

ANÁLISIS DE EMISIONES EN TRES VEHÍCULOS DE ENCENDIDO PROVOCADO POR
CHISPA (SI SPARK IGNITION) CON SISTEMA DE INYECCIÓN MULTIPUNTO



AUTOR:
BUSTACARA RODRÍGUEZ RICHARD STEVEN

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
PROGRAMA EN TECNOLOGÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ
BOGOTÁ, D.C.
2018

ANÁLISIS DE EMISIONES EN TRES VEHÍCULOS DE ENCENDIDO PROVOCADO POR
CHISPA (SI SPARK IGNITION) CON SISTEMA DE INYECCIÓN MULTIPUNTO



AUTOR:
BUSTACARA RODRÍGUEZ RICHARD STEVEN
PROYECTO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA
AUTOMOTRIZ

DIRECTORES:
ING. VLADIMIR SILVA LEAL
ING. JOSÉ DAVID BARÓN

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
PROGRAMA EN TECNOLOGÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ
BOGOTÁ, D.C.
2018

DEDICATORIA

Dedico este proyecto especialmente a mis padres: Marisol Rodríguez & Victor Bustacara por su continuo apoyo y ayuda.

También a mi tía la Ingeniera Nohemy Bustacara.

Y finalmente a los profesores, compañeros y otras personas que estuvieron pendientes del desarrollo del proyecto.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su apoyo y ayuda constante, sin su ayuda no hubiera podido continuar con la realización del proyecto y superar las dificultades.

A mi tía la Ingeniera Nohemy Bustacara Rodríguez, por su participación en el proyecto y su punto de vista del mismo en cuanto a presentación.

A mis dos directores de proyecto Vladimir Silva & José Barón por su sincero interés en el desarrollo del proyecto.

A la universidad ECCI y en especial a la facultad de Ingeniería por brindar los espacios para aprender sobre los temas necesarios para presentar el proyecto, además de prestar las herramientas que fueron necesarias para poder llevar a cabo el proyecto y por la guía brindada por los integrantes de la universidad.

A mi compañero Fabian Olarte y a su hermano por participar directamente en el proyecto en el momento de tomar las pruebas pertinentes a cada vehículo.

Al Ingeniero Carlos Molano de AUTOTOOLS quien presto el analizador de gases para poder llevar a cabo las pruebas necesarias en el proyecto.

Y finalmente agradezco a cada una de las personas que se involucraron y colaboraron directa o indirectamente en el proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN.....	16
2.	GLOSARIO.....	18
3.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	20
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	20
3.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
4.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	21
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
5.	JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	22
5.1.	JUSTIFICACIÓN	22
5.2.	DELIMITACIÓN	22
5.2.1.	DELIMITACIÓN ESPACIAL	22
5.2.2.	DELIMITACIÓN TEMPORAL	22
5.2.3.	DELIMITACIÓN TEMÁTICA.....	22
5.2.4.	DELIMITACIÓN MUESTRAL.....	23
6.	MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN	24
6.1.	MARCO TEÓRICO	24
6.1.1.	EMISIONES	24
6.1.2.	DISTRIBUCIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE EN UN MOTOR A GASOLINA	25
6.1.3.	COMPONENTES DE ENTRADA Y SALIDA PARA LA COMBUSTIÓN	25
6.1.4.	TIPOS DE EMISIONES.....	26
6.1.4.1.	NITRÓGENO (N ₂).....	26
6.1.4.2.	OXIGENO (O ₂)	26
6.1.4.3.	AGUA (H ₂ O)	27
6.1.4.4.	DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂).....	27
6.1.4.5.	MONÓXIDO DE CARBONO (CO).....	28
6.1.4.6.	PLOMO (Pb).....	28
6.1.4.7.	HIDROCARBUROS (HC)	29
6.1.4.8.	ÓXIDOS NÍTRICOS (NO _x)	30
6.1.4.9.	DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂).....	31
6.1.5.	CONVERTIDORES CATALÍTICOS	31
6.1.5.1.	TIPOS DE CATALIZADORES.....	33
6.1.5.2.	TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO DEL CATALIZADOR	33
6.1.5.3.	CATALIZADOR DE TRIPLE ACCIÓN.....	34

6.1.5.4.	REACCIONES QUÍMICAS	36
6.1.6.	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE	37
6.1.6.1.	MEDICIÓN DE CONCENTRACIONES DE CO Y CO ₂	37
6.1.6.2.	CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	37
6.1.6.3.	MEDICIÓN DE CONCENTRACIÓN DE HC	38
6.1.6.4.	CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	39
6.1.6.5.	MEDICIÓN DE CONCENTRACIÓN DE NO _x	39
6.1.6.6.	CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	40
6.1.6.7.	MEDICIÓN POR BANCO DE PRUEBAS	40
6.1.6.8.	FUNCIONAMIENTO	41
6.1.7.	RELACIÓN AIRE-COMBUSTIBLE TEÓRICA	41
6.1.8.	CONDICIONES EXTERNAS	43
6.1.8.1.	CALENTAMIENTO.....	43
6.1.8.2.	RALENTÍ	44
6.1.8.3.	VIAJE ESTABLE	44
6.1.8.4.	ACELERANDO.....	46
6.1.8.5.	DESACELERANDO.....	46
6.1.8.6.	CARGA PESADA.....	47
6.2.	MARCO CONCEPTUAL	48
6.2.1.	INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE GASES.....	48
6.2.2.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CREACIÓN DE GASES CONTAMINANTES	48
6.2.3.	VALORES ESTIMADOS EN LA OBTENCIÓN DE DATOS	48
6.2.4.	COMBUSTIÓN IDEAL	49
6.2.5.	CAUSAS DE FORMACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE	49
6.2.5.1.	MONÓXIDO DE CARBONO.....	49
6.2.5.1.1.	CAUSAS DE GENERACIÓN DE CO	50
6.2.5.2.	DIÓXIDO DE CARBONO	50
6.2.5.2.1.	CAUSAS DE GENERACIÓN DE CO ₂	50
6.2.5.3.	HIDROCARBUROS	50
6.2.5.3.1.	CAUSAS DE GENERACIÓN DE HC	50
6.2.5.4.	OXIGENO	51
6.2.5.5.	ÓXIDOS DE NITRÓGENO	51
6.2.5.5.1.	DIFERENTES TIPOS DE NOX	52
6.2.5.5.2.	CAUSAS DE FORMACIÓN DE NOX.....	52
6.2.6.	SENSOR DE OXIGENO O ZONA LAMBDA	53
6.2.6.1.	FACTOR LAMBDA.....	54
6.2.6.1.1.	MEZCLA RICA O $\lambda < 1$	54
6.2.6.1.2.	MEZCLA POBRE O $\lambda > 1$	55
6.2.7.	INTERPRETACIÓN DE AVERÍAS	55
6.2.7.1.	CASO 1: FUNCIONAMIENTO CORRECTO.....	55
6.2.7.2.	CASO 2: CAUDALÍMETRO.....	55
6.2.7.3.	CASO 3: TUBO DE ESCAPE ROTO	56
6.2.7.4.	CASO 4: FALLO DE ENCENDIDO	56
6.2.7.5.	CASO 5: MEZCLA RICA	56
6.2.7.6.	CASO 6: MEZCLA POBRE	57
6.2.7.7.	CASO 7: AVERÍA EN VÁLVULA DE ESCAPE.....	57
6.2.7.8.	CASO 8: TOMA DE AIRE EN COLECTOR DE ADMISIÓN	57
6.2.8.	ANALIZADOR DE GASES BRAIN BEE AGS-688.....	58
6.2.8.1.	VISTA FRONTAL.....	58
6.2.8.2.	VISTA POSTERIOR	58
6.2.8.3.	DETALLES DEL GRUPO NEUMÁTICO	59
6.2.8.4.	PANEL DE CONTROL	60

6.2.8.5.	ACCESORIOS SUMINISTRADOS	60
6.2.8.6.	CONEXIÓN DE ACCESORIOS.....	61
6.2.8.7.	CONEXIÓN CON ACCESORIOS INTERNOS	62
6.2.8.8.	SOFTWARE ANALIZADOR DE GASES BRAIN BEE AGS-688	63
6.2.8.9.	PRUEBA DE ESTANQUEIDAD.....	63
6.2.8.10.	PRUEBA DE RESIDUOS HC.....	63
6.2.8.11.	LIMPIEZA DEL SISTEMA DE FILTRADO	64
6.2.8.12.	SUSTITUCIÓN DE FILTRO DE CARBONES ACTIVOS.....	64
6.2.8.13.	SUSTITUCIÓN SENSOR O ₂	65
6.3.	MARCO HISTÓRICO	66
6.3.1.	ESTÁNDARES DE EMISIÓN.....	66
6.4.	MARCO LEGAL	67
6.4.1.	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 5375 “revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes en vehículos automotores”	67
6.4.1.1.	OBJETO	67
6.4.1.2.	DEFINICIONES.....	67
6.4.1.3.	DEFECTOS TIPO A	68
6.4.1.4.	DEFECTOS TIPO B.....	68
6.4.1.5.	RESULTADOS DE LA REVISIÓN TÉCNICO-MECÁNICA Y DE EMISIONES CONTAMINANTES	68
6.4.1.6.	EMISIONES CONTAMINANTES.....	68
6.4.1.7.	CONCENTRACIONES	69
6.4.2.	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4983 “calidad del aire. evaluación de gases de escape de fuentes móviles a gasolina. método de ensayo en marcha mínima (ralentí) y velocidad cruceo y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluación”.....	69
6.4.2.1.	OBJETO	69
6.4.2.2.	DEFINICIONES.....	70
6.4.2.3.	PREPARACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN:.....	72
6.4.2.4.	INSPECCIÓN Y PREPARACIÓN PREVIA POR PARTE DEL OPERARIO	72
6.4.2.5.	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN	73
6.4.2.6.	PRINCIPIO DE OPERACIÓN DEL BANCO DE GASES.....	74
6.4.2.7.	AUTO CERO Y SPAN	74
6.4.2.8.	UMBRAL DE BLOQUEO DE LA DESVIACIÓN DE CERO	74
6.4.2.9.	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	74
6.4.2.10.	CALIBRACIÓN DE GAS Y REVISIÓN DE FUGAS.....	74
6.4.2.11.	FACTOR DE EQUIVALENCIA DE PROPANO (PEF - FEP).....	75
6.4.2.12.	INTENSIDAD DE RAYO (NDIR)	75
6.4.2.13.	FECHA DE LA ÚLTIMA CALIBRACIÓN CON GAS PATRÓN	75
6.4.2.14.	CRITERIO DE BLOQUEO	75
6.4.2.15.	USO DEL GAS EN LA VERIFICACIÓN DE FUGAS Y CALIBRACIÓN	75
6.4.2.16.	PUNTOS DE SPAN	76
7.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	76
7.1.	CÁLCULOS DE COMBUSTIÓN	76
7.1.1.	REACTIVOS Y PRODUCTOS DE MEZCLA.....	76
7.1.2.	DEFINICIÓN DE FRACCIÓN DE MEZCLA.....	78
7.1.3.	CONCENTRACIONES CORRECTAS	78
8.	DISEÑO METODOLÓGICO	79

8.1.	MATERIALES	79
8.2.	PASO A PASO	82
8.3.	TRAYECTO ESCOGIDO PARA LAS PRUEBAS.....	84
8.4.	RESULTADOS.....	85
8.4.1.	CÁLCULOS, TABLAS Y GRAFICAS KIA PICANTO (1000 cc)	85
8.4.2.	CÁLCULOS KIA PICANTO.....	85
8.4.2.1.	FICHA TÉCNICA	88
8.4.2.2.	TABLA DE RESULTADOS CO	88
8.4.2.3.	GRAFICA DE RESULTADOS CO.....	91
8.4.2.4.	TABLA DE RESULTADOS CO ₂	92
8.4.2.5.	GRAFICA DE RESULTADOS CO ₂	93
8.4.2.6.	TABLA DE RESULTADOS HC.....	94
8.4.2.7.	GRAFICA DE RESULTADOS HC.....	96
8.4.2.8.	TABLA DE RESULTADOS O ₂	97
8.4.2.9.	GRAFICA DE RESULTADOS O ₂	100
8.4.2.10.	TABLA DE RESULTADOS λ.....	101
8.4.2.11.	GRAFICA DE RESULTADOS λ	104
8.4.3.	CÁLCULOS, TABLAS Y GRAFICAS RENAULT LOGAN (1600 cc)	105
8.4.3.1.	CÁLCULOS RENAULT LOGAN	105
8.4.3.2.	FICHA TÉCNICA	107
8.4.3.3.	TABLA DE RESULTADOS CO	108
8.4.3.4.	GRAFICA DE RESULTADOS CO.....	111
8.4.3.5.	TABLA DE RESULTADOS CO ₂	112
8.4.3.6.	GRAFICA DE RESULTADOS CO ₂	114
8.4.3.7.	TABLA DE RESULTADOS HC.....	115
8.4.3.8.	GRAFICA DE RESULTADOS HC.....	117
8.4.3.9.	TABLA DE RESULTADOS O ₂	118
8.4.3.10.	GRAFICA DE RESULTADOS O ₂	122
8.4.3.11.	TABLA DE RESULTADOS λ.....	123
8.4.3.12.	GRAFICA DE RESULTADOS λ	127
8.4.4.	CÁLCULOS, TABLAS Y GRAFICAS CHEVROLET GRAND VITARA	128
8.4.4.1.	CÁLCULOS GRAND VITARA	128
8.4.4.2.	FICHA TÉCNICA GRAND VITARA.....	130
8.4.4.3.	TABLA DE RESULTADOS CO	131
8.4.4.4.	GRAFICA DE RESULTADOS CO.....	135
8.4.4.5.	TABLA DE RESULTADOS CO ₂	136
8.4.4.6.	GRAFICA DE RESULTADOS CO ₂	138
8.4.4.7.	TABLA DE RESULTADOS HC.....	139
8.4.4.8.	GRAFICA DE RESULTADOS HC.....	142
8.4.4.9.	TABLA DE RESULTADOS O ₂	143
8.4.4.10.	GRAFICA DE RESULTADOS O ₂	149
8.4.4.11.	TABLA DE RESULTADOS λ.....	150
8.4.4.12.	GRAFICA DE RESULTADOS λ	156
8.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	157
8.5.1.	ANÁLISIS KIA PICANTO	157
8.5.2.	ANÁLISIS RENAULT LOGAN	158
8.5.3.	ANÁLISIS CHEVROLET GRAND VITARA	159

9.	FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN	162
9.1.	FUENTES PRIMARIAS.....	162
9.2.	FUENTES SECUNDARIAS	162
10.	RECURSOS	163
10.1.	RECURSOS FINANCIEROS.....	163
10.2.	RECURSOS MATERIALES	163
10.3.	RECURSOS HUMANOS.....	164
10.4.	RECURSOS ADMINISTRATIVOS	164
11.	CRONOGRAMA.....	165
12.	ANEXOS	168
13.	CONCLUSIONES.....	169
14.	REFERENCIAS	171

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
ILUSTRACIÓN 1. GASES NOCIVOS PRODUCIDOS POR LOS AUTOMÓVILES (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	24
ILUSTRACIÓN 2. DISTRIBUCIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE EN UN MOTOR A GASOLINA (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	25
ILUSTRACIÓN 3. COMPONENTES DE ENTRADA Y SALIDA PARA LA COMBUSTIÓN (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	26
ILUSTRACIÓN 4. NITRÓGENO (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	26
ILUSTRACIÓN 5. OXIGENO (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	27
ILUSTRACIÓN 6. AGUA (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	27
ILUSTRACIÓN 7. DIÓXIDO DE CARBONO (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018).....	28
ILUSTRACIÓN 8. MONÓXIDO DE CARBONO (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018).....	28
ILUSTRACIÓN 9. PLOMO (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	29
ILUSTRACIÓN 10. HIDROCARBURO (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018).....	30
ILUSTRACIÓN 11. ÓXIDOS NÍTRICOS (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018).....	31
ILUSTRACIÓN 12. DIÓXIDO DE AZUFRE (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018).....	31
ILUSTRACIÓN 13. FUNCIÓN DEL CONVERTIDOR CATALÍTICO (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018).....	32
ILUSTRACIÓN 14. CIRCUITO DE REGULACIÓN LAMBDA (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	32
ILUSTRACIÓN 15. TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO DE UN CONVERTIDOR CATALÍTICO (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018).....	34
ILUSTRACIÓN 16. CATALIZADOR DE TRIPLE ACCIÓN (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	35
ILUSTRACIÓN 17. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN CONVERTIDOR DE TRIPLE ACCIÓN (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	36
ILUSTRACIÓN 18. REACCIONES QUÍMICAS DE OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	37
ILUSTRACIÓN 19. PRINCIPIO DEL ANALIZADOR NDIR (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	38
ILUSTRACIÓN 20. PRINCIPIO DEL FID (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	39
ILUSTRACIÓN 21. PRINCIPIO DEL CLD (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	40
ILUSTRACIÓN 22. MEDICIÓN DE EMISIONES POR BANCO DE PRUEBAS (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	41
ILUSTRACIÓN 23. PRINCIPIO DE PRODUCCIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	42
ILUSTRACIÓN 24. EMISIONES DE CO, HC Y NO _x (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	43
ILUSTRACIÓN 25. EMISIONES EN EL CALENTAMIENTO DEL MOTOR (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018).....	44
ILUSTRACIÓN 26. EMISIONES EN RALENTÍ (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018).....	44
ILUSTRACIÓN 27. EMISIONES A VELOCIDADES BAJA Y MEDIA (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	45
ILUSTRACIÓN 28. EMISIONES A VELOCIDAD ALTA (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018).....	45
ILUSTRACIÓN 29. EMISIONES ACELERANDO EL MOTOR (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	46
ILUSTRACIÓN 30. EMISIONES DESACELERANDO EL MOTOR (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	47
ILUSTRACIÓN 31. EMISIONES SOMETIENDO EL MOTOR A UNA CARGA PESADA (AUTOMOTRIZ, MECANICOAUTOMOTRIZ.ORG, 2018)	47
ILUSTRACIÓN 32. COMPOSICIÓN DE GASES DE ESCAPE EN UN VEHÍCULO DE GASOLINA EN CONDICIONES NORMALES (ANONIMO, S.F.)	49
ILUSTRACIÓN 33. COMPORTAMIENTO DE FORMACIÓN DE NO _x (JOSE LUIS BERNAL VILLAMIZAR ING MECÁNICO, S.F.).....	52
ILUSTRACIÓN 34. RADIADORES OBSTRUIDOS O ELECTRO VENTILADORES CON CARGA (JOSE LUIS BERNAL VILLAMIZAR ING MECÁNICO, S.F.).....	53
ILUSTRACIÓN 35. ESQUEMA DE CONEXIÓN SENSOR DE OXIGENO O ZONA LAMBDA (ANONIMO, S.F.)	54
ILUSTRACIÓN 36. FACTOR LAMBDA ESQUEMA (JOSE LUIS BERNAL VILLAMIZAR ING MECÁNICO, S.F.).....	54
ILUSTRACIÓN 37. VISTA FRONTAL ANALIZADOR BRAIN BEE AGS-688 (MOISES IRAZABAL, 2014)	58

ILUSTRACIÓN 38. VISTA POSTERIOR ANALIZADOR BRAIN BEE AGS-688 (MOISES IRAZABAL, 2014)	59
ILUSTRACIÓN 39. GRUPO NEUMÁTICO DEL BRAIN BEE AGS-688 (MOISES IRAZABAL, 2014)	59
ILUSTRACIÓN 40. PANEL DE CONTROL BRAIN BEE AGS-688 (MOISES IRAZABAL, 2014)	60
ILUSTRACIÓN 41. ACCESORIOS SUMINISTRADOS (MOISES IRAZABAL, 2014).....	61
ILUSTRACIÓN 42. CONEXIÓN CON ACCESORIOS SUMINISTRADOS (MOISES IRAZABAL, 2014).....	62
ILUSTRACIÓN 43. CONEXIONES PARA ACCESORIOS EXTERNOS (MOISES IRAZABAL, 2014)	62
ILUSTRACIÓN 44. ESTRUCTURA SOFTWARE PARA PC BRAIN BEE AGS-688 (MOISES IRAZABAL, 2014)	63
ILUSTRACIÓN 45. LIMPIEZA SISTEMA DE FILTRADO (MOISES IRAZABAL, 2014)	64
ILUSTRACIÓN 46. SUSTITUCIÓN FILTRO DE CARBONES ACTIVOS	65
ILUSTRACIÓN 47. SUSTITUCIÓN SENSOR O ₂ (MOISES IRAZABAL, 2014)	65
ILUSTRACIÓN 48. SE DEBE REALIZAR LA PRUEBA A 3 VEHÍCULOS	79
ILUSTRACIÓN 49. INVERSOR DE VOLTAJE	80
ILUSTRACIÓN 50. ANALIZADOR DE GASES BRAIN BEE AGS-688	80
ILUSTRACIÓN 51. SENSORES BRAIN BEE AGS-688	81
ILUSTRACIÓN 52. ANALIZADOR DE GASES Y SUS COMPONENTES.....	81
ILUSTRACIÓN 53.CINTA ADHESIVA (HERBI, 2017)	81
ILUSTRACIÓN 54. AMARRES PLÁSTICOS (SA, 2017)	82
ILUSTRACIÓN 55. ESQUEMA DE CONEXIÓN DE APARATOS AL INVERSOR DE VOLTAJE	83
ILUSTRACIÓN 56.RUTA DE PRUEBA (GOOGLE, 2018)	84
ILUSTRACIÓN 57. EJEMPLO LECTURA DE RESULTADOS	85
ILUSTRACIÓN 58. RESULTADOS CO KIA PICANTO (1000 CC).....	91
ILUSTRACIÓN 59. RESULTADOS CO ₂ KIA PICANTO (1000 CC)	93
ILUSTRACIÓN 60. RESULTADOS HC KIA PICANTO (1000 CC).....	96
ILUSTRACIÓN 61. RESULTADOS O ₂ KIA PICANTO (1000 CC)	100
ILUSTRACIÓN 62. RESULTADOS λ KIA PICANTO (1000 CC)	104
ILUSTRACIÓN 63. RESULTADOS CO RENAULT LOGAN (1600 CC).....	111
ILUSTRACIÓN 64. RESULTADOS CO ₂ RENAULT LOGAN (1600 CC).....	114
ILUSTRACIÓN 65. RESULTADOS HC RENAULT LOGAN (1600 CC).....	117
ILUSTRACIÓN 66. RESULTADOS O ₂ RENAULT LOGAN (1600 CC).....	122
ILUSTRACIÓN 67. RESULTADOS λ RENAULT LOGAN (1600 CC)	127
ILUSTRACIÓN 68. RESULTADOS CO GRAND VITARA	135
ILUSTRACIÓN 69. RESULTADOS CO ₂ GRAND VITARA.....	138
ILUSTRACIÓN 70. RESULTADOS HC GRAND VITARA	142
ILUSTRACIÓN 71. RESULTADOS O ₂ GRAND VITARA	149
ILUSTRACIÓN 72. RESULTADOS λ GRAND VITARA.....	156
ILUSTRACIÓN 73. COMPARACION DE PORCENTAJES DE EMISIONES KIA PICANTO.....	158
ILUSTRACIÓN 74.COMPARACION DE PORCENTAJES DE EMISIONES RENAULT LOGAN.....	159
ILUSTRACIÓN 75.COMPARACION DE PORCENTAJES DE EMISIONES CHEVROLET GRAND VITARA.....	161
ILUSTRACIÓN 76.CRONOGRAMA	167

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. VALORES ESTIMADOS EN LA OBTENCIÓN DE DATOS (ING. NÉSTOR RAÚL FONSECA E ING. JOSÉ MAURICIO ZABALA, 2012)	48
TABLA 2. CASO1: FUNCIONAMIENTO CORRECTO (ANONIMO, S.F.)	55
TABLA 3. CASO 2: CAUDALÍMETRO (ANONIMO, S.F.)	55
TABLA 4. CASO 3: TUBO DE ESCAPE ROTO (ANONIMO, S.F.)	56
TABLA 5. CASO 4: FALLO DE ENCENDIDO (ANONIMO, S.F.)	56
TABLA 6. CASO 5: MEZCLA RICA (ANONIMO, S.F.)	56
TABLA 7. CASO 6: MEZCLA POBRE (ANONIMO, S.F.)	57
TABLA 8. AVERÍA EN VÁLVULA DE ESCAPE (ANONIMO, S.F.)	57
TABLA 9. CASO 8: TOMA DE AIRE EN COLECTOR DE ADMISIÓN (ANONIMO, S.F.)	57
TABLA 10. CONEXIÓN ACCESORIOS EXTERNOS (MOISES IRAZABAL, 2014)	63
TABLA 11. NTC SEGÚN TIPO DE COMBUSTIBLE (LOZANO CELY, 2017)	69
TABLA 12. DESCRIPCIÓN DE DEFECTOS SEGÚN LAS CONCENTRACIONES DE EMISIONES (LOZANO CELY, 2017)	69
TABLA 13. PARÁMETROS DE EMISIONES, SIMBOLOGÍA Y UNIDADES (DIAZ, 2017)	70
TABLA 14. PUNTOS DE SPAN (DIAZ, 2017)	76
TABLA 15. FICHA TÉCNICA KIA PICANTO (AUTOCOSMOS, 2018)	88
TABLA 16. TABLA DE RESULTADOS CO KIA PICANTO (1000 CC)	90
TABLA 17. TABLA DE RESULTADOS CO ₂ KIA PICANTO (1000 CC)	92
TABLA 18. TABLA DE RESULTADOS HC KIA PICANTO (1000 CC)	95
TABLA 19. TABLA DE RESULTADOS O ₂ KIA PICANTO (1000 CC)	99
TABLA 20. TABLA DE RESULTADOS λ KIA PICANTO (1000 CC)	103
TABLA 21. FICHA TÉCNICA RENAULT LOGAN (COSMOS, 2018)	107
TABLA 22. TABLA DE RESULTADOS CO RENAULT LOGAN (1600 CC)	110
TABLA 23. TABLA DE RESULTADOS CO ₂ RENAULT LOGAN (1600 CC)	113
TABLA 24. TABLA DE RESULTADOS HC RENAULT LOGAN (1600 CC)	116
TABLA 25. TABLA DE RESULTADOS O ₂ RENAULT LOGAN (1600 CC)	121
TABLA 26. TABLA DE RESULTADOS λ RENAULT LOGAN (1600 CC)	126
TABLA 27. FICHA TÉCNICA GRAND VITARA (COCHES.NET, 2018)	130
TABLA 28. TABLA DE RESULTADOS CO GRAND VITARA	134
TABLA 29. TABLA DE RESULTADOS CO ₂ GRAND VITARA	137
TABLA 30. TABLA DE RESULTADOS HC GRAND VITARA	141
TABLA 31. TABLA DE RESULTADOS O ₂ GRAND VITARA	148
TABLA 32. TABLA DE RESULTADOS λ GRAND VITARA	155
TABLA 33. RECURSOS FINANCIEROS	163
TABLA 34. RECURSOS MATERIALES	164
TABLA 35. RECURSOS HUMANOS	164
TABLA 36. CRONOGRAMA	166

LISTA DE ECUACIONES

Pág.

ECUACIÓN 1. RELACIÓN ESTEQUIOMÉTRICA (STEPHEN R. TURNS, 2000).....	77
ECUACIÓN 2. RELACIÓN AIRE-COMBUSTIBLE (STEPHEN R. TURNS, 2000)	77
ECUACIÓN 3. RELACIÓN AIRE-COMBUSTIBLE ESTEQUIOMÉTRICA (STEPHEN R. TURNS, 2000)	77
ECUACIÓN 4. RELACIÓN DE EQUIVALENCIA (STEPHEN R. TURNS, 2000).....	77
ECUACIÓN 5. PORCENTAJE ESTEQUIOMÉTRICO DE AIRE (STEPHEN R. TURNS, 2000)	78
ECUACIÓN 6. PORCENTAJE DE EXCESO DE AIRE (STEPHEN R. TURNS, 2000)	78
ECUACIÓN 7. DEFINICIÓN DE FRACCIÓN DE MEZCLA (STEPHEN R. TURNS, 2000)	78
ECUACIÓN 8. FRACCIÓN DE MEZCLA ESTEQUIOMÉTRICA (STEPHEN R. TURNS, 2000)	78
ECUACIÓN 9. CONCENTRACIONES CORRECTAS (STEPHEN R. TURNS, 2000)	78

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. PDF PRUEBA DINÁMICA KIA PICANTO	168
ANEXO 2. PDF PRUEBA DINÁMICA RENAULT LOGAN	168
ANEXO 3. PDF PRUEBA DINÁMICA GRAND VITARA	168

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto está basado en el tema de análisis de emisiones en vehículos con encendido provocado por chispa o SI (encendido por chispa por sus siglas en inglés Spark Ignition), es conocido actualmente como el ciclo Otto, se puede encontrar este tipo de sistema en la mayoría de motores de vehículos livianos, en todos los motores de motocicleta, en los motores de aeronaves y en algunas otras aplicaciones como la industrial, la mayoría de los motores con sistema de encendido provocado por chispa funcionan con el ciclo de cuatro tiempos, aunque en casos particulares en motores con ciclo de dos tiempos, el combustible utilizado es la gasolina aunque últimamente los combustibles alternativos como lo son los combustibles gaseosos o el gas licuado han adquirido un gran uso, este tipo de motores pueden ser alimentados por carburación o por inyección. (Mercedes Yolanda Rafael Morales & Andrés Hernández Guzmán, 2014)

Los gases emitidos por los vehículos son producidos por un proceso de combustión del combustible usado por el motor, este proceso de combustión es una reacción química en la cual un combustible es mezclado con un comburente como el oxígeno presente en el aire, en los motores de encendido provocado por chispa esta mezcla es comprimida y luego esta mezcla es encendida por la acción de una bujía que envía la chispa a las cámaras de combustión. (Belen Storani, s.f.)

En el proceso de combustión realizado por un motor de combustión interna es importante que haya presencia de oxígeno que es extraído del aire para poder quemar todo el combustible. La cantidad de combustible y de oxígeno que debe haber dentro de la cámara de combustión para que haya una combustión completa es conocida como relación estequiométrica, si existe una cantidad de alguno de los dos componentes de la mezcla se presenta una combustión incompleta, aunque la combustión se siga realizando llegara un momento en el que ya no haya más oxígeno y la reacción no se pueda completar. (Jairo Tomala, 2017)

Cuando existe una combustión incompleta, hay presencia de una mezcla pobre o una mezcla rica, a diferencia de una combustión en la que la mezcla es ideal, usamos los términos de mezcla rica y mezcla pobre para describir mezclas que se desvían de la relación aire-combustible estequiométrica. Cuando existe una combustión incompleta, hay presencia de una mezcla pobre o una mezcla rica, con estos dos términos, nos referimos a mezclas que se desvían de la relación aire-combustible estequiométrica. Cuando hay una mezcla pobre existe una menor cantidad de combustible o un exceso de aire por lo que aumentan las emisiones de HC y CO, además se aumenta el consumo de combustible, por el contrario cuando hay una mezcla rica contiene una cantidad de combustible mayor a la necesaria para poder lograr una correcta combustión, la temperatura del motor se eleva y aparecen emisiones como los NOX debido a la elevada temperatura del motor pues la combustión es más lenta provocando problemas en el motor que pueden dañarlo. (FullMecanica, 2014)

Este proyecto se realiza debido al interés de conocer las causas y factores que influyen en las emisiones de un vehículo, así como los efectos de estos tipos de emisiones en el desempeño del mismo. Se realiza un análisis de las emisiones desde el punto de vista académico con el fin de comprender cuales son las causas de formación de cada una de estas, así como las consecuencias para la salud y para el medio ambiente. Además, se realiza con un interés de comprender como se

comportan las emisiones contaminantes cuando el vehículo es sometido a una serie de condiciones externas que influyen directamente en la cantidad de emisiones que están presentes en el vehículo.

Para poder realizar este proyecto se recurrió a realizar una prueba dinámica de análisis de gases, por lo general este tipo de pruebas se realizan en un taller con un analizador de gases, sin embargo con el fin de comprender cual fue el comportamiento de las emisiones durante cierto trayecto se recurrió al uso de herramientas para realizar una conexión del analizador a la batería del vehículo y el uso de un software que se instaló previo a la prueba para poder registrar los datos y posteriormente usar esos datos para realizar un análisis de los resultados obtenidos en la prueba.

Durante la realización del proyecto se presentaron algunos problemas, estos provocaron que se cambiaran algunas condiciones iniciales establecidas en el proyecto como el cilindraje de los vehículos y la lectura de los valores de NO_x. Sin embargo, a pesar de estos problemas se pudo seguir adelante con las pruebas pues no se modificaron las características y se analizaron las mismas condiciones en cada uno de los vehículos.

2. GLOSARIO

- **Abreviar:** Representar una palabra o sintagma de manera más corta.
- **Aleación:** Se conoce con el nombre de aleación a la adición de elementos, tanto metálicos como no metálicos, a un metal base con el fin de mejorar sus propiedades en el aspecto deseado.
- **Canister:** Es un sistema provisto de válvulas y tuberías que le permite recolectar los vapores de gasolina que se producen en el tanque de combustible, para almacenarlos temporalmente en un depósito, hasta que sean quemados en la admisión. (Talleres Y Repuestos, 2018)
- **Comburente:** Un comburente es una sustancia que logra la combustión, o en su defecto, contribuye a su aceleración. El comburente oxida al combustible para finalmente ser reducido por completo. El comburente por excelencia es el oxígeno atmosférico que se encuentra en el aire. (Definición ABC, 2018)
- **ECU:** Unidad de control electrónico
- **Electrodo:** Un electrodo es una superficie donde ocurren reacciones de oxidación-reducción. (Definición y Que Es, 2014)
- **Especie:** En química, el término especie química se usa comúnmente para referirse de forma genérica a átomos, moléculas, iones, etc. que sean el objeto de consideración o estudio. (Wikipedia, 2016)
- **Estequiométrica:** La relación ideal entre aire y combustible para que la combustión se realice del modo más eficiente posible se denomina mezcla estequiométrica. (MOTORGIGA, 2018)
- **Impresora térmica:** Una impresora térmica es una impresora que no es de impacto y que utiliza calor para imprimir en un papel especial, sensible al calor, que se denomina papel térmico. (IMPRESORAS, 2018)
- **Longitud de onda:** La distancia existente entre dos crestas o valles consecutivos es lo que llamamos longitud de onda.
- **Luz infrarroja:** La radiación infrarroja (IR) es uno de los muchos tipos de luz que forman el espectro electromagnético (EM). Las longitudes de onda de la radiación infrarroja son mayores que las de la luz visible. (ANONIMO, s.f.)
- **MCI:** Motor de combustión interna.

- PCV: Esta pieza es indispensable para el buen funcionamiento del sistema de lubricación, ya que permite evitar fugas de aceite por las juntas y retenes, además mantiene la mezcla de aire y combustible en una proporción correcta. (Info Taller, 2017)
- Prueba de estanqueidad: Mediante este tipo de pruebas se pretende revisar si en el sistema utilizado (en este caso el analizador) no tenga fugas que puedan alterar las mediciones.
- Regulación de control de emisiones: Conjunto de normas por las cuales se pretende generar una reducción significativa del nivel de emisiones contaminantes de un vehículo.
- Válvula EGR: (Recirculación de Gases de Escape), La función de la válvula EGR es sencilla y podemos intuirlo de su propio nombre. Su labor es recircular parte de los gases que salen por el escape hacia la admisión, es decir, reintroducir el humo de la combustión del motor en los cilindros para así reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx). (José Antonio Martínez, 2017)

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El funcionamiento de un motor de combustión interna (MCI), está directamente relacionado con los niveles de contaminación ambiental, esto debido a que genera emisiones contaminantes como los son: los óxidos nítricos (NOx), hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y Hollín partículas sólidas, teniendo en cuenta que estas son las principales cuatro emisiones de salida provenientes de los gases de escape las cuales deben ser controladas.

Ahora bien, si se tiene en cuenta que la cantidad de vehículos que había antes del siglo XX eran muy pocos entonces los niveles de emisiones que eran producidos eran controlados gracias al medio ambiente y al pequeño número de emisiones que se presentaban. Sin embargo, actualmente en el siglo XXI, la cantidad de estos vehículos ha aumentado en una gran cantidad por lo cual es necesario comprender que es muy difícil mantener el planeta con emisiones controladas.

No obstante, si se observan las tecnologías actuales que permiten analizar la cantidad de contaminación que está siendo producida por los vehículos se puede encontrar que estas pueden ser de gran utilidad para lograr una reducción significativa del nivel de emisiones producidas, por lo cual es tan importante poder usar herramientas tales como lo son: analizadores de gases, CDA, analizadores ambientales puestos en la ciudad y otras herramientas que permitan realizar estas mediciones y aplicarlas en la realización del proyecto.

3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta que la intención de este proyecto es la de comparar la cantidad de emisiones producidas por los vehículos a los que se realizaron las pruebas bajo ciertas condiciones específicas durante un proyecto conocido:

¿De qué manera se ven afectados y cuál es el comportamiento de los valores de las emisiones producidas por los vehículos si se toman como referencia tres vehículos distintos a los cuales se realizan las pruebas en un trayecto en el cual se pueden someter a las diferentes condiciones con las que se pretenden realizar los análisis?

4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento de las emisiones en un vehículo de combustión interna con encendido provocado por chispateniendo en cuenta que a los vehículos a los que se les van a realizar las pruebas son sometidos a las mismas condiciones bajo un trayecto conocido.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la información obtenida gracias a la investigación realizada con la toma de las pruebas pertinentes en los vehículos que van a ser tomados como muestra para el proyecto y poder hacer un análisis de los resultados obtenidos.
- Relacionar los datos recolectados de las pruebas realizadas con la información obtenida y determinar cómo influyen los factores a los que se someten los vehículos y como varía según su cilindraje.
- Utilizar las herramientas del laboratorio de inyección y sincronización de la universidad ECCI para poder llevar a cabo las mediciones necesarias de la cantidad de emisiones producidas por los vehículos elegidos para la realización de las pruebas.

5. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. JUSTIFICACIÓN

El problema ambiental que se presenta actualmente alrededor del mundo con respecto a la cantidad de emisiones de los vehículos en cuanto a los NO_x, los HC, el CO y el hollín, hace que se busquen estrategias mediante las cuales permitan que estas emisiones que tienen tan alto impacto ambiental puedan ser reducidas. Por lo cual es tan importante que se puedan realizar las mediciones de estas emisiones.

Por esta razón este proyecto se basa en el análisis de la parte teórica del control de emisiones en el cual se pretende analizar cómo se producen cada una de las emisiones en un vehículo, como influyen las condiciones ambientales en estas, así como las condiciones externas como lo son los desarrollos de torque que realiza el motor, finalmente se pretende realizar una parte práctica en la cual se pueda analizar como varía el nivel de emisiones en vehículos del mismo cilindraje que se sometan a las mismas condiciones diarias de funcionamiento en la ciudad.

5.2. DELIMITACIÓN

Para la realización del proyecto se espera encontrar las siguientes delimitaciones:

5.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL

El proyecto se realizó en la vía la calera esta zona fue ideal pues se presentan las condiciones necesarias para realizar las pruebas como lo son los semáforos, pendientes y otros aspectos importantes para el análisis de las emisiones de los vehículos.

5.2.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL

Se realizó el proyecto desde del año 2017 y parte del 2018, más específicamente se llevó a cabo a partir del mes de agosto del 2017 y se culminó en julio del 2018. Tiempo en el cual se realizó la recolección de información, así como las pruebas pertinentes para la recolección de datos y finalmente la elaboración final del trabajo escrito.

5.2.3. DELIMITACIÓN TEMÁTICA

La temática del proyecto está basada en el análisis de las emisiones de tres vehículos de combustión interna a gasolina en los cuales se realizaron las pruebas para determinar y analizar el comportamiento de las emisiones que estos producen, para ello se utilizaron recursos como analizadores de gases y otros elementos para poder realizar las conexiones y el registro de los datos.

5.2.4. DELIMITACIÓN MUESTRAL

Para la realización del proyecto se deben disponer de vehículos, se esperaba que estos vehículos fueran del mismo cilindraje sin embargo se presentaron problemas para poder conseguir que los vehículos tuvieran el mismo cilindraje por lo que se optó por usar vehículos que tuvieran sistema de inyección multipunto y que funcionaran con encendido por chispa o provocado, específicamente se usaron tres con el fin de determinar la variación que tienen estos vehículos en cuanto a las emisiones contaminantes y poder analizar estas características desde diferentes vehículos.

6. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

6.1. MARCO TEÓRICO

El sistema de control de emisiones reduce la cantidad de emisiones de los automóviles que son dañinas para el medio ambiente y para el ser humano.

6.1.1. EMISIONES

Cuando se habla de emisiones se refiere al combustible que es evaporado del depósito de combustible y es controlado por el canister, y además de los gases que pasan desde la cámara de explosión hacia el cárter, estos gases son controlados por el sistema PCV; éstos circulan entre el pistón y la pared del cilindro, incluido el gas de escape. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Las emisiones de gases son dañinas para el medio ambiente y para el ser humano porque entre estas se puede encontrar sustancias peligrosas como lo son el CO (monóxido de carbono), HC (hidrocarburos) y NOx (óxidos nítricos). (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 1. Se puede observar que para el gas que pasa de la cámara de combustión al cárter es producido HC y se muestra su porcentaje de concentración, además se puede analizar que para el combustible que es evaporado existe una producción de HC con un porcentaje de concentración mostrado en la ilustración y finalmente se muestra la concentración final de cada emisión contaminante y nociva que produce un vehículo.

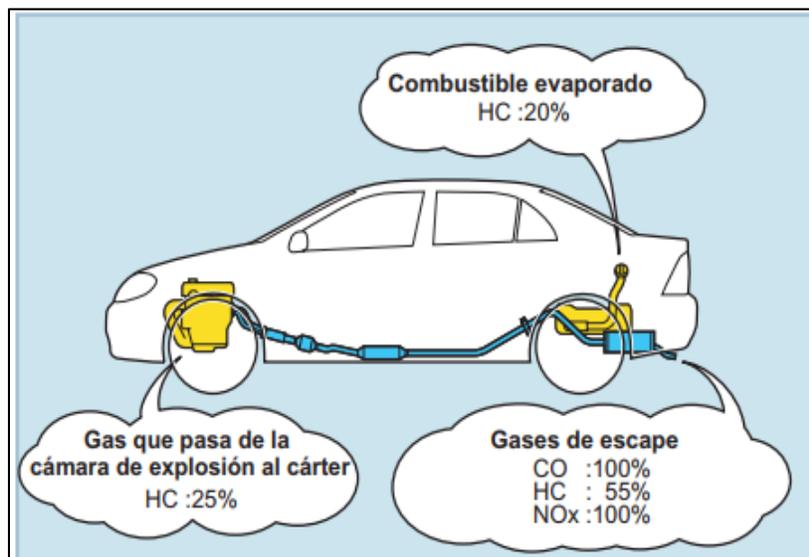


Ilustración 1. Gases nocivos producidos por los automóviles (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE EN UN MOTOR A GASOLINA

En la Ilustración 2. Se presenta un diagrama en el cual se observa cada una de las emisiones contaminantes producidas por un vehículo. En este diagrama se puede ver la aproximación de porcentaje de cada una de las emisiones que se analizarán más adelante.

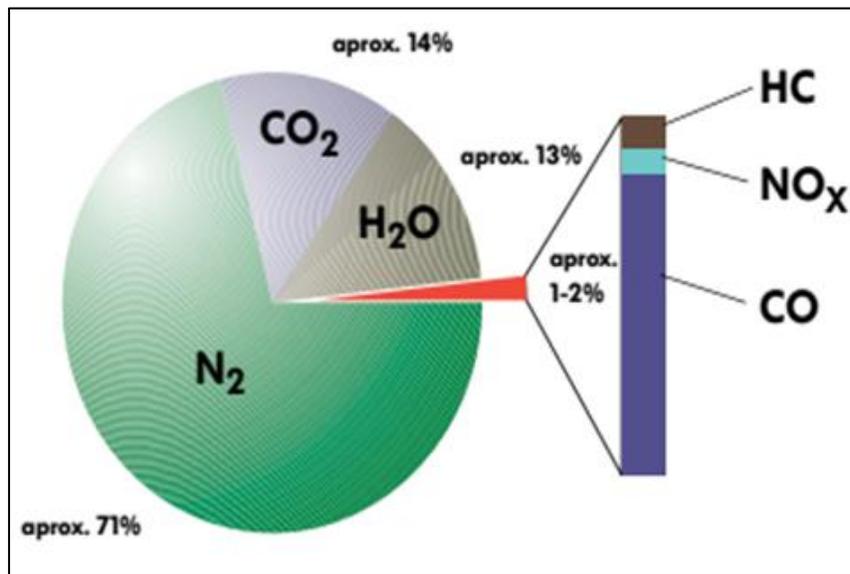


Ilustración 2. Distribución de los gases de escape en un motor a gasolina (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.3. COMPONENTES DE ENTRADA Y SALIDA PARA LA COMBUSTIÓN

En la Ilustración 3. Se puede observar los componentes de entrada (HC; S; O₂; N₂; H₂O) y los componentes de salida finales (N₂; O₂; H₂O; CO₂; CO; NO_x; SO₂; HC) que se generan en el ciclo de combustión realizado por el vehículo.

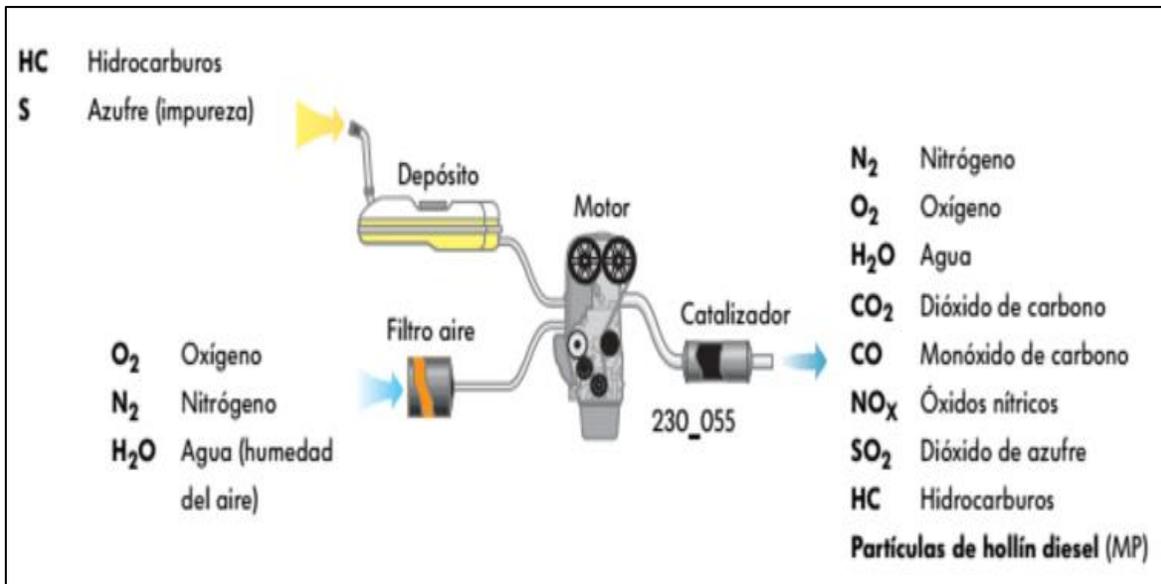


Ilustración 3. Componentes de entrada y salida para la combustión (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.4. TIPOS DE EMISIONES

6.1.4.1. NITRÓGENO (N₂)

Es un gas no combustible, incoloro e inodoro. Es un componente elemental del aire que el ser humano respira, en total la composición de este aire es de un 78 % nitrógeno, 21 % oxígeno y 1 % de otros gases. El nitrógeno alimenta al proceso de la combustión juntamente con la admisión de aire en un MCI. La mayor parte del nitrógeno aspirado para la combustión vuelve a salir puro en los gases de escape y sólo una pequeña parte se combina con el oxígeno O₂ formando así los óxidos nítricos (NO_x). (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 4. Se presenta un esquema de una molécula de N₂ en donde simplemente interactúan átomos de Nitrógeno los cuales se unen entre sí para formar este compuesto.

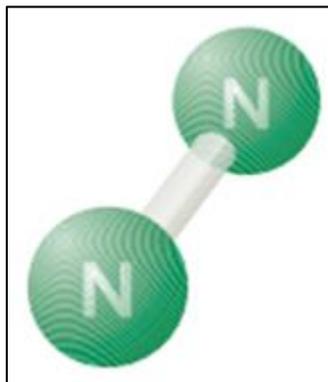


Ilustración 4. Nitrógeno (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.4.2. OXIGENO (O₂)

Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es el componente más importante del aire que respiramos y cuenta con una proporción total del 21 %. En un MCI este oxígeno es aspirado a través del filtro de aire al igual que el nitrógeno. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 5. Se presenta un esquema de una molécula de O₂ en donde simplemente interactúan átomos de Oxígeno los cuales se unen entre sí para formar este compuesto.



