa del aporte eléctrico real bajo condiciones de medición consistentes.

## 2.5. Normas relacionadas a la Autonomía y economía (km/gal)

A continuación, se presentan las normas relacionadas con la autonomía y economía.

### 2.5.1. Norma internacional UNECE (UN Regulation No. 154 WLTP)

En la Tabla XVIII se sintetiza la Regulación UN R154 que establece el procedimiento mundial armonizado WLTP/WLTC para la aprobación/homologación de vehículos livianos (pasajeros y comerciales ligeros) respecto a: emisiones contaminantes (“criteria emissions”), CO<sub>2</sub>, consumo de combustible y cuando aplica consumo de energía eléctrica y autonomía/rango eléctrico [16]. Como se resume en la Tabla XI, su valor para la tesis es que convierte la “economía/autonomía” en variables medibles, trazables y comparables entre tecnologías (ICE, HEV no enchufable, PHEV/OVC-HEV y EV/PEV), usando un mismo ciclo y reglas de cálculo y declaración.

TABLA XV.  
RESUMEN NORMA REGULATION NO. 154 [16]

Elemento normativo	Dato/variable que produce	Relevancia para categorización HEV/PHEV
Ciclo WLTC con fases (Low/Medium/High/Extra-High y resultado "Combined")	Resultados por fase y combinado de CO <sub>2</sub> /consumo	Permite comparar economía energética con el mismo "patrón" de conducción
CO <sub>2</sub> masa reportado por fase y combinado	CO <sub>2</sub> (g/km) por fase y combinado	Es un indicador de eficiencia del sistema térmico y del aporte eléctrico cuando se combina con CD/CS en PHEV; útil para subclases "bajo CO <sub>2</sub> " vs "alto CO <sub>2</sub> ".
Consumo de combustible / eficiencia (declaración)	FC (L/100 km, kg/100 km, etc.) o FE (km/L, km/kg)	Permite construir la variable "economía". Es el dato más directo para diferenciar HEV "cercano a convencional" vs HEV "altamente eficiente".
EAER (Equivalent All-Electric Range)	EAER (km) y también por fase (EAERp)	Es la métrica "puente" entre batería y movilidad eléctrica: te permite definir umbrales de subclases.
Consumo eléctrico y rango en PEV (EV) (para referencia)	ECWLTC (Wh/km) y PER (km)	Valores sirven para "anclar" escalas: ubicar PHEV cercano a EV (alto PER/EC bajo) vs PHEV cercano a HEV.
Separación conceptual CD/CS (lógica PHEV)	Resultados que distinguen condición de operación antes/después de agotar carga	En categorización, esto sustenta el criterio "operación con agotamiento de carga vs operación híbrida sostenida"
Datos técnicos declarables ligados al sistema eléctrico de tracción (REESS) dentro del expediente	Tipo/capacidad/voltaje/potencia nominal, etc. (en el paquete técnico)	Describe aspectos del sistema de tracción eléctrica en el expediente, lo que ayuda a relacionar economía/autonomía con "capacidad energética instalada" en tu modelo.

En la Tabla XVIII se puede observar que los elementos normativos permiten categorizar HEV/PHEV usando variables medibles y comparables del ciclo WLTC: resultados por fases (Low/Medium/High/Extra-High) y el valor "Combined" de CO<sub>2</sub> y consumo, lo que además habilita separar desempeño en entorno urbano vs extraurbano con un mismo patrón de conducción.

En HEV, el consumo/eficiencia declarada se vuelve el indicador más directo para distinguir vehículos "cercanos a convencional" frente a "altamente eficientes". En PHEV, la separación CD/CS es clave porque diferencia el comportamiento con energía externa disponible versus la operación híbrida sostenida cuando la carga se agota; junto con la EAER cuantifica el alcance eléctrico equivalente y permite fijar umbrales de subclases (alto/medio/bajo) y relacionarlos con objetivos ambientales. Finalmente, los datos del

REESS incluidos en el expediente (tipo, capacidad, voltaje y potencia) conectan el rendimiento medido con la capacidad energética instalada, fortaleciendo una categorización basada en métricas verificables y no en denominaciones comerciales.

### 2.5.2. Norma internacional ISO 23274-2:2021

En la Tabla XIX se presenta a la International Organization for Standardization (ISO) como una organización internacional dedicada a la elaboración de normas técnicas que son ampliamente utilizadas para regular aspectos relacionados con seguridad eléctrica, baterías, ensayos técnicos y desempeño de vehículos electrificados [25].

Esta norma define un procedimiento en dinamómetro de chasis para identificar el fin del estado charge depleting (CD) y cuantificar la energía eléctrica consumida durante CD en vehículos híbridos enchufables (PHEV), como paso previo para ensayos de emisiones/consumo

TABLA XVI.  
RESUMEN NORMA ISO 23274-2:2021 [25]

Bloque técnico	Definición	Dato / criterio explícito	Aporte a la categorización HEV/PHEV
Alcance / tipo de vehículo	Aplica a vehículos con ICE + RESS recargable desde fuente externa (en la práctica, PHEV).	Aplicabilidad restringida a PHEV con batería como RESS.	Permite separar claramente HEV no enchufable (fuera de alcance) vs PHEV (dentro de alcance).
Estados operativos normalizados	Define los estados Charge-Depleting (CD) y Charge-Sustaining (CS) como modos de operación del tren motriz.	Definiciones formales CD/CS.	Sustenta el parámetro “modo de operación” para subclases: descarga eléctrica (CD) vs sostenimiento híbrido (CS).
Umbral de aporte eléctrico mínimo	Exige que la energía nominal del RESS sea significativa respecto al combustible consumido en un ciclo aplicable.	$E_{\text{RESS}} \text{ nominal} \geq 2\%$ de la energía del combustible en un ADT.	Actúa como filtro técnico: evita clasificar como PHEV con aporte real a arquitecturas con electrificación despreciable.
Ciclo aplicable (ADT)	Establece un ciclo regional para el ensayo (armonizable entre marcos).	ADT según región (p. ej., WLTC o UDDS).	Permite armonización metodológica: mismos parámetros (CD/CS/energía) con ciclos regionales comparables.
Medición de energía desde la red	Define cómo medir la energía AC tomada de la red para reponer la descarga CD.	Medición de E (Wh) entre red y entrada del vehículo bajo	Parametriza la variable energía eléctrica real (base para kWh/100 km en CD y comparaciones entre PHEV).

condiciones  
normalizadas.

La Tabla XIX, estructura la identificación del aporte eléctrico real en PHEV mediante una lógica de ensayo basada en estados operativos CD/CS y en el balance energético del RESS por ciclo de conducción aplicable (ADT). En términos de categorización, su contribución clave es que convierte la transición “uso eléctrico → uso sostenido por combustible” en un criterio cuantitativo y reproducible y obliga a medir la energía eléctrica efectivamente entregada desde la red (E, Wh) bajo condiciones de carga y metrología definidas. Como se resume en la Tabla XIV, con ello la norma habilita que las subclases HEV/PHEV no dependan de denominaciones comerciales, sino de métricas verificables: persistencia del estado CD frente a ADT repetidos, energía externa requerida para reponer la descarga y coherencia del balance energético en estado CS.

TABLA XVII.  
PARÁMETROS TÉCNICOS NORMALIZADOS PARA LA EVALUACIÓN DEL  
DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE VEHÍCULOS PHEV [25]

Variable	Unidad	Umbral	Justificación técnica
Autonomía eléctrica certificada (AER)	km	$\geq 40$ km	ISO 23274-2 define el procedimiento de medición del rango eléctrico en modo exclusivamente eléctrico; permite diferenciar PHEV funcional de electrificación limitada.
Consumo eléctrico específico	Wh/km	Declarado bajo método ISO	Establece medición normalizada del consumo eléctrico en modo EV, permitiendo comparabilidad técnica entre modelos.
Consumo de combustible en modo híbrido	L/100 km	Declarado bajo método ISO	Permite cuantificar desempeño energético real en modo combinado, evitando clasificación basada solo en potencia instalada.
Balance energético entre modos EV e híbrido	Método CD/CS	Separación obligatoria	ISO exige medición diferenciada entre operación eléctrica y operación híbrida, permitiendo evaluar el aporte eléctrico real.
Energía eléctrica utilizada durante ensayo	Wh	Medición controlada	Permite determinar grado de electrificación funcional basado en energía efectiva utilizada.

La Tabla XX establece un conjunto de criterios técnicos normalizados para evaluar el desempeño energético y el grado de electrificación funcional de los vehículos híbridos enchufables (PHEV) conforme a la norma ISO 23274-2. Se define un umbral mínimo de autonomía eléctrica certificada ( $AER \geq 40$  km), lo que permite diferenciar un PHEV con capacidad real de operación en modo exclusivamente eléctrico frente a sistemas con

electrificación limitada. Asimismo, se consideran el consumo eléctrico específico (Wh/km) y el consumo de combustible en modo híbrido (L/100 km), ambos medidos bajo procedimientos estandarizados ISO, garantizando comparabilidad técnica entre modelos.

### 2.5.3. Norma Regional ONU/Chile Decreto Supremo N°14

En la Tabla XXI la norma DS N° 14 aprueba el reglamento que define cómo Chile fija y fiscaliza los estándares de eficiencia energética vehicular para vehículos nuevos livianos, medianos y pesados comercializados en el país. Establece: la métrica oficial del estándar, cómo se calcula el rendimiento energético por modelo y por “responsable” (importador/representante), el proceso de elaboración (Informe Técnico, consulta pública y resolución conjunta Energía-Transportes), fiscalización anual y sanciones por incumplimiento [26].

TABLA XVIII.  
RESUMEN NORMA DECRETO SUPREMO N°14 MINISTERIO DE ENERGÍA [26].

Bloque normativo	Definición	Dato / criterio explícito	Aporte a la categorización HEV/PHEV
Objeto y alcance	Establece estándares de rendimiento para vehículos nuevos según su tipo y uso.	Aplica a vehículos livianos, medianos y pesados comercializados en el país.	Obliga a segmentar por masa/uso antes de comparar desempeño energético.
Fuente del rendimiento oficial	Define el origen del valor de rendimiento reconocido por la autoridad.	Rendimiento tomado del certificado de homologación (livianos/medianos) o del proceso de certificación (pesados).	Asegura trazabilidad normativa: la categorización debe basarse en datos oficiales.
Conversión a gasolina equivalente	Establece reglas para expresar distintos energéticos en una métrica común.	Conversión por equivalente energético respecto a la gasolina.	Permite normalizar HEV/PHEV/EV en una misma escala de comparación energética, evitando sesgos por tipo de combustible.
Tratamiento de vehículos eléctricos (EV)	Define cómo se expresa el rendimiento de un EV dentro del sistema.	Uso de la energía contenida en 1 kWh como base de equivalencia.	Sirve como puente metodológico: PHEV y EV pueden compararse bajo una misma lógica energética.
Tratamiento específico de PHEV	Regla explícita para híbridos con recarga exterior que usan más de un energético.	Promedio ponderado del rendimiento según la proporción de autonomía aportada por cada energético.	Parámetro clave para tu tesis: la autonomía eléctrica pasa a ser un ponderador normativo del rendimiento total del PHEV.

Equivalencia energética-ambiental	Define cómo se expresa el rendimiento en términos de CO <sub>2</sub> /km.	CO <sub>2</sub> /km obtenido desde procesos de homologación/certificación.	Permite vincular economía energética impacto ambiental, útil para justificar subclases por desempeño.
Reporte de resultados por modelo	Define el nivel de desagregación mínima de la información publicada.	Rendimiento y CO <sub>2</sub> /km por modelo.	Da la estructura base para tu matriz: modelo → rendimiento → autonomía eléctrica (PHEV) → resultado ponderado.

La Tabla XXI evidencia que este marco normativo de eficiencia/economía vehicular aporta una base operativa y verificable para integrar la categorización HEV/PHEV dentro de un sistema regulatorio real. En primer lugar, el objeto y alcance obligan a segmentar previamente por masa y uso (vehículos livianos, medianos y pesados), lo que evita comparaciones técnicas inapropiadas y refuerza que la economía energética de un HEV/PHEV solo es comparable dentro de un mismo grupo funcional. Asimismo, la identificación clara de los responsables (importadores o representantes habilitados) y de la fuente oficial del rendimiento (certificados de homologación o certificación) garantiza que los datos utilizados en la categorización provengan de documentación oficial, no de fichas comerciales, fortaleciendo la trazabilidad del modelo propuesto.

## 2.6. Normas relacionadas a la Potencia (térmica y eléctrica)

Se presentan las normas relacionadas con la potencia de los vehículos híbridos.

### 2.6.1. Norma internacional ISO 1585:2020

En la Tabla XVIII se sintetiza la ISO 1585:2020 establece el código de ensayo para determinar la “potencia neta” de motores de combustión interna (ICE) instalados en vehículos, definiendo: condiciones de prueba (instrumentación, estabilidad, temperatura, presiones), configuración del motor y auxiliares que deben estar montados o retirados durante el ensayo, y criterios para corregir la potencia a condiciones atmosféricas de referencia [28]. Esto es crucial en una metodología de categorización HEV/PHEV porque la potencia del motor térmico debe ser medible y comparable entre modelos (evitando que un vehículo parezca más potente solo por condiciones de ensayo o por qué accesorios estaban conectados).

TABLA XIX.  
RESUMEN NORMA ISO 1585:2020 [28]

Bloque de la norma	Requisito	Dato / condición concreta	Aporte a la categorización HEV/PHEV
Objetivo del ensayo (potencia neta)	Medición de potencia neta del motor en condiciones representativas de servicio.	Plena carga: mariposa abierta (SI) o ajuste full-load (CI).	Proporciona una potencia térmica comparable para segmentar por desempeño (p. ej., potencia/masa) y para integrar potencia del sistema cuando el método lo requiera.
Auxiliares representativos (a montar)	Deben instalarse los auxiliares necesarios para el servicio.	Sistemas de admisión/escape, refrigeración, control electrónico, postratamiento.	Evita sobreestimar la potencia del ICE; clave al comparar HEV con distintos grados de electrificación.
Auxiliares no esenciales (a retirar)	Accesorios del vehículo no indispensables pueden retirarse.	compresores de freno, dirección, suspensión, A/C.	Reduce dispersión entre ensayos y asegura que la potencia usada en la clasificación sea del motor base, no del vehículo.
Gestión térmica (ventilador/radiador)	Si no se replica la instalación del vehículo, se corrige la potencia absorbida.	Descuento explícito de la potencia del ventilador (corregida a atmósfera estándar).	Controla sesgos térmicos; relevante en híbridos modernos con alta dependencia de la gestión térmica.
Generación eléctrica	La potencia del alternador se limita a lo mínimo indispensable; batería en buen estado.	“Minimum power” del alternador y condición de batería.	Evita que cargas eléctricas (alternador/BSG) distorsionen la potencia del ICE, especialmente en HEV/MHEV.
Condiciones estabilizadas	Registro solo con variables estabilizadas y aire suficiente.	Estabilidad $\geq 1$ min antes de medir.	Garantiza repetibilidad y comparabilidad entre motores HEV/PHEV.
Control de régimen	Mantener el régimen objetivo durante la medición.	Desviación máx.: $\pm 1$ % o $\pm 10 \text{ min}^{-1}$ .	Permite comparar curvas potencia rpm limpios para clasificar por potencia máxima y banda útil.

La Tabla XVIII se construye por bloques funcionales de homologación/ensayo, no por el índice del documento, porque en una tesis de categorización HEV/PHEV lo importante es convertir la norma en variables comparables. Por eso se agrupa en: definición del ensayo, que fija qué significa “potencia neta” y bajo qué tipo de carga se mide; configuración del motor y auxiliares, que controla qué cargas sí representan el funcionamiento real y cuáles deben excluirse para no sesgar la potencia; y condiciones de operación y criterios de estabilidad, que garantizan repetibilidad metrológica (control de rpm, tiempos mínimos, tolerancias y temperaturas). Estos tres bloques permiten justificar que la potencia térmica

usada en tu matriz de categorización es medible, trazable y comparable, evitando que la “potencia declarada” dependa de configuraciones o condiciones de laboratorio.

TABLA XX.  
PARÁMETROS NORMALIZADOS DE POTENCIA Y RELACIÓN DE  
ELECTRIFICACIÓN EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS (ISO 1585) [28].

Variable	Unidad	Umbral	Justificación técnica
Potencia neta del motor térmico (ICE)	kW	Declarada bajo método ISO 1585	ISO 1585 define el procedimiento estandarizado para medir potencia neta del motor, garantizando comparabilidad técnica entre vehículos.
Relación potencia eléctrica / potencia térmica	%	$\geq 30\%$	La potencia térmica medida bajo ISO 1585 permite calcular el porcentaje real de aporte eléctrico respecto al total del sistema híbrido.
Potencia combinada del sistema híbrido	kW	Determinada con referencia ISO (ICE)	Permite establecer la proporción de electrificación real frente a potencia térmica base medida bajo condiciones normalizadas.
Corrección por condiciones ambientales	Factor de corrección	Aplicación obligatoria	ISO 1585 establece corrección por temperatura, presión y humedad, asegurando que el cálculo de relación de potencias no esté sesgado por condiciones externas.

La Tabla XXIV establece criterios técnicos para evaluar el nivel real de electrificación de un vehículo híbrido a partir de mediciones normalizadas de potencia bajo la norma ISO 1585. En primer lugar, se considera la potencia neta del motor térmico (ICE), medida mediante un procedimiento estandarizado que garantiza comparabilidad entre vehículos. Con base en este valor, se calcula la relación entre la potencia eléctrica y la potencia térmica, fijando un umbral mínimo del 30 % para asegurar que el aporte eléctrico sea técnicamente significativo dentro del sistema híbrido. Asimismo, se analiza la potencia combinada del sistema, permitiendo determinar la proporción real de electrificación frente a la potencia térmica base.

### 2.6.2. Norma internacional SAE J1349

La SAE (Society of Automotive Engineers) es una organización internacional de carácter técnico que desarrolla normas, prácticas recomendadas y métodos de ensayo aplicables al diseño, criterios técnicos normalizados para la medición de consumo energético [29].

En la Tabla XXV se resume la norma SAE J1349 (Engine Power Test Code – As Installed Net Power Rating) que define un código de ensayo para obtener potencia y torque netos “instalados” de motores de encendido por chispa (SI) y diésel (CI) bajo condiciones repetibles y representativas del uso real [29]. Su propósito es evitar la “optimización” del

motor para el ensayo (sesgos intencionales) y estandarizar las condiciones de admisión y combustible, las correcciones a condiciones de referencia y el procedimiento de medición en dinamómetro. La norma es aplicable al motor térmico que forma parte de un tren motriz híbrido; sin embargo, no cubre la potencia combinada del sistema híbrido, por lo que su uso en procesos de categorización debe complementarse con criterios adicionales para el aporte eléctrico.

