



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA

Tema: Análisis comparativo de cartografías automotrices (mapas) entre Audi A6 (C6) 2000cc 16v TFSI 180CV y Audi A6 Hybrid 2000cc 16v TFSI 221CV mediante software de programación de ECUS originales.

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magister en
Sistemas de Propulsión Eléctrica

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyecto de titulación con Componentes de investigación aplicada y de desarrollo.

Autor: Ingeniero, Alan Esteban Ortiz Santiana

Director: Ingeniero, Jorge Luis Hernández Ambato, Ph.D.

Ambato – Ecuador

2026

A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por el Ingeniero Pedro Pablo Pompoza Tamaquiza PhD., e integrado por los señores: Ingeniera, Paola Mariela Proaño Molina, Magister; Ingeniero. Jesús Israel Guamán Molina, Magister, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptar el Trabajo de Titulación con el tema: *“Análisis comparativo de cartografías automotrices (mapas) entre Audi A6 (C6) 2000cc 16v TFSI 180CV y Audi A6 Hybrid 2000cc 16v TFSI 221CV mediante software de programación de ECUS originales.”* elaborado y presentado por el señor Ingeniero, Alan Esteban Ortiz Santiana, para optar por el Título de cuarto nivel de Magíster en Sistemas de Propulsión Eléctrica; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Pedro Pablo Pompoza Tamaquiza PhD.
Presidente (Delegado) y Miembro del Tribunal

Ing. Paola Mariela Proaño Molina, Mg
Miembro del Tribunal

Ing. Jesús Israel Guamán Molina, Mg
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE CARTOGRAFÍAS AUTOMOTRICES (MAPAS) ENTRE AUDI A6 (C6) 2000CC 16V TFSI 180CV Y AUDI A6 HYBRID 2000CC 16V TFSI 221CV MEDIANTE SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DE ECUS ORIGINALES”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero, Alan Esteban Ortiz Santiana, Autor bajo la Dirección de Ingeniero, Jorge Luis Hernández Ambato, PhD, Director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing, Alan Esteban Ortiz Santiana
c.c.:172381583-1
AUTOR

Ing, Jorge Luis Hernández Ambato, Ph.D
c.c.: 060359686-7
DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ingeniero, Alan Esteban Ortiz Santiana
c.c.:172381583-1

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
AGRADECIMIENTO	xiv
DEDICATORIA	xv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. General.....	3
1.3.2. Específicos	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	4
2.2. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.....	6
2.2.1 Electrónica automotriz y sistemas de control	6
2.2.1.1 Evolución de las ECUs (Engine Control Units) en la automoción.	6
2.2.1.2. Arquitectura de una ECU Bosch MED17.1.1	7
2.2.2 Principios de funcionamiento de sensores y actuadores (MAP, MAF, sonda lambda, inyectores, bobinas).	10
2.2.2.1. MAP (Manifold Absolute Pressure)	10
2.2.2.2 MAF (Mass Air Flow)	11

2.2.2.3 Sensor de Oxigeno (Lambda)	12
2.2.2.4 Inyectores.....	13
2.2.2.5 Bobinas	14
2.2.2.6. Control de encendido e inyección en motores TFSI (inyección directa de gasolina).....	15
2.2.3 Termodinámica y motores de combustión interna.....	17
2.2.3.1 Ciclo termodinámico Otto.....	17
2.2.3.2 Relación aire/combustible (AFR) y eficiencia de combustión	19
2.2.4 Parámetros críticos: avance de encendido, presión de turbo, carga del motor, par y potencia.	20
2.2.4.1 Avance al encendido	20
2.2.4.2 Presión de turbo	22
2.2.5 Cartografía automotriz (Mapas de calibración)	25
2.2.5.1 Concepto de mapas de calibración en una ECU.	25
2.2.5.2 Tipos de mapas: inyección, ignición, turbo, limitadores, AFR.	26
2.2.6 Representación de los mapas en ejes tridimensionales.....	27
2.2.6.1 Mapa tridimensional Inyección.....	27
2.2.6.2. Mapa tridimensional Ignición	28
2.2.6.3 Mapa tridimensional Turbo.....	29
2.2.6.4 Mapa tridimensional Limitadores	30
2.2.6.5 Limitador Par Máximo.....	31
2.2.6.6 Limitador de presión de turbo.....	31
2.2.6.7 Limitador cantidad de combustible.....	32
2.2.6.8 Mapa tridimensional AFR / LAMBDA	33
2.2.7 Software y herramientas de reprogramación	34
2.2.7.1. Introducción al tuning electrónico y chiptuning.	34
2.2.7.2 Herramientas de reprogramación.	35
2.2.8 Ética y seguridad en la reprogramación.....	38
CAPÍTULO III.....	40
MARCO METODOLÓGICO	40
3.1. Tipo de investigación.....	40

3.2. Población o muestra.....	44
3.3. Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender.....	44
3.4. Recolección de información	45
3.5. Procesamiento de la información y análisis estadístico	46
CAPÍTULO IV	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Obtención de cartografía automotriz	48
4.2. Identificación de Mapas.....	51
4.3. Parametrización de cartografías.....	64
4.4. Comparación de valores.....	67
4.4.1. Válvula de acelerador – Ángulo de funcionamiento (%Thr).....	67
4.4.2. Carga del motor deseado (%Air)	72
4.4.3. Presión de turbo (hPa).....	76
4.4.4. Limitador de presión de turbo f(APS) (hPa).....	79
4.4.5 Mapa de base de inyección (LAMBDA)	81
4.4.6. Lambda deseada (LAMBDA).....	83
4.4.7. Par motor óptimo (%PAR).....	84
4.4.8. Limitador Par Máximo – Sport (Nm)	89
4.4.9. Limitador par máximo (Nm).....	90
4.4.10. Solicitud de par durante despegue (Nm).....	92
4.4.11. Mínimo Avance (deg BTDC)	96
4.4.12. Mapa base del avance de la chispa (deg BTDC)	100
4.4.13. Presión De Rail (MPa)	104
4.5. Resultado Final Comparativo	106
CAPÍTULO V.....	108
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA, ANEXOS.....	108
5.1. Conclusiones.....	108
5.2. Recomendaciones	109
BIBLIOGRAFÍA	111
ANEXOS	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Requisitos para instalación de software	36
Tabla 2	Vehículos Seleccionados	44
Tabla 3	Mapas Comparación ECU Bosch MED17.1	65
Tabla 4	Análisis de Normalidad - Válvula de Acelerador	67
Tabla 5	Análisis de Varianza - Válvula de Acelerador.....	68
Tabla 6	Válvula de Acelerador - MCI	68
Tabla 7	Válvula de Acelerador - Híbrido.....	69
Tabla 8	Diferencia Absoluta - Válvula de Acelerador.....	69
Tabla 9	Diferencia Relativa - Válvula de Acelerador.....	70
Tabla 10	Análisis de Normalidad - Carga del Motor Deseada	72
Tabla 11	Análisis de Varianza - Carga del Motor Deseada.....	72
Tabla 12	Carga del Motor Deseada – MCI.....	73
Tabla 13	Carga de Motor Deseada - Híbrido	73
Tabla 14	Diferencia Absoluta - Carga del Motor Deseada.....	74
Tabla 15	Diferencia Relativa - Carga del Motor Deseada	75
Tabla 16	Análisis de Normalidad - Presión de Turbo.....	76
Tabla 17	Análisis de Varianza - Presión de Turbo	77
Tabla 18	Presión de Turbo - MCI	77
Tabla 19	Presión de Turbo - Híbrido	77
Tabla 20	Diferencia Absoluta - Presión de Turbo	78
Tabla 21	Diferencia Relativa - Presión de Turbo	78
Tabla 22	Análisis de Normalidad - Limitador Presión de Turbo.....	79
Tabla 23	Análisis de Varianza - Limitador Presión de Turbo	79
Tabla 24	Limitador Presión de Turbo - MCI	79
Tabla 25	Limitador Presión de Turbo - Híbrido	80
Tabla 26	Diferencia Absoluta - Limitador Presión de Turbo	80
Tabla 27	Diferencia Relativa - Limitador Presión de Turbo	80
Tabla 28	Mapa Base de Inyección - MCI	81

Tabla 29 Mapa Base de Inyección - Híbrido	82
Tabla 30 Lambda Deseada - MCI.....	83
Tabla 31 Lambda Deseada - Híbrido	83
Tabla 32 Análisis de Normalidad - Par Motor Óptimo.....	84
Tabla 33 Análisis de Varianza - Par Motor Óptimo	85
Tabla 34 Par Motor Óptimo - MCI.....	86
Tabla 35 Par Motor Óptimo - Híbrido	86
Tabla 36 Diferencia Absoluta - Par Motor Óptimo	87
Tabla 37 Diferencia Relativa - Par Motor Óptimo	88
Tabla 38 Limitador Par Máximo Sport - MCI.....	89
Tabla 39 Limitador Par Máximo Sport - Híbrido	89
Tabla 40 Diferencia Absoluta - Limitador Par Máximo Sport	90
Tabla 41 Diferencia Relativa - Limitador Par Máximo Sport	90
Tabla 42 Limitador Par Máximo - MCI.....	90
Tabla 43 Limitador Par Máximo - Híbrido	91
Tabla 44 Diferencia Absoluta – Limitador Par Máximo	91
Tabla 45 Diferencia Relativa - Limitador Par Máximo	91
Tabla 46 Análisis de Normalidad - Solicitud de Par Durante Despegue	92
Tabla 47 Análisis de Varianza - Solicitud de Par Durante Despegue.....	92
Tabla 48 Solicitud de Par Durante Despegue - MCI	93
Tabla 49 Solicitud de Par Durante Despegue - Híbrido.....	93
Tabla 50 Diferencia Absoluta - Solicitud de Par Durante Despegue.....	94
Tabla 51 Diferencia Relativa - Solicitud de Par Durante Despegue.....	94
Tabla 52 Mínimo Avance - MCI.....	96
Tabla 53 Mínimo Avance - Híbrido.....	97
Tabla 54 Diferencia Absoluta - Mínimo Avance.....	97
Tabla 55 Diferencia Relativa - Mínimo Avance.....	98
Tabla 56 Análisis de Normalidad - Mapa Base del Avance de la Chispa	100
Tabla 57 Análisis de Varianza - Mapa Base del Avance de la Chispa	100
Tabla 58 Mapa Base del Avance de la Chispa - MCI.....	101
Tabla 59 Mapa Base del Avance de la Chispa - Híbrido	101

Tabla 60 Diferencia Absoluta - Mapa Base del Avance de la Chispa	102
Tabla 61 Diferencia Relativa - Mapa Base del Avance de la Chispa	103
Tabla 62 Presión de Rail - MCI	104
Tabla 63 Presión de Rail - Híbrido	105
Tabla 64 Diferencia Absoluta - Presión de Rail	105
Tabla 65 Diferencia Relativa - Presión de Rail.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 ECU Bosch MED17.1.1	8
Figura 2 Sensor MAP	11
Figura 3 Sensor MAF	12
Figura 4 Sensor de oxígeno	13
Figura 5 Inyectores TFSI	14
Figura 6 Bobinas	15
Figura 7 Sistema de inyección TFSI.....	16
Figura 8 Ciclo termodinámico Otto	18
Figura 9 Adelanto o retraso a la chispa.....	22
Figura 10 Turbocompresor	24
Figura 11 Cartografía Automotriz - ECM Titanium.....	26
Figura 12 Mapa tridimensional Tiempo de Inyección, mg/Stk bar [us]	28
Figura 13 Mapa tridimensional Adelanto al Encendido, RPM %air [degree BTDC]	29
Figura 14 Mapa tridimensional Adelanto al Encendido, RPM hPa [%].....	30
Figura 15 Mapa tridimensional Limitador de Par Max, Carga RPM [Nm].....	31
Figura 16 Mapa tridimensional Limitador Presión de Turbo, C° RPM [hPa	32
Figura 17 Mapa tridimensional Limitador Cantidad de Combustible, RPM Nm [bar]	33
Figura 18 Mapa tridimensional Air - Fuel Ratio, %Air RPM [LAMBDA]	34
Figura 19 Software Alientech Suite - KESS3.....	37
Figura 20 Software ECM Titanium	38
Figura 21 Obtención de Cartografía ECU Bosch MED17.1	46
Figura 22 Lectura Ecus MED17.1	50
Figura 23 Gráfica 2D Válvula De Acelerador – Ángulo De Funcionamiento	51
Figura 24 Gráfica 2D Carga Del Motor Deseada	52
Figura 25 Gráfica 2D Presión De Turbo.....	53
Figura 26 Gráfica 2D Limitador De Presión De Turbo F(Aps).....	54
Figura 27 Gráfica 2D Mapa De Base De Inyección	55
Figura 28 Gráfica 2D Lambda Deseada	56

Figura 29	Gráfica 2D Par Motor Óptimo.....	57
Figura 30	Gráfica 2D Limitador Par Máximo – Sport.....	58
Figura 31	Gráfica 2D Limitador Par Máximo	59
Figura 32	Gráfica 2D Solicitud De Par Durante Despegue	60
Figura 33	Gráfica 2D Mínimo Avance de la Chispa	61
Figura 34	Gráfica 2D Mapa Base Del Avance De La Chispa	62
Figura 35	Gráfica 2D Presión De Rail.....	63

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por brindarme la sabiduría y la salud, por brindarme nuevas oportunidades y guiarme para llegar a ser un gran profesional.

A mis padres por ser un gran apoyo en la vida, por ser parte de mis proyectos y ser el empresario que soy ahora.

A mi amada esposa e hijo, por brindarme el amor de familia y mostrarme que todo se puede lograr con un poco de paciencia, que el núcleo familiar es el éxito de un hombre.

Alan Ortiz

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Marco y Sonia, ya que gracias a ellos soy un gran profesional y me han apoyado en todo incondicionalmente.

A mi esposa Angélica por brindarme el apoyo en cuidar a nuestro amado hijo Benjamín y darme el tiempo necesario para el desarrollo de esta investigación.

A mis hermanos por estar presentes siempre que he necesitado, con su desempeño en los estudios me han demostrado que se puede lograr lo que uno se proponga.

Alan Ortiz

RESUMEN EJECUTIVO

En los últimos años, la gestión electrónica de motores y vehículos se ha convertido en uno de los campos más fascinantes, dinámicos e influyentes dentro de la ingeniería automotriz. Los sistemas de control electrónicos han avanzado a una velocidad impresionante en comparación con otros aspectos de los vehículos de carretera. Estos avances han permitido mejoras en la fiabilidad, potencia específica, eficiencia, comodidad y seguridad, que de otro modo no habrían sido posibles. Reconfigurar los parámetros internos de un sistema de control electrónico del motor puede transformar completamente el rendimiento y comportamiento del motor. Modificar ciertos valores en la memoria de una computadora integrada en el equipo original puede liberar entre 50 y 100 caballos de fuerza adicionales, abriendo un abanico de posibilidades para aumentar la potencia y mejorar la eficiencia volumétrica. Sin embargo, es crucial hacerlo correctamente, ya que puede ser un desafío significativo, y es por ello que se debe interpretar correctamente los valores obtenidos de las computadoras originales, analizando la cartografía y observar limitadores electrónicos o a su vez la potencia mecánica que puede ofrecer dicho componente o máquina con la finalidad de extraer su máximo rendimiento sin poner en riesgo la integridad de estos.

En este trabajo se realizó la lectura de los parámetros de configuración original de las unidades de control electrónico (ECUs) de dos vehículos de la misma casa comercial con similares características en su ficha técnica. Mediante un análisis de esta información se determinaron los requerimientos y aspectos que brinda el fabricante para el vehículo con motor de combustión interna y el vehículo híbrido, además de observar por medio de estas cartografías el sistema de inyección, ignición y turbo. Esto permitió verificar si la solicitud de par es menor en un vehículo

híbrido o directamente es proporcional al uso del motor eléctrico referente a la potencia que brinda cada uno de ellos.

Este estudio analiza los parámetros originales de la ECU de dos vehículos similares para comprender las estrategias de los fabricantes en sistemas de combustión e híbridos. Mediante el examen de los mapas de inyección, encendido y turbo, se evalúan las demandas de par, la entrega de potencia y la influencia de la asistencia eléctrica, destacando cómo la calibración electrónica influye significativamente en el comportamiento y el rendimiento del motor.

DESCRIPTORES: CARTOGRAFÍA, ECM, EFICIENCIA, MAPAS, MOTORES, POTENCIA, SOLICITUD, SOFTWARE, TORQUE, VEHÍCULO.

ABSTRACT

In recent years, electronic engine and vehicle management has become one of the most fascinating, dynamic, and influential fields within automotive engineering. Electronic control systems have advanced at an impressive rate compared to other aspects of road vehicles. These advancements have enabled improvements in reliability, specific power, efficiency, comfort, and safety that would otherwise have been impossible. Reconfiguring the internal parameters of an electronic engine control system can completely transform engine performance and behavior. Modifying certain values in the memory of an integrated computer in the original equipment can unlock between 50 and 100 additional horsepower, opening up a range of possibilities for increasing power and improving volumetric efficiency. However, it is crucial to do this correctly, as it can be a significant challenge. Therefore, it is essential to correctly interpret the values obtained from the original computers, analyze the mapping, and observe electronic limiters or the mechanical power that the component or machine can deliver in order to extract its maximum performance without compromising its integrity.

In this study, the original configuration parameters of the electronic control units (ECUs) of two vehicles from the same manufacturer, with similar specifications in their technical data sheets, were analyzed. Through this analysis, the manufacturer's requirements and specifications for the internal combustion engine vehicle and the hybrid vehicle were determined. Additionally, the injection, ignition, and turbocharger systems were examined using these maps. This allowed for verification of whether the torque requirement is lower in a hybrid vehicle or directly proportional to the use of the electric motor in relation to the power output of each.

This study analyzes the original ECU parameters of two similar vehicles to understand manufacturer strategies in combustion and hybrid systems. By examining injection, ignition, and turbo maps, it evaluates torque demands, power delivery, and the influence of electric assistance while highlighting how electronic calibration significantly shapes engine behavior and performance.

KEYWORDS: CARTOGRAPHY, ECM, EFFICIENCY, ENGINES, MAPS, POWER, SOFTWARE, TORQUE, VEHICLE.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Este estudio se centra en analizar diversos factores controlados por la unidad de control electrónica (ECU) del motor, para ello, se tomarán como muestra un vehículo híbrido y otro convencional de combustión interna, ambos de la misma marca y con características mecánicas similares, el procedimiento consiste en la lectura y extracción directa de los archivos de sus respectivas ECUs.

El objetivo principal es comparar el rendimiento de ambos vehículos para determinar por qué, a pesar de compartir un motor de combustión similar, uno puede presentar un par motor superior al otro, evaluando si esta diferencia está limitada por el software de la ECU, esto abre una nueva línea de investigación que trasciende el análisis mecánico convencional, adentrándose en la programación del controlador; a diferencia de estudios previos que emplean pruebas dinámicas o dinamométricas, la metodología de este caso se basa en un análisis comparativo mediante software de modificación de archivos, examinando la configuración interna (mapas) de la ECU, el estudio busca comprender la lógica de actuación de los módulos de control a partir de las señales de los sensores bajo diversas circunstancias, observando el comportamiento, las limitaciones y las disparidades de potencia entre vehículos de un mismo fabricante.

El proceso de comparación tendrá un enfoque analítico, tanto cualitativo como cuantitativo, se llevará a cabo mediante la identificación y examen de las cartografías automotrices dentro de la programación de la ECU, específicamente los mapas de solicitudes para actuadores y limitadores de los mismos en diferentes condiciones físicas de operación, para

un análisis óptimo, es fundamental poseer conocimientos previos sobre la estructura de estos archivos.

1.2. Justificación

Si bien existen estudios comparativos entre vehículos de combustión interna (MCI) e híbridos que se basan en pruebas físicas o dinamométricas, este documento propone un enfoque innovador: analizar su comportamiento desde una perspectiva electrónica de software, la investigación se centra en la capacidad de comprender los parámetros de la unidad de control (ECU) a nivel programable, lo que permite apreciar variables como el torque, la potencia y el consumo de combustible.

Este enfoque motiva la presente investigación, la cual pretende entender la lógica de programación interna del módulo de control, el estudio compara dos vehículos de la misma marca y con características mecánicas similares en su motor de combustión, con el objetivo de determinar las causas de disparidades en la potencia y verificar la existencia de limitaciones impuestas por software, un fenómeno documentado en casos puntuales.

De esta manera, el estudio permite comprender cómo la ECU gestiona y optimiza los múltiples parámetros del vehículo en diversas circunstancias, se analiza su lógica de actuación para mantener un funcionamiento óptimo, evaluando la influencia de factores como la calidad del combustible, el tiempo de inyección y las correcciones al encendido, el fin último de esta gestión es encontrar el equilibrio ideal que brinde el máximo rendimiento junto con la mayor eficiencia en el consumo.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Analizar comparativamente las cartografías automotrices de limitadores, tiempo de encendido, turbo, mariposa de aceleración, presión de rail y control lambda entre las calibraciones del Audi A6 (C6) 2000cc 16v TFSI 180CV y el Audi A6 Hybrid 2000cc 16v TFSI 221CV, mediante el uso del software ECM Titanium de Alientech, con el fin de identificar las diferencias en las estrategias de calibración.

1.3.2. Específicos

- Obtener la cartografía automotriz del vehículo Audi A6 (C6) 2000cc 16v TFSI 180CV mediante la lectura de la unidad de control Bosch MED17.1 y del Audi A6 Hybrid 2000cc 16v TFSI 221CV a través de la extracción de datos de la unidad de control Bosch MED17.1.1 utilizando el dispositivo KESS3 de Alientech.
- Identificar los mapas correspondientes a limitadores, tiempo de encendido, control de turbo, mariposa de aceleración y relación lambda en ambas unidades de control electrónico.
- Analizar la estructura de las cartografías automotrices, identificando sus ejes y la representación de cada una de las tablas, con el fin de comprender su función en la gestión electrónica del motor.
- Comparar los valores y tendencias de cada parámetro entre las cartografías seleccionadas, determinando las diferencias en las estrategias de calibración aplicadas en el motor de combustión y en el híbrido.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la industria automotriz, la incorporación de la inyección electrónica de combustible representó un avance clave que permitió a los ingenieros optimizar la confiabilidad y la maniobrabilidad de los vehículos, esta tecnología fue esencial durante la década de 1980 para competir en la creciente demanda de mayor potencia, además, este avance facilitó el cumplimiento de las regulaciones federales que exigían estándares más estrictos en cuanto a emisiones contaminantes y eficiencia en el consumo de combustible.

A medida que fueron pasando los años, la reprogramación para aumentar potencia ha ido cambiando mucho, pasando de ser sólo mecánico, a ser una ingeniería del software, haciendo que ahora, el tuning se centre en conseguir optimizar el rendimiento del motor a través de una reprogramación directa de su cerebro: la ECU (Engine Control Unit).

La reprogramación, o la repotenciación de la ECU, es una de las formas más eficientes y populares de aumentar la potencia y optimizar el rendimiento del motor, la cual consiste en reprogramar el software de la ECU (el mapa o la cartografía) que controla parámetros críticos como la inyección de combustible, el avance en el encendido, la presión del turbocompresor o los límites de seguridad.

Gracias a la recalibración de esos valores, se aprovechan al máximo las prestaciones del motor, jugando con los márgenes de seguridad de los que hacen uso los fabricantes para adaptarse a los tipos de condiciones y de calidad de los combustibles, como así también para adecuarse a la normativa vigente (NTE INEN 2204). A veces, esta reprogramación complementa

con la mejora de la admisión de aire para facilitar la mejor respiración del motor o del escape para una mejor evacuación de los gases; de este modo se maximizan las reprogramaciones llevadas a cabo en la ECU.

Gracias al desarrollo de nuevas tecnologías y software de diagnóstico, la reprogramación de la ECU se ha convertido en un procedimiento preciso y accesible, permitiendo adaptar las prestaciones del vehículo a las preferencias específicas del conductor, desde ganancias de potencia hasta una conducción más eficiente.

Estudios previos como el de BRITO (2019), menciona que buscó entender cuál es la sintomatología que presenta el automóvil en el momento que un componente del sistema de aceleración electrónico presenta problemas, planteando como base del proyecto realizar la reprogramación al módulo de control de potencia, con la finalidad de permitirle a la unidad de control electrónico obtener los parámetros de funcionamiento ideales para el correcto desempeño del actuador de aceleración.

Gismero Galiatsatos (2017) realizó un trabajo de fin de grado centrado en el diseño y optimización de la cartografía motor para un vehículo de competición Fórmula SAE. En el estudio aborda cómo los mapas que controlan los parámetros del motor pueden modificarse para buscar objetivos específicos como mayor potencia o menor consumo, considerando además las limitaciones normativas

Pauta Tamayo y Cárdenas Jiménez (2023) desarrollaron un estudio de modificación de la cartografía del motor en vehículos livianos en la ciudad de Cuenca, Ecuador, señalando que la modificación permite compensar las pérdidas de potencia y torque causadas por la altitud de la ciudad (2500 msnm), optimizando los mapas de inyección y resultando en motores más eficientes para ese contexto.

En la Universidad Técnica del Norte GARCÍA & FUELTAN FUELTAN , 2020 realizaron la reprogramación de funciones especiales de los vehículos Peugeot 307 y Kia Sportage R, en donde examinaron los registros internos de las memorias y microcontroladores de la ECU, BSI y panel de instrumentos con la implementación de equipos de programación como K-TAG, UPA-USB y X100 PAD 2 PRO.

Si bien anteriormente se han realizado casos de estudio donde se encuentra interfaces de programación o programaciones a módulos de control electrónico pues no se encuentran registros donde se realice un análisis comparativo dentro de un raciocinio a cartografías automotrices dentro de módulos de control motor originales.

2.2. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

2.2.1 Electrónica automotriz y sistemas de control

2.2.1.1 Evolución de las ECUs (Engine Control Units) en la automoción.

Las unidades de control electrónico (ECU) surgieron a finales de los años 70 y principios de los 80, principalmente como respuesta a la necesidad de controlar las emisiones contaminantes de los vehículos. Inicialmente, estas unidades gestionaban funciones básicas como la inyección electrónica de combustible y el encendido, reemplazando los sistemas mecánicos tradicionales como el carburador. Bosch (2025) menciona que en el año 1978, revolucionó el mercado gracias al sistema Motronic, que dejaba bajo el mismo control a ambas funciones, mejorando de forma notable la eficiencia y reducción de emisiones en motores como el Volkswagen Golf.

Durante la década de los años 1980, las ECUs ampliaron su rango a sistemas más complejos tales como la regulación de la válvula EGR y el control de emisiones, cuando los

protocolos de comunicación avanzaban para que varias unidades pudieran comunicarse unas con otras dentro del vehículo (Soluciones Guemacar, 2025).

Con el avance de la informática y de los sensores, las ECUs actuales se convierten en plataformas complejas y multifuncionales que no sólo controlan el motor sino también sistemas de seguridad, asistencia al conductor y gestión de la energía. Las ECUs actuales incorporan inteligencia artificial y aprendizaje automático con el fin de optimizar parámetros de forma dinámica en tiempo real como el consumo de energía, el frenado de energía y la respuesta dinámica a diferentes condiciones de conducción. Además, la modernización de la arquitectura de vehículos hacia sistemas zonales permite centralizar y simplificar el control electrónico, reduciendo el peso y la complejidad del cableado, lo que mejora la eficiencia y la facilidad de mantenimiento. La evolución continua de las ECUs impulsa así la transición hacia vehículos cada vez más inteligentes, seguros y sostenibles (Verified Market Reports, 2025; Lenkor Tech, 2025).

2.2.1.2. Arquitectura de una ECU Bosch MED17.1.1

La arquitectura de la ECU Bosch MED17.1.1 está presente en los vehículos del grupo VAG, en este caso la línea Audi serie A. Esta ECU está diseñada alrededor del microcontrolador TC1796, que actúa como el centro neurálgico para el procesamiento de datos y la gestión de funciones del motor. Esta unidad de control del motor integra múltiples periféricos y módulos para la adquisición y procesamiento de señales provenientes de sensores y actuadores, lo que permite una gestión precisa del motor en tiempo real. La arquitectura incluye memorias flash para almacenamiento de software, EEPROM para datos específicos y registros de configuración,

así como módulos de comunicación que facilitan la interacción con sistemas externos a través del puerto OBD-II (AutoTuner, 2024).

El diseño interno de la MED17.1.1 contempla sistemas de control avanzados como el manejo de inyección de combustible, sincronización del encendido, control de emisiones y regulación del turbo, todo coordinado por algoritmos sofisticados que buscan optimizar el rendimiento y la eficiencia energética del motor. Este modelo de ECU permite la lectura y modificación de datos tanto a través de conexiones directas en la placa de circuito impreso como mediante el conector OBD (On Board Diagnostic), haciendo factible su diagnóstico y recalibración sin necesidad de desmontar la unidad (AutoTuner, 2024; Bosch Repair Service, 2025).

Figura 1

ECU Bosch MED17.1.1



Nota: Vista superior de la unidad de control electrónico Bosch MED17, utilizada en la gestión del motor para el control de parámetros como par, encendido, turbo y mezcla aire–combustible. Tomado de Bosch MED17 Engine Control Unit [Fotografía], por Bosch, 2024, Bosch Mobility Solutions, (<https://www.bosch-mobility.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/engine-management-systems/med17/>).

En este sentido, en lo que se refiere a la comunicación y protocolos, la MED17.1.1 permite una integración con protocolos estándar como el CAN o el K-Line, redundando en la capacidad de integrar otros sistemas del vehículo y equipos de diagnóstico. Esta posibilidad de integración es necesaria para la operatividad en vehículos actuales, donde múltiples ECUs deben interconectarse para poder intercambiar información y coordinar las respuestas para garantizar el buen funcionamiento del motor y la seguridad del vehículo. Asimismo, la arquitectura permite la incorporación de herramientas de datalogging para registrar los parámetros de la operación en tiempo real, crucial para la calibración y ajuste fino del motor (AutoTuner, 2024).

Por último, la ECU Bosch MED17.1.1 presenta una arquitectura que resuena por su versatilidad y adaptabilidad, en función de que integra funciones avanzadas como control de válvulas de escape, gestión térmica y perfiles de funcionamiento de acuerdo con el vehículo y las condiciones de conducción. La unidad está pensada para poder ser empleada con la utilización de software de tuning especializado, permitiendo realizar modificaciones para mejorar la eficiencia o el rendimiento sin comprometer la fiabilidad o la seguridad del motor. Esta robusta modularidad representa un equilibrio entre la complejidad de la tecnología y la funcionalidad práctica en la gestión electrónica del motor (Bosch Repair Service, 2025; AutoTuner, 2024).

2.2.2 Principios de funcionamiento de sensores y actuadores (MAP, MAF, sonda lambda, inyector, bobinas).

En su conjunto, dichos sensores y actuadores conforman un sistema entrelazado capaz de permitir a la ECU que haga una gestión inteligente del motor, que brinda eficiencia energética, potencia y cumplimiento en términos de normativa medioambiental. La interacción precisa entre sensores como MAP, MAF y sonda lambda y actuadores como inyector y bobinas son clave para la actual gestión electrónica de motores de combustión interna (FlexFuel, 2022; NGK Spark Plug, 2024).