Ilustración 5. Oxígeno (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.4.3. AGUA (H₂O)

Es aspirada en parte por el motor dependiendo de la humedad del aire, el agua es producida con motivo de la combustión fría o la fase de calentamiento del motor. Es un componente inofensivo de los gases de escape. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 6. Se presenta un esquema de una molécula de H₂O en donde interactúan como bien se muestra dos átomos de Hidrógeno y uno de Oxígeno los cuales se unen entre sí para formar este compuesto.



Ilustración 6. Agua (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.4.4. DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

Es un gas incoloro, no combustible. Este es producido al ser quemados los combustibles que contienen carbono. El carbono es combinado durante esa operación con el oxígeno aspirado. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

El tema de las emisiones de CO₂ se ha hecho consciente en la opinión pública. El dióxido de carbono CO₂ reduce la capa de la atmósfera terrestre que suele servir de protección contra la

penetración de los rayos UV por lo que ha aumentado el calentamiento global. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 7. Se presenta un esquema de una molécula de CO₂ en donde al unirse dos átomos de Oxígeno y uno de Carbono se forma el dióxido de Carbono.

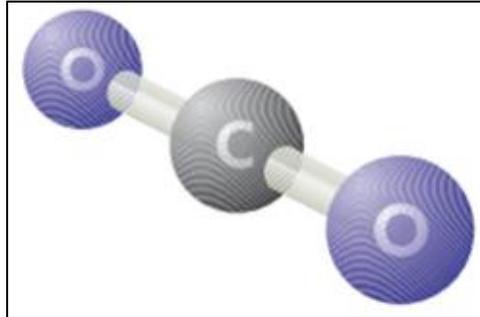


Ilustración 7. Dióxido de carbono (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.4.5. MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

El CO se genera cuando hay una cantidad insuficiente de oxígeno en la cámara de combustión es decir que se presenta una combustión incompleta. Al momento de inhalar CO, éste se disuelve en la sangre deteniendo la capacidad de repartir oxígeno que tiene la sangre. Bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos. Es mortal, incluso en una baja concentración en el aire respiratorio. Si este es respirado en grandes cantidades provoca la muerte. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Es producido debido a la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. Es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Es oxidado en un corto tiempo si se presenta en una concentración normal en el ambiente. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 8. Se presenta un esquema de una molécula de CO en donde interactúan un átomo de Carbono con un átomo de Oxígeno los cuales se unen entre sí para formar este compuesto.



Ilustración 8. Monóxido de carbono (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.4.6. PLOMO (Pb)

Ha desaparecido por completo en los gases de escape de los vehículos. En 1985 se emitían todavía a la atmósfera 3.000 t, debidas a la combustión de combustibles con plomo. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Impedía la combustión detonante presentada gracias a la auto ignición y actuaba como sustancia amortiguadora en los asientos de las válvulas. Gracias al empleo de aditivos ecológicos en el combustible se han podido mantener casi idénticas las características antidetonantes sin necesidad de usar plomo. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 9. Se presenta un esquema de los átomos de Pb este átomo no necesita interactuar con otros elementos para ser una emisión contaminante.

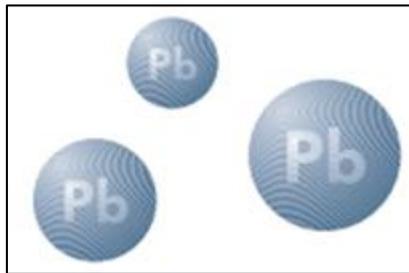


Ilustración 9. Plomo (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.4.7. HIDROCARBUROS (HC)

El HC es generado a causa de una combustión incompleta, de la misma forma que el CO. Se genera también el HC en los siguientes casos:

- Cuando la temperatura de la zona de extinción de los electrodos es baja, no alcanza la temperatura de combustión.
- El gas de admisión circula a través de esta zona cuando se superpone la sincronización de válvulas.
- Cuanto más rica sea la mezcla de aire-combustible, más HC se genera.
- Cuanto más pobre sea, menos HC se genera.
- La cantidad de HC generada aumenta porque no se puede quemar cuando la mezcla de aire-combustible es demasiado pobre.

Son componentes que no son quemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Los hidrocarburos se manifiestan en diferentes combinaciones y actúan de diverso modo en el organismo. Por ejemplo, algunos de estos irritan los órganos sensoriales, mientras que otros son cancerígenos. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 10. Se presenta un esquema de una molécula de HC en donde interactúan átomos de Hidrogeno con átomos de Carbono los cuales se unen entre sí para formar este compuesto.

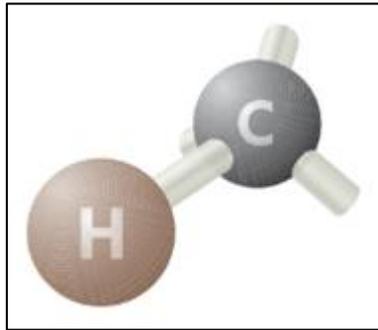


Ilustración 10. Hidrocarburo (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.4.8. ÓXIDOS NÍTRICOS (NO_x)

Los NO_x son generados mediante la combinación del nitrógeno y del oxígeno presentes en el aire de la mezcla de aire-combustible cuando la temperatura de la cámara de combustión supera los 1.800 °C. Cuanto más aumente la temperatura de combustión, más NO_x se genera. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Cuando la mezcla de aire-combustible es pobre, se genera más NO_x porque la tasa de oxígeno de la mezcla aire-combustible es demasiado alta. Por ello, el NO_x se genera de acuerdo con dos factores, la temperatura de combustión y la concentración de oxígeno. Si el cuerpo humano inhala NO_x, irrita la nariz y la garganta. Genera también humo fotoquímico. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Son combinaciones de nitrógeno N₂ y oxígeno O₂. Los óxidos de nitrógeno se producen al existir una alta presión, alta temperatura y exceso de oxígeno durante la combustión. Muchos de estos óxidos nítricos son nocivos para la salud. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Las medidas destinadas a reducir el consumo de combustible tienen la característica de producir temperaturas más altas por lo que estas medidas suelen conducir lamentablemente a un incremento de las concentraciones de óxidos nítricos en los gases de escape. Generando así una mayor cantidad de emisión de NO_x debido a estas altas temperaturas. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 11. Se presenta un esquema de una molécula de NO_x en donde interactúan átomos de Nitrógeno con átomos de Oxígeno los cuales se unen entre sí para formar este compuesto, esta composición puede variar su cantidad de Oxígeno o de Nitrógeno según la condición de la combustión.

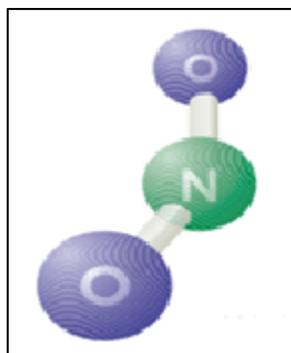


Ilustración 11. Óxidos nítricos (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.4.9. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)

Es un gas incoloro, de olor penetrante, no combustible. El dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso proporciona las enfermedades de las vías respiratorias, pero interviene sólo en una medida muy reducida en los gases de escape. Si se reduce el contenido de azufre en el combustible es posible disminuir las emisiones de dióxido de azufre. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 12. Se presenta un esquema de una molécula de SO₂ en donde interactúan átomos de Azufre con átomos de Oxígeno los cuales se unen entre sí para formar este compuesto.

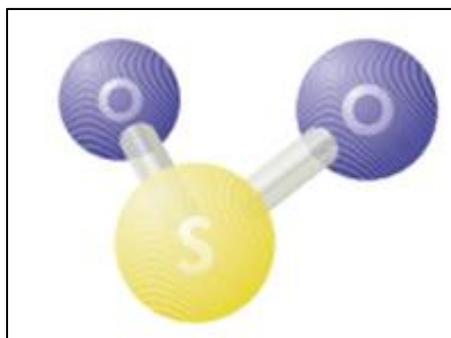


Ilustración 12. Dióxido de azufre (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En algunos automóviles se puede encontrar dispositivos que permiten reducir estas emisiones contaminantes y mitigar el impacto ambiental por lo cual se usan convertidores catalíticos. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.5. CONVERTIDORES CATALÍTICOS

Los convertidores catalíticos hacen que emisiones peligrosas como lo son el CO, los HC y los NO_x reaccionen químicamente con las sustancias inofensivas como el H₂O, el CO₂, y el N₂ en función del gas de emisión. Por lo general se utilizan catalizadores de aleaciones de platino, de paladio, de iridio y de rodio para los automóviles. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 13. Se puede observar la conversión básica que hace un convertor catalítico, en donde al tener sustancias peligrosas y dañinas como lo son los NO_x, HC y CO, son convertidos en sustancias inofensivas y no contaminantes como H₂O, CO₂ Y N₂. Es decir que gracias a la aplicación de estos dispositivos se reducen los niveles de emisiones vehiculares.

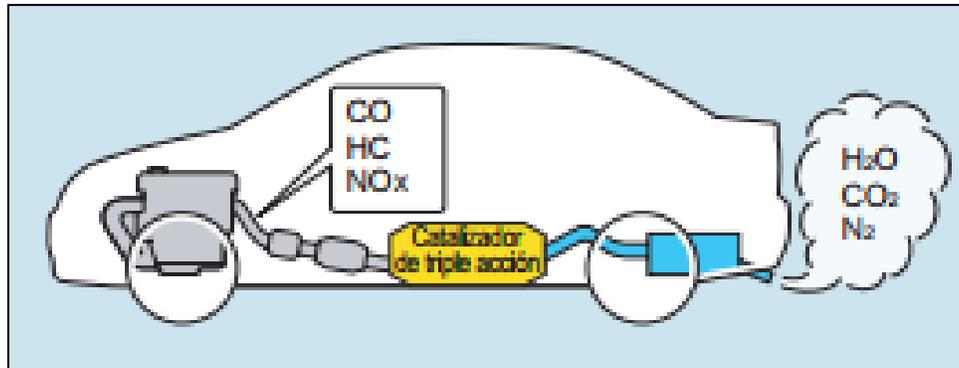


Ilustración 13. Función del convertidor catalítico (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

La depuración actual de los gases de escape de los motores de gasolina se realiza por medio de catalizadores. La regulación del ciclo de depuración catalítica es llevada a cabo gracias a la unidad de control del motor: La sonda lambda o sensor de oxígeno ubicado en el escape del vehículo transmite a la unidad de control del motor las señales correspondientes al contenido de oxígeno en los gases de escape. La unidad de control del motor o ECU que se encarga de mantener ajustada la mezcla de aire-combustible a una proporción $\lambda = 1$. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 14. Se presenta un circuito de regulación lambda en donde siempre se repite dicho ciclo con el fin de tener un control de las emisiones que puedan presentarse, en este circuito se observan tres componentes básicos, del MCI salen los gases de escape hacia la sonda lambda en donde son analizados dichos gases y posteriormente sirven de información para que puedan ser enviadas señales de funcionamiento al motor.

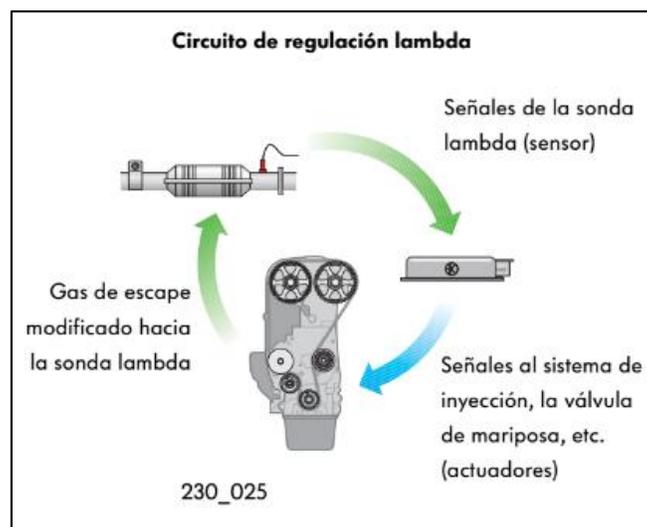


Ilustración 14. Circuito de regulación lambda (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

El catalizador despliega inicia su operación a partir de una temperatura de aproximadamente 300 °C y requiere un cierto tiempo para alcanzar su temperatura de servicio después del arranque en frío. En algunos sistemas de escape modernos se implementan pre-catalizadores para abreviar la fase de calentamiento y poder depurar los gases de escape después de un tiempo mínimo. Estos pre-catalizadores se instalan cerca del colector de escape y tienen por lo general dimensiones más pequeñas por lo que alcanzan en menor tiempo su temperatura de funcionamiento. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.5.1. TIPOS DE CATALIZADORES

- Catalizador de oxidación: Oxida el HC o CO y genera H₂O o CO₂ no contaminantes. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)
- Catalizador de desoxidación: Extrae el oxígeno del NO_x y genera N₂ no contaminante. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)
- Catalizador de oxidación / desoxidación: Lleva a cabo la función de oxidación y la de desoxidación a la vez. Los catalizadores de oxidación / desoxidación para automóviles se denominan catalizadores de triple acción o triple vía debido a que transforman tres sustancias peligrosas como lo son el CO, HC y NO_x, en sustancias no contaminantes a la vez. Los catalizadores de oxidación / desoxidación se utilizan en la mayoría de los automóviles actuales. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.5.2. TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO DEL CATALIZADOR

La tasa de purificación varía en función de la temperatura. La tasa de purificación se acerca al 100% y purifica el gas de emisión eficazmente cuando la temperatura del catalizador supera los 400 °C. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 15. Se puede ver un esquema en el cual analizamos que a medida que aumenta la temperatura también aumenta la tasa de purificación hasta que llega a los 400 °C, temperatura en la cual la tasa de funcionamiento es del 100%.

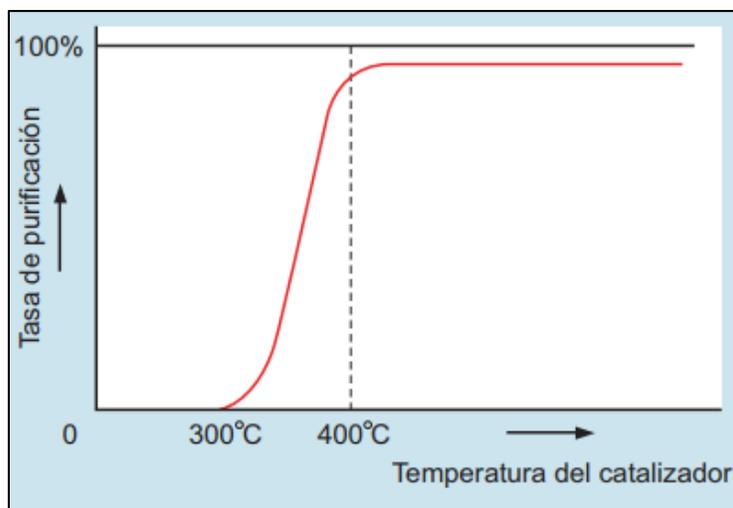


Ilustración 15. Temperatura de funcionamiento de un convertidor catalítico (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.5.3. CATALIZADOR DE TRIPLE ACCIÓN

El catalizador de triple acción es un sistema que oxida el CO y el HC en el gas de escape y que, simultáneamente, desoxida el NO_x, para purificarlos en CO₂, H₂O y N₂ respectivamente. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

El óxido de aluminio o las sustancias del catalizador recubren la estructura de rejilla del monolito que dispone de varios agujeros. Las sustancias peligrosas se purifican al pasar a través de los agujeros. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Existen dos tipos de monolitos, de cerámica y de metal. Cuanto más fina sea la rejilla, mejor resultará el proceso de purificación. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 16. Se presenta un esquema de conversor catalítico en el cual se puede analizar y observar los elementos que lo conforman tales como la base monolítica, soportes, la carcasa y demás elementos que se pueden observar en esta ilustración.

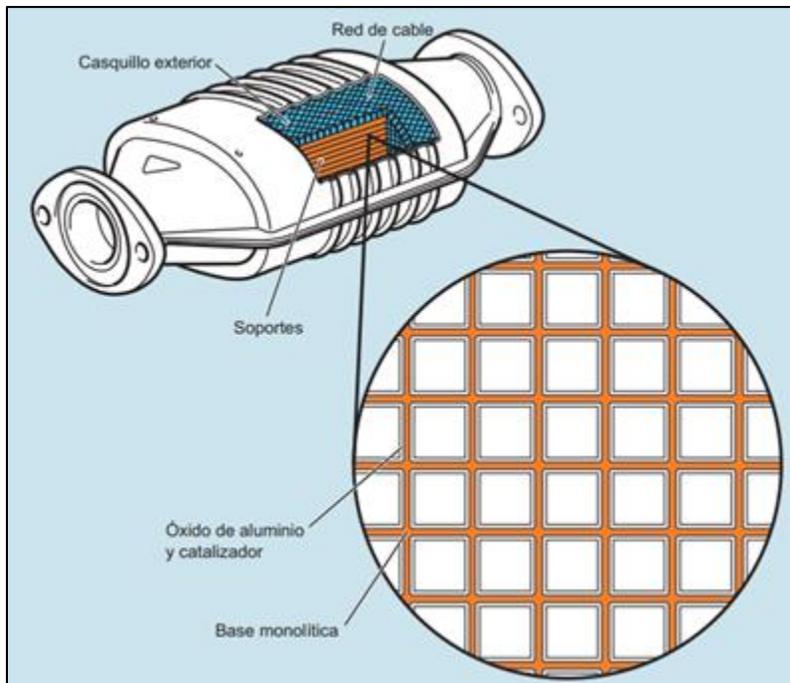


Ilustración 16. Catalizador de triple acción (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

El catalizador de triple acción será más efectivo si se utiliza dentro de la tasa aire-combustible estequiométrica. Por esta razón es necesario implementar un sistema de información acerca de la relación de aire-combustible para mantener dicha relación en torno a la relación estequiométrica. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

El sistema de información de la relación de aire-combustible detecta el oxígeno del gas de escape mediante un sensor de oxígeno incluido en el colector de escape. A continuación, la ECU del motor ajusta el volumen de inyección de combustible para controlar la relación de aire-combustible constantemente y permitir el funcionamiento adecuado del catalizador de triple acción. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 17. Se puede ver el funcionamiento de un convertidor catalítico de triple acción en un esquema en el cual se puede analizar la mezcla de aire-combustible y el rango de funcionamiento del convertidor catalítico. Además de puede observar como la ECU recibe señales del sensor de oxígeno para enviar órdenes a los inyectores y suministrar la cantidad de combustible que se requiera.

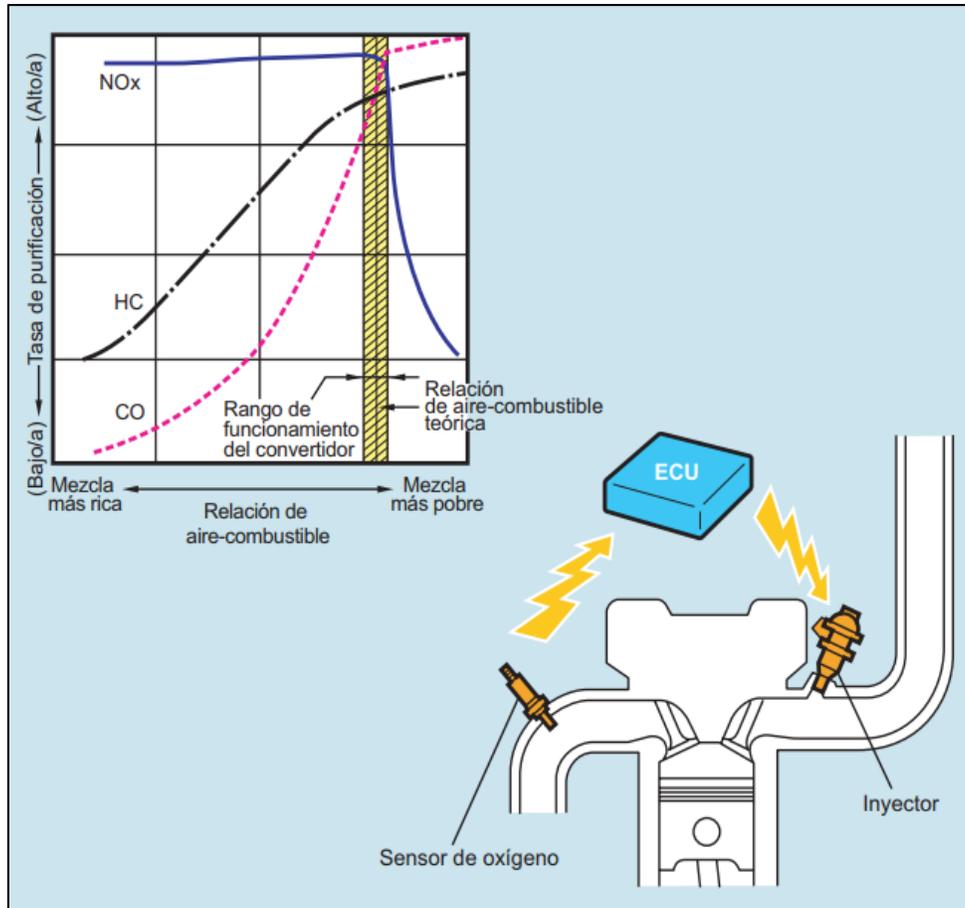


Ilustración 17. Esquema de funcionamiento de un convertidor de triple acción (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.5.4. REACCIONES QUÍMICAS

A continuación, se analizan las reacciones químicas que realiza un convertidor catalítico.

- **REDUCCIÓN:** Extracción de oxígeno de los componentes de los gases de escape. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)
- **OXIDACIÓN:** Adición de oxígeno a los componentes de los gases de escape. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 18. Se puede observar la acción de un convertidor catalítico sobre cada una de las emisiones contaminantes y se muestra que tipo de reacción química es necesaria para poder descomponer dichas sustancias en otras que son inofensivas.

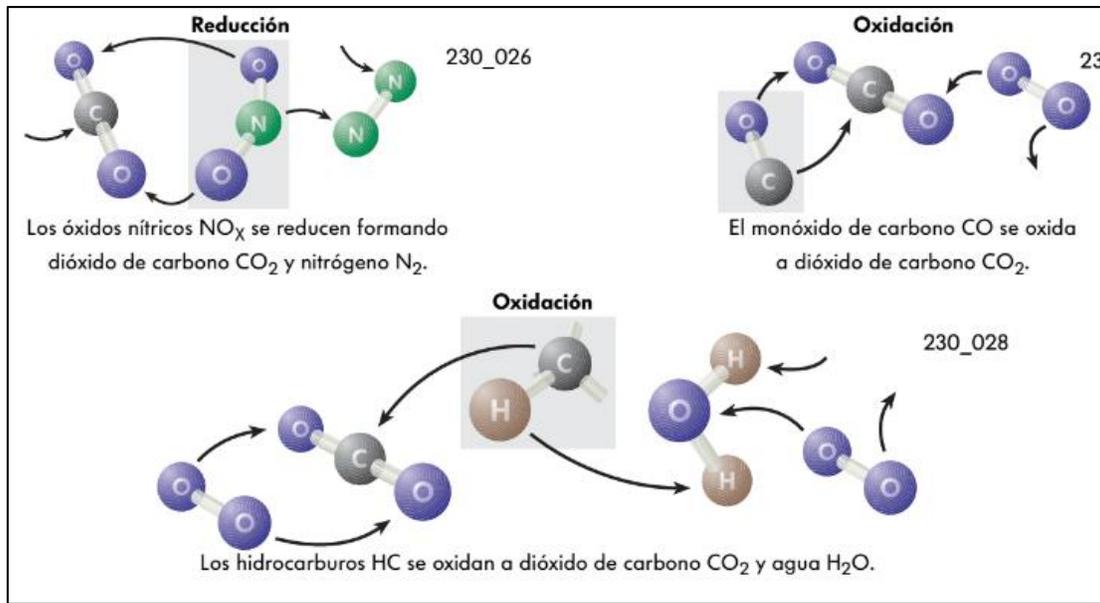


Ilustración 18. Reacciones químicas de oxidación y reducción (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE

Los valores de control de emisión de gases de escape son medidos en g/Km o g/milla. Para obtener estos valores se mide el volumen del gas. Se puede encontrar los siguientes métodos en los analizadores de gases:

6.1.6.1. MEDICIÓN DE CONCENTRACIONES DE CO Y CO_2

La luz NDIR (infrarroja no dispersiva) es usada en este método.

El principio usado en este método consiste en que la luz infrarroja es mostrada a través de una mezcla de CO , CO_2 , NO_x y otros gases, cada gas absorbe la luz infrarroja con longitudes de onda específica. El grado de absorción de estas longitudes de onda es proporcional con la concentración del gas que la absorbe. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.6.2. CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Los rayos infrarrojos de una fuente de luz pasan a través de una célula medidora y una célula comparadora. Cuando la concentración del gas que se está midiendo cambia en la célula medidora, una porción del rayo infrarrojo es absorbido y la energía de los rayos que llega al sensor cambia de igual proporción. Como la célula de comparación contiene un gas que no absorbe rayos infrarrojos, esta envía una cantidad constante de energía al sensor en todo momento. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Esto causa una diferencia en la fuerza de los rayos infrarrojos que se propagan a través de cada célula. Cuando los rayos infrarrojos son bloqueados intermitentemente por un motor giratorio variable en cada célula, la energía de los rayos infrarrojos es absorbida por el sensor, estos son convertidos en presión y causa vibraciones en el fino diafragma de un micrófono capacitor que

está dentro del sensor. Estas vibraciones se convierten en señales de corriente alterna y son enviadas al registrador del analizador. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 19. Se presenta el esquema de montaje para poder realizar lecturas de emisiones mediante el principio del analizador NDIR, además se muestran cada uno de los componentes de dicho esquema y su posición dentro del montaje.

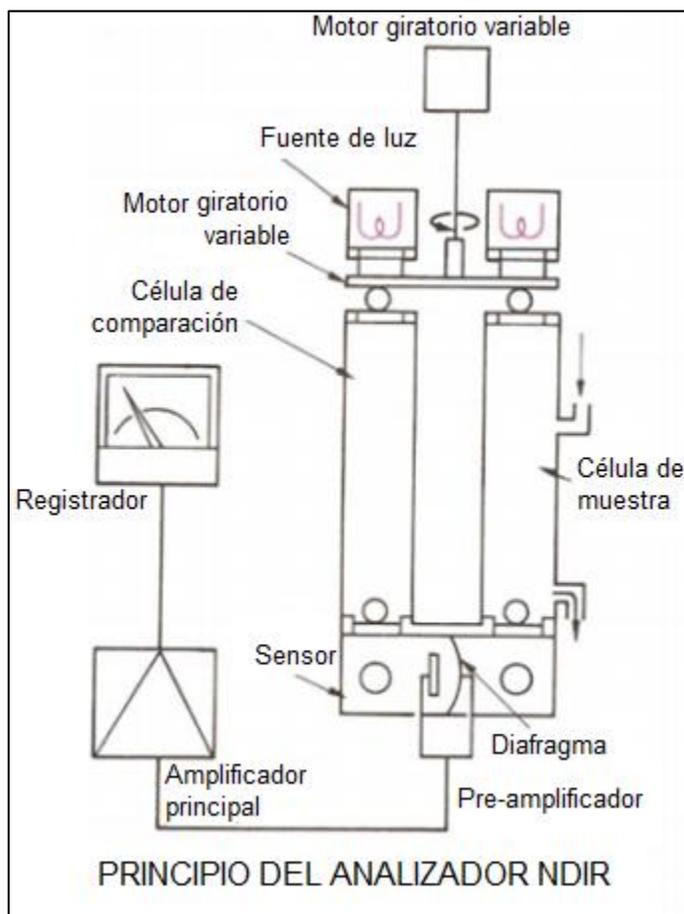


Ilustración 19. Principio del analizador NDIR (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.6.3. MEDICIÓN DE CONCENTRACIÓN DE HC

Un FID (detector de ionización de llama) se utiliza para esta medición.

El principio detrás de esto está en que, si cantidades pequeñas de hidrocarburos están presentes en una llama de carbón, la alta temperatura de la llama causara que los hidrocarburos se separen, generando iones. Estos iones son generados en proporción a la concentración de hidrocarburos. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.6.4. CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Un gas de muestra y un gas combustible se mezclan en la parte A de la boquilla. A la mezcla se le añade aire en la cámara de combustión. Se aplica un alto voltaje negativo a la boquilla y se aplica un alto voltaje positivo al colector. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

El sensor detecta el tamaño de la corriente (corriente de ion) que fluye entre los dos electrodos (la boquilla y el colector) contando el número de iones que se generan en la llama de hidrogeno. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

La concentración HC se calcula en seguida y el resultado es enviado al registrador.

En la Ilustración 20. Se presenta el esquema de montaje para poder realizar lecturas de emisiones mediante el método del analizador de HC (principio de analizador FID), además se muestran cada uno de los componentes de dicho esquema y su posición dentro del montaje.

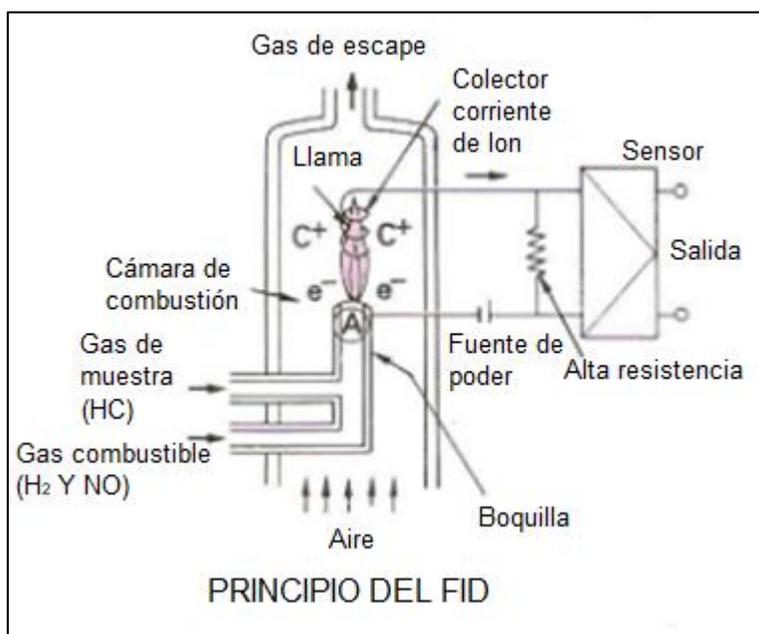


Ilustración 20. Principio del FID (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.6.5. MEDICIÓN DE CONCENTRACIÓN DE NO_x

En esta medición, un NDIR o CLD (detector químico luminiscente) se usa para medir CO y CO₂. El principio usado por el CLD es el siguiente. Cuando el óxido nítrico NO se pone en contacto con el O₃ (ozono), se produce una reacción química. También se emite luz de una longitud de onda particular. La cantidad de luz emitida es proporcional a la concentración de NO. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Mas aun, a altas temperaturas, el NO_x es resuelto NO, resultando con la misma reacción anterior. La cantidad de luz generada es medida en ese momento. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.6.6. CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

El NO y O₃ son introducidos en un tubo de reacción y se crea una reacción química. La luz generada en este momento pasa por un filtro y es detectada por un fotomultiplicador (PM) donde es amplificado y medido para determinar la concentración de NO en el gas de escape. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 21. Se presenta el esquema de montaje para poder realizar lecturas de emisiones mediante el principio del analizador CLD, además se muestran cada uno de los componentes de dicho esquema y su posición dentro del montaje.

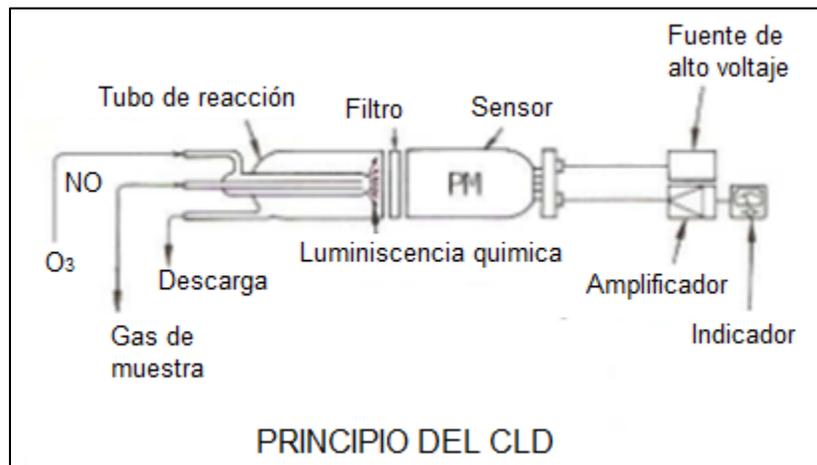


Ilustración 21. Principio del CLD (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.6.7. MEDICIÓN POR BANCO DE PRUEBAS

Las emisiones de escape de un vehículo se miden para su homologación en un banco de pruebas de rodillos dotado de un sistema de medición legalmente exigido. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En el banco de pruebas se realiza un ciclo de conducción definido y el sistema de medición detecta las cantidades de los componentes que integran los gases de escape. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

La prueba de homologación la tiene que hacer la industria del automóvil antes de lanzar al mercado un nuevo modelo. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 22. Se presenta el esquema de montaje para poder realizar lecturas de emisiones en un banco de pruebas, se muestran los componentes de dicho sistema para poder obtener las lecturas de emisiones y determinar cuánto está contaminando un vehículo.

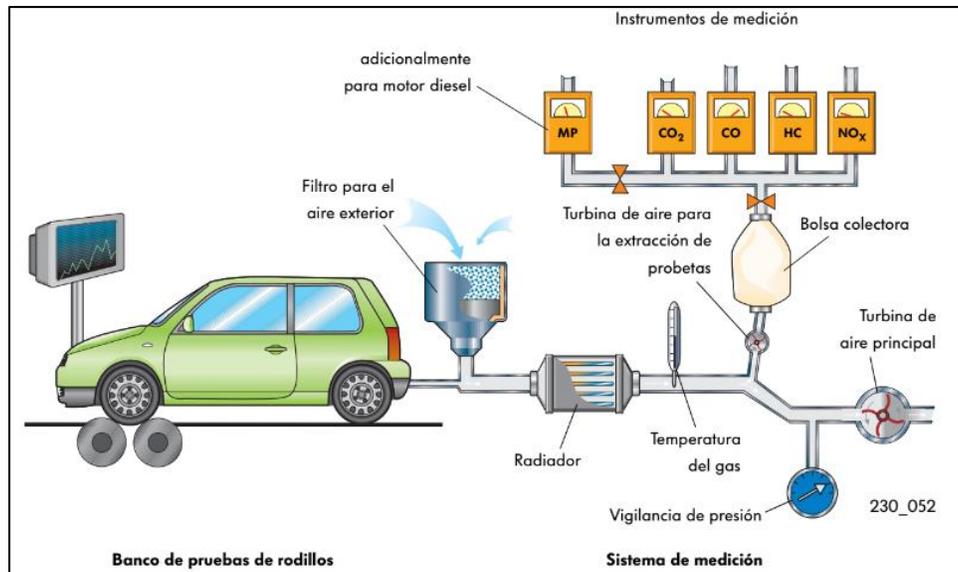


Ilustración 22. Medición de emisiones por banco de pruebas (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.6.8. FUNCIONAMIENTO

- El ciclo de conducción se realiza sobre el banco de pruebas de rodillos. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)
- Durante esa prueba, los gases de escape son aspirados por la turbina de aire principal, en conjunto con el aire exterior filtrado, constituyendo un caudal de masa de aire uniforme. Eso significa, que se aspira continuamente la misma cantidad de mezcla de aire con gases de escape. Si el vehículo produce una mayor cantidad de gases de escape, el sistema aspira una menor cantidad de aire exterior y, si el vehículo produce menos gases de escape, el sistema aspira una mayor cantidad de aire exterior. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)
- De esta mezcla de aire con gases de escape se extrae continuamente una cantidad constante, haciéndola pasar hacia una o varias bolsas colectoras. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)
- Los componentes captados de los gases de escape se someten a medición y se expresan en gramos por kilómetro, referidos al recorrido total. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.7. RELACIÓN AIRE-COMBUSTIBLE TEÓRICA

La relación aire-combustible teórica es la proporción del peso del aire en la mezcla aire-combustible al peso del combustible. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

La gasolina es una mezcla de diferentes tipos de hidrocarburos, de los cuales el octano (C₈H₁₈) es más predominantes. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Si una cantidad de octano es quemado completamente, se combinará con el oxígeno en el aire, para producir energía. Los productos resultantes de esta reacción además de energía son CO₂ y agua, como se muestra en la siguiente ecuación (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018):

Para que se obtengan estos resultados cuando 1g de octano se combustiona, se necesitan 14g de aire. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

La relación aire-combustible es la proporción de aire a combustible conteniendo suficiente oxígeno para que se quemé por completo el combustible. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 23. Se puede observar una tabla en donde se presenta la relación de aire-combustible en donde se muestra de qué manera se constituye una mezcla rica o una mezcla pobre que más adelante influirán en las emisiones.

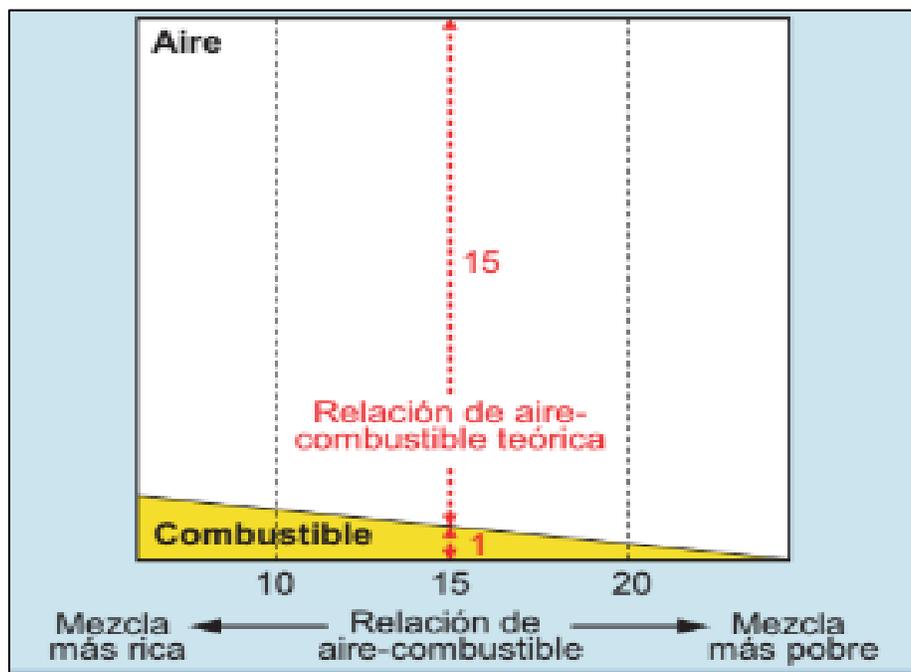


Ilustración 23. Principio de producción de los gases de escape (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

En la Ilustración 24. Se presenta el mismo esquema anterior, pero en este se presentan o se incluyen las emisiones ya analizadas. De este esquema se puede determinar en qué momento se produce más cierta emisión ya sea por existencia de una mezcla rica o una mezcla pobre.

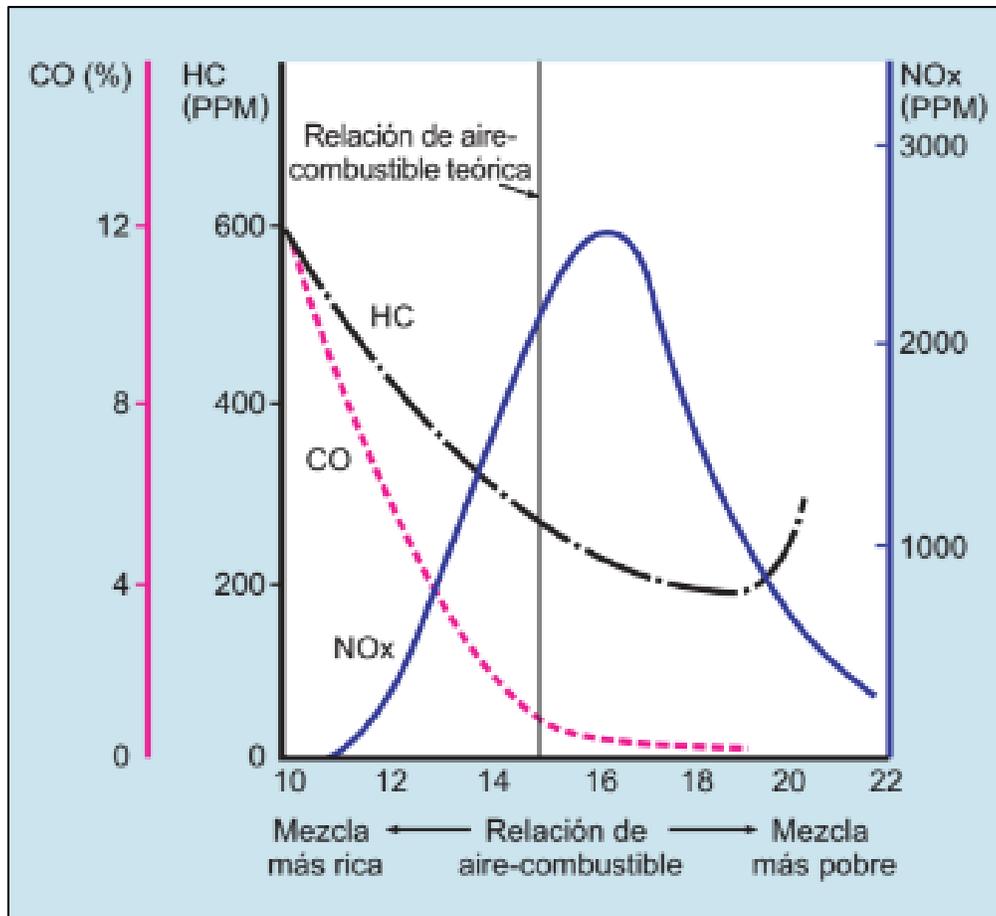


Ilustración 24. Emisiones de CO, HC y NOx (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.8. CONDICIONES EXTERNAS

6.1.8.1. CALENTAMIENTO

El calentamiento es el periodo entre el momento que el motor es arrancado en frío y el momento en que el enfriador se calienta a temperatura normal de operación de 70°C o 80°C (158°F a 176°F). debido a que el motor no se ha calentado aun lo suficiente, la gasolina no se puede evaporar completamente, entonces la mezcla aire-combustible esta sobre enriquecida por lo que la proporción es de 5:1 aproximadamente por lo que se produce una buena cantidad de CO y HC. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Como se muestra en la Ilustración 25. Cuando el vehículo se encuentra en fase de calentamiento se aumentan las emisiones de CO y de HC y existe una relación de aire combustible de 5:1.

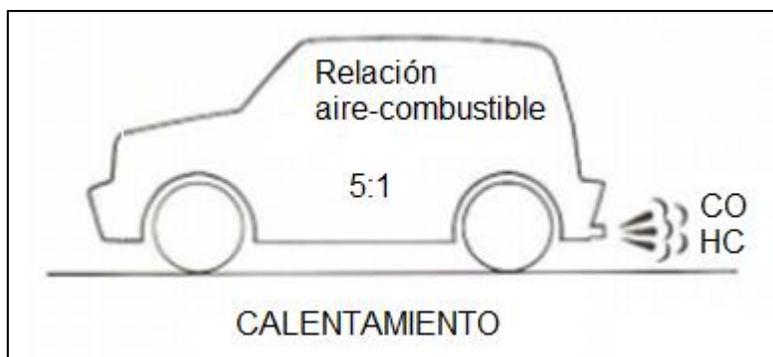


Ilustración 25. Emisiones en el calentamiento del motor (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.8.2. RALENTÍ

Durante el ralentí, la temperatura dentro de la cámara de combustión baja, de manera que la gasolina no está suficientemente vaporizada. Esto causaría que la combustión se vuelva inestable, si el carburador no estuviera diseñado para prevenir esto al proporcionar más combustible para enriquecer la mezcla. En estos casos la relación de aire-combustible se vuelve más rica en una proporción de 11:1. Las concentraciones de CO y HC aumentan debido a la completa combustión mientras que los NO_x disminuyen casi hasta llegar a cero debido a la baja temperatura de la combustión. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Como se muestra en la Ilustración 26. Cuando el vehículo se encuentra en ralentí aumentan las emisiones de CO y de HC.

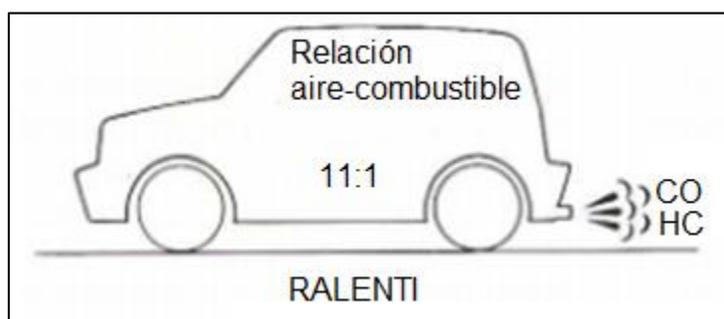


Ilustración 26. Emisiones en ralentí (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.8.3. VIAJE ESTABLE

Como las relaciones aire-combustible de baja velocidad son diferentes a las relaciones de alta velocidad, las concentraciones de las emisiones de gases de escape varían según la velocidad (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018):

- VELOCIDADES BAJA Y MEDIA (MENOS DE 100 KM/H O 62MPH)

A velocidades baja y media, la relación aire-combustible es un poco más pobre que la relación aire-combustible teórica. Cada motor es diferente, pero en los motores más usados la proporción esta alrededor de 16 a 18:1; debido a la pobreza de la mezcla en esta relación, la temperatura en la cámara aumenta, generando más NO_x. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Como muestra la Ilustración 27. Cuando se presentan velocidades de menos de 100 Km/h y con una relación de mezcla de 16 a 18:1, se puede ver un aumento en las emisiones de NO_x.



Ilustración 27. Emisiones a velocidades baja y media (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

- VELOCIDADES ALTAS (SOBRE 100 Km/H O 62mph)

Cuando el vehículo llega a velocidades sobre 100 Km/h, el motor gira con una gran potencia y la relación aire-combustible es rica, por lo que la proporción es de 13 a 14:1. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

La concentración de CO y HC aumentan, pero el NO_x baja debido a una falta de oxígeno y la baja temperatura de combustión. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Como se muestra en la Ilustración 28. Cuando el vehículo tiene una velocidad mayor a los 100 Km/h y una relación de mezcla de 13 a 14:1 se puede ver un aumento en las emisiones de CO, HC y de NO_x.



Ilustración 28. Emisiones a velocidad alta (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.8.4. ACELERANDO

Cuando el pedal del acelerador es accionado, la mariposa de aceleración se abre, aumentando la cantidad de aire aspirado al múltiple de admisión. La cantidad de combustible suministrado también aumenta naturalmente, de manera que la mezcla aire-combustible se enriquece y su proporción es de 8:1 y las concentraciones de CO y HC aumentan más a medida que la velocidad del motor aumenta, la velocidad de la combustión aumenta por lo que su temperatura también se eleva, produciendo un aumento en la producción de NO_x. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Como se muestra en la Ilustración 29. Las emisiones que aumentan cuando se acelera al vehículo son los HC, CO y NO_x.



Ilustración 29. Emisiones acelerando el motor (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.8.5. DESACELERANDO

Durante el frenado del motor, la mariposa de aceleración está completamente cerrada pero la velocidad del motor es alta y el vacío en la cámara de combustión y múltiple de admisión se fortalecen. Este vacío baja la velocidad de propagación de la llama, lo que causa que se apague antes de propagarse a través de la cámara de combustión. Esto crea gas HC no quemado, el cual es expulsado a la atmosfera. Además, el vacío causa que el combustible que se adhiere a las paredes del múltiple se evapore extremadamente rápido, dando lugar a una mezcla de combustible sobre enriquecida. Esto aumenta las concentraciones de CO y HC, pero como también baja la temperatura de combustión, de igual manera disminuye la concentración de NO_x. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Como se muestra en la Ilustración 30. Cuando el vehículo se encuentra desacelerándose se presenta una mezcla rica y las emisiones de CO y HC aumentan.