TABLA XXI.  
RESUMEN NORMA SAE J1349 [29]

Bloque de la norma	Definición	Aporte a la categorización
Enfoque anti-sesgo (uso real)	La medición debe reflejar el desempeño típico en servicio y prohíbe optimizaciones de ensayo que inflen el resultado.	Garantiza que P_ICE_net (kW) sea un dato robusto y defendible para clasificar HEV/PHEV por desempeño (no “mejor caso”).
Propósito del estándar	Estandariza el rating neto instalado: condiciones de admisión/combustible, correcciones a referencia, plena carga y consistencia de controles.	Provee la base metodológica para declarar potencia térmica comparable, útil en subclases por potencia/masa y para contextualizar el nivel de electrificación.
Campo de aplicación amplio	Aplica a motores SI y CI, atmosféricos y sobrealimentados, con/sin intercooler.	Permite comparar HEV/PHEV con ICE muy distintos (Atkinson NA, turbo downsizing, diésel) bajo un código común.
Alcance en híbridos (clave)	Aplica solo al ICE dentro del tren híbrido; no define potencia combinada del sistema.	Evita el error metodológico de clasificar por potencia de sistema sin método; aquí se obtiene P_ICE_net, no P_sistema.
Comparabilidad inter-norma	Señala diferencias relevantes frente a otros estándares (p. ej., accesorios, ventiladores, límites de corrección).	Justifica por qué los valores pueden diferir entre marcos (regional/internacional) y obliga a controlar la norma usada en tu matriz.
Dependencia del combustible de ensayo	Para CI, el combustible de referencia está especificado.	Refuerza que la potencia comparable depende del combustible de prueba, relevante si el combustible local difiere.
Estructura técnica usable	Define claramente condiciones de referencia, correcciones, exactitud y reporte.	Te permite armar la matriz Norma → Variable → Corrección → Evidencia sin adoptar todo el estándar.

En la Tabla XXV denota que la norma SAE J1349 sirve para normalizar la potencia térmica del vehículo bajo el concepto de “as installed net power”, estableciendo un método de ensayo que busca reproducir el desempeño típico en servicio y evitando sesgos intencionales de calibración o tolerancias. Metodológicamente, J1349 se usa como fuente de P\_ICE\_net (kW) variable esencial para subclasificar por desempeño (p. ej.,

potencia/masa, escalones de potencia) y para comparar el aporte del motor térmico frente al aporte eléctrico [29]. Además, la norma aclara que su alcance se limita al motor de combustión incluso dentro de un tren híbrido, por lo que la potencia combinada del sistema híbrido requiere otro marco de medición; esta separación evita errores de clasificación al mezclar “potencia del sistema” con “potencia del ICE” sin un procedimiento trazable.

**TABLA XXII.**  
**PARÁMETROS NORMALIZADOS DE POTENCIA Y PROPORCIÓN DE**  
**ELECTRIFICACIÓN EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS SEGÚN SAE J1349 [29]**

<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Umbral</b>	<b>Justificación técnica</b>
Potencia neta del motor térmico (ICE)	kW	Declarada bajo SAE J1349	SAE J1349 establece el método estandarizado para medir potencia neta, permitiendo usar este valor como referencia objetiva en sistemas híbridos.
Relación potencia eléctrica / potencia total	%	$\geq 30\%$	La potencia térmica medida bajo SAE J1349 permite calcular el aporte eléctrico real y diferenciar electrificación relevante frente a asistencia leve.
Potencia combinada del sistema híbrido	kW	Determinada con referencia SAE	Permite comparar desempeño global del sistema híbrido frente a ICE convencional bajo medición homologada.
Corrección atmosférica normalizada	Factor de corrección	Aplicación obligatoria	SAE J1349 exige corrección por temperatura, presión y humedad, asegurando que la relación de potencias sea técnicamente válida y comparable.

La Tabla XXVI establece criterios técnicos para evaluar el grado de electrificación de un vehículo híbrido utilizando mediciones normalizadas conforme a la norma SAE J1349 [29]. En primer lugar, se considera la potencia neta del motor térmico (ICE), medida bajo un procedimiento estandarizado que garantiza comparabilidad objetiva entre vehículos. A partir de este valor, se calcula la relación entre la potencia eléctrica y la potencia total del sistema, fijando un umbral mínimo del 30 % para diferenciar una electrificación significativa frente a una simple asistencia leve. Asimismo, se analiza la potencia combinada del sistema híbrido, permitiendo comparar su desempeño global frente a un vehículo convencional.

## **2.7. Normas relacionadas a la Energía/capacidad de batería (métrica técnica real)**

Se presentan las normas relacionadas con la energía y capacidad de batería.

### 2.7.1. Norma internacional ONU–UNECE | UN GTR No. 22

En la Tabla XXIX la regulación técnica global (GTR) establece cómo medir y verificar la “durabilidad” de la batería en el vehículo (principalmente BEV y PHEV/OVC-HEV) usando indicadores normalizados de degradación y un esquema de verificación en uso [32]. Su objetivo práctico es que la batería mantenga un desempeño mínimo (energía utilizable y, en el futuro, alcance/rango) conforme envejece el vehículo, para proteger al usuario, al mercado de segunda mano y la efectividad ambiental de la electrificación [32].

TABLA XXIII.  
RESUMEN NORMA ONU–UNECE UN GTR NO. 22 [32]

Bloque normativo	Definición	Datos técnicos clave	Aporte a la categorización HEV/PHEV
Indicadores normativos de durabilidad	La durabilidad de la batería se evalúa mediante retención de energía y retención de rango.	$SOCE = \frac{UBE\_medida}{UBE\_certificada}$ ; $SOCR = \frac{Rango\_medido}{Rango\_certificado}$ .	Convierte la “batería” en un parámetro cuantitativo. Permite subclasificar HEV/PHEV por retención energética real, no por kWh nominal.
Umbral de desempeño (MPR)	Establece requisitos mínimos de retención para vehículos livianos de pasajeros.	$SOCE \geq 80\%$ a $\leq 5$ años o 100.000 km; $SOCE \geq 70\%$ a $> 5$ y $\leq 8$ años o 160.000 km (aplica tiempo o distancia, lo primero que ocurra).	Define fronteras objetivas para subclases por durabilidad (p. ej., PHEV-A alta durabilidad vs PHEV-B durabilidad estándar).
Método de medición de UBE	La UBE (Usable Battery Energy) se determina mediante un procedimiento reproducible basado en ciclo WLTP.	Ensayo WLTP abreviado (WLTC + fases de velocidad constante) hasta criterio de finalización.	Exige evidencia verificable: la subclase se basa en ensayo/monitor validado, no en marketing.
Muestreo y decisión estadística	La conformidad se decide por familia/versión mediante un esquema estadístico.	Tamaño de muestra 3 a 16 vehículos (escalable según zona de aceptación/rechazo).	Refuerza que la categorización se apoye en evidencia poblacional, no en un único vehículo.

La Tabla XXIX se constituyó como una matriz técnico–normativa de extracción, diseñada para convertir el contenido de la UN GTR No. 22 en variables de categorización verificables y no en una simple descripción documental. Por ello, su estructura separa cuatro capas: prioriza la relación parámetro método evidencia, porque en homologación y control técnico la clasificación solo es defendible cuando el criterio está respaldado por un método de medición estandarizado y un mecanismo de verificación reproducible.

TABLA XXIV.  
PARÁMETROS TÉCNICOS DE CAPACIDAD, DURABILIDAD Y FUNCIÓN DEL  
REESS EN LA CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS ELECTRIFICADOS (UN GTR  
NO. 22) [32]

Variable	Unidad	Umbral	Justificación técnica
Capacidad energética del REESS	kWh	$\geq 1$ kWh	UN GTR No. 22 reconoce al REESS como sistema de tracción principal en vehículos electrificados; capacidades $\geq 1$ kWh permiten electrificación funcional frente a sistemas 48V marginales.
Energía utilizable de la batería (UBE)	kWh	Medición obligatoria	Establece que la energía utilizable debe ser cuantificada bajo ensayo controlado, permitiendo evaluar aporte eléctrico real.
Retención de capacidad en vida útil	%	$\geq 70$ –80% (según ciclo aplicable)	Define criterios de durabilidad para asegurar que la batería mantenga desempeño eléctrico significativo durante su vida útil.
Cumplimiento ensayo de durabilidad REESS	Sí/No	Sí	Garantiza que la batería de tracción cumple requisitos técnicos internacionales, diferenciando electrificación estructural frente a soluciones auxiliares.
Sistema de almacenamiento como fuente de tracción	Sí/No	Sí	La norma aplica a sistemas donde el REESS participa directamente en la propulsión, diferenciando híbridos funcionales de asistencias leves.

La Tabla XXX establece criterios técnicos para evaluar el sistema de almacenamiento de energía recargable (REESS) como elemento estructural de tracción en vehículos electrificados, conforme a lineamientos de UN GTR No. 22. Se fija un umbral mínimo de capacidad energética ( $\geq 1$  kWh), lo que permite diferenciar sistemas con electrificación funcional frente a configuraciones de 48 V con aporte marginal. Asimismo, se exige la medición obligatoria de la energía utilizable de la batería (UBE) bajo ensayo controlado, asegurando una cuantificación objetiva del aporte eléctrico real. También se establecen criterios de retención de capacidad ( $\geq 70$ –80 %) para garantizar durabilidad y desempeño a lo largo de la vida útil, junto con el cumplimiento obligatorio de ensayos de durabilidad del REESS.

### 2.7.2. Norma internacional Reglamento (UE) 2023/1542

En la Tabla XXXI se establecen requisitos armonizados para baterías (incluye baterías de vehículos eléctricos y baterías para tracción), cubriendo el ciclo de vida: sostenibilidad (huella de carbono), seguridad, información/etiquetado, acceso a datos (BMS/SoH), pasaporte digital y circularidad (contenido reciclado, gestión de fin de vida). Es un marco “transversal” que aporta métricas técnicas comparables para diferenciar tecnologías

(incluidas las de HEV/PHEV) a partir de la batería de tracción y su desempeño verificable [33].

TABLA XXV.  
RESUMEN REGLAMENTO (UE) 2023/1542 [33].

Bloque (artículo/anexo)		Definición	Aporte a la categorización
Definición de “electric vehicle battery”	de	Define la batería de tracción como aquella diseñada para entregar potencia eléctrica para la propulsión.	Fija una regla de decisión clara: si la batería es de tracción, entra a evaluación técnica. Aplica plenamente a PHEV; en HEV depende de la arquitectura y del rol real de la batería.
Clases/umbrales por huella de ciclo de vida	por	Prevé clases de desempeño ambiental y la fijación de umbrales máximos de huella.	Permite una subclasificación por sostenibilidad (p. ej., PHEV-A / PHEV-B por huella de batería) cuando el país adopte estos criterios.
Etiquetado con capacidad	con	Exige declarar capacidad y un esquema de etiquetado/QR para ciertas baterías.	Estandariza la capacidad (kWh/Ah) como variable base para segmentar híbridos, especialmente PHEV por tamaño de batería.
Estado de salud (SoH) y vida esperada		Obliga a que el BMS mantenga datos actualizados de SoH y vida esperada, con acceso de solo lectura no discriminatorio.	Habilita métricas verificables de degradación: clave para diferenciar PHEV de alta contribución eléctrica vs HEV/PHEV de aporte limitado a lo largo del tiempo.
Parámetros (Anexo)	SoH	Define indicadores como SOCE (retención de energía certificada) y, cuando aplique, capacidad/potencia remanente y eficiencia.	Provee indicadores auditables para subclases basadas en retención energética y aptitud en servicio/segundo uso.
Desempeño durabilidad electroquímica (Anexo IV)	y	Establece la lógica para fijar mínimos de desempeño/durabilidad (actualizables por progreso técnico).	Aporta el marco lógico para exigir mínimos técnicos de batería como criterio de subclase, coherente con homologación (p. ej., alineable a GTR 22).

La Tabla XXXI se organiza por bloques normativos (artículos y anexos) porque el Reglamento 2023/1542 distribuye los requisitos por función técnica: Definiciones que delimitan qué batería se evalúa (batería de tracción), métricas cuantificables de sostenibilidad y trazabilidad (huella  $\text{kgCO}_2\text{e/kWh}$ , contenido reciclado mínimo), información mínima estandarizada (capacidad, masa, química), variables de desempeño en

el tiempo (SoH/vida esperada desde la BMS y parámetros del Anexo VII), y (5) instrumentos de verificabilidad (pasaporte digital con datos de uso).

Esta estructura permite mapear cada requisito hacia un parámetro de categorización HEV/PHEV (energía/capacidad, durabilidad/retención, operación real) y, además, incorporar fechas de aplicación para proponer una adopción gradual en Ecuador sin perder consistencia técnica

**TABLA XXVI.**  
**PARÁMETROS TÉCNICOS, AMBIENTALES Y DE TRAZABILIDAD DE LA BATERÍA DE TRACCIÓN EN LA CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS ELECTRIFICADOS [33]**

<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Umbral</b>	<b>Justificación técnica</b>
Capacidad nominal de batería de tracción	kWh	$\geq 1$ kWh (para electrificación funcional)	El reglamento aplica a baterías industriales y de tracción; capacidades $\geq 1$ kWh corresponden a sistemas de propulsión real y no asistencia leve 48V.
Estado de salud mínimo (SoH) en vida útil	%	$\geq 70$ –80% según aplicación	Establece requisitos de durabilidad que garantizan mantenimiento de capacidad significativa durante ciclo de vida.
Declaración de huella de carbono de batería	kg CO <sub>2</sub> /kWh	Obligatoria	Introduce trazabilidad ambiental, permitiendo jerarquizar subclases por impacto ambiental real.
Sistema de gestión de batería (BMS)	Sí/No	Obligatorio	Requiere monitoreo y control activo del REESS, diferenciando electrificación estructural frente a soluciones auxiliares.

La Tabla XXXII establece criterios técnicos, ambientales y de trazabilidad para validar la batería de tracción como elemento estructural de electrificación real en un vehículo. Se fija una capacidad nominal mínima ( $\geq 1$  kWh) para diferenciar sistemas de propulsión eléctrica funcional frente a asistencias leves de 48 V. Además, se exige un estado de salud mínimo (SoH  $\geq 70$ –80 %) para garantizar durabilidad y mantenimiento de capacidad durante la vida útil. Se incorporan requisitos de declaración de huella de carbono, permitiendo evaluar el impacto ambiental por kWh instalado. Asimismo, se establece la obligatoriedad de contar con un sistema de gestión de batería (BMS) y pasaporte digital, asegurando monitoreo, trazabilidad y verificabilidad de los parámetros energéticos.

### **2.7.3. Norma Regional California (CARB) | 13 CCR 1962.8**

En la Tabla XXXIII fija requisitos de garantía obligatoria para vehículos cero emisiones (ZEV) y, en lo relativo a la batería, también para PHEV (cuando buscan acreditar “vehicle

values” bajo el programa ZEV). Define qué componentes se consideran “propulsion-related parts”, establece duraciones de garantía, fija un umbral mínimo de estado de salud (SoH) para la batería durante 8 años/100.000 millas y describe un sistema de seguimiento de fallas por reclamos de garantía que puede activar acciones correctivas/recalls cuando se superan ciertos umbrales de fallas en un “test group” [34].

TABLA XXVII.  
RESUMEN NORMA 13 CCR 1962.8 [34]

Bloque normativo	Definición	Aporte a la categorización de híbridos
Alcance aplicabilidad /	Aplica a ZEV MY 2026+; la garantía de batería también aplica a PHEV 2026+ que se certifican para obtener “vehicle values” en California.	Permite crear la subclase PHEV “regulatoriamente robusto” (capaz de cumplir garantía SoH bajo este marco) vs PHEV sin ese respaldo.
Definición de “Battery” (batería de tracción)	Batería = dispositivo de almacenamiento eléctrico (celdas/módulos) usado para potencia tractiva en BEV/PHEV.	Aclara que el parámetro aplica al REESS de tracción (excluye 12V/auxiliares), limpiando la matriz de variables irrelevantes.
Definición de “Propulsion-related part”	Componentes que afectan directamente recarga, energía, propulsión y recuperación (motor(es), inversor, convertidores, OBC, electrónica, gestión térmica, freno regenerativo).	Habilita subclases por arquitectura y contenido tecnológico (p. ej., presencia de OBC, electrónica de potencia avanzada, thermal management de tracción).
Garantía de partes de propulsión (ZEV)	Las partes de propulsión deben estar garantizadas contra defectos que afecten la conformidad de certificación.	Aporta un criterio de robustez del tren electrificado; mayor complejidad/criticidad queda cubierta por plazos mayores → proxy de madurez tecnológica.
Garantía de batería (BEV y PHEV)	La batería debe mantenerse por encima de un umbral mínimo de SoH durante el periodo de garantía.	Parámetro clave: permite subclasificar por retención mínima de capacidad/energía en un horizonte tiempo kilometraje, como proxy fuerte del aporte eléctrico real.

La norma, que se muestra en la tabla anterior, en términos generales, descompone la CCR 1962.8 en bloques que, desde una perspectiva de ingeniería, equivalen a parámetros de desempeño y de cumplimiento. Como se resume en la Tabla XXIII, esta estructura permite traducir la regulación directamente en criterios operativos de categorización HEV/PHEV, tales como: “aplica / no aplica”, “umbral mínimo de retención de capacidad (SoH)” y “evidencia de confiabilidad por familia o *test group*”. De este modo, el modelo de subclases resulta técnicamente defendible al combinar métricas cuantitativas, horizonte de uso y trazabilidad regulatoria.

### **3. CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LOS VEHÍCULOS HÍBRIDOS ELÉCTRICOS PRESENTES EN EL ECUADOR.**

La caracterización tecnológica de los vehículos híbridos se desarrolla a continuación.