2.2.2.1. MAP (Manifold Absolute Pressure)

Los sensores son componentes esenciales en la gestión electrónica del motor, ya que permiten medir variables clave para garantizar un funcionamiento óptimo, El sensor MAP (Manifold Absolute Pressure) mide la presión absoluta del múltiple de admisión, proporcionando información sobre la cantidad de aire que entra al motor. Esta información es enviada a la unidad de control (ECU), que calcula la cantidad adecuada de combustible para la combustión, optimizando la eficiencia y reduciendo emisiones. El sensor MAP se basa en cristales de silicio que detectan la presión y convierten esta variación en señales eléctricas para la ECU (FlexFuel, 2022).

Figura 2

Sensor MAP



Nota: Vista lateral del **sensor MAP (Manifold Absolute Pressure)**, encargado de medir la presión absoluta del colector de admisión para el cálculo de la carga del motor en sistemas de inyección electrónica. Tomado de **Bosch MAP Sensor [Fotografía]**, por **Bosch**, 2024, **Bosch Mobility Solutions**, (<https://www.bosch-mobility.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/sensors/map-sensors/>).

2.2.2.2 MAF (Mass Air Flow)

El sensor MAF (Mass Air Flow) mide directamente la masa de aire que es aspirada por el motor, lo que permite un cálculo preciso de la mezcla aire-combustible. Este sensor utiliza tecnologías como hilo caliente o película caliente para detectar el flujo de aire sin partes móviles, aumentando su durabilidad y precisión. El sensor MAF se ubica entre el filtro de aire y el múltiple de admisión. Fallos en este sensor pueden provocar problemas como aumento del consumo de combustible, marcha irregular y pérdida de potencia del motor (NGK Spark Plug, 2024).

Figura 3

Sensor MAF



Nota: Vista frontal del sensor MAF (Mass Air Flow), encargado de medir la masa de aire aspirada por el motor para el cálculo preciso de la inyección de combustible y el control de emisiones. *Tomado de* Bosch MAF Sensor [Fotografía], por Bosch, 2024, Bosch Mobility Solutions, (<https://www.bosch-mobility.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/sensors/air-mass-meters/>).

2.2.2.3 Sensor de Oxígeno (Lambda)

La sonda lambda o sensor de oxígeno mide la concentración de oxígeno en los gases de escape en comparación con el aire externo, generando una señal eléctrica que varía según la mezcla en la cámara de combustión. Esta medición ayuda a la ECU a ajustar la mezcla para mantener una combustión eficiente y reducir emisiones contaminantes. La sonda lambda es fundamental para el control de la mezcla estequiométrica, y su correcta función es vital para pasar controles de emisiones y mejorar el rendimiento del motor (MTE-THOMSON, 2022).

Figura 4

Sensor de oxígeno



Nota: Vista frontal del sensor de oxígeno (Lambda Sensor), encargado de medir la concentración de oxígeno en los gases de escape para optimizar la mezcla aire–combustible y el funcionamiento del catalizador. *Tomado de Bosch Lambda Sensor [Fotografía], por Bosch, 2024, Bosch Mobility Solutions, (<https://www.bosch-mobility.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/sensors/lambda-sensors/>).*

2.2.2.4 Inyectores

Los inyectores son actuadores que suministran la cantidad exacta de combustible al motor según la señal de la ECU, la cual está basada en las lecturas de los sensores. Estos actuadores funcionan mediante la apertura controlada que permite el paso de combustible hacia la cámara de combustión, asegurando una atomización adecuada para una combustión eficiente. Por su parte, las bobinas de encendido transforman el voltaje de la batería en una alta tensión necesaria para generar la chispa en las bujías, iniciando la combustión del combustible. Ambos actuadores son críticos para el rendimiento y la respuesta dinámica del motor (FlexFuel, 2022; NGK Spark Plug, 2024).

Figura 5

Inyectores TFSI



Nota: Vista lateral del inyector de combustible de inyección directa (FSI/TFSI), encargado de dosificar y pulverizar el combustible directamente en la cámara de combustión a alta presión, garantizando una mezcla homogénea y eficiente. *Tomado de* Audi FSI/TFSI Fuel Injector [Fotografía], por Audi AG, 2024, Audi Genuine Parts, (<https://www.audi.com/>).

2.2.2.5 Bobinas

Las bobinas de encendido son componentes fundamentales del sistema de encendido en motores de combustión interna, cuya función principal es transformar el voltaje bajo de la batería (12 voltios) en un voltaje alto (entre 20,000 y 40,000 voltios), necesario para generar la chispa que enciende la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión. La bobina actúa como un transformador electromagnético constituido por 2 bobinados inclinados con cable de cobre aislado (primario y secundario) sobre un núcleo de acero, el cual potencia el campo magnético que induce la alta tensión solicitada (Renting Finders, 2024).

El bobinado primario recibe la corriente continua baja de la batería, produciendo un campo magnético alrededor del núcleo; de forma que al interrumpir la corriente rápidamente, ya sea mediante un interruptor mecánico o electrónico o mediante un módulo de control, el campo

magnético colapsa para inducir la corriente mediante un fenómeno de inducción electromagnética en el bobinado secundario que produce una alta tensión conducida a la bujía para generar la chispa. Este principio de inducción electromagnética permite la transformación eficaz y controlada de la electricidad en el sistema de encendido (Autodoc Club, 2020).

Figura 6

Bobinas



Nota: Vista frontal del conjunto de bobinas de encendido (Ignition Coils), encargadas de transformar la corriente de baja tensión en alta tensión para la generación de la chispa en las bujías, garantizando una combustión eficiente en los motores TFSI. *Tomado de* Audi TFSI Ignition Coils [Fotografía], por Audi AG, 2024, Audi Genuine Parts, (<https://www.audi.com/>).

2.2.2.6. Control de encendido e inyección en motores TFSI (inyección directa de gasolina).

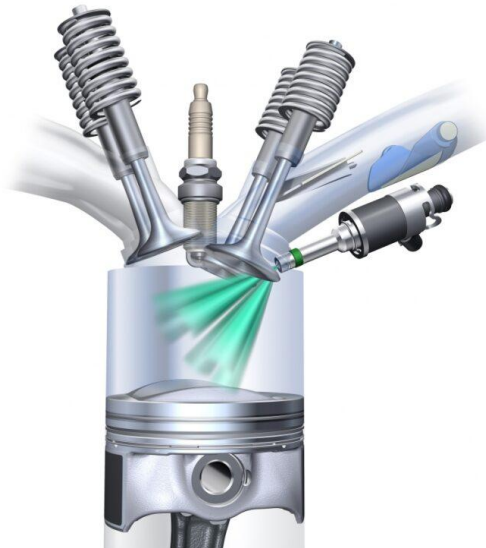
El control de encendido e inyección en motores TFSI (Turbocharged Fuel Stratified Injection) se basa en una gestión electrónica avanzada que optimiza la mezcla de aire y combustible para maximizar la potencia, eficiencia y reducción de emisiones.

La inyección directa en estos motores rocía el combustible directamente dentro de la cámara de combustión a altas presiones que pueden alcanzar hasta 200 bares, lo que asegura una

atomización fina y una mezcla homogénea con el aire. Esta precisión permite una combustión más completa, aumentando el rendimiento térmico del motor y reduciendo la cantidad de gases contaminantes emitidos. El sistema de encendido en los motores TFSI está sincronizado con el sistema de inyección para garantizar el momento óptimo en que la chispa se genera en las bujías, iniciando la combustión del combustible. La unidad de control electrónica (ECU) monitorea diversas señales provenientes de sensores para ajustar dinámicamente el tiempo de encendido y la cantidad de inyección en función de las condiciones de operación del motor como la carga, la temperatura y el régimen de revoluciones. Esto contribuye a un funcionamiento más suave, eficiente y con respuesta rápida ante los cambios en la demanda del conductor (Volkswagen España, 2003).

Figura 7

Sistema de inyección TFSI



Nota: Esquema del proceso de inyección directa en motores TFSI, donde el inyector suministra el combustible directamente en la cámara de combustión para optimizar la atomización y la eficiencia energética del motor. Tomado de Audi TFSI Direct Injection System [Ilustración], por Audi AG, 2024, Audi Technology Portal, (<https://www.audi-technology-portal.com/en/drivetrain/tfsi/>).

Adicionalmente, los motores TFSI incorporan tecnologías complementarias como los sistemas de sobrealimentación mediante turbocompresores y mediante compresores volumétricos que enriquecidos por la inyección directa y la gestión electrónica, consiguen una respuesta inmediata y un amplio intervalo de potencia. La sofisticada gestión electrónica ha sido capaz de hacer de todos estos elementos una herramienta que provoca el mejor rendimiento en las diferentes condiciones de funcionamiento, ya que adapta la inyección y el encendido en cada caso hasta conseguir la entrega de potencia adecuada y controlada y, en consecuencia, el motor está protegido y por otro lado, se alcanzan las exigencias de emisiones (Rodesrecambios, 2025).

2.2.3 Termodinámica y motores de combustión interna

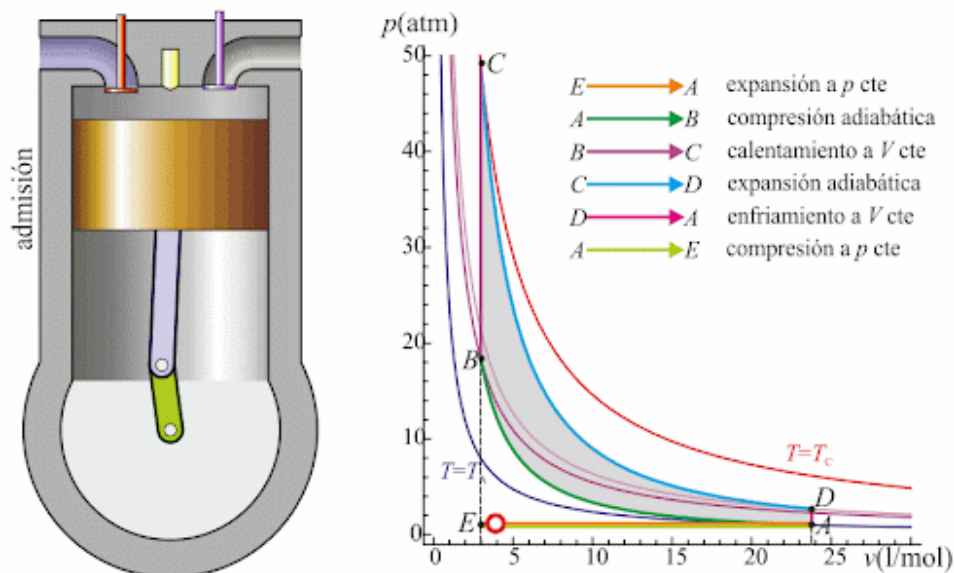
2.2.3.1 Ciclo termodinámico Otto

El ciclo termodinámico Otto es el principio fundamental que rige el funcionamiento de los motores de combustión interna de encendido por chispa, típicos en vehículos de gasolina. Este ciclo fue desarrollado por Nicolaus Otto en 1860 y se compone de cuatro etapas principales: admisión, compresión, combustión y escape. Durante la etapa de admisión, el pistón baja permitiendo la entrada de la mezcla aire-combustible a presión constante, seguida por la compresión de esta mezcla en un proceso cercano a adiabático, donde no hay intercambio de calor con el entorno. En la fase de combustión, la mezcla se enciende mediante una chispa, generando un aumento rápido de temperatura y presión a volumen prácticamente constante, que impulsa el pistón hacia abajo realizando trabajo mecánico. Finalmente, en la fase de escape, los

gases quemados se expulsan a presión constante para reiniciar el ciclo (Universidad Politécnica de Madrid, s.f.).

Figura 8

Ciclo termodinámico Otto



Nota: Representación esquemática del ciclo termodinámico Otto, que describe las fases de admisión, compresión, combustión, expansión y escape en un motor de encendido por chispa. El gráfico muestra la relación presión–volumen ($p-v$) durante los procesos adiabáticos y a presión o volumen constante. *Tomado de* Ciclo Otto [Ilustración], por Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 2024, Departamento de Termodinámica Aplicada, (<https://www.ingenieria.unam.mx/>).

El rendimiento térmico del ciclo Otto está muy ligado a la relación de compresión, que es la relación entre el volumen máximo y mínimo que se obtiene en el cilindro a lo largo del ciclo. Bien podría decirse que, mayor es la relación de compresión, mayor será el rendimiento del motor, ya que se puede aprovechar mejor el trabajo útil del calor de la combustión. Sin embargo, este parámetro se ve limitado por la posibilidad de que pueda aparecer la detonación o el autoencendido de la mezcla, que puede provocar averías en el motor. Es por este motivo que los

motores de combustión internos son capaces de ver el rendimiento que son capaces de extraer de la relación de compresión y el tipo de gasolina, es decir, la calidad de la gasolina es determinada también por la relación de compresión, el uso de gasolina de alto octanaje y la incorporación electrónica del motor (Universidad Politécnica de Madrid, s.f).

En la práctica, en el ciclo de Otto ideal existen pérdidas y procesos irreversibles, entre ellos la fricción interna, las pérdidas de calor y la mezcla que no es ideal, que reducen el rendimiento real. Sin embargo, el ciclo Otto, a pesar de los límites ya comentados, es el patrón ideal de trabajo que se utiliza para comprender y razonar el diseño o el análisis de los motores de gasolina, si bien es cierto que la innovación de la ingeniería, los materiales, el control electrónico, etc, tratan de acercar el rendimiento real al ideal, contribuyendo así a la eficiencia energética y a reducir las emisiones en la industria de la automoción (OneAir, 2025).

2.2.3.2 Relación aire/combustible (AFR) y eficiencia de combustión

La relación aire-combustible (AFR, por sus siglas en inglés) es un parámetro crucial en la eficiencia de la combustión en motores de combustión interna. Esta relación representa la proporción de masa de aire respecto a la masa de combustible que entra a la cámara de combustión. Para una combustión completa y óptima de gasolina, la relación estequiométrica típica es de 14.7:1, lo que significa que 14.7 partes de aire se combinan con 1 parte de combustible (Calculatorsconversion, 2025).

Conservar esta relación es vital para optimizar la eficiencia energética, disminuir las emisiones contaminantes y conseguir el rendimiento del motor requerido, no obstante, la relación de la mezcla aire-combustible puede variar para distintos estados de funcionamiento del motor; por otro lado, una mezcla rica, en la que existe un mayor contenido de combustible en relación al

aire ($AFR < 14.7:1$), produce una mayor cantidad de potencia, pero también incrementa el consumo de combustible y las emisiones de contaminantes, entre los que se encuentran los hidrocarburos y el monóxido de carbono. Por otro lado, una mezcla pobre (AFR mayor a $14.7:1$) mejora la eficiencia del combustible y reduce ciertas emisiones, pero puede provocar fallos en el encendido, detonaciones y aumento en la producción de óxidos de nitrógeno (ANSED, s.f.; Autoavance, 2024). En base a esto, controlar y ajustar la mezcla aire-combustible es una tarea crítica en la gestión electrónica del motor.

Finalmente, la relación AFR está asociada directamente con la relación λ (lambda), que indica la riqueza o pobreza relativa de la mezcla comparada con la ideal, un valor de λ igual a 1 indica mezcla estequiométrica, mientras que valores menores o mayores indican mezcla rica o pobre, respectivamente. Los sistemas modernos de inyección y gestión electrónica utilizan sensores λ y otros sensores de flujo de aire para medir y ajustar en tiempo real esta relación, logrando una combustión óptima, mayor eficiencia, menos emisiones y mejor desempeño del motor en diversas condiciones operativas (Sigma Earth, 2024).

2.2.4 Parámetros críticos: avance de encendido, presión de turbo, carga del motor, par y potencia.

2.2.4.1 Avance al encendido

El avance al encendido es un concepto fundamental en la operación de motores de combustión interna, que se refiere al momento exacto en que la chispa de la bujía se produce antes de que el pistón alcance el Punto Muerto Superior (PMS). Este adelanto es necesario porque la combustión de la mezcla aire-combustible no ocurre instantáneamente, con un retardo aproximado de 2 milisegundos, en generar la máxima presión dentro del cilindro. Es por ello,

que al iniciar la ignición antes de que el pistón alcance el PMS, se garantiza que la presión máxima coincida con la posición óptima del pistón para convertir la energía de la combustión en trabajo mecánico eficiente (Motociclismo, 2024).

Es esencial que el avance al encendido sea variable y se ajuste en función de las condiciones del motor, como la velocidad de giro y la carga, a bajas revoluciones, el avance suele ser pequeño porque la combustión tiene tiempo suficiente para completarse, sin embargo, a altas revoluciones, la combustión debe comenzar antes para que la presión máxima coincida con el PMS, aumentando así el avance, si el avance del encendido se hace de manera incorrecta, esto puede conllevar presentar problemas de rendimiento, como la pérdida de potencia o aumentar la posibilidad de detonaciones, además de dañar el motor por autoencendido o incluso por encendido tardío (Renting Finders, 2021; Joan Bonet, 2018).

Los sistemas actuales suelen trabajar los avances de encendido sin necesidad de controlar electrónicamente la chispa, sino que es la unidad de control del motor (ECU) la que a partir de los datos que obtienen los diferentes sensores la regula a la perfección, de modo que existen sistemas como el avance de encendido controlado electrónicamente, el avance de encendido regulado, el avance por vacío y el avance mecánico por fuerza centrífuga, que se ocupan de ir ajustando el momento del encendido con la velocidad, la presión y las condiciones ambientales. Esta regulación permite optimizar el rendimiento, la eficiencia del combustible y reducir las emisiones contaminantes en distintas condiciones de operación (Renting Finders, 2021; Motociclismo, 2024).

Figura 9

Adelanto o retraso a la chispa



Nota: Imagen del proceso de combustión en un motor de encendido por chispa, donde la mezcla aire–combustible es encendida por la chispa generada en la bujía, liberando energía térmica que impulsa el pistón y produce el trabajo mecánico. *Tomado de* Combustión interna en motor Otto [Ilustración], por Audi AG, 2024, Audi Technology Portal, (<https://www.audi-technology-portal.com/en/drivetrain/tfsi/>).

Un timing de encendido demasiado avanzado, donde se inicia la chispa muy pronto, puede provocar daños serios incluyendo la detonación o golpeteo del motor, que es capaz de causar golpes e incremento de la tensión en los componentes internos, lo que tiene el efecto negativo adicional de acortar la vida del motor, pero que también hace que el vehículo sea menos eficiente y pueda poner en peligro la economía del combustible. Es por eso que la prevención de estos problemas se logra mediante ajustes adecuados del sistema de encendido y el uso de combustibles adecuados, así como manteniendo bien calibrados los sistemas electrónicos de control (HR Motor, 2023; Renting Finders, 2021).

2.2.4.2 Presión de turbo

La presión de turbo es un parámetro fundamental para el rendimiento de motores sobrealimentados, ya que se refiere a la presión del aire comprimido por el turbocompresor que

ingresa a los cilindros del motor, superando la presión atmosférica natural. El turbocompresor funciona mediante dos turbinas unidas por un eje: una impulsada por los gases de escape, que a su vez hace girar la turbina que comprime el aire de admisión. Este procedimiento incrementa la presión y la densidad del aire, permitiendo que una mayor cantidad de oxígeno tenga cabida en el cilindro y, consecuentemente, favoreciendo una mayor combustión y más potencia motor (Motor MAPFRE, 2021, p.1).

El incremento al que se refiere la presión de turbo, lo que se conoce como presión de sobrealimentación o boost", se relaciona directamente con la potencia y la eficiencia del motor, puesto que cuanto más alta es la presión, más aire y, en consecuencia, más oxígeno puede mezclarse con el combustible, aumentando de este modo la cantidad de energía que se obtiene durante la combustión. Esto permite que motores de menor cilindrada generen potencias equivalentes o superiores a las de motores atmosféricos más grandes, mejorando la eficiencia volumétrica y optimizando el consumo de combustible sin necesidad de incrementar el tamaño del motor, sin embargo, la presión del turbo debe ser controlada para evitar daños mecánicos causados por sobrepresiones (Autoland, 2024).

El sistema de regulación de la presión de turbo utiliza componentes como la válvula de alivio (wastegate) que controla la cantidad de gases de escape que pasan por la turbina para limitar la presión máxima generada. Además, en sistemas más avanzados se emplean válvulas de descarga y controles electrónicos que ajustan dinámicamente la presión en función de las condiciones operativas del motor para optimizar su desempeño y protegerlo. El buen funcionamiento de estos elementos es clave para mantener la integridad del motor y garantizar un rendimiento óptimo en diferentes regímenes de operación (Rodesrecambios, 2025).

Figura 10

Turbocompresor



Nota: Vista frontal de un turbocompresor (Turbocharger), dispositivo encargado de aprovechar la energía de los gases de escape para accionar una turbina que comprime el aire de admisión, mejorando la eficiencia volumétrica y el rendimiento del motor. *Tomado de* Garrett Turbocharger [Fotografía], por Garrett Motion Inc., 2024, Garrett Advancing Motion, (<https://www.garrettmotion.com/>).

El gran reto que propone la presión del turbo es conseguir una mejora de la potencia sin comprometer la gestión térmica, ya que la compresión del aire también incrementa la temperatura del aire admisible, lo que acaba imponiendo límites a la densidad y eficiencia. Para evitarlo, se añaden intercoolers, que permiten el enfriamiento del aire comprimido antes de que este acceda al motor, mejorando la densidad del aire, así como la eficiencia de la combustión. De igual forma, disponer de un sistema de sensores permite hacer un seguimiento constante de la presión y temperatura, de manera que si se observan valores que puedan ser perjudiciales se pueda intervenir de forma previa, asegurando así la durabilidad del motor y la máxima eficiencia del sistema turbo (Motor MAPFRE, 2021).

2.2.5 Cartografía automotriz (*Mapas de calibración*)

2.2.5.1 Concepto de mapas de calibración en una ECU.

Los mapas de calibración en una Unidad de Control Electrónico (ECU) son tablas de datos que la ECU utiliza para gestionar y controlar parámetros críticos del motor, como la inyección de combustible y el encendido. Estos mapas permiten establecer cómo la ECU ajusta la mezcla aire-combustible, el tiempo de inyección y el avance del encendido en función de variables como las revoluciones por minuto del motor y la carga, con el objetivo de optimizar el rendimiento y la eficiencia del vehículo.

La calibración consiste en modificar estos mapas para adaptar la respuesta del motor a condiciones específicas, mejorando así la potencia, el torque y la eficiencia del combustible sin necesidad de alterar componentes mecánicos. Este ajuste requiere un conocimiento profundo del comportamiento del motor y un cuidadoso análisis de cómo las variaciones en los mapas afectan la mezcla y el encendido, con el fin de evitar fallas mecánicas y optimizar la eficiencia. (Estévez Moreno, 2018).

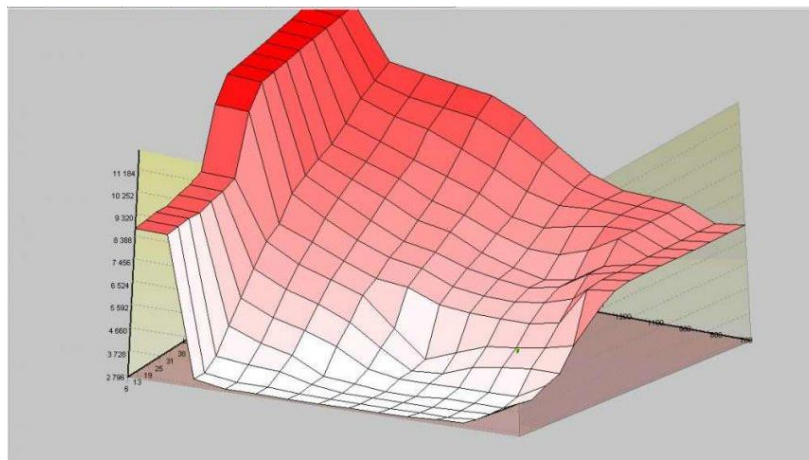
El proceso de calibración es fundamental en la reprogramación de ECU porque mediante la modificación de estos mapas tridimensionales se pueden controlar parámetros esenciales para el rendimiento del vehículo, estas modificaciones se realizan utilizando software especializado que permite cambiar los valores en las cuadrículas de los mapas, variando porcentajes de inyección y grados de avance del encendido dentro de márgenes seguros para el motor (Auto Ingeniería, s.f.).

2.2.5.2 Tipos de mapas: inyección, ignición, turbo, limitadores, AFR.

Los mapas de calibración en una Unidad de Control Electrónico (ECU) son imprescindibles para el control del comportamiento del motor, ya que regulan parámetros tales como inyección de combustible, encendido, turbo, limitadores y mezcla aire-combustible (AFR). Cada uno de los tipos de mapas tiene funciones concretas que permiten optimizar rendimiento, eficiencia y emisiones del motor.

Figura 11

Cartografía Automotriz - ECM Titanium



Nota: Cartografía Automotriz Obtenido por el Investigador.

El mapa de inyección controla la cantidad y el tiempo de suministro de combustible a los cilindros, ajustándose según la carga del motor y las revoluciones por minuto (RPM) para garantizar una combustión adecuada. El mapa de encendido regula el momento en que se produce la chispa para inflamar la mezcla, con el fin de maximizar la potencia y evitar detonaciones prematuras (Ronquillo-Castro et al., 2021).

El mapa de turbo es relevante en motores con sobrealimentación, gestionando la presión del turbo para mejorar la potencia sin comprometer la seguridad del motor, los limitadores

actúan para restringir parámetros como revoluciones o velocidad máximas, protegiendo el motor y la transmisión de daños mecánicos (Auto Ingeniería, s.f.).

Finalmente, el mapa AFR (Air-Fuel Ratio) controla la relación de aire y combustible para mantener una mezcla óptima que optimice tanto la potencia como la eficiencia y emisiones.

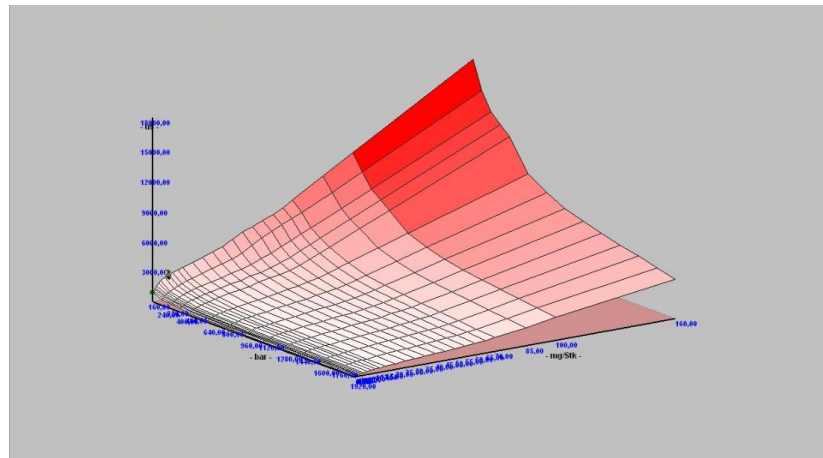
2.2.6 Representación de los mapas en ejes tridimensionales

2.2.6.1 Mapa tridimensional Inyección

El mapa actúa como una "cartografía" para que la ECU determine de manera precisa y eficiente la cantidad óptima de combustible a inyectar bajo condiciones operativas variables. Este debe ser calibrado en fábrica y puede ser ajustado mediante reprogramaciones o "remapeos" para mejorar parámetros específicos como potencia, torque, consumo y emisiones contaminantes. El mapa tridimensional de inyección se complementa con el mapa de avance de encendido que regula el tiempo de chispa para optimizar la combustión, y ambos trabajan sincronizadamente para alcanzar el equilibrio entre potencia y eficiencia. Un avance adecuado y un mapa de inyección calibrado reducen el consumo de combustible, minimizar emisiones y evitan problemas como detonaciones o exceso de humo en el escape (Amaya, Villarreal & Corral, 2018).

Figura 12

Mapa tridimensional Tiempo de Inyección, mg/Stk|bar [us]



Nota: Mapa tridimensional Tiempo de Inyección obtenida por el Investigador.

2.2.6.2. Mapa tridimensional Ignición

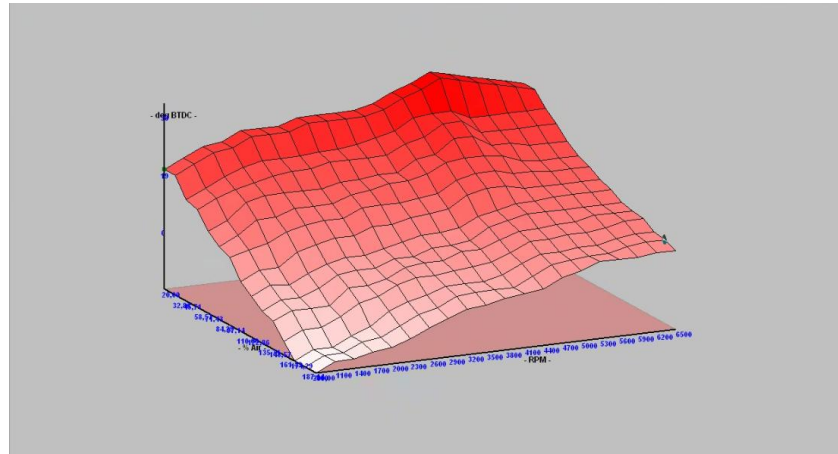
El mapa tridimensional de ignición es un componente fundamental en la gestión electrónica del motor que determina el ángulo de avance del encendido en función de las condiciones dinámicas del motor. Al igual que el mapa de inyección, este mapa tridimensional relaciona tres variables clave: número de revoluciones por minuto (RPM), carga del motor (medida usualmente por el sensor MAP o la apertura de acelerador) y el ángulo de adelanto de chispa (en grados).

Este mapa permite que la ECU ajuste de manera óptima el tiempo de ignición para asegurar que la combustión ocurra en el momento más eficaz dentro del ciclo de combustión, mejorando potencia, eficiencia y minimizando emisiones contaminantes. El avance de encendido es menor en régimen de bajas RPM, donde la velocidad del pistón es baja y el combustible puede quemarse completamente cerca del punto muerto superior (PMS). A medida que aumentan las

revoluciones, el avance se incrementa para anticipar la chispa y compensar el menor tiempo de combustión disponible (Amaya, Villarreal & Corral, 2018).

Figura 13

Mapa tridimensional Adelanto al Encendido, RPM|%air [degree BTDC]



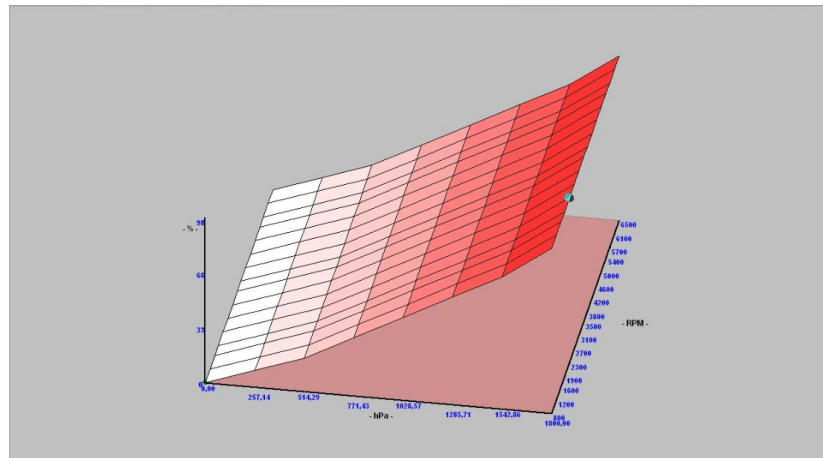
Nota: Mapa tridimensional Adelanto al Encendido obtenida por el Investigador.