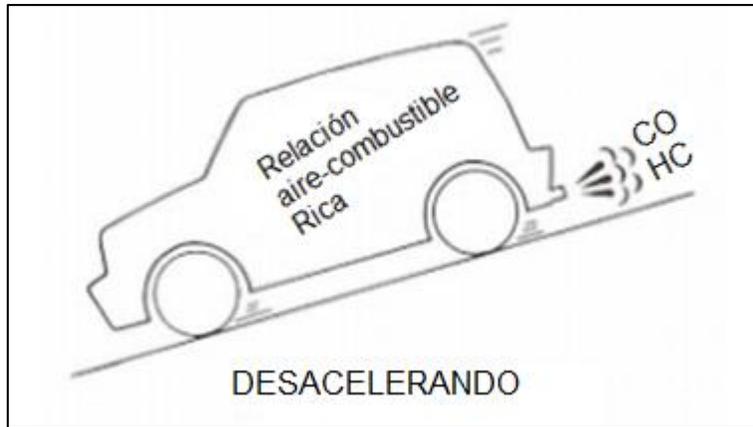


Ilustración 30. Emisiones desacelerando el motor (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.1.8.6. CARGA PESADA

Cuando un vehículo sube una colina difícil de ascender, se somete al motor a una carga pesada. La mariposa de aceleración se abre completamente y la mezcla aire-combustible se encuentra en su punto máximo de riqueza aproximadamente entre 11 a 13:1. Las concentraciones de CO y HC son altas, mientras que las de NO_x son bajas. (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

Como se muestra en la Ilustración 31. Al momento del motor tener una carga pesada se puede encontrar un aumento en las emisiones de CO, HC y NO_x.

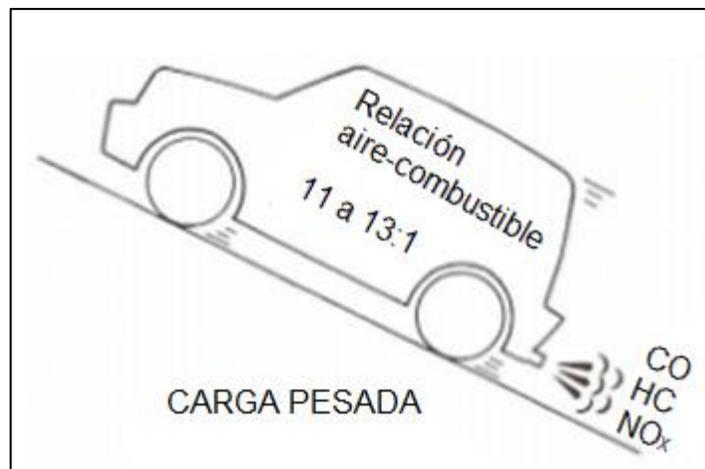


Ilustración 31. Emisiones sometiendo el motor a una carga pesada (automotriz, mecanicoautomotriz.org, 2018)

6.2. MARCO CONCEPTUAL

6.2.1. INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE GASES

Cuando se van a realizar pruebas de análisis de gases es recomendable que se hagan entre velocidad ralenti y velocidad crucero en el caso que la prueba es del tipo estático, es posible hacer las mediciones con diferentes revoluciones, de esta manera se puede determinar si en el caso de que aparezcan problemas estos permanecen o desaparecen a ciertas revoluciones. Además, gracias a que se usen diferentes revoluciones los gases de escape saldrán con mayor fuerza por lo que se contara con mediciones más precisas. (Anonimo, s.f.)

6.2.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CREACIÓN DE GASES CONTAMINANTES

- Temperatura de la combustión
- Homogeneidad de la mezcla
- Presión
- Turbulencia
- Forma de la cámara de combustión
- Tiempo de distribución de las válvulas

6.2.3. VALORES ESTIMADOS EN LA OBTENCIÓN DE DATOS

En la Tabla 1. Se puede observar como deberían ser aproximadamente los valores de las pruebas de emisiones en los vehículos. Para ello se especifica cuáles deberían ser los valores de monóxido de carbono y de hidrocarburos.

Altura Sobre Nivel Del Mar	%CO	%CO	Ppm HC	Ppm HC
	1-1500m	1501-3000m	1-1500m	1501-3000m
2001 y Posterior	1	1	200	200
1998-2000	2,5	2,5	300	300
1996-1997	3	3,5	400	450
1991-1995	3,5	4,5	650	750
1981-1990	4,5	5,5	750	900
1975-1980	5,5	6,5	900	1000
1974 o Anteriores	6,5	7,5	1000	1200

Tabla 1. Valores estimados en la obtención de datos (Ing. Néstor Raúl Fonseca e Ing. José Mauricio Zabala, 2012)

6.2.4. COMBUSTIÓN IDEAL

Se llama combustión ideal al proceso en el que tanto el combustible como el oxígeno son quemados por completo en la combustión, si esto sucede solamente se produce CO_2 Y H_2O . Sin embargo, este proceso muy pocas veces se produce por lo que aparecen las emisiones de O_2 y de HC, debido a que siempre queda algo de esa mezcla de aire-combustible sin quemar. Además, el nitrógeno, así como entra en el motor sale por los gases de escape, pero si el motor se somete a una carga importante se producen los NO_x . (Anonimo, s.f.)

En la Ilustración 32. Se puede observar cual debería ser la proporción de los gases de escape si la combustión fuera ideal y si se quemaran tanto el oxígeno como el combustible. En esta se puede observar que solo un 1% de esos gases son contaminantes.

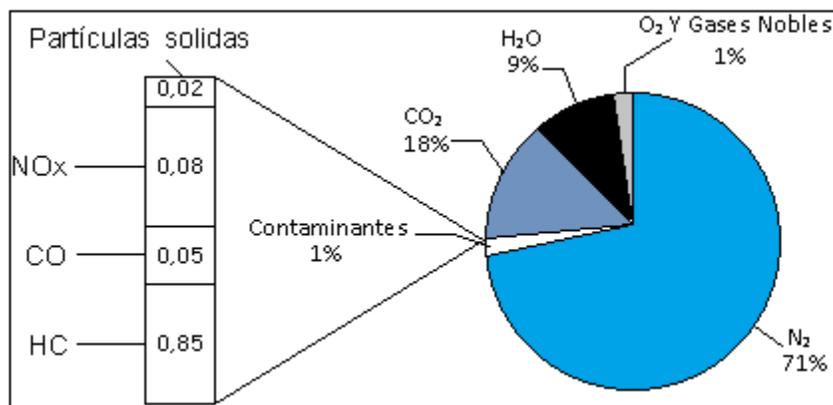


Ilustración 32. Composición de gases de escape en un vehículo de gasolina en condiciones normales (Anonimo, s.f.)

6.2.5. CAUSAS DE FORMACIÓN DE LOS GASES DE ESCAPE

6.2.5.1. MONÓXIDO DE CARBONO

Cuando se presenta una elevada emisión de CO, es producida por fallas mecánicas o de combustión es decir que esta se genera como producto de una mala combustión. Esta emisión es medida en porcentaje de volumen %Vol, por ejemplo, si se dice que hay un 2% de CO esto quiere decir que del 100% de los gases de escape solo el 2% es CO. (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

Cuando hay un alto porcentaje de CO se dice que hay una mezcla rica, pero si por el contrario hay un porcentaje bajo la mezcla en este caso es pobre. Es la principal emisión a tener en cuenta, los valores que se presenten de esta emisión dependen del año y el modelo del vehículo al cual se le realizan pruebas. El CO revela si existe una pérdida de eficiencia en el motor. (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

6.2.5.1.1. CAUSAS DE GENERACIÓN DE CO

- Por sensores actuadores de inyección de combustible.
- Por fugas de aire en el múltiple de admisión.
- Por bujías deficientes.

6.2.5.2. DIÓXIDO DE CARBONO

Cuando existe un porcentaje entre el 12% y el 15% del total de los gases de escape la combustión es eficiente. Un porcentaje alto de CO₂ indica que la combustión es eficiente. Si se presenta un valor bajo de CO₂ quiere decir que la mezcla es rica o pobre y para determinarlo se deben comparar las lecturas de CO, CO₂ Y HC. (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

6.2.5.2.1. CAUSAS DE GENERACIÓN DE CO₂

- Un buen sistema de inyección de gasolina.
- Un buen sistema de encendido
- Buena compresión del motor

6.2.5.3. HIDROCARBUROS

Es medido en partículas por millón o ppm, por ejemplo, si se tuviera una lectura de 400ppm esto quiere decir que del total de los gases de escape 400 partículas por millón corresponden a HC. (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

6.2.5.3.1. CAUSAS DE GENERACIÓN DE HC

- Encendido deficiente en las bujías debido a fallas eléctricas en el circuito de encendido.
- Una falla en el tipo de mezcla aire-combustible. Si la presión del combustible es alta la mezcla es rica y si es baja la mezcla es pobre.
- Sensores MAP, MAF y válvula de mínima IAC en falla.
- Fuga de admisión de aire por fallas mecánicas, compresión o por fuga de aire ante o después de la mariposa de aceleración.

6.2.5.4. OXIGENO

- O Alto: Puede deberse a una mezcla pobre, combustiones que no se producen o un escape roto
- O Alto: mezcla pobre, fallas en la combustión, aumento de HCx y CO además de válvulas de escape descalibradas
- O Bajo: Mezcla rica
- O= 0% significa que se ha agotado todo el oxígeno, si el CO es alto es indicativo de una mezcla rica.
- Normalmente el oxígeno debe ubicarse debajo del 2%.
- Cuando existe un elevado valor de Oxígeno en los gases de escape en un vehículo de gasolina, es causado por un agujero en la línea de escape (múltiple, etc.) es un oxígeno que no pasó por el MAF.

6.2.5.5. ÓXIDOS DE NITRÓGENO

Se presenta por temperaturas elevadas en la combustión. El nitrógeno presente en el aire se combina con el oxígeno presente en la combustión y se forman los NO_x. Es medido en partículas por millón ppm, la alta presencia de ppm de NO_x indica una elevada temperatura en la cámara de combustión. (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

A mayor temperatura de la cámara de combustión más formación de NO_x, el oxígeno utilizado para la formación NO_x es necesario para la formación de CO₂, lo que incrementa el CO y disminuye la eficiencia del motor. (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

En la Ilustración 33. Se puede observar cual es el comportamiento de los NO_x cuando la mezcla aire-combustibles es una mezcla rica o una mezcla pobre, cuando hay una mezcla pobre como se ve en la flecha derecha los NO_x aumentan debido a que la temperatura de la mezcla incrementa, lo que facilita la formación de esta emisión y si se observa la flecha izquierda se puede observar que los NO_x disminuyen pues la temperatura de la mezcla disminuye y no es tan fácil que se forme este tipo de emisión.

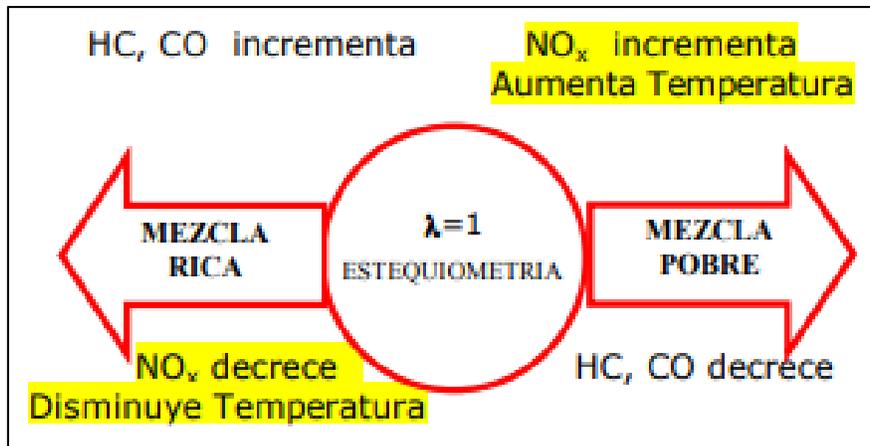


Ilustración 33. Comportamiento de formación de NOx (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

6.2.5.5.1. DIFERENTES TIPOS DE NOx

- Dióxido de nitrógeno (NO₂): Es una sustancia oscura que puede formar una nube castaña por encima de las áreas urbanas.
- Nitroso de óxido (N₂O): Es llamado gas hilarante, está presente en el aire en pequeñas cantidades.
- Trióxido de nitrógeno (NO₃) es un gas incoloro, inodoro que forma ácido nitroso HNO₃ en presencia de agua.
- Pentóxido de nitrógeno N₂O₅ es un gas incoloro que forma ácido nitroso HNO₃ en presencia del agua.

Cuando los NO_x se mezclan con la atmosfera húmeda, se aumenta la formación de lluvia acida, además con la luz solar más la presencia de NO_x se produce el smog que afecta las mucosas nasales y oculares. (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

6.2.5.5.2. CAUSAS DE FORMACIÓN DE NOx

- Fallas en la refrigeración: se puede presentar por diferentes causas como lo son (la falta de limpieza del termostato o del refrigerante, se produce lentitud al cambio de temperatura de motor y desmejora en el intercambio de calor desde el radiador o condensador del Aire acondicionado. Una mezcla rica por baja temperatura en el motor o una mezcla pobre por radiador, condensador o evaporador tapados). (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

En la Ilustración 34. Se puede observar una representación gráfica de una de las causas de formación de NO_x, en esta se representa un mal funcionamiento del sistema de refrigeración del motor por lo que la temperatura se eleva y se forman NO_x.

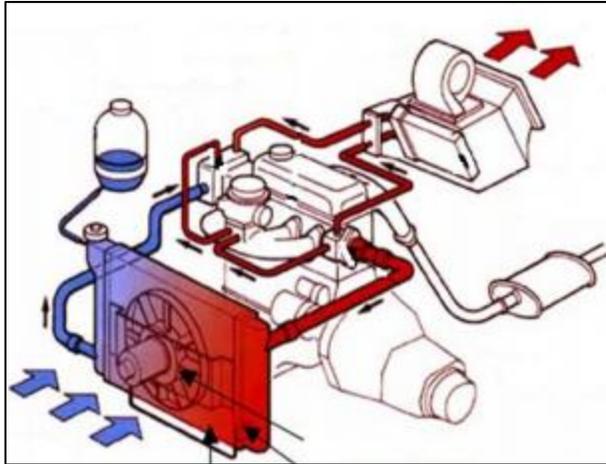


Ilustración 34. radiadores obstruidos o electro ventiladores con carga (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

- Falla en el sistema EGR: Una válvula EGR pegada en posición abierta por el carbón del gas de escape retornante al múltiple de admisión para bajar la temperatura de la combustión y el NOx. (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)
- Falla del tipo de bujía
- Cepillado de la culata
- Falla del convertidor catalítico

6.2.6. SENSOR DE OXIGENO O ZONA LAMBDA

Generador de voltaje que se encarga de medir la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape. La señal que envía la sonda a la PCM es para ajustar el pulso de inyección con el fin de lograr una combustión ideal. (Anónimo, s.f.)

En la Ilustración 35. Se puede observar un esquema de conexión para un sensor de oxígeno o zona lambda que se encarga de enviar información a la PCM con el fin de determinar cuanta cantidad de combustible entra a la cámara, además se puede ver que gracias a un scanner se puede determinar el estado de este sensor y mediante un analizador de gases conectado al escape del vehículo se puede determinar cuanta cantidad de oxígeno sale en los gases de escape.

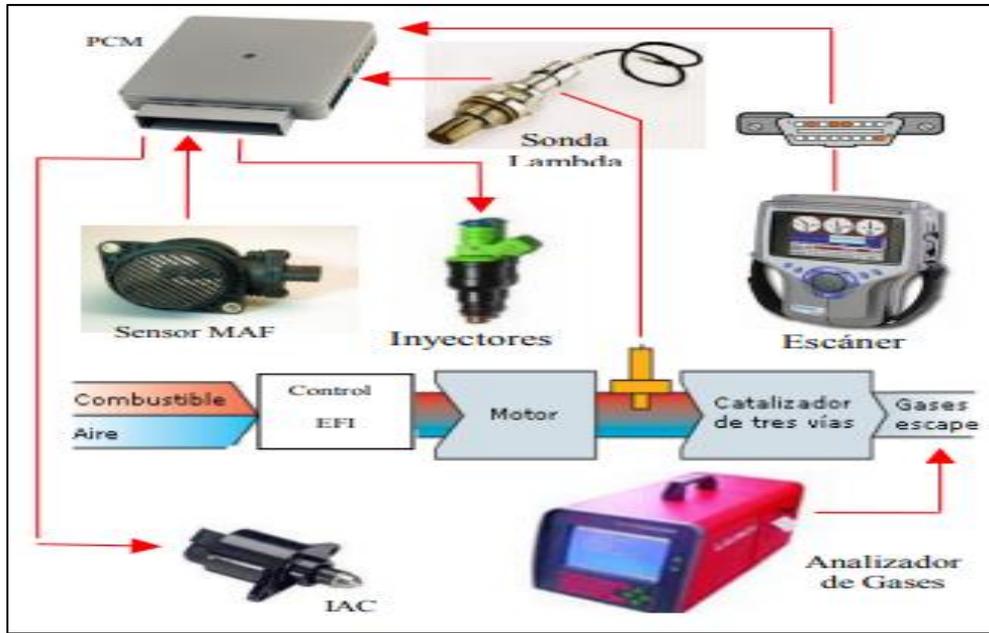


Ilustración 35. Esquema de conexión sensor de oxígeno o zona lambda (Anónimo, s.f.)

6.2.6.1. FACTOR LAMBDA

Coeficiente que expresa el exceso o falta de aire en la combustión, indica una variación de la relación de mezcla estequiométrica esta variación solo se puede dar entre mezcla rica, mezcla estequiométrica y mezcla pobre. El valor del factor lambda dependerá en gran medida del voltaje.

En la Ilustración 36. Se puede observar cómo es la gráfica de comportamiento de los valores de la zona lambda en base a los voltajes producidos por el sensor y que determinan el tipo de mezcla que está recibiendo el motor.

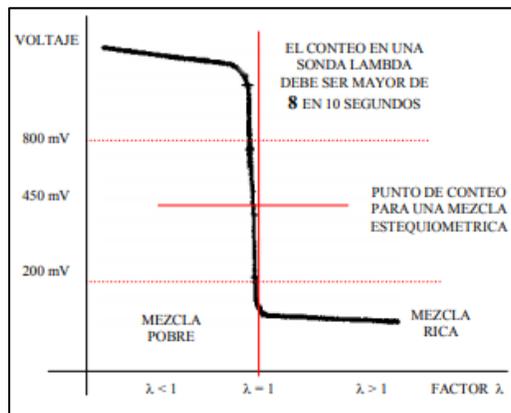


Ilustración 36. Factor Lambda Esquema (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

6.2.6.1.1. MEZCLA RICA O $\lambda < 1$

Se presenta por una combustión incompleta en la que se presenta un exceso de gasolina. Esto sucede debido a que al existir un bajo porcentaje de O para la combustión, quedan ppm de HC

altos que no fueron quemados en la combustión por lo que quedan en los gases de escape. (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

6.2.6.1.2. MEZCLA POBRE O $\lambda > 1$

Se presenta por una combustión incompleta en la que en vez de existir un exceso de gasolina se presenta un exceso de oxígeno, esto ocurre debido a que se presenta un alto nivel de porcentaje de O, debido a una filtración de aire ambiente a la mezcla de combustión por lo que queda un alto porcentaje de O en los gases de escape. (Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico, s.f.)

6.2.7. INTERPRETACIÓN DE AVERÍAS

Para poder entender cómo se encuentra el estado de un vehículo mediante los análisis de gases se puede tomar como base los siguientes ejemplos:

6.2.7.1. CASO 1: FUNCIONAMIENTO CORRECTO

HC	300 ppm	150 ppm	80 ppm
CO	2%	1%	0,8%
CO ₂	12,5%	13%	13%
O ₂	1,2%	0,8%	0,7%
rpm	Ralentí	Crucero	crucero

Tabla 2. Caso1: Funcionamiento Correcto (Anonimo, s.f.)

Se puede observar un caso en el que el vehículo se encuentra en perfectas condiciones. En este caso las emisiones de CO y de HC descienden sus valores a medida que subimos las revoluciones, en cambio el CO₂ desciende a medida que se aumentan las revoluciones. El O₂ desciende debido a que a mayores revoluciones se quema mejor la mezcla. (Anonimo, s.f.)

6.2.7.2. CASO 2: CAUDALÍMETRO

HC	250 ppm	250 ppm	300 ppm
CO	2%	3,5%	4%
CO ₂	13%	12,5%	12%
O ₂	1,2%	0,5%	0,3%
rpm	Ralentí	Crucero	crucero

Tabla 3. Caso 2: Caudalímetro (Anonimo, s.f.)

Se puede observar un caso en el que los valores de CO y HC aumentan, por lo cual se dice que el vehículo no está economizando como debería, por esto se debe comprobar el elemento que mide la cantidad de aire. (Anonimo, s.f.)

6.2.7.3. CASO 3: TUBO DE ESCAPE ROTO

HC	300 ppm
CO	1,5%
CO ₂	9%
O ₂	6%
λ	Fuera de escala
rpm	Ralentí

Tabla 4. Caso 3: Tubo de Escape Roto (Anonimo, s.f.)

Se puede observar un caso en el que existe una toma de aire en el tubo de escape, cuando esto sucede los valores de CO y de HC prácticamente no varían. El O₂ aumenta considerablemente dependiendo de la apertura de la toma de aire y debido a que la mezcla no es óptima el CO₂ disminuye notablemente. (Anonimo, s.f.)

6.2.7.4. CASO 4: FALLO DE ENCENDIDO

HC	1500 ppm
CO	1%
CO ₂	11%
O ₂	6%
λ	Fuera de escala
rpm	Ralentí

Tabla 5. Caso 4: Fallo de Encendido (Anonimo, s.f.)

Se puede observar un caso en el que el vehículo hay un problema de encendido, en este caso el único valor que indica un fallo en el encendido son los hidrocarburos HC debido a que estos valores aumentan notablemente. (Anonimo, s.f.)

6.2.7.5. CASO 5: MEZCLA RICA

HC	390 ppm
CO	5%
CO ₂	12%
O ₂	0,2%
λ	0,92
rpm	Ralentí

Tabla 6. Caso 5: Mezcla Rica (Anonimo, s.f.)

En este caso cuando hay un exceso de CO además hay una deficiencia de O₂, mientras que los valores de CO₂ casi no varían y los valores de HC son más altos de lo normal. (Anonimo, s.f.)

6.2.7.6. CASO 6: MEZCLA POBRE

HC	250 ppm
CO	0,3%
CO ₂	11%
O ₂	3%
λ	1,2
rpm	Ralentí

Tabla 7. Caso 6: Mezcla Pobre (Anonimo, s.f.)

En este caso hay una deficiencia de CO además hay un exceso de O₂ indicando que hay una mezcla pobre, sin embargo, son los dos únicos que pueden indicar esto debido a que los HC y los CO₂ no varían prácticamente. (Anonimo, s.f.)

6.2.7.7. CASO 7: AVERÍA EN VÁLVULA DE ESCAPE

HC	2000 ppm
CO	2%
CO ₂	9,5%
O ₂	5,5%
λ	1,1
rpm	Ralentí

Tabla 8. Avería en Válvula de Escape (Anonimo, s.f.)

Este tipo de fallo se representa en la cantidad de HC que sale sin quemar y al valor sobrante de O₂ tan elevado, este fallo puede ser confundido con el fallo de encendido y para poder determinar cuál de los dos tipos de fallos se presentan se deben subir las revoluciones por lo que si estas dos emisiones descienden rápidamente y si esto sucede el fallo está en las válvulas de escape. (Anonimo, s.f.)

6.2.7.8. CASO 8: TOMA DE AIRE EN COLECTOR DE ADMISIÓN

HC	2000 ppm
CO	2%
CO ₂	9,5%
O ₂	5,5%
λ	1,1
rpm	Ralentí

Tabla 9. Caso 8: Toma de Aire en Colector de Admisión (Anonimo, s.f.)

La cantidad de O₂ es muy elevada con respecto al CO. Esta elevada cantidad de O₂ se debe a una entrada de aire que ingresa por el colector de admisión y que no es medida por el caudalímetro. (Anonimo, s.f.)

6.2.8. ANALIZADOR DE GASES BRAIN BEE AGS-688

El analizador AGS-688 es considerado como un analizador de gases básico, sin embargo, gracias a la gran cantidad de accesorios opcionales que pueden llegar a conectarse al analizador puede realizar más funciones. (Moises Irazabal, 2014).

6.2.8.1. VISTA FRONTAL

En la Ilustración 37. Se puede observar la parte frontal del analizador de gases en la que el numero 1 es una impresora térmica para poder obtener una tirilla con los valores obtenidos en la prueba, el numeral 2 es el panel de control con el que se opera el analizador y el numero 3 es el panel en el cual se arrojan los resultados que se van obteniendo en las pruebas.

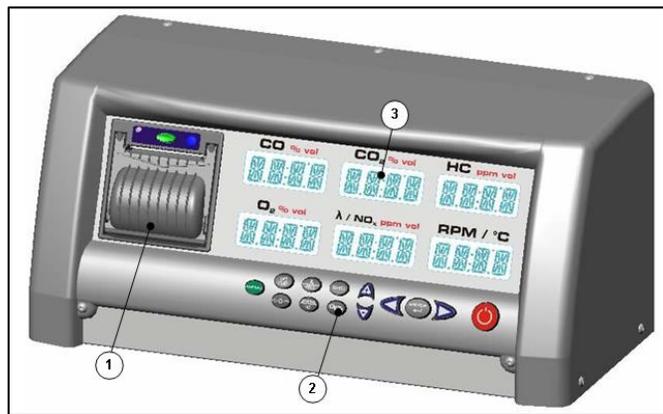


Ilustración 37. Vista frontal analizador BRAIN BEE AGS-688 (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.2. VISTA POSTERIOR

En la Ilustración 37. Se puede observar la parte posterior del analizador en donde el numero 1 es una entrada para conectar una sonda de temperatura de aceite, el numero 2 es una entrada para la conexión de un sensor de revoluciones del motor, el numero 3 es puerto de comunicación serial, el numero 4 es un puerto de comunicación USB, el numero 5 es un puerto de comunicación OmniBus, el numero 6 es una entrada de alimentación, el numero 7 es el grupo neumático en donde se encuentran los sensores y aparatos del analizador y el numero 8 es un adhesivo en el que se encuentra la información del analizador.

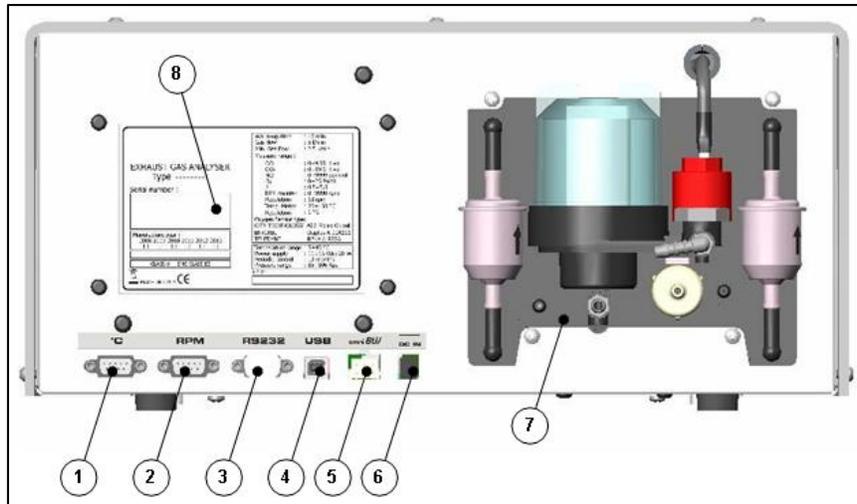


Ilustración 38. Vista posterior analizador BRAIN BEE AGS-688 (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.3. DETALLES DEL GRUPO NEUMÁTICO

En la Ilustración 39. Se puede observar al grupo neumático del analizador en donde el numero 1 es una salida de agua condensada, el numero 2 es una entrada de gas al analizador y el 3 una salida de gas, el numero 4 es un filtro de carbones activos, el numero 5 es una entrada de calibración, el numero 6 es un filtro de circuito de gas, el numero 7 es un filtro de circuito de agua, el numero 8 es un contenedor, el numero 9 es un filtro, el numero 10 es un filtro de red interno, el numero 11 es un sensor de O₂ y el numero 12 es una tapa para alojar un sensor de NO_x que es opcional.

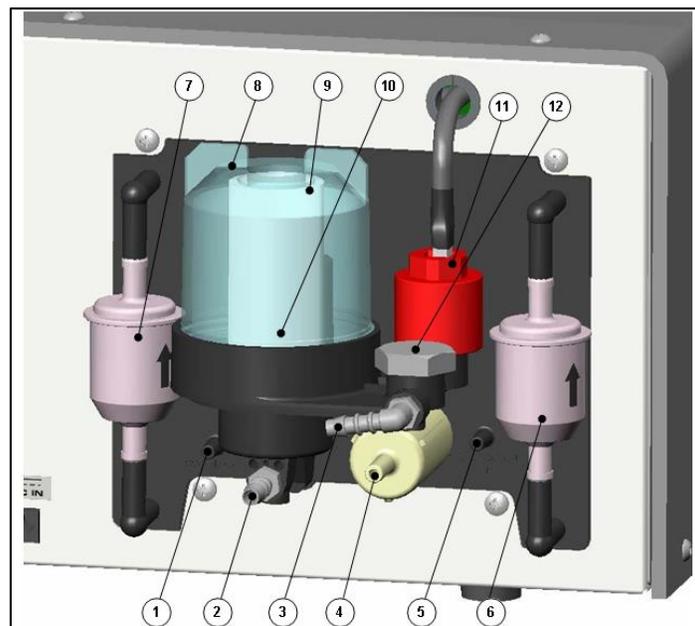


Ilustración 39. Grupo neumático del BRAIN BEE AGS-688 (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.4. PANEL DE CONTROL

En la Ilustración 40. Se puede observar el panel de control que cuenta con 13 botones en los que el 1 es un control manual de auto cero, el 2 es una conmutación entre el valor de lambda y el valor de NO_x, el 3 es la configuración de los parámetros de la prueba, el 4 es un botón de deslizamiento vertical, el 5 es un botón de desplazamiento horizontal, el 6 es un control de confirmación, el 7 es un botón de desplazamiento horizontal, el 8 es el control de encendido y apagado del analizador, el 9 es un control para volver al menú de aplicaciones, el 10 es un control de impresión, el 11 es una conmutación de visualización entre la temperatura y las revoluciones del motor, el 12 es un comando para regresar o salir al anterior menú y el 13 es un control de deslizamiento vertical.

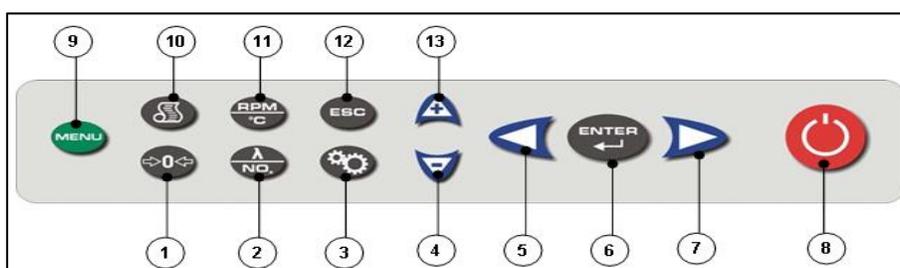


Ilustración 40. Panel de control BRAIN BEE AGS-688 (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.5. ACCESORIOS SUMINISTRADOS

En la Ilustración 41. Se puede observar los accesorios con los que viene el analizador de gases, el 1 es la sonda de extracción de gases que se conecta al escape del vehículo, el 2 es el tubo de la sonda de extracción de gases, el 3 es un tubo de drenaje condensado, el 4 es un tubo de descarga de salida de gases, el 5 es un sensor y el 6 es el filtro de la sonda de extracción.

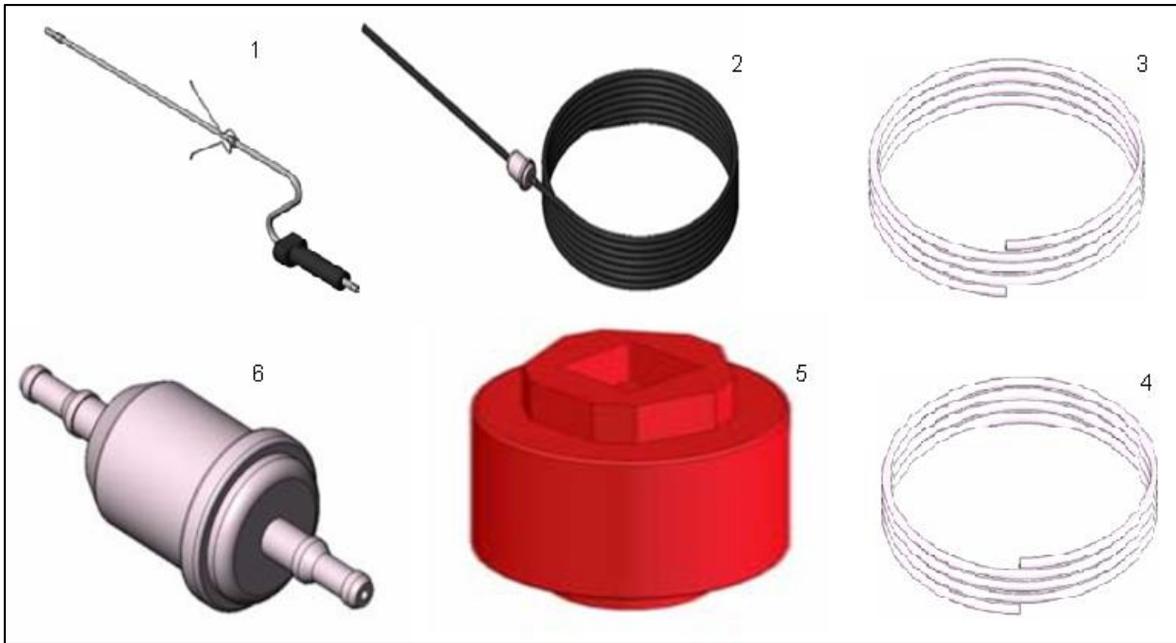


Ilustración 41. Accesorios suministrados (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.6. CONEXIÓN DE ACCESORIOS

En la ilustración 42. Se puede observar cual debe ser la correcta conexión de los accesorios suministrados. Se debe conectar la sonda de extracción de gas al correspondiente tubo manteniendo el filtro de plástico en la misma dirección que se muestra en la ilustración, además se debe conectar el tubo de la sonda de extracción de gas a la salida de gas del analizador. Se debe conectar el tubo de escape condensado a la salida de condensado y el tubo de salida gas a la salida de gas del analizador. Finalmente se debe atornillar en sentido horario el sensor de oxígeno en la sede apropiada y conectarlo a cable correspondiente representado en la ilustración como el número 2. (Moises Irazabal, 2014)

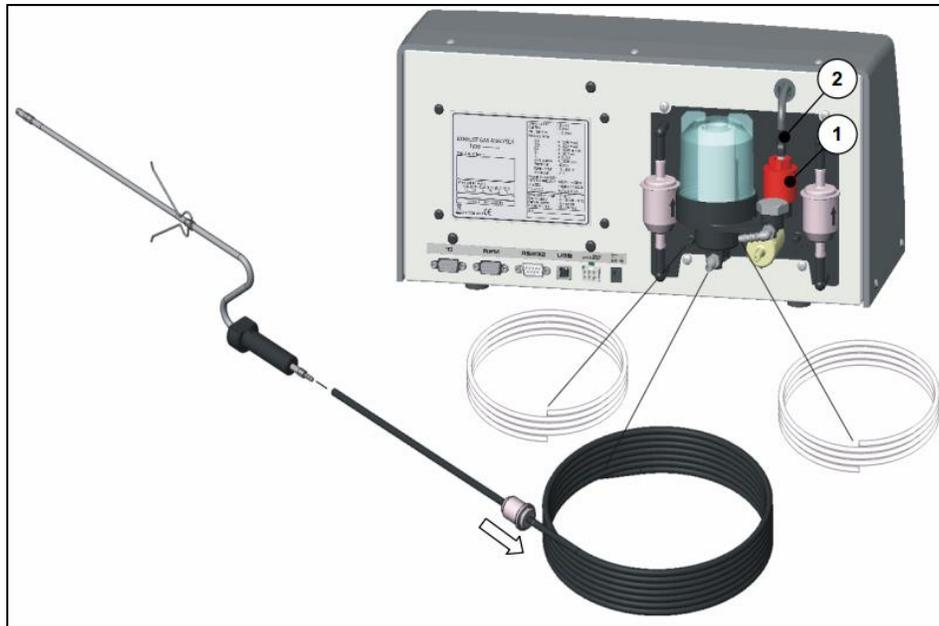


Ilustración 42. Conexión con accesorios suministrados (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.7. CONEXIÓN CON ACCESORIOS INTERNOS

En la Ilustración 43. Se puede observar el puerto para conexiones de accesorios externos que permiten realizar diferentes tipos de funciones como lo son el conteo de revoluciones, la conexión a un pc y el control de la temperatura, entre otras funciones.

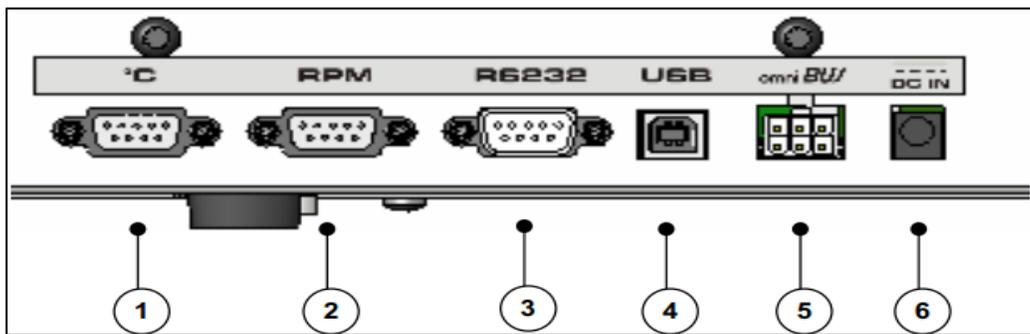


Ilustración 43. Conexiones para accesorios externos (Moises Irazabal, 2014)

El analizador de gases BRAIN BEE AGS-688 cuenta con dos entradas para la alimentación, en la Tabla 10. se presentan las principales conexiones externas que se pueden realizar con el analizador de gases, para poder entender que representa cada número se debe remitir a la ilustración 43.

CONEXIÓN A ALIMENTACION	
CONEXIÓN	ACCESORIOS EXTERNOS
6	Alimentación principal del analizador
5	Alimentación alternativa
CONEXIÓN A ORDENADOR	

CONEXIÓN	ACCESORIOS EXTERNOS
3	Cable serial conexión a ordenador
4	Cable USB
CONFIGURACIÓN BÁSICA	
CONEXIÓN	ACCESORIOS EXTERNOS
1	Sonda de temperatura del motor
2	Sonda de revoluciones del motor

Tabla 10. Conexión accesorios externos (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.8. SOFTWARE ANALIZADOR DE GASES BRAIN BEE AGS-688

Este analizador de gases puede ser usado también mediante un ordenador, si se instala el software correspondiente a este analizador. Para que pueda ser usado es necesario realizar ciertas configuraciones como el puerto de comunicación o los datos del taller, así como otros aspectos que pueden ser de mucha ayuda. (Moises Irazabal, 2014)

En la ilustración 44. Se puede observar la estructura básica del software que se puede usar para recolectar los datos de las pruebas realizadas en los vehículos.

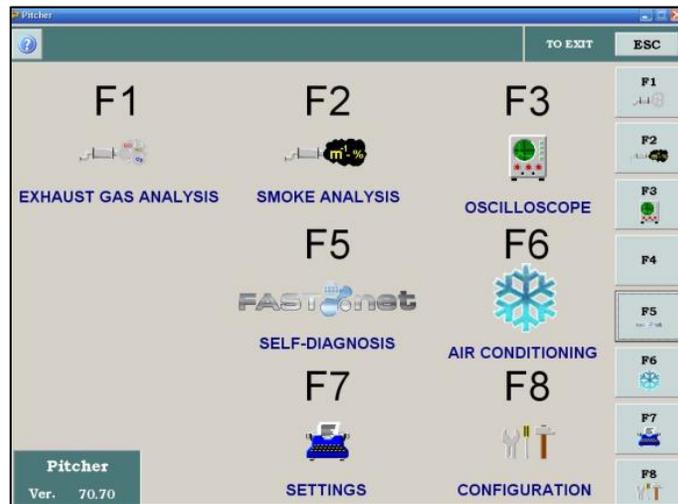


Ilustración 44. Estructura software para pc BRAIN BEE AGS-688 (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.9. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD

Realizar una prueba de estanqueidad es importante para controlar de que no haya infiltraciones de aire en el circuito mecánico para poder realizar la prueba. (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.10. PRUEBA DE RESIDUOS HC

Sirve para controlar si el circuito neumático está sucio con hidrocarburos, si el valor de los HC es muy elevado cuando se aspira aire, el software considera que el circuito está sucio e inhibirá las mediciones obtenidas. Es posible repetir la prueba para que el sistema aspire aire limpio y así

poder limpiar los tubos y los filtros de la sonda, si después de hacer esto los valores siguen estando elevados es necesario sustituir los filtros y limpiar adecuadamente los tubos y las sondas para poder ejecutar la prueba. (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.11. LIMPIEZA DEL SISTEMA DE FILTRADO

La función de los filtros es muy importante debido a que si estos no estuvieran o si tuvieran un mal funcionamiento no podrían proteger los delicados sistemas internos del analizador con impurezas provenientes del exterior. (Moises Irazabal, 2014)

En la ilustración 45. Se observa cómo debe realizarse el correcto desmontaje de los filtros, para ello debe retirarse el filtro coalescente (2) en caso de que el equipo no logre superar la prueba de residuos HC o al menos una vez al mes y además se debe cambiar el filtro de red (4) el cual se debe lavar una vez al mes y sustituirlo si se deteriora. Para poder extraer los filtros, es necesario retirar el vaso contenedor (1) girándolo en sentido anti-horario y extraer el filtro coalescente (2) levantándolo. Para extraer el filtro de red (4) es necesario levantar con fuerza el soporte (3), una vez extraído se puede sustituir o limpiar con agua y jabón. (Moises Irazabal, 2014)

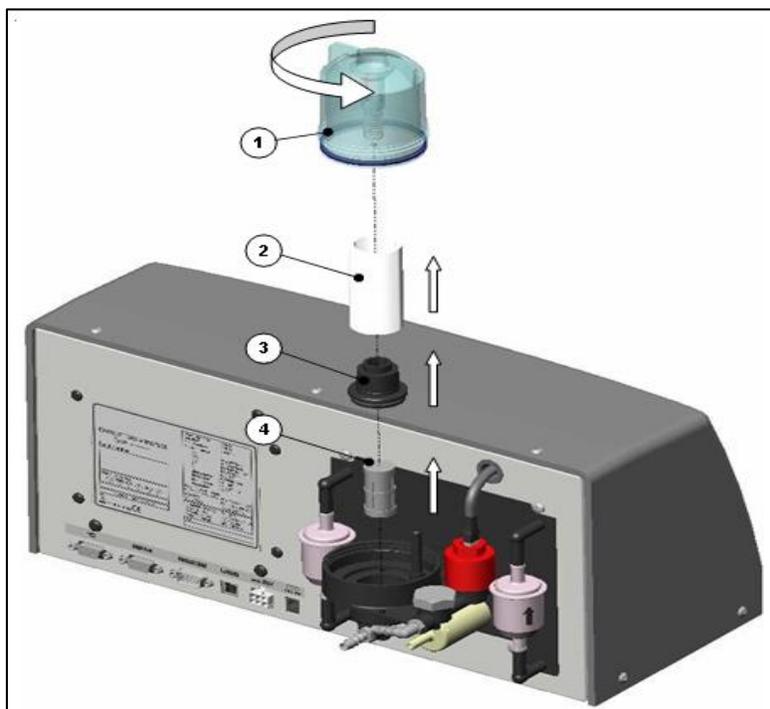


Ilustración 45. Limpieza sistema de filtrado (Moises Irazabal, 2014)

Ahora bien, para realizar el montaje de los filtros es necesario realizar un proceso inverso al del desmontaje de los mismos, es decir que se debe poner en su posición el filtro de red cuidando que este encaje en su espacio, luego se debe colocar el soporte con fuerza, cuando se haya colocado el soporte se debe colocar el filtro coalescente y finalmente colocar el contenedor con fuerza y esta vez girarlo en sentido horario. (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.12. SUSTITUCIÓN DE FILTRO DE CARBONES ACTIVOS

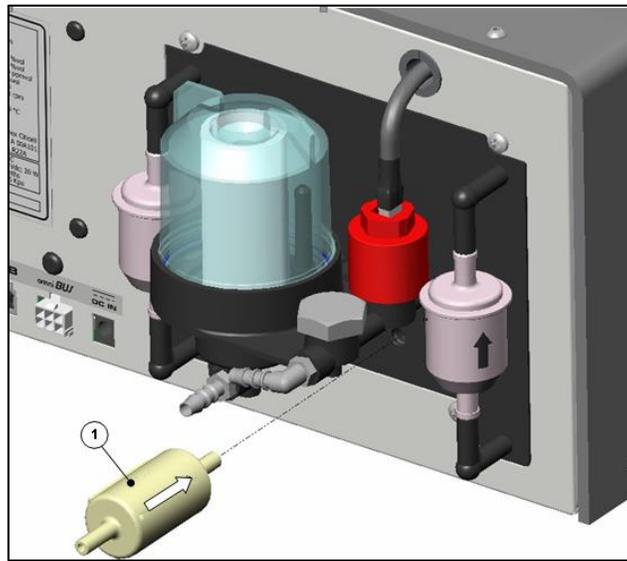


Ilustración 46. Sustitución filtro de carbones activos

El filtro de carbones activos sirve para purificar el aire utilizado en el auto cero del instrumento de polvo e hidrocarburos presentes en el ambiente. Si el equipo funciona en condiciones óptimas este filtro se debe sustituir cada año, para esto lo único necesario es extraer el filtro (1) y luego insertar el nuevo en el grupo neumático. (Moises Irazabal, 2014)

6.2.8.13. SUSTITUCIÓN SENSOR O₂

Antes de poder realizar cualquier medición, el software de manera automática controlara la eficiencia de este sensor y señalara cuando está próximo a agotarse o cuando no pueda usarse más. Para realizar el cambio de este sensor se deben seguir los siguientes pasos: retirar el sensor (1) agotado desatornillándolo en sentido antihorario, después se debe retirar la tapa protectora del nuevo sensor y por último se debe atornillar el nuevo sensor en sentido horario y conectar el cable (2) proveniente del analizador como muestra la ilustración 47. (Moises Irazabal, 2014)

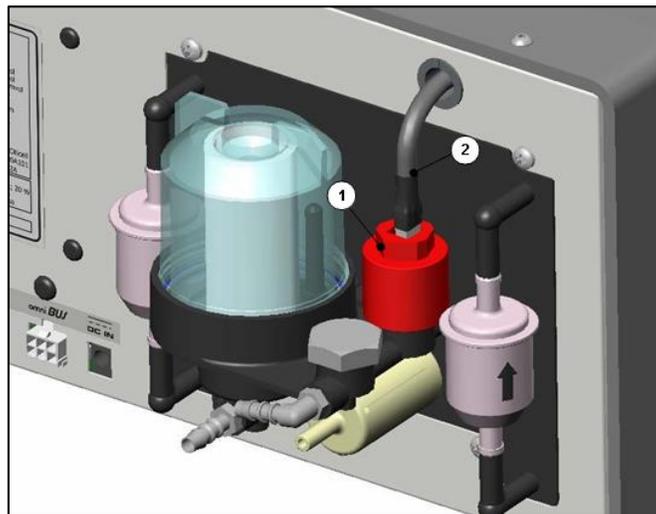


Ilustración 47. Sustitución sensor O₂ (Moises Irazabal, 2014)

6.3. MARCO HISTÓRICO

6.3.1. ESTÁNDARES DE EMISIÓN

El CO, HC y NO_x presentes en los gases de escape del automóvil forman junto con los gases emitidos por las fábricas y plantas de poder térmico, la más grande fuente de contaminación del aire. Los gases de escape del automóvil causan muchos problemas en áreas urbanas donde hay gran concentración de vehículos.

La primera regulación de control de emisión de escape de gas convertida en ley fue realizada en el estado de California (USA) en 1960. A continuación, se presenta la historia de la legislación de control de emisiones de gases de escape:

- 1943: Comenzó una rápida urbanización de los Ángeles, produciendo smog fotoquímico. Esto es considerado como el inicio del problema de la contaminación de los automóviles.
- 1952: Fue señalado por (A.J. Haagen Smit de la universidad de California) que la causa principal del smog fotoquímico era la acción de los rayos solares en los gases de escape de los automóviles.
- 1960: Se establecieron las regulaciones de control de emisiones de gases de escape de automóviles (para CO y HC en California)
- 1968: Comienzo de la formulación de regulaciones federales (para CO y HC) de control de emisiones de gases.
- 1970: El acto del aire limpio, introducido por el senador Edmund Muskie fue aprobado, el cual ordenaba regulaciones de control de emisiones de gases de escape. El acto Muskie estableció niveles estándares extremadamente estrictos de emisiones de gases de escape

CO, HC y NO_x. este acto es la base de los niveles estándar de control de emisiones usados hoy día. Desde ese momento, leyes similares se han aprobado en Japón, Europa y otros países del mundo, la mayoría de estas leyes han sido directamente tomadas de modelos de las leyes aprobadas en USA o en la EEC (comunidad económica europea).