#### **3.1. Panorama del mercado ecuatoriano de VHE**

En los últimos años, Ecuador ha pasado por un crecimiento sostenido en la comercialización de vehículos híbridos, impulsado por la política de incentivo de tecnologías limpias, así como por cambios estructurales en el mercado automotor. En los meses de enero y mayo de 2025 se comercializaron 6399 vehículos híbridos, lo que representa un incremento del 11,2% en comparación con el año pasado, evidenciando la creciente aceptación de tecnologías de propulsión híbrida por parte de los consumidores ecuatorianos.[35]

Estadísticas más amplias señalan que los vehículos híbridos y eléctricos han registrado un crecimiento sostenido desde 2020, con el segmento representando una proporción cada

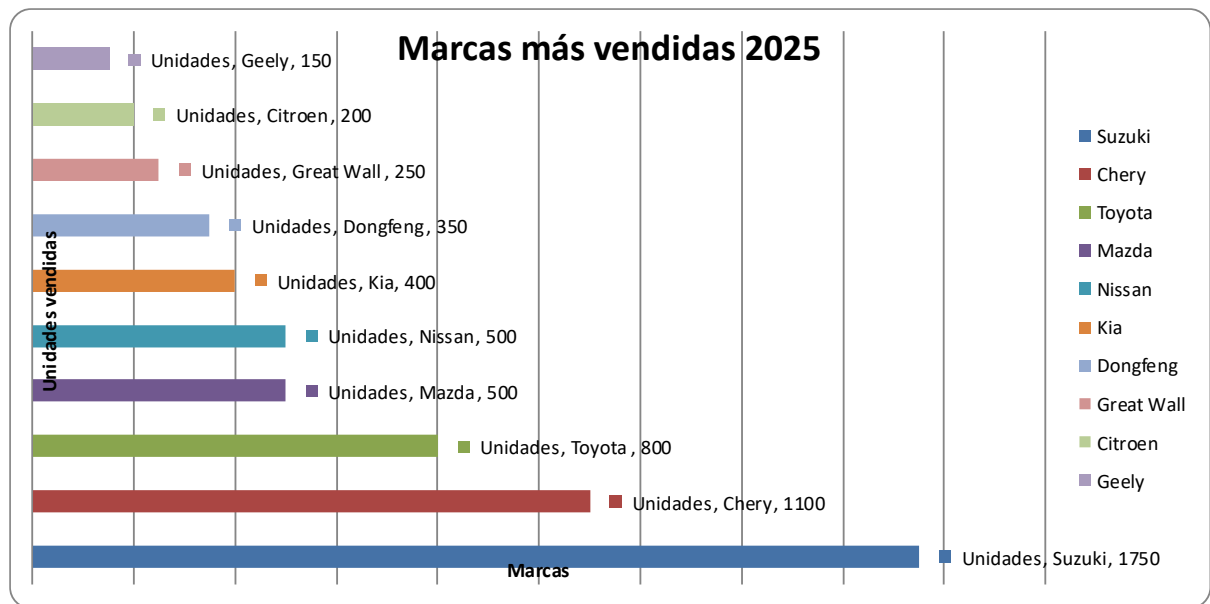
vez mayor de las ventas totales de vehículos nuevos en Ecuador, consolidándose como un componente relevante de la movilidad sostenible en el país.

### **3.2. Recopilación de vehículos híbridos comercializados en el Ecuador.**

La incorporación de información estadística del mercado automotor es un elemento clave dentro de un proceso de categorización técnica de vehículos híbridos, ya que permite contextualizar la propuesta normativa en función de la realidad del parque vehicular y de las preferencias del mercado [36].

De acuerdo con la información mostrada en la Fig. 6, durante el periodo 2024 la marca Suzuki se posiciona como la más vendida, con una diferencia significativa frente al resto de competidores. Este liderazgo resulta relevante desde el punto de vista técnico, ya que Suzuki ha incorporado de forma amplia tecnologías mild-hybrid (MHEV) en varios de sus modelos comercializados en la región, lo que implica una alta presencia de vehículos con electrificación parcial en el mercado [37]. En segundo lugar, se ubica Chery, evidenciando un crecimiento importante, seguido por Toyota, marca históricamente asociada a tecnologías full-hybrid (HEV), lo que refuerza su peso estratégico dentro de cualquier esquema de categorización de híbridos en el país.

En el Figura 7, el eje horizontal (X) representa las marcas automotrices comercializadas en el mercado ecuatoriano, mientras que el eje vertical (Y) indica el número de unidades vendidas durante el periodo analizado. La longitud de cada barra expresa proporcionalmente el volumen de ventas correspondiente a cada fabricante, permitiendo visualizar comparativamente la participación de mercado y su incidencia en la composición tecnológica del parque vehicular híbrido nacional.



**Fig. 7.** Datos estadísticos de las ventas de vehículos [37].

A partir de los datos de ventas más recientes (2025) que se muestran en la Tabla XLI y en continuidad con el análisis del periodo 2024, se visualizan unas tendencias de crecimiento por marca [38].

La marca que más vehículos nuevos vendió en Ecuador fue la surcoreana Kia, y creció un 14,4 % en ventas por los 19.141 vehículos que comercializó ese año, 2.414 unidades más que en 2024, lo que le valió para también liderar la participación en el mercado local, con el 15,4 % [38]. En la Tabla XLI se visualiza las marcas más vendidas en el año 2025 a nivel nacional

TABLA XXVIII.  
MARCAS MÁS VENDIDAS EN EL AÑO 2025 [37]

Marca	Unidades vendidas
Kia	19.141
Chevrolet	15.671
Hyundai	7.554
GWM	6.678
Toyota	6.123
Chery	5.660
Renault	4.810
Suzuki	4.534
JAC	4.047
Dongfeng	3.479
DFSK	3.320
Volkswagen	3.181

BYD	2.916
Mazda	2.637
Jetour	2.289
Foton	2.077
Nissan	1.772

Para construir el inventario tecnológico de vehículos híbridos, se adopta un criterio de levantamiento por marca, considerando que cada fabricante define su portafolio y denomina sus tecnologías híbridas bajo configuraciones y estrategias comerciales propias. En este sentido, el proceso inicia con la identificación de las marcas que comercializan vehículos híbridos en el mercado ecuatoriano y, a partir de cada una, se procede a extraer sistemáticamente los modelos y versiones híbridas ofertados durante el periodo de estudio. Esta extracción se realiza a partir de fuentes verificables (fichas técnicas oficiales, catálogos de concesionarios/importadores y documentación del fabricante), con el objetivo de evitar omisiones, duplicidades o registros basados únicamente en publicidad.

TABLA XXIX.  
MODELOS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS POR MARCA [37]

MARCA	MODELO DE VEHICULOS
Kia	Niro HEV
	Tucson Hybrid
Hyundai	Santa Fe Hybrid
	Kona Hybrid
GWM	Haval H6 Híbrido.
	Haval Jolion Hybrid
Toyota	Corolla Cross hybrid
	Corolla Sedán HV
	RAV4 HV
	Yaris Cross HV
	Tiggo 8 PRO e+

CHERY	TIGGO 7 PHEV “CSH” TIGGO 9 PHEV “CSH”
Renault	Boreal Arkana Koleos full hybrid e-tech
Susuki	S-Cross Nuevo SUZUKI Fronx XL7 Swift
DFSK	DFSK E5 (Híbrido) DFSK E5 Plus
BYD	song plus Shark
JETOUR	T2 PHEV
MG	ZS MG3
NISSAN	Qashqai e-POWER X-Trail e-POWER

---

### 3.3. Metodología de selección de los modelos representativos

El estudio emplea una clasificación, que inicia con la revisión normativa y el análisis del parque vehicular híbrido en el mercado nacional. Para construir el inventario tecnológico, se adopta un criterio de levantamiento por marca, identificando a los fabricantes que operan en Ecuador y extrayendo sistemáticamente sus modelos y versiones híbridas [39].

#### 3.3.1. Criterios de selección por volumen de ventas

La investigación utiliza estadísticas del mercado ecuatoriano obtenidas de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador para identificar las marcas líderes. Se reporta que entre enero y mayo de 2025 se comercializaron 6.399 vehículos híbridos (un incremento del

11.2% respecto al año anterior). Las marcas con mayor volumen de ventas generales incluyen a Kia (19,141 unidades), Chevrolet (15,671) y Hyundai (7,554), mientras que en el segmento híbrido específico destacan modelos como el Suzuki Swift Hybrid, el Toyota Corolla Cross y el Chery Tiggo 4 Pro.

### **3.3.2. Disponibilidad comercial**

Se seleccionan modelos y versiones que se encuentran efectivamente ofertados en el mercado ecuatoriano durante el periodo de estudio. La información se extrae de fuentes verificables como fichas técnicas oficiales, catálogos de concesionarios e importadores para evitar registros basados únicamente en publicidad. En la Tabla 9 del documento se listan modelos representativos con disponibilidad local, como el Kia Niro HEV, Hyundai Tucson Hybrid, Haval H6/Jolion Hybrid y la gama híbrida de Toyota (RAV4 HV, Yaris Cross HV).

## **3.4. Representatividad tecnológica**

El modelo técnico extrae un conjunto de variables técnicas verificables que permiten diferenciar los grados de hibridación. Los parámetros clave incluyen: el tipo de electrificación (MHEV, HEV, PHEV), la arquitectura (serie, paralelo, serie-paralelo), la presencia de modo 100% eléctrico (EV mode) y la tensión nominal del sistema (12V, 48V o alto voltaje). Este criterio permite categorizar modelos con "aporte eléctrico marginal" (como los Mild Hybrid de 48V) frente a híbridos completos o enchufables con autonomía eléctrica real.

### **3.4.1. Comparativa modelos híbridos comerciales**

La interpretación de la Tabla XLIII revela una marcada tendencia en el mercado ecuatoriano hacia la hibridación ligera o Mild Hybrid (MHEV), representada principalmente por modelos como el Suzuki Swift y el Chery Tiggo 4 Pro. Esta preferencia se debe a que estos vehículos ofrecen un costo de adquisición más competitivo, aunque técnicamente su nivel de electrificación es bajo, basándose en una arquitectura paralela donde el motor eléctrico solo asiste al térmico sin permitir una conducción 100% eléctrica. En contraste, los modelos Full Hybrid (HEV), liderados por el Toyota Corolla Cross y el Kia Niro, muestran una representatividad tecnológica superior al emplear arquitecturas de tipo serie-paralelo y baterías de mayor capacidad, lo que les permite operar en modo EV (eléctrico puro) en trayectos cortos [40]. El análisis de estas variables confirma la premisa de tu investigación: existe una brecha significativa entre lo que se comercializa

masivamente y el potencial de ahorro energético real, lo que justifica la implementación de tu Modelo Técnico para clasificar los vehículos no solo por su nombre comercial, sino por su verdadero grado de hibridación y eficiencia operativa dentro del marco regulatorio nacional.

TABLA XXX.  
COMPARATIVA DE MODELOS HÍBRIDOS COMERCIALES [38].

Modelo	Segmento Vehicular	Tipo de Hibridación	Arquitectura del Sistema	Capacidad de Batería (aprox.)	Potencia Combinada
Suzuki Swift Hybrid	Hatchback (B)	Mild Hybrid (MHEV)	Paralelo (Asistido)	0.12 kWh (12V)	89 hp
Chery Tiggo 4 Pro	SUV Compacto (B)	Mild Hybrid (MHEV)	Paralelo (BSG 48V)	0.40 kWh (48V)	147 hp
Toyota Corolla Cross	SUV Mediano (C)	Full Hybrid (HEV)	Serie-Paralelo	1.30 kWh	122 hp
Kia Niro HEV	SUV Mediano (C)	Full Hybrid (HEV)	Paralelo	1.56 kWh	139 hp
Hyundai Tucson Hybrid	SUV Mediano (C)	Full Hybrid (HEV)	Paralelo	1.49 kWh	230 hp
GWM Haval H6 HEV	SUV Grande (D)	Full Hybrid (HEV)	Serie-Paralelo	1.69 kWh	240 hp
Nissan X-Trail e-POWER	SUV Grande (D)	Full Hybrid (HEV)	Serie	2.10 kWh	205 hp

### 3.4.2. Integración del marco normativo nacional e internacional aplicables a vehículos híbridos

La normativa ecuatoriana vigente se complementa con normas y reglamentos internacionales para cubrir los aspectos técnicos específicos de los vehículos híbridos que no están definidos explícitamente a nivel nacional. La integración normativa permite seleccionar parámetros técnicos, definiciones y métodos de evaluación reconocidos internacionalmente, asegurando que la propuesta de categorización sea coherente, y aplicable al contexto regulatorio [39].

Para desarrollar el capítulo, es importante conocer las normativas más relevantes. La mayoría de las normativas a implementar son internacionales, ya que tienen bases técnicamente justificadas para la categorización de los vehículos. A continuación, se muestra el listado de normas:

- **UNECE R101:** Reglamento internacional que establece los procedimientos de medición del consumo de energía, las emisiones de CO<sub>2</sub> y la autonomía de los vehículos eléctricos e híbridos. Introduce criterios técnicos normalizados que dependen directamente del tipo de capacidad de la batería y el modo de operación eléctrica.
- **SAE J1715:** Establece los procedimientos de ensayo para la medición del consumo de combustible, consumo eléctrico y emisiones en vehículos híbridos eléctricos. Permite diferenciar técnicamente entre vehículos híbridos no enchufables (HEV) y vehículos híbridos enchufables (PHEV)
- **ISO 23274-2:2021:** Establece requisitos y métodos de ensayo para la determinación del consumo energético, la eficiencia y la autonomía eléctrica de vehículos híbridos enchufables y eléctricos. Proporciona criterios técnicos normalizados para evaluar el grado real de electrificación, en función de la capacidad de la batería
- **ISO 1585:2020:** establece el método normalizado para la determinación de la potencia neta del motor de combustión interna. Permite cuantificar de forma precisa la contribución del motor térmico dentro del sistema de propulsión híbrido.
- **UN GTR No. 22:** Establece un procedimiento armonizado a nivel global para la determinación del consumo de combustible, consumo eléctrico. Introduce un enfoque técnico que distingue el desempeño energético según el grado de electrificación y el modo de operación del sistema híbrido.
- **ONU-UNECE (WP.29):** Se desarrollan y coordinan los reglamentos técnicos internacionales aplicables a la homologación vehicular. Permite clasificar de manera coherente los vehículos híbridos según su grado de electrificación, tipo de recarga y comportamiento operativo.

### **3.4.3. Selección de parámetros técnicos según las normativas para la categorización**

De acuerdo con los lineamientos establecidos en normativas nacionales de clasificación vehicular y con criterios técnicos internacionales aplicables a vehículos electrificados, para la construcción de la propuesta de categorización se establece la extracción sistemática de un conjunto de variables técnicas verificables asociadas a la tecnología híbrida de cada modelo comercializado. A continuación, se presenta en la Tabla XLIV un listado de las variables a considerar para extraer los datos de cada vehículo:

TABLA XXXI.  
PARÁMETROS TÉCNICOS CLAVE PARA LA CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS

Parámetro clave	Descripción	Formato / unidad
Tipo de electrificación / tecnología	Define la subclase tecnológica del vehículo.	MHEV, HEV, PHEV, REEV, BEV, FCEV
Carga externa (enchufable)	Confirma si el vehículo se recarga desde la red eléctrica.	Sí / No
Modo 100% eléctrico (EV)	Indica si puede operar con tracción eléctrica pura.	Sí / No
Arquitectura del sistema	Configura el funcionamiento híbrido/eléctrico del tren motriz.	Serie, paralelo, power-split, EREV
Batería de tracción (energía)	Magnitud principal para diferenciar capacidad eléctrica disponible.	kWh
Autonomía eléctrica (si aplica)	Criterio cuantitativo para subclasificar PHEV/REEV/BEV.	km
Potencias del sistema (si se dispone)	Caracteriza el aporte eléctrico/térmico al desempeño.	kW o HP

Este conjunto de variables permite que la categorización no dependa de denominaciones comerciales, sino de características técnicas medibles y comparables, garantizando trazabilidad y coherencia para proponer subclases híbridas aplicables al contexto regulatorio ecuatoriano.

Además, funcionan como una lista de verificación para leer las fichas técnicas de forma uniforme y convertir la información comercial en datos comparables, lo que permite extraer parámetros concretos.

En conjunto, estas variables permiten:

1. **Estandarizar** la extracción de datos de fichas técnicas (misma plantilla para todas las marcas).

2. **Reducir ambigüedad** (si la marca usa nombres diferentes, tú decides con criterios técnicos).
3. **Construir reglas de decisión** (si–entonces) para asignar subclases de forma repetible.
4. **Hacer verificable** la categorización (cada subclase queda sustentada por datos medibles)

### 3.5. Definición de tecnología híbrida en los vehículos del mercado ecuatoriano

Conocer los distintos tipos de vehículos híbridos resulta fundamental para establecer definiciones técnicas precisas, ya que no todas las configuraciones híbridas ofrecen el mismo nivel de asistencia eléctrica, autonomía ni comportamiento operativo.

#### 3.5.1 Clasificación tecnológica según nivel de hibridación

La clasificación según el nivel de hibridación se explica a continuación.

#### 3.5.2. Mild hybrid (MHEV)

La subclase Mild Hybrid (MHEV) representa el nivel inicial de electrificación vehicular, caracterizado por la incorporación de un sistema eléctrico auxiliar que asiste al motor de combustión interna sin proporcionar tracción eléctrica independiente. Estos sistemas están orientados a mejorar la eficiencia mediante funciones de apoyo energético y recuperación de energía, sin habilitar conducción en modo 100 % eléctrico [42]. En la Tabla XLV se presenta el desglose técnico y los modelos representativos del mercado ecuatoriano correspondientes a esta subclase.

TABLA XXXII.  
CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA (MILD HYBRID) [41]

Subclase	Aspecto	Desglose técnico
	Sistema eléctrico auxiliar	Opera normalmente con un sistema de 48 V, orientado a asistencia energética y alimentación de componentes eléctricos, sin enfoque de tracción eléctrica plena.
Mild Hybrid (MHEV)	Función del motor eléctrico	Funciona como motor–generador integrado (ISG/BSG) para apoyar al motor de combustión en arranques y aceleraciones. No permite propulsión eléctrica independiente (tracción eléctrica nula o muy limitada).
	Recuperación de energía	Integra frenado regenerativo, recuperando energía durante desaceleración para almacenarla y reutilizarla como asistencia en fases posteriores.

Componentes clave	Motor–generador, batería Li-ion de baja capacidad, convertidor DC–DC (48V↔12V) y unidad de control electrónico (ECU) para gestión del sistema.
Autonomía eléctrica	No aplica: el sistema no habilita conducción 100% eléctrica, por lo tanto, no se reporta AER/EAER.
Modelos presentes en Ecuador	Suzuki: Suzuki Swift Hybrid (MHEV). Chery: Chery Tiggo 4 Pro Mild Hybrid.
Observación técnica	Puede comercializarse como “híbrido”, pero su aporte es principalmente asistencia y mejoras incrementales de eficiencia; no equivale a un HEV completo por ausencia de tracción eléctrica real.