2.2.6.3 Mapa tridimensional Turbo

Un mapa tridimensional de turbo se puede entender como una tabla o gráfico que relaciona tres variables principales: la presión medida por el sensor MAP (Sensor de Presión Absoluta del Múltiple), las RPM del motor y la cantidad o modo de inyección o avance al encendido. Esto permite que la ECU ajuste en tiempo real la cantidad de combustible inyectado y el avance de la ignición para maximizar la eficiencia, potencia y reducir emisiones (Amaya et al., 2018).

Figura 14

Mapa tridimensional Adelanto al Encendido, RPM|hPa [%]



Nota: Mapa tridimensional Adelanto al Encendido obtenida por el Investigador.

2.2.6.4 Mapa tridimensional Limitadores

El mapa tridimensional de limitadores es una herramienta gráfica que permite visualizar la interacción y los límites entre tres variables de un sistema. En sistemas automotrices o electrónicos, los limitadores funcionan mediante circuitos electrónicos que detectan cuando una señal (corriente, voltaje, presión, etc.) alcanza un umbral predefinido, y actúan reduciendo o bloqueando valores para evitar daños o funcionamiento fuera de parámetros seguros (EcuRed, s.f.).

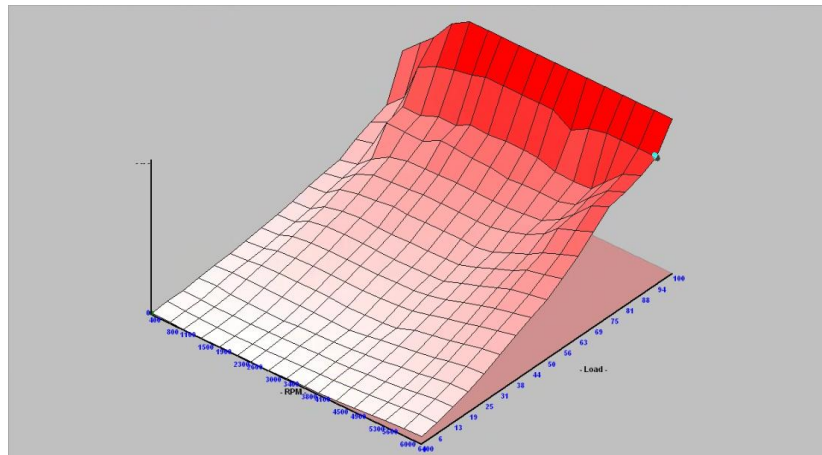
En la programación y ajuste de sistemas de control como el motor, los mapas tridimensionales limitadores definen no solo los límites de presión o temperatura, sino también de otros parámetros críticos como la inyección de combustible, torque o RPM, logrando un control optimizado para evitar condiciones peligrosas o ineficientes (Makinelab, 2022).

2.2.6.5 Limitador Par Máximo

Un limitador de par es un método electrónico que impide que el par transmitido supere un valor máximo preestablecido. Funciona como un "fusible mecánico" que protege el sistema al deslizar o desenganchar cuando el par excede ese límite, evitando daños catastróficos en las partes móviles, los limitadores de par pueden ser de dos tipos principales: los que continúan transmitiendo un par limitado mediante deslizamiento controlado, y los que se desconectan completamente para proteger el mecanismo. La selección del tipo adecuado depende de la aplicación práctica y la seguridad requerida (Barajas, 2016).

Figura 15

Mapa tridimensional Limitador de Par Max, Carga|RPM [Nm]



Nota: Mapa tridimensional Limitador de Par Max obtenida por el Investigador.

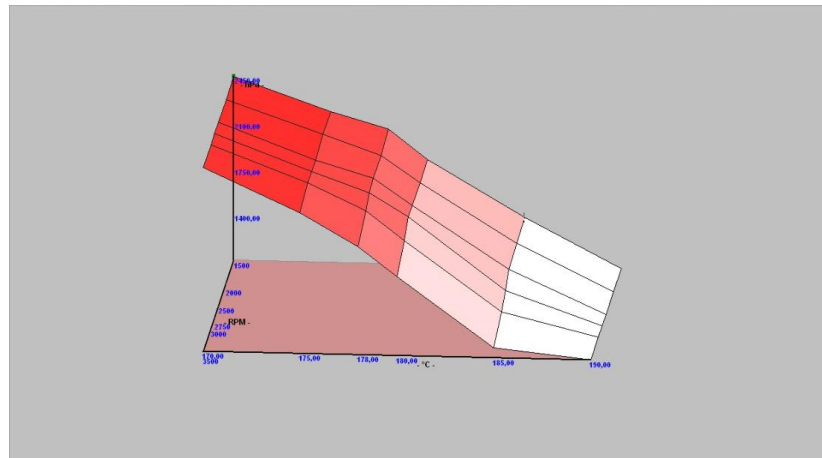
2.2.6.6 Limitador de presión de turbo

El limitador de presión de turbo funciona regulando la presión máxima que el compresor puede suministrar al múltiple de admisión. Esto se logra mediante una válvula de control, comúnmente denominada wastegate o electroválvula, que controla el flujo de gases de escape

hacia la turbina del turbo. Cuando la presión alcanza el límite establecido, la válvula se abre para desviar parte de los gases, evitando un aumento adicional de la presión y manteniendo así la presión de sobrealimentación dentro de valores seguros (Gamache, 2025).

Figura 16

Mapa tridimensional Limitador Presión de Turbo, C° |RPM [hPa]



Nota: Mapa tridimensional Limitador Presión de Turbo obtenida por el Investigador.

2.2.6.7 Limitador de cantidad de combustible

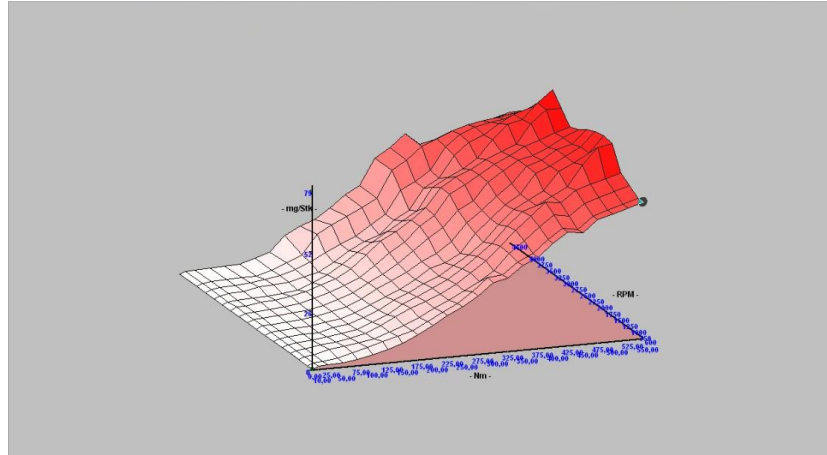
El limitador de cantidad de combustible funciona a través del control del flujo del combustible hacia los inyectores, ajustando la mezcla aire-combustible en función de sensores que detectan parámetros del motor como la presión, temperatura, carga y revoluciones (Hengko, 2022).

En los sistemas modernos de inyección electrónica, la cantidad de combustible está limitada y modulada por la ECU, que recibe información de diversos sensores y ajusta el tiempo y la duración de la inyección para no superar el límite de combustible permitido, evitando

condiciones de mezcla rica que pueden afectar el rendimiento y la durabilidad del motor (UPCommons, 2023).

Figura 17

Mapa tridimensional Limitador Cantidad de Combustible, RPM|Nm [bar]



Nota: Mapa tridimensional Limitador Cantidad de Combustible obtenida por el Investigador.

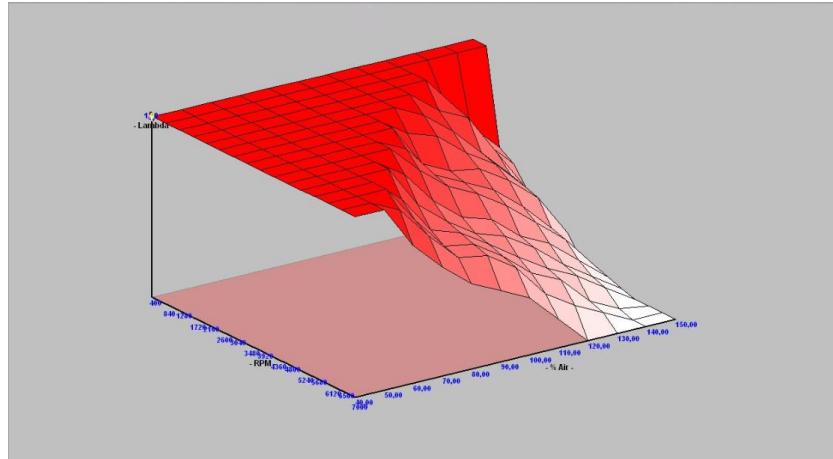
2.2.6.8 Mapa tridimensional AFR / LAMBDA

El AFR óptimo cambia según la fase de operación del motor (arranque, aceleración, velocidad constante) y está influenciado por factores como temperatura, presión atmosférica y tipo de combustible. Un control preciso mediante el mapa tridimensional impulsa una combustión más limpia y evita problemas como la detonación o el consumo excesivo (Amaya et al., 2018).

La elaboración y ajuste de estos mapas se realiza mediante pruebas y calibraciones, con la posibilidad de modificar tablas por software para optimizar la respuesta, bajo el análisis constante de sensores y actuadores que retroalimentan el sistema de control (Ronquillo-Castro et al., 2023).

Figura 18

Mapa tridimensional Air - Fuel Ratio, %Air|RPM [LAMBDA]



Nota: Mapa tridimensional Air - Fuel Ratio obtenida por el Investigador.

2.2.7 Software y herramientas de reprogramación

2.2.7.1. Introducción al tuning electrónico y chiptuning.

Es fundamental que el tuning y chiptuning sean realizados por profesionales capacitados, ya que modificar los parámetros electrónicos sin el conocimiento adecuado puede causar daños mecánicos severos. Por lo tanto, el proceso debe acompañarse de análisis en banco de potencia y pruebas para garantizar la seguridad y efectividad de la reprogramación. El tuning electrónico se refiere al proceso de modificación y optimización de los parámetros electrónicos que controlan el funcionamiento del motor de un vehículo con el objetivo de mejorar su rendimiento, eficiencia y respuesta, este ajuste se realiza principalmente a través de la reprogramación de la unidad de control electrónico (ECU) (Binary Electronic, 2024).

El chiptuning, que forma parte del tuning eléctrico, se puede definir como un proceso que permite la reprogramación del software que se encuentra en el chip de la ECU, realizado directamente, con el fin de conseguir incrementos de la potencia y el par motor, sin realizar

modificaciones mecánicas muy invasivas. De forma tradicional, se accedía al chip de forma directa, ya que para cambiar contenido era necesario desoldar el chip; hoy en día se logra con la comunicación entre la ECU y las interfaces de comunicación con el coche, accediendo directamente al OBDII para conseguir el contenido del programa original y modificarlo para volverlo a grabar (Autoescuelas Dummy, 2024).

Este ajuste permite liberar la capacidad oculta del motor, ya que los fabricantes programan la ECU con limitaciones para cumplir normativas de emisiones y garantizar la durabilidad del motor. Mediante el chiptuning, se pueden alterar parámetros esenciales como el tiempo de encendido, la relación aire-combustible y la cantidad de combustible inyectado, incrementando así el rendimiento del motor, muchas veces con una mejora adicional en eficiencia de combustible (Especiales Autocosmos, 2011).

2.2.7.2 Herramientas de reprogramación.

2.2.7.2.1 Interfaz KESS3 para lectura y escritura de módulos de control motor.

KESS3 es un programador de ECUs que permite la optimización del rendimiento del motor y las transmisiones a través de la reprogramación del software de control que lleva en su interior. Este sistema implementa protocolos de comunicación estándar y avanzados, lo que le permite ser compatible con un gran número de vehículos que van desde coches a maquinaria agrícola y camiones (Master-Ecu, 2024).

El dispositivo incorpora un potente procesador que facilita las operaciones de lectura, escritura y cálculos de checksum (comprobador de la suma de verificación), y soporta actualizaciones periódicas para aumentar su cobertura de vehículos, además de presentar un diseño ergonómico y moderno con comunicación por Bluetooth y Wi-Fi. Se puede utilizar en tres modos de operaciones (OBD, Bench y Boot), desde improvisaciones rápidas en el puerto de

diagnósticos a accesos complejos para reparaciones o clonaciones de memorias (Datatronik, 2025). Además, incluye funciones para interpretar y resetear códigos de error (DTC), realizar pruebas de potencia en carretera con el módulo DynoDrive, y gestionar funciones avanzadas dependiendo del modelo de vehículo, convirtiéndolo en una herramienta integral para talleres mecánicos especializados y entusiastas del tuning automotriz (Alientech, 2024).

Tabla 1

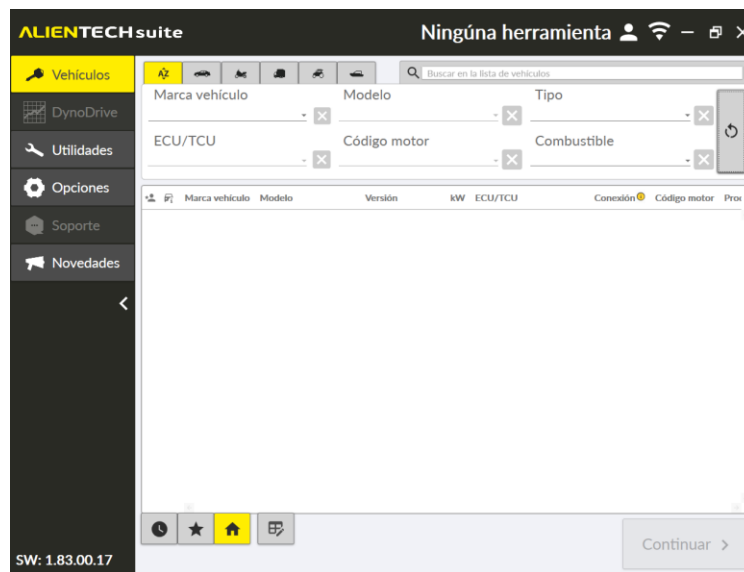
Requisitos para instalación de software

Software	Sistema operativo	Procesador (CPU)	Memoria RAM	Espacio en disco / otros requisitos	Comentarios adicionales
ECM Titanium	Windows XP, Vista, 7, 8, 10, 11	1 GHz o equivalente mínimo	Desde 256 MB en versiones antiguas	1 puerto USB requerido	No requiere instalación especial, funciona desde dongle/USB.
Alientech Suite	Windows 10 o Windows 11 de 32-bit o 64-bit	1 GHz o más rápido	Desde 1 GB en sistemas de 32-bit y 2GB en sistemas de 64-bit.	Mínimo 200 MB + 1 puerto USB	Requiere conexión de internet para actualizaciones

Nota: La presente tabla muestra los requerimientos para la instalación de software de modificación.

Figura 19

Software Alientech Suite - KESS3



Nota: Software Alientech Suite obtenida por el Investigador.

2.2.7.2.2 Software ECM Titanium para modificación de cartografías automotrices.

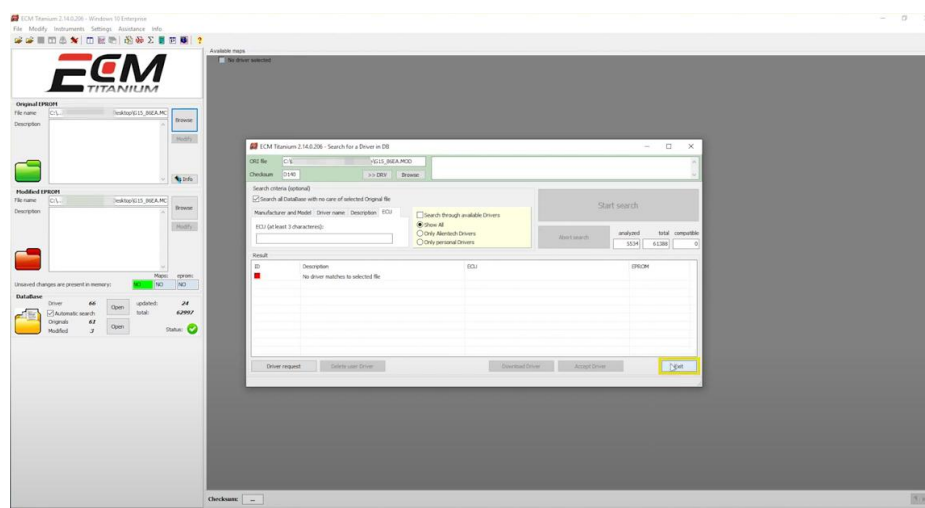
ECM Titanium funciona mediante un sistema de controladores (drivers) que transforman los datos complejos almacenados en la ECU en parámetros editables, facilitando al usuario la manipulación de mapas tridimensionales de gestión del motor. Estos mapas incluyen categorías como inyección, avance, control de aire, presión del turbo, limitadores de velocidad y par motor, que pueden ser ajustados para mejorar la potencia, el consumo y la respuesta del motor. El software es compatible con una amplia gama de vehículos y unidades de control, integrando bases de datos y actualizaciones constantes para expandir su cobertura. Permite a los usuarios descompilar y modificar los programas originales sin la necesidad de disponer de archivos externos, lo que aumenta la fiabilidad y la seguridad a la hora de realizar la recalibración. Además, ECM Titanium soporta modos de vista, desde HEX a 3D, que ayudan a la

interpretación de los datos y ayudan a calibraciones más finas y óptimas (Chiptuning Tools, 2023).

El uso de ECM Titanium se ha convertido en estándar en chiptuning, ya que permite adaptar los parámetros generales del motor a necesidades específicas, como pasar a combustibles alternativos; por ejemplo, mejorar la gestión térmica de forma que se ve la eficiencia de los componentes, mejorando la vida útil de los mismos (Alientech, s.f.).

Figura 20

Software ECM Titanium 3.21.0.0



Nota: Software ECM Titanium obtenida por el Investigador.

2.2.8 Ética y seguridad en la reprogramación

La reprogramación de la unidad de control electrónico (ECU) de un vehículo, comúnmente conocida como chiptuning, implica la modificación de los parámetros que controlan el funcionamiento del motor para mejorar el rendimiento. Este proceso debe realizarse con un enfoque ético y bajo estrictas normas de seguridad, para evitar riesgos al vehículo y a sus ocupantes (Autoescuela Dummy, 2024).

Desde una vertiente ética, es importante que la reprogramación sea realizada por personas con formación que ya han comentado a los propietarios posibles efectos, ventajas, inconvenientes, la garantía del vehículo, las modificaciones que van en contra de la ley, etc. Hacer dichas modificaciones sin el conocimiento correspondiente puede resultar en la posibilidad de un daño mecánico, comprometer la seguridad y contradecir las regulaciones de emisiones y la forma de circular (Flexicar, 2025).

En la línea de la seguridad, la reprogramación puede alterar el equilibrio entre la potencia, frenos, suspensión, sistemas de control, etc., lo que puede comprometer la estabilidad y la seguridad cuando dicho vehículo es conducido. Por esta razón es importante que la reprogramación respete los límites marcados por los fabricantes y que después de todo ajuste se realicen pruebas (Autoavance, 2019; Binary Electronic, 2024).

También es importante mencionar las implicaciones legales, en muchos países, incluida España, la reprogramación es legal si se realiza con respeto a las normativas vigentes y se mantienen los sistemas anticontaminantes operativos. Se recomienda que los talleres estén homologados, cumplan con estándares técnicos, y que los propietarios informen a las aseguradoras para evitar problemas legales y de cobertura (NTDD, 2025; Taller GP, 2024).

Para minimizar riesgos, se aconseja realizar siempre copias de seguridad del software original de la ECU antes de efectuar cambios, mantener el software de reprogramación actualizado, y realizar un diagnóstico completo para descartar fallas previas, la transparencia, profesionalidad y cumplimiento normativo son esenciales para asegurar una reprogramación ética y segura (GuemaCAR, 2024).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

El presente estudio se enmarca en una investigación no experimental de carácter analítico y comparativo, dado que no se manipula deliberadamente la variable independiente, sino que se trabaja con los datos ya existentes en las cartografías automotrices de las unidades de control electrónico (ECU) de los vehículos Audi A6 (C6) 2000cc 16v TFSI 180CV y Audi A6 Hybrid 2000cc 16v TFSI 221CV. Así la finalidad es analizar, interpretar y establecer diferencias en las estrategias de calibración aplicadas por el fabricante.

El estudio se ubica en un nivel correlacional y analítico, puesto que busca identificar la relación y las variaciones existentes entre los mapas de limitadores de par, control de turbo, tiempo de encendido y relación lambda en los dos modelos de vehículos seleccionados, a partir de ello, se establecen comparaciones que permiten comprender el impacto de la calibración en motores de combustión interna frente a un sistema híbrido.

Se emplea un diseño transversal comparativo, dado que los datos son recolectados en un solo momento temporal y no requieren de un seguimiento longitudinal, es decir, el análisis se centra en la comparación simultánea de las cartografías obtenidas a partir de la lectura de las ECUs con herramientas de diagnóstico y programación.

La investigación adopta un enfoque mixto, la componente cuantitativa con apoyo analítico, ya que se basa en la recolección de datos numéricos provenientes de las tablas y mapas de calibración contenidos en las unidades de control electrónico, estos datos son interpretados y comparados para establecer diferencias y similitudes; también se integra una componente

cualitativa interpretativa, en la medida en que la función de cada mapa se explica desde la perspectiva técnica de la gestión electrónica del motor.

El método aplicado es de carácter analítico-comparativo, pues se descompone la estructura de las cartografías automotrices, identificando sus ejes, parámetros y representación gráfica, para posteriormente contrastar los resultados entre ambos vehículos.

Desde la perspectiva cualitativa, se aborda la interpretación de datos obtenidos a partir de las señales enviadas por los diversos sensores del vehículo. Entre las variables consideradas se encuentran el porcentaje de apertura del pedal del acelerador, porcentaje de apertura de la mariposa de aceleración, presión en el múltiple de admisión (MAP), temperatura del aire de admisión (IAT), presión de combustible, carga del motor, torque estimado, entre otras. La caracterización del estado de operación del motor en diferentes condiciones de carga y de demanda se realiza con estos parámetros y es la base para comprender no sólo el comportamiento del sistema sino también la lógica de decisiones del sistema de control que lo gestiona.

Las variables seleccionadas para el presente estudio fueron definidas en función de su relevancia directa en la gestión electrónica del motor y de su influencia sobre los procesos de control, combustión y entrega de potencia. Estas variables permiten caracterizar de manera integral el comportamiento del sistema, desde la solicitud del conductor hasta la respuesta mecánica del motor.

El porcentaje de apertura del pedal del acelerador fue considerado debido a que representa la señal primaria de demanda de torque por parte del conductor. En los sistemas modernos de aceleración electrónica, esta variable constituye una entrada fundamental para la ECU, la cual interpreta dicha solicitud y define las estrategias de control correspondientes.

El porcentaje de apertura de la mariposa de aceleración se incluyó por reflejar la respuesta efectiva del sistema de admisión ante la demanda solicitada y las decisiones de control implementadas por la ECU. Su análisis permite evaluar la relación entre la solicitud de torque, las limitaciones impuestas por el sistema y el comportamiento real del actuador.

La presión en el múltiple de admisión (MAP) fue seleccionada por su papel determinante en la estimación de la masa de aire aspirada, particularmente en estrategias de control. Esta variable resulta esencial para el cálculo de la cantidad de combustible inyectado, el avance de encendido y la determinación de la carga del motor.

La temperatura del aire de admisión (IAT) fue considerada debido a su influencia directa sobre la densidad del aire y, por ende, sobre la disponibilidad de oxígeno para la combustión. La ECU emplea esta señal para realizar correcciones en la dosificación de combustible y garantizar condiciones de combustión estables bajo diferentes regímenes térmicos.

La presión de combustible se incorporó al análisis por su impacto en la estabilidad del sistema de inyección y en la correcta atomización del combustible. Variaciones en esta variable pueden afectar la relación aire-combustible y el rendimiento del motor, por lo que su monitoreo resulta indispensable para evaluar el correcto funcionamiento del sistema de alimentación.

La carga del motor fue incluida debido a que constituye una variable de control estratégica que integra múltiples parámetros operativos. Esta magnitud es ampliamente utilizada por la ECU para definir mapas de inyección, encendido y control de emisiones, lo que la convierte en un indicador representativo del estado de operación del motor.

Finalmente, el torque estimado se consideró por ser una variable clave en los sistemas modernos de control basados en torque, ya que permite evaluar la respuesta funcional del motor frente a las entradas del sistema y las estrategias de control implementadas por la ECU. Su

análisis facilita la validación del comportamiento dinámico del motor y del modelo de control adoptado.

En conjunto, la selección de estas variables permite describir de manera coherente y completa la cadena causa–efecto del sistema de gestión electrónica del motor, proporcionando una base sólida para el análisis del desempeño, la eficiencia y la respuesta dinámica del conjunto motor–ECU.

Ahora bien, el enfoque cuantitativo se basa en la obtención y análisis de datos numéricos que derivan de las cartografías de automoción que están almacenadas en la ECU, el cual corresponde a mapas de calibraciones que definen las diferentes respuestas frente a las entradas de los actuadores del motor, como por ejemplo los tiempos de inyección, el tiempo de avance del encendido, presión de rail, presión del turbo y limitadores de torque. Se compara con los estados originales de fábrica (stock) con la finalidad de valorar cuantitativamente el impacto en el comportamiento del sistema.

El enfoque de combinación de ambos proporciona un análisis completo, ya que permite cuantificar las alteraciones en el estado de funcionamiento del motor, pero también proporciona la interpretación de las cartografías que le da una base técnica y funcional apropiada dentro de la lógica del funcionamiento de los sistemas embebidos del vehículo. Este enfoque mixto es especialmente pertinente en estudios de calibración electrónica, donde la comprensión profunda del sistema depende tanto del análisis numérico como de la lógica operativa del software de control.

3.2. Población o muestra

Para el presente estudio, la muestra está constituida por las cartografías automotrices obtenidas a partir de las unidades de control del motor (ECU) de los vehículos seleccionados que se muestran en la Tabla 2, estos vehículos comparten un mismo tipo de módulo de control: la unidad electrónica Bosch MED17.1, correspondiente al grupo automotriz VAG; esta característica garantiza la homogeneidad técnica de la muestra, ya que se trabaja sobre una arquitectura de control común, con parámetros estructurados bajo el mismo sistema de gestión electrónica.

Tabla 2

Vehículos Seleccionados

	Audi A6 (C6) 2.0 TFSI	Audi A6 Hybrid 2.0 TFSI
Potencia (CV)	180 CV gasolina	221 CV sistema híbrido
Cilindrada	1.984 cm ³ 16v	1.984 cm ³ 16v + motor eléctrico
Peso	1.615 kg	1.845 kg
ECU	Bosch MED17.1	Bosch MED17.1.1

Nota: La presente tabla muestra las diferencias entre las muestras.

La selección de estas cartografías como muestra representativa responde a criterios técnicos y metodológicos que aseguran su validez para los fines del estudio, al tratarse de mapas originales extraídos directamente de la ECU, se cuenta con información precisa, fiable y directamente relacionada con las respuestas del sistema de gestión del motor, esto permite realizar un análisis objetivo y comparativo sobre los ajustes aplicados en los diferentes mapas de control, incluyendo variables como inyección, presión de turbo, avance de encendido, entre otros factores clave.

3.3. Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender

El presente trabajo pretende determinar si existen diferencias significativas entre las cartografías automotrices de los vehículos Audi A6 (C6) 2000cc 16v TFSI 180CV y el Audi A6

Hybrid 2000cc 16v TFSI 221CV. De ser el caso, este trabajo buscará establecer el impacto que tienen estas diferencias sobre las limitaciones de los motores, el rendimiento del vehículo y el consumo de hidrocarburos, lo cual puede ser determinado mediante el análisis técnico a través de software de programación de ECUs originales. En este sentido, la pregunta científica queda definida como:

¿Cuáles son las principales diferencias entre las cartografías automotrices de los modelos Audi A6 (C6) 2000cc 16v TFSI 180CV y Audi A6 Hybrid 2000cc 16v TFSI 221CV, y cómo inciden estas diferencias en los límites operativos del sistema, el rendimiento del motor y el consumo de hidrocarburos, según el análisis realizado mediante software de programación de ECUs originales?

3.4. Recolección de información

Los archivos fueron extraídos directamente de unidades de control electrónico (ECUs) originales, con el fin de garantizar la confiabilidad y autenticidad de la información utilizada en el estudio. Para la etapa de adquisición de datos se aplicará la herramienta KESS3, mientras que para el análisis de cartografías se empleará ECM Titanium. Ambas herramientas pertenecen a la empresa Alientech, reconocida como pionera en el desarrollo de dispositivos especializados para la lectura y modificación de archivos de computadoras automotrices originales. La validación de estas técnicas e instrumentos se sustentará en su amplio uso en la industria automotriz, el respaldo por parte de la marca desarrolladora y la comprobada precisión en la extracción y procesamiento de la información, lo que asegurará un alto nivel de confiabilidad, validez y correcta aplicación metodológica.

Vector Informatik GmbH (2023) señala que las herramientas de medición y calibración de ECUs ampliamente utilizadas en la industria automotriz permiten una adquisición y procesamiento de datos precisos y confiables, siendo empleadas de manera estándar por fabricantes y proveedores para el desarrollo y validación de sistemas de control electrónico.

Figura 21

Obtención de Cartografía ECU Bosch MED17.1



Nota: Lectura de ECU por método Bench con uso de equipo 3 para obtención de cartográfica original.

3.5. Procesamiento de la información y análisis estadístico

Para el análisis comparativo de las tablas se aplicará un modelo estadístico basado en diferencias absolutas, relativas y pruebas de significancia, con el fin de garantizar la validez de los resultados.

En primer lugar, los datos serán sometidos a un proceso de normalización, asegurando la homogeneidad en las unidades de medida y la equivalencia en los intervalos de muestreo, posteriormente, se calcularán diferencias absolutas y relativas por cada par de valores homólogos, estos valores permitirán cuantificar la magnitud de las variaciones entre ambas tablas y determinar tendencias generales mediante el cálculo de promedios por filas, columnas y totales.

En cuanto al diseño experimental, se considera que los datos analizados provienen de condiciones comparables y controladas, lo cual posibilita la aplicación de técnicas estadísticas inferenciales. Para verificar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas, se emplearán prueba de normalidad Shapiro-Wilk, para posterior realizar el análisis de varianza ANOVA y, en caso de encontrar diferencias relevantes, se aplicarán pruebas de rangos múltiples, tales como la prueba de Tukey; así mismo, se evaluará el grado de relación entre ambas tablas mediante coeficientes de correlación Pearson, lo que permitirá establecer la confiabilidad del modelo estadístico y la fuerza de asociación entre las variables.