6.4. MARCO LEGAL

Dentro del control de emisiones que se puede encontrar en las normas colombianas se encuentran las siguientes dos normas para llevar a cabo este control:

- Norma Técnica colombiana 5375. Revisión Técnico-Mecánica y de emisiones contaminantes en vehículos automotores.
- Norma Técnica colombiana 4983. Gases de escape.

A continuación, se extraen los conceptos básicos de las normas mencionadas y que aplican al proyecto:

6.4.1. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 5375 “revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes en vehículos automotores”

6.4.1.1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que se deben cumplir los vehículos automotores cuando pasan a la revisión Técnico-mecánica y de emisiones contaminantes en centros de diagnóstico automotriz. (Lozano Cely, 2017)

6.4.1.2. DEFINICIONES

- Revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes: Evaluación de la conformidad de un vehículo automotor en uso con respecto a los requisitos especificados en esta norma o en los requisitos legales, aplicando procesos de inspección sensorial y mecanizada. (Lozano Cely, 2017)

6.4.1.3. DEFECTOS TIPO A

Los defectos Tipo A son los defectos graves que puedan implicar un peligro inminente para la seguridad del vehículo, la de otros vehículos, la de sus ocupantes, o la de los demás usuarios de la vía pública o al ambiente. (Lozano Cely, 2017)

6.4.1.4. DEFECTOS TIPO B

Estos defectos implican un potencial para la seguridad del vehículo, la de otros vehículos, de sus ocupantes o de los demás usuarios, de la vía pública o al ambiente. (Lozano Cely, 2017)

6.4.1.5. RESULTADOS DE LA REVISIÓN TÉCNICO-MECÁNICA Y DE EMISIONES CONTAMINANTES

A partir de la revisión Técnico- Mecánica y de emisiones contaminantes se obtendrá dos tipos de resultados que se clasifican como vehículo aprobado o rechazado:

- Vehículo aprobado: El vehículo debe ser aprobado cuando se cumplan las siguientes condiciones:
 - a) No se deben encontrar defectos Tipo A para vehículos de servicio particular, público, tipo motocicleta, motocarro, remolque y de enseñanza automotriz. (Lozano Cely, 2017)
 - b) Los defectos Tipo B encontrados son menores a 10 para vehículos de servicio particular, menores a 5 para vehículos de servicio público, menores a 5 para vehículos tipo motocicleta, menores a 7 para vehículos tipo motocarro, menores a 5 para vehículos de enseñanza automotriz. (Lozano Cely, 2017)
- Vehículo rechazado: El vehículo debe ser rechazado cuando se presente uno de los siguientes casos:
 - a) Encontrar al menos un defecto Tipo A para vehículos de servicio particular, público, tipo motocicleta, motocarro, remolque y enseñanza automotriz. (Lozano Cely, 2017)
 - b) Presentar un total de defectos Tipo B Iguales o superiores a 10 para vehículos particulares, iguales o superiores a 5 para vehículos públicos, iguales o superiores a 5 para vehículos tipo motocicleta, iguales o superiores a 7 para vehículos tipo motocarros, iguales o superiores a 5 para vehículos de enseñanza automotriz. (Lozano Cely, 2017)

6.4.1.6. EMISIONES CONTAMINANTES

Según el tipo de vehículo las emisiones contaminantes de los gases de escape de este no deben exceder los niveles máximos permisibles que están establecidos por la reglamentación o los límites más estrictos que son especificados por las autoridades pertinentes encargadas de realizar este control de emisiones. Estas concentraciones deben estar determinadas mediante los

procedimientos establecidos en las normas técnicas colombianas. Como lo muestra la tabla 2, Se pueden encontrar las siguientes normas para llevar a cabo dicho control. (Lozano Cely, 2017)

Tipo de combustible	NTC
Gasolina	4983
Diesel	4231
Gasolina y mezcla gasolina-aceite en motocicletas, moto triciclos motociclos motocarros	5365

Tabla 11. NTC según tipo de combustible (Lozano Cely, 2017)

6.4.1.7. CONCENTRACIONES

En la siguiente tabla se muestra la descripción de defectos según la concentración de las emisiones. (Lozano Cely, 2017)

Descripción del defecto A B	A	B
Los vehículos cuyas emisiones de gases de escape tengan concentraciones de gases y sustancias contaminantes mayores a las establecidas por los requisitos legales ambientales definidos por la autoridad competente.	X	

Tabla 12. Descripción de defectos según las concentraciones de emisiones (Lozano Cely, 2017)

6.4.2. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 4983 “calidad del aire. evaluación de gases de escape de fuentes móviles a gasolina. método de ensayo en marcha mínima (ralentí) y velocidad crucero y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluación”

6.4.2.1. OBJETO

Esta norma tiene como objeto establecer la metodología necesaria para la determinación de las concentraciones de diferentes contaminantes en los gases de escape de los vehículos accionados a gasolina, realizadas en condiciones de funcionamiento en marcha mínima o ralentí, así como velocidad de crucero y cuyo resultado debe ser comparado con lo establecido en la reglamentación ambiental vigente. (Diaz, 2017)

Además, se establecen las características técnicas mínimas que deben cumplir los equipos necesarios para realizar y certificar dichas mediciones dentro del desarrollo de los programas de control de emisiones vehiculares. (Diaz, 2017)

Los gases de escape cuyas concentraciones se deben determinar y las unidades de medida en que se deben reportar se presentan en la siguiente tabla. (Diaz, 2017)

Parámetro	Símbolo	Unidad
Monóxido de carbono	CO	% en volumen
Dióxido de carbono	CO ₂	% en volumen
Hidrocarburos (en términos de n-hexanos)	HC	ppm. (partes por millón)
Oxígeno	O ₂	% en volumen

Tabla 13. Parámetros de emisiones, simbología y unidades (Diaz, 2017)

6.4.2.2. DEFINICIONES

- Año modelo: Indica el año en el que se produjo el vehículo automotor. (Diaz, 2017)
Auto cero: Se refiere a la descontaminación automática del banco, mediante la entrada de aire ambiente filtrado al sistema, buscando llevar los valores de HC, CO, CO₂ a cero, dentro de las tolerancias establecidas y lograr dejar el equipo listo para nuevas pruebas. (Diaz, 2017)
- Calibración para analizadores de gases: Conjunto de operaciones mediante las cuales el equipo establece los valores de concentraciones que reportar, a partir de la medición previa de gases de referencia de concentración que es conocida. (Diaz, 2017)
- Centro de diagnóstico automotriz: Es la instalación o local equipado con los instrumentos definidos por esta norma, para hacer medición de las emisiones contaminantes emitidas por el tubo de escape de los vehículos. (Diaz, 2017)
- Emisiones de gases de escape: Corresponden a los gases de hidrocarburos HC, monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂ y oxígeno O₂, producto de la combustión, los cuales se emiten a la atmósfera a través del tubo de escape del vehículo, mediante el funcionamiento del motor. (Diaz, 2017)
- Equipo (analyzer de gases): Son todos aquellos accesorios y elementos necesarios para lograr determinar las concentraciones de las diferentes emisiones contaminantes en los gases de escape de los vehículos accionados a gasolina. (Diaz, 2017)
- Exactitud de la medición: Cercanía entre el resultado de una medición y un valor verdadero de la magnitud por medir. (Diaz, 2017)
- Fuente móvil: Es la fuente de emisión que, por razón de su uso varían en sus emisiones. Para este caso decimos que son fuentes móviles los vehículos automotores, con excepción de las motocicletas y los vehículos equipados con motores de dos tiempos. (Diaz, 2017)

- Gas patrón: Es el gas o la mezcla de gases de concentración conocida y certificada por el fabricante del mismo, que es empleada para lograr la calibración de los equipos de medición de gases de escape. (Diaz, 2017)
- Hardware: Equipo físico que conforma un sistema de cómputo, como los aparatos y componentes magnéticos, mecánicos, eléctricos o electrónicos; distintos a los programas (software) que se ejecutan o son sistema. (Diaz, 2017)
- Marcha mínima o ralentí: Es la especificación de velocidad del motor establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo, requerida para mantener en funcionamiento, sin carga y en neutro si es de caja manual o en parqueo si cuenta con caja automática. Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralentí se establecerá a un máximo de 1 100 rpm del motor. (Diaz, 2017)
- Prueba abortada: Aquella prueba que por factores externos a la prueba misma no puede llegar a su fin y no genera un número consecutivo. (Diaz, 2017)
- Prueba rechazada: Esto incluye que el vehículo es rechazado por una verificación previa o que es rechazado por el incumplimiento de las concentraciones permisibles de emisión o por el incumplimiento de las condiciones de prueba durante el ensayo. (Diaz, 2017)
- Repetibilidad de los resultados de las mediciones: Se refiere a una cercanía entre los resultados de mediciones sucesivas de la misma magnitud, efectuadas bajo las mismas condiciones de funcionamiento. (Diaz, 2017)
- Software de aplicación: Un programa específico a la solución de un problema de aplicación. (Diaz, 2017)
- Sonda de muestreo: Es el elemento que se introduce al tubo de escape del vehículo con el objeto de tomar una muestra de los gases de escape del mismo. (Diaz, 2017)
- Span: Módulo de la diferencia entre los dos límites de un rango nominal o escala de un analizador. (Diaz, 2017)
- Temperatura normal de operación: Es la temperatura del aceite del motor, establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo para la normal operación del motor. Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la temperatura normal de operación se logra cuando el aceite en el cárter del motor ha alcanzado como mínimo los 60 °C o para los vehículos equipados con moto ventilador, cuando éste haya operado un ciclo de encendido - apagado. (Diaz, 2017)
- Velocidad crucero: Son las revoluciones de un motor a gasolina comprendidas entre 2500 rpm \pm 250 rpm, las cuales son mantenidas estables y sin carga alguna al motor, en neutro

o condición de parqueo y sin ningún elemento de consumo eléctrico encendido. (Díaz, 2017)

6.4.2.3. PREPARACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN:

- Para la elaboración de la prueba se debe encender e inicializar el analizador de gases, asegurándose del correcto estado de mantenimiento y calibración del mismo, de acuerdo con las instrucciones contenidas en el manual de operación provisto por el fabricante y lo contemplado en la presente norma. (Díaz, 2017)
- Eliminar de los filtros y de la sonda el material particulado, el agua o la humedad y toda sustancia extraña que pueda alterar las lecturas de la muestra. (Díaz, 2017)
- La activación del analizador, antes de realizar cada prueba, debe estar sujeta a la comprobación automática de residuos. Antes de efectuar una nueva medición se debe esperar a que las lecturas del analizador de gases regresen al mínimo valor de lectura, con la sonda de gases en contacto con el ambiente. La condición que debe cumplirse es de HC \leq 20 ppm. Una unidad con un sistema de muestra limpio debe tener un periodo de prueba de residuos de HC de 120 s. Si los residuos de HC no descienden por debajo de las 20 ppm. dentro de los 150 s siguientes, el analizador debe bloquearse automáticamente y debe aparecer el siguiente mensaje en pantalla: “Posibles Filtros Sucios en la Línea de Muestra”. De igual manera, antes de realizar cada prueba, el sistema debe incorporar una calibración periódica automática de los rangos de tolerancia, conocida como auto cero, que incluya una indicación visual en la pantalla del equipo, la cual debe indicar al técnico que este proceso se está realizando. (Díaz, 2017)
- Una vez el analizador de gases ha realizado la prueba de residuos y el auto cero, un mensaje en la pantalla del mismo le indicará al operador que puede introducir la sonda de prueba en el tubo de escape del vehículo, a la profundidad indicada por el fabricante. Si el diseño del tubo de escape del vehículo no permite que sea insertada a esta profundidad, se requiere del uso de una extensión del tubo de escape, la cual debe garantizar que no se presente dilución de la muestra. (Díaz, 2017)
- Para realizar las determinaciones de los valores de las concentraciones de los gases de escape en vehículos con doble tubo de escape, se debe utilizar una sonda de prueba doble. (Díaz, 2017)

6.4.2.4. INSPECCIÓN Y PREPARACIÓN PREVIA POR PARTE DEL OPERARIO

- Verificar que la transmisión esté en neutro (transmisiones manuales) o en parqueo o neutral (transmisiones automáticas). (Díaz, 2017)
- Verificar que las luces y los accesorios como el aire acondicionado, entre otros, estén desconectados y cuando sea aplicable, que el control manual de choque (ahogador) está en posición de apagado. (Díaz, 2017)

- Colocar en marcha el motor del vehículo y verificar que éste llegue a su temperatura normal de operación, mediante las lecturas dadas por la sonda que determina la temperatura del aceite lubricante. Además, cuando sea aplicable, se debe verificar que el convertidor catalítico también haya alcanzado su temperatura normal de operación, para lo cual se debe acelerar el vehículo a $2\ 500\ \text{rpm} \pm 250\ \text{rpm}$, en vacío, por un periodo de 2 min. a 3 min. (Díaz, 2017)
- Verificar que no existan fugas en el tubo de escape, silenciador, tapa de llenado del tanque de combustible, tapa de llenado del aceite del motor y en las uniones al múltiple de escape o ninguna salida adicional a las de diseño, que provoquen una dilución de los gases del escape o una fuga de los mismos. En caso de que alguna de estas circunstancias se presente, el operario debe ingresar al sistema la correspondiente información, para que el software del analizador permita la generación del certificado de no-aprobación de la prueba para dicho vehículo. (Díaz, 2017)
- Conectar el tacómetro del analizador de gases u otro elemento de registro y toma de rpm, al sistema de ignición del motor del vehículo y efectuar una aceleración a $2\ 500\ \text{rpm} \pm 250\ \text{rpm}$, manteniendo esta condición por treinta (30) s. Si se observa emisión de humo negro o azul y éste se presenta de manera constante por más de 10 s, no se continuará con el procedimiento de prueba y el vehículo debe ser rechazado, en este caso, el operario debe ingresar al sistema la correspondiente información, para que el software del analizador permita la generación del certificado de no-aprobación de la prueba para dicho vehículo. (Díaz, 2017)

6.4.2.5. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Una vez se hayan desarrollado las actividades establecidas en los literales 3.1 y 3.2 contenidas en la presente norma, se debe efectuar el siguiente procedimiento para la toma y análisis de la muestra de gases y la respectiva presentación de resultados. (Díaz, 2017)

- Acelerar el vehículo hasta condiciones de velocidad de crucero, es decir, hasta a $2\ 500\ \text{rpm} \pm 250\ \text{rpm}$, manteniendo esta condición por treinta (30) s. El analizador de gases debe registrar el promedio de los valores medidos de las concentraciones de los gases de escape en los últimos cinco (5) s. (Díaz, 2017)
- Retornar a la condición de marcha mínima o ralentí especificada por el fabricante o ensamblador, o en su defecto a un máximo de $1\ 100\ \text{rpm}$ y mantener esta condición por treinta (30) s. El analizador de gases debe registrar el promedio de los valores medidos de las concentraciones de los gases de escape en los últimos cinco (5) s. (Díaz, 2017)
- Finalmente se debe detener el motor, desconectar el tacómetro y extraer la sonda o sondas según el caso, del tubo (o tubos) de escape y permitir que el equipo retorne a lecturas de valores mínimos de residuos tal y como se contempla en el literal 3.1.3 de esta norma y a que se presente el aviso en pantalla de acuerdo con lo establecido en el literal 3.1.4 para realizar una nueva prueba. (Díaz, 2017)

- Elaborar el respectivo informe con base en la información recolectada y los datos de ensayo procesados por el banco de prueba. (Diaz, 2017)

6.4.2.6. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DEL BANCO DE GASES

Los instrumentos de medición y análisis deben funcionar bajo el principio de absorción infrarroja no dispersiva, para la determinación de las concentraciones de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y dióxido de carbono (CO₂) en los gases de escape. (Diaz, 2017)

6.4.2.7. AUTO CERO Y SPAN

El analizador debe realizar un auto cero y un chequeo de Span (o su equivalente) antes de cada prueba. La verificación del Span debe incluir los canales de HC, CO, O₂ y CO₂. (Diaz, 2017)

6.4.2.8. UMBRAL DE BLOQUEO DE LA DESVIACIÓN DE CERO

Si la desviación del cero o del Span hace que los niveles de la señal infrarroja se desplacen fuera de la escala de ajuste del analizador de gases, el equipo debe bloquearse para realizar la prueba y aparecerá una instrucción para que el operador solicite servicio. El fabricante del analizador de gases debe indicar en qué punto ocurre el bloqueo de la desviación. (Diaz, 2017)

6.4.2.9. TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO

Cuando quiera que el analizador se encuentre en almacenamiento, sus componentes no deben sufrir ninguna alteración, a temperatura ambiente entre 0 °C y 54 °C. (Diaz, 2017)

6.4.2.10. CALIBRACIÓN DE GAS Y REVISIÓN DE FUGAS

El analizador debe, al máximo posible, mantener la exactitud entre las calibraciones con gas patrón, teniendo en cuenta todos los errores, incluso ruido, repetición, desviación, linealidad, temperatura y presión barométrica. (Diaz, 2017)

El analizador debe requerir y aprobar en forma automática una calibración con gas patrón para HC, CO y CO₂ de acuerdo con los métodos aprobados por el BAR 904, por lo menos cada tres días o el analizador debe bloquearse automáticamente para la realización de pruebas adicionales. La calibración con gas patrón debe garantizar que se satisfacen las especificaciones de exactitud y que la linealidad es correcta en los dos puntos requeridos del Span más el cero; de lo contrario, el analizador debe bloquearse de forma automática para continuar con las pruebas. Después del procedimiento de calibración con gas patrón, el sistema debe corregir automáticamente las lecturas al rango medio de la escala de tolerancia permitida. (Diaz, 2017)

La calibración con gas patrón, debe realizarse introduciendo el gas patrón de concentración conocida, a través del puerto de calibración. El Span de gases empleado para la calibración deben encontrarse dentro del $\pm 2\%$ de los requeridos por los puntos del Span. (Diaz, 2017)

Los procedimientos de calibración con gas patrón y revisión de fuga no deben requerir más de cinco (5) min por cada punto de Span. El analizador debe proporcionar una respuesta adecuada

en la pantalla para guiar al operador en el procedimiento de calibración de manera que reduzca al mínimo la cantidad de gas empleada. El analizador debe diseñarse a fin de mantener la pérdida de gas de calibración en un mínimo absoluto (menos de 0,5 l en 24 h) en caso de que el operador olvide cerrar la válvula de la botella del gas de calibración. (Díaz, 2017)

El sistema debe incorporar un procedimiento periódico automático de los rangos de tolerancia, conocida como auto cero, por lo menos antes de cada prueba, que incluya una indicación visual en la pantalla del equipo, la cual debe indicar al técnico que este proceso se está realizando. Este proceso debe hacerse con el fin de ajustar el aparato de medición a las condiciones ambientales presentes en el momento de la prueba y para determinar cualquier falla en el funcionamiento del sistema. (Díaz, 2017)

6.4.2.11. FACTOR DE EQUIVALENCIA DE PROPANO (PEF - FEP)

El PEF debe estar inscrito en algún lugar accesible del analizador y presentarse en forma conveniente para su verificación con el objeto de llevar a cabo procedimientos de aseguramiento de la calidad. (Díaz, 2017)

6.4.2.12. INTENSIDAD DE RAYO (NDIR)

La intensidad del rayo desde la fuente hasta el detector, para todos los canales, debe monitorearse de forma tal que cuando el rayo se degrade más allá del grado de ajuste del analizador, se bloquee automáticamente el funcionamiento de este último. El fabricante debe especificar desde qué punto ocurre la degradación a partir de la cual no se puede corregir la señal. (Díaz, 2017)

6.4.2.13. FECHA DE LA ÚLTIMA CALIBRACIÓN CON GAS PATRÓN

La fecha de la última calibración con gas patrón, debe guardarse automáticamente en el disco duro del analizador, de manera segura e inmodificable. Esta fecha debe hacer parte de la información que se suministra a la autoridad ambiental competente. (Díaz, 2017)

6.4.2.14. CRITERIO DE BLOQUEO

Si el analizador de gases no ha aprobado de forma exitosa una calibración con gas patrón o una verificación de fugas, éste se bloqueará automáticamente para la realización de pruebas y presentará un mensaje al operador para solicitar servicio respectivo. (Díaz, 2017)

6.4.2.15. USO DEL GAS EN LA VERIFICACIÓN DE FUGAS Y CALIBRACIÓN

Para la calibración del HC, CO y el CO₂, el analizador debe limitar el uso del gas patrón durante el procedimiento de calibración a dos litros por punto de Span o demostrar que se debe utilizar una cantidad superior a fin de calibrar en forma apropiada su instrumento y que resultaría inadecuado reducirla a niveles más bajos. Se pueden emplear dos litros adicionales para realizar la verificación de fugas. (Díaz, 2017)

6.4.2.16. PUNTOS DE SPAN

El analizador de gases debe seguir, de manera automática, un procedimiento de calibración de dos puntos con gas patrón, y se puede usar el aire ambiente para calibrar el sensor de O₂. El Span debe realizarse de acuerdo con los siguientes puntos como se muestra en la tabla. (Diaz, 2017)

Punto Span bajo	Punto Span alto
300 ppm. De propano (HC)	1200 ppm. De propano (HC)
1,0 % de monóxido de carbono (CO)	4,0 % de monóxido de carbono (CO)
6,0 % de dióxido de carbono (CO ₂)	12,0% de dióxido de carbono (CO ₂)

Tabla 14. Puntos de Span (Diaz, 2017)

Además, en esta norma establecen otros factores que son importantes a la hora de analizar las emisiones del vehículo al que se le apliquen las pruebas, así como de las herramientas que se usen para llevar a cabo las pruebas. (Diaz, 2017)

7. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta los objetivos planteados para el proyecto, Se puede establecer que este es de tipo exploratorio, este tipo de investigación se centra en analizar e investigar aspectos concretos de la realidad que aún no han sido analizados en profundidad. Básicamente se trata de una exploración o primer acercamiento que permite que investigaciones posteriores puedan dirigirse a un análisis de la temática tratada. Por sus características, este tipo de investigación no parte de teorías muy detalladas, sino que trata de encontrar patrones significativos en los datos que deben ser analizados para, a partir de estos resultados, crear las primeras explicaciones completas sobre lo que ocurre. (Oscar Castillero Mimenz, 2018)

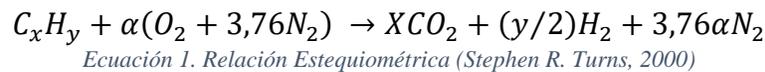
Teniendo en cuenta lo anterior es importante partir de algunos cálculos que darán una idea de lo que se realizara en las pruebas a cada vehículo y que nos ayudara a analizar posteriormente los datos obtenidos en las pruebas:

7.1. CÁLCULOS DE COMBUSTIÓN

7.1.1. REACTIVOS Y PRODUCTOS DE MEZCLA

La cantidad estequiométrica de oxidante es la cantidad necesaria para quemar completamente una cantidad de combustible. Si se suministra a la combustión una mayor cantidad de oxidante la mezcla es pobre y si por el contrario la cantidad de oxidante es menor la mezcla es rica. La relación de aire-combustible se determina usando balances atómicos simples. (Stephen R. Turns, 2000)

En la Ecuación 1. Se puede observar una mezcla de aire combustible en la que en la parte izquierda de la ecuación química se encuentran los reactivos de la mezcla entre ellos el oxidante que hace parte del aire aspirado por el motor, el aire aspirado puede ser tomado en una concentración porcentual de 21% de O₂ y un 79% de N₂, además la concentración molar es de 1mol de O₂ y 3,76moles de N₂. En la parte derecha se encuentran los productos de esta mezcla. Para poder realizar un balance químico es muy importante determinar el valor que tiene α para ello se dice que $\alpha = x + (y/4)$. (Stephen R. Turns, 2000)



Ahora bien, para calcular la relación de aire-combustible presente en la mezcla es posible usar la Ecuación 2. En donde N_{Aire} corresponde a la cantidad de moléculas presentes en la mezcla de aire en este caso sería de 4,76 α al sumar las moles del oxígeno y del nitrógeno y multiplicarlas por alfa y el MW_{Aire} y MW_{C_xH_y} son los pesos moleculares del aire y del combustible respectivamente. (Stephen R. Turns, 2000)

$$(A/F) = \frac{N_{Aire}}{N_{C_xH_y}} \frac{MW_{Aire}}{MW_{C_xH_y}} = \frac{4,76\alpha}{1} \frac{MW_{Aire}}{MW_{C_xH_y}}$$

Ecuación 2. Relación AIRE-COMBUSTIBLE (Stephen R. Turns, 2000)

Para poder calcular la relación de aire-combustible estequiométrica debemos usar la Ecuación 3. Básicamente esta ecuación es la misma que la de relación aire combustible pues sus datos son los mismos, a excepción del valor de α que en este caso es de 1. (Stephen R. Turns, 2000)

$$(A/F)_{Estequiometrico} = \frac{N_{Aire}}{N_{C_xH_y}} \frac{MW_{Aire}}{MW_{C_xH_y}} = \frac{4,76\alpha}{1} \frac{MW_{Aire}}{MW_{C_xH_y}}$$

Ecuación 3. Relación AIRE-COMBUSTIBLE estequiométrica (Stephen R. Turns, 2000)

La relación de equivalencia es aquel valor que determina si una mezcla es rica o si es pobre, entonces si el valor de ϕ es > 1 entonces se dice que la mezcla es rica, si el valor de ϕ es < 1 entonces se dice que la mezcla es pobre y si el valor de ϕ es $= 1$ entonces se dice que la mezcla es ideal. Para hallar la relación de equivalencia simplemente se debe realizar una división entre la relación de aire-combustible estequiométrica y la relación de aire-combustible, esta división es definida mediante la Ecuación 4. (Stephen R. Turns, 2000)

$$\phi = \frac{(A/F)_{Estequiometrica}}{(A/F)}$$

Ecuación 4. Relación de equivalencia (Stephen R. Turns, 2000)

Otros de los valores usados para definir la relación de equivalencia son el porcentaje estequiométrico de aire y el otro el porcentaje de exceso de aire que se definen en la Ecuación 5 y en la Ecuación 6 respectivamente. (Stephen R. Turns, 2000)

$$\%estequiométrico_{aire} = \frac{100\%}{\phi}$$

Ecuación 5. Porcentaje estequiométrico de aire (Stephen R. Turns, 2000)

$$\%exceso_{aire} = \frac{(1 - \phi)}{\phi} * 100\%$$

Ecuación 6. Porcentaje de exceso de aire (Stephen R. Turns, 2000)

7.1.2. DEFINICIÓN DE FRACCIÓN DE MEZCLA

Si restringimos nuestro sistema de flujo para que consista en una única corriente de entrada de combustible puro junto con una única corriente de oxidante puro, que reacciona para formar un único producto, se puede definir la fracción de mezcla, f , como se muestra en la Ecuación 8. y en la Ecuación 9. Se observa la fórmula de una fracción escalar estequiométrica. (Stephen R. Turns, 2000)

$$f = \frac{(2X_{C_8H_{16}} + X_{CO} + X_{CO_2}) * MW_C + (3X_{C_8H_{16}} + X_{H_2} + X_{H_2O} + \frac{1}{2}X_{OH}) X_{MW_2}}{MW_{Mezcla}}$$

Ecuación 7. Definición de fracción de mezcla (Stephen R. Turns, 2000)

$$f_{Estequiométrica} = \frac{MW_{Combustible}}{MW_{Combustible} + 5(MW_{O_2} + MW_{CO_2})}$$

Ecuación 8. Fracción de mezcla estequiométrica (Stephen R. Turns, 2000)

7.1.3. CONCENTRACIONES CORRECTAS

El objetivo de corregir un nivel específico de O_2 es eliminar el efecto de varios grados de dilución para que se puedan hacer verdaderas comparaciones de los niveles de emisiones, al mismo tiempo que se conserva una variable familiar similar a la fracción molar. Antes de discutir concentraciones corregidas, necesitamos definir concentraciones húmedas y secas (fracciones molares) de una especie en una corriente de producto de combustión, ya que las concentraciones corregidas pueden expresarse ya sea en una base húmeda o seca. (Stephen R. Turns, 2000)

$$N_{Mezcla, @X_{O_2}} = 4,76 \left[\frac{x + (1 - X_{O_2}) * \frac{y}{4}}{1 - 4,76 * X_{O_2}} \right] - \frac{y}{4}$$

Ecuación 9. Concentraciones correctas (Stephen R. Turns, 2000)

8. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1. MATERIALES

Para la realización del proyecto es necesario contar con los siguientes materiales los cuales son:

- Tres vehículos con sistema de encendido provocado



Ilustración 48. Se debe realizar la prueba a 3 vehículos

- 1 inversor de voltaje



Ilustración 49. Inversor de voltaje

- Analizador de gases



Ilustración 50. Analizador de gases Brain Bee AGS-688



Ilustración 51. Sensores Brain Bee AGS-688



Ilustración 52. Analizador de gases y sus componentes

- Cinta industrial



Ilustración 53. Cinta adhesiva (HERBI, 2017)

- Amarres plásticos

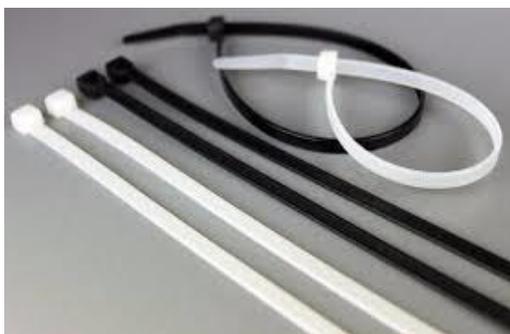


Ilustración 54. Amarres plásticos (SA, 2017)

8.2. PASO A PASO

Los pasos necesarios para poder llevar a cabo las pruebas para poder recolectar los datos se mencionan en la siguiente lista:

- a) Abrir el capó del vehículo para tener acceso a la batería.
- b) Soltar los tornillos de la batería para poder realizar la conexión de los cables extensores.
- c) Conectar los cables del conversor de voltaje, se debe conectar el cable rojo al borne positivo y el negro al negativo, teniendo esta conexión y con el carro encendido ya se pueden conectar los aparatos al conversor.
- d) Conectar el analizador de gases al conversor de voltaje.
- e) Realizar una limpieza a la sonda para que no queden residuos en ella y no altere los resultados.
- f) Conectar la sonda al grupo neumático del analizador de gases y posteriormente introducir la sonda en el tubo de escape del vehículo.
- g) Con el fin de que no se suelte la sonda y con la ayuda de la cinta industrial y los amarres plásticos asegurar la sonda al vehículo.
- h) Conectar el cable USB al computador.
- i) Encender el computador e iniciar el software.
- j) Después de iniciar el software es muy importante encender el analizador y esperar hasta que este haga su proceso de calentamiento, hasta que el analizador no haga este proceso el software no permitirá ingresar a la opción para la prueba del análisis de gases.

- k) Cuando el analizador termine este proceso ya se puede ingresar a la prueba de análisis y posteriormente dar en la opción de gráfico para poder analizar el comportamiento de la gráfica.
- l) Después de ingresar en esta opción se debe abrir algún programa que nos permita grabar la pantalla del computador y tener un registro de los datos obtenidos, esto se debe hacer pues el software no guarda estos datos solo nos permite analizar el comportamiento real de estas emisiones.
- m) Después de hacer todos los pasos anteriores se puede iniciar la prueba en el vehículo

En la siguiente ilustración se puede observar el esquema de conexión para la realización de las pruebas, en este se puede observar que el inversor se conecta a la batería con sus respectivos cables positivo y negativo, después se puede conectar el analizador de gases al inversor que ya está recibiendo corriente directamente de la batería, por esto es tan importante que el vehículo este en encendido para no descargar la batería y finalmente se pueden realizar las demás conexiones para llevar a cabo la prueba.



Ilustración 55. Esquema de conexión de aparatos al inversor de voltaje

8.3. TRAYECTO ESCOGIDO PARA LAS PRUEBAS

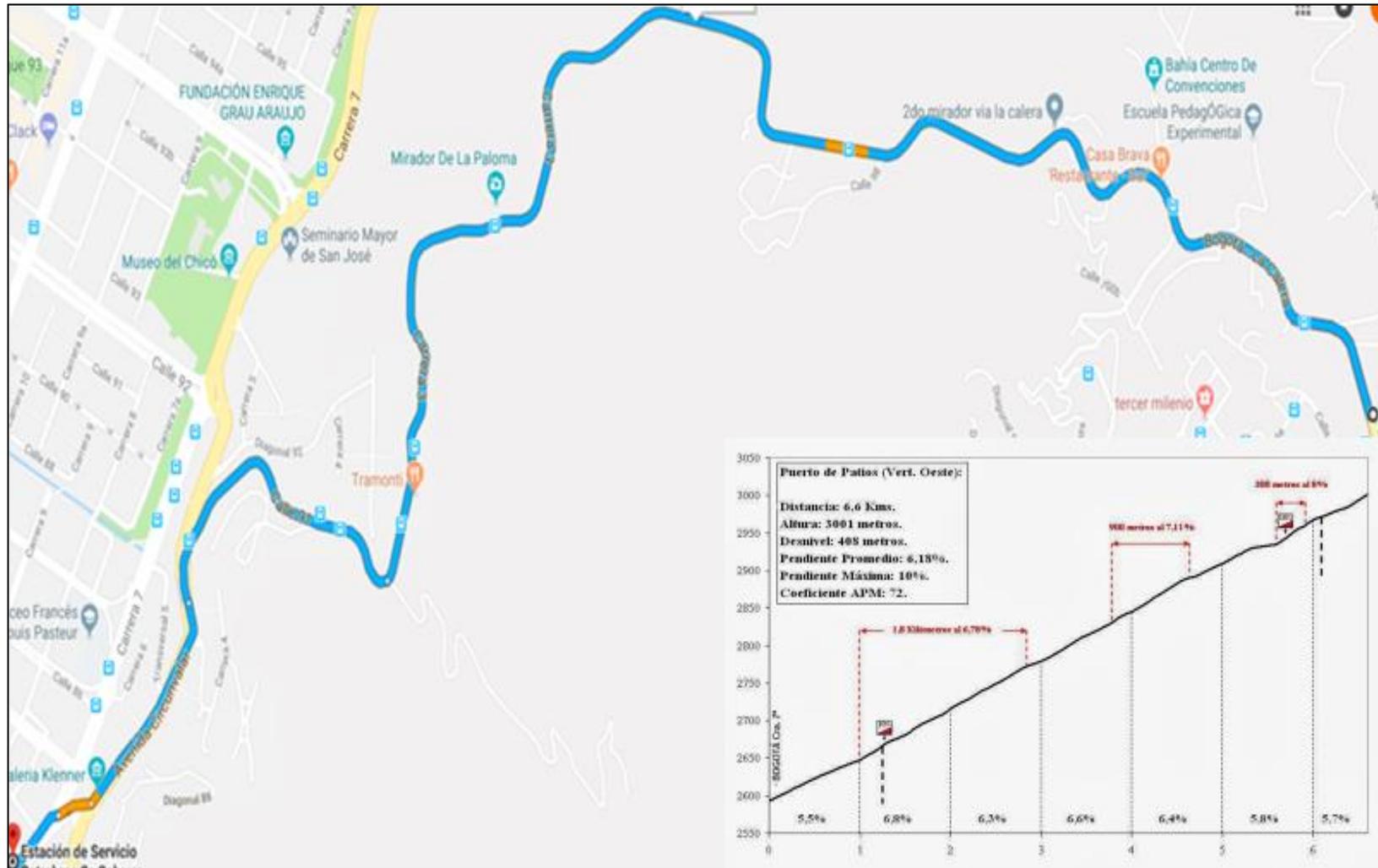


Ilustración 56. Ruta de Prueba (GOOGLE, 2018)

8.4. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tanto en las pruebas realizadas como en la comparación teórica por medio de las ecuaciones definidas anteriormente, desde la Tabla 15. A la Tabla 32. Se pueden observar los valores que se extrajeron luego de haber grabado la pantalla del computador mientras el software del analizador se encargaba de arrojar los datos. Además, para tener una mejor visión del comportamiento de las emisiones se puede observar desde las ilustraciones 58 a la 72 en la que se representaron los datos de las tablas, cada uno de estos valores fueron tomados individualmente tanto de cada vehículo como de cada una de las emisiones del mismo.

Ahora bien, para poder leer las tablas es necesario conocer el orden en el que se colocaron los resultados, es por esta razón que la Ilustración 57. Muestra como debe ser la lectura de estas tablas, en esta ilustración se puede observar que la lectura se debe en las direcciones de arriba abajo y de izquierda a derecha.

8.4.2.2. TABLA DE RESULTADOS CO

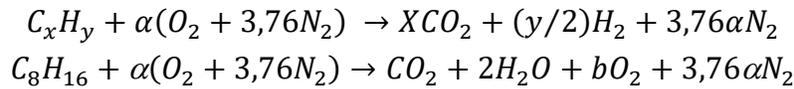
EMISIONES CO KIA PICANTO (% Volumen)											
0,15	0,27	0,88	0,18	0,94	0,42	0,23	0,25	0,39	0,40	0,07	0,02
0,3	0,27	0,88	0,22	0,72	0,34	0,16	0,27	0,41	0,39	0,48	0,03
0,2	0,23	1,39	0,26	0,60	0,29	0,11	0,18	0,40	0,41	0,46	0,04
0,1	0,50	0,78	0,52	0,53	0,32	0,07	0,12	0,38	0,44	1,05	0,07
1	0,73	0,63	0,53	0,49	0,55	0,05	0,07	0,37	0,48	1,04	0,13
0,8	0,61	0,45	1,93	0,40	0,70	0,04	0,08	0,40	0,50	1,30	0,16
0,09	0,45	0,32	3,61	0,30	0,72	0,03	0,04	0,43	0,52	1,20	0,13
0,12	0,34	0,27	3,63	0,24	0,66	0,06	0,05	0,55	0,54	1,21	0,12
0,29	0,27	0,28	4,75	0,21	0,57	0,21	0,03	0,54	0,55	1,00	0,11

Ilustración 57. Ejemplo lectura de resultados

8.4.1. CALCULOS, TABLAS Y GRAFICAS KIA PICANTO (1000 cc)

8.4.2. CÁLCULOS KIA PICANTO

En este apartado se van a realizar las ecuaciones pertinentes con las cuales se pretende realizar un análisis teórico de las emisiones producidas por los vehículos que se usaron para las pruebas, es importante aclarar que debido a que el analizador de gases no midió emisiones como lo fueron los óxidos nítricos y otras emisiones que eran necesarias para poder realizar estas ecuaciones, estos valores son teóricos es decir que fueron inventados y no están dentro de los valores obtenidos. El resto de valores se puede observar en los anexos, en el caso del Kia Picanto estos valores están en el Anexo 1.



$$\alpha = x + \frac{y}{4}$$

$$\alpha = 8 + \frac{16}{4}$$

$$\alpha = 12$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = \frac{N_{Aire}}{N_{C_xH_y}} \frac{MW_{Aire}}{MW_{C_xH_y}} = \frac{4,76\alpha}{1} \frac{MW_{Aire}}{MW_{C_xH_y}}$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = \frac{4,76 * (12) * (28,85)}{112}$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = \frac{137,33}{112}$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = 1,226$$

$$\phi = \frac{(A/F)_{Estequiometrica}}{(A/F)_{Real}}$$

$$1,023 = \frac{1,226}{(A/F)_{Real}}$$

$$(A/F)_{Real} = \frac{1,226}{1,023}$$

$$(A/F)_{Real} = 1,198$$

$$\%_{Estequiometrico\ aire} = \frac{100\%}{\phi}$$

$$\%_{Estequiometrico\ de\ aire} = \frac{100\%}{1,023}$$

$$\%_{Estequiometrico\ de\ aire} = 0,978$$

$$\%_{Exceso\ aire} = \frac{(1 - \phi)}{\phi} * 100\%$$

$$\%_{Exceso\ de\ aire} = \frac{1 - 1,023}{1,023} * 100\%$$

$$\%_{Exceso\ de\ aire} = -0,02$$

$$MW_{Mezcla} = X_{C_8H_{16}} * MW_{C_8H_{16}} + X_{CO} * MW_{CO} + X_{CO_2} * MW_{CO_2} + X_{H_2} * MW_{H_2} + X_{H_2O} * MW_{H_2O} + X_{N_2} * MW_{N_2} + X_{O_2} * MW_{O_2} + X_{OH} * MW_{OH}$$

$$MW_{Mezcla} = 1 * 112 + 3,2 * 10^{-3} * 28 + 0,14 * 44 + 243 * 10^{-6} * 2 + 0,26 * 18 + 66 * 10^{-6} * 28 + 6,6 * 10^{-3} * 32 + 1220 * 10^{-6} * 17$$

$$MW_{Mezcla} = 123,16$$

$$f = \frac{(2X_{C_8H_{16}} + X_{CO} + X_{CO_2}) * MW_C + (3X_{C_8H_{16}} + X_{H_2} + X_{H_2O} + \frac{1}{2}X_{OH}) MW_{H_2}}{MW_{Mezcla}}$$

$$f = \frac{(2 * 1 + 3,2 * 10^{-3} + 0,14) * 12,011 + (3 * 1 + 243 * 10^{-6} + 0,26 + 0,5 * 1220 * 10^{-6}) * 2,022}{123,16}$$

$$f = 0,26$$

$$f_{Estequiometrica} = \frac{MW_{Combustible}}{MW_{Combustible} + 5(MW_{O_2} + MW_{CO_2})}$$

$$f_{Estequiometrica} = \frac{232,198}{232,198 + 5(32 + 44)}$$

$$f_{Estequiometrica} = 0,38$$

$$N_{Mezcla, @X_{O_2}} = 4,76 \left[\frac{x + (1 - X_{O_2}) * \frac{y}{4}}{1 - 4,76 * X_{O_2}} \right] - \frac{y}{4}$$

$$a = \frac{x + (1 - X_{O_2, Humedo}) * \frac{y}{4}}{1 - 4,76 * X_{O_2, Humedo}}$$

$$a = \frac{8 + (1 - 6,6 * 10^{-3}) * \frac{16}{4}}{1 - 4,76 * 6,6 * 10^{-3}}$$

$$a = 12,362$$

$$\frac{N_{Mezcla humeda}}{N_{Mezcla seca}} = 1 + \frac{y}{2 * [4,76a - \frac{y}{4}]}$$

$$\frac{N_{Mezcla humeda}}{N_{Mezcla seca}} = 1 + \frac{16}{2 * [(4,76 * 12,362) - \frac{16}{4}]}$$

$$\frac{N_{Mezcla humeda}}{N_{Mezcla seca}} = 1,146$$

$$X_{NO, Humedo} = X_{NO, Seco} * \frac{N_{Mezcla seca}}{N_{Mezcla humeda}}$$

$$X_{NO, Humedo} = 66ppm * \frac{1}{1,146}$$

$$X_{NO, Humedo} = 57,592ppm$$

$$N_{Mezcla,@X_{O_2}} = 4,76 \left[\frac{x + (1 - X_{O_2}) * \frac{y}{4}}{1 - 4,76 * X_{O_2}} \right] - \frac{y}{4}$$

$$N_{Mezcla,@0,66\%O_2} = 4,76 \left[\frac{8 + (1 - 6,6 * 10^{-3}) * \frac{16}{4}}{1 - 4,76 * 6,6 * 10^{-3}} \right] - \frac{16}{4}$$

$$N_{Mezcla,@0,66\%O_2} = 54,843$$

$$N_{Mezcla,@5\%O_2} = 4,76 \left[\frac{8 + (1 - 0,05) * \frac{16}{4}}{1 - 4,76 * 0,05} \right] - \frac{16}{4}$$

$$N_{Mezcla,@5\%O_2} = 69,711$$

$$X_{NO@5\%O_2} = 66ppm * \frac{54,843}{69,711}$$

$$X_{NO@5\%O_2} = 51,92 ppm$$

8.4.2.1. FICHA TÉCNICA

DATOS	ESPECIFICACIONES
MODELO	KIA PICANTO
AÑO MODELO	2016
COMBUSTIBLE	GASOLINA
CILINDRADA	998 cc
POTENCIA	69/6200 hp/rpm
TORQUE	94/3500 N·m/rpm
ALIMENTACIÓN	INYECCIÓN ELECTRÓNICA
CILINDROS	3 EN LÍNEA
VÁLVULAS	12

Tabla 15. Ficha técnica Kia Picanto (Autocosmos, 2018)

8.4.2.2. TABLA DE RESULTADOS CO

EMISIONES CO KIA PICANTO (% Volumen)											
0,15	0,33	0,90	0,18	0,94	0,42	0,23	0,25	0,39	0,40	0,07	0,02
0,13	0,27	0,88	0,22	0,72	0,34	0,16	0,27	0,41	0,39	0,48	0,03
0,12	0,23	1,39	0,26	0,60	0,29	0,11	0,18	0,40	0,41	0,46	0,04
0,11	0,50	0,78	0,52	0,53	0,32	0,07	0,12	0,38	0,44	1,05	0,07
0,09	0,73	0,63	0,53	0,49	0,55	0,05	0,07	0,37	0,48	1,04	0,13

EMISIONES CO KIA PICANTO (% Volumen)											
0,08	0,61	0,45	1,93	0,40	0,70	0,04	0,08	0,40	0,50	1,30	0,16
0,09	0,45	0,32	3,61	0,30	0,72	0,03	0,04	0,43	0,52	1,20	0,13
0,12	0,34	0,27	3,63	0,24	0,66	0,06	0,05	0,55	0,54	1,21	0,12
0,29	0,27	0,28	4,75	0,21	0,57	0,21	0,03	0,54	0,55	1,00	0,11
0,50	0,25	0,26	4,77	0,19	0,53	0,44	0,01	0,50	0,56	1,02	0,12
0,64	0,23	0,23	5,40	0,23	0,62	0,80	0,00	0,48	0,54	0,79	0,14
0,66	0,21	0,24	5,43	0,29	0,71	1,09	0,01	0,46	0,51	0,81	0,16
0,91	0,19	0,27	5,75	0,33	0,65	1,13	0,00	0,42	0,47	0,59	0,21
0,92	0,18	0,25	5,73	0,35	0,63	1,14	0,02	0,38	0,44	0,42	0,29
1,26	0,19	0,22	5,41	0,38	0,67	1,00	0,00	0,33	0,42	0,30	0,36
1,18	0,21	0,23	5,38	0,40	0,76	1,02	0,01	0,29	0,44	0,22	0,37
0,97	0,28	0,28	4,89	0,33	0,64	0,80	0,00	0,30	0,45	0,21	0,35
0,77	0,30	0,29	5,00	0,26	0,49	0,54	0,01	0,29	0,43	0,16	0,33
0,59	0,26	0,31	5,28	0,32	0,65	0,57	0,00	0,28	0,40	0,15	0,30
0,49	0,25	0,30	5,29	0,27	0,71	0,36	0,01	0,27	0,37	0,09	0,27
0,52	0,22	0,25	5,56	0,22	0,68	0,38	0,00	0,26	0,30	0,07	0,22
0,57	0,19	0,21	5,57	0,17	0,97	0,23	0,04	0,22	0,31	0,06	0,20
0,56	0,28	0,19	5,99	0,13	1,36	0,24	0,03	0,30	0,25	0,05	0,18
0,57	0,64	0,17	6,12	0,17	1,37	0,14	0,08	0,40	0,26	0,04	0,17
0,59	1,03	0,15	5,51	0,24	1,35	0,13	0,06	0,42	0,19	0,07	0,16
0,51	1,20	0,19	5,48	0,25	1,19	0,08	0,10	0,36	0,20	0,06	0,13
0,41	1,04	0,22	4,21	0,28	1,00	0,06	0,11	0,41	0,16	0,08	0,14
0,37	0,78	0,23	4,31	0,32	0,81	0,05	0,08	0,39	0,12	0,07	0,10
0,31	0,54	0,27	0,00	0,38	0,62	0,04	0,09	0,41	0,08	0,08	0,11
0,29	0,37	0,29	0,19	0,71	0,40	0,03	0,06	0,36	0,05	0,07	0,08
0,27	0,27	0,28	0,15	1,33	0,43	0,02	0,07	0,34	0,06	0,08	0,09
0,25	0,23	0,36	2,41	1,34	0,26	0,01	0,04	0,40	0,04	0,07	0,07
0,24	0,30	0,38	2,01	1,49	0,27	0,00	0,05	0,44	0,03	0,06	0,05
0,26	0,59	0,34	1,01	1,72	0,16	0,02	0,03	0,43	0,02	0,05	0,04
0,28	0,73	0,32	1,00	1,57	0,17	0,01	0,02	0,41	0,01	0,04	0,03
0,25	0,61	0,31	0,46	1,38	0,09	0,02	0,03	0,37	0,00	0,03	0,02
0,21	0,46	0,25	0,45	1,34	0,06	0,04	0,01	0,32	0,01	0,11	0,01
0,18	0,38	0,19	0,20	1,79	0,04	0,06	0,02	0,30	0,00	0,28	0,00
0,16	0,32	0,18	0,10	1,96	0,03	0,07	0,01	0,29	0,02	0,52	0,01
0,15	0,27	0,23	0,07	1,56	0,02	0,09	0,02	0,28	0,01	0,53	0,00
0,18	0,21	0,24	0,21	1,21	0,03	0,10	0,01	0,27	0,00	1,09	0,01
0,26	0,18	0,20	0,53	1,72	0,04	0,11	0,00	0,26	0,01	1,57	0,00
0,32	0,16	0,18	0,64	3,00	0,05	0,12	0,02	0,24	0,00	1,58	0,01
0,34	0,15	0,19	0,61	4,13	0,06	0,13	0,01	0,25	0,01	1,64	0,00
0,33	0,17	0,17	0,98	4,14	0,08	0,14	0,02	0,23	0,00	1,67	0,01
0,36	0,22	0,14	1,28	4,69	0,20	0,18	0,01	0,22	0,01	1,46	0,00