### 3.5.3. Full Hybrid (HEV)

La subclase Full Hybrid (HEV) agrupa vehículos que combinan motor térmico y eléctrico con gestión automática de energía, permitiendo tracción eléctrica limitada en ciertas condiciones sin recarga externa. Normativamente se consideran NOVC-HEV, ya que la batería se recarga a bordo mediante el motor térmico y el frenado regenerativo [41]. En la Tabla XLVI se resumen sus características técnicas y modelos representativos en Ecuador.

TABLA XXXIII.  
CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA (FULL HYBRID) [42]

Subclase	Aspecto	Descripción técnica
Full Hybrid (HEV)	Gestión automática de energía	La unidad de control coordina de forma automática el motor térmico y el motor eléctrico para optimizar el consumo y reducir emisiones según la demanda de potencia.
	Tracción eléctrica independiente	Puede desplazarse solo con el motor eléctrico en condiciones de baja carga o velocidad, a diferencia de un MHEV (48 V) que solo asiste.
	Modo EV (100% eléctrico)	Permite operar en modo eléctrico puro por distancias cortas, típicamente ~1 a 3 km (según capacidad de batería y condiciones de uso).
	Tipo normativo de carga (NOVC-HEV)	Se clasifica como NOVC-HEV (Not Off-Vehicle Chargeable): no se recarga externamente. La energía

	eléctrica se genera a bordo por el motor térmico y/o por frenado regenerativo.
Recuperación de energía	Integra frenado regenerativo, convirtiendo energía cinética en energía eléctrica para recargar la batería de tracción durante desaceleraciones.
Modelos representativos en Ecuador	Toyota: Corolla Cross Hybrid, Corolla Sedán HV, RAV4 HV, Yaris Cross HV. Kia: Niro HEV. Hyundai: Tucson Hybrid, Santa Fe Hybrid, Kona Hybrid. GWM: Haval H6 Híbrido, Haval Jolion Hybrid.

### 3.5.4. Plug-in Hybrid (PHEV)

La subclase Plug-in Hybrid (PHEV) corresponde a vehículos híbridos con un alto nivel de electrificación, caracterizados por la recarga externa de la batería de tracción y una autonomía eléctrica significativa. Estos vehículos priorizan el uso de la energía eléctrica almacenada para la propulsión, permitiendo operar en modo 100 % eléctrico durante una parte sustancial de los recorridos diarios, especialmente en entornos urbanos [42]. En la Tabla XLVII se presentan las principales características técnicas que definen esta subclase dentro del modelo de categorización propuesto.

TABLA XXXIV.  
CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA (PLUG-IN HYBRID) [42]

Subclase	Aspecto	Desglose técnico
Plug-in Hybrid (PHEV)	Capacidad de recarga externa	Incorpora un sistema de carga externa que permite conectar el vehículo a la red eléctrica (doméstica o pública). Utiliza una batería de tracción de alta capacidad, generalmente de iones de litio (Li-ion), para almacenar energía proveniente de la red. A diferencia de un HEV convencional, el PHEV prioriza el uso de la energía eléctrica almacenada antes de activar el motor de combustión interna.
	Autonomía eléctrica	Presenta una autonomía eléctrica típica de 30 a 80 km por carga completa (dependiendo del modelo y condiciones de operación). Esta capacidad permite operar gran parte del recorrido urbano en modo eléctrico puro, reduciendo el consumo de combustible y las emisiones locales.

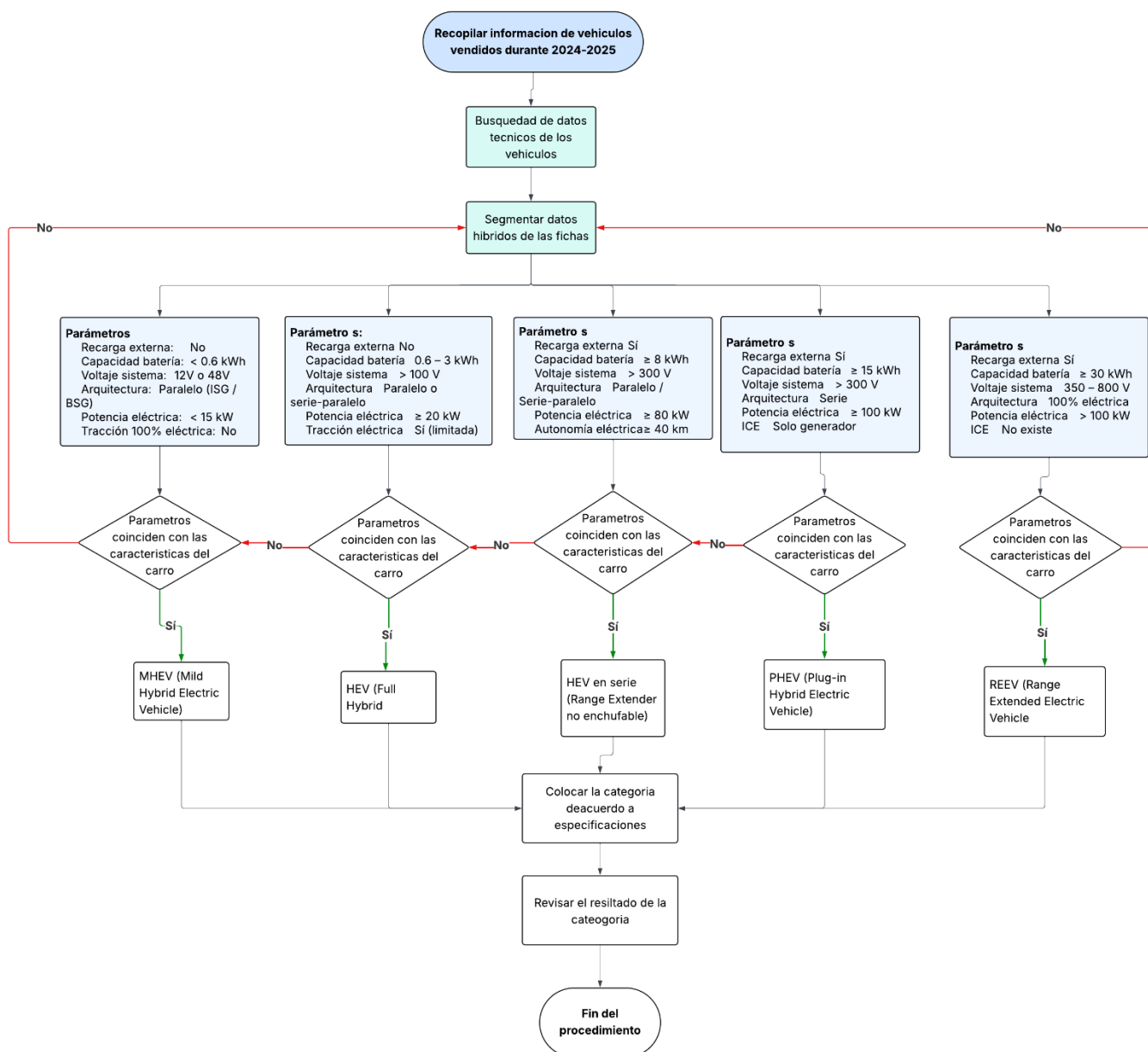
Tracción eléctrica	Dispone de alta capacidad de tracción eléctrica, pudiendo desplazarse a velocidades de carretera sin encender el motor térmico, siempre que exista carga suficiente en la batería de tracción.
--------------------	--

---

### **3.6. Diseño del modelo de decisión**

Este proceso a través de la herramienta metodológica que organiza la categorización técnica como un proceso lógico, secuencial y verificable, donde un conjunto de parámetros medibles del vehículo se evalúa en un orden definido para llegar a una única subclase final. Un árbol de decisión es la representación gráfica de ese proceso, la cual permitirá categorizar de manera correcta los vehículos del mercado ecuatoriano.

Aplicarlo es importante porque convierte la propuesta de categorización en un instrumento práctico para el marco regulatorio ecuatoriano: facilita el registro técnico, reduce ambigüedades en homologación y control, y fortalece la coherencia entre lo que el vehículo realmente es (tecnológicamente) y la categoría/subclase que se le asigna dentro del sistema de transporte nacional. A continuación, en la Fig. 8, se representa el árbol de decisión para la categorización.



**Fig. 8.** Árbol de decisión para la categorización vehicular.

Este diagrama está construido como un procedimiento secuencial que toma datos técnicos del vehículo y los compara con umbrales para asignar una subclase híbrida. Paso a paso, de forma breve:

1. Recopilar información (2024–2025): Se listan los vehículos híbridos comercializados en el periodo de estudio.
2. Búsqueda de datos técnicos: Para cada modelo se obtienen datos de ficha técnica (batería, voltaje, potencia eléctrica, arquitectura, recarga, etc.).

3. Segmentación de datos híbridos: Se separan únicamente los parámetros relevantes para la categorización (recarga externa, kWh, voltaje, potencia eléctrica, modo EV y arquitectura).
4. Comparación con bloques de criterios (umbrales): El modelo compara los datos del vehículo con cinco “paquetes” de requisitos: MHEV, HEV (Full), HEV en serie (no enchufable), PHEV, REEV
5. Nodo de decisión “¿Coinciden los parámetros?”: En cada bloque se evalúa si el vehículo cumple los requisitos. Sí: se asigna la categoría correspondiente, No: se pasa al siguiente bloque hasta encontrar coincidencia.
6. Asignación de categoría: Cuando hay coincidencia, se etiqueta el vehículo como MHEV, HEV, HEV en serie, PHEV o REEV según corresponda.
7. Revisión del resultado: Se verifica que la categoría asignada sea coherente con la ficha técnica y con la lógica del modelo.
8. Fin del procedimiento: Se obtiene la subclase final para el vehículo evaluado.

TABLA XXXV.  
DATOS REPRESENTATIVOS DEL ARBOL DE DECISIÓN

<b>Condición o parámetro (SI)</b>	<b>Resultado</b>	<b>Evidencia mínima</b>
Recarga externa = Sí Y capacidad batería $\geq 8$ kWh Y autonomía eléctrica $\geq 40$ km	Clasificar como PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)	Ficha técnica + capacidad batería (kWh) + declaración de autonomía eléctrica
Recarga externa = No Y voltaje sistema $\leq 48$ V Y potencia eléctrica $< 15$ kW	MHEV (Mild Hybrid Electric Vehicle)	Ficha técnica (tensión 12/48 V) + potencia motor eléctrico
Recarga externa = No Y capacidad batería entre 0.6 – 3 kWh Y voltaje $> 100$ V Y arquitectura paralelo / serie-paralelo	HEV-F (Full Hybrid)	Ficha técnica + documento técnico del tren motriz
Recarga externa = No Y arquitectura = Serie Y potencia eléctrica $\geq 70$ kW Y sistema alto voltaje ( $>200$ V)	HEV-S (Híbrido en serie / Range Extender no enchufable)	Documento técnico del fabricante (configuración serie)

F

Recarga externa = Sí Y arquitectura = Serie Y capacidad batería $\geq$ 15 kWh Y potencia eléctrica $\geq$ 100 kW	REEV (Range Extended Electric Vehicle)	icha técnica + manual del sistema híbrido
Recarga externa = Sí Y capacidad batería $\geq$ 30 kWh Y motor térmico no existe	BEV (Battery Electric Vehicle)	Certificado de homologación + ficha técnica

### 3.7. Definición del proceso de categorización de vehículos híbridos

Resulta imprescindible iniciar con la extracción estructurada de información técnica proveniente de las fichas oficiales de los fabricantes. Estas fichas constituyen la fuente primaria de datos declarados en el mercado ecuatoriano y son utilizadas como referencia en procesos de homologación, comercialización y registro vehicular.

La recopilación de esta información permite identificar de forma objetiva qué parámetros técnicos son declarados, cuáles presentan vacíos de información y en qué medida la denominación comercial de cada sistema híbrido se corresponde con su aporte eléctrico real. En este contexto, la Tabla XLIX presentada ilustra el primer ejercicio de levantamiento de datos para la marca Suzuki, cuyos modelos híbridos representan una fracción significativa del parque vehicular nacional.

TABLA XXXVI.  
CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS

	SUSUKI			
	S-Cross Hybrid	Fronx hybrid	XL7 hybrid	Swift hybrid
Tipo de electrificación declarado	SHVS (Smart Hybrid Vehicle)	SHVS (Smart Hybrid Vehicle)	SHVS (Smart Hybrid Vehicle)	SHVS (Smart Hybrid Vehicle)
Enchufable	No	No	No	No
Voltaje del sistema (V)	48	12	12	12
Capacidad batería (Wh)	350	No declara	No declara	No declara
Potencia motor eléctrico (HP)	16	3	3	3
Potencia de motor a combustión (HP)	127	102	103	80
Autonomía (km/gal)	70	85	75	93

Modo EV: sí/no (si lo declara)	No	No	No	No
Tipo de batería (Li-ion/NiMH)	Li-on	Li-on	Li-on	Li-on
Ciclo de consumo/CO <sub>2</sub> si aparece (WLTP/NEDC)	No declara	No declara	No declara	No declara

### 3.8. Identificación preliminar del nivel de electrificación

Una vez recopilados los datos, el primer criterio de análisis corresponde al nivel de electrificación, evaluado a partir de variables como la capacidad de carga externa, el voltaje del sistema eléctrico y el tipo de electrificación declarado por el fabricante.

Los modelos analizados se comercializan bajo el sistema SHVS (Smart Hybrid Vehicle System) y no cuentan con capacidad de carga externa, operando en sistemas de 12 V y 48 V. Este conjunto de características permite descartar su clasificación como vehículos híbridos enchufables (PHEV) o híbridos de alto voltaje, y ubicarlos preliminarmente dentro de la categoría de hibridación ligera (mild-hybrid).

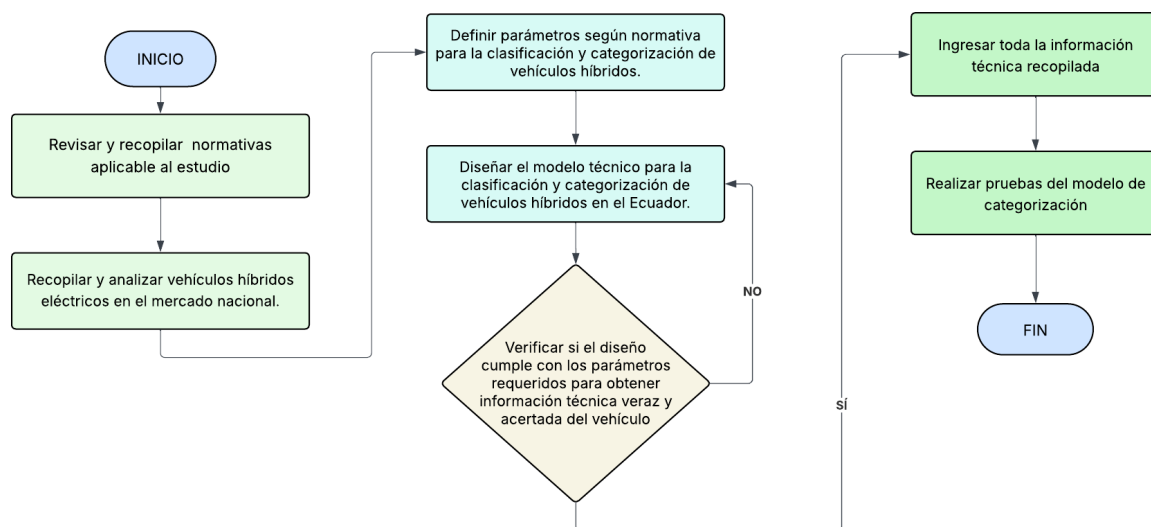
### 3.9. Determinación del grado de hibridación y aporte eléctrico real

Posteriormente, se evalúa el grado de hibridación, entendido como el nivel de contribución efectiva del sistema eléctrico a la tracción del vehículo. Para ello se analizan de manera conjunta la capacidad de la batería, la potencia del motor eléctrico y su relación con la potencia del motor de combustión interna.

Los valores observados reflejan que la potencia eléctrica disponible es significativamente inferior a la potencia térmica, y que la batería presenta capacidades reducidas (o no declaradas), lo cual confirma que el sistema eléctrico cumple principalmente funciones de asistencia energética, tales como apoyo al arranque, recuperación de energía y reducción de carga del motor térmico, sin capacidad de tracción eléctrica independiente.

#### 4. CAPÍTULO IV. DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE CATEGORIZACIÓN TÉCNICA DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS (HEV) EN EL MARCO REGULATORIO ECUATORIANO.

En la Fig. 9, se puede visualizar el flujograma que describe de manera secuencial y lógica la metodología que se emplea para la clasificación y categorización de vehículos híbridos en el Ecuador. Este proceso comienza con la revisión y recopilación de la normativa vigente aplicable al estudio que previamente ya se presentó en el capítulo 2, además el análisis del parque vehicular híbrido en el mercado nacional. Luego, se define los parámetros técnicos conforme a la normativa establecida, los cuales sirven como base para el diseño del modelo técnico de clasificación, se incorpora una etapa de verificación que permite la evaluación si el modelo propuesto cumple con los requisitos necesarios para obtención de información técnica confiable; si no cumple, el diseño es ajustado iterativamente, por último, una vez validado el modelo, se procede al ingreso de la información y a la realización de pruebas, concluyendo el proceso metodológico.