Finalmente, los resultados del procesamiento estadístico se representarán en forma de tablas comparativas, acompañados de la interpretación correspondiente, con el propósito de sustentar de manera cuantitativa y cualitativa las conclusiones del estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Obtención de cartografía automotriz

La obtención de las cartografías automotrices se realizó exitosamente mediante la conexión de los módulos de control electrónico (ECU) Bosch MED17.1 y MED17.1.1, empleando el dispositivo KESS3 de Alientech en modalidad bench, durante el proceso se establecieron correctamente los protocolos de comunicación internos y se identificaron los microcontroladores principales (Infineon Tricore TC1796 y TC1797, respectivamente), asegurando la lectura íntegra de los archivos hexadecimales.

La modalidad bench es un método de lectura, escritura y programación de unidades de control electrónico que se realiza fuera del vehículo, conectando la ECU directamente a una fuente de alimentación externa y a un equipo especializado de programación, sin necesidad de establecer comunicación a través del conector OBD-II.

En el caso del Audi A6 (C6) 180CV, la lectura arrojó un archivo con un tamaño aproximado de 2 MB, correspondiente a la calibración completa del sistema de gestión del motor, este archivo contenía las tablas de control relacionadas con limitadores de par, presión de turbo, tiempo de encendido, y relación lambda.

Para el Audi A6 Hybrid 221CV, el archivo leído fue de similar estructura con un tamaño de memoria de 4MB, con una ligera variación en el mapa de calibración debido a la integración del sistema híbrido y la versión del software Bosch MED17.1.1., la lectura finalizó sin errores de checksum ni interrupciones, validando la integridad de los datos extraídos.

El checksum es un valor de verificación numérica utilizado en sistemas electrónicos y de comunicación digital para garantizar la integridad y coherencia de los datos durante procesos de almacenamiento, transmisión o modificación de información. En el contexto de la reprogramación de unidades de control electrónico, el checksum cumple una función crítica para asegurar que los datos contenidos en la memoria no han sido alterados de forma incorrecta o incompleta.

El análisis comparativo preliminar de ambos archivos permitió confirmar que las cartografías mantienen una estructura modular similar, pero con diferencias notables en los valores de calibración, especialmente en los mapas de par motor y mezcla aire–combustible, dichas diferencias se explican por la optimización del modelo híbrido hacia una mayor eficiencia energética y reducción de emisiones.

La normalización de los datos extraídos se realizó con el propósito de asegurar la consistencia, comparabilidad y validez estadística de las variables analizadas, considerando que estas presentan diferentes unidades de medida, rangos operativos y escalas de magnitud.

En una etapa inicial, los datos brutos fueron depurados, eliminando registros incompletos, valores atípicos y lecturas no representativas asociadas a errores de adquisición o condiciones transitorias. Posteriormente, las señales fueron sincronizadas temporalmente mediante técnicas de muestreo, con el fin de garantizar coherencia entre variables con distintas frecuencias de muestreo.

A continuación, los datos se convirtieron a unidades físicas normalizadas, utilizando los factores de escala definidos por el fabricante de la ECU. Finalmente, se aplicó un proceso de normalización matemática, empleando principalmente el método *min–max* para escalar las

variables a un rango adimensional común, y de forma complementaria la estandarización (*z-score*) en los casos donde la dispersión de los datos lo necesitó.

Este procedimiento permitió obtener un conjunto de datos homogéneo y metodológicamente confiable, facilitando el análisis comparativo entre variables y la correcta interpretación de los resultados.

Finalmente, el logro de este objetivo constituye la base experimental fundamental del estudio, ya que permite disponer de las cartografías originales necesarias para las comparaciones estadísticas posteriores, la obtención íntegra de ambas calibraciones garantiza la reproducibilidad del análisis y habilita futuras investigaciones orientadas a la optimización de rendimiento, consumo y emisiones en configuraciones híbridas y convencionales.

Figura 22

Lectura Ecus MED17.1



Nota: Lectura Ecus MED17.1 obtenida por el Investigador.

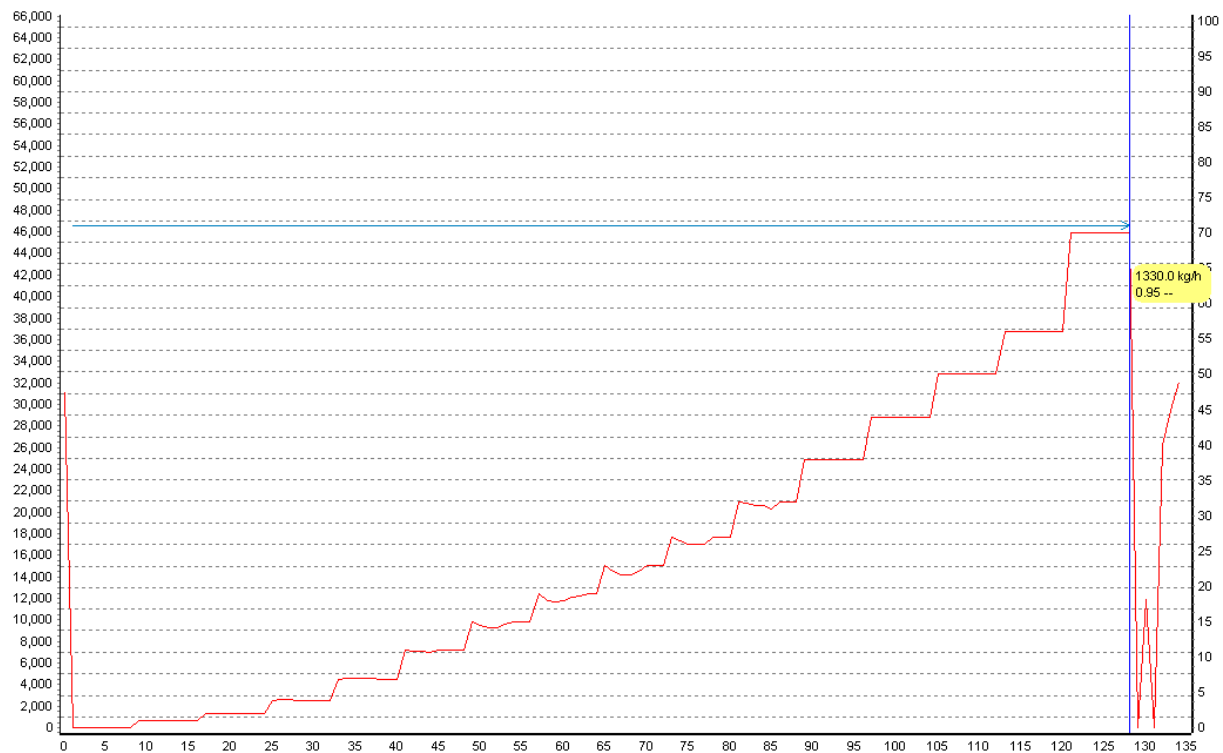
4.2. Identificación de Mapas.

A partir de las calibraciones obtenidas en el objetivo anterior, se ejecutó un flujo de identificación con ECM Titanium y Drivers equivalentes y verificación manual de ejes, se localizaron y etiquetaron los siguientes mapas en ambas ECUs:

Válvula de Acelerador – Ángulo de Funcionamiento

Figura 23

Gráfica 2D Válvula De Acelerador – Ángulo De Funcionamiento

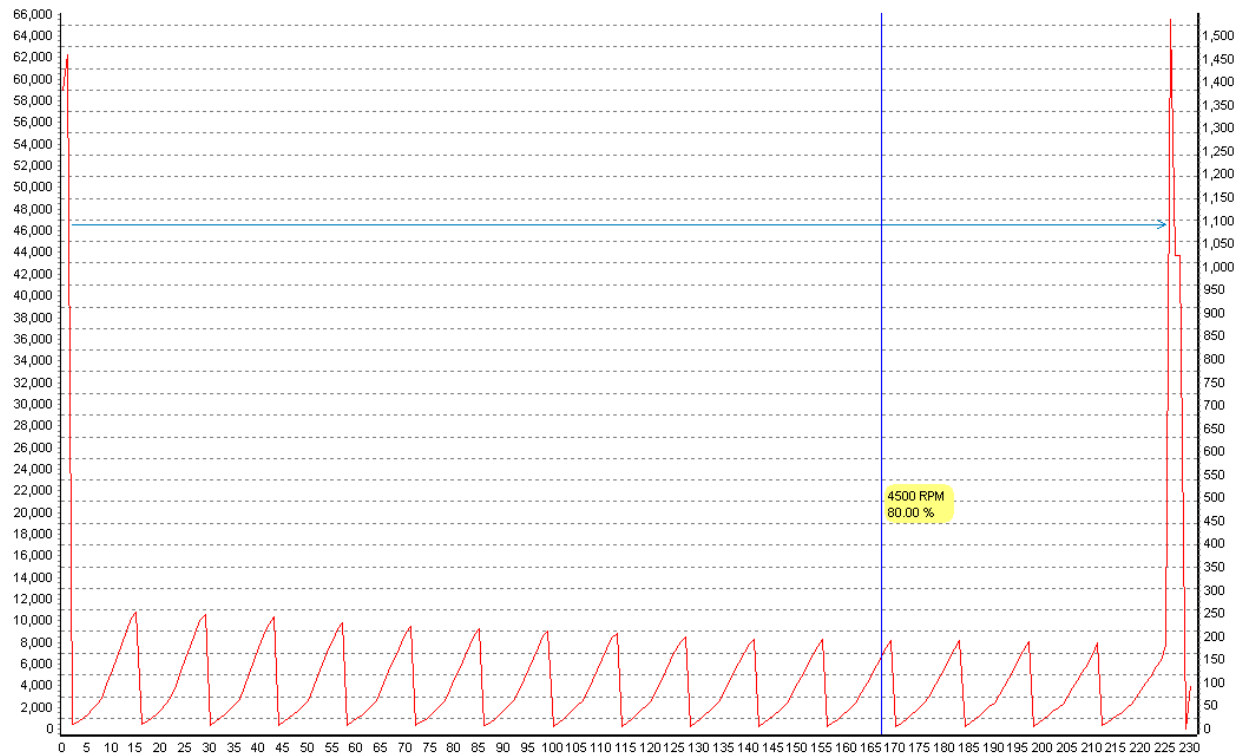


Nota: Gráfica 2D Válvula De Acelerador obtenida por el Investigador.

Carga Del Motor Deseada

Figura 24

Gráfica 2D Carga Del Motor Deseada

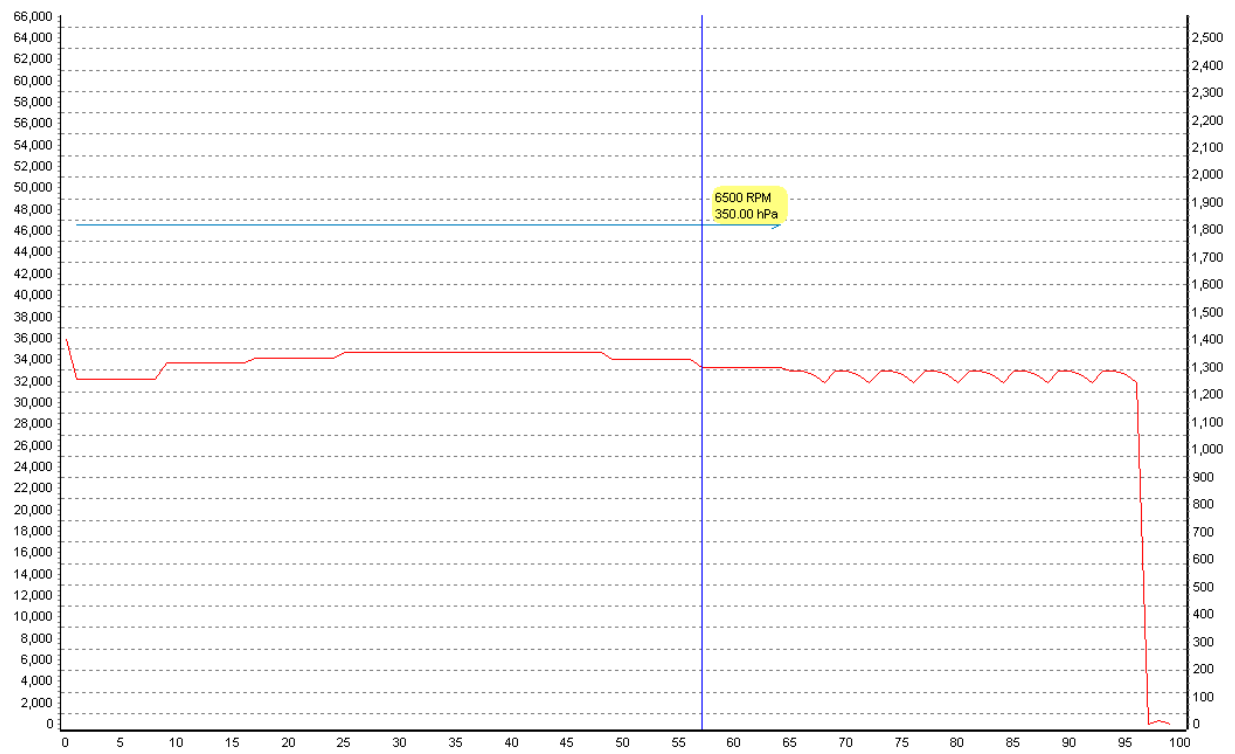


Nota: Gráfica 2D Carga del Motor Deseada obtenida por el Investigador.

Presión De Turbo

Figura 25

Gráfica 2D Presión De Turbo

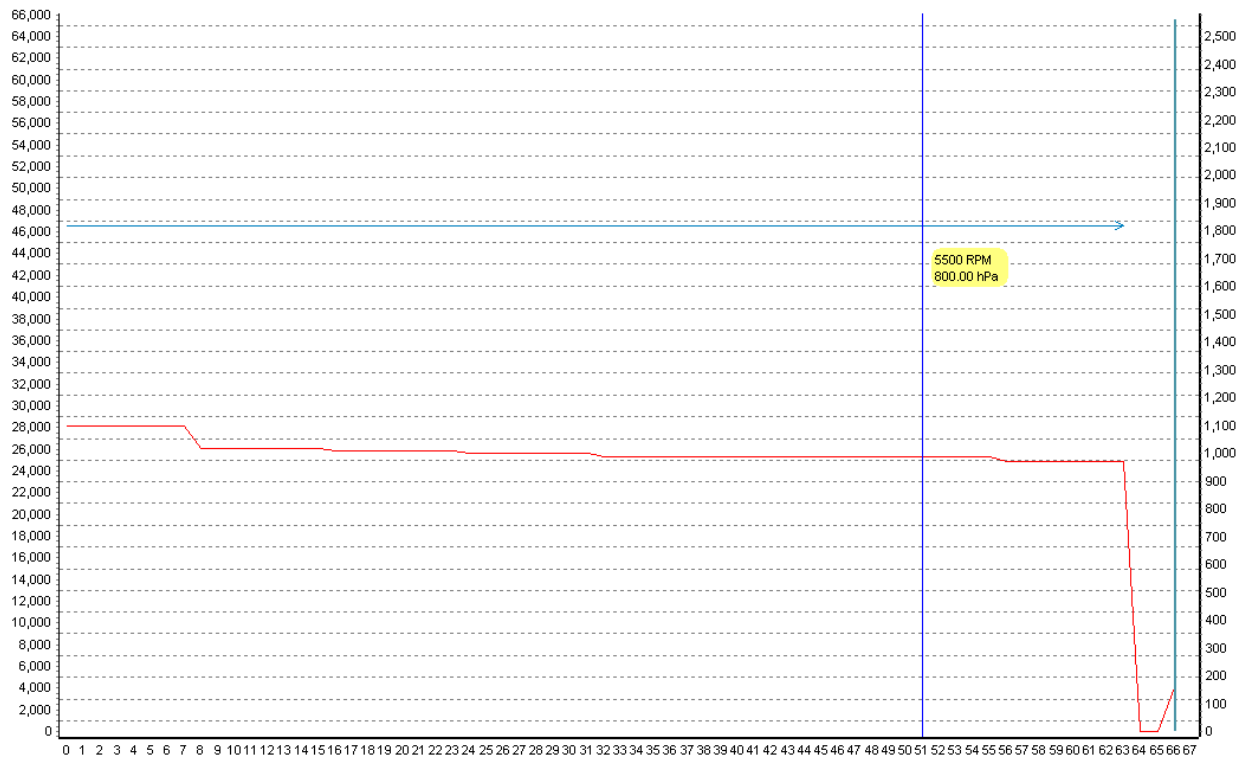


Nota: Gráfica 2D Presión de Turbo obtenida por el Investigador.

Limitador De Presión De Turbo F(Aps)

Figura 26

Gráfica 2D Limitador De Presión De Turbo F(Aps)

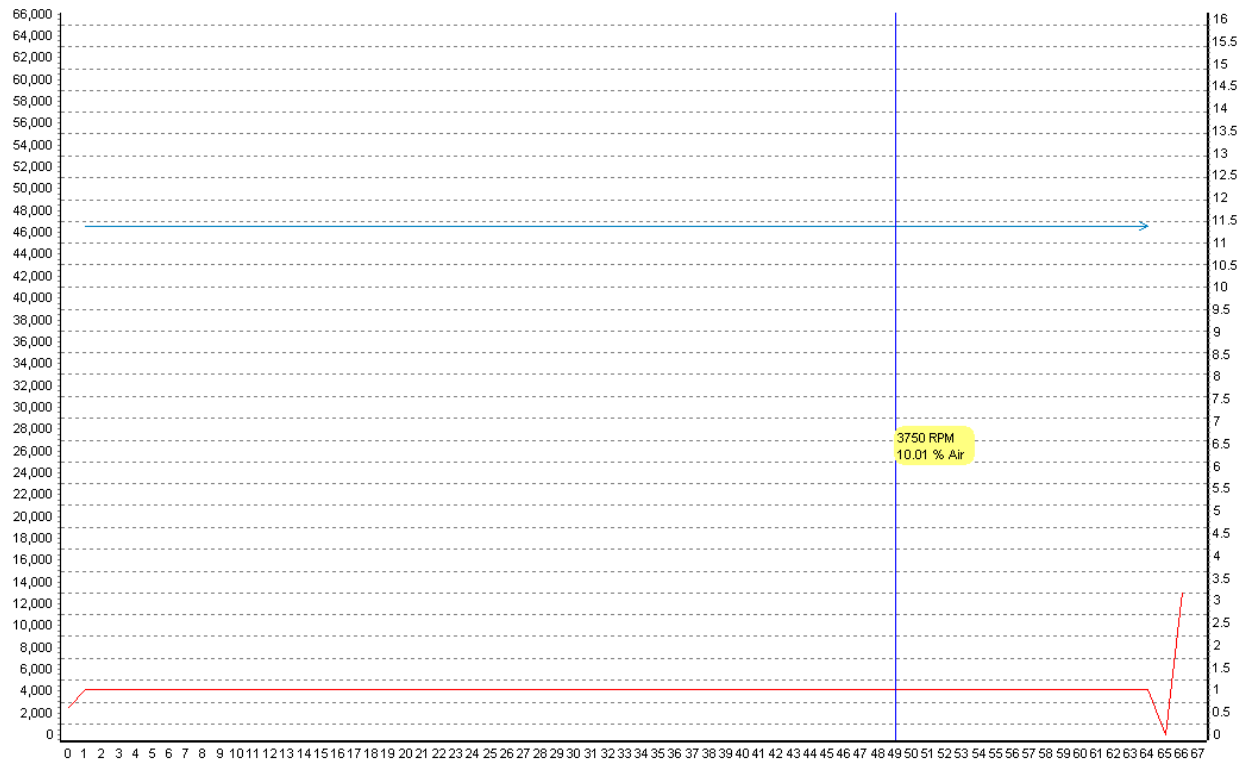


Nota: Gráfica 2D Limitador de Presión de Turbo obtenida por el Investigador.

Mapa De Base De Inyección

Figura 27

Gráfica 2D Mapa De Base De Inyección

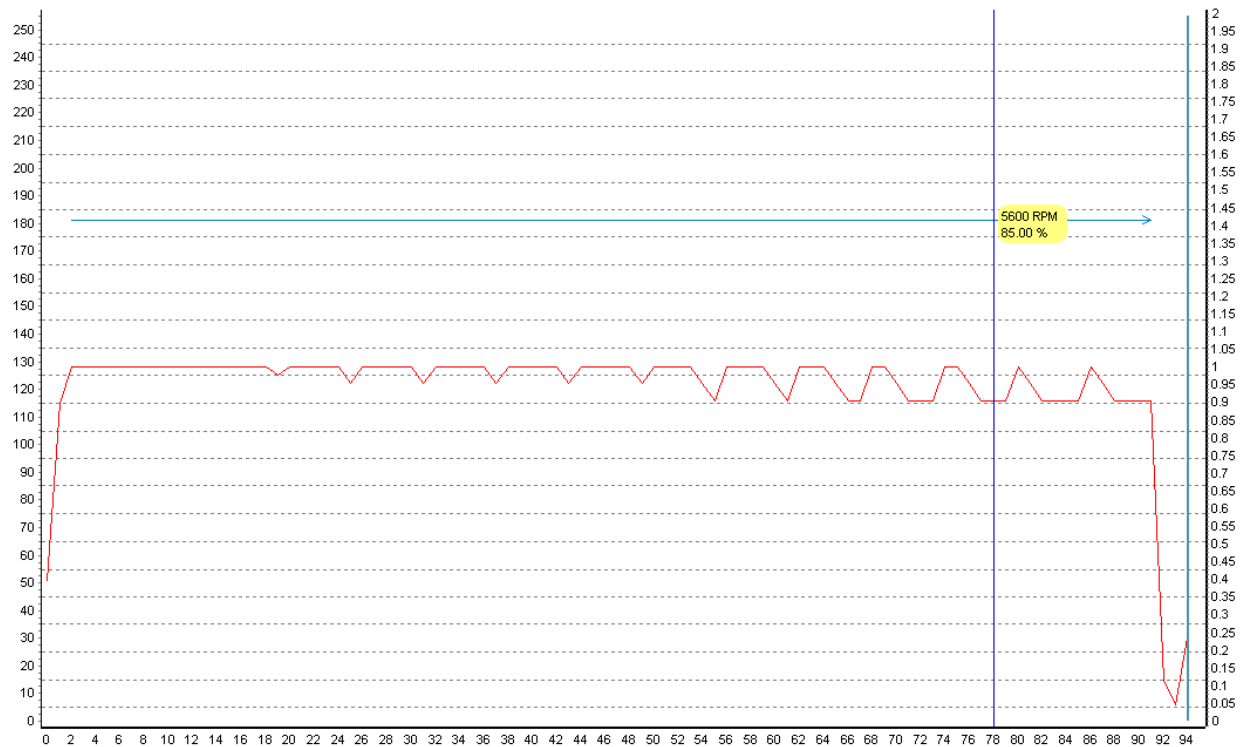


Nota: Gráfica 2D Mapa de Base de Inyección obtenida por el Investigador.

Lambda Deseada

Figura 28

Gráfica 2D Lambda Deseada

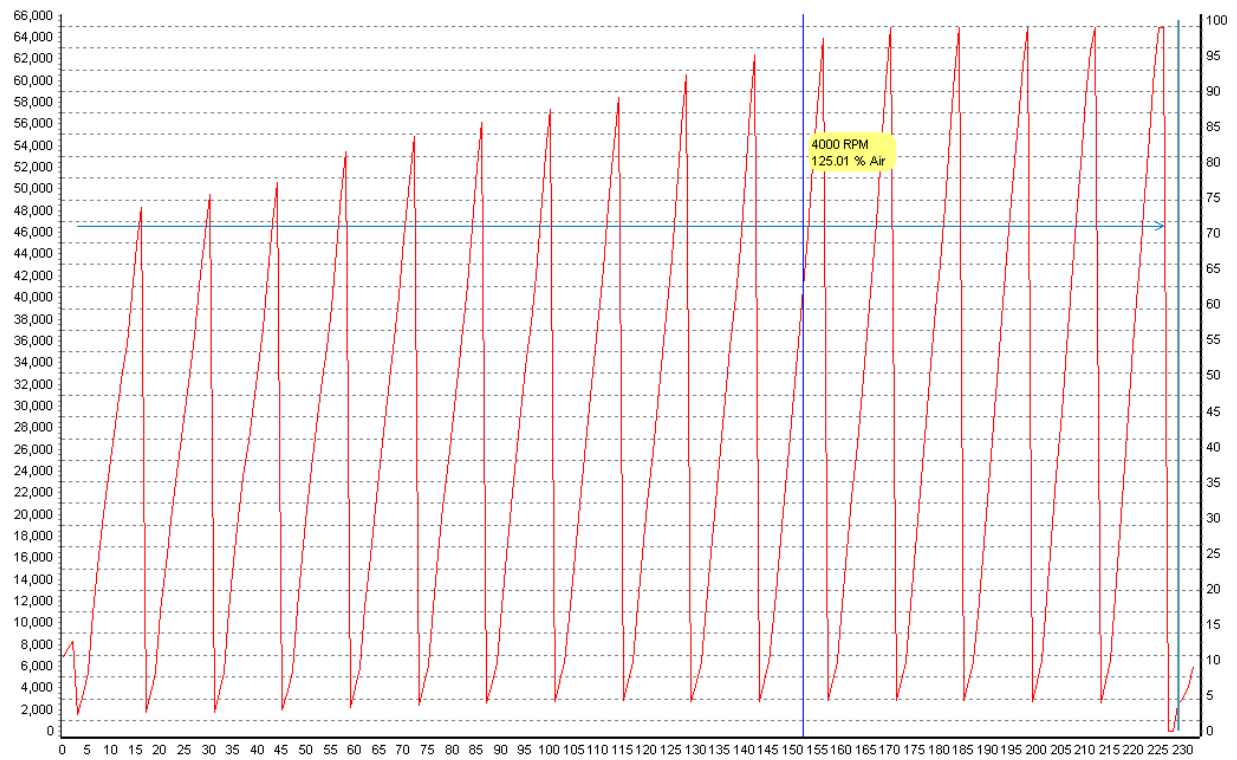


Nota: Gráfica 2D Lambda Deseada obtenida por el Investigador.

Par Motor Óptimo

Figura 29

Gráfica 2D Par Motor Óptimo

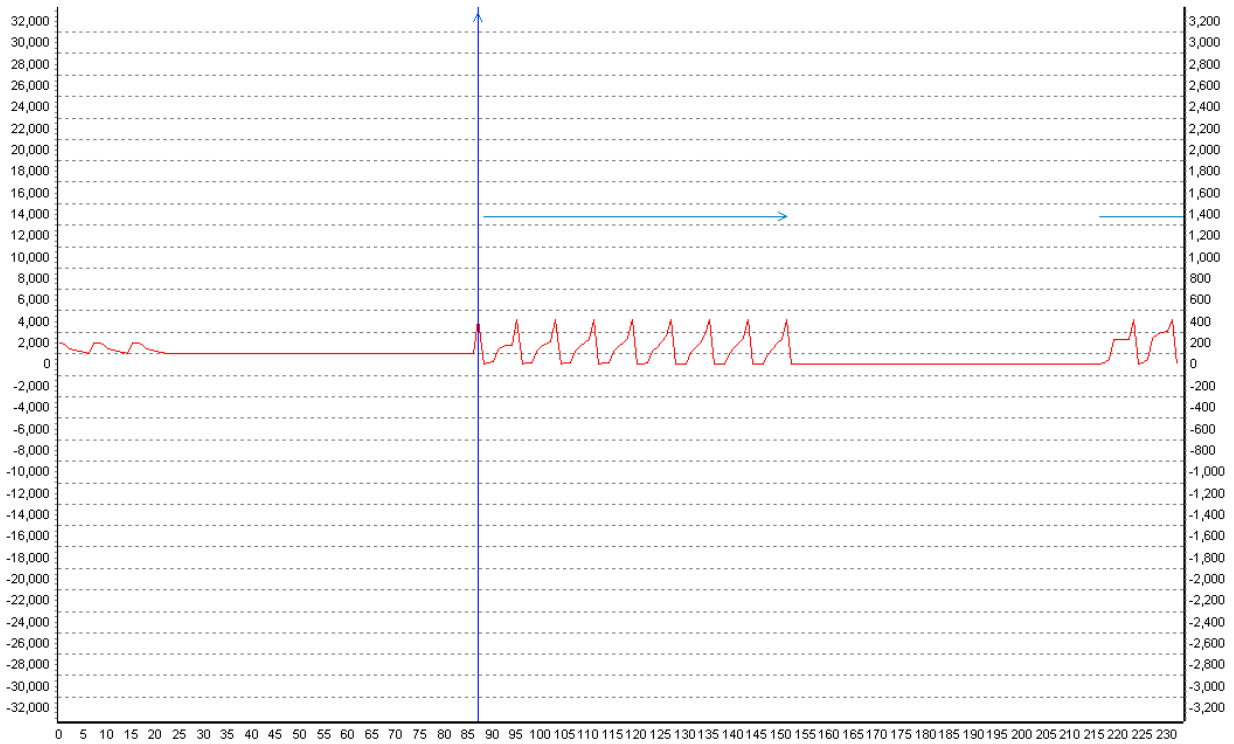


Nota: Gráfica 2D Par Motor Óptimo obtenida por el Investigador.

Limitador Par Máximo – Sport

Figura 30

Gráfica 2D Limitador Par Máximo – Sport

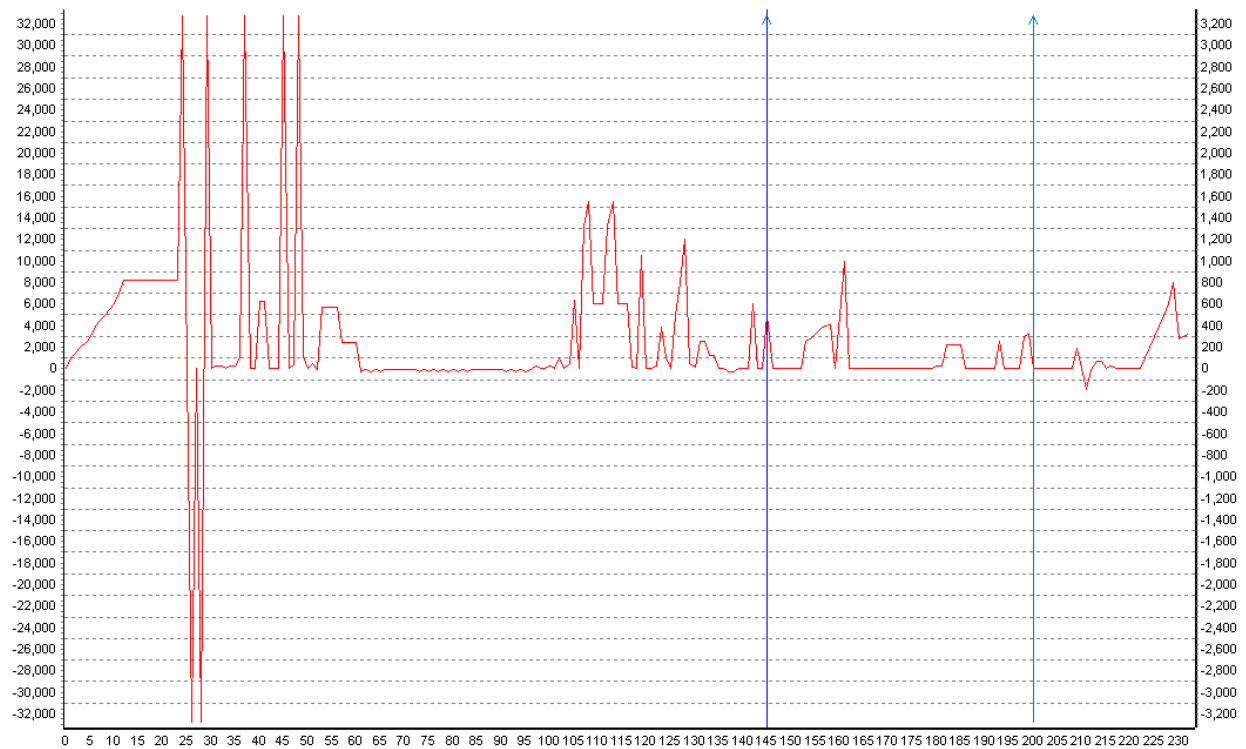


Nota: Gráfica 2D Limitador Par Máximo Sport obtenida por el Investigador.