EMISIONES CO KIA PICANTO (% Volumen)											
0,45	0,51	0,15	1,10	4,24	0,37	0,20	0,02	0,25	0,00	1,49	0,01
0,49	0,88	0,17	0,83	4,23	0,46	0,22	0,01	0,24	0,01	1,28	0,02
0,48	0,80	0,21	0,62	3,03	0,47	0,24	0,02	0,22	0,00	1,05	0,03
0,52	0,59	0,22	0,73	3,01	0,45	0,26	0,04	0,20	0,01	0,86	0,04
0,53	0,42	0,20	0,80	2,02	0,43	0,29	0,03	0,19	0,00	0,69	0,06
0,46	0,31	0,17	0,70	1,41	0,41	0,33	0,07	0,17	0,01	0,68	0,10
0,35	0,25	0,14	0,60	1,02	0,43	0,37	0,06	0,18	0,00	0,54	0,14
0,29	0,23	0,13	0,72	0,77	0,45	0,42	0,10	0,22	0,01	0,43	0,15
0,27	0,37	0,15	1,04	0,63	0,47	0,48	0,09	0,29	0,00	0,42	0,17
0,22	0,52	0,27	2,05	0,54	0,48	0,50	0,11	0,34	0,01	0,33	0,22
0,16	0,50	0,42	2,06	0,45	0,49	0,49	0,12	0,36	0,00	0,25	0,28
0,13	0,38	0,47	3,21	0,39	0,48	0,48	0,13	0,38	0,01	0,20	0,42
0,12	0,28	0,43	3,23	0,46	0,46	0,49	0,12	0,41	0,00	0,19	0,66
0,10	0,21	0,37	4,28	0,65	0,42	0,45	0,14	0,43	0,01	0,16	0,84
0,08	0,15	0,30	4,29	0,64	0,54	0,41	0,13	0,45	0,00	0,15	0,83
0,06	0,12	0,27	4,47	0,52	0,72	0,37	0,14	0,46	0,02	0,12	0,75
0,08	0,10	0,26	4,68	0,46	0,79	0,41	0,16	0,48	0,01	0,10	0,64
0,16	0,09	0,28	4,36	0,59	0,78	0,44	0,18	0,50	0,02	0,08	0,74
0,24	0,10	0,26	4,35	0,81	0,69	0,50	0,19	0,51	0,01	0,07	0,71
0,55	0,12	0,24	3,31	0,97	0,70	0,54	0,21	0,54	0,00	0,06	0,66
0,56	0,16	0,22	3,30	1,04	0,56	0,55	0,22	0,55	0,01	0,05	0,62
0,73	0,18	0,20	2,29	0,94	0,57	0,47	0,23	0,54	0,00	0,04	0,57
0,67	0,04	0,19	2,28	0,83	0,42	0,49	0,26	0,50	0,01	0,03	0,53
0,57	0,20	0,17	1,64	0,68	0,43	0,36	0,29	0,46	0,00	0,02	
0,43	0,44	0,15	1,24	0,54	0,32	0,38	0,34	0,41	0,09	0,01	

Tabla 16. Tabla de resultados CO Kia Picanto (1000 cc)

8.4.2.3. GRAFICA DE RESULTADOS CO

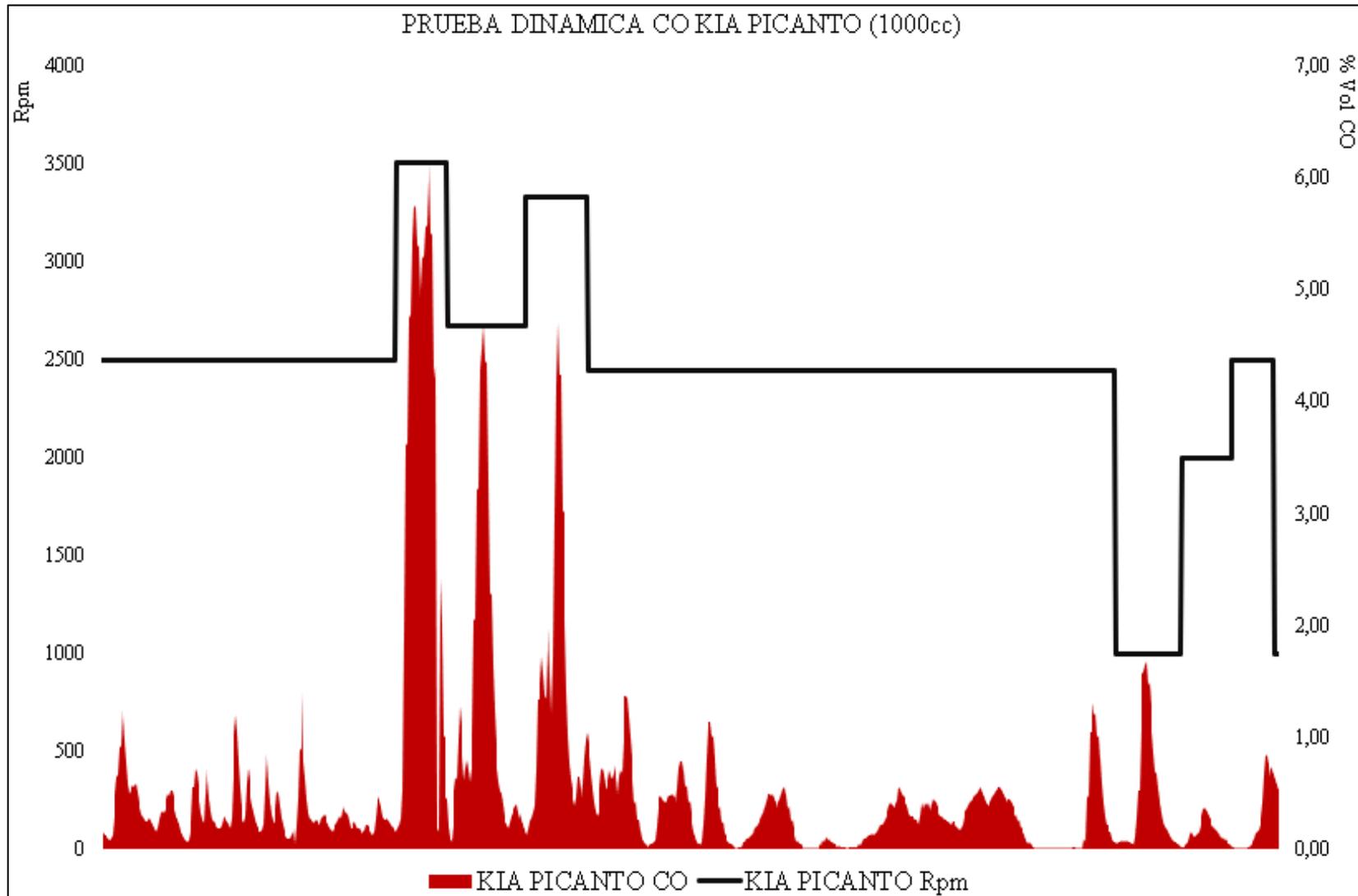


Ilustración 58. Resultados CO Kia Picanto (1000 cc)

8.4.2.4. TABLA DE RESULTADOS CO₂

EMISIONES CO ₂ KIA PICANTO (% Volumen)											
13,3	12,9	13,6	11,1	13,0	10,1	8,2	5,9	13,3	1,2	13,4	9,8
13,4	13,0	13,1	11,6	13,1	10,6	6,0	7,5	13,2	2,8	13,2	7,8
13,5	13,3	12,1	12,2	12,8	11,3	4,2	8,7	13,3	4,9	12,9	6,4
13,6	13,4	11,1	12,5	12,9	11,9	3,0	10,1	13,4	6,5	12,5	5,4
13,5	13,3	10,4	12,2	13,1	12,5	2,1	10,8	13,2	6,6	11,7	5,1
13,2	13,4	9,3	11,8	13,2	12,8	1,5	11,4	12,5	5,6	10,2	5,4
12,9	13,5	10,1	12,1	13,1	12,9	1,1	12,2	10,8	4,6	8,4	6,0
13,0	13,6	11,1	12,5	12,8	13,2	9,9	12,3	9,0	3,6	6,9	6,8
13,3	13,4	10,4	12,7	12,7	12,9	0,5	12,8	7,3	2,8	6,0	7,6
14,5	13,7	10,2	12,8	12,8	12,4	0,4	12,9	5,6	2,1	5,7	8,5
16,3	13,6	10,1	13,0	12,7	10,9	0,3	13,0	4,2	1,6	5,9	9,3
13,9	13,2	9,9	13,3	11,4	8,6	2,4	13,2	3,1	2,7	6,5	10,0
13,4	12,8	9,7	13,4	9,0	6,3	0,4	13,3	2,4	5,1	7,2	10,6
14,9	13,0	9,5	13,3	6,5	4,4	0,3	13,4	1,8	7,0	8,1	11,1
13,8	13,4	9,6	12,9	4,6	3,1	0,2	13,3	1,3	7,8	8,8	11,6
13,6	13,5	10,5	12,7	3,9	2,8	0,4	13,2	1,6	7,5	9,6	11,9
13,5	13,4	7,1	12,4	4,7	3,5	1,4	13,4	2,6	6,6	10,2	12,2
13,2	13,5	0,0	12,5	6,2	5,0	3,1	13,3	4,0	5,3	10,8	12,5
13,3	13,4	3,2	12,2	7,8	6,7	5,1	13,2	5,6	4,0	11,3	12,9
13,5	13,5	8,1	12,6	9,2	8,3	6,4	13,3	7,3	2,9	11,7	13,1
13,4	13,2	11,0	12,0	10,4	9,6	6,0	13,6	8,2	2,2	12,1	13,2
13,5	13,7	12,5	11,2	11,4	10,6	4,8	13,3	7,5	2,0	12,3	13,3
13,6	12,0	13,0	10,6	12,2	11,5	3,6	12,8	6,2	2,3	12,6	13,4
13,7	13,3	13,3	11,1	12,7	12,1	2,7	13,4	4,9	3,1	12,7	13,5
13,5	16,5	13,2	11,9	13,0	12,6	2,1	13,5	3,9	4,6	13,0	13,4
13,4	14,3	13,1	12,3	13,2	12,9	1,5	13,7	3,0	5,4	13,1	13,5
13,3	13,2	12,7	12,7	13,4	13,1	1,1	13,4	2,2	6,7	13,2	13,4
13,4	13,4	12,9	12,9	13,3	13,2	0,9	13,3	1,7	7,9	13,3	13,2
13,5	13,5	13,0	13,0	13,2	13,4	0,7	17,4	1,3	9,0	13,4	13,1
13,6	13,4	13,1	13,1	13,3	13,5	0,6	11,1	1,0	10,1	13,3	13,2
13,5	13,5	13,0	13,2	13,2	13,4	0,4	13,8	0,8	11,0	13,4	
13,6	13,6	12,5	13,1	13,1	13,2	0,3	13,4	0,6	11,7	13,6	
13,4	13,4	11,8	13,2	12,1	13,3	0,4	12,8	0,5	12,2	13,3	
13,2	13,5	11,0	12,9	10,7	13,2	0,9	13,4	0,4	12,6	13,4	
13,0	13,6	10,7	13,0	9,9	12,6	1,9	13,3	0,3	12,9	13,0	
12,8	13,5	10,5	12,9	9,8	10,8	4,1	13,2	0,4	13,2	11,8	

Tabla 17. Tabla de resultados CO₂ Kia Picanto (1000 cc)

8.4.2.5. GRAFICA DE RESULTADOS CO₂

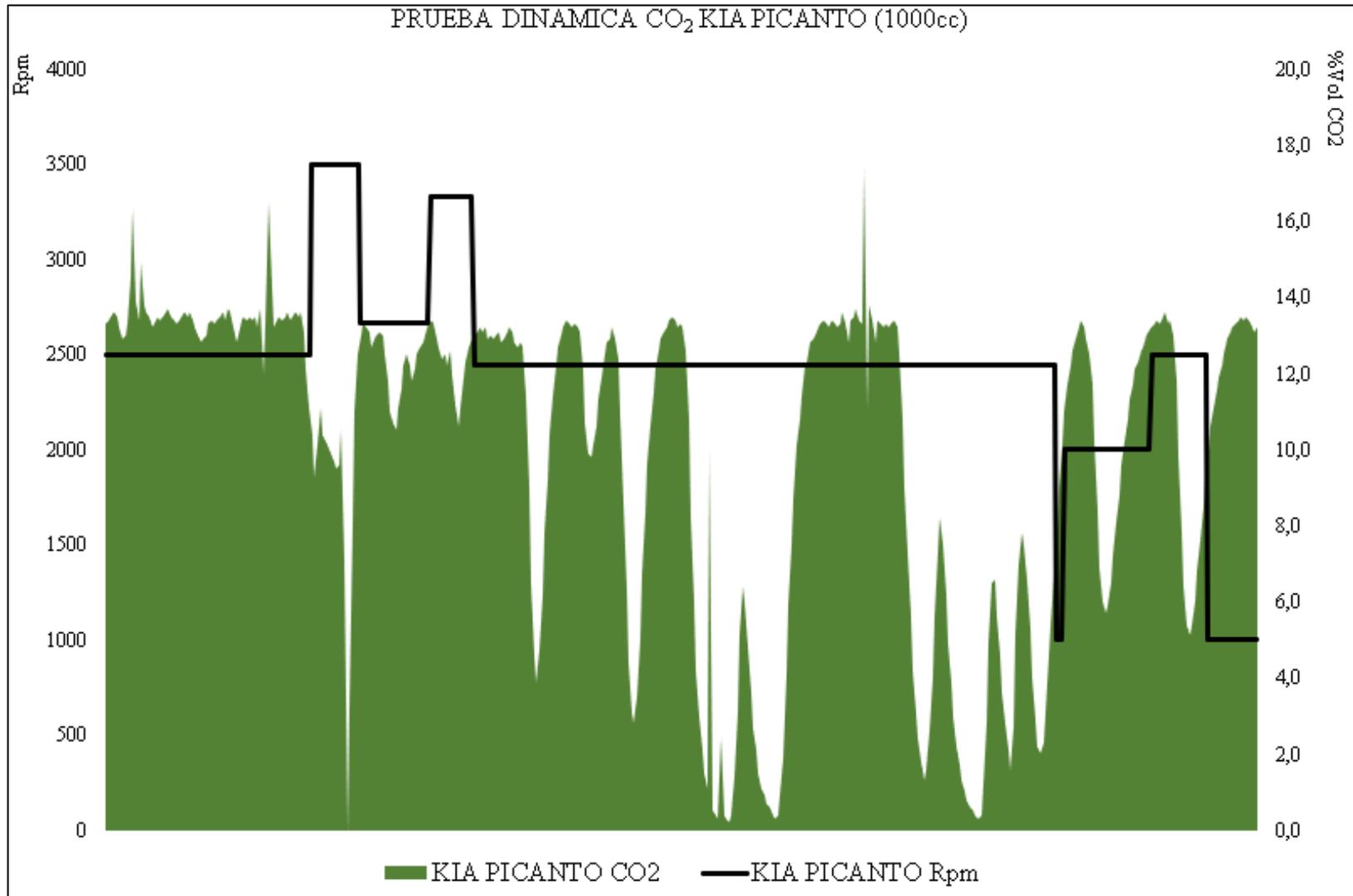


Ilustración 59. Resultados CO₂ Kia Picanto (1000 cc)

8.4.2.6. TABLA DE RESULTADOS HC

EMISIONES HC KIA PICANTO (ppm Volumen)											
28	26	37	112	39	20	85	130	30	0	26	23
30	33	65	98	37	19	106	125	28	3	25	22
28	36	89	85	35	20	137	124	31	6	23	20
40	35	112	84	31	19	154	121	35	9	22	19
50	33	111	79	28	18	160	120	36	11	24	18
66	29	124	70	27	16	147	117	40	13	37	17
70	28	134	59	26	15	141	106	44	14	61	16
75	29	135	57	25	14	119	105	50	13	62	14
109	28	134	53	24	16	106	104	52	12	80	13
101	29	135	52	23	15	94	103	56	11	101	14
85	32	141	42	22	14	91	102	62	4	100	12
76	33	150	35	23	13	80	97	64	0	99	11
74	32	153	32	28	12	68	95	70	1	98	12
68	33	166	31	27	10	55	94	71	3	86	11
64	32	158	29	26	9	47	89	73	7	79	10
63	30	90	28	17	11	36	82	75	15	68	8
55	29	0	27	16	10	27	77	74	20	69	7
52	28	2	26	15	11	19	64	72	22	60	6
51	26	30	24	14	12	6	61	69	23	61	7
49	24	46	23	13	11	0	57	68	14	53	6
48	23	59	22	12	12	31	47	67	2	54	7
47	21	64	21	13	11	60	55	70	0	48	8
46	41	61	27	11	13	104	49	71	4	41	10
41	40	41	36	12	20	136	36	74	8	37	13
39	0	35	40	11	25	177	46	77	14	38	16
33	75	29	44	12	34	218	49	82	19	34	21
32	18	28	52	15	41	244	50	83	34	32	23
33	46	25	56	18	46	260	52	82	44	30	28
32	45	26	67	27	47	266	55	75	62	27	32
29	44	51	89	32	46	261	61	72	71	23	36
28	41	85	103	34	45	252	62	70	74	21	39
27	40	83	108	39	47	246	64	67	64	18	40
26	34	72	89	40	48	226	62	64	60	17	39
25	32	70	82	43	46	220	38	62	54	16	38
24	30	69	75	49	31	215	53	59	43	15	37
22	29	66	68	53	30	212	52	55	36	14	
21	26	60	61	59	28	210	32	54	29	13	
19	27	59	57	55	27	205	57	46	23	12	
18	25	56	55	45	21	195	53	42	26	13	

EMISIONES HC KIA PICANTO (ppm Volumen)										
20	23	80	51	44	20	186	51	41	28	14
24	21	106	48	43	15	174	48	33	31	15
25	20	113	46	42	4	168	45	32	32	20
24	19	120	44	38	0	155	42	25	30	21
25	20	122	42	31	13	149	36	21	29	22
24	19	112	43	28	36	143	35	11	28	23
25	20	111	40	19	56	139	31	1	27	24

Tabla 18.Tabla de resultados HC Kia Picanto (1000 cc)

8.4.2.7. GRAFICA DE RESULTADOS HC

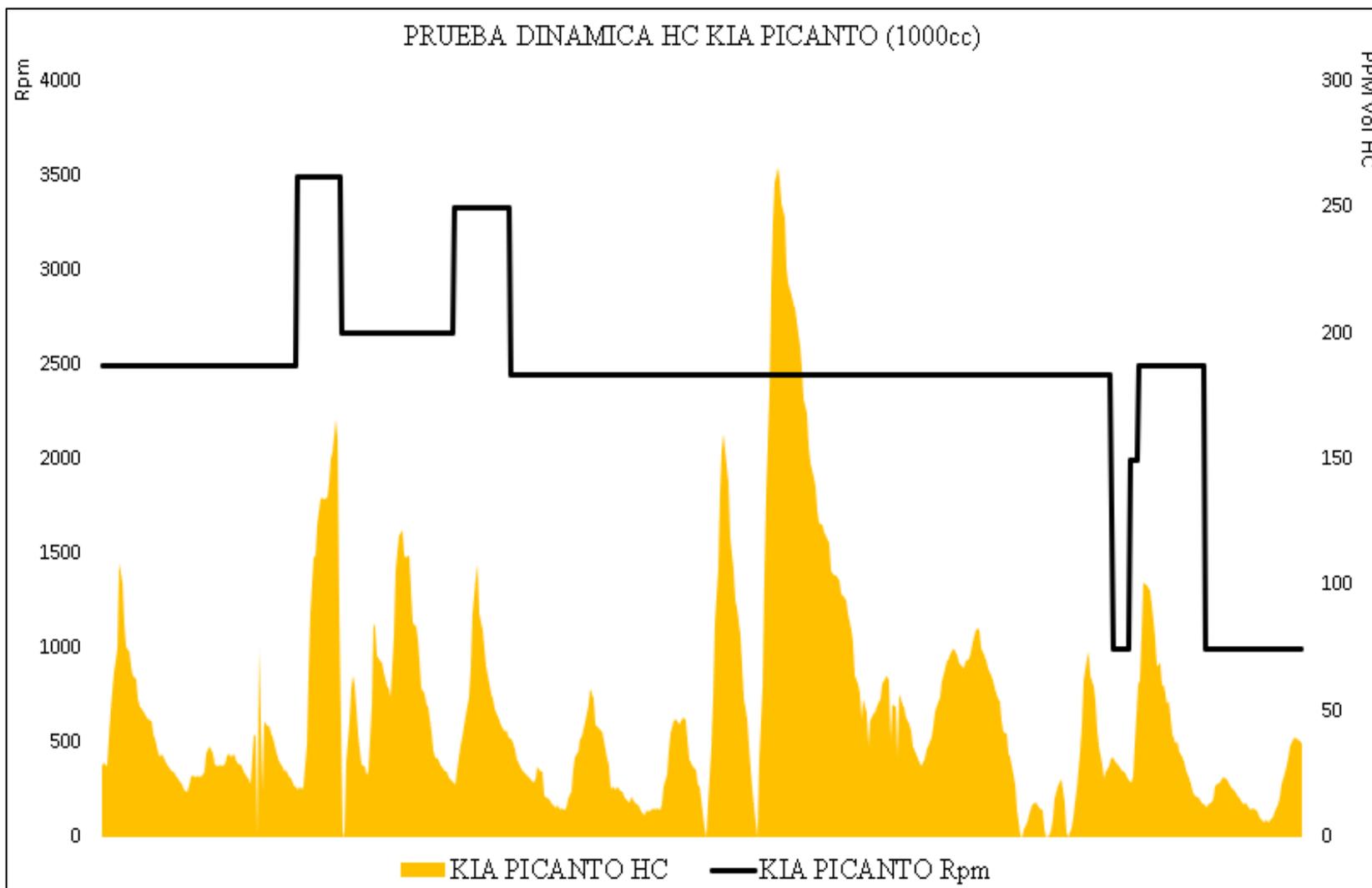


Ilustración 60. Resultados HC Kia Picanto (1000 cc)

8.4.2.8. TABLA DE RESULTADOS O₂

EMISIONES O ₂ KIA PICANTO (% Volumen)											
1,71	0,64	0,54	0,72	1,43	8,52	20,3	0,98	18,4	2,69	1,52	7,55
1,48	0,63	0,52	0,71	1,29	7,31	20,4	0,95	18,7	2,54	1,47	7,21
1,41	0,58	0,51	0,69	1,24	6,70	20,1	0,94	18,8	2,40	1,40	6,53
1,36	0,53	0,50	0,68	1,20	6,16	19,8	0,92	19,0	2,17	1,36	6,20
1,30	0,55	0,49	0,66	1,15	5,23	19,2	0,91	19,2	2,06	1,34	5,89
1,28	0,53	0,51	0,65	1,12	4,78	17,8	0,90	19,3	1,98	1,28	5,32
1,26	0,52	0,52	0,62	1,09	4,38	17,0	0,89	19,5	1,80	1,25	5,07
1,23	0,51	0,51	0,61	1,03	3,69	16,0	0,88	19,6	1,74	1,23	4,81
1,22	0,50	0,49	0,60	0,99	3,40	14,1	0,87	19,7	1,67	1,17	4,35
1,21	0,49	0,48	0,59	0,96	3,13	13,2	0,86	19,8	1,56	1,15	4,14
1,19	0,48	0,47	0,58	0,91	2,69	12,5	0,85	19,9	1,51	1,11	3,94
1,17	0,47	0,46	0,57	0,89	2,51	11,7	0,84	20,0	1,47	1,09	3,55
1,15	0,45	0,45	0,56	0,85	2,30	11,6	0,83	19,5	1,38	1,07	3,38
1,12	0,44	0,44	0,55	0,83	2,01	12,0	0,81	19,1	1,35	1,04	3,21
1,10	0,43	0,43	0,56	0,81	1,86	12,5	0,80	18,7	1,29	1,03	2,94
1,08	0,44	0,42	0,57	0,78	1,76	13,1	0,79	17,2	1,25	1,02	2,80
1,06	0,48	0,40	0,56	0,77	1,54	14,3	0,78	16,3	1,22	0,99	2,66
1,05	0,51	0,38	0,55	0,74	1,46	14,8	0,77	15,4	1,17	0,98	2,44
1,02	0,60	0,35	0,54	0,73	1,31	15,3	0,76	13,5	1,15	0,95	2,33
1,01	0,67	0,34	0,52	0,72	1,24	16,2	0,75	12,6	1,12	0,94	2,24
1,00	0,72	0,33	0,51	0,71	1,18	16,7	0,74	11,9	1,09	0,92	2,08
0,98	0,78	0,32	0,50	0,70	1,10	17,0	0,73	11,2	1,07	0,91	2,01
0,97	0,75	0,31	0,47	0,68	1,05	17,6	0,72	11,1	1,03	0,90	1,93
0,95	0,69	0,30	0,46	0,67	1,02	17,9	0,71	11,5	1,01	0,89	1,78
0,93	0,66	20,8	0,45	0,66	0,97	18,1	0,70	11,9	0,99	0,88	1,72
0,91	0,64	20,6	0,43	0,65	0,95	18,6	0,69	12,4	0,98	0,87	1,64
0,90	0,61	16,6	0,42	0,64	0,94	18,7	0,68	13,4	0,97	0,86	1,54
0,88	0,60	13,5	0,43	0,63	0,91	18,9	0,67	13,9	0,96	0,85	1,50
0,87	0,59	8,50	0,42	0,62	0,89	19,2	0,66	14,3	0,95	0,84	1,45
0,85	0,56	6,62	0,41	0,61	0,88	19,3	0,65	15,2	0,92	0,83	1,37
0,84	0,55	5,24	0,42	0,60	0,87	19,4	0,64	15,6	0,91	0,81	1,33
0,82	0,54	3,40	0,43	0,59	0,86	19,6	0,63	16,0	0,89	0,79	1,28
0,79	0,53	2,85	0,44	0,75	0,85	19,7	0,62	16,7	0,90	0,78	1,24
0,77	0,52	2,44	0,45	0,99	0,83	19,8	0,67	17,1	0,99	0,77	1,22
0,75	0,51	1,87	0,46	1,36	0,82	19,9	0,75	17,4	1,00	0,76	1,16
0,73	0,50	1,71	0,47	2,39	0,81	20,0	0,93	17,8	1,01	0,75	1,14
0,72	0,49	1,59	0,48	2,93	0,79	20,1	1,71	18,0	1,02	0,74	1,12
0,70	0,48	1,43	0,49	3,85	0,77	20,2	2,34	18,1	1,21	0,73	1,08
0,69	0,49	1,37	0,50	4,18	0,76	20,1	3,06	17,70	1,51	0,72	1,06

EMISIONES O ₂ KIA PICANTO (% Volumen)											
0,68	0,52	1,34	0,51	4,48	0,74	19,9	4,75	17,10	2,51	0,71	1,05
0,67	0,56	1,28	0,52	4,74	0,75	19,2	5,59	15,20	3,17	0,75	1,01
0,66	0,57	1,26	0,53	4,77	0,73	18,6	6,48	14,10	4,02	0,97	1,00
0,65	0,55	1,22	0,54	4,58	0,72	18,0	8,16	11,70	5,65	1,04	0,98
0,64	0,54	1,21	0,55	4,40	0,71	16,5	8,95	10,70	6,51	1,08	0,96
0,63	0,52	1,19	0,56	4,21	0,69	15,7	10,6	9,87	8,08	1,09	0,95
0,62	0,51	1,13	0,57	3,76	0,68	14,8	11,4	8,63	8,74	1,06	0,94
0,61	0,50	1,10	0,56	3,55	0,67	13,0	12,1	8,31	9,36	1,02	0,93
0,60	0,49	1,06	0,54	3,31	0,66	12,1	13,4	8,21	10,2	0,98	0,92
0,59	0,51	1,00	0,53	2,88	0,65	11,2	14,0	8,50	10,5	0,95	0,90
0,58	0,52	0,96	0,52	2,69	0,64	9,80	14,5	8,89	10,7	0,92	0,89
0,57	0,51	0,93	0,51	2,33	0,63	9,19	15,3	9,40	10,8	0,90	0,88
0,56	0,49	0,89	0,64	2,17	0,62	7,80	15,7	10,6	10,6	0,87	0,87
0,55	0,48	0,87	0,83	2,02	0,66	7,20	16,0	11,3	10,4	0,85	0,86
0,54	0,47	0,84	1,83	1,77	1,40	6,63	16,8	11,9	10,2	0,83	0,85
0,53	0,46	0,80	2,65	1,65	2,08	5,70	17,1	13,3	9,67	0,82	0,84
0,61	0,45	0,78	3,66	1,55	3,02	5,35	17,4	13,9	9,35	0,80	0,83
0,68	0,44	0,74	6,01	1,36	5,27	4,98	17,8	15,1	9,03	0,79	0,82
0,75	0,43	0,73	7,27	1,28	6,47	4,38	17,6	15,6	8,36	0,78	0,81
0,89	0,44	0,71	8,52	1,19	7,68	4,05	16,8	16,0	8,02	0,77	0,80
0,93	0,48	0,68	10,8	1,06	10,0	3,74	16,3	16,7	7,71	0,76	0,79
0,99	0,51	0,67	11,7	1,00	11,0	3,22	15,2	16,9	7,05	0,75	0,78
1,03	0,60	0,65	12,5	0,97	12,8	3,01	14,5	17,1	6,75	0,73	0,77
1,04	0,67	0,64	13,4	0,95	13,6	2,64	13,8	17,0	6,16	0,89	0,76
1,05	0,72	0,63	13,5	1,05	14,3	2,49	12,2	16,8	5,85	1,21	0,75
1,06	0,78	0,62	13,2	1,36	15,4	2,35	11,5	16,1	5,57	1,66	0,73
1,05	0,75	0,61	12,7	2,59	15,9	2,13	10,7	15,7	5,05	3,03	0,72
1,00	0,69	0,59	12,2	3,49	16,3	2,03	9,56	15,2	4,81	3,80	0,71
0,96	0,66	0,58	11,0	4,53	17,0	1,94	9,18	14,2	4,54	4,68	0,69
0,93	0,64	0,55	10,3	6,79	17,3	1,79	9,01	13,7	4,10	6,54	0,68
0,87	0,61	0,53	9,66	7,97	17,6	1,72	9,26	13,1	3,91	7,46	0,67
0,84	0,60	0,52	8,32	9,11	18,0	1,66	9,71	12,0	3,73	8,35	0,66
0,78	0,59	0,58	7,68	11,2	18,2	1,54	10,2	11,4	3,40	9,81	0,65
0,77	0,56	0,66	7,06	12,2	18,4	1,49	11,4	10,1	3,25	10,4	0,64
0,74	0,55	0,75	5,93	13,8	18,7	1,40	12,1	9,65	3,08	11,4	0,63
0,70	0,54	0,92	5,44	14,4	18,9	1,35	12,6	9,07	2,80	11,6	0,62
0,69	0,53	0,99	4,97	14,8	19,0	1,32	13,7	8,03	2,67	11,9	0,61
0,67	0,52	1,02	4,09	15,3	19,2	1,24	14,1	7,47	2,56	12,0	0,59
0,64	0,51	1,04	3,71	15,4	19,3	1,21	15,1	6,88	2,36	11,6	0,58
0,63	0,50	0,97	3,39	15,3	19,5	1,18	15,5	5,83	2,27	11,4	0,57
0,61	0,49	0,92	2,79	14,6	19,6	1,12	15,9	5,36	2,09	11,1	0,56

EMISIONES O ₂ KIA PICANTO (% Volumen)										
0,60	0,48	0,86	2,57	14,1	19,7	1,10	16,6	4,97	2,02	10,5
0,59	0,49	0,84	2,16	13,4	19,8	1,08	17,0	4,25	1,95	10,2
0,58	0,52	0,82	2,00	12,0	19,9	1,05	17,3	3,97	1,80	9,45
0,57	0,56	0,78	1,85	11,2	20,0	1,03	17,5	3,68	1,74	9,04
0,60	0,57	0,77	1,62	9,86	20,1	1,00	18,0	3,23	1,68	8,65
0,63	0,55	0,75	1,52	9,20	20,2	0,99	18,2	3,03	1,57	7,92

Tabla 19. Tabla de resultados O₂ Kia Picanto (1000 cc)

8.4.2.9. GRAFICA DE RESULTADOS O₂

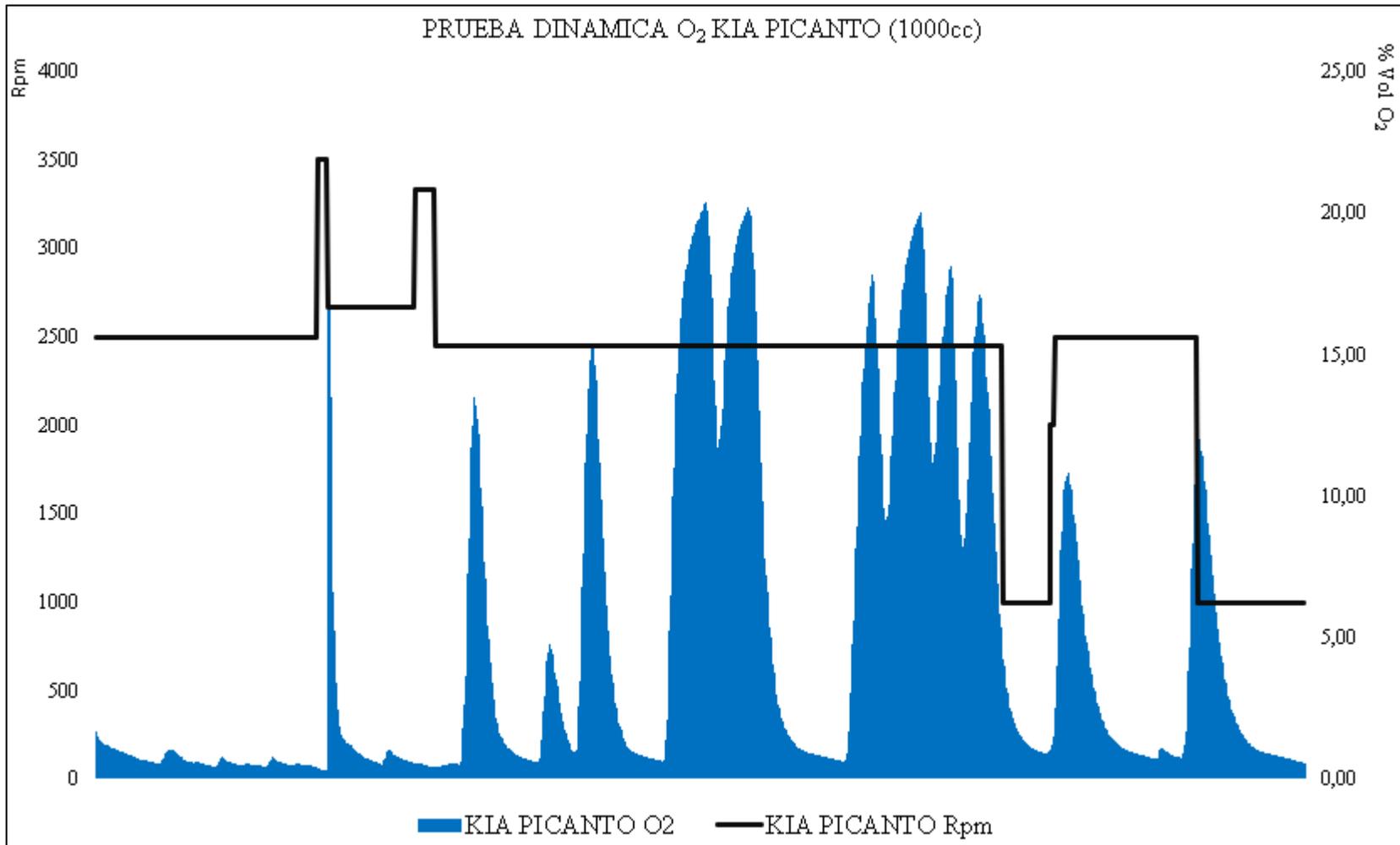


Ilustración 61. Resultados O₂ Kia Picanto (1000 cc)

8.4.2.10. TABLA DE RESULTADOS λ

FACTOR LAMBDA KIA PICANTO											
1,083	1,001	1,014	1,030	0,980	1,136	1,407	4,793	1,023	2,878	1,931	2,621
1,071	1,002	1,015	1,027	0,965	1,114	1,318	---	1,022	2,300	1,909	2,559
1,068	1,005	1,016	1,013	0,963	1,103	1,291	4,051	1,023	1,964	1,782	2,557
1,065	1,008	1,014	1,010	0,922	1,096	1,254	3,763	1,024	1,797	1,759	2,398
1,062	1,011	1,013	0,999	0,893	1,083	1,213	2,828	1,023	1,725	1,741	2,356
1,061	1,013	1,015	0,998	0,888	1,077	1,188	2,716	1,024	1,616	1,632	2,176
1,060	1,014	1,016	1,002	0,874	1,068	1,173	2,189	1,025	1,591	1,611	2,147
1,059	1,005	1,017	1,001	0,885	1,061	1,145	2,101	1,024	1,594	1,540	1,974
1,058	0,998	1,018	1,008	0,889	1,052	1,135	2,014	1,025	1,686	1,497	1,940
1,057	1,002	1,016	1,007	0,919	1,050	1,123	1,758	1,026	1,753	1,499	1,778
1,055	1,007	1,015	1,006	0,924	1,044	1,106	1,705	1,025	1,959	1,411	1,745
1,054	1,010	1,013	1,012	0,925	1,042	1,097	1,514	1,022	2,157	1,369	1,713
1,053	1,013	1,012	1,011	0,953	1,041	1,091	1,469	1,020	2,553	1,351	1,596
1,052	1,014	1,010	1,007	0,954	1,037	1,079	1,404	1,019	2,654	1,305	1,568
1,051	1,015	1,009	1,006	0,973	1,035	1,073	1,343	1,018	3,571	1,291	1,505
1,050	1,016	1,010	1,004	0,985	1,034	1,065	1,304	1,017	3,701	1,275	1,457
1,049	1,015	1,011	1,007	0,993	1,031	1,061	1,282	1,016	4,932	1,240	1,409
1,048	1,012	1,013	1,011	0,998	1,029	1,058	1,230	1,015	---	1,229	1,389
1,046	1,011	1,015	1,010	1,001	1,027	1,054	1,212	1,014	4,651	1,212	1,336
1,045	1,012	1,016	1,006	1,004	1,026	1,051	1,194	1,013	4,601	1,193	1,303
1,044	1,013	1,014	0,996	1,006	1,025	1,049	1,164	1,012	3,401	1,182	1,263
1,042	1,014	1,015	0,995	1,004	1,023	1,046	1,152	1,011	3,337	1,172	1,249
1,041	1,015	1,016	0,964	0,998	1,022	1,045	1,127	1,012	3,275	1,152	1,232
1,034	1,012	1,015	0,960	0,999	1,021	1,044	1,119	1,014	2,817	1,145	1,208
1,033	1,000	1,016	0,928	1,004	1,020	1,043	1,110	1,015	2,754	1,140	1,194
1,026	0,988	1,017	0,922	1,006	1,019	1,041	1,099	1,016	2,363	1,129	1,184
1,025	0,982	1,016	0,893	1,007	1,018	1,040	1,093	1,015	2,247	1,124	1,165
1,019	0,987	1,015	0,890	1,002	1,017	1,039	1,088	1,013	2,003	1,113	1,157
1,018	0,995	1,016	0,885	0,996	1,016	1,037	1,079	1,012	1,894	1,109	1,149
1,016	0,996	1,017	0,883	0,992	1,015	1,036	1,076	1,013	1,745	1,103	1,137
1,015	1,006	1,013	0,882	0,993	1,016	1,035	1,073	1,012	1,700	1,095	1,130
1,006	1,007	1,008	0,887	0,991	1,015	1,033	1,066	1,011	1,552	1,092	1,122
1,004	1,018	1,007	0,885	0,992	1,011	1,031	1,063	1,010	1,513	1,089	1,113
1,002	1,022	1,008	0,890	0,996	1,006	1,029	1,059	1,011	1,470	1,083	1,109
0,991	1,024	1,010	0,916	1,000	1,003	1,028	1,055	1,012	1,366	1,080	1,105
0,990	1,030	1,012	0,920	1,006	1,006	1,026	1,053	1,013	1,335	1,077	1,097
0,992	1,032	1,013	0,948	1,010	1,015	1,025	1,049	1,014	1,292	1,073	1,093
0,998	1,028	1,014	0,950	1,014	1,033	1,023	1,048	1,015	1,249	1,071	1,089
1,004	1,025	1,015	0,969	1,017	1,060	1,021	1,047	1,014	1,223	1,067	1,082

FACTOR LAMBDA KIA PICANTO											
1,010	1,013	1,016	0,970	1,019	1,132	1,020	1,043	1,015	1,207	1,064	1,080
1,013	1,012	1,017	0,971	1,018	1,178	1,019	1,042	1,016	1,175	1,063	1,076
1,011	1,006	1,016	0,987	1,011	1,248	1,018	1,040	1,021	1,164	1,060	1,072
1,009	1,005	1,015	0,996	1,006	1,274	1,017	1,039	1,025	1,141	1,059	1,070
1,008	1,008	1,013	1,000	1,005	1,295	1,016	1,038	1,038	1,133	1,057	1,067
1,009	1,012	1,012	1,013	1,007	1,310	1,017	1,037	1,093	1,126	1,056	1,065
1,012	1,014	1,010	1,023	1,010	1,313	1,016	1,035	1,136	1,113	1,055	1,064
1,014	1,013	1,000	1,032	1,011	1,318	1,018	1,034	1,216	1,107	1,054	1,061
1,015	1,015	0,998	1,033	1,008	1,291	1,019	1,033	1,350	1,101	1,053	1,059
1,017	1,016	0,953	1,037	1,005	1,283	1,018	1,032	1,507	1,092	1,051	1,058
1,018	1,018	0,951	1,035	1,007	1,254	1,017	1,031	1,590	1,088	1,049	1,056
1,017	1,019	0,907	1,036	1,008	1,229	1,016	1,030	1,975	1,085	1,048	1,055
1,016	1,018	0,899	1,033	1,007	1,205	1,014	1,029	2,073	1,079	1,047	1,053
1,017	1,016	0,872	1,030	1,004	1,191	1,012	1,028	2,704	1,076	1,046	1,052
1,022	1,007	0,804	1,029	1,008	1,158	1,017	1,026	2,838	1,074	1,045	1,051
1,025	0,995	0,850	1,032	1,013	1,148	1,065	1,025	2,982	1,068	1,044	1,050
1,029	0,997	0,838	1,029	1,012	1,125	1,114	1,024	3,951	1,067	1,043	1,049
1,038	0,998	0,830	1,031	1,011	1,117	1,224	1,023	4,107	1,064	1,042	1,048
1,040	1,006	0,840	1,030	1,006	1,109	1,422	1,022	---	1,061	1,040	1,047
1,045	1,008	0,846	1,029	1,005	1,094	1,701	1,021	3,954	1,060	1,038	1,046
1,047	1,015	0,857	1,028	1,003	1,087	1,837	1,022	3,866	1,057	1,035	1,045
1,048	1,014	0,861	1,025	1,004	1,079	2,579	1,023	2,906	1,056	1,034	1,044
1,049	1,018	0,858	1,023	0,995	1,064	2,744	1,022	2,820	1,055	1,035	1,043
1,048	1,020	0,856	1,021	0,994	1,060	3,836	1,021	2,730	1,053	1,034	1,042
1,044	1,019	0,850	1,020	0,982	1,055	4,037	1,020	2,180	1,052	1,035	1,041
1,042	1,014	0,849	1,018	0,981	1,040	4,253	1,019	2,103	1,053	1,034	1,040
1,038	1,013	0,843	1,016	0,982	1,037	---	1,015	1,920	1,051	1,033	1,039
1,035	1,008	0,840	1,015	0,987	1,023	2,332	1,016	1,816	1,050	1,032	1,038
1,031	1,012	0,836	1,018	0,993	1,022	2,342	1,017	1,857	1,049	1,033	1,037
1,028	1,015	0,834	1,019	1,006	1,013	---	1,018	1,841	1,048	1,044	1,035
1,027	1,017	0,827	1,020	1,017	1,011	4,905	1,019	2,045	1,047	1,046	1,034
1,026	1,019	0,826	1,019	1,103	1,016	3,292	1,022	2,096	1,046	1,048	1,033
1,024	1,020	0,825	1,017	1,163	1,023	3,155	1,021	2,161	1,045	1,046	1,032
1,023	1,022	0,838	1,019	1,253	1,041	2,501	1,023	2,640	1,042	1,042	1,031
1,022	1,023	0,848	1,020	1,580	1,155	2,400	1,024	2,731	1,036	1,040	1,030
1,020	1,021	0,877	1,022	1,736	1,222	2,319	1,023	3,269	1,037	1,038	1,029
1,019	1,022	0,837	1,023	2,201	1,321	2,307	1,024	3,465	1,032	1,036	1,028
1,015	1,020	2,001	1,024	2,581	1,656	2,305	1,025	4,300	1,033	1,034	1,026
1,013	1,019	1,798	1,023	3,008	1,815	2,677	1,023	4,530	1,014	1,033	1,025
1,012	1,018	1,386	1,021	3,146	2,300	2,761	1,020	---	1,013	1,032	1,023
1,011	1,017	1,285	1,019	2,957	2,680	3,417	1,019	3,474	0,997	1,031	1,022

FACTOR LAMBDA KIA PICANTO											
1,013	1,022	1,265	1,018	2,973	3,530	3,667	1,021	3,349	0,996	1,030	1,018
1,017	1,027	1,142	1,017	2,478	3,967	4,642	1,020	3,208	1,004	1,032	1,017
1,019	1,020	1,137	1,015	2,429	4,403	4,793	1,021	2,459	1,021	1,031	1,009
1,021	1,018	1,111	1,014	2,373	4,508	---	1,019	2,362	1,090	1,032	1,008
1,025	1,010	1,091	1,002	1,985	4,002	4,905	1,020	2,268	1,151	1,045	1,001
1,026	0,993	1,081	0,981	1,923	4,007	3,292	1,019	2,189	1,211	1,064	1,000
1,028	0,994	1,075	0,979	1,733	4,016	3,155	1,018	2,390	1,405	1,092	1,003
1,029	0,996	1,070	0,973	1,631	3,030	2,501	1,020	2,444	1,478	1,207	1,006
1,030	0,981	1,067	0,972	1,516	2,961	2,400	1,016	2,815	1,724	1,264	1,003
1,027	0,980	1,064	0,965	1,474	2,402	2,319	1,014	2,885	1,791	1,408	1,002
1,026	0,998	1,058	0,964	1,363	2,250	2,307	1,020	3,600	1,889	1,577	1,004
1,024	0,997	1,056	0,969	1,333	1,948	2,305	1,022	3,693	2,023	1,799	1,006
1,021	1,002	1,044	0,975	1,304	1,830	2,667	1,018	3,795	2,095	1,896	1,007
1,020	1,008	1,043	0,976	1,233	1,671	2,761	1,019	4,789	2,084	2,252	1,009
1,019	1,012	1,036	0,962	1,211	1,621	3,417	1,021	4,891	2,135	2,330	1,010
1,017	1,014	1,035	0,957	1,185	1,483	3,667	1,022	---	2,038	2,549	
1,006	1,015	1,033	0,969	1,131	1,442	4,642	1,024	3,321	2,042	2,587	

Tabla 20. Tabla de resultados λ Kia Picanto (1000 cc)