**Fig. 9.** Flujograma de la metodología

##### 4.1. Procedimiento de implementación del modelo

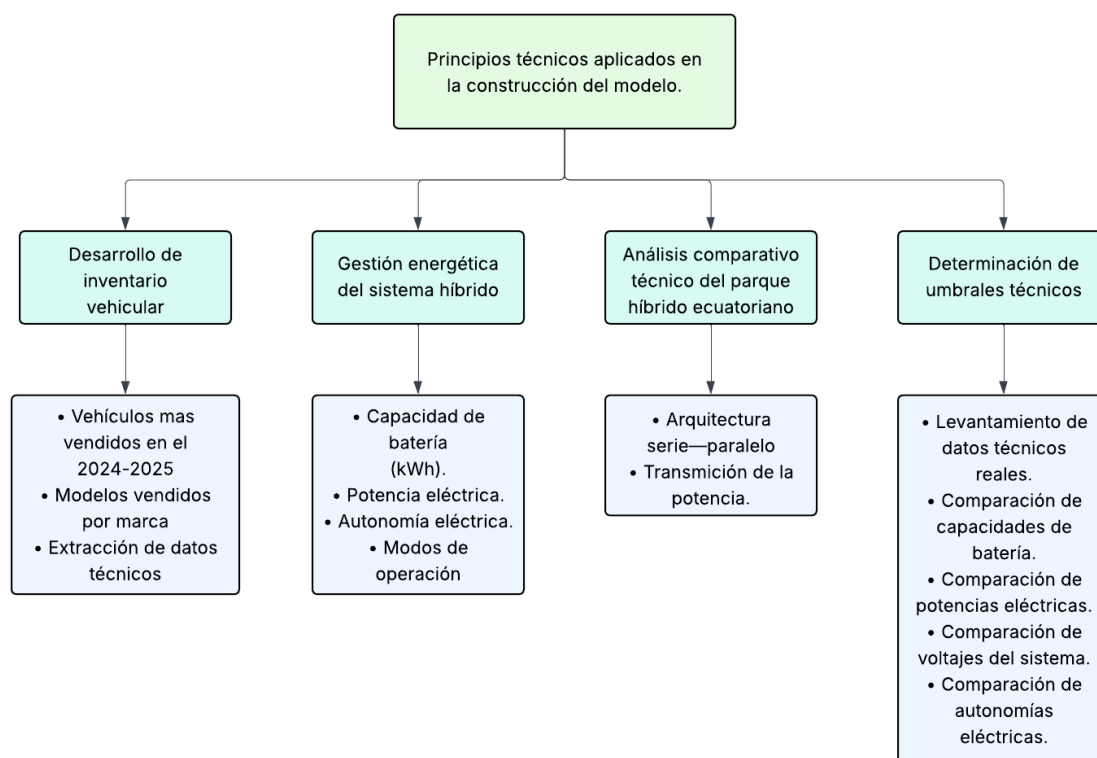
El procedimiento de implementación del modelo establece la metodología práctica mediante la cual se aplica la propuesta de categorización técnica a un vehículo híbrido específico. Este procedimiento tiene como finalidad asegurar que la asignación de la subclase se realice de forma ordenada, objetiva y verificable, utilizando información técnica disponible y criterios claramente definidos. De esta manera, se busca evitar

interpretaciones subjetivas o basadas únicamente en denominaciones comerciales, garantizando la repetibilidad del proceso.

#### 4.2 Fundamentos de Ingeniería Aplicados al Modelo de Categorización

El modelo técnico de categorización de vehículos híbridos se fundamenta en principios propios de la ingeniería automotriz que permiten evaluar objetivamente el comportamiento funcional del tren motriz híbrido. Estos fundamentos se apoyan en el estudio de la gestión energética, la arquitectura del sistema de propulsión, el análisis comparativo de parámetros técnicos cuantificables que reflejen el grado real de electrificación del vehículo.

En los apartados siguientes de la Fig.10, se desarrollan los elementos técnicos que sustentan el modelo:



**Fig. 10.** Mapa conceptual de los principios técnicos aplicados

A continuación, se presenta un estudio técnico del parque híbrido disponible en el mercado ecuatoriano, basado en parámetros medibles como capacidad de batería, potencia eléctrica y autonomía. Finalmente, se establece la determinación de umbrales técnicos para la categorización, definiendo criterios cuantitativos que permiten diferenciar objetivamente las subclases híbridas.

#### 4.2.1. Recolección de documentación técnica

En esta etapa se visualiza la Tabla L donde se realiza la recopilación de toda la información técnica necesaria para la caracterización del vehículo híbrido. Para ello, se consideran principalmente documentos oficiales o de carácter técnico, tales como fichas técnicas del fabricante o del representante comercial, documentos de homologación, manuales del vehículo y catálogos técnicos.

La recolección de esta información permite identificar las principales características del sistema híbrido, como el tipo de arquitectura, la presencia de componentes eléctricos, los parámetros de la batería y el modo de operación del tren motriz. Esta etapa es fundamental, ya que la calidad del resultado del modelo depende directamente de la confiabilidad de las fuentes utilizadas.

Se empieza buscando por la marca Suzuki reconocida por el desarrollo de vehículos compactos y eficientes. Se busca datos de los modelos S-Cross Hybrid, Fronx Hybrid, XL7 Hybrid y Swift Hybrid, representativos de su oferta híbrida.

TABLA XXXVII.  
CARACTERÍSTICA HÍBRIDA PRINCIPAL DE LOS VEHÍCULOS SUZUKI [43]

	<b>Voltaje del sistema (V)</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (HP)</b>	<b>Capacidad batería (Wh)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
<b>S-Cross Hybrid</b>	48	Paralelo – MHEV	16	350	MHEV (mild hybrid) 48V.
<b>Fronx hybrid</b>	12	Paralelo – MHEV	3	No declara	MHEV (mild hybrid) 12V
<b>XL7 hybrid</b>	12	Paralelo – MHEV	3	No declara	MHEV (mild hybrid) 12V
<b>Swift hybrid</b>	12	Paralelo – MHEV	3	No declara	MHEV (mild hybrid) 12V

La Tabla LI presenta las principales características técnicas del sistema híbrido empleadas en vehículos Toyota comercializados con tecnología Full Hybrid (HEV), considerando parámetros eléctricos fundamentales para su caracterización tecnológica. En ella se describen

variables como el voltaje del sistema híbrido, la arquitectura de propulsión tipo e-CVT power-split, la potencia del motor eléctrico y la capacidad energética de la batería, elementos que permiten identificar el nivel real de electrificación y el aporte eléctrico dentro del tren motriz.

TABLA XXXVIII.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS TOYOTA [44]

	<b>Voltaje del sistema (V)</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (HP)</b>	<b>Capacidad batería (Wh)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
Corolla Cross Hybrid	222	e-CVT (power-split)	72 HP	0.91	Full Hybrid (HEV)
Corolla Sedán Hybrid	201.6	e-CVT (power-split)	72 HP	1.45	Full Hybrid (HEV)
RAV4 Hybrid	252 / 244.8	e-CVT (power-split)	54 HP	1–2 (ref.)	Full Hybrid (HEV)
Yaris Cross Hybrid	177.6	e-CVT (power-split)	79 HP	0.76	Full Hybrid (HEV)

La Tabla LII presenta las características técnicas principales de los vehículos híbridos Hyundai Full Hybrid (HEV), destacando parámetros eléctricos relevantes para su identificación tecnológica dentro del proceso de categorización. Los modelos analizados emplean una arquitectura híbrida en paralelo, con sistemas de alto voltaje comprendidos entre 240 V y 270 V, motores eléctricos con potencias aproximadas de 32 a 47 kW y baterías de 5.5 Ah, lo que evidencia un aporte eléctrico significativo orientado a la asistencia y propulsión parcial del vehículo sin necesidad de recarga externa. Estos valores confirman su pertenencia a la categoría HEV, caracterizada por la combinación eficiente entre el motor térmico y eléctrico para mejorar el desempeño energético y reducir el consumo de combustible.

TABLA XXXIX.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS HYUNDAI [45]

	<b>Voltaje del sistema (V)</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (kW)</b>	<b>Capacidad batería (Ah)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
<b>Hyundai Tucson Hybrid</b>	270	Híbrido paralelo	47	5.5 Ah	Full Hybrid (HEV)
<b>Hyundai Santa Fe Hybrid</b>	270	Híbrido paralelo	44	5.5 Ah	Full Hybrid (HEV)
<b>Hyundai Kona Hybrid</b>	240	Híbrido paralelo	32	5.5 Ah	Full Hybrid (HEV)

La Tabla LIII presenta las características técnicas de los vehículos híbridos Nissan con tecnología e-POWER, destacando su particular arquitectura híbrida en serie, donde la tracción es completamente eléctrica y el motor de combustión actúa únicamente como generador de energía. Los modelos analizados operan con sistemas de alto voltaje entre 200 V y 349 V, baterías cercanas a 2.1 kWh y motores eléctricos de elevada potencia que permiten la propulsión eléctrica directa, evidenciando un alto grado de electrificación respecto a los híbridos convencionales. Estas características técnicas permiten clasificarlos como híbridos de tracción eléctrica predominante, constituyendo una subcategoría diferenciada dentro de los vehículos HEV por su comportamiento operativo similar al de un vehículo eléctrico.

TABLA XL.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS NISSAN [46]

	<b>Voltaje del sistema (V)</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (kW)</b>	<b>Capacidad batería (kWh)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
<b>Nissan Qashqai e- POWER</b>	346	Serie (e- POWER)	N/D (no separa en ficha)	2.1 kWh	Alto (tracción eléctrica)
<b>Nissan X- Trail e- POWER</b>	200	Serie (e- POWER / e- 4ORCE)	150 kW (del.) / 100 kW (tras.)	2.1 kWh	Alto (tracción eléctrica)
<b>Nissan Kicks e- POWER</b>	349	Serie (e- POWER)	100 kW	2.13 kWh	Alto (tracción eléctrica)

La Tabla LIV presenta las características técnicas principales de los vehículos Kia con tecnología Full Hybrid (HEV), destacando el empleo de una arquitectura híbrida paralela tipo TMED, en la cual el motor eléctrico trabaja en conjunto con el motor de combustión para asistir o impulsar el vehículo según las condiciones de operación. Los modelos analizados operan con sistemas eléctricos de 240 V a 270 V, motores eléctricos con potencias aproximadas entre 32 kW y 44,2 kW y baterías de 5.5 a 6.0 Ah, evidenciando un nivel de electrificación orientado a mejorar la eficiencia energética sin requerir recarga externa. Estos parámetros técnicos permiten confirmar su clasificación dentro de la categoría Full Hybrid (HEV) y constituyen variables clave para la evaluación del aporte eléctrico dentro del proceso de categorización vehicular.

TABLA XLI.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS KIA [47]

	<b>Voltaje del sistema (V)</b>	<b>Arquitectura híbrida (paralela)</b>	<b>Potencia eléctrica (kW)</b>	<b>Capacidad batería (Ah)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
<b>Kia Niro Hybrid</b>	240	TMED (paralela)	32 kW	5.5 Ah	Full Hybrid (HEV)
<b>Kia Sportage Hybrid</b>	270	TMED (paralela)	44 kW	5.5 Ah	Full Hybrid (HEV)
<b>Kia Sorento Hybrid</b>	240	TMED (paralela)	44,2 kW	6.0 Ah	Full Hybrid (HEV)

La tabla correspondiente a los vehículos Haval Hybrid (HEV) presenta las principales características técnicas del sistema híbrido utilizadas para su identificación dentro del proceso de categorización tecnológica, destacando el empleo de una arquitectura híbrida DHT de tipo serie-paralelo, la cual permite combinar tracción eléctrica y apoyo del motor térmico según la demanda de operación. Los modelos analizados operan con sistemas de alto voltaje cercanos a 336 V, motores eléctricos de elevada potencia entre 115 kW y 130 kW y baterías con capacidades aproximadas de 1.67 a 1.79 kWh, evidenciando un nivel de electrificación superior dentro de la categoría Full Hybrid (HEV). Estos parámetros reflejan un aporte eléctrico significativo en la propulsión del vehículo y constituyen variables técnicas fundamentales para evaluar el grado real de hibridación dentro del modelo de categorización propuesto.

TABLA XLII.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS HAVAL [48]

	<b>Voltaje del sistema (V)</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (kW)</b>	<b>Capacidad batería (Ah)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
<b>Haval H6</b>					
<b>Hybrid (HEV)</b>	335.8	DHT (serie– paralelo)	130 kW	≈1.79 kWh	Full Hybrid (HEV)
<b>Haval</b>					
<b>Jolion Hybrid (HEV)</b>	336–339	DHT (serie– paralelo)	115 kW	≈1.67–1.70 kWh	Full Hybrid (HEV)

La Tabla LVI presenta las características técnicas de los vehículos Chery con tecnología híbrida enchufable (PHEV), destacando un alto nivel de electrificación asociado al uso de arquitecturas híbridas DHT y 3DHT de tipo serie–paralelo, diseñadas para permitir operación eléctrica prolongada y recarga externa. Los modelos analizados operan con sistemas de alto voltaje de aproximadamente 350 V, motores eléctricos con potencias entre 126,7 kW y 150 kW y baterías de gran capacidad energética comprendidas entre 18,3 kWh y 34,46 kWh, lo que evidencia una significativa autonomía en modo eléctrico. Estos parámetros técnicos confirman su clasificación como Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) y reflejan un grado de hibridación elevado, constituyendo una referencia clara dentro del modelo de categorización por nivel de electrificación y aporte eléctrico real.

TABLA XLIII.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS CHERY [49]

	<b>Voltaje del sistema (V)</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (kW)</b>	<b>Capacidad batería (kWh)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
<b>Chery Tiggo 8 PRO e+ (PHEV)</b>	350 V	DHT (serie– paralelo)	126,7	19.27	PHEV
<b>Chery TIGGO 7 PHEV CSH</b>	350 V	DHT / CSH (serie–paralelo)	150	18.3	PHEV
<b>Chery TIGGO 9 PHEV CSH</b>	350 V	3DHT (serie– paralelo)	150	34.46	PHEV

La Tabla LVII presenta las características técnicas de los vehículos Renault con tecnologías híbridas MHEV y Full Hybrid (HEV), evidenciando distintos niveles de electrificación dentro de una misma marca. Los modelos Full Hybrid analizados operan con sistemas de alto voltaje entre 230 V y 316 V, motores eléctricos con potencias aproximadas de 36 kW a 73 kW y baterías con capacidades entre 1.2 kWh y 1.64 kWh, lo que permite asistencia eléctrica y operación parcial en modo eléctrico sin recarga externa. En contraste, el sistema MHEV funciona con bajo voltaje ( $\approx 12$  V) y sin datos relevantes de capacidad energética, reflejando un aporte eléctrico limitado orientado únicamente a apoyo auxiliar del motor térmico. Estas diferencias permiten identificar claramente el grado de hibridación y respaldan la categorización técnica entre microhíbridos y híbridos completos dentro del modelo propuesto.

TABLA XLIV.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS RENAULT [50]

	<b>Voltaje del sistema (V)</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (kW)</b>	<b>Capacidad batería (kWh)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
<b>Renault Boreal Hybrid</b>	230 V ref.)	HEV (referencial)	36	1.2 kWh	Full Hybrid (HEV)
<b>Renault Arkana Hybrid</b>	12	MHEV (paralela)	N/D	N/D	MHEV
<b>Renault Koleos Full Hybrid E- Tech</b>	316	Full Hybrid con DHT	73	1.64 kWh	Full Hybrid (HEV)

La Tabla LVIII presenta las características técnicas de los vehículos JAC con tecnologías híbridas HEV y MHEV, evidenciando diferentes niveles de electrificación dentro de la gama analizada. Los modelos clasificados como Full Hybrid (HEV) operan con sistemas de alto voltaje cercanos a 349 V–350 V, arquitecturas híbridas paralelas o tipo DHT, y baterías con capacidades aproximadas entre 1.9 kWh y 2.0 kWh, lo que permite un aporte eléctrico significativo en la propulsión y mejora de la eficiencia energética sin recarga externa. En contraste, el modelo MHEV presenta ausencia de parámetros eléctricos relevantes, reflejando un sistema de asistencia ligera orientado únicamente al apoyo del motor térmico. Estas

características permiten diferenciar claramente el grado de hibridación y respaldan la clasificación técnica dentro del modelo de categorización propuesto.

TABLA XLV.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS JAC [51]

	<b>Voltaje del sistema (V)</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (kW)</b>	<b>Capacidad batería (kWh)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
<b>T5 EVO Hybrid</b>	349 V	HEV (paralela / DHT)	130 kW	2.0 kWh	Full Hybrid (HEV)
<b>A60 MAX Híbrido</b>	N/D	MHEV (paralela)	N/D	N/D	MHEV
<b>HUGE Full Hybrid</b>	350 V	HEV (Full Hybrid)	N/D	1.9 kWh	Full Hybrid (HEV)

La Tabla LIX presenta las características técnicas de los vehículos DFSK con tecnología híbrida enchufable (PHEV), destacando un elevado nivel de electrificación asociado a sistemas de alto voltaje cercanos a 350 V, arquitecturas híbridas paralelas con transmisión e-CVT y motores eléctricos con potencias comprendidas entre 130 kW y 162,5 kW. Asimismo, incorporan baterías de gran capacidad energética entre 17.5 kWh y 18.4 kWh, lo que permite operación prolongada en modo totalmente eléctrico mediante recarga externa. Estos parámetros técnicos confirman su clasificación dentro de la categoría PHEV, evidenciando un alto aporte eléctrico en la propulsión y constituyendo una referencia relevante para la categorización de vehículos híbridos según su nivel de electrificación y autonomía eléctrica.

TABLA XLVI.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS DFSK [52]

	<b>Voltaje del</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (kW)</b>	<b>Capacidad batería (kWh)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
--	------------------------	---------------------------------	--	--	---------------------------------

<b>sistema</b>					
<b>(V)</b>					
<b>DFSK E5</b>	350 V	PHEV	130	17.5 kWh	PHEV
<b>(Híbrido / PHEV)</b>	ref.)	(paralela, e-CVT)			
		PHEV			PHEV
<b>DFSK E5 Plus</b>	350 V	(paralela, e-CVT)	162,5	18.4 kWh	
<b>(PHEV)</b>	ref.)				

La Tabla LX presenta las características técnicas de los vehículos BYD con tecnología híbrida enchufable (PHEV), destacando el empleo de sistemas DM-i y DM-O basados en la plataforma EHS (Electric Hybrid System), orientados a maximizar la propulsión eléctrica. Los modelos analizados operan con sistemas de alto voltaje de aproximadamente 350 V, motores eléctricos de elevada potencia que alcanzan hasta 170 kW en el eje delantero y 149 kW en el trasero, junto con baterías de gran capacidad energética entre 18.3 kWh y 29.6 kWh, permitiendo una amplia operación en modo eléctrico mediante recarga externa. Estas características evidencian un alto grado de electrificación, confirmando su clasificación como PHEV y posicionándolos como sistemas híbridos de desempeño eléctrico predominante dentro del modelo de categorización propuesto.