Limitador Par Máximo

Figura 31

Gráfica 2D Limitador Par Máximo

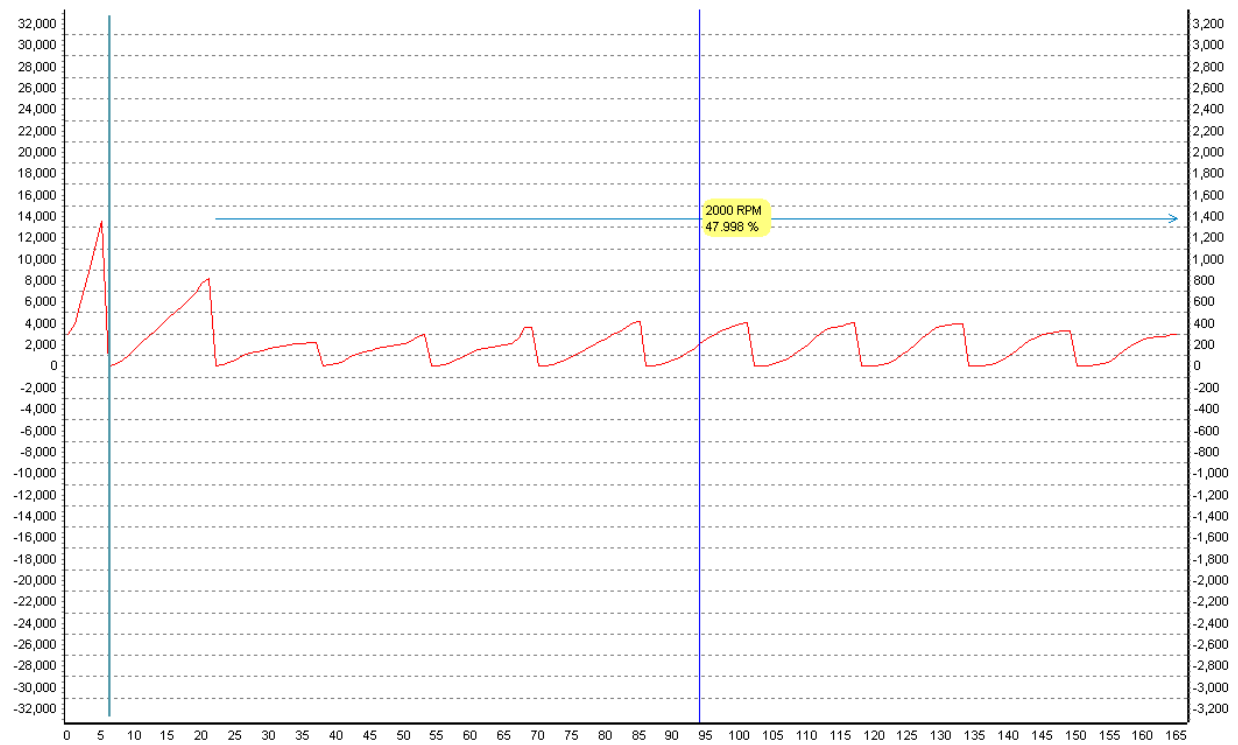


Nota: Gráfica 2D Limitador Par Máximo obtenida por el Investigador.

Solicitud De Par Durante Despegue

Figura 32

Gráfica 2D Solicitud De Par Durante Despegue

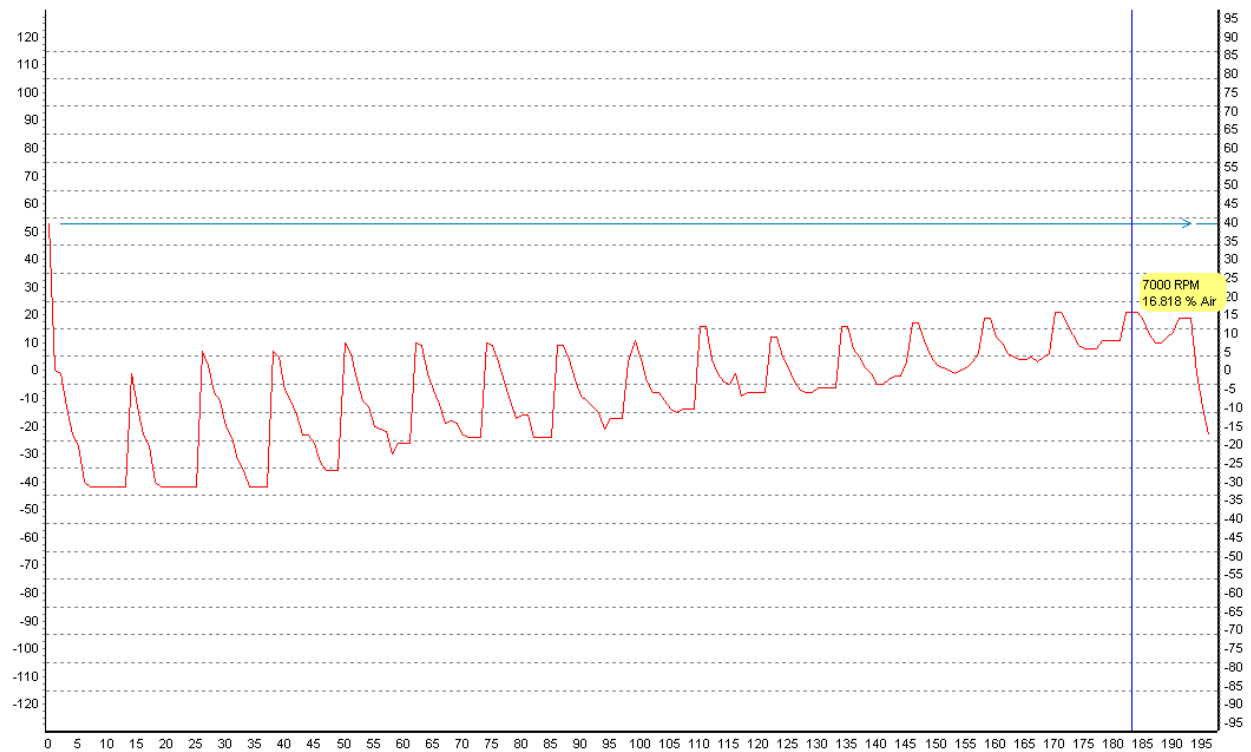


Nota: Gráfica 2D Solicitud de Par Durante Despegue obtenida por el Investigador.

Mínimo Avance de la Chispa

Figura 33

Gráfica 2D Mínimo Avance de la Chispa

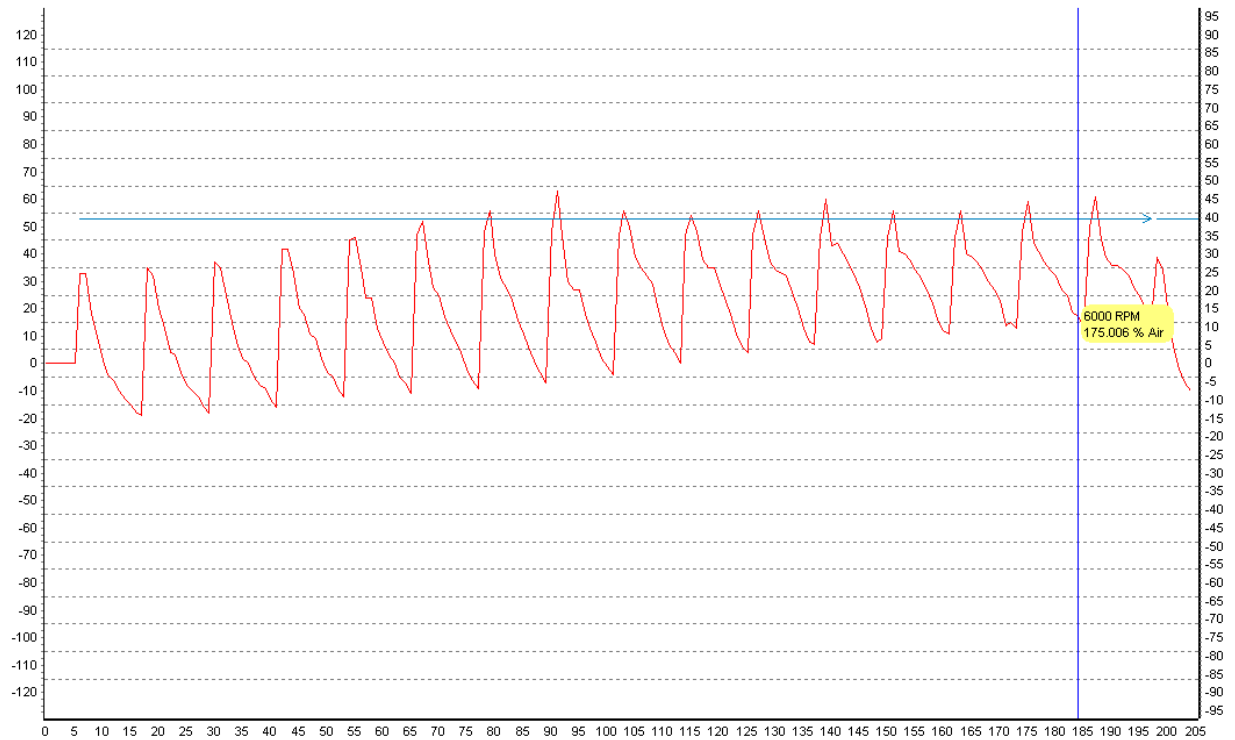


Nota: Gráfica 2D Mínimo Avance de la Chispa obtenida por el Investigador.

Mapa Base Del Avance De La Chispa

Figura 34

Gráfica 2D Mapa Base Del Avance De La Chispa

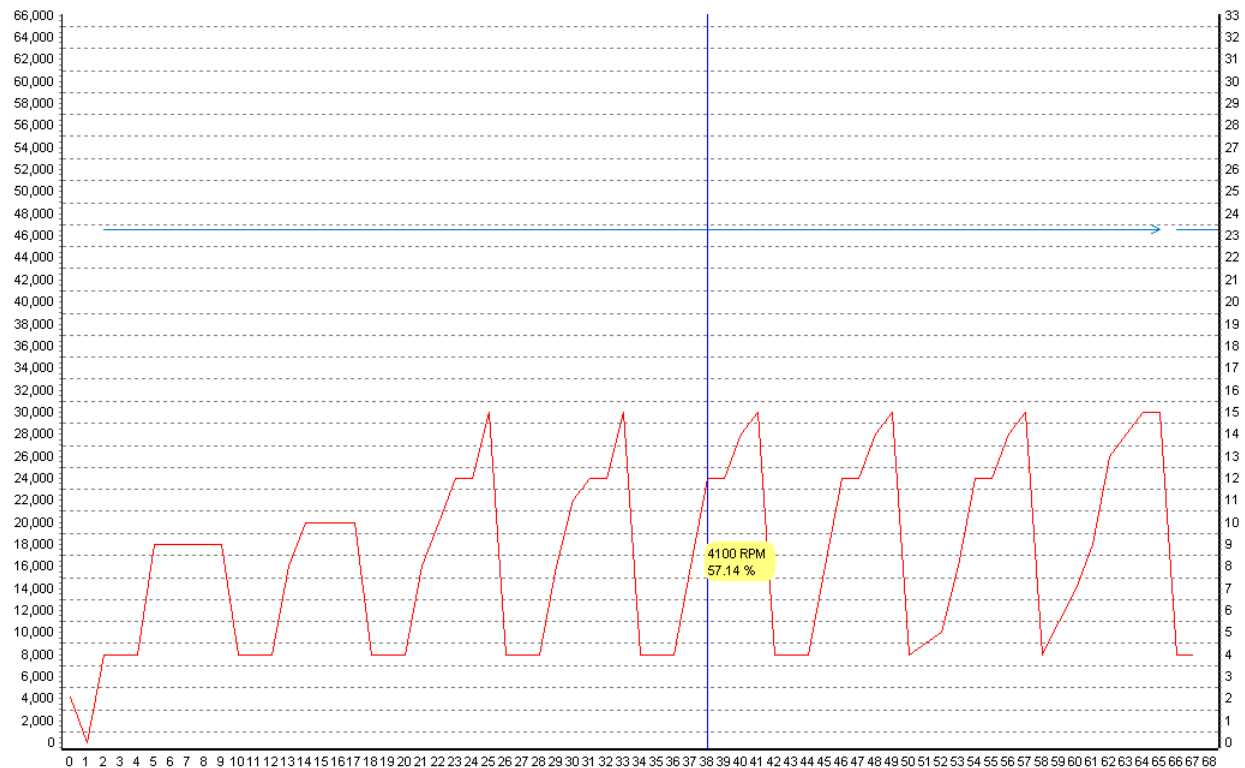


Nota: Gráfica 2D Mapa Base del Avance de la Chispa obtenida por el Investigador.

Presión De Rail

Figura 35

Gráfica 2D Presión De Rail



Nota: Gráfica 2D Presión de Rail obtenida por el Investigador.

La identificación combinó *match* de firmas y nombres de calibración del driver, revisión de ejes físicos como unidades, rangos plausibles en RPM, carga, kPa, °CA, λ , consistencia topológica con continuidad y gradientes, y lectura de descriptores nemónicos en segmentos contiguos del bin, esta triangulación reduce falsos positivos y valida la significancia técnica de cada hallazgo.

Las variables enteras crudas que se muestran en la Tabla 3 se transformaron con la relación:

$$\text{Físico} = \text{Raw} \times \text{Factor} + \text{Offset} \quad \text{Ecuación 1: Ecuación de Modificación de bits a real.}$$

Físico = Valor legible o variable.

Raw = Valor Hexadecimal crudo.

Factor = Factor multiplicativo para ajustar a valores reales.

Offset = Valor de inicio para cartografía.

Se validaron rangos plausibles y monotonía de ejes, se revisó endianness cuando hubo incoherencias e interpolación y consistencia entre mapas, así la ECU interpolará bilinealmente en tablas 3D, para comparación entre cartografías, evitando sesgos por distinta resolución.

Relación entre familias y su rol en la gestión.

- Driver Wish define el par solicitado;
- Limitadores acotan el par usable;
- Boost y λ suministran la energía (masa de aire/mezcla) para alcanzar ese par;
- Ignición posiciona la combustión cerca de MBT con márgenes de knock.

4.3. Parametrización de cartografías.

Una estructura correctamente descrita permite comparaciones válidas entre ECUs, reduce errores al calcular diferencias absolutas y relativas, además aporta trazabilidad para futuras recalibraciones.

Tabla 3*Mapas Comparación ECU Bosch MED17.1*

MAPA	UNIDAD [-]	EJES (Y X)	FUNCIÓN
Válvula De Acelerador – Ángulo De Funcionamiento	[%Thr]	(kg/h Volts)	Convierte la solicitud de par/pedal en un ángulo objetivo de mariposa, mostrado su forma 2D en la Figura 23
Carga Del Motor Deseada	[%Air]	(RPM %Thr)	Define el objetivo de llenado del cilindro mostrado su forma 2D en la Figura 24.
Presión De Turbo	[hPa]	(RPM hPa)	Establece la presión de sobrealimentación objetivo mostrado su forma 2D en la Figura 25,
Limitador De Presión De Turbo F(Aps)	[hPa]	(RPM hPa)	Limita la presión absoluta de sobrealimentación permitida en función de la presión ambiente medida por el sensor APS mostrado su forma 2D en la Figura 26.
Mapa De Base De Inyección	[Lambda]	(RPM %Air)	Define la cantidad básica de combustible o tiempo de apertura del inyector para cada punto RPM–carga, mostrado su forma 2D en la Figura 27.
Lambda Deseada	[Lambda]	(RPM %Air)	Define la relación aire–combustible objetivo por punto RPM–carga que la ECU buscará mantener mostrado su forma 2D en la Figura 28.
Par Motor Óptimo	[%Par]	(RPM %Air)	Estima el par máximo alcanzable en condiciones ideales mostrado su forma 2D en la Figura 29.

MAPA	UNIDAD [-]	EJES (Y X)	FUNCIÓN
Limitador Par Máximo – Sport	[Nm]	(-)	Define el techo de par utilizable cuando el vehículo opera en modo Sport mostrado su forma 2D en la Figura 30.
Limitador Par Máximo	[Nm]	(-)	Fija el par utilizable máximo por el tren motriz mostrado su forma 2D en la Figura 31.
Solicitud De Par Durante Despegue	[Nm]	(RPM %Thr)	Define par mínimo y límites de gradiente según RPM, marcha, pendiente, temperatura y cargas auxiliares mostrado su forma 2D en la Figura 32.
Mínimo Avance de la Chispa	[deg BTDC]	(RPM %Air)	Es el límite inferior de encendido, permitiendo incluso valores cercanos o posteriores al PMS en casos extremos mostrado su forma 2D en la Figura 33.
Mapa Base Del Avance De La Chispa	[deg BTDC]	(RPM %Air)	La ECU toma este valor como punto de partida y le aplica correcciones por temperatura de aire y refrigerante mostrado su forma 2D en la Figura 34.
Presión De Rail	[MPa]	(RPM %Thr)	Mapa que fija la presión objetivo del riel de combustible, para garantizar caudal adecuados de los inyectores mostrado su forma 2D en la Figura 35.

Nota: Esta tabla muestra la lista de los mapas a comparar con sus unidades, ejes y función electrónica del motor.

4.4. Comparación de valores

Antes de realizar las comparaciones, se analizó el supuesto de normalidad de las series mediante la prueba de Shapiro-Wilk de manera idónea. La homogeneidad de varianzas fue verificada a través de la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. En aquellos casos en los que algún supuesto pudiera ser contradictorio con los requisitos demandados por el ANOVA, este hecho se repitió en los valores y se corroboró la tendencia con un análisis a partir de las pruebas no paramétricas.

El contraste de una vía por parámetro, que tenía como factor la arquitectura del sistema (MCI vs Híbrido), se realizó a partir de un análisis ANOVA. Para aquellos parámetros que tenían que ver con RPM y carga, se aplicó también la estratificación o configuración. Se contrastaron las medias remalladas a partir de una malla común y en unidades homologadas y se facilitaron datos estadísticos F, p-valores y los correspondientes intervalos de confianza al 95 por 100. Cuando se pudo verificar diferencias globales significativas se adoptaron contrastes post hoc.

Con el objetivo de poder determinar en qué zonas y en qué magnitudes tenían lugar las diferencias entre cartografías, se llevó a cabo la prueba de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$), con ajuste por comparaciones múltiples. Esta post hoc permitió discriminar pares MCI vs Híbrido, por parámetro y por zona RPM-carga y complementaban el análisis ANOVA de intervalos de diferencia de medias y estimación de tamaño de efecto.

4.4.1. Válvula de acelerador – Ángulo de funcionamiento (%Thr)

Tabla 4

Análisis de Normalidad - Válvula de Acelerador

Serie	n	Media	Desv. Est.	α	p-valor (Shapiro-Wilk)	Decisión ($p > \alpha$ = Normal)
MCI	10	14.055	10.95156026	0.05	0.937218261	Normal
Híbrido	10	10.867	9.723988722	0.05	0.915923909	Normal

Dif. Absoluta	10	3.188	1.435841217	0.05	0.840605552	Normal
Dif. Relativa	10	0.445128453	0.341778635	0.05	0.892787776	Normal

Nota: Esta tabla muestra los análisis de normatividad de MCI, Híbrido, Dif. Absoluta y Dif. Relativa para la Válvula de acelerador.

Tabla 5

Análisis de Varianza - Válvula de Acelerador

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1221.47357	3	407.157857	7.51660728	0.00049775	2.86626555
Dentro de los grupos	1950.03973	36	54.1677704			
Total	3171.5133	39				

Nota: La tabla indica la varianza que se analiza entre las tablas de la válvula del acelerador.

Tabla 6

Válvula de Acelerador - MCI

kg/h --	0	0.15	0.25	0.4	0.6	0.8	0.9	0.95
0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1	1	1	1	1	1	1	1	1
6.2	1.93	2	2	1.96	1.94	1.94	1.94	1.93
13	3.77	4	4	3.88	3.81	3.77	3.77	3.76
27	6.85	7	7	6.96	6.93	6.85	6.85	6.85
49.5	11	10.77	10.79	10.73	10.91	11	11	11
77	15	14.44	14.19	14.15	14.63	15	15	15
111	19	17.99	17.78	17.94	18.52	18.7	19	19
155	23	22.19	21.67	21.71	22.21	23	23	23
211	27	26.42	25.9	25.91	26.03	27	27	27
294	32	31.7	31.51	31.38	31.01	32	32	32
395	38	38	38	38	38	38	38	38
500	44	44	44	44	44	44	44	44
640	50	50	50	50	50	50	50	50
840	56	56	56	56	56	56	56	56
1330	70	70	70	70	70	70	70	70

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de la Válvula de Acelerador para MCI.

Tabla 7*Válvula de Acelerador - Híbrido*

kg/h --	0	0.15	0.25	0.4	0.6	0.8	0.9	0.95
0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1	1	1	1	1	1	1	1	1
6.2	1.94	1.99	1.99	1.97	1.94	1.94	1.94	1.94
13.8	3.85	4	4	4	3.91	3.85	3.85	3.85
28.3	6.88	7	6.99	6.96	6.95	6.88	6.88	6.85
52.5	11	10.71	10.72	10.67	10.86	10.9	11	11
80.7	15	14.61	14.3	14.15	14.6	15	15	15
117	19	18.55	18.08	18.19	18.74	19	19	19
164	23	22.56	22.24	22.05	22.5	23	23	23
220	27	26.47	26.29	26.1	26.35	27	27	27
300	32	31.49	31.48	31.48	31.5	32.01	32	32
400	38	38	38	38	37.75	37.76	38	38
500	44	44	44	44	44	44	44	44
640	50	50	50	50	50	50	50	50
840	56	56	56	56	56	56	56	56
1330	70	70	70	70	70	70	70	70

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de la Válvula de Acelerador para el vehículo Híbrido.

Tabla 8*Diferencia Absoluta - Válvula de Acelerador*

kg/h --	0	0.15	0.25	0.4	0.6	0.8	0.9	0.95	Promedio fila
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0.01	0.006
13	0.08	0	0	0.12	0.1	0.08	0.08	0.09	0.069
27	0.03	0	0.01	0	0.02	0.03	0.03	0	0.015
49.5	0	0.06	0.07	0.06	0.05	0.1	0	0	0.043
77	0	0.17	0.11	0	0.03	0	0	0	0.039
111	0	0.56	0.3	0.25	0.22	0.3	0	0	0.204
155	0	0.37	0.57	0.34	0.29	0	0	0	0.196
211	0	0.05	0.39	0.19	0.32	0	0	0	0.119
294	0	0.21	0.03	0.1	0.49	0.01	0	0	0.105
395	0	0	0	0	0.25	0.24	0	0	0.061
500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
640	0	0	0	0	0	0	0	0	0
840	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1330	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio col.	0.008	0.089	0.093	0.067	0.111	0.048	0.007	0.006	0.054

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Absoluta obtenida entre la Tabla 6 y Tabla 7.

Tabla 9

Diferencia Relativa - Válvula de Acelerador

kg/h --	0	0.15	0.25	0.4	0.6	0.8	0.9	0.95	Promedio fila
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.2	0.52	0.5	0.5	0.51	0	0	0	0.52	0.318
13	2.12	0	0	3.09	2.62	2.12	2.12	2.39	1.81
27	0.44	0	0.14	0	0.29	0.44	0.44	0	0.218
49.5	0	0.56	0.65	0.56	0.46	0.91	0	0	0.392
77	0	1.18	0.78	0	0.21	0	0	0	0.27
111	0	3.11	1.69	1.39	1.19	1.6	0	0	1.123
155	0	1.67	2.63	1.57	1.31	0	0	0	0.896
211	0	0.19	1.51	0.73	1.23	0	0	0	0.457
294	0	0.66	0.1	0.32	1.58	0.03	0	0	0.336
395	0	0	0	0	0.66	0.63	0	0	0.161
500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
640	0	0	0	0	0	0	0	0	0
840	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1330	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio col.	0.205	0.524	0.532	0.545	0.636	0.382	0.171	0.194	0.399

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Relativa obtenida entre la Tabla 6 y Tabla 7.

Ambas cartografías muestran la misma tendencia monótona, tanto en la Tabla 6 y Tabla 7 en comparativa tienen una F de 7.51660728, es así que el valor crece al aumentar el caudal (kg/h) y se mantiene prácticamente plano entre columnas que representa el voltaje por el pedal de aceleración. La tabla del híbrido usa una malla de kg/h ligeramente distinta, pero cubre la misma zona operativa; al remallarlas a un eje común, las diferencias entre mapas resultan muy pequeñas.

Las bajas reducciones del híbrido en cargas medias y columnas bajas–medias dan a entender un enfoque de dosificación n más contenido/eficiente en parcial debido con la asistencia eléctrica y la gestión térmica), como se observa en la Tabla 8 manteniendo la estrategia del MCI en alta carga. No hay sesgo sistemático por columna; son precisamente micro-ajustes locales

(centésimas a décimas) que caracterizan la calibración de mayor suavidad y eficiencia sin modificar el comportamiento en máxima demanda.

4.4.2. Carga del motor deseado (%Air)

Tabla 10

Análisis de Normalidad - Carga del Motor Deseada

Serie	n	Media	Desv. Est.	α	p-valor (Shapiro-Wilk)	Decisión ($p > \alpha$ = Normal)
MCI	10	7.505	1.48964015	0.05	0.909799573	Normal
Híbrido	10	7.685	0.115878289	0.05	0.901483563	Normal
Dif. Absoluta	10	1.21	0.649273098	0.05	0.923930736	Normal
Dif. Relativa	10	0.137016558	0.095348253	0.05	0.914892949	Normal

Nota: Esta tabla muestra los análisis de normalidad de MCI, Híbrido, Dif. Absoluta y Dif. Relativa para Carga del Motor Deseada.

Tabla 11

Análisis de Varianza - Carga del Motor Deseada

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	484.988944	3	161.662981	242.819024	6.1966E-24	2.86626555
Dentro de los grupos	23.9679216	36	0.6657756			
Total	508.956865	39				

Nota: La tabla indica la varianza que se analiza entre las tablas de la Carga del Motor Deseada.

Tabla 12*Carga del Motor Deseada – MCI*

RPM \ %	2	6	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	95
600	9.35	16.1	23.41	31.31	42.65	54.75	67.35	96.58	127.07	156.06	184.32	212.42	239.21	252.5
800	9.88	15.98	23.44	31.17	42.04	53.55	65.78	94.4	124.16	152.33	179.85	207.27	233.91	247.51
1000	8.72	15.84	23.37	30.98	41.46	52.54	64.42	92.17	121.37	148.75	175.65	202.23	228.71	241.88
1500	8.2	15.51	22.9	30.65	40.5	51.14	62.29	87.53	114.58	140.66	165.92	191.12	216.19	228.9
1750	7.69	14.83	22.05	30.51	40.24	50.79	61.78	85.84	111.53	136.96	161.57	186.15	210.48	222.6
2000	7.03	14.11	21.35	30.08	39.2	49.26	59.52	82.53	106.84	130.11	153.65	177.02	200.25	211.12
2250	6.4	13.59	20.9	30.19	40.03	50.48	61.12	83.43	108.3	133.58	153.97	177.2	200.84	211.82
2500	6.02	13.29	20.69	30.07	39.93	50.36	60.68	82.59	105.23	128.31	151.23	173.78	196.63	206.82
3000	5.88	13.22	20.64	30.03	39.91	50.31	60.41	81.49	103.02	125.05	147.46	169.09	190.55	200.21
3500	5.88	13.26	20.67	29.95	39.68	49.94	60.16	80.9	101.69	122.45	143.85	165.2	186.46	195.1
4000	5.88	13.26	20.67	29.86	39.49	49.71	59.81	80.34	100.63	120.32	140.28	160.63	179.85	193.41
4500	5.84	13.12	20.44	29.67	39.18	49.26	59.22	79.26	98.9	117.95	136.93	156.93	175.88	191.14
5000	5.86	13.08	20.34	29.41	38.67	48.87	58.07	77.55	96.9	114.27	132.76	151.63	170.43	185.21
5500	6.02	13.1	20.2	29.11	38.04	47.46	56.53	74.53	92.1	109.59	127.37	147.27	169.44	189.16
6000	6.3	13.22	20.13	28.78	37.43	46.26	54.89	71.76	88.28	104.78	121.44	140.5	160.3	187.81
6500	6.61	13.33	20.08	28.45	36.82	45.11	53.34	69.25	84.77	100.37	115.84	134.24	148.18	181.98

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Carga de Motor Deseada para MCI.

Tabla 13*Carga de Motor Deseada - Híbrido*

RPM \ %	4	7	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	95
600	7.8	15.26	22.97	32.25	43.78	56.2	69.51	102.06	139.35	176.87	213.38	240.85	266.77	279.78
800	7.85	14.98	22.92	31.83	43.15	55.24	68.03	98.62	133.54	168.25	202.58	230.79	257.86	271.29
1000	7.83	15	22.08	31.47	42.61	54.32	66.7	95.57	128.26	161.24	193.04	221.3	249.12	262.78
1500	7.66	14.55	20.81	30.94	41.79	53.03	64.78	89.9	117.51	146.24	174.31	201.31	228.17	241.6

RPM \ %	4	7	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	95
1750	7.55	14.39	20.74	30.82	41.6	52.75	64.21	88.14	113.64	140.22	166.49	192.2	218.44	231.22
2000	7.55	14.31	20.74	30.75	41.54	52.54	63.7	86.83	110.35	136.43	159.69	183.91	207.97	220.43
2250	7.64	13.85	20.69	30.68	41.29	52.24	63.3	85.35	108.58	131.87	154.63	177.92	201.8	213.88
2500	7.69	13.71	20.58	30.54	41.04	51.86	62.62	83.69	106.75	129.32	151.28	172.93	195.66	206.8
3000	7.73	13.66	20.44	30.21	40.49	51.04	61.52	82.54	103.47	124.61	146.82	168.15	188.31	197.07
3500	7.55	13.69	20.33	30.08	40.31	50.48	60.84	81.35	101.03	120.25	141.57	163.3	182.4	194.19
4000	7.15	13.66	20.06	30	39.98	50.04	60.18	79.94	98.88	117.48	137.24	157.89	176.59	191.26
4500	6.73	13.62	19.99	29.46	39.29	49.05	58.85	77.99	96.67	115.28	134.26	154.51	172.74	190.11
5000	5.64	13.48	20.18	29.41	38.77	47.17	56.85	75.93	95.01	113.47	132.76	153.19	171.67	187.54
5500	6.56	13.19	19.9	28.31	36.7	46.03	55.36	74.95	92.12	110.59	129.13	148.07	163.91	187.84
6000	6.37	12.77	19.48	28.01	36.44	45.91	55.45	75.29	114.18	129.9	145.37	158.85	184.51	184.51
6500	5.41	12.73	19.48	27.98	36.54	46.33	56.13	76.12	95.78	113.73	128.03	143.19	154.28	182.94

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Carga de Motor Deseada para vehículo Híbrido.