8.4.2.11. GRAFICA DE RESULTADOS λ

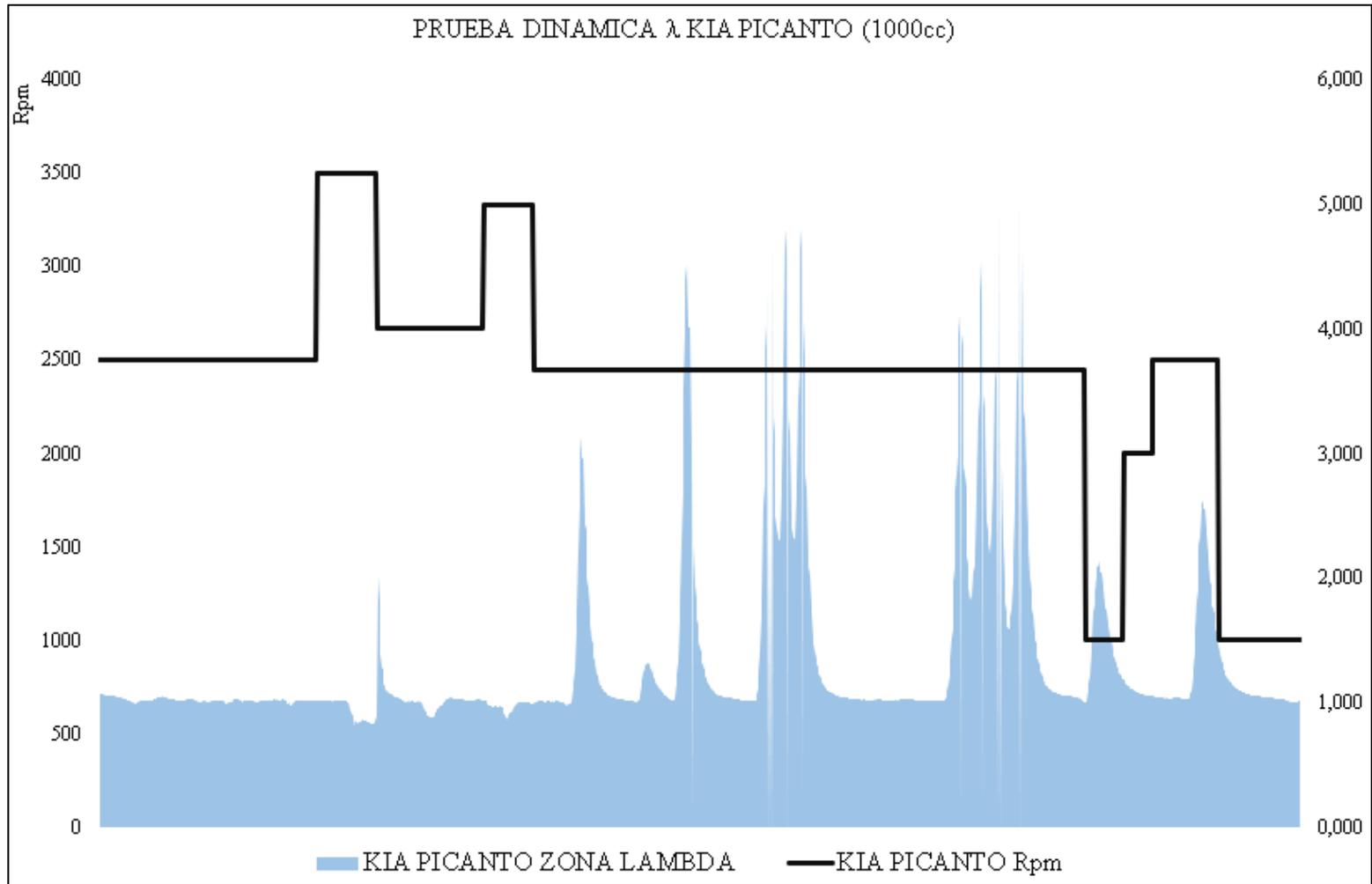
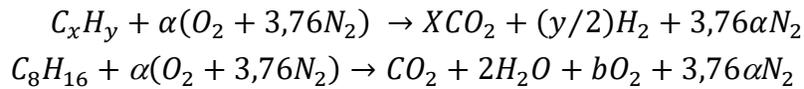


Ilustración 62. Resultados λ Kia Picanto (1000 cc)

8.4.3. CALCULOS, TABLAS Y GRAFICAS RENAULT LOGAN (1600 cc)

8.4.3.1. CÁLCULOS RENAULT LOGAN

En este apartado se van a realizar las ecuaciones pertinentes con las cuales se pretende realizar un análisis teórico de las emisiones producidas por los vehículos que se usaron para las pruebas, es importante aclarar que debido a que el analizador de gases no midió emisiones como lo fueron los óxidos nítricos y otras emisiones que eran necesarias para poder realizar estas ecuaciones, estos valores son teóricos es decir que fueron inventados y no están dentro de los valores obtenidos. El resto de valores se puede observar en los anexos, en el caso del Kia Picanto estos valores están en el Anexo 2.



$$\alpha = x + \frac{y}{4}$$

$$\alpha = 8 + \frac{16}{4}$$

$$\alpha = 12$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = \frac{N_{Aire}}{N_{C_xH_y}} \frac{MW_{Aire}}{MW_{C_xH_y}} = \frac{4,76\alpha}{1} \frac{MW_{Aire}}{MW_{C_xH_y}}$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = \frac{4,76 * (12) * (28,85)}{112}$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = \frac{137,33}{112}$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = 1,226$$

$$\phi = \frac{(A/F)_{Estequiometrica}}{(A/F)_{Real}}$$

$$1,026 = \frac{1,226}{(A/F)_{Real}}$$

$$(A/F)_{Real} = \frac{1,226}{1,026}$$

$$(A/F)_{Real} = 1,195$$

$$\%_{Estequiometrico\ aire} = \frac{100\%}{\phi}$$

$$\%_{Estequiometrico\ de\ aire} = \frac{100\%}{1,026}$$

$$\%_{Estequiometrico\ de\ aire} = 0,975$$

$$\%Exceso\ aire = \frac{(1 - \phi)}{\phi} * 100\%$$

$$\%Exceso\ de\ aire = \frac{1 - 1,026}{1,026} * 100\%$$

$$\%Exceso\ de\ aire = -0,03$$

$$MW_{Mezcla} = X_{C_8H_{16}} * MW_{C_8H_{16}} + X_{CO} * MW_{CO} + X_{CO_2} * MW_{CO_2} + X_{H_2} * MW_{H_2} + X_{H_2O} * MW_{H_2O} + X_{N_2} * MW_{N_2} + X_{O_2} * MW_{O_2} + X_{OH} * MW_{OH}$$

$$MW_{Mezcla} = 1 * 112 + 1 * 10^{-4} * 28 + 0,14 * 44 + 263 * 10^{-6} * 2 + 0,32 * 18 + 72 * 10^{-6} * 28 + 5,3 * 10^{-3} * 32 + 1359 * 10^{-6} * 17$$

$$MW_{Mezcla} = 124,12$$

$$f = \frac{(2X_{C_8H_{16}} + X_{CO} + X_{CO_2}) * MW_C + (3X_{C_8H_{16}} + X_{H_2} + X_{H_2O} + \frac{1}{2}X_{OH}) * MW_{H_2}}{MW_{Mezcla}}$$

$$f = \frac{(2 * 1 + 1 * 10^{-4} + 0,14) * 12,011 + (3 * 1 + 263 * 10^{-6} + 0,32 + 0,5 * 1359 * 10^{-6}) * 2,022}{124,12}$$

$$f = 0,27$$

$$f_{Estequiometrica} = \frac{MW_{Combustible}}{MW_{Combustible} + 5(MW_{O_2} + MW_{CO_2})}$$

$$f_{Estequiometrica} = \frac{232,198}{232,198 + 5(32 + 44)}$$

$$f_{Estequiometrica} = 0,38$$

$$N_{Mezcla, @X_{O_2}} = 4,76 \left[\frac{x + (1 - X_{O_2}) * \frac{y}{4}}{1 - 4,76 * X_{O_2}} \right] - \frac{y}{4}$$

$$a = \frac{x + (1 - X_{O_2, Humedo}) * \frac{y}{4}}{1 - 4,76 * X_{O_2, Humedo}}$$

$$a = \frac{8 + (1 - 5,3 * 10^{-3}) * \frac{16}{4}}{1 - 4,76 * 5,3 * 10^{-3}}$$

$$a = 12,289$$

$$\frac{N_{Mezcla\ humeda}}{N_{Mezcla\ seca}} = 1 + \frac{y}{2 * [4,76a - \frac{y}{4}]}$$

$$\frac{N_{Mezcla\ humeda}}{N_{Mezcla\ seca}} = 1 + \frac{16}{2 * [(4,76 * 12,289) - \frac{16}{4}]}$$

$$\frac{N_{Mezcla\ humeda}}{N_{Mezcla\ seca}} = 1,147$$

$$X_{NO,Humedo} = X_{NO,Seco} * \frac{N_{Mezcla\ seca}}{N_{Mezcla\ humeda}}$$

$$X_{NO,Humedo} = 72ppm * \frac{1}{1,147}$$

$$X_{NO,Humedo} = 62,772ppm$$

$$N_{Mezcla,@0,53\%O_2} = 4,76 \left[\frac{8 + (1 - 5,3 * 10^{-3}) * \frac{16}{4}}{1 - 4,76 * 5,3 * 10^{-3}} \right] - \frac{16}{4}$$

$$N_{Mezcla,@0,66\%O_2} = 54,495$$

$$N_{Mezcla,@5\%O_2} = 4,76 \left[\frac{8 + (1 - 0,05) * \frac{16}{4}}{1 - 4,76 * 0,05} \right] - \frac{16}{4}$$

$$N_{Mezcla,@5\%O_2} = 69,711$$

$$X_{NO@5\%O_2} = 72ppm * \frac{54,495}{69,711}$$

$$X_{NO@5\%O_2} = 56,28 ppm$$

8.4.3.2. FICHA TÉCNICA

DATOS	ESPECIFICACIONES
MODELO	RENAULT LOGAN DYNAMIQUE
AÑO MODELO	2014
COMBUSTIBLE	GASOLINA
CILINDRADA	1598 cc
POTENCIA	90/5500 hp/rpm
TORQUE	127/3000 N·m/rpm
ALIMENTACIÓN	INYECCIÓN ELECTRÓNICA SECUENCIAL MULTIPUNTO
CILINDROS	4 EN LÍNEA
VÁLVULAS	8

Tabla 21. Ficha técnica Renault logan (COSMOS, 2018)

8.4.3.3. TABLA DE RESULTADOS CO

EMISIONES CO RENAULT LOGAN (% Volumen)											
0,71	0,73	0,11	0,68	0,28	4,17	0,24	0,25	0,01	0,11	0,06	0,56
0,58	0,62	0,10	0,63	0,20	4,06	0,26	0,22	0,02	0,12	0,07	0,75
0,47	0,56	0,08	0,50	0,18	3,99	0,28	0,20	0,01	0,10	0,05	1,03
0,46	0,64	0,12	0,39	0,21	4,08	0,26	0,19	0,02	0,11	0,04	1,17
0,39	0,93	0,45	0,43	0,19	4,32	0,22	0,24	0,01	0,09	0,03	1,13
0,33	1,33	0,60	0,57	0,16	4,33	0,16	0,30	0,02	0,10	0,02	1,00
0,32	1,67	0,68	0,87	0,13	4,53	0,17	0,29	0,01	0,07	0,03	1,02
0,27	1,87	0,80	1,07	0,10	4,45	0,15	0,31	0,02	0,08	0,02	0,83
0,22	1,86	0,86	1,13	0,08	3,74	0,13	0,33	0,01	0,06	0,01	0,85
0,20	1,69	0,82	1,00	0,06	3,72	0,11	0,46	0,02	0,04	0,02	0,66
0,18	1,41	0,76	0,77	0,16	3,03	0,13	0,57	0,01	0,05	0,01	0,49
0,17	1,40	0,67	0,53	0,60	2,47	0,24	0,61	0,07	0,03	0,02	0,34
0,16	1,13	0,75	0,35	0,71	1,43	0,32	0,59	0,06	0,04	0,01	0,35
0,17	0,89	0,90	0,23	0,64	1,44	0,33	0,54	0,33	0,03	0,05	0,24
0,18	0,69	0,94	0,15	0,81	1,11	0,35	0,53	0,32	0,02	0,04	0,18
0,17	0,53	0,92	0,11	1,32	1,10	0,36	0,46	0,73	0,01	0,08	0,17
0,18	0,42	0,91	0,09	1,73	0,84	0,39	0,37	1,18	0,02	0,07	0,12
0,19	0,32	0,89	0,07	1,61	0,62	0,37	0,28	1,17	0,01	0,09	0,11
0,20	0,26	0,84	0,06	1,48	0,46	0,31	0,21	1,60	0,02	0,08	0,08
0,19	0,22	0,76	0,05	1,56	0,45	0,27	0,16	1,59	0,01	0,07	0,06
0,18	0,19	0,64	0,27	1,52	0,50	0,26	0,12	1,99	0,02	0,09	0,05
0,19	0,17	0,51	0,85	1,37	0,83	0,23	0,09	2,32	0,01	0,10	0,04
0,22	0,16	0,39	0,86	1,15	0,96	0,33	0,07	2,52	0,02	0,17	0,03
0,34	0,14	0,29	1,47	0,91	1,12	0,53	0,08	2,51	0,01	0,21	0,02
0,45	0,13	0,21	2,24	0,70	1,28	0,66	0,18	2,27	0,02	0,20	0,01
0,55	0,12	0,15	2,23	0,49	1,29	0,61	0,39	1,84	0,00	0,21	0,02
0,65	0,22	0,11	3,01	0,39	1,14	0,49	0,66	1,45	0,01	0,17	0,01
0,69	0,45	0,09	3,55	0,45	0,96	0,36	0,87	1,13	0,02	0,18	0,02
0,75	0,62	0,07	3,34	0,63	0,86	0,25	1,08	0,85	0,01	0,15	0,01
0,74	0,71	0,06	3,33	0,67	0,75	0,17	1,32	0,62	0,00	0,12	0,04
0,67	0,77	0,05	2,60	0,82	0,67	0,16	1,57	0,63	0,01	0,13	0,15
0,68	0,89	0,04	2,59	1,41	0,61	0,21	1,76	0,47	0,02	0,10	0,32
0,60	1,01	0,03	1,89	1,97	0,52	0,26	1,80	0,34	0,01	0,07	0,46
0,61	1,06	0,04	1,88	2,15	0,42	0,32	1,76	0,35	0,02	0,08	0,49
0,55	1,00	0,03	1,37	1,99	0,33	0,33	1,70	0,24	0,01	0,05	0,59
0,56	0,91	0,04	1,36	1,66	0,27	0,39	1,55	0,25	0,00	0,06	0,82
0,52	1,16	0,03	1,01	1,42	0,30	0,53	1,54	0,17	0,02	0,04	0,91
0,45	1,43	0,02	0,76	1,38	0,38	0,73	1,38	0,13	0,01	0,05	0,92
0,39	1,44	0,03	0,58	1,18	0,41	0,97	1,19	0,08	0,02	0,03	0,97

EMISIONES CO RENAULT LOGAN (% Volumen)											
0,38	1,59	0,02	0,46	1,17	0,37	1,16	1,02	0,06	0,04	0,02	0,98
0,33	1,47	0,03	0,40	0,94	0,31	1,18	0,89	0,05	0,03	0,07	0,94
0,29	1,25	0,02	0,42	0,93	0,24	1,07	0,71	0,03	0,06	0,06	0,84
0,27	1,24	0,03	0,44	0,87	0,21	1,06	0,59	0,04	0,05	0,10	0,85
0,26	1,00	0,13	0,78	0,90	0,28	0,94	0,48	0,03	0,08	0,13	0,71
0,24	0,89	0,27	0,93	0,78	0,38	0,93	0,37	0,01	0,09	0,11	0,72
0,22	1,22	0,36	1,18	0,62	0,42	0,85	0,28	0,02	0,06	0,12	0,56
0,21	1,79	0,39	1,45	0,47	0,40	0,89	0,24	0,01	0,07	0,10	0,57
0,20	2,17	0,50	1,44	0,35	0,35	0,79	0,21	0,02	0,05	0,08	0,44
0,24	2,20	0,81	1,35	0,26	0,27	0,67	0,17	0,01	0,06	0,07	0,34
0,32	2,07	1,00	1,56	0,18	0,24	0,53	0,14	0,02	0,05	0,10	0,27
0,35	1,78	1,12	1,83	0,14	0,37	0,40	0,17	0,01	0,03	0,09	0,22
0,44	1,51	1,13	1,88	0,10	0,49	0,37	0,25	0,02	0,04	0,14	0,21
0,64	1,39	1,29	1,75	0,29	0,54	0,52	0,30	0,01	0,02	0,13	0,16
0,84	1,44	1,58	1,46	0,55	0,50	0,81	0,31	0,02	0,03	0,22	0,12
1,09	1,51	1,69	1,14	0,53	0,43	0,96	0,28	0,00	0,02	0,21	0,10
1,20	1,44	1,52	0,86	0,50	0,39	1,15	0,29	0,02	0,01	0,26	0,09
1,13	1,27	1,24	0,61	0,44	0,34	1,22	0,23	0,01	0,02	0,24	0,19
1,04	1,08	0,98	0,41	0,31	0,32	1,12	0,24	0,02	0,01	0,22	0,44
0,89	0,87	0,93	0,26	0,22	0,35	1,09	0,20	0,01	0,02	0,26	0,66
0,73	0,68	0,92	0,18	0,15	0,33	1,02	0,17	0,02	0,01	0,33	0,81
0,58	0,52	0,88	0,12	0,10	0,27	1,03	0,13	0,04	0,02	0,36	0,92
0,45	0,41	0,80	0,09	0,08	0,22	0,87	0,14	0,03	0,01	0,33	0,91
0,36	0,33	0,67	0,06	0,06	0,16	0,74	0,11	0,05	0,02	0,34	0,96
0,30	0,27	0,52	0,05	0,05	0,11	0,63	0,08	0,10	0,01	0,29	0,91
0,26	0,22	0,40	0,04	0,04	0,13	0,52	0,07	0,12	0,02	0,30	0,80
0,23	0,21	0,31	0,05	0,08	0,27	0,49	0,06	0,13	0,01	0,24	0,66
0,21	0,19	0,24	0,22	0,32	0,24	0,54	0,07	0,12	0,02	0,25	0,54
0,19	0,21	0,19	0,47	0,48	0,45	0,55	0,06	0,13	0,01	0,20	0,43
0,18	0,22	0,16	0,61	0,49	0,52	0,51	0,12	0,12	0,22	0,14	0,40
0,17	0,24	0,14	0,58	0,63	0,54	0,45	0,11	0,10	0,32	0,15	0,43
0,16	0,30	0,13	0,48	0,60	0,48	0,37	0,32	0,07	0,22	0,10	0,51
0,19	0,45	0,11	0,40	0,48	0,40	0,28	0,31	0,08	0,15	0,11	0,61
0,24	0,58	0,10	0,84	0,61	0,31	0,33	0,48	0,05	0,10	0,07	0,68
0,34	0,66	0,21	1,59	1,01	0,23	0,48	0,51	0,06	0,11	0,08	0,69
0,46	0,67	0,44	2,22	1,24	0,25	0,62	0,45	0,04	0,08	0,06	0,68
0,60	0,62	0,70	2,35	1,40	0,35	0,59	0,46	0,05	0,06	0,04	0,66
0,75	0,53	0,92	2,04	1,41	0,81	0,50	0,39	0,04	0,04	0,03	0,63
0,80	0,42	0,99	2,03	1,87	1,12	0,40	0,33	0,02	0,03	0,02	0,60
0,86	0,33	0,96	1,01	2,38	1,09	0,30	0,32	0,03	0,02	0,01	0,54
0,87	0,26	0,85	1,30	2,39	1,10	0,25	0,25	0,02	0,01	0,02	0,45

EMISIONES CO RENAULT LOGAN (% Volumen)											
1,02	0,20	0,86	1,29	2,85	1,00	0,23	0,19	0,01	0,00	0,01	0,36
1,06	0,16	0,76	1,02	2,86	0,99	0,22	0,13	0,02	0,02	0,02	0,29
1,07	0,17	0,70	1,01	3,23	0,88	0,20	0,14	0,01	0,00	0,01	0,22
1,14	0,22	0,69	1,27	3,52	0,70	0,33	0,10	0,02	0,03	0,02	0,25
1,15	0,27	0,59	1,28	3,53	0,53	0,38	0,08	0,01	0,02	0,01	
1,27	0,30	0,58	1,29	3,79	0,49	0,35	0,07	0,03	0,10	0,05	
1,41	0,32	0,48	1,09	4,06	0,65	0,31	0,05	0,02	0,16	0,19	
1,42	0,30	0,49	0,89	4,07	0,73	0,26	0,04	0,04	0,15	0,43	
1,41	0,25	0,56	0,70	4,27	0,67	0,21	0,03	0,03	0,13	0,53	
1,26	0,21	0,67	0,69	4,37	0,58	0,18	0,02	0,06	0,10	0,54	
1,06	0,17	0,74	0,53	4,34	0,46	0,17	0,01	0,05	0,08	0,55	
0,89	0,15	0,72	0,38	4,26	0,33	0,21	0,02	0,09	0,09	0,53	

Tabla 22. Tabla de resultados CO Renault Logan (1600 cc)

8.4.3.4. GRAFICA DE RESULTADOS CO

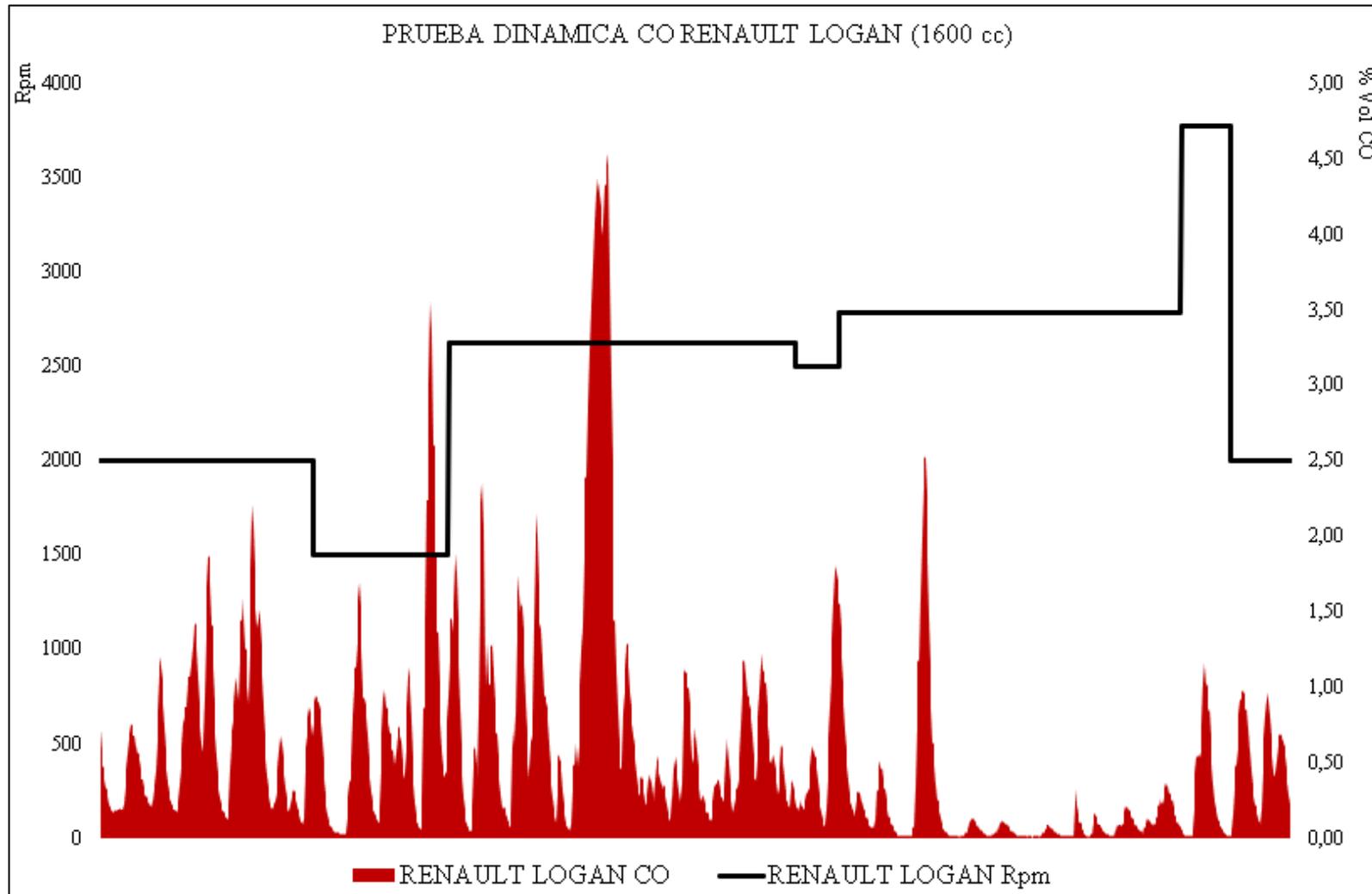


Ilustración 63. Resultados CO Renault Logan (1600 cc)

8.4.3.5. TABLA DE RESULTADOS CO₂

EMISIONES CO ₂ RENAULT LOGAN (% Volumen)											
5,0	12,7	13,1	13,3	11,4	12,5	13,3	8,7	5,5	5,7	7,2	13,2
4,9	12,9	13,2	13,1	11,1	12,8	11,7	9,4	4,3	7,5	7,0	13,0
5,4	13,1	13,3	12,7	10,2	13,1	10,8	9,1	3,3	7,7	7,9	12,4
6,4	13,2	13,4	12,8	9,6	13,3	8,9	8,0	2,7	6,9	9,0	11,8
7,7	13,3	13,1	12,9	9,5	13,2	7,2	6,6	3,7	5,8	9,3	11,3
8,9	13,1	12,6	12,5	9,9	12,4	6,6	5,2	5,8	4,7	8,5	10,6
10,0	13,0	11,9	12,1	10,7	11,6	7,1	4,1	7,6	3,6	7,6	9,3
10,8	12,9	11,0	11,9	11,4	11,4	8,4	3,2	8,1	2,7	6,3	7,7
11,5	12,8	9,5	12,1	11,9	11,6	9,5	2,5	7,5	2,0	5,1	6,2
12,0	12,6	10,3	12,4	12,2	12,0	10,4	2,0	6,3	1,5	4,0	4,9
12,3	12,5	11,1	12,6	12,4	12,3	11,0	1,6	5,1	1,3	3,1	3,7
12,6	12,8	12,3	12,7	12,1	12,5	9,5	1,3	4,0	1,1	2,4	3,0
12,7	12,5	12,2	12,5	11,6	12,8	8,4	1,1	3,0	0,9	1,8	3,8
12,8	12,2	11,8	12,8	11,8	12,9	7,6	1,0	2,3	0,8	1,4	5,0
13,1	12,1	11,6	13,0	12,1	13,0	8,0	0,9	1,8	0,7	1,1	6,5
13,0	12,4	11,8	13,1	12,4	12,8	9,0	0,8	1,4	0,6	2,6	7,9
12,9	12,5	12,1	13,2	12,6	12,7	9,1	0,7	1,3	0,5	4,9	9,1
12,8	12,4	12,3	13,3	12,8	12,2	8,5	0,6	2,2	0,4	6,7	10,2
12,5	12,7	12,6	13,2	12,9	11,9	8,2	0,5	4,3	4,8	7,1	11,1
11,8	12,8	12,8	13,1	13,0	12,1	9,0	0,4	6,4	3,8	6,2	11,7
10,5	12,9	12,9	13,0	13,1	12,6	9,7	0,5	7,4	3,1	5,6	12,2
9,5	13,1	13,0	12,9	13,2	12,8	9,6	1,6	7,1	2,4	5,6	12,7
9,2	13,2	12,8	12,4	13,0	13,0	8,7	3,6	6,2	1,9	5,9	12,9
9,5	13,3	13,0	12,5	13,3	13,1	8,6	5,4	5,1	1,5	7,3	13,0
10,0	13,2	13,1	12,8	13,2	13,0	9,4	6,3	4,1	1,2	8,7	13,2
10,5	13,3	13,2	13,1	13,1	12,7	9,9	6,0	3,1	0,9	9,9	13,3
11,1	13,2	13,3	13,2	12,7	12,9	9,1	6,3	2,4	0,8	10,5	13,4
11,6	13,1	13,1	13,1	12,4	13,1	8,0	6,6	1,9	0,7	10,8	13,5
12,0	13,0	12,7	12,3	12,6	13,2	6,7	6,4	3,0	0,6	11,4	13,2
12,4	12,9	12,2	12,2	12,9	12,9	5,4	7,6	4,3	0,5	11,7	13,1
12,5	12,7	11,7	12,5	13,0	11,9	4,3	8,7	4,6	1,2	11,9	12,8
12,8	12,8	11,1	12,6	13,1	11,2	3,3	9,6	4,5	3,0	12,1	11,8
12,9	12,9	11,5	12,8	13,2	11,5	2,5	10,6	3,9	4,9	11,8	10,5
12,8	13,0	12,0	12,9	12,7	11,8	2,0	11,4	3,3	6,4	10,6	8,9
12,7	13,1	12,1	13,1	12,5	12,2	1,7	11,8	2,6	7,4	9,2	7,6
12,5	13,2	12,4	13,2	12,7	12,5	1,5	11,0	2,1	8,4	7,7	7,1
12,6	13,3	12,6	13,3	12,9	12,7	2,0	9,6	1,6	7,4	6,1	7,3
12,9	13,4	12,9	13,2	13,0	12,8	3,5	8,1	1,3	6,3	4,6	8,1
13,0	13,5	13,0	13,3	13,2	12,9	5,6	6,7	1,1	5,1	3,5	9,2

EMISIONES CO ₂ RENAULT LOGAN (% Volumen)											
13,1	13,4	13,1	13,4	13,1	13,8	7,4	5,2	0,9	4,0	2,6	10,2
13,2	13,5	12,9	13,3	12,8	12,9	8,8	3,9	0,8	3,1	2,1	11,2
13,1	13,4	12,8	13,1	12,7	13,2	9,9	2,9	0,7	2,4	2,2	11,9
12,8	13,5	12,6	13,0	12,5	13,4	10,4	2,2	1,8	1,8	3,2	12,3
12,7	13,4	12,4	12,7	12,8	13,1	10,7	1,8	4,0	1,5	4,5	12,4
12,6	13,5	12,2	12,6	12,9	13,2	11,0	1,4	6,4	2,2	6,0	12,6
12,5	13,4	12,0	12,4	13,0	13,0	11,5	1,1	8,3	2,7	7,5	12,8
12,4	13,3	12,1	12,0	13,1	12,9	11,9	1,0	10,1	2,8	8,8	12,9
12,2	13,2	12,4	11,8	12,7	12,6	12,0	0,8	11,3	2,3	9,9	13,0
12,1	12,9	12,5	11,5	12,2	12,2	12,2	1,1	11,5	2,2	10,9	13,1
12,2	12,7	12,7	11,3	12,3	12,3	12,3	3,0	10,4	3,0	11,5	13,2
12,5	12,6	12,8	11,0	12,4	12,5	11,7	5,0	8,6	4,2	12,1	13,1
12,6	12,5	13,0	10,7	12,7	12,7	11,8	6,8	6,8	4,7	12,4	13,0
12,9	12,4	13,1	10,6	12,0	12,6	10,3	8,4	5,3	4,6	12,7	13,1
12,6	12,6	13,2	10,8	11,5	12,9	8,7	10,1	3,9	4,2	12,9	13,2
12,5	12,7	13,3	10,7	11,7	13,1	7,2	10,6	2,9	3,8	13,1	
12,3	12,8	13,4	10,4	11,8	13,0	6,1	9,9	2,2	5,0	13,2	
12,5	12,9	13,3	10,5	12,1	13,4	6,5	8,5	1,8	6,6	13,3	
12,6	13,0	13,4	11,1	12,3	13,2	7,5	6,9	3,3	7,3	13,4	

Tabla 23. Tabla de resultados CO₂ Renault Logan (1600 cc)

8.4.3.6. GRAFICA DE RESULTADOS CO₂

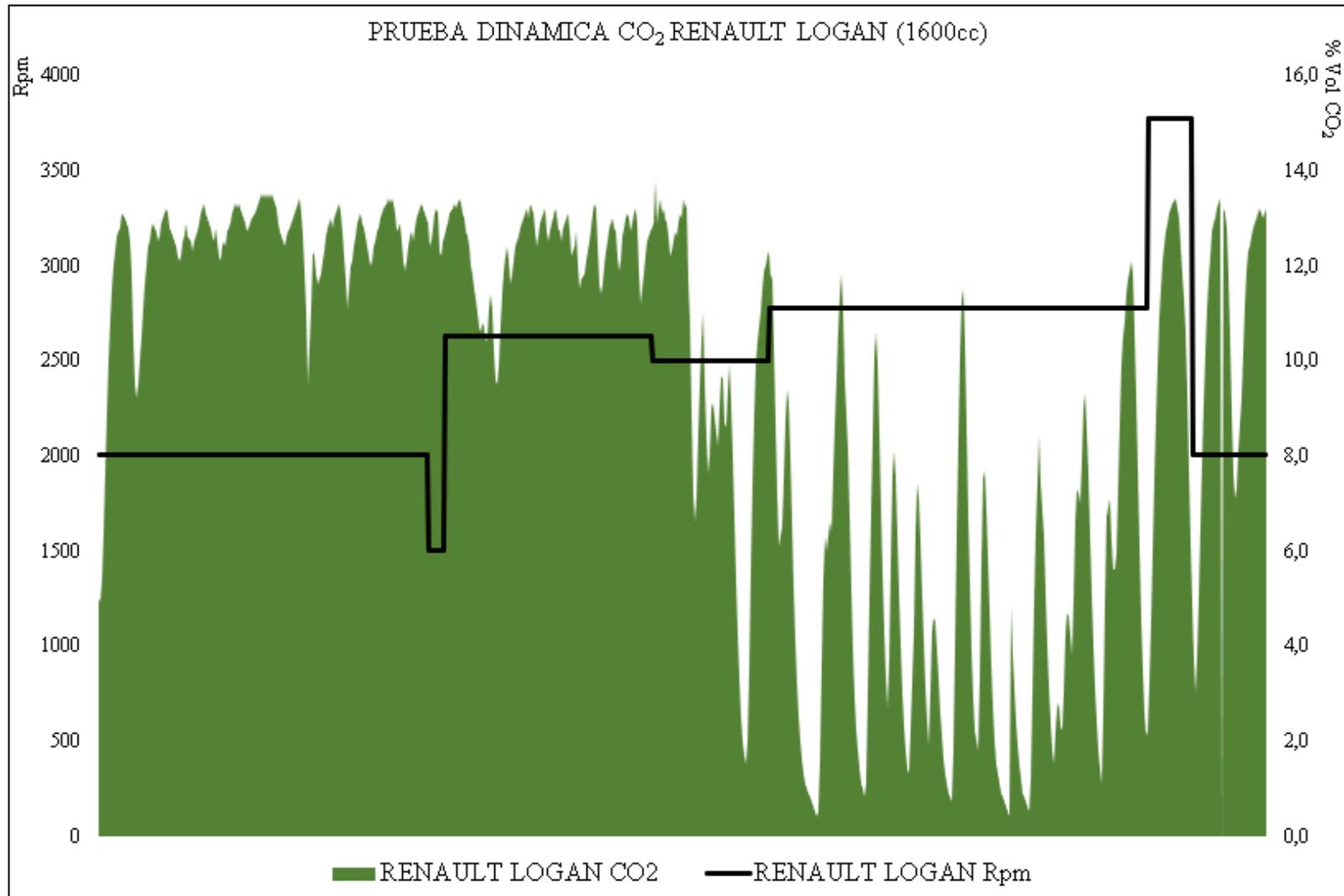


Ilustración 64. Resultados CO₂ Renault Logan (1600 cc)

8.4.3.7. TABLA DE RESULTADOS HC

EMISIONES HC RENAULT LOGAN (ppm Volumen)											
209	126	63	42	49	56	18	923	0	20	50	43
210	125	61	39	45	54	21	1514	2	10	56	39
209	129	53	33	41	50	28	2116	5	1	59	37
210	136	52	30	39	47	30	2587	8	0	61	36
195	142	48	29	38	41	26	2776	10	4	62	29
196	150	47	26	39	39	24	2635	14	8	64	27
190	144	46	59	50	38	22	2290	17	12	67	26
178	125	45	86	57	34	28	1874	18	16	68	25
170	126	44	59	56	33	40	1472	19	22	69	24
168	139	43	46	49	32	44	1109	18	27	71	23
167	149	42	44	46	31	64	847	17	31	70	25
168	148	41	40	44	32	63	653	15	34	71	26
158	135	40	39	37	31	73	652	13	39	63	27
154	126	39	38	36	29	74	523	14	42	52	28
152	123	38	45	33	30	80	417	15	44	51	27
149	122	37	47	28	29	82	416	16	43	50	28
145	118	36	75	27	28	85	341	15	30	31	27
144	117	35	80	26	25	86	279	14	18	9	28
143	114	33	56	25	26	84	280	13	7	17	34
142	111	32	44	26	30	77	233	12	0	24	54
141	109	31	39	25	37	65	234	11	9	29	56
140	113	30	36	23	36	54	197	4	17	33	62
138	120	29	32	21	32	48	170	0	24	36	66
137	126	28	31	20	31	42	148	2	17	37	68
138	128	29	28	25	28	39	132	6	11	35	84
137	127	28	27	29	25	32	117	8	17	34	88
136	128	30	25	36	22	29	116	7	23	33	95
137	122	44	24	42	21	26	109	0	28	32	98
138	127	47	23	44	19	24	96	3	32	30	100
143	128	56	47	52	17	23	91	5	34	29	112
161	143	69	48	65	21	22	90	6	36	28	111
195	146	75	49	72	23	17	85	0	37	27	110
219	145	81	66	79	22	14	84	1	39	26	101
241	139	77	65	86	32	15	71	5	49	32	91
231	124	72	57	89	51	14	60	7	55	45	85
189	103	66	55	92	53	13	49	9	61	53	74
169	92	56	53	97	54	12	39	10	62	56	71
163	90	52	50	100	53	11	30	11	63	64	65
155	81	49	41	102	49	12	23	10	64	66	67

157	80	42	39	103	39	10	12	11	63	69	76
161	81	39	32	104	35	9	0	10	62	93	83
162	91	35	31	105	38	8	0	0	59	100	94
157	90	34	29	97	40	7	15	2	58	99	91
145	73	42	28	94	37	6	16	5	48	97	90
143	72	44	27	90	36	5	17	7	38	86	97
135	68	46	23	77	35	4	18	9	28	85	99
134	67	52	24	70	34	2	19	10	22	72	98
133	68	49	27	66	30	1	18	9	11	67	97
132	77	48	35	67	28	0	19	0	0	56	87
131	88	40	45	60	26	8	18	60	8	57	84
130	89	39	48	46	25	15	17	54	16	54	75
129	92	41	51	49	24	96	16	47	24	50	71
128	83	43	53	52	23	346	15	38	30	51	
127	82	45	54	54	21	500	6	29	43	44	

Tabla 24. Tabla de resultados HC Renault Logan (1600 cc)

8.4.3.8. GRAFICA DE RESULTADOS HC

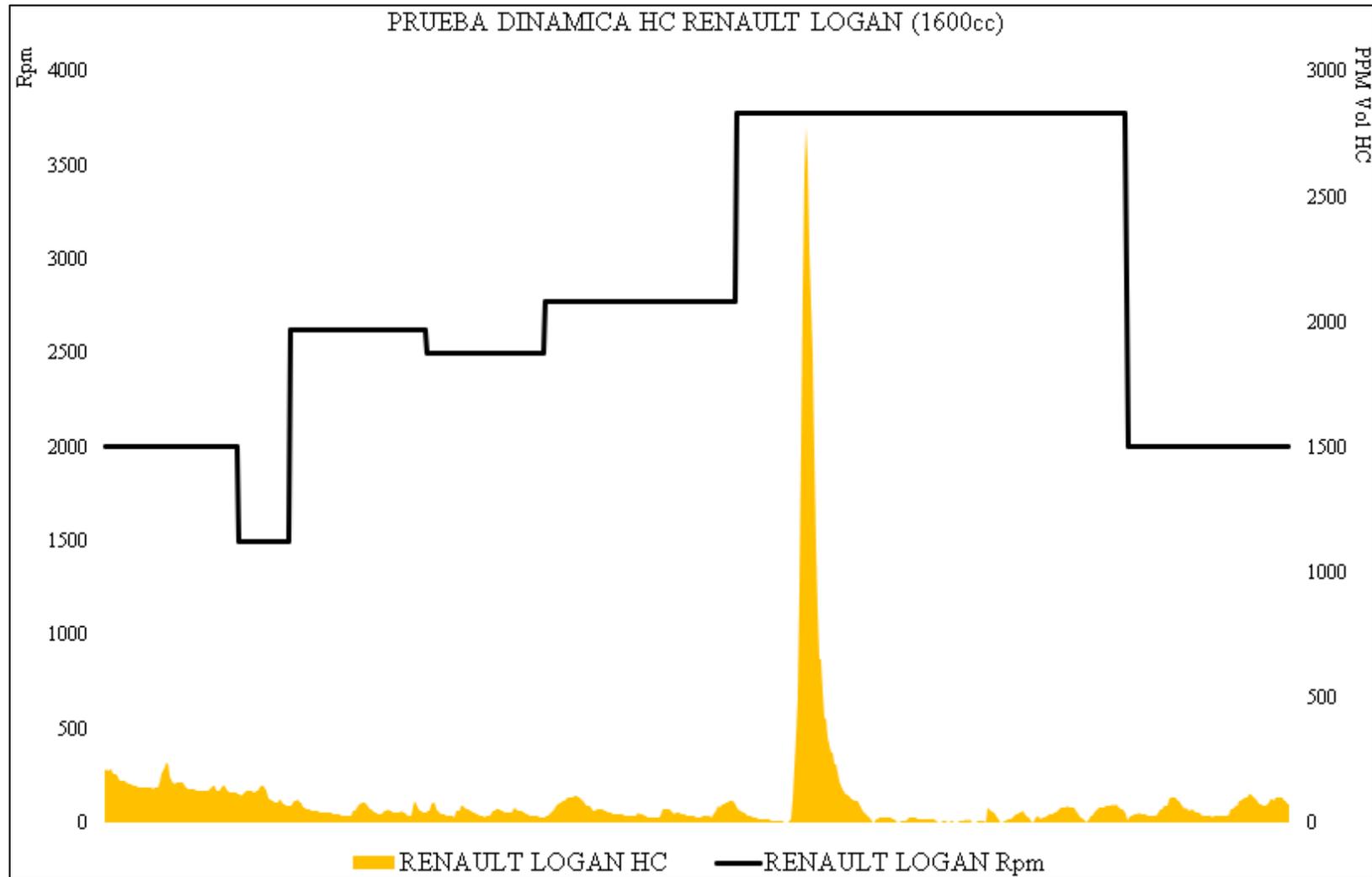


Ilustración 65. Resultados HC Renault Logan (1600 cc)

8.4.3.9. TABLA DE RESULTADOS O₂

EMISIONES O ₂ RENAULT LOGAN (% Volumen)											
10,4	0,91	0,74	1,60	0,77	0,76	18,1	3,93	14,3	20,3	6,73	7,74
11,0	0,98	0,70	1,39	0,66	0,73	18,2	3,70	14,2	20,1	6,23	6,62
12,0	1,01	0,66	1,31	0,62	0,70	17,5	3,60	14,4	19,6	5,53	6,12
12,3	1,04	0,64	1,23	0,58	0,68	16,8	3,73	14,7	18,1	5,31	5,66
12,5	1,10	0,63	1,10	0,51	0,66	16,0	4,11	15,2	17,2	5,07	4,83
12,3	1,12	0,59	1,04	0,50	0,64	14,3	4,63	15,6	16,3	4,60	4,47
11,6	1,14	0,58	0,93	0,49	0,63	13,4	5,89	15,9	14,3	4,33	4,09
11,1	1,12	0,57	0,89	0,50	0,61	12,4	6,60	16,5	13,4	3,80	3,51
10,0	1,10	0,55	0,85	0,75	0,60	10,6	8,05	16,8	12,6	3,61	3,24
9,46	1,05	0,54	0,78	1,00	0,58	9,78	8,75	17,1	11,4	3,47	3,01
8,88	1,02	0,53	0,76	1,32	0,57	8,14	9,46	17,7	10,8	3,21	2,58
7,75	1,01	0,52	0,94	1,97	0,56	7,39	10,8	17,9	10,3	3,09	2,40
6,66	0,97	0,51	1,09	2,26	0,55	6,71	11,6	18,1	9,20	2,94	2,24
5,24	0,95	0,50	1,24	2,47	0,54	5,55	12,3	18,4	8,70	2,73	1,95
4,90	0,94	0,49	1,43	2,77	0,53	5,03	13,7	18,7	7,97	2,70	1,82
4,18	0,91	0,50	1,49	2,83	0,52	4,58	14,4	18,9	7,83	3,31	1,72
3,91	0,89	0,52	1,47	2,93	0,51	3,82	14,9	19,1	7,81	3,81	1,52
3,39	0,88	0,57	1,41	2,96	0,50	3,53	15,9	19,3	8,13	4,39	1,44
3,16	0,87	0,60	1,22	2,89	0,49	2,97	16,4	19,4	8,49	5,75	1,29
2,95	0,86	0,61	1,17	2,61	0,48	2,78	16,7	19,5	8,92	6,39	1,23
2,60	0,85	0,62	1,04	2,45	0,47	2,58	17,4	19,8	9,99	7,15	1,17
2,44	0,83	0,61	0,99	2,14	0,46	2,24	17,7	19,9	10,5	8,65	1,07
2,30	0,81	0,60	0,86	1,97	0,47	2,08	17,9	20,0	11,1	9,42	1,03
2,05	0,80	0,57	0,82	1,84	0,48	1,93	18,4	20,1	12,2	10,2	1,00
1,94	0,79	0,55	0,77	1,58	0,53	1,68	18,6	20,0	12,8	11,8	0,93
1,85	0,76	0,54	0,75	1,47	0,58	1,57	18,7	19,6	14,0	12,5	0,90
1,69	0,74	0,53	0,74	1,37	0,63	1,41	19,0	18,0	14,5	13,9	0,88
1,63	0,73	0,52	0,73	1,18	0,69	1,34	19,2	17,0	15,0	14,5	0,84
1,50	0,70	0,51	0,72	1,11	0,70	1,29	19,3	14,7	15,9	15,1	0,83
1,46	0,67	0,52	0,70	1,04	0,69	1,20	19,5	13,5	16,4	16,1	0,81
1,40	0,66	0,70	0,69	0,93	0,67	1,19	19,6	12,4	16,7	16,5	0,77
1,33	0,65	0,84	0,68	0,88	0,66	1,40	19,7	10,2	17,4	16,9	0,74
1,30	0,64	0,99	0,66	0,83	0,65	1,73	19,4	9,32	17,7	17,4	0,73
1,27	0,65	1,13	0,65	0,76	0,64	2,23	18,9	8,34	17,9	17,6	0,72
1,22	0,66	1,14	0,63	0,72	0,62	3,54	18,3	6,77	18,4	17,4	0,71
1,20	0,67	1,11	0,62	0,67	0,61	4,30	16,3	6,05	18,6	17,1	0,70
1,18	0,68	1,06	0,60	0,65	0,60	5,15	15,2	5,40	18,7	16,6	0,68
1,15	0,67	0,98	0,59	0,63	0,64	6,72	14,2	4,42	18,8	15,5	0,67
1,13	0,66	0,94	0,58	0,60	1,23	7,48	12,3	4,13	18,7	14,8	0,66