TABLA XLVII.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS BYD [53]

	<b>Voltaje del sistema</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (kW)</b>	<b>Capacidad batería (kWh)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
	<b>(V)</b>				
<b>BYD Song Plus DM-i</b>	350 V	PHEV DM-i	150 kW	18.3	PHEV
<b>(Súper Híbrido)</b>	ref.)	(EHS)			

<b>BYD Shark</b>	350 V	PHEV DM-O	Front 170	29.6	PHEV
<b>DM-O</b>	ref.)	AWD (EHS)	kWh +		
<b>(Súper</b>			Rear 149		
<b>Híbrido)</b>					

La Tabla LXI presenta las características técnicas del vehículo Jetour T2 con tecnología híbrida enchufable (PHEV), destacando una arquitectura híbrida paralela orientada a la propulsión eléctrica asistida y operación combinada con el motor térmico. El modelo incorpora un motor eléctrico con potencia aproximada de 74 kW y una batería de alta capacidad cercana a 30 kWh, lo que permite una operación extendida en modo totalmente eléctrico mediante recarga externa. Aunque el voltaje del sistema no se encuentra especificado, la elevada capacidad energética evidencia un alto grado de electrificación, confirmando su clasificación dentro de la categoría PHEV y su relevancia para la categorización técnica basada en el aporte energético eléctrico del sistema híbrido.

TABLA XLVIII.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS JETOUR [54]

	<b>Voltaje del sistema (V)</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (kW)</b>	<b>Capacidad batería (kWh)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
<b>Jetour T2 PHEV</b>	N/D	HEV (paralela)	74 kW	30 kWh	PHEV

La Tabla LXII presenta las características técnicas de los vehículos MG con tecnología Full Hybrid (HEV – Hybrid+), destacando el uso de una arquitectura híbrida de tracción delantera (FWD) orientada a la asistencia eléctrica en la propulsión del vehículo sin necesidad de recarga externa. Los modelos analizados incorporan motores eléctricos con potencias aproximadas de 100 kW y baterías con capacidad cercana a 1.83 kWh, lo que evidencia un aporte eléctrico significativo enfocado en la mejora de la eficiencia energética y reducción del consumo de combustible. Aunque el voltaje del sistema no es declarado oficialmente, se estima un sistema de alto voltaje cercano a 350 V, permitiendo su clasificación dentro de la categoría Full Hybrid (HEV) y su inclusión en el proceso de categorización técnica según el nivel de electrificación.

TABLA XLIX.  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS MG [55]

	<b>Voltaje del sistema (V)</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Potencia eléctrica (kW)</b>	<b>Capacidad batería (kWh)</b>	<b>Grado de hibridación</b>
<b>MG 3 HEV (Hybrid+)</b>	No declara (ref. 350 V)	HEV, FWD, transmisión	100 kW	1.83 kWh	Full Hybrid (HEV)
<b>MG ZS HEV (Hybrid+)</b>	No declara (ref. 350 V)	HEV, FWD, transmisión	100 kW	1.83 kWh	Full Hybrid (HEV)

#### 4.2.2. Validación de datos verificables

Una vez recopilada la información, se procede a la validación de los datos técnicos obtenidos. Esta validación consiste en revisar que los valores registrados sean coherentes, consistentes entre diferentes fuentes y expresados en unidades adecuadas. Además, se verifica que los datos correspondan a la versión específica del vehículo analizado y no a modelos similares o de otros mercados.

En esta etapa también se identifican datos incompletos o no verificables, los cuales no se consideran para la aplicación del modelo, con el fin de mantener la confiabilidad del proceso de categorización.

#### 4.2.3. Ingreso de variables al modelo

Los datos técnicos previamente validados se transforman en variables de entrada del modelo de categorización. Estas variables se organizan de forma estructurada, permitiendo su correcta interpretación dentro del modelo.

El ingreso de variables facilita la estandarización del análisis, ya que todos los vehículos son evaluados bajo los mismos criterios técnicos, independientemente de la marca o el segmento al que pertenezcan. De esta forma, el modelo puede ser aplicado a diferentes vehículos híbridos sin modificar su estructura base.

#### 4.2.4. Aplicación de reglas de decisión

En esta fase se aplican las reglas de decisión definidas en el modelo, las cuales permiten determinar la subclase del vehículo híbrido. Dichas reglas se basan en criterios técnicos claros, como el nivel de electrificación, la posibilidad de tracción eléctrica, la presencia de carga externa y las características del sistema de almacenamiento de energía.

La aplicación de estas reglas se realiza de manera secuencial, siguiendo una lógica que permite descartar o confirmar determinadas subclases hasta llegar a un resultado único. Este enfoque asegura que la clasificación obtenida responda a condiciones técnicas verificables y no a criterios subjetivos.

#### 4.2.5. Asignación de subclase

Como resultado de la aplicación de las reglas de decisión, se asigna la subclase correspondiente al vehículo híbrido analizado. Esta subclase representa de manera técnica el tipo de hibridación presente en el vehículo, considerando su arquitectura y funcionamiento.

La asignación de la subclase se acompaña de una breve justificación técnica, en la cual se indican las variables más relevantes que influyeron en el resultado obtenido, fortaleciendo la transparencia del proceso.

El proceso de categorización se fundamenta principalmente en: la capacidad y el tipo de batería de tracción (expresada en kWh y voltaje del sistema), la presencia o ausencia de recarga externa, el rol del motor eléctrico dentro del tren motriz (asistencia, tracción parcial o tracción principal), y la arquitectura de funcionamiento del sistema híbrido (paralela, serie o combinada). Estos criterios permiten diferenciar de manera objetiva entre híbridos ligeros (MHEV), híbridos completos auto recargables (HEV), híbridos enchufables (PHEV) y configuraciones híbridas en serie tipo range extender. En la tabla LXIII se desarrolla la categorización de los vehículos, la cual se muestra por marca con sus respectivos datos técnicos.

TABLA L.  
CATEGORIZACIÓN DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS DE ACUERDO CON LOS  
PARÁMETROS TÉCNICOS.

<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Tipo de electrificación comercial</b>	<b>Arquitectura híbrida</b>	<b>Capacidad de batería aprox.</b>	<b>Recarga externa</b>	<b>Tipo de vehículo híbrido (categorización técnica)</b>
--------------	---------------	--	-----------------------------	------------------------------------	------------------------	--

<b>Toyota</b>	Corolla Cross Hybrid	Hybrid	Paralelo / power-split	$\approx 1-1.6$ kWh	No	HEV (Full Hybrid)
<b>Toyota</b>	Corolla Sedán HV	Hybrid	Paralelo / power-split	$\approx 1-1.6$ kWh	No	HEV (Full Hybrid)
<b>Toyota</b>	RAV4 HV	Hybrid	Paralelo / power-split	$\approx 1.6$ kWh	No	HEV (Full Hybrid)
<b>Toyota</b>	Yaris Cross HV	Hybrid	Paralelo / power-split	$\approx 0.8-1.0$ kWh	No	HEV (Full Hybrid)
<b>Hyundai</b>	Tucson Hybrid	Hybrid	Paralelo	$\approx 1.5$ kWh	No	HEV (Full Hybrid)
<b>Hyundai</b>	Santa Fe Hybrid	Hybrid	Paralelo	$\approx 1.5$ kWh	No	HEV (Full Hybrid)
<b>Hyundai</b>	Kona Hybrid	Hybrid	Paralelo	$\approx 1.3$ kWh	No	HEV (Full Hybrid)
<b>Kia</b>	Niro Hybrid	Hybrid	Paralelo	$\approx 1.3$ kWh	No	HEV (Full Hybrid)
<b>Kia</b>	Sportag e Hybrid	Hybrid	Paralelo	$\approx 1.5$ kWh	No	HEV (Full Hybrid)
<b>Kia</b>	Sorento Hybrid	Hybrid	Paralelo	$\approx 1.0$ kWh	No	HEV (Full Hybrid)
<b>Kia</b>	Stonic	Mild Hybrid 48V	Paralelo (BSG)	$< 0.5$ kWh	No	MHEV
<b>Suzuki</b>	S-Cross Hybrid	SHVS 48V	Paralelo (ISG)	$< 0.5$ kWh	No	MHEV
<b>Suzuki</b>	Fronx Hybrid	SHVS 12V	Paralelo (ISG)	$< 0.5$ kWh	No	MHEV
<b>Suzuki</b>	XL7 Hybrid	SHVS 12V	Paralelo (ISG)	$< 0.5$ kWh	No	MHEV

<b>Suzuki</b>	Swift Hybrid	SHVS 12V	Paralelo (ISG)	<0.5 kWh	No	MHEV
<b>Renault</b>	Arkana Hybrid	Hibridación 12V	Paralelo (ISG)	<0.5 kWh	No	MHEV
<b>Renault</b>	Koleos Full Hybrid E-Tech	Full Hybrid	Serie-Paralelo (DHT)	≈1.6 kWh	No	HEV
<b>Renault</b>	Boreal Hybrid	Hybrid	No definida	N/D	N/D	Pendiente de verificación
<b>GWM</b>	Haval H6 Hybrid	Hybrid	Paralelo	≈1.6 kWh	No	HEV
<b>GWM</b>	Haval Jolion Hybrid	Hybrid	Paralelo	≈1.6 kWh	No	HEV
<b>Dongfeng g</b>	T5 EVO Hybrid	Hybrid	Paralelo	≈2.0 kWh	No	HEV
<b>Dongfeng g</b>	A60 MAX Hybrid	Hybrid	Paralelo	N/D	No	HEV
<b>Dongfeng g</b>	HUGE Full Hybrid	Full Hybrid	Paralelo	≈1.9 kWh	No	HEV
<b>Nissan</b>	Qashqai e-POWER R X-Trail	e-POWER	Serie	≈1.8 kWh	No	HEV en serie
<b>Nissan</b>	e-POWER R	e-POWER	Serie	≈1.8 kWh	No	HEV en serie

<b>Nissan</b>	Kicks e- POWE R	e-POWER	Serie	≈1.8 kWh	No	HEV en serie
<b>Chery</b>	Tiggo 8 Pro e+	PHEV	Serie- Paralelo	≈19–20 kWh	Sí	PHEV
<b>Chery</b>	Tiggo 7 PHEV	PHEV	Serie- Paralelo	≈18–19 kWh	Sí	PHEV
<b>Chery</b>	Tiggo 9 PHEV	PHEV	Serie- Paralelo	≈19–20 kWh	Sí	PHEV
<b>DFSK</b>	E5	PHEV	Paralelo	≈17.5 kWh	Sí	PHEV
<b>DFSK</b>	E5 Plus	PHEV	Paralelo	≈18–25 kWh	Sí	PHEV
<b>BYD</b>	Song Plus DM-i	Súper Híbrido	PHEV (DM- i)	≈18.3 kWh	Sí	PHEV
<b>BYD</b>	Shark DM-O	Súper Híbrido	PHEV AWD	≈29.6 kWh	Sí	PHEV
<b>Jetour</b>	T2 PHEV	PHEV	Paralelo (DHT)	≈30 kWh	Sí	PHEV
<b>MG</b>	MG 3 Hybrid +	Hybrid+	Paralelo	≈1.8 kWh	No	HEV
<b>MG</b>	ZS Hybrid +	Hybrid+	Serie- Paralelo	≈1.8 kWh	No	HEV

#### 4.2.6. Registro del resultado y respaldo documental

Finalmente, el resultado de la categorización se registra en un formato técnico estandarizado, donde se consignan los datos generales del vehículo, las variables utilizadas, la subclase asignada y las fuentes de información empleada.

Este registro permite contar con un respaldo documental que facilite la revisión del proceso, la comparación entre distintos vehículos y la posible actualización del modelo en el futuro. Además, garantiza la trazabilidad de la información utilizada, aspecto importante para su aplicación en contextos académicos o regulatorios.

### **4.3. Validación del modelo**

La validación del modelo se realiza con el propósito de comprobar que la propuesta de categorización técnica funciona en condiciones reales y que los resultados obtenidos son consistentes con el marco normativo analizado. En una tesis, esta etapa es importante porque permite demostrar que el modelo no solo es correcto en teoría, sino que también es aplicable a vehículos híbridos disponibles en el mercado ecuatoriano y que sus salidas pueden sostenerse con evidencia técnica y documental.

#### **4.3.1 Aplicación a vehículos híbridos reales del mercado ecuatoriano**

Para validar el modelo, se lo aplica a un conjunto de vehículos híbridos que actualmente se comercializan en el Ecuador. Esta prueba práctica permite evaluar si el modelo es capaz de asignar una subclase de manera clara utilizando información técnica disponible (por ejemplo, fichas técnicas, catálogos del fabricante, manuales, datos declarados por el representante comercial u otros documentos relacionados con homologación).

Durante la aplicación, se registra para cada vehículo: Si se logró recopilar información suficiente, qué variables fueron determinantes para la decisión, y si existieron limitaciones por falta de datos o inconsistencias entre fuentes. Con esto se puede medir la factibilidad del modelo en el contexto real, donde muchas veces la información técnica no está completa o no se presenta con el mismo nivel de detalle entre marcas.

#### **4.2.2 Verificación de coherencia normativa**

Como complemento, se realiza una verificación de coherencia normativa para asegurar que la subclase asignada por el modelo no contradiga definiciones, criterios o estructuras de clasificación presentes en la normativa seleccionada para la investigación. En esta etapa se contrasta cada resultado del modelo con los criterios normativos que justifican las variables usadas.

Este análisis permite confirmar que el modelo mantiene compatibilidad con el sistema regulatorio y, al mismo tiempo, evidencia posibles brechas normativas, como variables técnicas relevantes que no estén explícitamente establecidas en una norma nacional, pero que sí resultan necesarias para diferenciar subclases con mayor precisión.

## 5. CAPÍTULO IV. RESULTADOS

La aplicación del modelo técnico de categorización permitió evidenciar de manera objetiva que la clasificación actual de los vehículos híbridos en el mercado ecuatoriano no refleja adecuadamente el nivel real de electrificación de los sistemas de propulsión. El modelo permitió identificar de forma consistente un grupo de vehículos que sí cumplen con los criterios técnicos para ser clasificados como híbridos completos (HEV). Estos vehículos presentan arquitecturas híbridas en paralelo o serie-paralelo (power split), sistemas eléctricos de alto voltaje y capacidades de batería típicamente comprendidas entre 1 y 2 kWh.

TABLA LI.  
DISTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS POR SUBCLASE TÉCNICA

Subclase	Número de modelos
MHEV	6
HEV (Full Hybrid)	15
HEV en serie	3
PHEV	9

En la Tabla LXIV, se observa que la mayoría de los vehículos analizados corresponden a la categoría HEV (Full Hybrid), seguidos por los PHEV y los híbridos en serie tipo e-POWER. Los MHEV representan el menor porcentaje, caracterizándose por sistemas de baja electrificación

TABLA LII.  
HUELLA TÉCNICA POR SUBCLASE HÍBRIDA

Subclase	Recarga externa	Arquitectura típica	Capacidad batería típica (kWh)
MHEV	No	Paralelo (ISG/BSG)	<0.5
HEV (Full)	No	Paralelo / Power-split	0.8 – 2.0
HEV en serie	No	Serie (e-POWER)	≈1.8
PHEV	Sí	Paralelo / Serie-paralelo	17 – 30

La Tabla LXV anterior permite identificar claramente las diferencias técnicas entre subclases. Los PHEV se distinguen por su elevada capacidad energética y recarga externa, mientras que los MHEV presentan baterías de baja capacidad y sistemas de 12V o 48V. Los HEV en serie se diferencian por la tracción eléctrica predominante.

TABLA LIII.  
MODELOS REPRESENTATIVOS POR SUBCLASE

<b>Subclase</b>	<b>Modelos representativos</b>	<b>Justificación técnica resumida</b>
MHEV	Suzuki SHVS, Kia Stonic	Sistema 12V/48V, batería <0.5 kWh
HEV (Full)	Toyota Hybrid, Hyundai/Kia Hybrid	Power-split/paralelo, 0.8–2.0 kWh
HEV en serie	Nissan e-POWER	Arquitectura serie, tracción eléctrica permanente
PHEV	BYD DM-i, Chery PHEV, Jetour T2	Recarga externa, batería >17 kWh

Los resultados demuestran que el modelo de categorización permite diferenciar objetivamente las tecnologías híbridas presentes en el mercado, estableciendo criterios claros basados en arquitectura, capacidad energética y condición de recarga externa.

Además, muestra una proporción significativa de los vehículos analizados corresponde técnicamente a configuraciones de hibridación ligera (MHEV), caracterizadas por sistemas eléctricos de bajo voltaje (12 V o 48 V), baterías de capacidad reducida y ausencia total de tracción eléctrica independiente. En estos casos, el sistema eléctrico cumple funciones auxiliares como arranque, apoyo momentáneo al motor térmico y recuperación limitada de energía, sin que exista un aporte eléctrico significativo en la propulsión del vehículo. La aplicación del modelo permitió excluir de manera fundamentada a estos vehículos de las subclases HEV y PHEV, evidenciando que su impacto energético y ambiental es sustancialmente menor al de híbridos completos.

Asimismo, el análisis evidenció que la variable “capacidad de recarga externa” constituye un criterio decisivo en la categorización técnica, ya que define de manera inequívoca la separación entre híbridos enchufables y no enchufables. En los vehículos

evaluados, la ausencia de sistemas de carga externa y de autonomías eléctricas certificadas permitió descartar su clasificación como PHEV, incluso cuando algunos modelos incorporan baterías de mayor capacidad que los MHEV. Este hallazgo refuerza la importancia de integrar criterios normativos internacionales, donde la condición enchufable se establece como un requisito fundamental para definir subclases híbridas.

La aplicación de las reglas de decisión del modelo demostró que es posible estructurar un proceso de categorización reproducible y auditable, basado en relaciones lógicas claras entre variables técnicas. Cada decisión de clasificación se sustenta en datos documentales verificables, lo que garantiza la trazabilidad del resultado y su compatibilidad con procesos de homologación vehicular. Este enfoque permitió reducir la subjetividad en la asignación de categorías y generar resultados coherentes incluso al analizar vehículos de distintas marcas y segmentos.

Adicionalmente, los resultados revelaron la existencia de brechas importantes en la disponibilidad y consistencia de información técnica para ciertos modelos comercializados en el país. En algunos casos, la falta de datos oficiales sobre capacidad de batería, potencia eléctrica o arquitectura del sistema híbrido limitó la aplicación completa del modelo, lo que obligó a clasificar dichos vehículos como “pendientes de verificación”. Este resultado pone en evidencia la necesidad de fortalecer los requisitos de documentación técnica exigidos en los procesos de importación y homologación, como condición para una categorización precisa y transparente.