Tabla 14

Diferencia Absoluta - Carga del Motor Deseada

RPM \ %	2	6	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	95	Promedio fila
600	1.55	0.84	0.44	0.94	1.13	1.45	2.16	5.48	12.28	20.81	29.06	28.43	27.56	27.28	11.386
800	2.03	1	0.52	0.66	1.11	1.69	2.25	4.22	9.38	15.92	22.73	23.52	23.95	23.78	9.483
1000	0.89	0.84	1.29	0.49	1.15	1.78	2.28	3.4	6.89	12.49	17.39	19.07	20.41	20.9	7.805
1500	0.54	0.96	2.09	0.29	1.29	1.89	2.49	2.37	2.93	5.58	8.39	10.19	11.98	12.7	4.549
1750	0.14	0.44	1.31	0.31	1.36	1.96	2.43	2.3	2.11	3.26	4.92	6.05	7.96	8.62	3.084
2000	0.52	0.2	0.61	0.67	2.34	3.28	4.18	4.3	3.51	6.32	6.04	6.89	7.72	9.31	3.992
2250	1.24	0.26	0.21	0.49	1.26	1.76	2.18	1.92	0.28	1.71	0.66	0.72	0.96	2.06	1.122
2500	1.67	0.42	0.11	0.47	1.11	1.5	1.94	1.1	1.52	1.01	0.05	0.85	0.97	0.02	0.91
3000	1.85	0.44	0.2	0.18	0.58	0.73	1.11	1.05	0.45	0.44	0.64	0.94	2.24	3.14	0.999
3500	1.67	0.43	0.34	0.13	0.63	0.54	0.68	0.45	0.66	2.2	2.28	1.9	4.06	0.91	1.206
4000	1.27	0.4	0.61	0.14	0.49	0.33	0.37	0.4	1.75	2.84	3.04	2.74	3.26	2.15	1.414
4500	0.89	0.5	0.45	0.21	0.11	0.21	0.37	1.27	2.23	2.67	2.67	2.42	3.14	1.03	1.298

RPM \ %	2	6	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	95	Promedio fila
5000	0.22	0.4	0.16	0	0.1	1.7	1.22	1.62	1.89	0.8	0	1.56	1.24	2.33	0.946
5500	0.54	0.09	0.3	0.8	1.34	1.43	1.17	0.42	0.02	1	1.76	0.8	5.53	1.32	1.18
6000	0.07	0.45	0.65	0.77	0.99	0.35	0.56	23.53	25.9	25.12	23.93	18.35	24.21	3.3	10.584
6500	1.2	0.6	0.6	0.47	0.28	1.22	2.79	6.87	11.01	13.36	12.19	8.95	6.1	0.96	4.757
Promedio col.	1.018	0.517	0.618	0.439	0.954	1.364	1.761	3.794	5.176	7.221	8.484	8.336	9.456	7.488	4.045

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Absoluta obtenida entre la Tabla 12 y Tabla 13.

Tabla 15

Diferencia Relativa - Carga del Motor Deseada

RPM \ %	2	6	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	95	Promedio fila
600	16.578	5.217	1.88	3.002	2.649	2.648	3.207	5.674	9.664	13.335	15.766	13.384	11.521	10.804	8.238
800	20.547	6.258	2.218	2.117	2.64	3.156	3.42	4.47	7.555	10.451	12.638	11.348	10.239	9.608	7.619
1000	10.206	5.303	5.52	1.582	2.774	3.388	3.539	3.689	5.677	8.397	9.9	9.43	8.924	8.641	6.212
1500	6.585	6.19	9.127	0.946	3.185	3.696	3.997	2.708	2.557	3.967	5.057	5.332	5.541	5.548	4.603
1750	1.821	2.967	5.941	1.016	3.38	3.859	3.933	2.679	1.892	2.38	3.045	3.25	3.782	3.872	3.13
2000	7.397	1.417	2.857	2.227	5.969	6.659	7.023	5.21	3.285	4.857	3.931	3.892	3.855	4.41	4.499
2250	19.375	1.913	1.005	1.623	3.148	3.487	3.567	2.301	0.259	1.28	0.429	0.406	0.478	0.973	2.874
2500	27.741	3.16	0.532	1.563	2.78	2.979	3.197	1.332	1.444	0.787	0.033	0.489	0.493	0.01	3.324
3000	31.463	3.328	0.969	0.599	1.453	1.451	1.837	1.289	0.437	0.352	0.434	0.556	1.176	1.568	3.351
3500	28.401	3.243	1.645	0.434	1.588	1.081	1.13	0.556	0.649	1.797	1.585	1.15	2.177	0.466	3.279
4000	21.599	3.017	2.951	0.469	1.241	0.664	0.619	0.498	1.739	2.36	2.167	1.706	1.813	1.112	2.997
4500	15.24	3.811	2.202	0.708	0.281	0.426	0.625	1.602	2.255	2.264	1.95	1.542	1.785	0.539	2.516
5000	3.754	3.058	0.787	0	0.259	3.479	2.101	2.089	1.95	0.7	0	1.029	0.728	1.258	1.514
5500	8.97	0.687	1.485	2.748	3.523	3.013	2.07	0.564	0.022	0.912	1.382	0.543	3.264	0.698	2.134
6000	1.111	3.404	3.229	2.675	2.645	0.757	1.02	32.79	29.338	23.974	19.705	13.06	15.103	1.757	10.755
6500	18.154	4.501	2.988	1.652	0.76	2.705	5.231	9.921	12.988	13.311	10.523	6.667	4.117	0.528	6.717
Promedio col.	14.934	3.592	2.833	1.46	2.392	2.715	2.907	4.836	5.107	5.695	5.534	4.612	4.687	3.237	4.61

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Relativa obtenida entre la Tabla 12 y Tabla 13.

En la carga de motor deseada presentando una normalidad y una varianza con $F = 242.819024$, a las que se les recoge la variación con unas columnas comunes (10–95%), la comparación de la carga deseada puso de manifiesto que el vehículo híbrido demanda una mayor carga media que el vehículo MCI con un $+3.65$; de hecho, las mayores diferencias se dan a bajas RPM y apertura media–alta, y desde el punto de vista de la extrapolación, este máximo se da en 600 RPM / 70%. En las Tablas 12 y Tabla 13, la figura de la cartografía en el régimen medio tiende a un punto de convergencia y la distancia o la diferencia medidas es baja, mientras que a altas RPM los recortes del vehículo híbrido a 90–95% son mínimos -5.53 en 5500 RPM / 90%, compatibles con estrategias de protección térmica y de la suavidad de la entrega de par propia del acoplamiento con la máquina eléctrica. En definitiva, la cartografía del vehículo híbrido prioriza la estabilidad y entrega de par a bajas RPM, manteniendo un comportamiento muy parecido al del vehículo MCI a mayor régimen.

4.4.3. Presión de turbo (hPa)

Tabla 16

Análisis de Normalidad - Presión de Turbo

Serie	n	Media	Desv. Est.	α	p-valor (Shapiro-Wilk)	Decisión ($p > \alpha = \text{Normal}$)
MCI	10	1320	32.40370349	0.05	0.898643325	Normal
Híbrido	10	1323.5	56.52187384	0.05	0.647258255	Normal
Dif. Absoluta	10	20.5	23.74049517	0.05	0.646643293	Normal
Dif. Relativa	10	0.016266167	0.020525209	0.05	0.613547245	Normal

Nota: Esta tabla muestra los análisis de normalidad de MCI, Híbrido, Dif. Absoluta y Dif. Relativa para Presión de Turbo.

Tabla 17*Análisis de Varianza - Presión de Turbo*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	17202268.3	3	5734089.45	4770.1	7.5953E-	2.86626555
Dentro de los grupos	43275.0038	36	1202.08344	2598	47	
Total	17245543.3	39				

Nota: La tabla indica la varianza que se analiza entre las tablas de Presión de Turbo.

Tabla 18*Presión de Turbo - MCI*

RPM \ hPa	350	500	650	800	950	1100	1250	1400
1000	1255	1255	1255	1255	1255	1255	1255	1255
1500	1315	1315	1315	1315	1315	1315	1315	1315
2000	1335	1335	1335	1335	1335	1335	1335	1335
2500	1355	1355	1355	1355	1355	1355	1355	1355
3500	1355	1355	1355	1355	1355	1355	1355	1355
4500	1355	1355	1355	1355	1355	1355	1355	1355
5500	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330
6500	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Presión de Turbo para MCI.

Tabla 19*Presión de Turbo - Híbrido*

RPM \ hPa	350	500	650	800	950	1100	1250	1400
1000	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170
1500	1335	1335	1335	1335	1335	1335	1335	1335
2000	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350
2500	1365	1365	1365	1365	1365	1365	1365	1365
3500	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360
4500	1355	1355	1355	1355	1355	1355	1355	1355
5500	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340
6500	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Presión de Turbo para el vehículo Híbrido.

Tabla 20*Diferencia Absoluta - Presión de Turbo*

RPM \ hPa	350	500	650	800	950	1100	1250	1400	Promedio fila
1000	85	85	85	85	85	85	85	85	85
1500	20	20	20	20	20	20	20	20	20
2000	15	15	15	15	15	15	15	15	15
2500	10	10	10	10	10	10	10	10	10
3500	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5500	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6500	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Prom. col.	20.625	20.625	20.625	20.625	20.625	20.625	20.625	20.625	20.625

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Absoluta obtenida entre la Tabla 18 y Tabla 19.

Tabla 21*Diferencia Relativa - Presión de Turbo*

RPM \ hPa	350	500	650	800	950	1100	1250	1400	Promedio fila
1000	6.773	6.773	6.773	6.773	6.773	6.773	6.773	6.773	6.773
1500	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521	1.521
2000	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124
2500	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738
3500	0.369	0.369	0.369	0.369	0.369	0.369	0.369	0.369	0.369
4500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5500	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752	0.752
6500	1.538	1.538	1.538	1.538	1.538	1.538	1.538	1.538	1.538
Prom. col.	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977	1.977

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Relativa obtenida entre la Tabla 18 y Tabla 19.

La comparación de la presión de sobrealimentación objetivo entre las tablas 18 y 19 pone de manifiesto una varianza de $F = 4770.12598$ y una normalidad de $\alpha < p$ valor afirmando todos que todos los valores son normales, de ahí que presentan perfiles muy similares, mostrando una meseta en torno a 1.355 hPa en las condiciones de MCI (2500–4500 RPM) y unos valores del vehículo híbrido ligeramente adaptados a cada régimen. A 1000 RPM el vehículo híbrido se fija en 1170 hPa frente 1255 hPa, que reduce la carga del compresor y el backpressure a bajas RPM, lo que avanza en suavidad y térmica. Alrededor de 1500–2500 RPM el vehículo híbrido iguala

incluso supera puntualmente al vehículo MCI en +20 hPa a 1500 RPM donde ha sido recogido en la tabla 20, enfatizando la llenura en rango del par útil, en cuanto el régimen aumenta hasta 3500 RPM los setpoints convergen, manteniendo prestaciones similares. En el conjunto, la puesta a punto del vehículo híbrido favorece la robustez y confort a muy bajas RPM, presentando equivalencias en el resto del dominio de funcionamiento.

4.4.4. Limitador de presión de turbo $f(APS)$ (hPa)

Tabla 22

Análisis de Normalidad - Limitador Presión de Turbo

Serie	n	Media	Desv. Est.	α	p-valor (Shapiro-Wilk)	Decisión ($p > \alpha$ = Normal)
MCI	10	1001	38.71548642	0.05	0.753695374	Normal
Híbrido	10	1081.005	89.95120965	0.05	0.882471658	Normal
Dif. Absoluta	10	80.005	53.36674063	0.05	0.909299895	Normal
Dif. Relativa	10	0.07098514	0.042032919	0.05	0.908008039	Normal

Nota: Esta tabla muestra los análisis de normalidad de MCI, Híbrido, Dif. Absoluta y Dif. Relativa para Limitador de Presión de Turbo.

Tabla 23

Análisis de Varianza - Limitador Presión de Turbo

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	10083250.7	3	3361083.56	1080.89763	2.6154E-35	2.86626555
Dentro de los grupos	111943.078	36	3109.52994			
Total	10195193.8	39				

Nota: La tabla indica la varianza que se analiza entre las tablas de Limitador de Presión de Turbo.

Tabla 24

Limitador Presión de Turbo - MCI

RPM \ hPa	350	500	650	800	950	1100	1250	1400
1000	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
1500	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
2000	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
2500	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3500	990	990	990	990	990	990	990	990

4500	990	990	990	990	990	990	990	990
5500	990	990	990	990	990	990	990	990
6500	970	970	970	970	970	970	970	970

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Limitador de Presión de Turbo para MCI.

Tabla 25

Limitador Presión de Turbo - Híbrido

RPM \ hPa	350	500	650	800	950	1100	1250	1400
1000	1280	1280	1280	1280	1280	1240	1140	1100
1500	1155	1155	1155	1155	1155	1126.02	1102.66	1020
2000	1121.99	1121.99	1121.99	1121.99	1121.99	1098.98	1082.66	1010
2500	1106.02	1106.02	1106.02	1106.02	1106.02	1085.94	1066.52	1000
3500	1076.02	1076.02	1076.02	1076.02	1076.02	1060.66	1022.15	990
4500	1056.02	1056.02	1056.02	1056.02	1056.02	1035	990	982.54
5500	1030	1030	1030	1030	1030	1013.32	970	970
6500	995	995	995	995	995	983.28	950	950

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Limitador de Presión de Turbo para el vehículo Híbrido.

Tabla 26

Diferencia Absoluta - Limitador Presión de Turbo

RPM \ hPa	350	500	650	800	950	1100	1250	1400	Promedio fila
1000	180	180	180	180	180	140	40	0	112.5
1500	135	135	135	135	135	106.02	82.66	0	103.835
2000	111.99	111.99	111.99	111.99	111.99	88.02	72.66	0	89.08
2500	106.02	106.02	106.02	106.02	106.02	85.94	66.52	0	85.32
3500	86.02	86.02	86.02	86.02	86.02	70.66	32.15	0	67.111
4500	66.02	66.02	66.02	66.02	66.02	45	0	7.46	47.32
5500	40	40	40	40	40	23.32	20	20	32.205
6500	25	25	25	25	25	13.28	20	20	22.16
Prom. col.	106.381	106.381	106.381	106.381	106.381	71.53	41.999	5.932	68.333

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Absoluta obtenida entre la Tabla 24 y Tabla 25.

Tabla 27

Diferencia Relativa - Limitador Presión de Turbo

RPM \ hPa	350	500	650	800	950	1100	1250	1400	Promedio fila
1000	16.364	16.364	16.364	16.364	16.364	12.727	3.636	0	12.273
1500	13.235	13.235	13.235	13.235	13.235	10.394	8.104	0	10.584
2000	11.088	11.088	11.088	11.088	11.088	8.81	7.194	0	8.931
2500	10.602	10.602	10.602	10.602	10.602	8.594	6.652	0	8.532

3500	8.689	8.689	8.689	8.689	8.689	7.137	3.247	0	6.729
4500	6.671	6.671	6.671	6.671	6.671	4.545	0	0.753	4.785
5500	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	2.356	2.02	2.02	3.32
6500	2.577	2.577	2.577	2.577	2.577	1.369	2.062	2.062	2.31
Prom. col.	9.658	9.658	9.658	9.658	9.658	7.116	4.364	0.949	7.085

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Relativa obtenida entre la Tabla 24 y Tabla 25.

La comparación del limitador de presión de turbo muestra una varianza de $F=1080.89763$ y una normalidad en toda la comparación es por ello que la cartografía del vehículo híbrido establece, de forma sistemática, una envolvente superior a la del vehículo MCI de +70.8 hPa, especialmente marcada en baja RPM y bajo APS, donde se alcanzó un máximo de +180 hPa a 1000 RPM / 350 hPa. Esta elección amplía el margen operativo del compresor en condiciones de aire poco denso, reduciendo la probabilidad de recorte prematuro del boost. En la Tabla 26 muestra que a medida que el régimen aumenta, las diferencias se reducen y en alta RPM aparecen ajustes puntuales orientados a protección térmica y velocidad de turbina. En conjunto, el vehículo híbrido prioriza una envolvente adaptable a la altitud más permisiva que la del vehículo MCI, coherente con su estrategia de reparto de par y mantenimiento de prestaciones sin comprometer la confiabilidad.

4.4.5 Mapa de base de inyección (LAMBDA)

Tabla 28

Mapa Base de Inyección - MCI

RPM \ % Air	10.01	19.99	25.01	30	34.99	40	49.99	60
500	1	1	1	1	1	1	1	1
625	1	1	1	1	1	1	1	1
1250	1	1	1	1	1	1	1	1
2500	1	1	1	1	1	1	1	1
2750	1	1	1	1	1	1	1	1
3125	1	1	1	1	1	1	1	1
3750	1	1	1	1	1	1	1	1
4500	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Mapa Base de Inyección para MCI.

Tabla 29

Mapa Base de Inyección - Híbrido

RPM \ % Air	9.75	30	39.75	50.25	60	69.74	99.74	112.49
800	1	1	1	1	1	1	1	1
1000	1	1	1	1	1	1	1	1
1240	1	1	1	1	1	1	1	1
1400	1	1	1	1	1	1	1	1
1600	1	1	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	1	1	1
2400	1	1	1	1	1	1	1	1
6000	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Mapa Base de Inyección para el vehículo Híbrido.

El Mapa Base de Inyección muestra un valor uniforme $\lambda=1$ en toda su cartografía, lo que confirma que la estrategia de combustible en carga parcial opera anclada a estequiometría y delega los ajustes de mezcla a correcciones dependientes de condiciones térmicas, barométricas y de hardware y a enriquecimientos transitorios. En la Tabla 28 y Tabla 29 muestra que esta configuración favorece el control en lazo cerrado del sensor O_2 , reduce el consumo y asegura alta eficacia catalítica; las condiciones de elevada demanda, donde se requiere $\lambda < 1$ (Lambda menos a 1) para protección/pares máximos, se resuelven en mapas específicos de λ objetivo y temporización de inyección.

El Mapa Base de Inyección es idéntico en ambas cartografías: $\lambda=1$ en todo el rango operativo analizado. Tras remallar a una malla común, la comparación entregó una variación de 0 % en toda la intersección, sin diferencias estadísticamente detectables teniendo una varianza prácticamente nula, esto confirma que tanto la MED17.1 como la MED17.1.1 anclan el combustible en estequiometría durante la carga parcial, delegando la variación de mezcla a correcciones y a mapas de λ objetivo para alta demanda y protección térmica, en consecuencia, la

estrategia de base de combustible es equivalente entre el motor de combustión y el híbrido; las divergencias entre plataformas deberán analizarse en los mapas de Lambda deseada, presión de riel y timings de inyección, especialmente en altas cargas.

4.4.6. Lambda deseada (LAMBDA)

Tabla 30

Lambda Deseada - MCI

RPM \ %	45	50	65	80	85	90
1200	1	1	1	1	1	1
1600	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	0.977
2400	1	1	1	1	1	0.953
2600	1	1	1	1	1	0.953
3000	1	1	1	1	1	0.953
3400	1	1	1	1	1	0.953
3800	1	1	1	1	1	0.953
4200	1	1	1	1	0.953	0.953
4400	1	1	1	1	0.953	0.953
4800	1	1	1	0.953	0.906	0.906
5200	1	1	0.953	0.906	0.906	0.906
5600	1	1	0.953	0.906	0.906	0.906
6000	1	0.953	0.906	0.906	0.906	0.906
6400	1	0.953	0.906	0.906	0.906	0.906

Nota: La presente tabla muestra la cartografía de actuación de Lambda Deseada para MCI.

Tabla 31

Lambda Deseada - Híbrido

RPM \ %	45	50	65	80	85	90
1200	1	1	1	1	1	1
1600	1	1	1	1	1	1
2000	1	1	1	1	1	0.977
2400	1	1	1	1	1	0.953
2600	1	1	1	1	1	0.953
3000	1	1	1	1	1	0.953
3400	1	1	1	1	1	0.953
3800	1	1	1	1	1	0.953
4200	1	1	1	1	1	0.953

4400	1	1	1	1	0.953	0.906
4800	1	1	1	0.953	0.906	0.906
5200	1	1	0.953	0.906	0.906	0.906
5600	1	1	0.953	0.906	0.906	0.906
6000	1	0.953	0.906	0.906	0.906	0.906
6400	1	0.953	0.906	0.906	0.906	0.906

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Lambda Deseada para el vehículo Híbrido.

La comparación de la Tabla 30 y Tabla 31 de λ deseada entre MED17.1 y MED17.1.1 evidencia una equivalencia total en el dominio analizado, con dos ajustes puntuales a 85 % y 4200 RPM el vehículo híbrido mantiene estequiometría de $\lambda=1.00$ donde el vehículo MCI ya enriquece a 0.953, y a 90 % y 4400 RPM el híbrido enriquece antes a 0.906 MCI aún en 0.953. Estas variaciones sugieren una modulación fina orientada a suavizar la transición en cargas altas en retraso del primer enriquecimiento a 85 % y a proteger térmicamente y knock a 90 % cuando el régimen aumenta con adelanto a 0.906. En conjunto, las estrategias son equivalentes en parciales y medias cargas y prácticamente idénticas en todo el mapa.

4.4.7. Par motor óptimo (%PAR)

Tabla 32

Análisis de Normalidad - Par Motor Óptimo

Serie	n	Media	Desv. Est.	α	p-valor (Shapiro-Wilk)	Decisión ($p > \alpha$ = Normal)
MCI	10	83.612	6.265183867	0.05	0.889972526	Normal
Híbrido	10	80.617	10.21598644	0.05	0.940805317	Normal
Dif. Absoluta	10	4.125	2.965731126	0.05	0.947847328	Normal
Dif. Relativa	10	0.055881106	0.045857006	0.05	0.925352005	Normal

Nota: Esta tabla muestra los análisis de normalidad de MCI, Híbrido, Dif. Absoluta y Dif. Relativa para Limitador de Par Motor Óptimo.

Tabla 33*Análisis de Varianza - Par Motor Óptimo*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	64166.1397	3	21388.7132	561.322512	2.8755E-30	2.86626555
Dentro de los grupos	1371.74915	36	38.1041429			
Total	65537.8888	39				

Nota: La tabla indica la varianza que se analiza entre las tablas de Par Motor Óptimo.

Tabla 34*Par Motor Óptimo - MCI*

RPM \ % Air	10.01	15	20.01	35.01	50.01	65.01	80.01	95.01	110.01	125.01	139.98	160	179.99	194.98
600	2.41	5.3	8.24	16.7	23.09	29.04	34.42	39.45	44.37	49.34	54.42	61.39	68.46	73.79
800	2.6	5.4	8.24	16.82	23.21	29.63	35.07	40.17	45.22	50.28	55.59	62.78	70.06	75.52
1000	2.73	5.5	8.27	16.98	23.39	30.16	35.73	40.96	46.02	51.13	56.76	64.17	71.63	77.2
1500	2.99	5.69	8.48	17.29	24.51	31.06	37.09	42.74	48.32	53.92	59.75	67.64	75.55	81.54
1750	3.3	6.08	8.91	17.39	24.66	31.36	37.62	43.58	49.42	55.52	61.25	69.06	77.43	83.69
2000	3.68	6.48	9.32	17.75	24.96	31.76	38.47	44.97	51.37	57.65	64.01	72.59	81.21	87.53
2250	4.01	6.78	9.52	17.51	24.84	31.76	38.47	44.97	51.53	57.65	64.01	72.59	81.21	87.53
2500	4.19	6.92	9.64	17.56	24.85	31.93	38.81	45.51	52.07	58.57	65.08	73.87	82.72	89.26
3000	4.2	6.9	9.64	17.55	24.87	31.95	38.84	45.55	52.1	58.6	65.12	73.93	82.79	89.35
3500	4.2	6.91	9.65	17.65	25.05	32.35	39.57	46.27	52.94	59.68	66.28	75.17	84.11	90.71
4000	4.24	6.94	9.67	17.72	25.17	32.54	39.84	47.21	54.75	62.16	69.54	79.21	87.44	97.51
4500	4.29	7.03	9.77	17.85	25.38	32.89	40.38	48	55.82	63.63	71.54	81.68	90.5	99
5000	4.3	7.05	9.83	18.05	25.83	33.6	41.33	49.21	57.67	65.68	73.65	83.74	92.56	99
5500	4.25	7.06	9.89	18.31	26.41	34.68	43.1	51.05	59.68	68.12	76.62	87.51	95	99
6000	4.15	7.04	9.94	18.6	27.16	35.96	44.96	54.07	63.14	71.88	79.9	89.65	99	99
6500	4.02	6.98	9.97	18.91	27.96	37.31	46.9	56.59	66.15	75.31	83.64	92.98	99	99

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Par Motor Óptimo para MCI.

Tabla 35*Par Motor Óptimo - Híbrido*

RPM \ % Air	10.01	15	20.01	35.01	50.01	65.01	80.01	95.01	110.01	125.01	139.98	160	179.99	194.98
600	4.88	6.94	8.8	16.2	22.59	28.3	33.32	37.89	42.13	46.1	50.14	55.48	60.86	64.91
800	4.89	7.07	8.81	16.41	22.92	28.8	34.01	38.8	43.28	47.56	51.82	57.34	62.86	67.76
1000	4.91	7	9.12	16.62	23.22	29.26	34.72	39.71	44.48	48.96	53.51	59.59	65.81	70.71
1500	5.02	7.2	9.64	16.92	23.68	30.07	36.09	41.81	47.28	52.56	57.79	64.79	72.02	77.65

RPM \ % Air	10.01	15	20.01	35.01	50.01	65.01	80.01	95.01	110.01	125.01	139.98	160	179.99	194.98
1750	5.08	7.28	9.67	16.98	23.78	30.33	36.63	42.73	48.57	54.28	59.71	67.49	75.24	81.05
2000	5.12	7.39	9.69	17.03	23.87	30.47	36.85	43	48.9	55.01	60.39	68.23	76.08	81.99
2250	5.15	7.53	9.69	17.09	23.93	30.77	37.58	44.2	50.5	57.09	63.54	72.38	81.11	87.13
2500	5.15	7.59	9.73	17.17	24.15	31.1	38.07	44.83	51.41	58.09	64.82	74.03	83.02	89.64
3000	5.16	7.63	9.78	17.25	24.37	31.36	38.41	45.24	52.11	59.02	65.85	75.26	84.65	91.23
3500	5.21	7.62	9.89	17.4	24.77	32.02	39.35	46.67	54.66	62.29	69.28	78.43	87.29	94.1
4000	5.32	7.62	9.97	17.52	24.99	32.42	40.04	47.96	56.06	63.88	71.27	81.13	90.15	99
4500	5.43	7.63	9.97	17.65	25.19	32.66	40.37	49.11	57.15	65.18	73.16	83.02	92.05	99
5000	5.5	7.69	9.92	18.08	26.46	34.29	42.1	50.77	58.65	67.25	75.44	85.41	94.28	99
5500	5.56	7.82	10.05	19.02	27.16	34.97	42.54	50.87	59.77	66.26	75.32	87.08	95.76	99
6000	5.7	8.04	10.26	19.77	27.18	34.81	42.27	49.87	57.77	66.76	75.63	89.61	99	99
6500	5.9	7.96	10.31	19.14	26.9	34.45	41.96	49.63	57.87	66.76	78.36	91.3	99	99

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Par Motor Óptimo para el vehículo Híbrido.

Tabla 36

Diferencia Absoluta - Par Motor Óptimo

RPM \ %Air	10.01	15	20.01	35.01	50.01	65.01	80.01	95.01	110.01	125.01	139.98	160	179.99	194.98	Promedio fila
600	2.47	1.64	0.56	0.5	0.5	0.74	1.1	1.56	2.24	3.24	4.28	5.91	7.6	8.88	3.064
800	2.29	1.67	0.57	0.41	0.29	0.83	1.06	1.37	1.94	2.72	3.77	5.44	7.2	7.76	2.961
1000	2.18	1.5	0.85	0.36	0.17	0.9	1.01	1.25	1.54	2.17	3.25	4.58	5.82	6.49	2.597
1500	2.03	1.51	1.16	0.37	0.83	0.99	1	1.07	1.04	1.36	1.96	2.85	3.53	3.89	1.644
1750	1.78	1.2	0.76	0.41	0.88	0.97	1.01	0.85	0.85	1.24	1.54	1.57	2.19	2.64	1.263
2000	1.44	0.91	0.37	0.72	1.09	1.29	1.62	1.97	2.47	2.64	3.62	4.36	5.13	5.54	2.557
2250	1.14	0.75	0.17	0.42	1.09	1.01	0.89	0.77	1.03	0.56	0.47	0.21	0.1	0.42	0.675
2500	0.96	0.67	0.09	0.39	0.7	0.83	0.74	0.71	0.66	0.48	0.26	0.16	0.3	0.38	0.551
3000	0.96	0.73	0.14	0.3	0.5	0.59	0.43	0.31	0.01	0.42	0.73	1.33	1.86	1.88	0.759
3500	1.01	0.71	0.24	0.25	0.28	0.33	0.22	0.4	0.74	0.93	1.01	1.74	1.82	1.39	0.835
4000	1.08	0.68	0.3	0.2	0.18	0.12	0.2	0.75	1.31	1.72	1.73	2.08	2.29	2.41	1.118
4500	1.14	0.6	0.2	0.2	0.19	0.23	0.01	1.11	1.33	1.55	1.62	1.34	1.55	0	0.825
5000	1.2	0.64	0.09	0.03	0.63	0.69	0.77	1.56	1.98	1.57	1.79	1.67	1.72	0	1.004

RPM \ %Air	10.01	15	20.01	35.01	50.01	65.01	80.01	95.01	110.01	125.01	139.98	160	179.99	194.98	Promedio fila
5500	1.31	0.76	0.16	0.71	0.75	0.29	0.56	0.18	0.12	1.86	1.3	0.43	0.76	0	0.7
6000	1.55	1	0.32	1.17	0.02	1.15	2.69	4.2	5.37	5.12	4.27	0.04	0	0	1.78
6500	1.88	0.98	0.34	1.23	0.8	2.86	4.94	6.96	8.28	8.55	5.28	1.68	0	0	3.096
Promedio col	1.514														
		0.956	0.386	0.494	0.534	1.03	1.323	1.803	2.074	2.48	2.644	2.569	2.956	2.678	1.668

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Absoluta obtenida entre la Tabla 34 y Tabla 35.