EMISIONES O ₂ RENAULT LOGAN (% Volumen)											
1,11	0,64	0,88	0,57	0,58	1,60	8,29	11,4	4,01	18,4	14,1	0,65
1,10	0,63	0,84	0,56	0,57	1,99	9,68	9,74	4,33	18,1	12,6	0,64
1,09	0,62	0,80	0,55	0,55	2,53	10,1	8,91	4,89	17,4	11,9	0,63
1,08	0,61	0,75	0,54	0,54	2,69	10,3	8,05	6,36	17,2	11,1	0,62
1,06	0,60	0,72	0,53	0,51	2,77	10,0	6,59	7,21	17,0	9,70	0,61
1,04	0,59	0,70	0,52	0,93	2,92	9,21	6,00	8,09	16,9	9,04	0,60
1,03	0,58	0,65	0,51	1,08	3,09	8,73	5,58	9,90	17,1	7,69	0,59
1,02	0,57	0,64	0,52	1,27	3,42	8,24	5,32	10,8	17,2	7,15	0,58
1,01	0,56	0,60	0,62	1,30	4,48	7,27	5,46	11,6	17,4	6,58	0,57
1,00	0,55	0,59	0,76	1,26	5,31	6,90	5,87	13,1	17,7	5,58	0,56
0,99	0,54	0,57	0,91	1,22	7,08	6,67	7,01	13,8	17,0	5,15	0,55
0,98	0,55	0,56	1,15	1,05	7,96	6,57	7,72	14,4	16,4	4,76	0,54
0,97	0,59	0,55	1,24	0,96	8,71	6,72	9,22	15,5	15,7	4,09	0,57
0,96	0,65	0,54	1,29	0,92	9,81	7,56	9,94	16,0	14,7	3,78	0,60
0,95	0,75	0,53	1,34	0,88	10,0	8,13	10,6	16,4	14,4	3,50	0,65
0,94	0,78	0,52	1,32	0,81	10,10	8,78	12,1	17,2	14,2	3,06	0,67
0,93	0,81	0,51	1,27	0,77	9,76	10,1	12,7	17,5	14,1	2,86	0,68
0,92	0,82	0,50	1,16	0,72	9,28	10,9	13,4	17,8	14,2	2,68	0,71
0,91	0,83	0,49	1,09	0,70	8,78	11,5	14,5	18,2	14,6	2,37	0,74
0,90	0,82	0,50	1,04	0,68	7,58	12,8	15,1	18,3	14,9	2,23	0,99
0,91	0,76	0,49	0,93	0,65	7,00	13,3	15,6	17,4	15,1	2,10	1,22
0,94	0,72	0,48	0,90	0,63	6,47	13,8	16,4	16,5	15,0	1,87	1,56
1,08	0,71	0,47	0,86	0,62	5,50	14,8	16,6	15,6	14,6	1,78	2,46
1,27	0,65	0,44	0,75	0,61	5,04	15,2	16,7	13,3	13,2	1,68	3,07
1,55	0,64	0,41	0,69	0,59	4,68	16,0	15,8	12,2	12,5	1,53	3,74
2,44	0,62	0,40	0,67	0,58	4,01	16,4	15,0	10,5	11,8	1,47	5,31
3,02	0,60	0,38	0,65	0,57	3,80	16,7	13,0	10,0	10,7	1,35	6,04
3,60	0,58	0,37	0,64	0,56	3,72	17,3	12,0	9,75	10,4	1,30	6,82
4,83	0,57	0,36	0,64	0,61	3,94	17,5	11,1	9,71	10,2	1,25	8,13
5,30	0,56	0,35	0,74	0,69	4,36	17,7	9,66	9,97	10,4	1,18	8,62
5,67	0,55	0,34	0,82	0,75	5,50	17,9	9,25	10,4	10,9	1,15	9,26
6,06	0,54	0,33	0,99	0,83	6,10	18,3	9,06	11,4	11,0	1,12	9,41
6,15	0,53	0,34	1,04	0,84	6,69	18,4	9,18	11,9	10,5	1,05	9,44
6,16	0,52	0,35	1,07	0,85	7,74	18,6	9,52	12,5	10,0	1,02	9,24
6,08	0,51	0,36	1,05	0,86	8,06	18,8	9,99	13,6	9,57	0,99	8,96
5,64	0,50	0,37	1,01	0,89	8,19	18,9	11,1	14,2	8,43	0,94	8,59
5,46	0,51	0,38	0,96	0,90	7,99	19,0	11,6	14,7	7,94	0,91	7,73
5,00	0,53	0,39	0,88	0,91	7,64	19,1	12,9	15,7	7,53	0,89	7,27
4,77	0,52	0,40	0,84	0,90	7,23	19,2	13,5	16,1	7,17	0,85	6,79
4,26	0,51	0,39	0,80	0,88	6,59	19,3	14,0	16,6	7,31	0,84	5,82
4,01	0,50	0,40	0,72	0,84	6,42	19,4	15,1	17,4	8,04	0,81	5,34

EMISIONES O ₂ RENAULT LOGAN (% Volumen)											
3,73	0,72	0,41	0,70	0,81	6,41	19,5	15,5	17,7	8,54	0,80	4,88
3,31	0,90	0,42	0,64	0,79	6,67	19,6	16,0	18,0	9,65	0,78	4,06
3,09	1,17	0,43	0,61	0,74	7,02	19,7	16,8	18,5	10,2	0,77	3,69
2,90	1,89	0,44	0,59	0,71	7,62	19,8	17,1	18,7	10,8	0,76	3,38
2,57	2,35	0,45	0,57	0,69	7,72	19,9	17,5	19,0	12,1	0,78	2,82
2,40	3,41	0,46	0,56	0,65	7,13	20,0	18,0	19,1	12,7	0,85	2,60
2,28	3,92	0,49	0,53	0,64	6,75	20,1	18,2	19,2	13,2	1,01	2,18
2,03	4,40	0,50	0,52	0,62	6,39	20,2	18,4	19,4	14,3	1,60	2,02
1,73	5,19	0,51	0,51	0,61	5,96	20,3	18,8	19,5	14,9	1,93	1,85
1,65	5,39	0,50	0,56	0,60	5,94	20,4	18,9	19,6	15,4	2,26	1,58
1,57	5,53	0,49	0,70	0,58	5,99	20,2	18,7	19,8	16,3	2,61	1,46
1,44	5,55	0,48	0,82	0,57	6,64	19,8	18,1	19,9	16,7	2,67	1,35
1,38	5,35	0,46	1,05	0,56	7,06	18,4	17,3	20,0	17,4	2,69	1,18
1,33	5,07	0,45	1,49	0,55	7,39	17,5	15,3	20,1	17,7	2,70	1,10
1,25	4,39	0,44	1,67	0,65	7,61	16,5	14,3	20,2	18,0	2,66	1,04
1,18	4,04	0,43	1,77	0,87	7,60	14,5	13,2	20,3	18,2	2,84	0,93
1,13	3,71	0,42	1,83	1,23	7,31	13,7	11,3	20,4	18,7	3,16	0,89
1,11	3,04	0,41	1,73	2,09	6,64	13,0	10,7	20,5	18,9	4,08	0,83
1,09	2,78	0,40	1,71	2,48	6,28	12,1	10,4	11,7	19,0	4,69	0,81
1,05	2,26	0,39	1,56	2,76	5,76	11,9	10,1	12,8	19,3	5,34	0,78
1,04	2,10	0,38	1,46	3,08	5,67	11,8	10,2	13,4	19,4	6,90	0,73
1,01	1,98	0,37	1,37	3,14	6,19	12,0	10,5	13,9	18,5	7,66	0,71
0,99	1,94	0,36	1,17	3,15	6,63	12,1	11,3	14,9	17,7	8,45	0,70
0,95	1,99	0,37	1,46	3,13	7,11	11,9	11,8	15,4	16,7	10,0	0,67
0,93	2,10	0,39	1,70	3,05	8,17	11,5	12,9	15,8	14,5	10,8	0,66
0,91	2,33	0,41	2,22	2,82	8,75	11,4	13,5	16,6	13,4	12,3	0,65
0,90	2,44	0,42	2,38	2,66	9,40	11,3	14,0	16,9	12,4	13,0	0,64
0,91	2,53	0,43	2,50	2,38	10,7	11,4	15,0	17,2	11,0	13,6	0,63
0,92	2,61	0,44	2,47	2,23	11,3	11,3	15,5	17,8	10,5	14,7	0,62
0,91	2,60	0,46	2,39	2,10	11,9	11,5	16,0	18,0	10,1	15,2	0,61
0,90	2,39	0,66	2,23	1,82	13,1	11,6	16,7	18,3	10,3	15,5	0,63
0,89	2,27	0,88	2,14	1,70	13,6	11,3	17,1	18,6	11,0	15,9	0,64
0,88	2,14	1,15	2,05	1,57	14,1	10,8	17,3	18,8	11,4	15,6	0,65
0,87	1,91	1,80	1,85	1,39	15,0	9,63	17,9	19,0	11,8	15,2	0,64
0,86	1,81	2,08	1,76	1,29	15,4	9,02	18,0	19,3	12,3	14,7	0,63
0,85	1,58	2,43	1,67	1,20	16,2	8,44	18,1	19,4	12,4	13,6	0,62
0,84	1,46	2,49	1,51	1,07	16,5	7,33	17,9	19,5	11,8	13,0	0,61
0,83	1,36	2,50	1,42	1,02	16,8	6,83	17,5	19,7	11,2	12,3	0,60
0,84	1,16	2,23	1,32	0,92	17,0	6,36	16,9	19,8	9,87	10,9	
0,85	0,89	2,07	1,14	0,88	17,5	5,44	15,7	20,0	9,17	10,3	
0,87	0,85	1,80	0,98	0,85	17,7	5,00	15,1	20,1	8,51	9,62	

EMISIONES O ₂ RENAULT LOGAN (% Volumen)											
0,89	0,80	1,69	0,83	0,78	17,9	4,59	14,7	20,2	7,29	8,31	

Tabla 25. Tabla de resultados O₂ Renault Logan (1600 cc)

8.4.3.10. GRAFICA DE RESULTADOS O₂

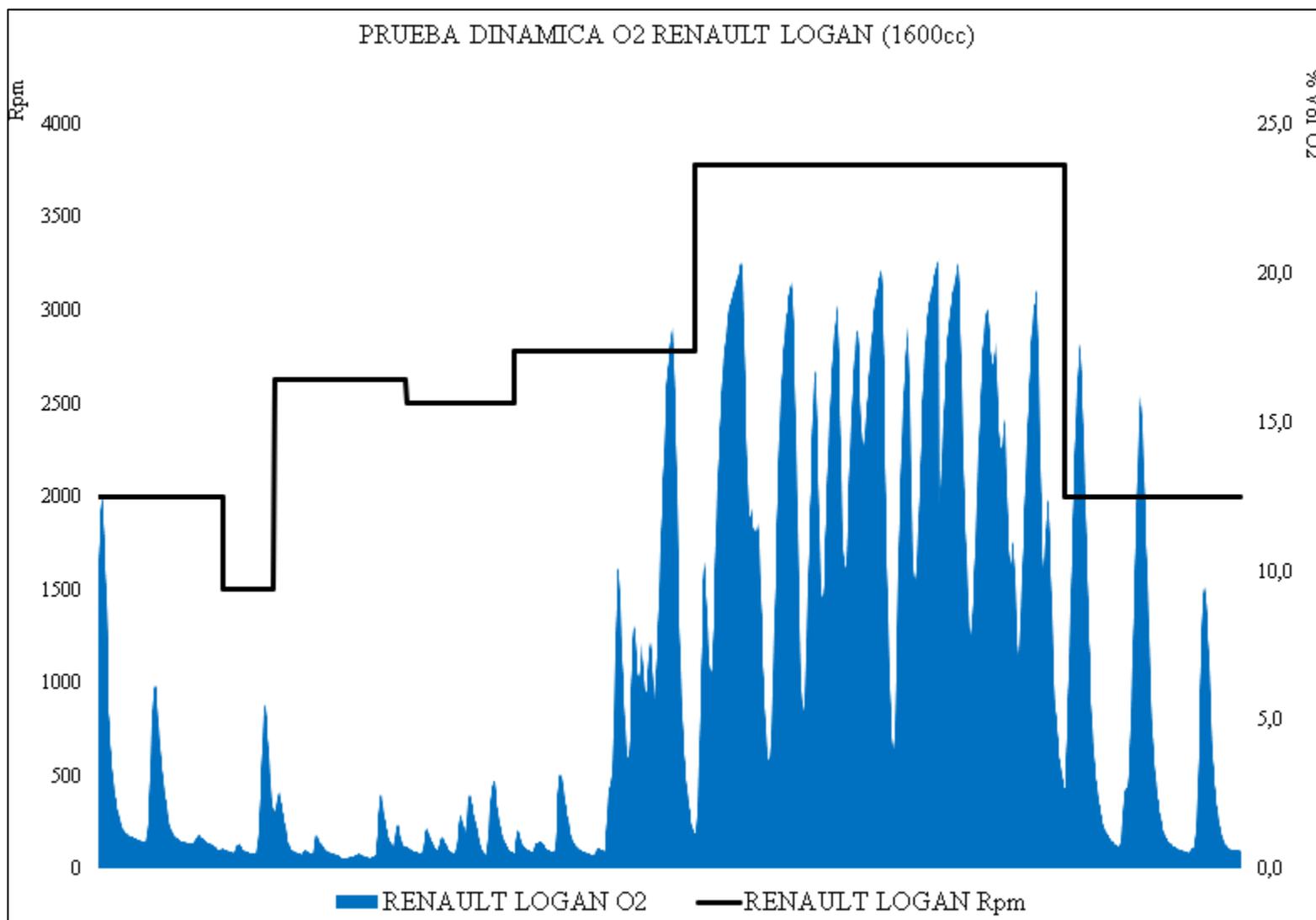


Ilustración 66. Resultados O₂ Renault Logan (1600 cc)

8.4.3.11. TABLA DE RESULTADOS λ

ZONA LAMBDA RENAULT LOGAN											
2,179	1,034	1,019	1,021	0,998	1,012	1,133	1,025	1,699	3,640	2,056	3,006
2,260	1,035	1,020	1,022	1,003	1,013	1,104	1,021	1,595	4,239	2,011	3,003
2,443	1,034	1,021	1,023	1,007	1,019	1,095	1,022	1,399	4,307	1,971	2,446
2,484	1,033	1,022	1,024	1,010	1,027	1,071	1,014	1,314	---	1,973	2,377
2,550	1,032	1,023	1,025	1,011	1,037	1,061	1,013	1,249	4,163	2,128	2,312
2,432	1,026	1,021	1,017	1,013	1,050	1,054	1,004	1,145	3,957	2,213	1,961
2,449	1,022	1,017	0,998	1,015	1,056	1,040	0,997	1,100	2,612	2,390	1,902
2,213	1,013	1,010	0,997	1,016	1,058	1,039	0,996	1,076	2,478	2,436	1,733
2,153	1,011	1,005	0,978	1,010	1,059	1,033	0,990	1,006	2,049	2,433	1,633
1,928	1,009	1,002	0,977	1,002	1,061	1,028	0,989	0,992	1,858	2,444	1,527
1,844	1,004	0,998	0,954	1,003	1,058	1,024	0,982	0,952	1,643	2,115	1,450
1,691	1,002	0,996	0,952	1,005	1,055	1,021	0,981	0,944	1,575	2,052	1,382
1,648	1,003	0,997	0,951	1,010	1,051	1,018	0,973	0,940	1,414	1,777	1,354
1,508	1,004	0,999	0,926	1,013	1,047	1,015	0,972	0,933	1,320	1,715	1,286
1,472	1,005	1,002	0,911	1,015	1,041	1,012	0,966	0,938	1,329	1,585	1,265
1,436	1,006	1,000	0,917	1,017	1,039	1,008	0,965	0,943	1,264	1,491	1,242
1,345	1,010	1,002	0,919	1,018	1,036	1,006	0,964	0,948	1,246	1,428	1,199
1,316	1,009	1,000	0,939	1,017	1,035	1,003	0,966	0,954	1,264	1,395	1,184
1,277	1,010	1,005	0,941	1,009	1,031	1,006	0,965	0,963	1,288	1,336	1,164
1,235	1,009	1,006	0,962	1,005	1,030	1,005	0,967	0,969	1,392	1,322	1,140
1,210	1,010	1,007	0,963	1,001	1,029	1,007	0,971	0,967	1,513	1,308	1,129
1,181	1,006	1,008	0,979	1,002	1,023	1,006	0,976	0,986	1,733	1,264	1,120
1,164	1,005	1,009	0,991	1,006	1,018	1,009	0,982	0,984	1,823	1,249	1,104
1,152	1,009	1,006	0,999	1,002	1,019	1,011	0,987	1,016	2,294	1,212	1,097
1,130	1,006	1,004	1,005	1,003	1,021	1,012	0,988	1,038	2,413	1,198	1,091
1,121	1,012	1,005	1,009	0,991	1,025	1,013	0,991	1,079	2,525	1,187	1,079
1,113	1,011	1,002	1,011	0,992	1,034	1,008	0,992	1,198	2,336	1,169	1,075
1,099	1,015	1,004	1,010	0,985	1,037	0,999	0,998	1,264	3,470	1,159	1,067
1,093	1,014	1,005	0,990	0,984	1,040	0,998	1,002	1,337	4,457	1,151	1,063
1,088	1,013	1,009	0,994	0,979	1,041	0,994	1,006	1,554	4,737	1,141	1,060
1,079	1,017	1,012	0,986	0,978	1,039	0,988	1,007	1,637	---	1,139	1,055
1,076	1,020	1,016	0,977	0,964	1,040	0,987	1,010	1,828	4,981	1,140	1,052
1,069	1,022	1,018	0,980	0,963	1,035	0,985	1,011	2,008	4,679	1,194	1,051
1,065	1,021	1,020	0,979	0,947	1,036	0,988	1,014	1,993	3,039	1,229	1,047
1,062	1,019	1,022	0,973	0,945	1,034	0,989	1,017	2,040	2,918	1,305	1,046
1,058	1,018	1,023	0,972	0,931	1,029	0,991	1,021	1,903	2,250	1,411	1,045
1,057	1,008	1,022	0,963	0,930	1,027	1,005	1,024	1,881	2,146	1,543	1,043
1,055	1,007	1,023	0,962	0,929	1,021	1,019	1,028	1,706	1,960	1,610	1,042
1,052	0,993	1,024	0,965	0,917	1,019	1,027	1,029	1,672	1,912	1,938	1,041

ZONA LAMBDA RENAULT LOGAN											
1,051	0,992	1,023	0,970	0,909	1,018	1,043	1,030	1,636	1,887	2,023	1,039
1,050	0,979	1,024	0,971	0,907	1,002	1,044	1,031	1,521	1,983	2,128	1,037
1,048	0,978	1,020	0,981	0,899	1,001	1,048	1,030	1,495	2,012	2,712	1,036
1,047	0,971	1,016	0,992	0,892	0,991	1,051	1,028	1,493	2,254	2,849	1,035
1,046	0,970	1,015	0,993	0,890	0,989	1,049	1,025	1,490	2,377	3,675	1,034
1,045	0,968	1,012	1,001	0,884	0,990	1,048	1,024	1,568	2,779	3,821	1,033
1,044	0,974	1,011	1,009	0,880	0,989	1,043	1,021	1,645	2,865	4,899	1,032
1,043	0,973	1,007	1,008	0,881	0,992	1,038	1,020	1,838	3,648	---	1,031
1,042	0,981	0,998	1,014	0,880	0,993	1,036	1,021	1,909	3,760	4,776	1,030
1,041	0,982	0,997	1,013	0,882	0,996	1,031	1,024	2,336	3,872	4,702	1,029
1,040	0,990	0,991	1,018	0,885	1,002	1,029	1,059	2,432	---	3,574	1,028
1,039	0,991	0,987	1,020	0,887	1,008	1,027	1,083	2,530	2,577	3,391	1,029
1,038	0,998	0,986	1,022	0,888	1,009	1,024	1,107	3,139	3,199	2,719	1,028
1,039	0,999	0,981	1,023	0,890	1,004	1,022	1,141	3,235	3,301	2,640	1,027
1,038	1,005	0,972	1,024	0,887	1,001	1,021	1,150	3,960	3,440	2,178	1,026
1,037	1,011	0,969	1,018	0,878	1,003	1,020	1,155	4,171	4,185	2,108	1,027
1,036	1,014	0,974	1,019	0,873	1,006	1,022	1,179	---	4,344	2,037	1,026
1,037	1,018	0,983	1,018	0,875	1,010	1,020	1,190	4,590	---	1,769	1,025
1,036	1,020	0,991	1,019	0,877	1,015	1,024	1,214	4,394	3,459	1,716	1,021
1,035	1,021	0,992	1,027	0,896	1,018	1,022	1,340	3,145	3,322	1,542	1,015
1,031	1,022	0,993	1,030	0,901	1,017	1,023	1,408	2,882	2,542	1,502	1,010
1,027	1,023	0,994	1,037	0,920	1,019	1,022	1,672	2,520	2,443	1,421	1,009
1,024	1,024	0,996	1,039	0,923	1,022	1,019	1,762	2,450	2,335	1,356	1,010
1,023	1,025	0,998	1,042	0,937	1,032	1,018	1,909	2,349	2,047	1,312	1,007
1,020	1,022	0,999	1,040	0,955	1,040	1,013	2,027	2,323	1,997	1,288	1,008
1,018	1,014	1,003	1,038	0,963	1,053	1,012	1,983	2,314	1,836	1,235	1,002
1,016	1,009	1,008	1,036	0,994	1,078	1,008	1,989	2,383	1,745	1,217	1,003
1,027	1,008	1,012	1,034	1,011	1,089	1,010	1,806	2,397	1,665	1,201	1,001
1,035	1,005	1,015	1,016	1,068	1,094	1,015	1,766	2,347	1,610	1,171	0,999
1,054	1,003	1,017	1,014	1,084	1,097	1,018	1,723	2,340	1,634	1,160	1,000
1,113	0,999	1,018	0,988	1,120	1,098	1,023	1,553	2,263	1,632	1,146	1,002
1,154	0,995	1,020	0,984	1,116	1,097	1,024	1,505	2,220	1,750	1,129	1,017
1,208	0,993	1,021	0,963	1,117	1,098	1,027	1,427	2,236	1,783	1,119	1,029
1,295	0,995	1,018	0,962	1,113	1,093	1,031	1,346	2,248	1,827	1,112	1,052
1,337	0,998	1,010	0,955	1,105	1,089	1,035	1,300	2,262	2,084	1,100	1,113
1,363	0,990	1,002	0,962	1,103	1,080	1,039	1,278	2,269	2,153	1,095	1,158
1,394	0,981	0,994	0,961	1,084	1,075	1,040	1,226	2,041	2,492	1,090	1,232
1,400	0,976	0,996	0,974	1,076	1,065	1,041	1,213	1,997	2,653	1,080	1,359
1,395	0,980	1,003	0,983	1,069	1,056	1,040	1,238	1,773	3,199	1,077	1,477
1,394	0,987	1,013	0,992	1,045	1,052	1,039	1,253	1,724	3,411	1,070	1,543
1,361	0,995	1,029	0,983	1,040	1,054	1,037	1,287	1,614	4,220	1,067	1,717

ZONA LAMBDA RENAULT LOGAN											
1,352	0,999	1,073	0,989	1,036	1,070	1,035	1,412	1,531	4,329	1,065	1,762
1,324	0,988	1,105	0,996	1,024	1,086	1,029	1,467	1,449	---	1,061	1,817
1,299	0,971	1,184	1,002	1,021	1,117	1,025	1,565	1,418	3,828	1,059	1,832
1,269	0,970	1,222	1,008	1,009	1,125	1,024	1,666	1,331	3,728	1,058	1,750
1,240	0,958	1,265	1,012	1,007	1,130	1,022	1,662	1,304	3,623	1,054	1,734
1,216	0,957	1,319	1,016	1,000	1,129	1,021	1,673	1,276	3,192	1,052	1,622
1,200	0,961	1,327	1,019	0,996	1,127	1,020	1,594	1,227	3,147	1,051	1,564
1,171	0,970	1,336	1,018	0,995	1,124	1,021	1,567	1,213	3,162	1,048	1,479
1,159	0,979	1,319	1,019	0,994	1,112	1,022	1,543	1,221	3,143	1,046	1,448
1,149	0,982	1,303	1,020	1,009	1,109	1,023	1,488	1,230	3,345	1,045	1,351
1,126	0,981	1,293	1,021	1,018	1,102	1,021	1,481	1,290	3,357	1,043	1,322
1,117	0,982	1,233	1,022	1,026	1,093	1,027	1,513	1,327	3,672	1,042	1,295
1,110	0,980	1,218	1,023	1,043	1,087	1,040	1,539	1,495	3,719	1,041	1,231
1,097	0,982	1,186	1,019	1,046	1,082	1,061	1,588	1,556	3,756	1,040	1,204
1,089	0,987	1,153	1,020	1,049	1,073	1,117	1,641	1,823	3,088	1,038	1,180
1,079	0,988	1,134	1,005	1,048	1,068	1,143	1,594	1,895	3,016	1,037	1,137
1,075	0,993	1,105	1,001	1,049	1,059	1,160	1,511	1,974	2,390	1,032	1,124
1,070	0,994	1,097	1,003	4,041	1,049	1,181	1,483	2,436	2,302	1,031	1,092
1,062	1,000	1,090	0,997	1,040	1,037	1,180	1,458	2,545	2,114	1,023	1,082
1,059	1,006	1,088	0,980	1,037	1,033	1,181	1,432	3,172	2,008	1,020	1,072
1,053	1,011	1,091	0,967	1,032	1,021	1,177	1,431	3,440	1,993	1,025	1,053
1,048	1,014	1,092	0,971	1,029	1,018	1,175	1,480	4,410	1,975	1,033	1,046
1,045	1,017	1,107	0,975	1,026	1,013	1,168	1,533	4,548	1,973	1,068	1,036
1,044	1,016	1,110	0,972	1,024	1,011	1,150	1,574	---	1,990	1,087	1,027
1,038	1,018	1,115	0,973	1,025	1,009	1,138	1,601	3,284	2,068	1,106	1,018
1,037	1,020	1,120	0,978	1,024	1,013	1,120	1,566	3,131	2,081	1,126	1,014
1,036	1,019	1,118	0,985	1,026	1,017	1,111	1,565	2,467	2,083	1,128	1,012
1,027	1,020	1,104	0,993	1,027	1,016	1,102	1,544	2,265	1,919	1,129	1,013
1,026	1,019	1,097	1,000	1,025	1,019	1,086	1,469	1,954	1,872	1,121	1,012
1,018	1,018	1,092	0,999	1,024	1,018	1,079	1,443	1,804	1,728	1,108	1,010
1,017	1,017	1,078	0,998	1,020	1,016	1,072	1,406	1,613	1,631	1,112	1,011
1,009	1,015	1,074	1,003	1,018	1,014	1,057	1,400	1,554	1,575	1,110	1,014
1,006	1,010	1,061	1,005	1,017	1,016	1,052	1,435	1,428	1,545	1,109	1,013
1,001	1,009	1,059	1,002	1,019	1,029	1,043	1,476	1,389	1,561	1,120	1,016
1,000	1,005	1,053	0,996	1,018	1,046	1,036	1,579	1,360	1,574	1,141	1,015
1,002	1,003	1,046	0,995	1,020	1,064	1,032	1,621	1,366	1,703	1,218	1,014
1,005	1,002	1,042	0,994	1,019	1,104	1,027	1,852	1,378	1,752	1,269	1,011
1,010	1,004	1,038	0,989	1,021	1,131	1,025	1,913	1,472	2,023	1,369	1,007
1,016	1,007	1,031	0,970	1,019	1,149	1,024	1,983	1,567	2,094	1,515	1,006
1,021	1,010	1,029	0,953	1,015	1,148	1,022	2,387	1,766	2,408	1,696	1,007
1,026	1,013	1,021	0,949	1,014	1,149	1,020	2,470	1,922	2,606	1,774	1,008

ZONA LAMBDA RENAULT LOGAN											
1,029	1,016	1,018	0,959	1,012	1,141	1,018	2,940	2,241	3,126	2,198	1,009
1,030	1,018	1,006	0,963	1,013	1,137	1,020	3,136	2,333	3,220	2,299	1,008
1,032	1,020	1,004	0,964	1,012	1,133	1,019	3,899	2,940	4,100	2,987	1,010
1,034	1,019	0,996	0,971	1,014	1,104	1,021	4,002	3,045	4,221	3,107	1,013
1,035	1,018	0,992	0,972	1,017	1,122	1,020	---	3,165	4,370	3,309	1,016
1,036	1,016	0,991	0,973	1,018	1,131	1,022	4,499	4,042	---	4,006	1,018
1,035	1,015	0,994	0,980	1,013	1,149	1,021	4,305	4,176	3,502	4,217	1,021
1,036	1,014	1,001	0,988	1,014	1,148	1,023	2,986	4,984	3,354	4,290	1,020
1,035	1,015	1,008	0,990	1,010	1,149	1,024	2,649	---	2,490	4,445	
1,036	1,017	1,014	0,989	1,008	1,141	1,023	2,186	3,217	2,378	3,767	
1,035	1,018	1,018	0,993	1,009	1,137	1,024	2,063	3,598	2,268	3,753	

Tabla 26. Tabla de resultados λ Renault Logan (1600 cc)

8.4.3.12. GRAFICA DE RESULTADOS λ

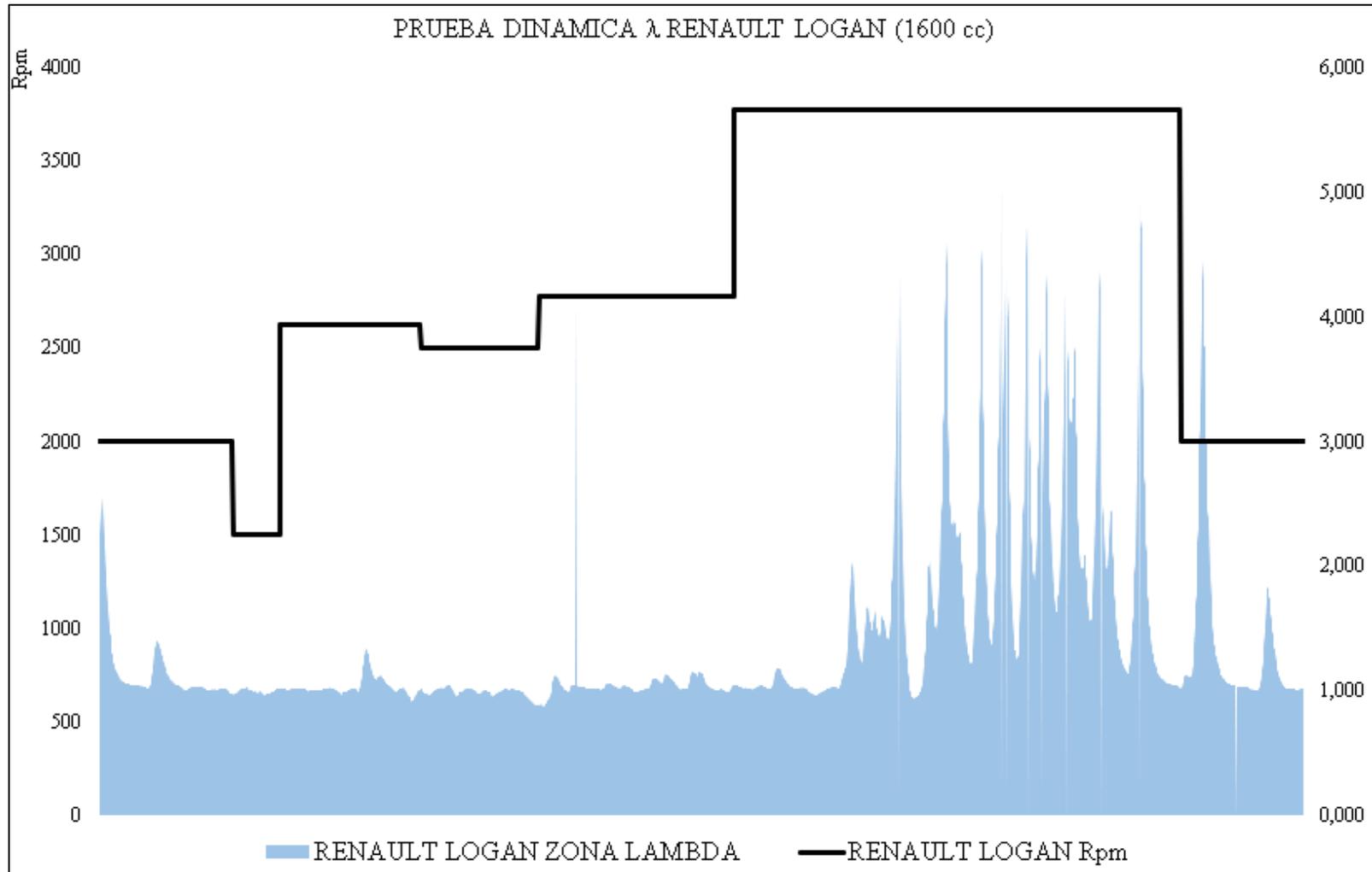
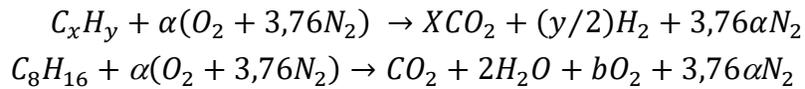


Ilustración 67. Resultados λ Renault Logan (1600 cc)

8.4.4. CALCULOS, TABLAS Y GRAFICAS CHEVROLET GRAND VITARA

8.4.4.1. CÁLCULOS GRAND VITARA

En este apartado se van a realizar las ecuaciones pertinentes con las cuales se pretende realizar un análisis teórico de las emisiones producidas por los vehículos que se usaron para las pruebas, es importante aclarar que debido a que el analizador de gases no midió emisiones como lo fueron los óxidos nítricos y otras emisiones que eran necesarias para poder realizar estas ecuaciones, estos valores son teóricos es decir que fueron inventados y no están dentro de los valores obtenidos. El resto de valores se puede observar en los anexos, en el caso del Kia Picanto estos valores están en el Anexo 3.



$$\alpha = x + \frac{y}{4}$$

$$\alpha = 8 + \frac{16}{4}$$

$$\alpha = 12$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = \frac{N_{Aire}}{N_{C_xH_y}} \frac{MW_{Aire}}{MW_{C_xH_y}} = \frac{4,76\alpha}{1} \frac{MW_{Aire}}{MW_{C_xH_y}}$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = \frac{4,76 * (12) * (28,85)}{112}$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = \frac{137,33}{112}$$

$$(A/F)_{Estequiometrica} = 1,226$$

$$\phi = \frac{(A/F)_{Estequiometrica}}{(A/F)_{Real}}$$

$$1,055 = \frac{1,226}{(A/F)_{Real}}$$

$$(A/F)_{Real} = \frac{1,226}{1,055}$$

$$(A/F)_{Real} = 1,162$$

$$\%_{Estequiometrico\ aire} = \frac{100\%}{\phi}$$

$$\%_{Estequiometrico\ de\ aire} = \frac{100\%}{1,055}$$

$$\%_{Estequiometrico\ de\ aire} = 0,948$$

$$\%Exceso\ aire = \frac{(1 - \phi)}{\phi} * 100\%$$

$$\%Exceso\ de\ aire = \frac{1 - 1,055}{1,055} * 100\%$$

$$\%Exceso\ de\ aire = -0,05$$

$$MW_{Mezcla} = X_{C_8H_{16}} * MW_{C_8H_{16}} + X_{CO} * MW_{CO} + X_{CO_2} * MW_{CO_2} + X_{H_2} * MW_{H_2} + X_{H_2O} * MW_{H_2O} + X_{N_2} * MW_{N_2} + X_{O_2} * MW_{O_2} + X_{OH} * MW_{OH}$$

$$MW_{Mezcla} = 1 * 112 + 6,2 * 10^{-3} * 28 + 0,124 * 44 + 295 * 10^{-6} * 2 + 1,25 * 18 + 98 * 10^{-6} * 28 + 0,018 * 32 + 1568 * 10^{-6} * 17$$

$$MW_{Mezcla} = 140,74$$

$$f = \frac{(2X_{C_8H_{16}} + X_{CO} + X_{CO_2}) * MW_C + (3X_{C_8H_{16}} + X_{H_2} + X_{H_2O} + \frac{1}{2}X_{OH}) * MW_{H_2}}{MW_{Mezcla}}$$

$$f = \frac{(2 * 1 + 6,2 * 10^{-3} + 0,124) * 12,011 + (3 * 1 + 295 * 10^{-6} + 1,25 + 0,5 * 1568 * 10^{-6}) * 2,022}{140,74}$$

$$f = 0,24$$

$$f_{Estequiometrica} = \frac{MW_{Combustible}}{MW_{Combustible} + 5(MW_{O_2} + MW_{CO_2})}$$

$$f_{Estequiometrica} = \frac{232,198}{232,198 + 5(32 + 44)}$$

$$f_{Estequiometrica} = 0,38$$

$$N_{Mezcla, @X_{O_2}} = 4,76 \left[\frac{x + (1 - X_{O_2}) * \frac{y}{4}}{1 - 4,76 * X_{O_2}} \right] - \frac{y}{4}$$

$$a = \frac{x + (1 - X_{O_2, Humedo}) * \frac{y}{4}}{1 - 4,76 * X_{O_2, Humedo}}$$

$$a = \frac{8 + (1 - 0,018) * \frac{16}{4}}{1 - 4,76 * 0,018}$$

$$a = 13,046$$

$$\frac{N_{Mezcla\ humeda}}{N_{Mezcla\ seca}} = 1 + \frac{y}{2 * [4,76a - \frac{y}{4}]}$$

$$\frac{N_{Mezcla\ humeda}}{N_{Mezcla\ seca}} = 1 + \frac{16}{2 * [(4,76 * 13,046) - \frac{16}{4}]}$$

$$\frac{N_{Mezcla\ humeda}}{N_{Mezcla\ seca}} = 1,138$$

$$X_{NO,Humedo} = X_{NO,Seco} * \frac{N_{Mezcla\ seca}}{N_{Mezcla\ humeda}}$$

$$X_{NO,Humedo} = 98ppm * \frac{1}{1,147}$$

$$X_{NO,Humedo} = 85,44ppm$$

$$N_{Mezcla,@0,53\%O_2} = 4,76 \left[\frac{8 + (1 - 0,018) * \frac{16}{4}}{1 - 4,76 * 0,018} \right] - \frac{16}{4}$$

$$N_{Mezcla,@0,66\%O_2} = 58,098$$

$$N_{Mezcla,@5\%O_2} = 4,76 \left[\frac{8 + (1 - 0,05) * \frac{16}{4}}{1 - 4,76 * 0,05} \right] - \frac{16}{4}$$

$$N_{Mezcla,@5\%O_2} = 69,711$$

$$X_{NO@5\%O_2} = 72ppm * \frac{58,098}{69,711}$$

$$X_{NO@5\%O_2} = 60,01 ppm$$

8.4.4.2. FICHA TÉCNICA GRAND VITARA

Datos	Especificaciones
modelo	Chevrolet Grand vitara
año modelo	2001
Combustible	gasolina
Cilindrada	2000 cc
Potencia	128/5900 hp/rpm
Torque	94/2900 N·m/rpm
Alimentación	inyección multipunto
Cilindros	4 en línea
Válvulas	16

Tabla 27.ficha técnica Grand vitara (Coches.net, 2018)

8.4.4.3. TABLA DE RESULTADOS CO

EMISIONES CO GRAND VITARA (% Volumen)											
4,84	0,97	2,84	0,92	5,70	0,97	0,97	0,43	1,54	0,30	1,38	1,33
4,43	1,29	2,43	0,91	5,69	0,98	0,99	0,38	1,18	0,29	1,73	1,42
3,92	1,30	2,21	0,97	5,06	0,97	0,69	0,37	0,83	0,28	2,03	1,34
3,36	1,63	2,23	1,20	5,05	0,88	0,45	0,47	0,85	0,33	2,04	1,21
3,35	1,65	2,13	1,21	4,32	0,87	0,46	0,46	0,58	0,32	2,22	1,08
2,78	1,98	2,23	1,30	4,31	0,82	0,31	0,86	0,59	0,42	2,05	1,07
2,30	1,99	2,24	1,11	3,93	0,81	0,22	0,84	0,41	0,57	1,80	0,95
2,29	2,32	2,41	1,09	3,97	0,91	0,21	1,20	0,40	0,85	1,79	0,94
1,88	2,51	2,55	1,33	4,28	1,02	0,29	1,17	0,31	1,24	1,50	0,85
1,53	2,59	2,54	1,58	4,61	1,10	0,77	1,50	0,29	1,43	1,49	0,77
1,29	2,58	2,34	1,82	4,62	1,17	0,74	1,49	0,23	1,36	1,26	0,72
1,07	2,50	2,32	1,98	4,91	1,15	1,32	1,65	0,21	1,21	1,25	0,68
0,91	2,49	1,87	2,09	4,92	1,14	1,29	1,96	0,31	1,06	1,03	0,65
0,77	2,29	1,60	2,39	5,15	1,09	1,67	1,95	0,30	0,91	0,86	0,66
0,63	2,28	2,02	2,40	5,27	1,04	1,66	2,27	0,51	0,80	0,74	0,79
0,51	2,01	2,81	2,55	5,29	0,99	1,71	2,29	0,53	0,81	0,67	0,88
0,44	1,73	2,94	2,32	5,40	0,93	1,72	2,19	0,71	0,79	0,62	0,90
0,45	1,47	2,81	1,94	5,42	0,88	1,57	2,22	0,70	0,69	0,61	0,82
0,52	1,46	2,62	1,82	4,98	0,83	1,33	1,84	1,02	0,71	0,66	0,76
0,55	1,25	2,27	2,02	4,04	1,03	1,36	1,88	1,22	0,58	0,85	0,87
0,56	1,07	1,87	2,14	4,08	1,67	1,04	1,49	1,28	0,59	1,13	1,05
0,59	0,95	1,57	2,15	3,08	2,13	1,06	1,06	1,23	0,45	1,36	1,12
0,60	0,84	1,51	3,04	3,11	2,39	0,76	1,08	1,24	0,33	1,44	1,23
0,61	0,76	1,38	4,43	2,45	2,36	0,78	0,76	1,10	0,35	1,43	1,18
0,65	0,71	1,28	4,44	2,43	2,35	0,53	0,77	1,12	0,25	1,37	1,06
0,67	0,67	1,38	5,59	1,94	2,10	0,55	0,57	0,95	0,18	1,28	0,97
0,64	0,65	1,66	5,61	1,90	1,79	0,39	0,58	0,89	0,15	1,18	0,86
0,62	0,64	1,67	6,52	1,67	1,74	0,28	0,42	0,88	0,14	1,10	0,77
0,56	0,62	1,94	6,53	1,93	1,79	0,48	0,32	0,87	0,13	1,01	0,70
0,52	0,61	2,10	7,13	1,92	1,64	0,45	0,27	0,91	0,15	0,92	0,69
0,58	0,60	2,08	7,14	2,39	1,48	0,76	0,26	0,92	0,17	0,84	0,65
0,59	0,61	1,99	7,34	2,38	1,40	0,72	0,32	0,81	0,22	0,77	0,61
0,73	0,63	1,84	6,96	3,27	1,36	0,93	0,31	0,67	0,21	0,71	0,60
0,96	0,65	1,76	6,21	4,66	1,39	0,90	0,54	0,49	0,34	0,67	0,62
1,23	0,67	1,81	6,20	4,67	1,29	1,04	0,53	0,50	0,33	0,65	0,64
1,24	0,64	1,62	5,25	5,77	1,26	1,31	0,98	0,35	0,49	0,63	0,70
1,43	0,82	1,34	5,23	6,38	1,27	1,37	0,96	0,36	0,48	0,62	0,71
1,50	0,88	1,20	4,18	6,45	1,34	1,39	1,31	0,26	0,54	0,60	0,75
1,43	0,94	1,26	3,23	6,06	1,55	1,24	1,30	0,21	0,53	0,61	0,70

EMISIONES CO GRAND VITARA (% Volumen)											
1,33	0,98	1,29	3,22	5,95	1,62	1,10	1,61	0,20	0,56	0,64	0,72
1,24	0,89	1,48	2,60	5,94	1,51	1,20	1,86	0,19	0,66	0,60	0,62
1,16	1,00	1,67	2,32	5,83	1,38	1,44	2,02	0,18	0,86	0,55	0,64
1,04	0,96	1,51	2,49	5,59	1,23	1,45	2,01	0,28	0,92	0,49	0,52
1,05	0,94	1,39	2,50	5,24	1,15	1,47	2,12	0,43	0,91	0,47	0,53
1,32	0,91	1,73	2,55	4,74	1,12	1,27	2,11	0,42	0,85	0,50	0,41
1,55	1,04	2,43	2,77	4,73	1,09	1,29	2,14	0,55	0,90	0,54	0,42
1,56	1,05	2,71	2,64	4,12	1,04	1,06	2,13	0,54	1,24	0,57	0,32
1,71	1,17	2,57	2,37	3,71	1,01	0,82	2,10	0,65	1,54	0,58	0,22
1,77	1,19	2,16	1,63	3,72	0,98	0,58	2,05	0,75	1,55	0,60	0,23
1,72	1,17	2,15	1,37	3,77	1,14	0,60	2,04	0,85	1,54	0,74	0,16
1,59	1,19	1,74	1,39	3,85	1,01	0,42	2,01	0,78	1,45	0,92	0,17
1,42	1,11	1,40	1,38	3,99	0,93	0,43	2,00	0,80	1,39	0,99	0,12
1,25	0,98	1,47	1,26	4,80	1,06	0,28	1,95	0,66	1,37	1,27	0,13
1,24	0,89	1,48	1,13	5,85	1,11	0,19	1,91	0,68	1,36	1,64	0,11
1,08	0,90	1,69	1,01	5,87	1,26	0,20	1,90	0,51	1,28	1,65	0,14
0,96	0,83	1,64	0,91	6,73	1,46	0,14	1,96	0,53	1,16	1,92	0,13
0,87	0,79	1,49	1,01	6,53	1,47	0,11	2,01	0,37	1,15	1,93	0,18
0,80	0,76	1,48	1,00	6,52	1,96	0,08	2,02	0,38	1,01	2,18	0,17
0,74	0,75	1,34	1,09	5,44	2,61	0,07	1,97	0,26	0,91	2,19	0,21
0,70	0,73	1,33	1,01	5,42	2,62	0,29	1,96	0,28	0,82	2,31	0,19
0,67	0,70	1,18	0,91	4,21	3,06	0,26	1,81	0,17	0,75	2,30	0,23
0,70	0,69	1,17	0,82	4,19	3,08	0,57	1,82	0,15	0,70	2,15	0,21
0,72	0,68	1,07	0,75	3,11	3,31	0,54	1,55	0,13	0,67	2,14	0,24
0,82	0,67	1,10	0,70	3,09	3,25	0,89	1,57	0,18	0,65	1,88	0,28
0,94	0,66	1,26	0,89	2,31	3,07	0,87	1,24	0,17	0,70	1,87	0,27
1,03	0,62	1,25	1,27	2,30	3,06	1,20	0,90	0,33	0,74	1,59	0,32
0,99	0,58	1,09	2,00	1,83	2,72	1,19	0,93	0,31	0,79	1,58	0,39
0,90	0,64	0,93	2,01	1,58	2,71	1,20	0,63	0,52	0,77	1,35	0,38
1,00	0,84	0,80	3,50	0,00	2,40	1,01	0,65	0,51	0,72	1,22	0,47
1,33	1,04	0,77	3,52	0,14	2,38	0,93	0,43	0,73	0,67	1,20	0,46
1,78	1,13	1,01	4,79	0,09	2,26	0,91	0,32	0,72	0,65	1,29	0,54
2,08	1,14	1,41	5,58	0,46	1,89	0,88	0,29	0,94	0,77	1,40	0,60
2,10	1,10	2,16	5,83	0,64	1,90	0,86	0,25	0,93	0,74	1,45	0,61
2,20	1,04	3,22	5,85	0,62	1,50	0,85	0,21	1,08	0,90	1,39	0,60
2,22	0,98	4,05	5,70	0,70	1,54	0,93	0,22	1,23	1,14	1,25	0,62
2,23	0,91	4,14	5,38	0,69	1,19	1,09	0,17	1,22	1,15	1,24	0,66
2,10	0,86	4,13	5,37	0,71	1,20	1,19	0,18	1,25	1,19	1,07	0,65
1,92	1,05	3,85	4,73	0,66	1,26	1,20	0,15	1,13	1,09	0,91	0,69
1,91	1,35	3,51	4,10	0,68	1,56	1,42	0,13	1,00	1,31	0,79	0,93
1,68	1,36	2,95	3,64	0,89	1,76	1,44	0,11	0,89	1,32	0,71	0,94