## 6. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

El desarrollo del proyecto permitió evidenciar que en el Ecuador no existe una categorización técnica unificada, estructurada y verificable para los vehículos híbridos eléctricos, lo cual genera inconsistencias en los procesos de homologación, registro vehicular, clasificación arancelaria y asignación de incentivos. Esta situación provoca que tecnologías con niveles de electrificación significativamente distintos sean tratadas de manera equivalente, afectando la efectividad técnica, fiscal y ambiental de las políticas de movilidad sostenible implementadas en el país.

El análisis comparativo de la normativa internacional, regional y nacional demostró que sí existen parámetros técnicos claramente definidos y aceptados a nivel internacional — como el nivel de electrificación (OVC/NOVC), el grado de hibridación, la arquitectura del tren motriz, la autonomía eléctrica certificada (AER/EAER), la potencia eléctrica comparable, el balance energético bajo ciclo WLTP y la capacidad energética del sistema de almacenamiento recargable (REESS) que permiten una clasificación objetiva, trazable y verificable de los vehículos híbridos. Sin embargo, estos parámetros no se encuentran integrados de forma sistemática ni articulada dentro de la normativa ecuatoriana vigente, lo que genera vacíos conceptuales y operativos.

La caracterización tecnológica de los vehículos híbridos eléctricos comercializados en el mercado ecuatoriano evidenció una alta heterogeneidad tecnológica, coexistiendo microhíbridos (MHEV), híbridos completos (HEV) y vehículos híbridos enchufables (PHEV) bajo una misma denominación genérica de “vehículo híbrido”. Esta situación confirma la necesidad de incorporar subclases técnicas que reflejen el aporte eléctrico real de cada configuración, evitando clasificaciones basadas únicamente en estrategias comerciales o declaraciones generales de electrificación.

Se determinó que el nivel de electrificación y el grado de hibridación constituyen variables determinantes para diferenciar el comportamiento energético y ambiental de los vehículos híbridos, ya que permiten identificar si el sistema eléctrico tiene capacidad real de propulsión autónoma o si su función se limita a asistencia auxiliar (arranque-parada, torque boost o regeneración). Asimismo, la autonomía eléctrica certificada y la capacidad energética del REESS se consolidan como indicadores cuantitativos clave para establecer umbrales técnicos diferenciadores dentro de la subclase enchufable. La ausencia de estos

criterios en la clasificación nacional contribuye a distorsiones técnicas, regulatorias y fiscales, al otorgar beneficios similares a tecnologías con aportes eléctricos significativamente distintos.

El modelo técnico de categorización propuesto, basado en parámetros normativos verificables y datos técnicos oficiales, se lo estructuró en capas de datos y subclase híbrida (MHEV, HEV, PHEV) facilitando su posible integración al marco regulatorio existente sin generar conflictos normativos, permitiendo fortalecer la trazabilidad técnica y la transparencia en los procesos institucionales.

No obstante, el estudio presenta ciertas limitaciones técnicas. El modelo depende de información homologada internacional (UNECE R101, UN R154, WLTP), la cual no siempre está centralizada ni disponible públicamente en el contexto ecuatoriano. Además, el país no cuenta con una base de datos técnica interinstitucional unificada que consolide la información entre la Agencia Nacional de Tránsito, el Servicio Nacional de Aduanas y el Servicio de Rentas Internas. Asimismo, la categorización se fundamenta en datos de homologación y no incorpora mediciones en uso real o monitoreo energético en flota nacional, lo que podría generar diferencias entre desempeño certificado y comportamiento operativo real. Finalmente, los umbrales técnicos propuestos se sustentan en comparación internacional, pero aún requieren formalización normativa en el ámbito ecuatoriano.

En términos de proyección y mejora futura, se recomienda establecer porcentajes mínimos obligatorios de aporte eléctrico en ciclo urbano como criterio cuantitativo complementario, definir umbrales nacionales oficiales de autonomía eléctrica para subclasificar vehículos enchufables, incorporar progresivamente sistemas de monitoreo energético a bordo (OBFCM) y desarrollar una herramienta digital automatizada del modelo de decisión que facilite su aplicación institucional. Estas acciones permitirían robustecer la aplicabilidad práctica del modelo y su actualización dinámica conforme evolucione la tecnología.

Desde una perspectiva de impacto, la adopción del modelo técnico propuesto permitiría reducir significativamente las inconsistencias interinstitucionales en la clasificación vehicular, estimándose una mejora sustancial en la coherencia técnica entre organismos reguladores. Ambientalmente, la correcta diferenciación entre electrificación marginal y electrificación significativa contribuiría a una asignación más eficiente de incentivos, favoreciendo vehículos con mayor autonomía eléctrica real y potencialmente

incrementando el aporte eléctrico efectivo del parque híbrido nacional en el mediano plazo. En el ámbito fiscal, el modelo permitiría optimizar la asignación de beneficios tributarios, evitando subsidios a tecnologías con electrificación limitada y fortaleciendo la eficiencia del gasto público en movilidad sostenible.

## **6.2. Recomendaciones**

Es aconsejable que la categorización de vehículos híbridos se estructure bajo un modelo jerárquico en capas, donde primero se establezca la categoría vehicular base (según masa, uso y tipo) y posteriormente se asignen subclases híbridas, permitiendo una clasificación coherente, ordenada y compatible con los esquemas normativos existentes.

Se recomienda utilizar únicamente datos técnicos oficiales y homologables para la asignación de subclases híbridas, tales como autonomía eléctrica certificada, potencia eléctrica comparable, capacidad energética real de la batería y capacidad de recarga externa, evitando el uso de información no verificable o meramente descriptiva.

Para mejorar la coherencia técnica del sistema, se sugiere que los criterios de categorización consideren el aporte eléctrico real a la propulsión, diferenciando claramente entre sistemas de electrificación ligera (micro y mild hybrid) y configuraciones con capacidad efectiva de operación eléctrica, como los híbridos completos y enchufables.

## 7. REFERENCIAS

- [1] J. Castillo, “Hybrid Electric Vehicles as a Strategy for Reducing Fuel Consumption and Emissions in Latin America,” *World Electric Vehicle Journal*, vol. 16, no. 2, p. 101, Feb. 2025, doi: 10.3390/wevj16020101.
- [2] A. Ragab, “Comprehensive Study of Fuel Cell Hybrid Electric Vehicles: Classification, Topologies, and Control System Comparisons,” *Applied Sciences*, vol. 13, no. 24, p. 13057, Dec. 2023, doi: 10.3390/app132413057.
- [3] F. Shen, “Optimal Allocation of Energy Storage Capacity for Microgrid Primary Frequency Modulation,” in *2023 IEEE 7th Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2)*, IEEE, Dec. 2023, pp. 2297–2302. doi: 10.1109/EI259745.2023.10512368.
- [4] A. Calderón, “Achieving energy transition and universal electrification in Latin America and the Caribbean: A policy analysis,” *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 130, p. 104435, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.erss.2025.104435.
- [5] R. Basmadjian, “Communication Vulnerabilities in Electric Mobility HCP Systems: A Semi-Quantitative Analysis,” *Smart Cities*, vol. 4, no. 1, pp. 405–428, Mar. 2021, doi: 10.3390/smartcities4010023.
- [6] H. O. Bansal, “A comprehensive review on hybrid electric vehicles: architectures and components,” *Journal of Modern Transportation*, vol. 27, no. 2, pp. 77–107, Jun. 2019, doi: 10.1007/s40534-019-0184-3.
- [7] A. Mohamed, “A Review on Hybrid Electrical Vehicles: Architectures, Classification and Energy Management,” *SVU-International Journal of Engineering Sciences and Applications*, vol. 5, no. 2, pp. 93–99, Dec. 2024, doi: 10.21608/svusrc.2024.263668.1177.
- [8] H. Zhang, “Engineering design of step-up transformer for inverter type high voltage DC power supply,” in *2020 IEEE Sustainable Power and Energy Conference (iSPEC)*, IEEE, Nov. 2020, pp. 1326–1332. doi: 10.1109/iSPEC50848.2020.9351219.
- [9] P. Cortés, “Análisis de vehículos híbridos e híbridos paralelos para la movilidad urbana,” *Tecnura*, vol. 28, no. 80, pp. 148–165, Apr. 2024, doi: 10.14483/22487638.18316.

- [10] H. Tahir, “Electric vehicles and renewable energy for sustainable mobility: Insights from bibliometric, topic modeling, and societal impact analyses,” *Energy Strategy Reviews*, vol. 61, p. 101827, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.esr.2025.101827.
- [11] E. Youssef, “Vehicle Electrification Solutions: review and open challenges,” *Arxiv eess*, pp. 1–5, Aug. 2022, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.07986>.
- [12] J. Beltrán, “Desarrollo de la Electromovilidad en Ecuador: Retos y Perspectivas en la Adopción de Vehículos Híbridos,” 2024. [Online]. Available: [https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion\\_tecnologica/issue/view/13](https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/issue/view/13)
- [13] D. Serrato, “Evaluating electric vehicle and emission standards improvement in a Latin American city,” *Green Energy and Intelligent Transportation*, vol. 4, no. 6, p. 100284, Dec. 2025, doi: 10.1016/j.geits.2025.100284.
- [14] Núñez Vela, “ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR.” Accessed: Jan. 08, 2026. [Online]. Available: [https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2025/03/AEADE-ANUARIO-2024\\_digital.pdf](https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2025/03/AEADE-ANUARIO-2024_digital.pdf)
- [15] UNECE, “UN Regulation No. 101 – Uniform provisions concerning the approval of passenger cars powered by an internal combustion engine only, or powered by a hybrid electric power train with regard to the measurement of the emission of carbon dioxide and fuel consumption,” Rev.3, 2023. [Online]. Available: <https://unece.org/transport/vehicle-regulations>
- [16] UNECE, “UN Regulation No. 154 – Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP),” 2023. [Online]. Available: <https://unece.org/transport/vehicle-regulations>
- [17] ] UNECE, “GRPE-92-40 – Proposal for durability requirements of electric vehicle batteries,” Working Party on Pollution and Energy (GRPE), 2022. [Online]. Available: <https://unece.org/transport/events/wp29grpe-working-party-pollution-and-energy>
- [18] Conselho Nacional de Trânsito, “Resolução Nº 749/2018 – Requisitos de segurança para veículos híbridos e elétricos,” Brasil, 2018. [Online]. Available: <https://www.gov.br>

- [19] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “RTE INEN 034 (4R) – Elementos mínimos de seguridad en vehículos automotores,” Quito, Ecuador, 2022. [Online]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec>
- [20] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023 – Emisiones de CO<sub>2</sub> en vehículos nuevos,” Diario Oficial de la Federación, México, 2023. [Online]. Available: <https://www.dof.gob.mx>
- [21] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), “PRTE INEN 162 – Requisitos técnicos para sistemas de carga y baterías de vehículos eléctricos,” Quito, Ecuador, 2023. [Online]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec>
- [22] SAE International, *SAE J1715 – Hybrid Electric Vehicle Terminology*, 2013. [Online]. Available: <https://www.sae.org>
- [23] SAE International, *SAE J1711 – Hybrid Electric Vehicle Emissions and Fuel Economy Measurement*, 2010. [Online]. Available: <https://www.sae.org>
- [24] Ministerio de Transporte de Colombia, “Resolución 4100 de 2004,” Colombia, 2004. [Online]. Available: <https://www.mintransporte.gov.co>
- [25] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 23274-2:2021 Road vehicles — Exhaust emissions and fuel consumption of hybrid vehicles*, Geneva, 2021. [Online]. Available: <https://www.iso.org>
- [26] Ministerio de Energía de Chile, “Decreto Supremo N°14 – Reglamento de etiquetado de eficiencia energética vehicular,” Chile, 2022. [Online]. Available: <https://www.bcn.cl>
- [27] Agencia de Tránsito y Movilidad (ATD), “Resolución Nro. 008-DIR-2025-ATD-R,” Ecuador, 2025. [Online]. Available: <https://www.atd.gob.ec>
- [28] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 1585:2020 Road vehicles — Engine test code — Net power*, Geneva, 2020. [Online]. Available: <https://www.iso.org>
- [29] SAE International, *SAE J1349 – Engine Power Test Code*, Warrendale, PA, USA, 2011. [Online]. Available: <https://www.sae.org>

- [30] Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), “Resolução Nº 749/2018 – Requisitos de segurança para veículos híbridos e elétricos,” Brasil, 2018. [Online]. Available: <https://www.gov.br>
- [31] Agencia Nacional de Tránsito (ANT), “Resolución No. 097-DIR-2016-ANT,” Ecuador, 2016. [Online]. Available: <https://www.ant.gob.ec>
- [32] United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), “Global Technical Regulation No. 22 – Durability of Electric Vehicle Batteries,” Geneva, 2023. [Online]. Available: <https://unece.org/transport/vehicle-regulations>
- [33] European Union, “Regulation (EU) 2023/1542 concerning batteries and waste batteries,” Official Journal of the European Union, 2023. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu>
- [34] California Air Resources Board (CARB), “California Code of Regulations, Title 13, Section 1962.8,” 2023. [Online]. Available: <https://ww2.arb.ca.gov>
- [35] R. Murrillo, “Movilidad urbana: vehículos eléctricos e híbridos en Ecuador,” Universidad de las Americas, Quito, 2017. Accessed: Nov. 22, 2025. [Online]. Available: <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8073>
- [36] C. Balseca, “Los Vehículos Eléctricos como una Nueva Forma de Movilidad en el Ecuador y su Repercusión con el Medio Ambiente,” *Revista Científica de Salud y Desarrollo Humano*, vol. 6, no. 1, pp. 710–726, Mar. 2025, doi: 10.61368/r.s.d.h.v6i1.505.
- [37] J. Hernández, “Evaluación de la huella de carbono de vehículos con motor eléctrico y de combustión interna según la matriz energética de Ecuador: Caso de estudio KIA Soul vs KIA Soul EV.,” *NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*, vol. 5, no. 2, pp. 58–75, Jul. 2022, doi: 10.37135/ns.01.10.04
- [38] “Vehículos híbridos en Ecuador: crecimiento acelerado y cambio en el ranking - Revista Acelerando - La revista del mundo automóvil y el deporte.” Accessed: Jan. 08, 2026. [Online]. Available: <https://acelerando.com.ec/vehiculos-hibridos-en-ecuador-crecimiento-acelerado-y-cambio-en-el-ranking/>
- [39] J. Larminie and J. Lowry, “ELECTRIC VEHICLE TECHNOLOGY EXPLAINED, SECOND EDITION,” *Electric Vehicle Technology Explained, Second Edition*, pp. 1–314, Jan. 2024, doi: 10.1002/9781118361146.

- [40] B. Scrosati and J. Garche, “Lithium batteries: Status, prospects and future,” *J Power Sources*, vol. 195, no. 9, pp. 2419–2430, May 2020, doi: 10.1016/J.JPOWSOUR.2009.11.048.
- [41] B. G. Pollet, I. Staffell, and K.-A. Adamson, “Energy Generation and Usage in South Africa,” pp. 17–19, 2023, doi: 10.1007/978-3-319-25510-1\_4.
- [42] Núñez Vela, “ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR.” Accessed: Jan. 08, 2026. [Online]. Available: [https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2025/03/AEADE-ANUARIO-2024\\_digital.pdf](https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2025/03/AEADE-ANUARIO-2024_digital.pdf)
- [43] Suzuki Ecuador, “*Vehículos Suzuki – información y fichas técnicas oficiales*,” [Online]. Available: <https://suzukiecuador.com>
- [44] Toyota Ecuador, “*Modelos híbridos Toyota – especificaciones técnicas oficiales*,” [Online]. Available: <https://www.toyota.com.ec>
- [45] Hyundai Ecuador, “*Vehículos Hyundai Ecuador – fichas técnicas oficiales*,” [Online]. Available: <https://www.hyundai.com.ec>
- [46] Nissan Ecuador, “*Catálogos y especificaciones técnicas Nissan*,” [Online]. Available: <https://www.nissan.com.ec>
- [47] Kia Ecuador, “*Vehículos híbridos Kia – información técnica oficial*,” [Online]. Available: <https://www.kia.com/ec>
- [48] GWM Ecuador, “*Vehículos híbridos Haval – especificaciones técnicas*,” [Online]. Available: <https://gwm.com.ec>
- [49] Chery Ecuador, “*Modelos híbridos y PHEV Chery – fichas técnicas oficiales*,” [Online]. Available: <https://www.chery.com.ec>
- [50] Renault Ecuador, “*Vehículos Renault Hybrid y E-Tech – información técnica oficial*,” [Online]. Available: <https://www.renault.ec>
- [51] Dongfeng Ecuador, “*Vehículos híbridos Dongfeng – especificaciones técnicas oficiales*,” [Online]. Available: <https://dongfengecuador.ec>
- [52] DFSK Ecuador, “*Vehículos DFSK híbridos y PHEV – información técnica oficial*,” [Online]. Available: <https://dfskecuador.com>

- [53] BYD Ecuador, “*Vehículos híbridos enchufables BYD – fichas técnicas oficiales,*” [Online]. Available: <https://bydauto.ec>
- [54] Jetour Ecuador, “*Modelos Jetour – especificaciones técnicas oficiales,*” [Online]. Available: <https://www.jetourecuador.com>
- [55] MG Motor Ecuador, “*Vehículos MG híbridos – información técnica oficial,*” [Online]. Available: <https://mgmotor.com.ec>

## 8. ANEXOS

TABLA A.1  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS SUZUKI

<b>SUSUKI</b>				
	<b>S-Cross Hybrid</b>	<b>Fronx hybrid</b>	<b>XL7 hybrid</b>	<b>Swift hybrid</b>
Tipo de electrificación declarado	SHVS (Smart Hybrid Vehicle)	SHVS (Smart Hybrid Vehicle)	SHVS (Smart Hybrid Vehicle)	SHVS (Smart Hybrid Vehicle)
Voltaje del sistema (V)	48	12	12	12
Capacidad batería (Wh)	350	No declara	No declara	No declara
Potencia motor eléctrico (HP)	16	3	3	3
Potencia de motor a combustión (HP)	127	102	103	80
Autonomía (km/gal)	70	85	75	93
Modo EV: sí/no (si lo declara)	no	no	no	NO
Tipo de batería (Li-ion/NiMH)	Li-on	Li-on	Li-on	Li-on
Ciclo de consumo/CO <sub>2</sub> si aparece (WLTP/NEDC)	No declara	No declara	No declara	No declara
Peso/ Masa (kg)	1,240–1,270 kg	1,040 / 1,060 kg	1,190 kg	957
Arquitectura híbrida (serie / paralelo / combinada)	Paralelo – MHEV	Paralelo – MHEV	Paralelo – MHEV	Paralelo – MHEV
Grado de hibridación	MHEV (mild hybrid) 48V.	MHEV (mild hybrid) 12V.	MHEV (mild hybrid) 12V.	MHEV (mild hybrid) 12V.