Tabla 37

Diferencia Relativa - Par Motor Óptimo

RPM \ % Air	10.01	15	20.01	35.01	50.01	65.01	80.01	95.01	110.01	125.01	139.98	160	179.99	194.98	PROM_ROW
600	102.49	30.943	6.796	2.994	2.166	2.548	3.195	3.955	5.05	6.57	7.865	9.629	11.102	12.034	14.245
800	88.077	30.926	6.917	2.437	1.249	2.801	3.023	3.415	4.287	5.407	6.766	8.665	10.277	10.274	13.13
1000	79.854	27.273	10.278	2.12	0.727	2.985	2.826	3.049	3.346	4.245	5.726	7.825	8.126	8.412	11.291
1500	67.892	26.539	13.68	2.14	3.39	3.187	2.695	2.176	2.153	2.521	3.279	4.211	4.672	4.771	9.021
1750	53.939	19.737	8.529	2.357	3.568	3.286	2.634	1.951	1.72	2.235	2.513	2.272	2.828	3.158	7.182
2000	39.13	14.047	3.971	4.056	4.368	4.061	4.213	4.379	4.809	4.58	5.654	5.043	6.321	6.332	5.003
2250	28.429	11.067	1.786	2.397	3.665	3.115	2.313	1.709	2	0.971	0.734	0.289	0.123	0.458	3.548
2500	22.91	9.681	0.934	2.222	2.816	2.603	1.906	1.494	1.268	0.82	0.399	0.217	0.362	0.426	2.373
3000	22.857	10.58	1.453	1.708	2.011	1.848	1.107	0.681	0.019	0.717	1.121	1.799	2.247	2.104	3.487
3500	24.048	10.275	2.486	1.417	1.117	1.02	0.556	0.865	3.25	4.368	4.496	4.337	3.781	3.739	4.065
4000	25.472	9.797	3.102	1.129	0.715	0.369	0.502	1.588	2.392	2.767	2.489	2.424	3.1	2.575	4.053
4500	26.565	8.536	2.047	1.12	0.749	0.7	0	2.312	2.382	2.435	2.265	1.64	1.712	0	3.012
5000	27.907	9.079	0.915	0.166	2.441	2.054	1.862	3.17	1.699	2.39	2.431	1.994	1.859	0	3.21
5500	30.824	10.765	1.617	3.852	0.147	0.806	1.023	1.608	0.151	2.73	1.698	0.491	0.8	0	3.914
6000	37.349	14.205	3.219	6.29	0.074	3.197	5.982	8.067	8.504	7.123	4.965	0.045	0	0	7.033
6500	46.771	14.045	3.409	1.216	3.791	7.663	10.54	12.445	12.519	11.355	6.314	1.817	0	0	9.058
PROM_COL	42.057	14.328	4.201	2.45	2.16	2.887	3.373	3.788	4.186	4.945	4.94	4.52	4.493	4.095	7.161

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Relativa obtenida entre la Tabla 34 y Tabla 35.

La comparación del par motor óptimo entre la Tabla 34 y Tabla 35 siendo MED17.1 y MED17.1.1 respectivamente muestra una coincidencia casi total presentando una varianza con $F= 561.3\ 22512$ y una normalidad en su dominio y rango; también en el dominio RPM y carga, con diferencias pequeñas medio = 1.56, el vehículo híbrido resulta ligeramente más conservador en baja RPM, presumiblemente para favorecer suavidad y control térmico durante la asistencia eléctrica y los transitorios, mientras que en alta RPM presenta ligeros incrementos de +0.26 como se muestra en la Tabla 36, compatibles con consignas de lambda, encendido y envolventes de turbo algo más permisivas, los extremos se localizaron en 600 RPM / 195 %Air y 3500 RPM / 195 %Air, en conjunto, ambas cartografías comparten la misma forma de lomo con máximo en régimen medio alto, y las variaciones observadas responden a ajustes finos de estrategia más que a cambios estructurales del modelo de par.

4.4.8. Limitador Par Máximo – Sport (Nm)

Tabla 38

Limitador Par Máximo Sport - MCI

Variable	Valor [Nm]
Par	424.8

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Limitador Par Máximo Sport para MCI.

Tabla 39

Limitador Par Máximo Sport - Híbrido

Variable	Valor [Nm]
Par	544.8

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Limitador Par Máximo Sport para el Vehículo Híbrido.

Tabla 40

Diferencia Absoluta - Limitador Par Máximo Sport

Variable	Valor [Nm]
Par	120

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Absoluta obtenida entre la Tabla 38 y Tabla 39.

Tabla 41

Diferencia Relativa - Limitador Par Máximo Sport

Variable	Valor [Nm]
Par	28.249

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Relativa obtenida entre la Tabla 38 y Tabla 39.

El limitador de par en modo Sport es un valor constante en ambas unidades, pero el vehículo híbrido fija un techo de 544.8 Nm mostrado en la Tabla 39, superior al del vehículo MCI de 424.8 Nm visualizado en la Tabla 28, con una diferencia de +120 Nm. Este aumento amplía el margen de par utilizable en aceleraciones de alta demanda, siempre que el par óptimo y las protecciones de motor y transmisión no lo recorten antes, la elección es coherente con una orientación más deportiva en el híbrido con la necesidad de integrar la contribución de la máquina eléctrica, manteniendo el arbitraje con los restantes limitadores para salvaguardar fiabilidad térmica y durabilidad del tren motriz

4.4.9. Limitador par máximo (Nm)

Tabla 42

Limitador Par Máximo - MCI

Variable	Valor [Nm]
Par	500

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Limitador Par Máximo para MCI.

Tabla 43

Limitador Par Máximo - Híbrido

Variable	Valor [Nm]
Par	500

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Limitador Par Máximo para el Vehículo Híbrido.4

Tabla 44

Diferencia Absoluta – Limitador Par Máximo

Variable	Valor [Nm]
Par	0

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Absoluta obtenida entre la Tabla 42 y Tabla 43.

Tabla 45

Diferencia Relativa - Limitador Par Máximo

Variable	Valor [Nm]
Par	0

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Relativa obtenida entre la Tabla 42 y Tabla 43.

El limitador de par máximo se implementa como un valor constante de 500 Nm, que funciona como envolvente superior en modo normal y se arbitra con el par óptimo y las protecciones del sistema, similares en la Tabla 42 y Tabla 43. Dado que se trata de un concepto global, nos asegura que existirá una respuesta racional en todo el dominio RPM|carga, ya que su activación tendrá lugar solo por encima de la exigencia del par teórico o como consecuencia de la demanda de conductor. En particular con los límites en el modo Sport expuestos anteriormente de 424.8 Nm en la unidad del vehículo MCI y de 544.8 Nm de la unidad del vehículo híbrido,

este límite de 500 Nm se ubicará entre ambos límites lo que parece más claro que se ha preferido una calibración que prioriza la fiabilidad y durabilidad del tren motor sin penalizar la respuesta en el uso cotidiano.

4.4.10. Solicitud de par durante despegue (Nm)

Tabla 46

Análisis de Normalidad - Solicitud de Par Durante Despegue

Serie	n	Media	Desv. Est.	α	p-valor (Shapiro-Wilk)	Decisión ($p > \alpha$ = Normal)
MCI	10	345.6	65.95486672	0.05	0.899603319	Normal
Híbrido	10	425.91	133.4110311	0.05	0.769122506	Normal
Dif. Absoluta	10	120.49	63.16328839	0.05	0.974307802	Normal
Dif. Relativa	10	0.425768432	0.612275355	0.05	0.538822185	Normal

Nota: Esta tabla muestra los análisis de normalidad de MCI, Híbrido, Dif. Absoluta y Dif. Relativa para Solicitud de Par Durante Despegue.

Tabla 47

Análisis de Varianza - Solicitud de Par Durante Despegue

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
				59.299840		
Entre grupos	1162507.71	3	387502.571	8	5.2592E-14	2.86626555
Dentro de los grupos	235246.712	36	6534.63089			
Total	1397754.43	39				

Nota: La tabla indica la varianza que se analiza entre las tablas de Solicitud de Par Durante Despegue.

Tabla 48*Solicitud de Par Durante Despegue - MCI*

RPM \ %	0.403	2.002	6.006	13	19.995	27.002	33.997	41.003	47.998	55.005	62	68.994	76.001	83.997	94.995	100
400	0	2	35	65	105	125	140	151	166.5	179.7	193	201.8	207.5	214	225	225
680	0	15.5	27.5	53.8	88.1	111.5	134.1	151	166.5	179.7	193	201.8	207.5	238	280	300
1000	0	10.5	18.9	40.9	68.9	96.1	127.5	161	169.9	178.9	193	201.8	207.5	271.7	360	370
1500	0	8.4	15.3	35.8	60.3	89.1	123.9	159.6	194.8	230	260	300	325	360.8	400	420
2000	0	7.2	13.2	32.9	55.1	84.8	121.4	158.2	207.7	253.3	294.2	330	356.6	374.9	400	410
3000	0	4.7	9.9	27.2	44.8	76.2	116.3	155.5	205	266.8	309.7	352.6	362.6	378.9	401.3	406
4250	0	1.7	3.8	20	31.8	65.4	110	152	201.7	270.8	316.1	361.4	372	384.8	403	403
5500	0	1.3	3	16.7	27.6	58.9	100	148.6	198.4	240.8	269.7	298.5	307.1	317	332	332
6800	0	1	2.2	11.6	23.9	52.5	90	145	195	222.9	254	265.8	273.4	282	295	295

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Solicitud de Par Durante Despegue para MCI.

Tabla 49*Solicitud de Par Durante Despegue - Híbrido*

RPM \ %	0.403	2.002	6.006	13	19.995	27.002	33.997	41.003	47.998	55.005	62	68.994	76.001	83.997	94.995	100
400	0	20	35	60	100	160	230	300	370	420	435	440	442	444	446	450
680	0	15	28	55	100	160	230	300	370	430	445	450	455	460	465	470
1000	0	12.7	25	50	95	160	230	300	370	440	460	470	475	480	485	490
1500	0	12.4	23	47	90	160	230	300	370	445	470	485	495	500	505	510
2000	0	12.4	22	45	85	153	228	300	370	435	465	485	500	515	530	540
3000	0	8.6	15.3	44	80	145	220	295	363	400	430	450	470	485	505	515
4250	0	1.8	7.3	34.4	70	108.5	160	230	300	350	385	410	430	450	475	480
5500	0	1.3	4.7	22.6	49.7	80	115	160	215	260	290	315	330	360	380	390
6800	0	0.8	3.6	13.6	34.4	63.7	95	135.3	169.6	195	220	242	265	290	315	320

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Solicitud de Par Durante Despegue para el Vehículo Híbrido.

Tabla 50*Diferencia Absoluta - Solicitud de Par Durante Despegue*

RPM \ %	0.403	2.002	6.006	13	19.995	27.002	33.997	41.003	47.998	55.005	62	68.994	76.001	83.997	94.995	100	Promedio fila
400	0	2	0	5	5	35	90	149	203.5	240.3	242	238.2	235.5	230	221	225	133.019
680	0	0.5	0.5	1.2	11.9	48.5	95.9	149	203.5	250.3	252	248.2	247.5	243	237	230	134.844
1000	0	2.2	6.1	9.1	26.1	63.9	102.5	139	200.1	261.1	267	268.2	267.5	252	247	243	142.457
1500	0	4	12.8	8.2	29.7	70.9	106.1	140.6	175.2	215	210	200	185.8	160.8	120	90	116.717
2000	0	5.2	8.8	12.1	30.1	68.2	106.6	141.2	162.3	181.7	171	152	125.7	75.1	30	0	123.219
3000	0	3.9	5.4	16.8	35.2	68.8	103.7	139.5	158	180	170	150	123.7	76.9	20	0	109.144
4250	0	0.1	3.5	14.4	38.2	43.1	50	78	98.3	120.8	122	124	122	99.2	72	77	72.731
5500	0	0	1.7	6	22.1	21.1	15	11.4	16.6	20.8	20	17	10	15	48	58	28.313
6800	0	0.2	1.4	2	10.5	11.2	5	10.3	26.6	27.9	36	23	8.6	0	20	25	15.431
Promedio columna	0	3.878	3.711	10.8	19.233	44.333	76.867	107.478	151.533	147.578	153.333	156.644	156.2	133.611	129.878	118.778	102.973

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Absoluta obtenida entre la Tabla 48 y Tabla 49.**Tabla 51***Diferencia Relativa - Solicitud de Par Durante Despegue*

RPM \ %	0.403	2.002	6.006	13	19.995	27.002	33.997	41.003	47.998	55.005	62	68.994	76.001	83.997	94.995	100	Promedio fila
400	0	100	0	7.692	4.762	28	64.286	98.675	122.115	134.009	125.39	118	113.256	107.477	101.084	100	87.682
680	0	3.226	1.818	2.23	13.507	43.478	71.642	98.675	122.115	139.12	130.57	122.934	119.277	111.486	105.982	100	76.892
1000	0	20.952	32.275	21.678	37.898	66.458	80.392	86.989	118.372	135.243	138.343	133	129.93	117.429	109.9	104.348	94.916
1500	0	47.619	83.66	22.907	49.256	79.663	85.6	88.082	90	93.478	80.769	66.667	52	38.2	23.077	12	64.859
2000	0	72.222	66.667	36.779	54.627	80.377	87.793	89.298	78.13	71.754	58.163	46.061	33.357	18.868	7.5	0	58.408
3000	0	82.979	54.545	61.765	78.571	90.421	89.144	89.68	77.073	66.165	54.839	42.553	34.148	20.317	4.987	0	65.801
4250	0	5.882	46.667	72	120.126	65.877	45.455	51.316	48.72	44.615	38.608	34.364	30.208	20.747	12.347	19.11	53.836
5500	0	0	56.667	35.928	80.072	35.824	15	7.662	8.363	8.639	7.407	5.695	3.448	4.464	14.458	17.47	19.132
6800	0	20	63.636	17.241	43.933	21.333	5.556	11.444	13.641	12.354	14.173	8.648	3.258	0	6.78	7.937	13.73
Promedio columna	0	16.184	46.191	34.96	52.844	63.198	62.928	73.747	74.971	79.857	72.33	67.838	65.832	54.638	49.126	44.842	56.583

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Relativa obtenida entre la Tabla 48 y Tabla 49.

En el análisis de Varianza se encuentra un valor $F=59.2998408$ con 39 grados de libertad y un valor crítico de la misma de 2.86626555 y una prueba de Shapiro-Wilk que afirma la normalidad para todos los valores analizados.

La elaboración de la solicitud de par en despegue pone de manifiesto una actitud más agresiva en la cartografía del vehículo híbrido del promedio mostrado en la Tabla 49 las diferencias fueron de +82.6 Nm siendo marcadas entre 680–3000 RPM y 40–95 % de pedal con picos de +268 Nm a 1000 RPM/69 %, en bajo pedal ambas plataformas mantienen una rampa progresiva, en medias RPM surgen mensajitos de pequeños recortes locales de limitación térmica, en comparación el vehículo híbrido a priori presenta despegues más contundentes y mejor modulabilidad en condiciones de arranque manteniendo limitaciones en banda alta. Esta diferencia es consistente con las disponibilidades de asistencia eléctrica en combinación de con un perfil de conducción más activo en arranques.

4.4.11. Mínimo Avance (deg BTDC)

Tabla 52

Mínimo Avance - MCI

RPM \ % Air	5	16.818	28.636	40.455	52.273	64.091	75.909	87.727	99.545	111.364	123.182	135
500	-0.75	-9.75	-17.25	-20.25	-30	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5
933	-0.75	-9.75	-17.25	-20.25	-30	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5
1367	5.25	5.25	-6	-5.25	-15	-18	-24	-27	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5
1800	5.25	3.75	-5.25	-8.25	-12	-17.25	-17.25	-19.5	-24.75	-27	-27	-27
2233	7.5	4.5	-2.25	-8.25	-9.75	-15	-15.75	-16.5	-22.5	-19.5	-19.5	-19.5
2667	7.5	6.75	0	-3	-9	-12.75	-12	-12	-18	-18	-18	-18
3100	7.5	6.75	2.25	-3	-8.25	-12.75	-12	-12	-18	-18	-18	-18
3533	6.75	6.75	3	-2.25	-6.75	-8.25	-9.75	-11.25	-15.75	-12.75	-12.75	-12.75
3967	2.25	8.25	3	-3	-6	-6	-8.25	-10.5	-11.25	-10.5	-10.5	-10.5
4400	12	12	12	12	0.75	-3	-5.25	-6	-6	-6	-6	-6
4833	9	9	3.75	0.75	-3	-5.25	-6	-6	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5
5267	12	12	6	3.75	0.75	-0.75	-3.75	-3.75	-2.25	-1.5	-1.5	2.25
5700	12.75	12.75	8.25	3.75	1.5	0	0	-0.75	0	2.25	2.25	4.5
6133	14.25	14.25	9	7.5	3.75	3	3	3	3.75	2.25	3.75	4.5
6567	15.75	15.75	12.75	9.75	6.75	6	6	6	8.25	8.25	8.25	8.25
7000	15.75	15.75	15.75	13.5	9.75	7.5	7.5	7.5	9	10.5	14.25	14.25

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Mínimo Avance para MCI.

Tabla 53*Mínimo Avance - Híbrido*

RPM \ % Air	5	16.818	28.636	40.455	52.273	64.091	75.909	87.727	99.545	111.364	123.182	135
500	-0.75	-9.75	-17.25	-20.25	-30	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5
900	-0.75	-9.75	-17.25	-20.25	-30	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5
1400	5.25	1.5	-6	-8.25	-15	-18	-24	-27	-31.5	-31.5	-31.5	-31.5
1800	5.25	3.75	-5.25	-8.25	-12	-17.25	-17.25	-19.5	-24.75	-27	-27	-27
2200	7.5	4.5	-2.25	-8.25	-9.75	-15	-15.75	-16.5	-22.5	-19.5	-19.5	-19.5
2700	7.5	6.75	0	-3	-9	-12.75	-12	-12	-18	-18	-18	-18
3100	7.5	6.75	2.25	-3	-8.25	-12.75	-12	-12	-18	-18	-18	-18
3500	6.75	6.75	3	-2.25	-6.75	-8.25	-9.75	-11.25	-15.75	-12.75	-12.75	-12.75
4000	2.25	8.25	3	-3	-6	-6	-8.25	-10.5	-11.25	-10.5	-10.5	-10.5
4400	12	12	12	12	0.75	-3	-5.25	-6	-6	-6	-6	-6
4800	9	9	3.75	0.75	-3	-5.25	-6	-6	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5
5300	12	12	6	3.75	0.75	-0.75	-3.75	-3.75	-2.25	-1.5	-1.5	2.25
5750	12.75	12.75	8.25	3.75	1.5	0	0	-0.75	0	2.25	2.25	4.5
6100	14.25	14.25	9	7.5	3.75	3	3	3	3.75	2.25	3.75	4.5
6600	15.75	15.75	12.75	9.75	6.75	6	6	6	8.25	8.25	8.25	8.25
7000	15.75	15.75	15.75	13.5	9.75	7.5	7.5	7.5	9	10.5	14.25	14.25

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Mínimo Avance para el Vehículo Híbrido.

Tabla 54*Diferencia Absoluta - Mínimo Avance*

RPM\%Air	5	16.818	28.636	40.455	52.273	64.091	75.909	87.727	99.545	111.364	123.182	135	Promedio Fila
500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1400	0	3.75	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.562
1800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RPM\%Air	5	16.818	28.636	40.455	52.273	64.091	75.909	87.727	99.545	111.364	123.182	135	Promedio Fila
2700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4400	0	0	0	0	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0.062
4800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prom Col	0	0.234	0	0.375	0.047	0	0	0	0	0	0	0	0.055

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Absoluta obtenida entre la Tabla 52 y Tabla 53.

Tabla 55

Diferencia Relativa - Mínimo Avance

RPM\%Air	5	16.818	28.636	40.455	52.273	64.091	75.909	87.727	99.545	111.364	123.182	135	Promedio Fila
500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1400	0	71.429	0	57.143	0	0	0	0	0	0	0	0	10.714
1800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4400	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	8.333
4800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

RPM\%Air	5	16.818	28.636	40.455	52.273	64.091	75.909	87.727	99.545	111.364	123.182	135	Promedio Fila
6100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prom Col	0	4.464	0	3.571	6.667	0	0	0	0	0	0	0	1.207

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Relativa obtenida entre la Tabla 52 y Tabla 53.

La comparación del mínimo avance de chispa entre Tabla 52 y Tabla 53 refleja equivalencia casi total se mantiene sin cambios en regímenes de escasas RPM y a elevada carga que son coincidentes con fallos en de 1-2 puntos de %Air. En regímenes medios comparación en ajustes pequeños $\pm 1^\circ$ que adelantan ligeramente el mínimo del vehículo híbrido en bajas y medias cargas en tanto que en medias y altas cargas ocurren retrasos locales de -1° .

Conjuntamente, las cartografías propuestas en Tabla 52 y Tabla 53 comparten la misma envolvente de seguridad para la ignición con variaciones que son casi despreciables y que en ningún caso alteran el comportamiento global del sistema.

4.4.12. Mapa base del avance de la chispa (deg BTDC)

Tabla 56

Análisis de Normalidad - Mapa Base del Avance de la Chispa

Serie	n	Media	Desv. Est.	α	p-valor (Shapiro-Wilk)	Decisión ($p > \alpha$ = Normal)
MCI	10	32.175	.351005631	0.05	0.815836543	Normal
Híbrido	10	28.125	.990616194	0.05	0.862260335	Normal
Dif. Absoluta	10	4.05	.183215957	0.05	0.819384505	Normal
Dif. Relativa	10	0.152827877	.061917696	0.05	0.917609951	Normal

Nota: Esta tabla muestra los análisis de normatividad de MCI, Híbrido, Dif. Absoluta y Dif. Relativa para Mapa Base del Avance a la Chispa.

Tabla 57

Análisis de Varianza - Mapa Base del Avance de la Chispa

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1301265.14	3	433755.048	119.365742	9.1601E-19	2.86626555
Dentro de los grupos	130817.95	36	3633.83196			
Total	1432083.09	39				

Nota: La tabla indica la varianza que se analiza entre las tablas de Mapa Base del Avance a la Chispa.

Tabla 58*Mapa Base del Avance de la Chispa - MCI*

RPM \ % Air	10.008	20.015	50.015	65.015	80.015	95.015	110.015	125.015	149.999	175.006	190.006
600	24.75	24.75	7.5	0.75	-3	-4.5	-7.5	-9.75	-11.25	-13.5	-14.25
800	26.25	24	9.75	3	-2.25	-2.25	-6	-7.5	-9	-12	-13.5
1000	27.75	26.25	11.25	6	1.5	0	-3.75	-6	-6.75	-9.75	-12
1500	31.5	31.5	15	13.5	8.25	6.75	1.5	-2.25	-3.75	-6.75	-9
1750	33.75	34.5	18	18	9.75	9	2.25	0	-3.75	-5.25	-9
2000	35.25	39	21	18.75	12.75	9	6	3	-1.5	-4.5	-6
2250	36	42	23.25	21	17.25	12	8.25	4.5	0.75	-2.25	-5.25
2500	36	47.25	22.5	20.25	20.25	13.5	9.75	6	1.5	-0.75	-3
3000	35.25	42	29.25	26.25	24	21.75	15.75	9.75	7.5	3.75	1.5
3500	35.25	40.5	28.5	26.25	26.25	22.5	18	13.5	8.25	4.5	3
4000	35.25	42	27.75	25.5	24.75	24	19.5	15	9.75	6	5.25
4500	34.5	40.5	27	27.75	27.75	24.75	21	15.75	9.75	6	3.75
5000	34.5	42	30	28.5	25.5	23.25	20.25	16.5	11.25	9	8.25
5500	34.5	42	29.25	27.75	25.5	22.5	20.25	17.25	10.5	11.25	9
6000	36	44.25	30.75	27.75	25.5	24	20.25	18.75	14.25	12.75	10.5
6500	37.5	45.75	29.25	27	27	25.5	24	20.25	18.75	15	12

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Mapa Base del Avance a la Chispa para MCI.

Tabla 59*Mapa Base del Avance de la Chispa - Híbrido*

RPM \ % Air	10.008	20.015	35.015	50.015	65.015	80.015	95.015	110.015	125.015	149.999	175.006	190.006
600	20.25	25.5	15.75	12	3	-0.75	-4.5	-7.5	-9.75	-9.75	-13.5	-14.25
800	21.75	26.25	18	14.25	7.5	2.25	-3	-6	-8.25	-9	-12	-13.5
1000	23.25	27.75	20.25	16.5	11.25	5.25	-0.75	-4.5	-6.75	-7.5	-10.5	-12.75
1500	25.5	30	25.5	22.5	20.25	12.75	6.75	0	-2.25	-4.5	-6.75	-9.75

RPM \ % Air	10.008	20.015	35.015	50.015	65.015	80.015	95.015	110.015	125.015	149.999	175.006	190.006
1750	29.25	30.75	27.75	24	22.5	16.5	9.75	2.25	0	-2.25	-4.5	-8.25
2000	30.75	1.5	29.25	26.25	21	17.25	9.75	4.5	2.25	0	-1.5	-6
2250	31.5	2.25	30.75	28.5	25.5	22.5	14.25	7.5	4.5	1.5	-1.5	-5.25
2500	33	33	33	30	27	24	17.25	10.5	7.5	3	0	-3.75
3000	33	33	36	34.5	30.75	27.75	24	17.25	13.5	6	3.75	0
3500	33	33	37.5	36	32.25	30	27.75	19.5	15	9	6	3
4000	33	33	38.25	36	32.25	30	27.75	21	16.5	11.25	7.5	5.25
4500	33	33.75	37.5	35.25	32.25	29.25	27.75	22.5	19.5	13.5	9.75	8.25
5000	33.75	33.75	37.5	35.25	30.75	28.5	27.75	22.5	19.5	13.5	9.75	8.25
5500	33.75	33.75	36	32.25	30.75	28.5	25.5	19.5	19	14.25	11.25	9.75
6000	34.5	34.5	35.25	31.5	30.75	28.5	25.5	22.5	20.25	15.75	12.75	10
6500	35.5	35.25	35.25	31.5	30.75	28.5	26.25	24	21.75	18.75	15	12

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Mapa Base del Avance a la Chispa para el Vehículo Híbrido.

Tabla 60

Diferencia Absoluta - Mapa Base del Avance de la Chispa

RPM \ %Air	10.008	20.015	35.015	50.015	65.015	80.015	95.015	110.015	125.015	149.999	175.006	190.006	Promedio Fila
600	4.5	0.75	2.25	4.5	2.25	2.25	0	0	0	1.5	0	0	1.75
800	4.5	2.25	3	4.5	4.5	4.5	0.75	0	0.75	0	0	0	2.083
1000	4.5	1.5	1.5	5.25	5.25	3.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	2.125
1500	6	1.5	0.75	7.5	7.5	4.5	0	1.5	0	0.75	0	0.75	2.875
1750	4.5	3.75	1.5	6	4.5	6.75	0.75	0	0	1.5	0.75	0.75	2.813
2000	4.5	7.5	2.25	5.25	3.75	4.5	0.75	1.5	0.75	1.5	3	0	2.75
2250	4.5	9.75	0.75	5.25	4.5	5.25	2.25	0.75	0	0.75	0.75	0	2.75
2500	3	14.25	2.25	7.5	6.75	3.75	3.75	0.75	1.5	1.5	0.75	0.75	3.875
3000	2.25	9	1.5	5.25	4.5	3.75	2.25	1.5	3.75	1.5	0	1.5	3.313
3500	2.25	7.5	1.5	7.5	6	3.75	4.5	1.5	1.5	0.75	1.5	0	3.313
4000	2.25	9	0	8.25	5.25	5.25	3.75	1.5	1.5	1.5	1.5	0	3.313
4500	1.5	6.75	3.75	8.25	4.5	1.5	1.5	1.5	0.75	3.75	3.75	4.5	3.5
5000	0.75	8.25	6.75	5.25	2.25	2.25	4.5	2.25	3	2.25	0.75	0	3.438

RPM \ %Air	10.008	20.015	35.015	50.015	65.015	80.015	95.015	110.015	125.015	149.999	175.006	190.006	Promedio Fila
5500	0.75	8.25	6	2.25	2.25	2.25	3	0.75	1.25	3.75	0	0.75	2.75
6000	1.5	9.75	2.25	0.75	2.25	2.25	1.5	2.25	1.5	1.5	0	0.5	2.5
6500	2.25	10.5	1.5	2.25	3.75	1.5	0.75	0	1.5	0	0	0	2
Promedio Col	3.25	7.167	2.167	5	4.167	3.583	1.875	0.917	1.083	1.458	1.083	0.667	2.93

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Absoluta obtenida entre la Tabla 58 y Tabla 59.

Tabla 61

Diferencia Relativa - Mapa Base del Avance de la Chispa

RPM \ %Air	10.008	20.015	35.015	50.015	65.015	80.015	95.015	110.015	125.015	149.999	175.006	190.006	Promedio Fila
600	18.182	3.03	16.667	60	300	75	0	0	0	13.333	0	0	40.185
800	17.143	9.375	20	46.154	150	200	33.333	0	10	0	0	0	40.001
1000	16.216	5.714	8	46.667	87.5	250	0	20	12.5	11.111	7.692	6.25	43.563
1500	19.048	4.762	3.03	50	55.556	54.545	0	100	0	20	0	8.333	26.189
1750	13.333	10.87	5.714	33.333	25	69.231	8.333	0	0	40	14.286	8.333	19.202
2000	12.766	19.231	8.333	25	20	35.294	8.333	25	25	100	66.667	0	28.386
2250	12.5	23.214	2.5	22.581	21.429	30.435	18.75	9.091	0	100	33.333	0	22.819
2500	8.333	30.159	6.383	33.333	33.333	18.519	27.778	7.692	25	100	100	25	34.602
3000	6.383	21.429	4	17.949	17.143	15.625	10.345	9.524	38.462	20	0	100	21.572
3500	6.383	18.519	4.167	26.316	22.857	14.286	20	8.333	11.111	9.091	33.333	0	14.491
4000	6.383	21.429	0	29.73	20.588	21.212	15.625	7.692	10	15.385	25	0	14.839
4500	4.348	16.667	11.111	30.556	16.216	5.405	6.061	7.143	4.762	38.462	62.5	120	26.856
5000	2.174	19.643	21.951	17.5	7.895	8.824	19.355	11.111	18.182	20	8.333	0	12.572
5500	2.174	19.643	20	7.692	8.108	8.824	13.333	3.704	7.246	35.714	0	8.333	11.556
6000	4.167	22.034	6.818	2.439	8.108	8.824	6.25	11.111	8	10.526	0	4.762	7.671
6500	6	22.951	4.444	7.692	13.889	5.556	2.941	0	7.407	0	0	0	5.657
Promedio Col	10.255	16.833	8.6	29.436	56.662	49.311	15.324	16.116	15.773	39.051	26.804	23.393	23.52

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Relativa obtenida entre la Tabla 58 y Tabla 59.