TABLA A.2  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS TOYOTA

Parámetros técnicos	TOYOTA			
	Corolla Cross Hybrid	Corolla Sedán Hybrid	RAV4 Hybrid	Yaris Cross Hybrid
Tipo de electrificación declarado (comercial)	Hybrid	Hybrid (HV)	Híbrido (HV)	Hybrid (HV)
Voltaje sistema HV (V)	≈222	201.6	252 / 244.8	177.6
Capacidad batería (Ah)	4.06–4.08	7.2	N/D	4.3
Capacidad batería (kWh aprox.)	0.91	1.45	≈1–2 (ref.)	0.76
Tipo de batería	Li-ion	NiMH	Li-ion / NiMH	Li-ion
Potencia motor eléctrico	≈53 kW (72 HP)	53 kW (72 HP)	118 + 54 HP	59 kW (79 HP)
Potencia motora a combustión	≈98 HP	≈98 HP	163 HP	91 HP
Potencia combinada del sistema	122 HP	121–122 HP	215–219 HP	114–116 HP
Autonomía / rendimiento (km/gal)	≈80	≈80	N/D	≈84
Modo EV declarado	No especifica	Sí (EV MODE)	Sí (EV MODE)	Sí (EV MODE)
Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	No declara	No declara	No declara	No declara
Peso / masa del vehículo (kg)	1385 neto / 1850 bruto	1840–1880 bruto	1720 orden marcha	N/D
Arquitectura híbrida declarada	e-CVT (power-split)	e-CVT (power-split)	e-CVT / AWD-i	e-CVT (power-split)
Grado de hibridación	Full Hybrid (HEV)	Full Hybrid (HEV)	Full Hybrid (HEV)	Full Hybrid (HEV)

TABLA A.3  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS HYUNDAI

Parámetros técnicos	Hyundai Tucson Hybrid	Hyundai Santa Fe Hybrid	Hyundai Kona Hybrid
Tipo de electrificación declarado (comercial)	Hybrid	Hybrid	Hybrid
Voltaje sistema HV (V)	≈270 V	≈270 V	≈240 V
Capacidad batería (Ah)	≈5.5 Ah (estimado)	≈5.5 Ah (estimado)	≈5.5 Ah (estimado)
Capacidad batería (kWh aprox.)	1.49 kWh	1.49 kWh	1.32 kWh
Tipo de batería	Litio-ion polímero	Litio-ion polímero	Litio-ion polímero
Potencia motor eléctrico	≈44–47 kW (60–63 HP)	44.2 kW (≈60 HP)	32 kW (≈43 HP)
Potencia motora a combustión	1.6 T-GDi ≈180 HP	1.6 T-GDi ≈180 HP	1.6 GDI ≈105 HP
Potencia combinada del sistema	230 HP (169 kW)	230 HP (172 kW)	141 HP (104 kW)
Autonomía / rendimiento (km/gal)	≈65–70 (ref.)	≈60–65 (ref.)	≈80–85 (ref.)
Modo EV declarado	Sí (baja carga)	Sí (EV Mode)	Sí (EV Mode)
Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	WLTP	WLTP	WLTP
Peso / masa del vehículo (kg)	≈1650–1720	≈1850–1950	≈1350–1420
Arquitectura híbrida declarada	Híbrido paralelo	Híbrido paralelo	Híbrido paralelo
Grado de hibridación	Full Hybrid (HEV)	Full Hybrid (HEV)	Full Hybrid (HEV)

TABLA A.4  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS NISSAN

Parámetros técnicos	Nissan Qashqai e-POWER	Nissan X-Trail e-POWER	Nissan Kicks e-POWER
Tipo de electrificación declarado (comercial)	e-POWER	e-POWER	e-POWER
Voltaje sistema HV (V)	346 V	≈200–420 V (según sistema)	349 V
Capacidad batería (Ah)	6 Ah	N/D	N/D
Capacidad batería (kWh aprox.)	2.1 kWh	2.1 kWh (ref.)	2.13 kWh
Tipo de batería	Litio-ion	Litio-ion	Litio-ion
Potencia motor eléctrico	N/D (no separa en ficha)	150 kW (del.) / 100 kW (tras.)	100 kW (136 PS)
Potencia motora a combustión	No declarada (generador)	No declarada (generador)	No declarada (generador)
Potencia combinada del sistema	202 HP (151 kW)	211 HP	100 kW (≈136 HP)
Autonomía / rendimiento (km/gal)	≈84–86 km/gal	≈66 km/gal	≈100 km/gal (ciudad)
Modo EV declarado	Conducción eléctrica permanente	Conducción eléctrica permanente	Conducción eléctrica permanente
Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	WLTP	No declara (dep. mercado)	No declara (dep. mercado)

Peso / masa del vehículo (kg)	1637–1735 kg	1939 kg (neto)	1343–1359 kg
Arquitectura híbrida declarada	Serie (e-POWER)	Serie (e-POWER / e-4ORCE)	Serie (e-POWER)
Grado de hibridación	Alto (tracción eléctrica)	Alto (tracción eléctrica)	Alto (tracción eléctrica)

TABLA A.5  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS KIA

Parámetros técnicos	Kia Niro Hybrid	Kia Sportage Hybrid	Kia Sorento Hybrid
Tipo de electrificación declarado (comercial)	Hybrid (HEV)	Hybrid (HEV)	Hybrid (HEV)
Voltaje sistema HV (V)	240 V	270 V	270 V
Capacidad batería (Ah)	5.5 Ah	5.5 Ah	6.0 Ah
Capacidad batería (kWh aprox.)	1.32 kWh	1.49 kWh	1.0 kWh
Tipo de batería	Li-ion polymer	Lithium-ion (pouch)	Lithium-ion polymer
Potencia motor eléctrico	32 kW	44 kW	44.2 kW
Potencia motora a combustión	N/D (ICE no separado)	177 HP	177.5 HP
Potencia combinada del sistema	139 HP	227 HP	227 HP
Autonomía / rendimiento (km/gal)	≈85 km/gal	≈69 km/gal	≈59 km/gal
Modo EV declarado	Sí (EV Mode)	No declarado	No declarado
Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	WLTP / EPA (según mercado)	EPA	EPA
Peso / masa del vehículo (kg)	1393–1473	1622–1785	1883–2061
Arquitectura híbrida declarada	TMED (paralela)	TMED (paralela)	TMED (paralela)
Grado de hibridación	Full Hybrid (HEV)	Full Hybrid (HEV)	Full Hybrid (HEV)

TABLA A.6  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS HAVAL

Parámetros técnicos	Haval H6 Hybrid (HEV)	Haval Jolion Hybrid (HEV)
Tipo de electrificación declarado (comercial)	Haval H6 Hybrid / HEV	Haval Jolion Hybrid / HEV
Voltaje sistema HV (V)	≈335.8 V	≈336–339 V
Capacidad batería (Ah)	≈5.33 Ah (estimado)	≈4.97 Ah (estimado)
Capacidad batería (kWh)	≈1.79 kWh	≈1.67–1.70 kWh
Tipo de batería	Lithium-ion	Lithium-ion (pouch)
Potencia motor eléctrico	130 kW	115 kW
Potencia motora a combustión	110 kW (1.5T)	70 kW (1.5 NA)
Potencia combinada del sistema	179 kW (≈243 PS)	140 kW (≈189 HP)
Autonomía / rendimiento (km/gal)	≈72.8 km/gal	≈75.7 km/gal
Modo EV declarado	Sí (baja carga)	Sí (baja carga)

Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	ADR 81/02; ~120 g/km	~118 g/km (ref.)
Peso / masa del vehículo (kg)	≈1690–1720 kg	≈1595–1620 kg
Arquitectura híbrida	DHT (serie–paralelo)	DHT (serie–paralelo)
Grado de hibridación	Full Hybrid (HEV)	Full Hybrid (HEV)

TABLA A.7  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS CHERY

Parámetros técnicos	Chery Tiggo 8 PRO e+ (PHEV)	Chery TIGGO 7 PHEV CSH	Chery TIGGO 9 PHEV CSH
Tipo de electrificación declarado (comercial)	Tiggo 8 PRO e+	TIGGO 7 PHEV CSH	TIGGO 9 PHEV CSH
Voltaje sistema HV (V)	N/D (≈350 V ref.)	N/D (≈350 V ref.)	N/D (≈350 V ref.)
Capacidad batería (Ah)	≈55.1 Ah (estimado)	≈52.3 Ah (estimado)	≈98.5 Ah (estimado)
Capacidad batería (kWh)	19.27 kWh	18.3 kWh	34.46 kWh
Tipo de batería	Litio (no especifica química)	LFP – CATL	Li-ion – CATL
Potencia motor eléctrico	≈170 HP	150 kW / 204 PS	Motores eléctricos múltiples (hasta 239 PS)
Potencia motora a combustión	145 HP	105 kW / 143 PS	143 PS
Potencia combinada del sistema	315 HP	≈315 HP (279–315 PS)	422.4 HP / hasta 536 PS
Autonomía / rendimiento (km/gal)	≈70 km/gal	N/D (autonomía combinada 1200 km)	N/D (autonomía combinada >1400 km)
Modo EV declarado	Sí – hasta 100 km EV (NEDC)	Sí – hasta 120 km EV	Sí – hasta 140 km EV
Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	NEDC	N/D	N/D
Peso / masa del vehículo (kg)	N/D	≈1795 kg	N/D
Arquitectura híbrida	DHT (serie–paralelo)	DHT / CSH (serie–paralelo)	3DHT (serie–paralelo)
Grado de hibridación	PHEV	PHEV	PHEV

TABLA A.8  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS RENAULT

Parámetros técnicos	Renault Boreal Hybrid	Renault Arkana Hybrid	Renault Koleos Full Hybrid E-Tech
Tipo de electrificación declarado (comercial)	Boreal Hybrid (referencial)	Arkana Hybrid (MHEV 12V)	Koleos Full Hybrid E-Tech
Voltaje sistema HV (V)	N/D (≈230 V ref.)	12 V	316 V
Capacidad batería (Ah)	≈5.2 Ah (estimado)	N/D	≈5.2 Ah (estimado)
Capacidad batería (kWh)	≈1.2 kWh (ref.)	N/D	1.64 kWh
Tipo de batería	N/D	N/D	Ion-Litio

Potencia motor eléctrico	≈49 HP (ref.)	N/D (ISG 12V)	99 HP
Potencia motora a combustión	≈94 HP (ref.)	140 HP (1.3 TCe)	142 kW (gasolina)
Potencia combinada del sistema	≈140–155 HP (ref.)	N/D	245 CV
Autonomía / rendimiento (km/gal)	N/D	≈60 km/gal	≈80 km/gal
Modo EV declarado	No confirmado	No	Sí (urbano EV)
Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	N/D	WLTP	N/D
Peso / masa del vehículo (kg)	N/D	N/D	1961 kg
Arquitectura híbrida	HEV (referencial)	MHEV 12V (paralela)	Full Hybrid con DHT
Grado de hibridación	HEV (ref.)	MHEV	HEV

TABLA A.9  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS JAC

Parámetros técnicos	T5 EVO Hybrid	A60 MAX Híbrido	HUGE Full Hybrid
Tipo de electrificación declarado (comercial)	T5 EVO Hybrid (HEV)	A60 MAX Hybrid	HUGE Full Hybrid
Voltaje sistema HV (V)	349 V	N/D	350 V
Capacidad batería (Ah)	≈5.7 Ah (estimado)	N/D	≈5.4 Ah (estimado)
Capacidad batería (kWh)	2.0 kWh	N/D	1.9 kWh
Tipo de batería	Li-NMC	N/D	N/D
Potencia motor eléctrico	177 HP (130 kW)	N/D	N/D
Potencia motora a combustión	190 HP (1.5T)	1.5T DI (N/D)	1.5T Turbo (N/D)
Potencia combinada del sistema	245 HP	≈174–205 HP (ref.)	241 HP
Autonomía / rendimiento (km/gal)	N/D	≈88 km/gal	N/D
Modo EV declarado	Sí (HEV)	No declarado	Sí (Full Hybrid)
Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	WLTP / CLTC	N/D	N/D
Peso / masa del vehículo (kg)	≈1700 kg	N/D	N/D
Arquitectura híbrida	HEV (paralela / DHT)	HEV (e-CVT)	HEV (Full Hybrid)
Grado de hibridación	HEV	HEV	HEV

TABLA A.10  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS DFSK

Parámetros técnicos	DFSK E5 (Híbrido / PHEV)	DFSK E5 Plus (PHEV)
Tipo de electrificación declarado (comercial)	Híbrido enchufable (PHEV)	Híbrido enchufable (PHEV)
Voltaje sistema HV (V)	N/D ( $\approx 350$ V ref.)	N/D ( $\approx 350$ V ref.)
Capacidad batería (Ah)	$\approx 50$ Ah (estimado)	$\approx 52.6$ Ah (estimado)
Capacidad batería (kWh)	17.5 kWh	18.4 kWh (según versión)
Tipo de batería	LiFePO <sub>4</sub> (LFP)	LiFePO <sub>4</sub> (LFP)
Potencia motor eléctrico	$\approx 177$ HP ( $\approx 130$ kW)	$\approx 218$ HP
Potencia motora a combustión	$\approx 102$ HP (1.5L)	$\approx 102$ HP (1.5L)
Potencia combinada del sistema	283 HP (comercial EC) / 218 HP (técnica)	218 HP
Autonomía / rendimiento (km/gal)	$\approx 100$ km/gal (declarado)	N/D
Modo EV declarado	Sí (modo 100% eléctrico)	Sí (modo 100% eléctrico)
Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	N/D	CLTC
Peso / masa del vehículo (kg)	N/D	1840 kg (kerb)
Arquitectura híbrida	PHEV (paralela, e-CVT)	PHEV (paralela, e-CVT)
Grado de hibridación	PHEV	PHEV

TABLA A.11  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS BYD

Parámetros técnicos	BYD Song Plus DM-i (Súper Híbrido)	BYD Shark DM-O (Súper Híbrido)
Tipo de electrificación declarado (comercial)	DM-i Súper Híbrido (PHEV)	DM-O Súper Híbrido (PHEV)
Voltaje sistema HV (V)	No declara ( $\approx 350$ V ref.)	No declara ( $\approx 350$ V ref.)
Capacidad batería (Ah)	$\approx 52.3$ Ah (estimado)	$\approx 84.6$ Ah (estimado)
Capacidad batería (kWh)	18.3 kWh	29.6 kWh
Tipo de batería	Blade Battery (LFP)	LFP
Potencia motor eléctrico	150 kW / 201 HP	Front 228 HP + Rear 201 HP
Potencia motora a combustión	102 kW / 136 HP (1.5T)	$\approx 135$ kW (1.5T)

Potencia combinada del sistema	337 HP	≈430 HP (321 kW)
Autonomía / rendimiento (km/gal)	No declara (5.1 L/100 km NEDC)	No declara (840 km comb. NEDC)
Modo EV declarado	Sí (EV hasta 90 km)	Sí (EV hasta 100 km)
Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	NEDC	NEDC
Peso / masa del vehículo (kg)	1900 kg (neto)	≈2665 kg
Arquitectura híbrida	PHEV DM-i (EHS)	PHEV DM-O AWD (EHS)
Grado de hibridación	PHEV	PHEV

TABLA A.12  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS JETOUR

Parámetros técnicos	Jetour T2 PHEV
Tipo de electrificación declarado (comercial)	Híbrido Enchufable (PHEV)
Voltaje sistema HV (V)	N/D
Capacidad batería (Ah)	≈85.7 Ah (estimado)
Capacidad batería (kWh)	30 kWh
Tipo de batería	LiFePO <sub>4</sub> (LFP)
Configuración batería	Tipo Blade
Potencia motor eléctrico	100 HP + 120 HP
Potencia motora a combustión	160 HP (1.5T)
Potencia combinada del sistema	380 HP
Autonomía / rendimiento (km/gal)	N/D
Autonomía combinada	1000 km
Modo EV declarado	Sí (EV / HEV)
Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	N/D
Peso / masa del vehículo (kg)	2050–2110 kg
Arquitectura híbrida	PHEV, FWD, DHT 3 velocidades
Grado de hibridación	PHEV

TABLA A13  
CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS VEHÍCULOS MG

Parámetros técnicos	MG 3 HEV (Hybrid+)	MG ZS HEV (Hybrid+)
Tipo de electrificación declarado (comercial)	HYBRID+ (HEV) – MG3 HYBRID+	Hybrid+ (HEV) – MG ZS Hybrid+
Voltaje sistema HV (V)	No declara (ref. 350 V)	No declara (ref. 350 V)
Capacidad batería (Ah)	≈5.23 Ah (estimado)	≈5.23 Ah (estimado)

Capacidad batería (kWh aprox.)	1.83 kWh	1.83 kWh
Tipo de batería	Lithium-ion (no especifica química)	NCM (según sitio MG AU) / no especifica en brochure EU
Potencia motor eléctrico	100 kW ( $\approx$ 134 HP)	100 kW ( $\approx$ 134 HP)
Potencia motora a combustión	75 kW ( $\approx$ 100.5 HP)	75 kW ( $\approx$ 101 HP)
Potencia combinada del sistema	192 HP ( $\approx$ 143 kW)	145 kW ( $\approx$ 194 HP)
Autonomía / rendimiento (km/gal)	$\approx$ 109.4 km/gal	$\approx$ 74.2–75.7 km/gal
Modo EV declarado	No declara (HEV puede moverse en EV a baja velocidad)	Sí: “100% eléctrico” a bajas velocidades
Ciclo de consumo / CO <sub>2</sub>	WLTP: 4.4 L/100km; 100 g/km CO <sub>2</sub>	WLTP: 5.0–5.1 L/100km; 113–115 g/km CO <sub>2</sub>
Peso / masa del vehículo (kg)	Masa en vacío: 1298–1308 kg	Masa en vacío: 1380–1420 kg
Arquitectura híbrida declarada	HEV, FWD, transmisión híbrida 3 velocidades	HEV, FWD, transmisión híbrida 3 velocidades; modos serie/paralelo
Grado de hibridación	Full Hybrid (HEV)	Full Hybrid (HEV)

---