Al contrastar las Tablas 58 y 59 encontramos un valor $F=119.365742$ y una normalidad en todas pares de valores evaluados que corresponden al mapa inicial de avance, se pone de manifiesto que la calibración del vehículo híbrido es, en promedio, 1° más avanzada que la del vehículo MCI, siendo esta diferencia más acentuada en cargas y regímenes medios donde se observan aumentos entre $+3$ y $+8^\circ$ como se observa en la propia Tabla 60. En baja carga y bajas RPM, aparecen bolsas puntuales de retraso en el híbrido de hasta -14.25° a 2500 RPM / 20 %Air, así como lo implican los criterios de suavidad, emisiones NOx y térmicos de transitorios.

A alta carga, las diferencias se diluyen, por la equivalencia de las superficies. En resumen, el vehículo híbrido prioriza mayor eficiencia y par en condiciones de uso real, manteniendo protecciones locales en baja carga y alineándose con respecto al vehículo MCI a plena carga.

4.4.13. Presión De Rail (MPa)

Tabla 62

Presión de Rail - MCI

RPM \ %	0	14.29	28.57	42.86	57.14	71.43	85.71	100
800	4	4	4	9	9	9	9	9
1600	4	4	4	8	10	10	10	10
2400	4	4	4	8	10	12	12	15
3200	4	4	4	8	11	12	12	15
4100	4	4	4	8	12	12	14	15
4900	4	4	4	8	12	12	14	15
5700	4	4.5	5	8	12	12	14	15
6500	4	5.5	7	9	13	14	15	15

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Presión de Rail para MCI.

Tabla 63*Presión de Rail - Híbrido*

RPM \ %	0	14.29	28.57	42.86	57.14	71.43	85.71	100
800	4	4	4	9	9	9	9	9
1600	4	4	4	8	10	10	10	10
2400	4	4	4	8	10	12	12	15
3200	4	4	4	8	11	12	12	15
4100	4	4	4	8	12	12	14	15
4900	4	4	4	8	12	12	14	15
5700	4	4.5	5	8	12	12	14	15
6500	4	5.5	7	9	13	14	15	15

Nota: La presenta tabla muestra la cartografía de actuación de Presión de Rail para el Vehículo Híbrido.

Tabla 64*Diferencia Absoluta - Presión de Rail*

RPM \ %	0	14.29	28.57	42.86	57.14	71.43	85.71	100	Promedio fila
800	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4900	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5700	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio col	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Absoluta obtenida entre la Tabla 62 y Tabla 63.

Tabla 65*Diferencia Relativa - Presión de Rail*

RPM \ %	0	14.29	28.57	42.86	57.14	71.43	85.71	100	Promedio fila
800	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4900	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5700	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio col	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: La Tabla muestra la Diferencia Relativa obtenida entre la Tabla 62 y Tabla 63.

La cartografía de presión del riel en MED17.1 y MED17.1.1 dio lugar a una coincidencia perfecta de los valores en todos los puntos de la malla RPM–carga tal y como se ilustra en la Tabla 62 y Tabla 63, con un rango de operación de 4 a 15 MPa. Ambos modos operativos incorporan un modo de baja presión de 4 MPa hasta 30 % de demanda para disminuir pérdidas y efectúan un salto principal a 8–9 MPa al 40–45 %, manteniendo una subida gradual hasta 12–15 MPa en altas cargas alcanzando 15 MPa a WOT entre 2400–3200 RPM y manteniéndolo en todo el rango elevado. La ausencia de diferencias sugiere que el control de la inyección directa se conserva entre ambas ECUs, quedando las variaciones de entrega de par y eficiencia observadas en otros y en la asistencia eléctrica propia del vehículo híbrido.

4.5. Resultado Final Comparativo

En el análisis comparativo de cartografías como válvula de acelerador, carga de motor deseada, limitador de turbo, limitador de par óptimo y avance a la chispa se constató que el sistema híbrido mantiene perfiles muy similares a los del MCI. Las diferencias detectadas son insuficientes para modificar la respuesta general del conjunto motriz y para las mismas condiciones de funcionamiento; por lo tanto, estas tablas indican una estrategia de control que favorece mantener la misma modulación del par y estabilidad de funcionamiento que intentar cambiar las variables aludidas.

En cambio, las cartografías de presión del turbo, de limitador del par en modo sport y de solicitud del par al despegue muestran valores en el híbrido persistentemente más elevados que los de la MCI. Este incremento apunta a una mayor disponibilidad de sobrealimentación y de par en fases de alta demanda, lo que se traduce en una capacidad de respuesta más contundente y,

por extensión, en un potencial de potencia superior del híbrido respecto al motor de combustión interna.

En el contraste de cartografías se evidencian tres hallazgos cuantitativos clave a favor del híbrido, a partir de 6500 RPM el boost de turbo alcanza 1320 hPa presentes en la Tabla 18, con 20 hPa adicionales respecto al MCI, el limitador de par en modo sport fija un umbral de 544.8 Nm evidenciado en la Tabla 39 en comparativa a los 424.8 Nm del MCI visualizados en la Tabla 38 y la solicitud de par durante el despegue es 130 Nm mayor en 2000 RPM a 100% del pedal de aceleración presente en la Tabla 48 y Tabla 49.

Todo esto considerado, estas diferencias contribuyen a una sobrealimentación efectiva y una oferta de par en los regímenes y transitorios más significativos, lo que se traduce en que el vehículo híbrido es capaz de ofrecer mayor capacidad de entrega de potencia en comparación a lo que el MCI pudiera entregar en unas condiciones idénticas.

Adicionalmente, los resultados evidencian que el MCI presenta mayores constricciones por limitadores que por la gestión de sus sensores y actuadores. En este sentido, el margen de potencia que se presenta a favor del híbrido se podría explicar de forma primaria por la existencia de estrategias de calibración más tolerantes y de rendimiento.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA, ANEXOS.

5.1. Conclusiones

El conjunto de evidencias indica que el vehículo híbrido posee un margen superior de entrega de potencia frente al vehículo MCI, sustentado en tres puntos de calibración específicos, el boost más alto a partir de 3 500 RPM, limitador de par en modo sport de 544.8 Nm, y solicitud de par en despegue con 140 Nm más, con un valor final de 540Nm. Mientras las cartografías de válvula de acelerador, carga deseada, limitador de par óptimo y avance a la chispa se mantienen prácticamente equivalentes entre software, el vehículo MCI aparece deliberadamente acotado por limitadores.

Las cartografías comparadas muestran que el avance a la chispa es, prácticamente, idéntico ya que apenas varía $\pm 1^\circ$ BTDC, lo que indica que la fase de combustión se mantiene equivalente. En lo que respecta al margen de inyección, ambas mantendrán como referencia un parámetro lambda estequiométrico 1 o AFR de 14.7, y en el caso de las zonas en inyección a media carga, y a carga total, se podrá constatar el mismo enriquecimiento. En conjunto, todo parece indicar el encendido y la inyección están sincronizados equivalentes en ambos sistemas, por lo que cualquier diferencia de desempeño no sería atribuible a la estrategia de combustión base, sino de otros mapas y limitadores.

Se concluye que la búsqueda e identificación de cartografías administrativas de manera exclusiva en el propio nivel de bits o hexadecimal es sencillamente inviable, ya que la lectura cruda meramente muestra valores hexadecimales sin que se puedan establecer escalas, offsets, endianness o datos de ejes, lo que impide reconstruir mapas 2D con validez física.

A partir de los datos, se llega a la visualización a partir de la decodificación de los bits, la verificación de endianness, la conversión de los datos a la escala y al offset apropiados, la reconstrucción de cartografías bidimensionales en ejes y la alineación de mallas de mediciones de datos por medio de la interpolación lineal, se garantiza la integridad y la trazabilidad de los datos mediante el uso de mecanismos de verificación por checksum, que permiten confirmar la consistencia de la información durante los procesos de extracción, transferencia y almacenamiento, así como mediante la validación estadística de la inferencia, sustentada en la aplicación de pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas. Estas pruebas permiten comprobar el cumplimiento de los supuestos estadísticos necesarios para el análisis de los datos, asegurando que los resultados obtenidos sean fiables, reproducibles y metodológicamente consistentes, y que las conclusiones derivadas reflejen de manera adecuada el comportamiento real del sistema bajo estudio.; posteriormente, se hace uso de ANOVA con Tukey HSD e incorporando tamaño de efecto e intervalos de confianza. La comparación entre calibraciones se sintetiza en mapas y perfiles RPM con carga, garantizando reproducibilidad, consistencia conceptual y validez inferencial en la discusión de resultados.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda un estudio prospectivo centrado en la máquina eléctrica del híbrido tras la modificación de la cartografía del motor térmico, manteniendo stock el control del inversor, el diseño fija condiciones de ensayo como SOC inicial de la batería de alto voltaje, temperatura ambiente y de fluidos, masa y presión de neumáticos, ciclo de conducción y pista o banco y emplea instrumentación HV como registro CAN/UDS de par solicitado/real de la e-machine,

tensión y corriente de bus, potencia/energía HV, SOC/SOH, temperaturas de inversor y batería, y velocidad de rotor; en chasis-dyno y ruta, se replican ciclos normalizados y maniobras.

Se recomienda tener conocimientos previos en software y hardware antes de realizar lecturas e interpretación de archivos de ECU, decodificación hexadecimal, manejo de suites de calibración y de herramientas, protocolos de I/O; competencias en conexión eléctrica segura y recuperación, así como validación operativa, sin estas competencias, la intervención no debe realizarse por riesgo de corrupción de firmware del módulo y pérdida de trazabilidad.

Se sugiere utilizar hardware original del fabricante y software con licencias vigentes, con acceso a updates y drivers de checksum oficiales, para asegurar integridad de lectura y escritura, compatibilidad total con protocolos OBD/Bench/Boot, trazabilidad, soporte técnico y cumplimiento legal; el uso de clones o licencias caducadas eleva el riesgo de corrupción de firmware del módulo, lecturas inconsistentes y pérdida de validez o garantía.

BIBLIOGRAFÍA

- Alientech. (2024, 26 de junio). Diagnósticos y Reseteo de Códigos de Error con KESS3. Recuperado de <https://www.alientech-tools.com/es/news/upgrade-2-05/>
- Alientech. (s.f.). ECM Titanium. Recuperado el 9 de septiembre de 2025, de <https://www.alientech-tools.com/es/ecm-titanium/>
- Amaya, S., Villarreal, A., & Corral, A. (2018). Modificación de los mapas tridimensionales de inyección de combustible, avance al encendido para ajustar la potencia y torque en un motor de combustión interna. *Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro*, 7(9), 81-85. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/EnergiaMecanica/article/download/3925/3007>
- Auto Ingeniería. (s.f.). EFI Tuning explicado. <https://www.autoingenieria.com/efi-tuning-explicado.html>
- Autoavance. (2019, octubre 1). Chip Tuning o Reprogramación de Ecu - En qué Consiste. <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/chip-tuning-o-reprogramacion-de-ecu/>
- Autoescuela Dummy. (2024, septiembre 11). Chiptuning y reprogramación de centralitas de coche. <https://www.autoescueladummy.com/post/chiptuning-y-reprogramacion-de-centralitas-de-coche-que-es-y-como-funciona>
- Barajas, A. (2016). *Limitadores de par: teoría y aplicaciones en sistemas de transmisión de potencia* (pp. 45–48). Editorial Técnica Industrial.
- Binary Electronic. (2024, julio 22). Las nuevas normas para la reprogramación de la centralita. <https://binaryelectronic.com/normas-reprogramacion-centralita>

Bosch. (2025). La historia completa de las centralitas electrónicas del motor (ECU). Soluciones Guemacar. <https://solucionesguemacar.es/la-historia-completa-de-las-centralitas-electronicas-del-motor-ecu/>

Chiptuning Tools. (2023). ECM Titanium Alientech. Recuperado de <https://chiptuningtools.es/ar/blogs/mundo-chiptuning/ecm-titanium-alientech>

Datatronik Automotive. (2025, 30 de enero). Kess3 + Activación Protocolos. Recuperado de <https://datatronik-automotive.com/alientech/kess3-activacion-protocolos/>

Diariomotor. (2005, 28 de febrero). Turbocompresor: ¿Cómo funciona y qué componentes tiene? Diariomotor. <https://www.diariomotor.com/que-es/turbo-funcionamiento-componentes-wastegate/>

EcuRed. (s.f.). Circuitos recortadores de onda. Recuperado de https://www.ecured.cu/Circuitos_recortadores_de_ondas

Especiales Autocosmos. (2011, mayo 22). Todo lo que querías saber del CHIPTUNING. <https://especiales.autocosmos.com.mx/hangar-1/noticias/2011/05/23/todo-lo-que-querias-saber-del-chiptuning>

Estévez Moreno, E. (2018). Modificación de los mapas tridimensionales de inyección y encendido en ECU programables para optimización del motor [PDF]. Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro, 7(1), 73-87. Recuperado de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/EnergiaMecanica/article/download/3925/3007>

Estévez Moreno, E. (2021). Estudio de reprogramación para un aumento de potencia en Golf V 1.4 TSI de 122 CV (Memoria de grado). Universitat Politècnica de Catalunya.

Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/server/api/core/bitstreams/58179bfb-92db-402b-901e-93ff41f58645/content>

Flexicar. (2025, julio 23). Ventajas e inconvenientes de reprogramar un coche. <https://www.flexicar.es/reprogramar-coche/noticias-coches/>

Gamache, C., Zhu, G., & He, T. (2025). LPV eBoost assisted pressure and EGR rate control of a diesel engine air charge system. *International Journal of Engine Research*, 26, 1319 - 1333. <https://doi.org/10.1177/14680874251316034>.

Gismero Galiatsatos, A. (2017). Diseño y optimización de la cartografía motor en un vehículo Fórmula SAE (Trabajo de fin de grado). Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/45307/1/TFG_ALEJANDRO_GISMERO_GALIATSATOS.pdf

GuemaCAR. (2024, noviembre 14). Fascículo 6: Reprogramación de la ECU del Motor. <https://solucionesguemacar.es/curso-gratis-electronica-automovil-fasciculo-6-reprogramacion-de-la-ecu-del-motor/>

Hengko. (2022, 31 de diciembre). ¿Qué es el limitador de flujo? Una explicación reveladora. <https://www.hengko.com/es/news/what-is-flow-restrictor/>

Master-Ecu. (2024, 30 de noviembre). KESS3 de Alientech. Recuperado de <https://blog.master-ecu.es/kess3-de-alientech/>

NTDD. (2025, agosto 11). ¿Cómo se hace una Reprogramación ECU? <https://ntdd.net/como-se-hace-una-reprogramacion-ecu/>

Pauta Tamayo, CD, & Cárdenas Jiménez, IA (2023). Estudio de factibilidad económica para la implementación del servicio de modificación de la cartografía del motor en vehículos livianos, para la empresa “Comercial Jiménez” (Trabajo de titulación).

Universidad Politécnica Salesiana.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24199/1/UPS-CT010312.pdf>

PCBasic. (2025, 26 de agosto). Circuitos limitadores de corriente: la guía definitiva.

Recuperado de https://www.pcbasic.com/es/blog/current_limiting_circuits.html

Ronquillo-Castro, J., Chancay-Vera, E., & Estrella-Guayasamín, M. (2021). Desarrollo de una Metodología para la Generación de Mapas Cartográficos de Inyección y Encendido

Utilizando una ECU Programable en Motores de Encendido Provocado con Cuerpo de

Aceleración Electrónico [PDF]. Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado

de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/29077/1/UPS-GT005769.pdf>

Taller GP. (2024, diciembre 16). ¿Es legal reprogramar la centralita de un

vehículo? <https://tallergp.com/reprogramar-centralita-vehiculo-legal/>

Talleres Viso. (2024). Impacto de la reprogramación de centralitas en la eficiencia del

combustible. Recuperado de <https://www.talleresviso.com/blog/impacto-reprogramacion-centralitas-eficiencia-combustible/>

Talleres Viso. (2024). Mitigación de emisiones contaminantes gracias a la reprogramación.

Recuperado de <https://www.talleresviso.com/blog/mitigacion-emisiones-contaminantes-reprogramacion-de-centralitas/>

Universidad Técnica del Norte (UTN). (2023). Módulo Didáctico del Turbocompresor de Geometría Variable

[PDF]. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3311/1/05%20FECYT%201688%20TESIS.pdf>

UPCommons. (s.f.). Capítulo 2: Fundamentos del control de la mezcla. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93248/2Fundamentos_control_mezcla.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Vector Informatik GmbH. (2023). *CANape: Measurement, calibration and diagnostics for ECU development*. <https://www.vector.com/int/en/products/products-a-z/software/canape/>

Verified Market Reports. (2025). Las 7 principales tendencias en unidades de control electrónico automotriz. <https://www.verifiedmarketreports.com/es/blog/top-7-trends-in-automotive-electronic-control-units/>

WorldECU. (2025). La evolución de la tecnología de ECU automotrices. <https://www.worldecu.com/es/centralita-abs>

ANEXOS

Anexo A

AlientechSuite Software License Agreement

1. Preamble

IMPORTANT! Your installation and use of the AlientechSuite software (hereinafter “Software”) entail your acknowledgment of and agreement to these terms of License Agreement. Be certain to read carefully and accept the applicable terms of this License Agreement before You install and use the Software.

2. Object

This document ("LICENSE") sets off the contents of the license granted to You by Alientech S.r.l. on the Software, provided that You have legitimately acquired it.

3. No disassembly

The Software is licensed as a single whole product, even if it were technically separable into its individual components. Under no circumstances, its individual components can be partitioned for separate use unless it is expressly authorized in this License or by the provisions of applicable laws.

4. Copyright

All rights to the Software and / or the contents of the Alientech Dashboard and all its related platforms to which we grant You access (including, but not limited to, all images, logos, trademarks, photographs, animation, video, audio, music, text, and applet), as well as the Software graphical layout, are owned by Alientech srl and are protected by the Italian and international laws on the subject.

All documentation provided in an analogical or digital form with the Software (including, but not limited to, user's guides and operating manuals) is subject to Copyright and may not be copied, photographed, reproduced, translated, or reduced to any electronic media or machine-readable form, in whole or in part, without Alientech srl prior express written permission.

All rights of commercial exploitation and use related to the Software, the Alientech Dashboard and to what accompanies or completes them, which are not expressly granted to You under this License, are exclusive property of Alientech S.r.l.

Your use of the Software will not give You any rights or claims of any kind on the Software.

You shall provide your full cooperation, where there was need, in order to ascertain Alientech srl ownership rights, meeting all obligations and fulfilling all formalities that may be appropriate for a better protection of Alientech srl rights.

5. Software License

Alientech srl grants You a non-exclusive license on the Software, that You may transfer only within the limits set below.

You shall use the Software in accordance with the purpose for which it has been developed and marketed, and in respect of the recommendations of use and technical specifications provided by Alientech srl, and to the extent set forth in this License.

You are not authorized to lend, rent, lease, or sell the Software.

You may transfer the Software to a third party only in conjunction with this License Agreement and it will entail your loss of the right to use the software.

Consequently, each copy of the software in your possession must be immediately removed from any support that is in your availability.

Your transfer to third parties of the software and tools associated with it does not transfer to the new licensee any right to use the related services for the legitimate use of the software, such as access to the reserved area of the Alientech Dashboard and the Technical Support Service provided by Alientech srl. If the new licensee wishes to benefit from these services, they will have to directly contact Alientech srl and bear the related costs for the services offered.

Outside of the above provisions, You are also forbidden to copy, publish, distribute, disclose, transmit or make available for any reason whatsoever, or allow the use of the Software or its copy to third parties, as well as to modify, disassemble, decompile, decode, reverse engineer, alter the Software, in whole or in part, try to derive the source code from the Software or create derivative works of or from the Software, add parts to it or embed it into other software, except to the extent expressly permitted by the rules in force.

6. Limitation of warranty

Except for any warranty, condition, representation, or imperative term that cannot be excluded or limited by the applicable law in your jurisdiction, Alientech srl provides the Software/Firmware in its current condition and potential defects ("AS IS") for the exclusive use provided in and with the Product. Alientech srl hereby expressly disclaims any other warranty, condition, representation, or term—either express or implied—as provided by law, common law, custom, usage or otherwise, including (but not limited to) warranty of integration, merchantability, quiet enjoyment, satisfactory quality or fitness for a particular purpose, accuracy or compatibility.

Alientech srl does not warrant and make no representation:

- 1) That the functions included in the Software will meet your requirements.
- 2) That the operation of the Software will be correct.
- 3) That the Software will perform uninterrupted or error-free or that the defects in the Software will be corrected.
- 4) That the Software will not damage any other software or hardware You use.
- 5) Regarding the use or the results of the use of the Software in terms of its correctness, accuracy, reliability, or otherwise.

7. Limitation of Liability

To the extent not prohibited by law, in no event shall Alientech srl be liable for personal injury, or any incidental, special, indirect or consequential damages whatsoever, including, but not limited to, damages for loss of profits, loss of data, business interruption or any other commercial damages or losses, arising out of or related to your use or bad use of the Alientech Software, however caused, regardless of their cause and the theory of liability (breach of contract, illicit act or otherwise). In no event shall Alientech srl's total liability to You for the whole of the damage (other than as may be required by applicable law in cases involving personal injury) may exceed the cost of the purchased good.

8. No reproduction

The Software may contain a copy protection technology to prevent unauthorized copying of the Software.

It is illegal to make unauthorized copies of the Software or circumvent copy protection technology contained in the Software or copy, in whole or in part, the contents of the Alientech Dashboard and/or its related platforms without the consent of the rightful owner. It is therefore expressly forbidden to modify or tamper with the functions for the management of digital rights of the Software and Alientech Dashboard and to evade, modify, neutralize or circumvent the protection functions of the Software and the mechanisms linked in the operational level of the Software.

You declare to be aware of this fact and cannot plead You acted in good faith, in case of violation of this License.

For security reasons and to guarantee Alientech srl's commercial reputation, Alientech srl reserves the right to temporarily suspend the use of the software in the event of abuse of its use; in this case You will not be entitled to claim compensation or indemnification.

The Software contains some additional components aimed at verifying and guaranteeing the highest quality and perfect functionality of Alientech hardware, protecting the user in case of non-compliance with the operating parameters or in the presence of products that are detected as not original and therefore not subjected to prior verification by Alientech srl.

By installing the Software, You accept to install these additional features. You give your consent to this feature of the Software which, where it detects anomalies in the functioning of the connected hardware or its non-genuineness, can inhibit the operation of this hardware in order to avoid possible damage to your equipment or that the use of the non-original product could endanger your physical integrity by incorrect or unreliable interactions with the vehicle's electronics.

If You need a backup copy of the Software, You can send a request to Alientech srl, specifying the reason of your request. Any backup copy will restore the software to its initial condition.

VIOLATION OF THESE LICENSE TERMS AND CONDITIONS, AS SET FORTH IN PARAGRAPH 3, 4, 5, AND 8, CAUSES AN IMMEDIATE REVOCATION OF ALL YOUR RIGHTS TO USE THE SOFTWARE.

9. Ineffectiveness

If one or more provisions, or portion thereof, of the present License agreement are found to conflict with the existing laws, are considered null, void, and/or ineffective, the remainder of this License shall continue in full force and effect among the parties for the non-invalidated provisions.

10. Governing Law and Jurisdiction

These License shall be governed by Italian law.

All matters not expressly provided under this License agreement shall be governed by Italian law.

Any dispute arising out of the interpretation, execution and validity of these terms and conditions shall be subject – unless otherwise provided by mandatory law – to the venue of the court of your place of residence, if you are a "consumer" under the current legislation, otherwise the exclusive court of Vercelli, Italy.

“ECM Titanium” Software License Agreement

1. Preamble

IMPORTANT! Your installation and use of the ECM Titanium software (hereinafter “Software”) entail your acknowledgment and agreement of these terms of License Agreement. Be certain to read carefully and accept the applicable terms of this License Agreement before You install and use the Software.

2. Object

This document ("LICENSE") sets off the contents of the license granted to You by Alientech S.r.l. on the Software, provided that You have legitimately acquired it.

3. No disassembly

The Software is licensed as a single whole product, even if it were technically separable into its individual components. Under no circumstances, its individual components can be partitioned for separate use unless it is expressly authorized in this License or by the provisions of applicable laws.

4. Copyright

All rights to the Software, the encoded files for indexing and interpreting maps created by Alientech srl (hereinafter “the Drivers”) provided to be used with the Software and / or the contents of the Alientech Dashboard and all its related platforms to which we grant You access (including, without limitation, all images, photographs, animation, video, audio, music, text, and applet), as well as the Software graphical layout, are owned by Alientech srl and are protected by the Italian and international laws on the subject.

All documentation provided in an analogical or digital form with the Software (including, but not limited to, user’s guides, instruction and operating manuals) is subject to Copyright and may not be copied, photographed, reproduced, translated or reduced to any electronic media or machine-readable form, in whole or in part, without Alientech srl prior express written permission.

All rights of commercial exploitation and use related to the Software, the Drivers, the Alientech Dashboard and to what accompanies or completes them, which are not expressly granted to You under this License, are exclusive property of Alientech S.r.l.

Your use of the Software will not give You any rights or claims of any kind on the Software.

You shall provide your full cooperation, where there was need, in order to ascertain Alientech srl ownership rights, meeting all obligations and fulfilling all formalities that may be appropriate for a better protection of Alientech srl rights.

5. Software License

Alientech srl grants You a non-exclusive license on the Software, that You may transfer only within the limits set below.

You shall use the Software in accordance with the purpose for which it has been developed and marketed, and in respect of the recommendations of use and technical specifications provided by Alientech srl, and to the extent set forth in this License.

You are not authorized to lend, rent, lease or sell the Software.

You may transfer the Software to a third party only in conjunction with this License Agreement and it will entail your loss of the right to use the software.

Consequently, each copy of the software in your possession must be immediately removed from any support that is in your availability.

Your transfer to third parties of the software and tools associated with it does not transfer to the new licensee any right to use the related services for the legitimate use of the software, such as access to the reserved area of the Alientech Dashboard and the Technical Support Service provided by Alientech srl. If the new licensee wishes to benefit from these services, he will have to directly contact Alientech srl and bear the related costs for the services offered.

Outside of the above provisions, You are also forbidden to copy, publish, distribute, disclose, transmit or make available for any reason whatsoever, or allow the use of the Software or its copy to third parties, as well as to disassemble, decompile, decode, reverse engineer, alter the Software, in whole or in part, try to derive the source code from the Software or create derivative works of or from the Software, add parts to it or embed it into other software, except to the extent expressly permitted by the rules in force.

6. Limitation of warranty

Except for any warranty, condition, representation or imperative term that cannot be excluded or limited by the applicable law in your jurisdiction, Alientech srl provides the Software and its Drivers in their current condition and potential defects ("AS IS") for the exclusive use provided in and with the Product. Alientech srl hereby expressly disclaims any other warranty, condition, representation, or term – either express or implied – as provided by law, common law, custom, usage or otherwise, including (but not limited to) warranties of integration, merchantability, quiet enjoyment, satisfactory quality or fitness for a particular purpose, accuracy or compatibility.

Alientech srl do not warrant and make no representation:

- 1) That the functions included in the Software will meet your requirements;
- 2) That the operation of the Software will be correct;
- 3) That the Software will perform uninterrupted or error-free or that the defects in the Software will be corrected;
- 4) That the Software will not damage any other software or hardware You use;
- 5) Regarding the use or the results of the use of the Software in terms of its correctness, accuracy, reliability, or otherwise.

7. Limitation of Liability

To the extent not prohibited by law, in no event shall Alientech srl be liable for personal injury, or any incidental, special, indirect or consequential damages whatsoever, including, but not limited to, damages for loss of profits, loss of data, business interruption or any other commercial damages or losses, arising out of or related to your use or bad use of the Alientech Software and / or Drivers, however caused, regardless of their cause and the theory of liability (breach of contract, illicit act or otherwise). In no event shall Alientech srl's total liability to You for the whole of the damage (other than as may be required by applicable law in cases involving personal injury) may exceed the cost of the purchased good.

8. No reproduction

The Software may contain a copy protection technology to prevent unauthorized copying of the Software.

It is illegal to make unauthorized copies of the Software or circumvent copy protection technology contained in the Software or copy, in whole or in part, the contents of the Alientech Dashboard and/or its related platforms without the consent of the rightful owner. It is therefore expressly forbidden to modify or tamper with the functions for the management of digital rights of the Software and the Alientech Dashboard and to evade, modify, neutralize or circumvent the protection functions of the Software and the mechanisms linked in the operational level of the Software.

You declare to be aware of this fact and cannot plead You acted in good faith, in case of violation of this License.

For security reasons and to guarantee Alientech srl's commercial reputation, Alientech srl reserves the right to temporarily suspend its use in the event of abuse of the use of the software.

If You need a backup copy of the Software, You can send a request to Alientech srl, specifying the reason of your request. Any backup copy will restore the software to its initial condition.

VIOLATION OF THESE LICENSE TERMS AND CONDITIONS, AS SET FORTH IN PARAGRAPH 3, 4, 5, AND 8, CAUSES AN IMMEDIATE REVOCATION OF ALL YOUR RIGHTS TO USE THE SOFTWARE.

9. Ineffectiveness

If one or more provisions, or portion thereof, of the present License agreement are found to conflict with the existing laws, are considered null, void, and / or ineffective, the remainder of this License shall continue in full force and effect among the parties for the provisions not unenforced.

10. Governing Law and Jurisdiction

These License shall be governed by Italian law.

All matters not expressly provided under this License agreement shall be governed by Italian law.

Any dispute arising out of the interpretation, execution and validity of these terms and conditions shall be subject – unless otherwise provided by mandatory law – to the venue of the court of your place of residence, if you are a "consumer" under the current legislation, otherwise the exclusive court of Vercelli, Italy.

11. Contact information

In the event that Alientech srl needs to contact you about the Software you agree to receive notifications by email. You also acknowledge the full validity of such notifications and communications sent in electronic format and agree that they meet the legal communication requirements.

Alientech S.r.l. a socio unico has its place of business at via Dei Cordari, 1 – 13039 Trino (VC) – Italia.

Any complaints or communications shall be sent to that address via registered mail, or via e-mail at legal@alientech.to.

Communications and complaints sent to a different address from the ones provided above will not be taken into account for the purposes of this License Agreement.

Anexo C

ECMTitanium 3.21.0.0 (SN: 30217D16)

×



ECMTitanium 3.21.0.0

ALAN ESTEBAN ORTIZ SANTIANA

ECM

KEY

Serie:

30217D16

Firmware:

FW 3.24

LICENCIA

Codigo de usuario:

C0320

Configuración:

PROMO -

Vencimiento:

27/09/2026

Creditos:

0

DATABASE

DRIVER

descargados:

557

total:

198657

PROYECTOS

Originals

36

Modificado

2

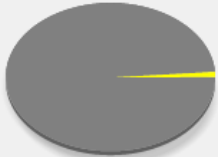
Estatus:

✓

ESPACIO EN SD

196,935,680 Used

15,726,215,168 Free



Última copia de seguridad:

10/5/2025

Ayuda

OK