EMISIONES CO GRAND VITARA (% Volumen)											
1,67	1,53	2,70	3,59	0,90	1,75	1,47	0,08	0,82	1,55	0,67	1,07
1,40	1,56	2,96	3,60	1,02	1,82	1,23	0,09	0,76	1,52	0,65	1,05
1,39	1,51	2,97	3,91	0,98	1,64	1,26	0,06	0,72	1,48	0,62	1,04
1,14	1,42	3,90	4,24	1,00	1,66	1,04	0,07	0,68	1,77	0,61	0,95
0,99	1,33	3,91	4,52	1,17	1,40	0,78	0,05	0,67	2,22	0,59	0,86
0,96	1,22	4,87	4,59	1,36	1,12	0,80	0,04	0,66	2,41	0,58	0,80
0,95	1,11	4,89	4,33	1,42	0,85	0,57	0,03	0,63	2,14	0,57	0,81
0,74	0,99	5,43	3,79	1,58	0,86	0,59	0,02	0,62	1,68	0,58	0,82
0,79	0,89	5,40	3,77	1,19	0,66	0,40	0,04	0,61	1,42	0,59	0,83
0,80	0,79	4,80	4,02	0,97	0,52	0,41	0,03	0,64	1,56	0,58	0,77
0,94	0,73	4,79	4,03	0,82	0,51	0,28	0,08	0,66	1,57	0,61	0,69
1,05	0,70	3,84	4,94	1,14	0,43	0,19	0,06	0,64	1,77	0,60	0,71
1,12	0,69	3,82	4,96	1,50	0,41	0,14	0,20	0,58	1,78	0,59	0,70
1,11	0,65	2,80	5,87	1,51	0,36	0,11	0,51	0,50	1,54	0,60	0,78
1,04	0,64	2,79	6,72	1,63	0,34	0,10	0,94	0,45	1,53	0,61	0,77
0,96	0,70	2,05	6,74	1,80	0,36	0,09	0,93	0,46	1,21	0,60	0,80
0,93	0,92	1,54	7,39	1,69	0,35	0,13	1,31	0,49	1,20	0,58	0,81
0,87	1,14	1,32	7,40	1,50	0,43	0,12	1,57	0,52	1,17	0,59	0,78
0,84	1,20	1,29	7,79	1,39	0,56	0,27	1,56	0,53	1,16	0,61	0,92
0,89	1,28	1,21	7,80	1,20	0,55	0,25	1,74	0,54	1,26	0,60	1,26
1,01	1,18	1,20	8,05	1,01	0,64	0,60	1,73	0,58	1,19	0,79	1,35
1,12	1,03	1,05	7,62	0,85	0,77	0,59	1,72	0,59	1,12	1,09	1,43
1,16	1,06	1,10	6,20	0,73	0,76	0,98	1,64	0,58	1,06	1,27	1,70
1,14	1,22	1,74	4,69	0,66	0,96	0,97	1,63	0,56	1,17	1,31	1,98
1,09	1,40	1,75	4,65	0,64	0,99	1,28	1,56	0,60	1,43	1,28	2,10
1,03	1,57	2,98	3,65	0,70	1,01	1,55	1,55	0,61	1,78	1,22	2,09
0,96	1,70	3,00	3,63	0,67	1,23	1,79	1,79	0,63	2,06	1,15	2,08
0,91	1,81	4,07	2,87	0,62	1,40	1,91	1,78	0,60	2,27	1,05	1,90
0,86	1,90	4,08	2,86	0,59	1,55	2,01	2,26	0,59	2,07	0,91	1,64
0,80	1,99	3,83	2,33	0,56	1,64	2,05	2,50	0,58	1,78	0,78	1,36
0,76	2,02	2,90	2,20	0,53	1,67	2,09	2,35	0,61	1,47	0,77	1,12
0,73	1,75	2,91	2,15	0,52	1,58	2,10	1,81	0,56	1,22	0,76	1,11
0,70	1,51	2,29	2,16	0,51	1,42	2,13	1,85	0,55	1,07	1,13	0,91
0,68	1,40	2,28	1,97	0,53	1,24	2,18	1,32	0,59	1,02	1,64	0,78
0,66	1,17	2,24	1,96	0,66	1,05	2,26	1,35	0,68	0,97	1,65	0,70
0,65	1,26	2,36	1,84	1,09	0,89	2,28	0,94	0,93	1,02	2,06	0,65
0,64	1,27	2,35	1,83	1,22	0,77	2,49	0,96	0,98	1,29	2,07	0,66
0,63	2,30	2,10	2,00	1,18	0,68	2,48	0,78	1,04	1,36	2,06	0,75
0,71	2,31	1,91	2,63	1,04	0,65	2,81	0,77	0,97	1,37	2,05	0,86
0,91	3,69	2,19	4,01	0,88	0,64	2,79	0,67	0,98	1,39	1,80	0,81
1,17	4,85	2,10	4,03	0,76	0,62	2,50	0,66	1,01	1,47	1,47	0,78

EMISIONES CO GRAND VITARA (% Volumen)											
1,16	5,77	1,75	5,34	0,75	0,61	2,47	0,63	1,10	1,52	1,19	0,77
1,33	6,50	1,56	5,29	0,66	0,58	2,13	0,73	1,28	1,35	0,97	0,75
1,29	6,51	1,38	5,27	0,61	0,82	2,12	0,72	1,41	1,20	0,87	0,73
1,17	6,98	1,30	6,34	0,59	1,33	2,13	0,99	1,42	1,25	1,05	0,70
1,16	6,99	1,33	6,58	0,84	2,02	2,08	0,98	1,43	1,45	1,18	
1,04	7,08	1,19	6,47	1,28	2,03	1,90	1,21	1,30	1,62	1,15	
0,91	6,53	1,11	6,62	1,35	2,47	1,52	1,20	1,06	1,66	1,04	
0,79	5,81	1,00	6,86	1,28	2,50	1,55	1,22	1,08	1,60	0,90	
0,76	4,94	0,85	6,87	1,15	2,19	1,17	1,56	0,86	1,42	0,81	
0,71	4,15	0,84	7,02	1,17	2,23	1,19	1,91	0,66	1,22	0,83	
0,67	4,14	0,85	7,01	0,99	1,83	0,86	2,02	0,52	1,02	0,95	
0,64	3,52	1,06	6,74	1,01	1,84	0,88	2,04	0,51	0,86	1,13	
0,65	3,51	1,05	6,45	0,87	1,37	0,59	1,84	0,40	1,04	1,16	
0,75	3,19	0,93	6,16	0,88	1,40	0,60	1,88	0,32	1,05	1,32	

Tabla 28. Tabla de resultados CO Grand Vitara

8.4.4.4. GRAFICA DE RESULTADOS CO

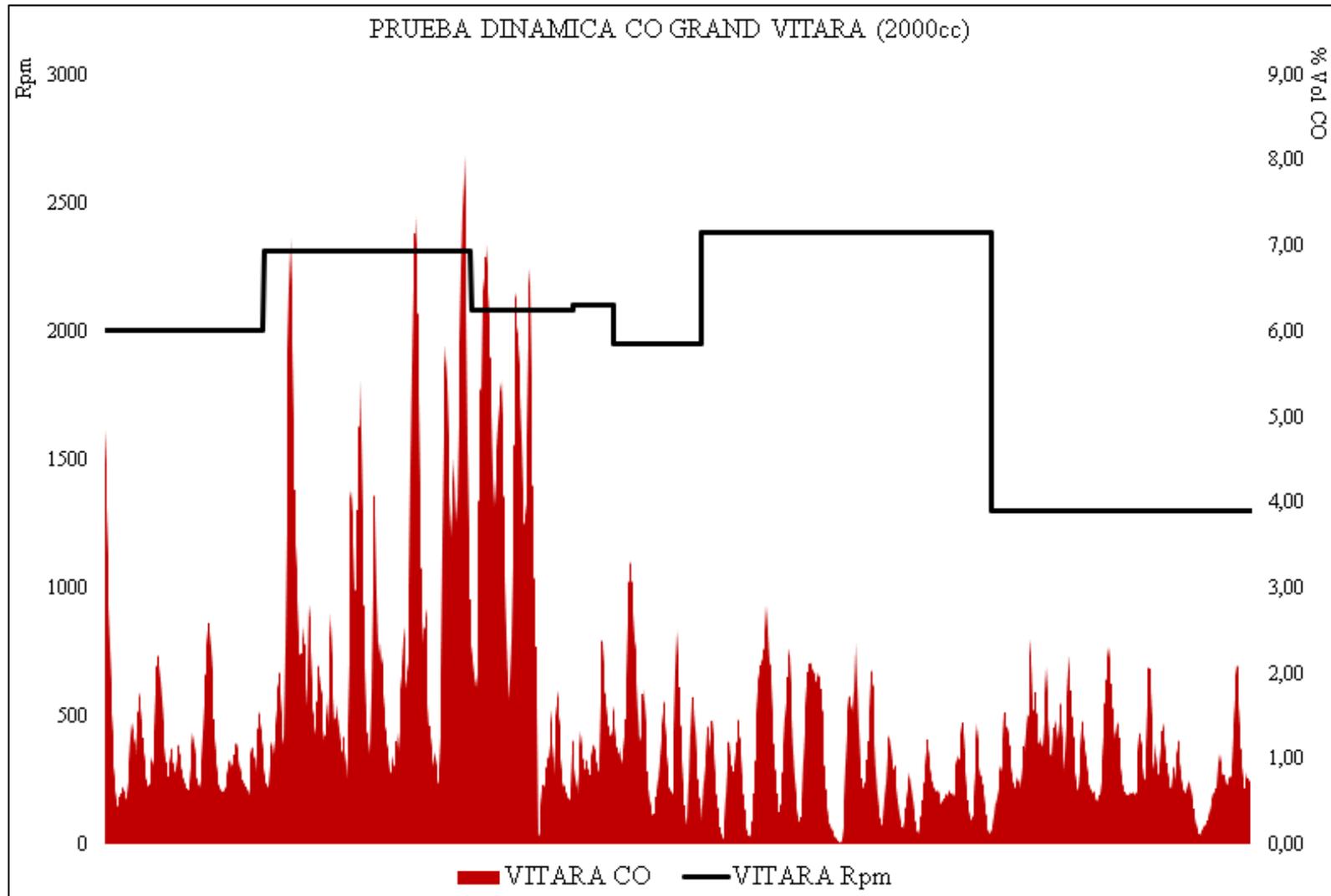


Ilustración 68. Resultados CO Grand Vitara

8.4.4.5. TABLA DE RESULTADOS CO₂

EMISIONES CO ₂ GRAND VITARA (% Volumen)											
9,9	11,3	11,8	9,6	10,1	11,5	5,5	3,6	9,0	11,8	11,7	12,5
10,2	11,8	11,9	9,0	10,5	11,8	7,3	5,3	10,6	11,5	11,9	12,4
10,4	11,9	11,7	8,5	10,6	12,0	7,8	6,9	11,0	11,3	12,0	12,2
10,7	12,0	11,6	8,3	10,5	12,2	7,4	7,9	11,1	11,1	12,1	12,4
11,0	12,1	11,7	8,8	10,2	11,9	6,5	8,9	10,6	10,7	12,3	12,0
11,3	12,2	12,0	9,3	10,0	11,5	5,2	9,3	9,1	9,6	12,0	11,5
11,4	12,0	11,8	10,0	9,7	11,3	4,0	8,5	7,4	8,0	11,5	11,1
11,6	11,8	11,9	10,5	9,4	11,1	2,8	7,2	5,6	6,6	11,3	10,9
11,8	11,9	11,5	10,9	8,6	11,2	2,0	5,5	4,0	5,9	11,4	11,1
11,9	12,1	11,2	11,2	7,0	11,4	1,4	4,0	2,7	6,2	11,6	11,2
12,0	12,0	11,3	11,3	5,8	11,6	1,6	2,8	1,9	7,0	11,9	11,5
12,1	11,3	11,6	10,8	4,9	11,7	3,5	2,5	2,3	7,9	11,8	11,7
11,8	11,2	11,7	10,1	5,7	11,8	5,8	2,1	3,6	9,0	11,6	12,0
11,6	10,0	11,8	9,9	7,5	11,7	8,0	1,8	5,4	9,9	11,7	12,1
11,5	8,4	11,0	10,0	8,4	12,0	9,1	2,0	6,9	10,7	12,0	12,2
11,6	6,9	9,2	10,5	9,1	12,1	8,8	2,7	8,3	11,2	12,3	12,3
11,2	5,7	8,6	10,9	9,6	12,2	7,5	3,7	9,5	11,6	12,0	12,4
11,5	5,2	9,1	11,3	9,3	11,9	7,1	4,8	10,3	11,9	11,4	12,2
11,6	5,9	9,8	11,6	9,0	12,0	8,1	5,3	10,2	11,5	10,9	12,4
11,7	6,7	10,5	11,7	8,6	12,1	8,5	5,9	10,4	11,8	10,6	12,2
11,6	7,6	11,0	11,8	9,1	12,0	7,8	6,3	9,7	12,0	10,9	12,0
11,1	8,4	11,1	12,4	9,3	11,7	6,6	6,7	8,4	12,3	11,2	12,2
10,6	9,2	11,3	10,8	9,6	11,4	5,1	7,1	7,1	12,4	11,5	12,3
10,3	9,8	11,6	11,6	9,8	11,0	3,8	7,3	7,3	12,3	11,8	12,5
10,4	10,4	11,7	11,7	10,2	10,4	2,7	7,7	7,9	11,5	11,9	12,7
10,7	10,8	12,0	11,8	10,6	9,9	1,8	8,0	7,0	9,9	12,1	12,4
10,9	11,1	12,2	12,0	10,5	9,6	1,3	8,1	5,7	8,0	12,2	11,5
11,0	11,3	12,1	12,1	10,4	9,9	0,9	8,3	4,3	6,1	12,4	10,0
11,2	11,4	11,7	12,2	10,1	10,4	0,6	8,5	3,0	4,4	12,1	8,2
11,3	11,6	11,1	12,1	9,5	10,6	0,5	8,9	2,3	3,2	11,7	6,5
11,5	11,7	10,5	11,9	8,9	9,7	0,4	9,0	2,4	2,3	11,4	4,9
11,7	11,3	10,3	12,8	8,5	7,7	0,3	9,2	3,7	1,9	11,5	3,5
11,8	10,6	10,5	11,2	9,0	6,9	1,2	9,3	3,6	2,3	11,6	2,6
12,0	10,5	10,7	10,3	9,8	4,8	3,5	9,2	5,4	3,6	11,7	1,8
11,7	10,2	10,9	9,6	10,5	4,6	5,9	8,3	7,1	5,2	11,8	1,3
11,3	10,3	11,0	9,3	11,1	5,6	7,4	9,6	8,6	6,6	11,9	1,2
11,4	10,5	10,6	9,0	11,4	6,4	7,1	9,1	9,6	7,9	12,0	1,5
11,3	10,7	10,0	9,3	11,6	6,8	5,8	7,7	10,1	9,1	12,1	2,6
10,7	10,9	9,5	9,2	11,8	6,0	5,4	6,0	9,7	10,0	12,2	4,0

EMISIONES CO ₂ GRAND VITARA (% Volumen)											
9,8	11,1	9,4	9,6	0,0	5,0	6,7	4,3	8,6	10,6	12,3	5,6
9,0	11,4	9,8	11,2	5,4	3,9	8,2	3,0	6,9	11,2	12,4	7,1
8,4	11,6	10,5	11,0	9,2	3,0	9,4	2,6	5,2	11,5	12,5	8,5
8,2	11,7	11,1	10,9	9,1	2,8	10,4	2,8	3,6	11,6	12,3	9,7
8,5	12,0	11,5	10,6	11,0	4,5	11,4	3,0	3,7	12,0	11,6	10,6
9,0	11,9	11,8	10,4	11,8	3,9	11,3	2,9	2,5	11,2	10,8	11,2
9,5	11,6	12,0	9,8	12,1	6,5	11,0	2,5	1,7	11,3	10,0	11,7
9,9	12,0	11,9	9,7	12,4	8,1	9,8	2,2	2,0	11,4	9,5	12,0
10,4	11,8	11,4	9,8	12,0	9,4	7,9	2,1	3,2	11,5	9,7	12,2
10,7	11,6	10,6	10,6	12,1	10,4	6,1	2,0	4,9	11,9	10,0	12,3
10,9	11,8	10,4	10,1	11,9	11,2	4,5	1,7	6,6	12,1	10,5	12,4
11,1	11,9	11,2	9,5	12,2	11,7	3,1	1,4	7,8	12,3	11,0	11,9
11,2	12,0	11,1	8,8	12,4	11,6	2,1	1,1	8,6	12,4	11,4	12,1
11,4	11,7	11,4	8,4	12,0	11,7	1,4	0,8	9,1	12,5	11,8	12,2
11,5	10,9	11,3	8,1	12,1	10,9	1,0	0,6	9,4	12,1	11,9	12,3
11,7	10,1	11,4	8,0	12,4	10,4	0,7	0,4	9,7	11,8	12,0	11,5
11,8	9,5	11,6	7,9	12,5	10,1	0,5	0,2	10,1	12,1	12,1	10,0
11,7	9,0	11,4	8,4	12,6	10,0	0,8	0,1	10,6	11,3	12,2	8,2
11,8	8,6	11,5	8,8	12,7	10,5	1,8	0,4	11,0	11,1	12,3	7,8
12,0	8,4	11,7	10,1	12,8	10,9	3,0	1,5	11,4	11,3	12,4	8,5
12,1	8,7	11,9	10,6	12,5	11,3	4,3	3,0	11,7	11,4	12,5	9,5
12,2	9,1	12,1	10,9	12,2	11,7	5,4	4,5	11,8	11,3	12,6	10,4
12,1	9,7	13,1	11,4	12,1	11,9	6,3	5,6	12,1	11,5	12,5	11,2
11,8	10,2	12,0	10,9	12,2	12,0	6,8	5,5	12,2	11,8	12,6	11,4
11,4	10,7	11,9	10,7	12,3	12,3	7,0	6,2	12,3	11,7	12,5	11,7
11,1	11,0	12,0	10,4	12,5	12,4	7,2	6,7	12,4	10,9	12,1	12,0
11,4	11,1	11,2	10,8	12,6	12,1	7,3	7,2	12,2	9,7	11,6	12,1
11,7	10,1	11,9	11,4	12,3	11,8	7,4	7,9	11,9	9,4	11,3	12,2
11,9	9,2	12,2	10,3	12,0	10,9	7,6	8,4	12,4	10,0	11,4	12,3
12,2	8,6	12,0	10,1	11,4	9,5	8,0	9,0	12,5	10,6	11,3	
12,3	8,5	11,9	9,1	10,1	8,0	8,9	9,7	12,6	11,1	11,4	
11,8	8,7	11,8	10,9	8,6	6,3	9,9	10,1	12,7	11,5	11,6	
10,8	9,4	11,7	8,7	7,6	4,7	10,4	9,4	13,2	11,7	11,8	
9,9	10,3	11,6	8,8	7,4	3,3	9,5	7,6	12,6	11,4	12,0	
9,3	10,5	11,5	8,7	8,2	2,3	7,6	5,6	13,3	11,2	11,8	
9,0	10,6	10,9	8,6	9,2	1,6	5,7	3,9	12,6	11,3	11,7	
9,6	10,8	10,7	8,8	10,2	1,1	4,1	2,9	13,1	11,2	11,8	
9,1	10,9	10,9	9,0	10,9	0,8	2,8	3,4	12,4	10,9	12,0	
10,0	11,2	11,1	9,2	11,1	1,1	2,0	5,5	12,2	11,2	12,2	
10,3	11,6	11,0	9,6	11,4	3,2	2,6	7,6	12,3	11,4	12,4	

Tabla 29. Tabla de resultados CO₂ Grand Vitara

8.4.4.6. GRAFICA DE RESULTADOS CO₂

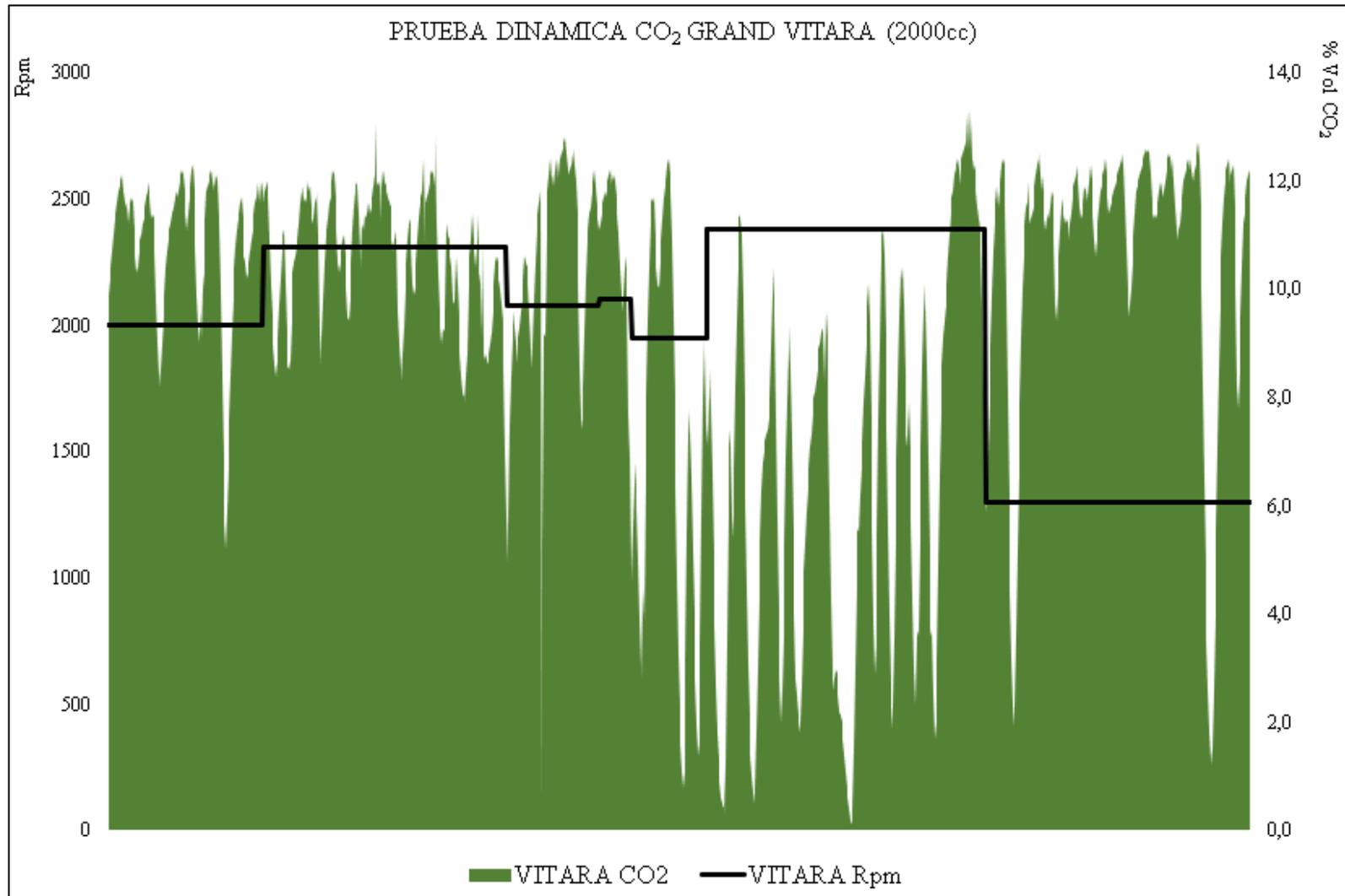


Ilustración 69. Resultados CO₂ Grand Vitara

8.4.4.7. TABLA DE RESULTADOS HC

EMISIONES HC GRAND VITARA (ppm Volumen)											
515	312	287	310	343	316	967	3520	1023	795	503	613
510	301	286	312	324	319	966	3440	1097	837	492	582
495	292	291	310	326	316	965	3360	1098	902	490	550
490	279	306	311	327	307	930	3280	1138	903	518	519
473	289	319	320	378	382	896	3180	1109	957	566	488
469	339	321	321	400	383	895	2910	1111	958	599	466
470	386	327	323	389	382	855	2530	1193	970	607	453
452	432	332	324	386	494	854	2170	1265	969	611	437
450	469	324	313	387	608	823	1866	1264	940	624	428
439	496	313	299	385	733	822	1661	1304	931	640	413
433	507	314	300	359	921	800	1660	1283	895	654	412
427	506	305	280	337	1076	777	1520	1282	851	653	401
414	484	301	281	338	1070	743	1417	1223	781	629	386
409	477	296	275	318	953	746	1325	1222	729	608	373
398	452	320	269	319	839	747	1256	1141	703	585	374
388	453	352	266	312	777	724	1255	1140	670	566	373
384	448	392	275	301	771	696	1258	1055	632	544	379
372	426	440	327	292	753	681	1321	1054	597	535	380
369	423	491	356	0	752	759	1389	995	598	525	379
359	414	545	359	2	753	854	1398	997	594	516	370
355	411	551	331	32	739	853	1410	998	624	505	354
351	404	536	315	55	712	918	1492	1069	662	501	349
348	400	490	302	102	735	862	1519	1070	673	494	341
345	396	460	284	153	759	791	1518	1159	712	487	333
347	394	431	273	198	766	792	1478	1160	754	480	330
351	391	414	266	224	771	713	1407	1245	755	473	327
350	387	407	256	236	770	697	1309	1362	736	468	320
352	386	400	255	241	772	695	1308	1363	696	457	313
357	385	401	256	259	769	686	1200	1512	651	453	310
360	384	388	263	263	761	699	1105	1674	610	442	309
359	387	364	259	256	762	698	1104	1809	577	441	305
358	393	353	251	253	738	732	1034	1808	551	436	303
357	386	335	250	264	739	762	984	1887	533	435	300
358	371	330	253	265	704	761	934	1862	517	434	293
382	369	317	274	249	705	773	905	1731	510	429	320
411	367	312	278	240	658	778	875	1556	503	427	370

EMISIONES HC GRAND VITARA (ppm Volumen)											
410	358	310	283	235	608	777	849	1383	498	437	369
439	350	305	286	227	609	780	821	1228	493	486	450
465	348	304	285	226	556	779	809	1111	491	537	536
476	333	299	286	224	557	777	801	1014	490	595	621
475	329	296	279	223	523	776	815	924	487	643	683
457	316	297	270	224	487	763	817	847	486	672	682
450	308	299	269	222	456	748	878	787	485	650	723
429	307	298	266	220	445	738	1021	738	482	629	722
420	308	299	265	221	439	739	1022	699	479	601	746
412	306	298	292	218	423	767	1346	659	478	574	745
396	295	293	350	211	422	769	1347	641	492	566	746
394	330	294	349	210	430	914	1738	628	493	562	745
387	329	290	331	206	473	1192	2130	621	544	560	769
371	393	287	330	205	543	1193	2480	615	586	558	830
361	464	282	329	203	639	1581	2690	610	585	547	908
360	549	278	328	201	715	1582	2730	603	589	526	909
373	629	273	329	200	742	1982	2650	607	618	520	952
423	703	263	372	199	726	2340	2470	625	585	499	953
454	748	316	385	197	667	2640	2150	614	560	497	954
444	749	315	378	194	603	2880	1858	599	585	484	912
414	757	400	352	193	544	3080	1638	597	670	482	848
410	728	439	351	192	495	3220	1505	588	751	473	773
411	690	412	342	213	460	3360	1504	565	753	470	705
454	654	381	338	249	430	3490	1396	552	754	467	646
512	655	361	343	253	415	3580	1301	543	719	461	593
462	617	358	368	251	396	3650	1300	520	720	460	556
601	580	357	378	229	382	3720	1205	516	677	459	522
622	541	334	385	227	383	3800	1147	508	631	455	498
618	508	325	366	214	429	3830	1148	502	601	453	482
594	483	309	361	201	489	3720	1094	495	604	452	466
595	460	297	359	209	554	3280	1095	499	629	441	457
570	452	294	360	236	609	2710	1019	502	683	449	439
547	445	300	359	283	608	2220	945	500	719	447	468
520	434	302	355	322	656	1866	885	491	730	445	472
504	427	311	346	384	655	1865	872	490	698	444	471
481	409	312	343	457	683	1663	834	513	664	443	458
472	410	308	340	517	682	1662	818	512	634	442	436
451	406	309	339	519	694	1536	842	504	596	440	471

EMISIONES HC GRAND VITARA (ppm Volumen)											
440	382	308	335	561	701	1437	882	483	562	439	532
419	379	306	326	538	703	1436	881	480	536	438	531
414	380	307	324	492	702	1358	930	498	531	437	619
403	412	315	313	445	703	1357	969	538	530	433	674
397	434	347	308	419	702	1295	968	610	531	428	673
395	441	348	299	422	705	1294	983	726	553	430	633
391	447	347	290	458	679	1344	982	880	560	474	634
384	452	326	288	472	647	1575	983	1015	598	475	592
383	453	314	286	471	674	1918	972	1090	610	509	554
380	454	292	285	438	675	2210	971	1121	609	533	531
378	449	289	444	413	735	1997	963	1120	586	570	529
374	442	283	745	390	791	1998	964	1121	581	571	525
375	437	277	744	373	817	1515	966	1083	586	609	512
376	427	271	920	351	819	1516	967	1020	620	641	508
378	425	280	997	409	818	1339	961	949	627	642	519
381	421	277	1011	433	817	1237	962	875	620	618	546
383	407	266	1012	434	794	1186	968	805	591	580	559
385	384	265	936	433	780	1185	939	747	560	538	548
390	377	258	817	417	779	1153	894	704	532	499	522
391	376	253	818	398	752	1152	878	666	510	483	500
392	372	249	729	389	726	1128	877	636	509	479	479
393	367	248	653	373	728	1129	904	615	510	454	455
396	349	247	585	365	681	1214	903	620	509	436	450
385	346	245	538	361	683	1213	941	621	546	414	439
381	330	244	504	354	624	1298	975	618	599	400	434
384	331	243	481	358	625	1391	980	589	656	379	433
427	329	241	452	357	571	1575	973	562	695	394	426
466	322	244	433	362	570	1883	940	537	702	396	424
467	319	255	434	364	631	2250	939	569	678	401	421
465	316	254	407	363	695	2260	949	635	646	416	423
435	304	252	398	353	711	2650	948	694	615	419	
413	303	250	387	352	706	2970	950	693	616	424	
387	304	251	371	355	705	3220	949	743	583	451	
388	300	253	363	348	785	3410	939	770	560	499	
365	295	252	349	341	898	3530	934	769	538	562	
341	288	282	350	332	897	3580	935	783	525	619	
330	286	304	342	321	959	3590	1022	782	508	642	

Tabla 30. Tabla de resultados HC Grand Vitara

8.4.4.8. GRAFICA DE RESULTADOS HC

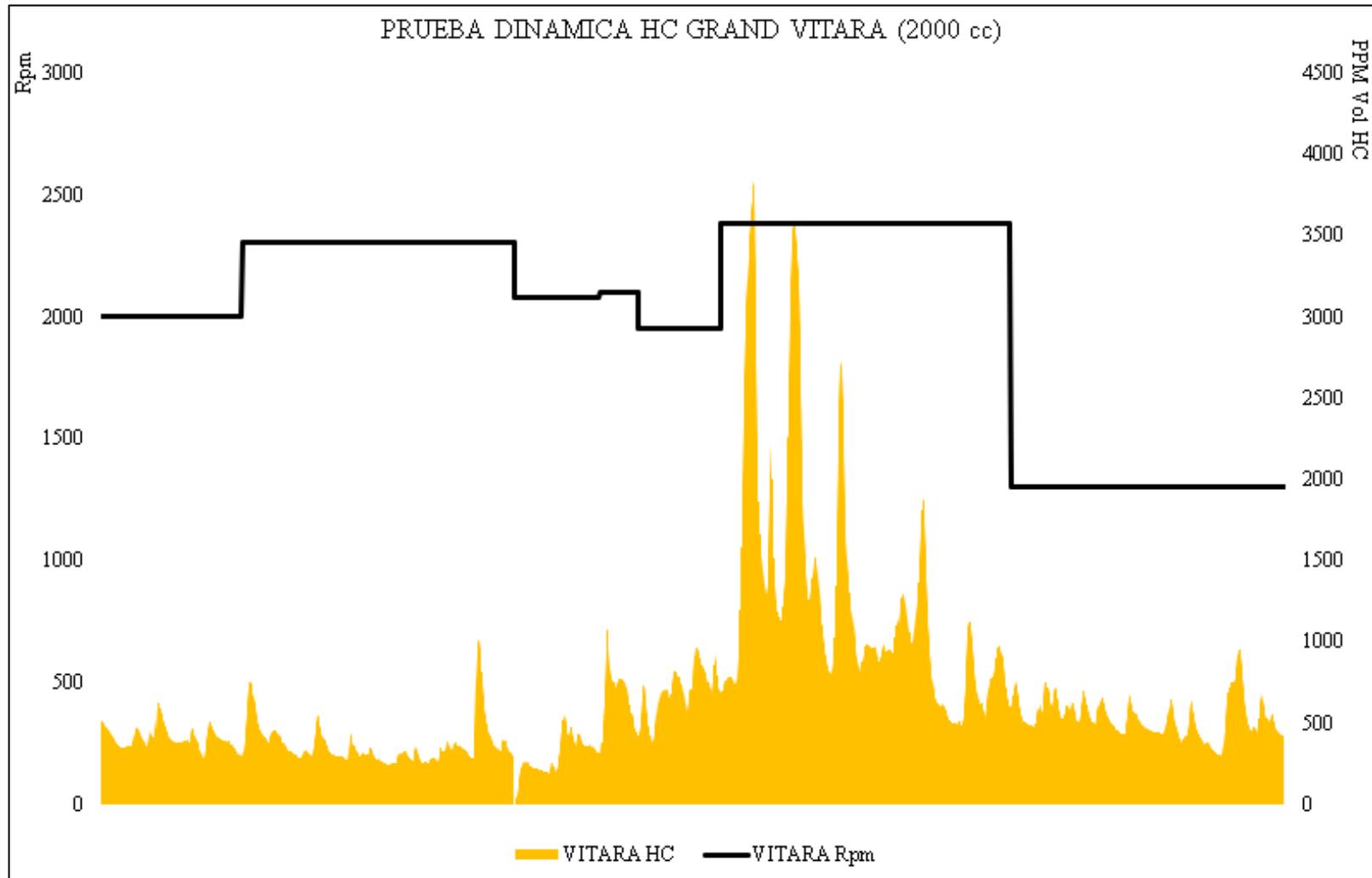


Ilustración 70. Resultados HC Grand Vitara

8.4.4.9. TABLA DE RESULTADOS O₂

EMISIONES O ₂ GRAND VITARA (% Volumen)											
0,91	1,69	1,65	1,13	0,67	3,21	1,88	4,39	7,19	10,1	2,32	1,91
0,93	1,68	1,61	1,10	0,68	3,85	1,86	4,08	8,16	10,4	2,25	2,06
0,97	1,67	1,67	1,05	0,71	5,32	1,83	3,78	10,0	10,6	2,21	2,40
1,00	1,66	1,68	1,02	0,82	6,00	1,82	3,45	11,0	10,4	2,11	2,54
1,04	1,64	1,67	0,99	0,88	7,27	1,81	3,44	12,0	9,93	2,06	2,69
1,10	1,61	1,64	0,94	0,93	7,74	1,79	4,23	13,6	9,56	2,00	2,90
1,14	1,64	1,55	0,93	1,03	8,04	1,75	5,02	14,4	8,76	1,90	2,96
1,17	1,74	1,50	0,91	1,06	8,23	1,66	2,90	15,0	8,33	1,86	3,02
1,24	1,86	1,45	0,97	1,11	8,19	1,63	7,88	16,2	7,86	1,83	3,03
1,26	2,22	1,34	1,22	1,22	7,89	1,93	8,88	16,6	6,95	1,79	2,97
1,34	2,31	1,30	1,32	1,27	7,12	3,45	9,80	16,9	6,48	1,81	2,92
1,38	2,39	1,25	1,39	1,35	6,68	4,12	11,6	16,8	6,07	1,83	2,80
1,40	2,34	1,16	1,48	1,37	6,27	4,91	12,5	16,4	5,28	1,85	2,74
1,46	2,37	1,12	1,51	1,44	5,00	6,49	14,1	15,3	4,98	1,87	2,61
1,49	2,20	1,06	1,52	1,63	3,93	7,34	14,8	14,6	4,66	1,88	2,54
1,50	2,05	1,03	1,51	1,72	3,68	8,18	15,4	13,1	4,15	1,87	2,48
1,57	1,98	1,01	1,49	1,98	3,36	9,99	16,3	12,3	3,89	1,81	2,34
1,60	1,89	0,97	1,47	2,14	3,26	10,8	16,6	11,5	3,41	1,70	2,28
1,62	1,85	0,96	1,41	2,28	3,05	12,5	16,7	9,27	3,17	1,64	2,21
1,64	1,80	0,95	1,39	2,43	3,00	13,2	16,8	9,28	2,96	1,60	2,11
1,67	1,69	0,93	1,37	2,45	2,86	14,0	16,6	8,57	2,58	1,69	2,06
1,68	1,63	0,92	1,33	2,41	2,79	15,3	16,0	7,21	2,43	1,85	1,98
1,70	1,56	0,91	1,31	2,31	2,72	15,8	15,5	6,62	2,33	2,17	1,94
1,74	1,47	0,94	1,30	2,05	2,57	16,3	14,9	5,53	2,27	2,30	1,91
1,78	1,42	0,98	1,28	1,90	2,49	17,1	13,3	5,15	2,17	2,42	1,85
1,80	1,37	1,02	1,27	1,78	2,33	17,5	12,4	4,85	2,08	2,60	1,82
1,84	1,34	1,06	1,24	1,53	2,26	17,7	10,4	4,55	2,01	2,67	1,79
1,86	1,33	1,09	1,22	1,42	2,18	18,2	9,64	4,48	1,89	2,74	1,72
1,87	1,32	1,10	1,17	1,33	2,04	18,4	8,94	4,41	1,83	2,75	1,66
1,86	1,31	1,14	1,13	1,16	1,08	18,5	7,81	4,25	1,78	2,73	1,62
1,83	1,29	1,15	1,10	1,09	1,91	17,9	7,23	4,19	1,71	2,70	1,58
1,81	1,28	1,17	1,03	0,98	1,81	17,0	6,70	4,18	1,68	2,62	1,69
1,80	1,26	1,15	1,00	0,93	1,80	14,7	5,64	4,50	1,66	2,58	1,74
1,78	1,25	1,08	0,97	0,90	1,79	13,5	5,23	4,87	1,82	2,51	1,77
1,76	1,26	1,04	0,93	0,85	2,05	11,0	4,98	5,38	2,53	2,47	1,72
1,75	1,64	1,01	0,94	0,82	2,23	9,17	5,33	6,73	3,12	2,43	1,63

EMISIONES O ₂ GRAND VITARA (% Volumen)											
1,74	1,92	0,94	0,97	0,87	2,45	7,99	6,57	7,47	3,85	2,36	1,58
1,73	2,30	0,91	1,01	0,78	2,49	7,74	7,28	8,70	5,47	2,33	1,51
1,72	2,98	0,86	1,02	0,77	2,50	7,66	8,19	9,01	6,34	2,31	1,46
1,71	3,31	0,84	1,06	0,75	2,47	7,91	9,91	9,09	7,28	2,24	1,43
1,70	3,59	0,81	1,08	0,73	2,38	8,29	10,8	8,81	9,16	2,22	1,41
1,68	4,01	0,77	1,10	0,72	2,19	8,72	11,7	8,51	10,0	2,16	1,46
1,70	4,16	0,76	1,11	0,71	2,10	9,80	13,3	8,24	11,8	2,09	1,64
1,72	4,32	0,74	1,12	0,69	1,91	10,4	14,1	7,98	12,6	2,04	1,69
1,76	4,35	0,72	1,13	0,67	1,83	11,0	15,1	8,18	13,3	2,01	1,72
1,79	4,34	0,71	1,14	0,66	1,77	12,5	15,5	9,01	14,6	1,98	1,70
1,83	4,25	0,70	1,15	0,67	1,67	13,2	15,8	9,58	15,1	1,93	1,65
1,95	4,16	0,69	1,21	0,73	1,61	14,6	16,2	10,8	15,7	1,85	1,55
2,03	3,94	0,68	1,24	0,83	1,59	15,2	16,4	11,5	16,5	1,82	1,51
2,11	3,82	0,69	1,27	1,08	1,58	15,7	16,6	12,3	16,8	1,80	1,44
2,22	3,70	0,70	1,29	1,98	1,54	16,6	17,0	14,3	17,0	1,74	1,40
2,25	3,49	0,71	1,28	2,69	1,51	16,9	17,4	14,9	16,8	1,71	1,36
2,26	3,18	0,73	1,27	3,49	1,52	17,3	17,0	15,9	15,9	1,64	1,31
2,24	3,09	0,74	1,25	3,47	1,55	17,7	16,7	16,3	15,3	1,90	1,27
2,12	3,00	0,76	1,23	6,39	1,56	17,8	16,3	16,7	14,6	2,12	1,25
2,05	2,83	0,85	1,24	8,26	1,57	17,7	14,8	16,6	13,2	2,16	1,24
1,98	2,76	0,91	1,33	8,99	1,58	16,4	13,6	16,4	12,5	2,19	1,23
1,85	2,69	0,94	1,45	9,49	1,59	15,5	12,5	15,4	11,8	2,21	1,22
1,80	2,56	0,99	1,47	9,76	1,61	13,1	11,6	14,6	10,5	2,22	1,23
1,78	2,50	1,01	1,49	9,53	1,62	12,0	11,2	13,0	9,95	2,24	1,24
1,72	2,38	1,16	1,47	9,01	1,67	10,8	10,5	12,1	8,62	2,21	0,29
1,70	2,33	1,37	1,42	7,17	1,69	8,74	10,2	11,2	7,97	2,19	1,32
1,68	2,28	1,68	1,35	6,62	1,71	7,81	9,89	9,60	7,40	2,16	1,44
1,66	2,17	2,64	1,33	5,68	1,74	7,12	9,33	8,86	6,32	2,10	1,59
1,63	2,13	3,16	1,34	5,21	1,75	6,26	9,07	8,14	5,49	2,08	2,55
1,62	2,07	3,62	1,35	4,40	1,72	6,15	8,85	6,90	4,86	2,05	3,10
1,61	2,04	4,39	1,31	4,00	1,71	6,18	8,41	6,40	4,56	1,99	3,73
1,60	2,02	4,63	1,27	3,63	1,69	7,64	8,23	5,66	3,99	1,96	5,24
1,61	1,97	4,92	1,22	2,98	1,67	7,72	7,88	5,43	3,73	1,91	6,04
1,69	1,90	5,02	1,14	2,70	1,62	8,34	7,72	5,31	3,51	1,89	6,90
1,71	1,89	5,04	1,12	2,41	1,60	8,85	7,57	5,39	3,20	1,86	8,64
1,77	1,87	5,00	1,08	1,98	1,57	8,78	7,28	5,74	3,12	1,82	9,43
1,92	1,84	4,87	1,07	1,80	1,55	8,01	7,17	6,26	3,05	1,79	11,0
2,03	1,83	4,34	1,05	1,38	1,53	7,56	7,05	8,26	2,89	1,78	11,7

EMISIONES O ₂ GRAND VITARA (% Volumen)											
2,19	1,82	4,13	1,02	1,28	1,50	7,23	6,81	10,7	2,78	1,75	12,5
2,55	1,80	3,93	1,00	1,11	1,49	6,96	6,72	11,6	2,65	1,74	13,8
2,71	1,79	3,52	0,99	1,06	1,50	6,99	6,63	13,3	2,41	1,73	13,0
2,97	1,77	3,30	0,97	1,00	1,62	7,27	6,46	14,0	2,29	1,72	14,9
3,08	1,76	2,89	0,96	0,92	1,67	8,26	6,39	14,7	2,10	1,71	15,8
3,24	1,75	2,69	1,27	0,89	1,68	8,88	6,19	15,9	2,02	1,70	16,2
3,25	1,74	2,51	1,49	0,84	1,69	9,61	6,07	16,4	1,97	1,69	16,5
3,26	1,73	2,17	1,76	0,82	1,68	11,0	5,69	16,9	2,19	1,68	17,2
3,25	1,72	2,03	1,81	0,80	1,67	11,7	5,45	17,5	2,40	1,69	17,6
3,16	1,70	1,91	1,83	0,77	1,57	13,2	5,26	17,4	2,91	1,75	17,9
3,11	1,69	1,81	1,87	0,76	1,54	13,9	5,03	16,6	3,00	1,79	17,4
2,99	1,70	1,78	1,94	0,74	1,53	14,5	4,96	16,0	2,84	1,85	17,2
2,94	1,75	1,71	1,99	0,73	1,55	15,7	4,78	14,5	2,74	1,87	16,6
2,87	1,76	1,68	2,02	0,72	1,59	16,2	4,68	13,7	2,52	1,89	15,4
2,74	1,74	1,64	1,84	0,73	1,58	16,6	4,63	12,8	2,48	1,91	14,7
2,69	1,68	1,56	1,75	0,77	1,54	17,4	4,78	11,2	2,44	1,92	13,2
2,63	1,67	0,15	1,66	0,87	1,48	17,8	5,12	10,5	2,40	1,87	12,5
2,53	1,66	1,47	1,49	0,91	1,40	18,3	5,61	9,77	2,32	1,84	10,3
2,45	1,68	1,41	1,42	0,95	1,38	18,5	7,06	8,55	2,30	1,80	9,64
2,41	1,71	1,39	1,35	0,96	1,44	18,7	7,92	8,00	2,26	1,77	8,99
2,30	1,73	1,37	1,21	0,95	1,59	19,0	8,89	7,16	2,20	1,74	7,75
2,25	1,67	1,35	1,15	0,90	1,65	19,1	10,7	6,81	2,17	1,72	7,17
2,18	1,62	1,33	1,04	0,87	1,70	19,2	11,6	6,54	2,14	1,70	6,15
2,15	1,59	1,29	1,00	0,84	1,88	19,4	14,1	6,03	2,09	1,68	5,68
2,10	1,54	1,26	0,95	0,80	2,02	19,5	14,7	5,83	2,07	1,66	5,28
2,05	1,50	1,24	0,89	0,79	2,58	19,6	15,7	5,64	2,03	1,64	4,56
2,01	1,47	1,18	0,87	0,80	2,75	19,7	15,9	5,32	2,01	1,63	4,25
1,99	1,45	1,15	0,85	0,87	2,87	19,4	16,0	5,15	0,99	1,56	3,96
1,91	1,44	1,12	0,81	0,91	2,98	18,0	15,8	4,98	1,96	1,93	3,46
1,87	1,46	1,08	0,80	0,94	2,85	17,1	16,0	4,62	1,95	2,23	3,22
1,79	1,85	1,06	0,78	1,00	2,73	14,5	16,1	4,42	1,93	2,52	3,04
1,76	2,15	1,04	0,77	1,02	2,61	13,2	16,5	4,05	1,92	3,39	3,0,2
1,74	2,13	1,01	0,76	1,05	2,51	12,1	16,7	3,86	1,90	3,65	2,58
1,70	3,14	1,00	0,77	1,06	2,58	9,95	16,8	3,38	1,89	4,00	2,36
1,84	3,80	0,99	0,85	1,07	3,38	9,33	17,0	3,25	1,88	4,12	2,28
1,97	4,55	0,98	0,89	1,10	4,00	8,96	17,1	3,10	1,86	4,22	2,21
2,11	6,01	0,99	0,94	1,11	4,76	8,95	17,2	2,88	1,85	4,23	2,12
2,35	6,80	1,01	1,01	1,12	6,43	9,39	17,3	2,78	1,83	4,00	2,09

EMISIONES O ₂ GRAND VITARA (% Volumen)											
2,46	7,62	1,03	1,03	1,13	7,32	10,6	17,6	2,69	1,80	3,88	2,06
2,53	9,72	1,07	1,06	20,8	8,20	11,2	17,7	2,56	1,78	3,61	1,99
2,59	10,7	1,09	1,07	20,7	10,1	11,5	17,8	2,49	1,76	3,49	1,95
2,54	11,1	1,11	1,21	19,7	10,9	11,4	18,2	2,38	1,73	3,35	1,85
2,44	11,5	1,12	1,88	15,1	11,5	10,9	18,3	2,33	1,72	3,10	1,80
2,15	11,6	1,14	2,22	12,6	11,9	8,31	18,5	2,29	1,68	2,97	1,75
2,09	11,3	1,17	2,72	10,4	11,8	6,95	18,9	2,20	0,17	2,73	1,67
2,02	11,0	1,19	2,86	7,00	10,9	6,39	19,0	2,17	1,66	2,62	1,65
1,99	10,7	1,20	2,97	5,83	10,4	5,80	19,2	2,13	1,65	2,52	1,81
2,04	9,95	1,22	3,04	4,24	10,0	4,80	19,4	2,05	1,64	2,34	1,95
2,45	9,53	1,27	3,01	3,72	9,18	4,41	19,5	2,02	1,63	2,26	2,12
2,77	8,69	1,29	2,78	3,36	8,82	4,07	19,6	1,96	1,62	2,19	2,14
3,92	8,28	1,30	2,67	2,85	8,56	3,58	19,7	1,94	1,60	2,08	2,13
4,29	7,86	1,28	2,43	2,70	8,42	3,42	19,8	1,92	1,57	2,03	2,07
4,67	7,05	1,24	2,31	2,58	8,73	3,38	19,9	1,89	1,58	1,94	2,01
5,22	6,69	1,18	2,20	2,39	9,61	3,78	20,0	1,87	1,65	1,92	1,89
5,45	6,31	1,16	2,00	2,31	10,1	4,34	20,1	1,85	1,80	1,90	1,83
5,60	5,67	1,15	1,92	2,24	11,9	6,83	20,2	1,84	1,85	1,88	1,77
5,77	5,38	1,14	1,85	2,09	12,5	7,80	20,3	1,83	1,86	1,90	1,72
5,79	5,07	1,11	1,75	2,02	13,6	9,65	20,2	1,81	1,84	1,89	1,80
5,69	4,56	1,08	1,70	1,92	14,1	10,5	20,1	1,80	1,79	1,87	2,46
5,58	4,31	1,03	1,66	1,88	14,5	11,4	19,2	1,79	1,74	1,84	2,99
5,28	3,90	1,00	1,60	1,87	15,1	13,8	18,7	1,78	1,72	1,82	4,35
5,16	3,68	0,98	1,56	2,01	15,2	14,4	18,0	1,84	1,76	1,80	5,17
4,99	3,53	0,96	1,50	2,07	14,9	15,7	16,5	1,89	1,77	1,78	6,07
4,70	3,21	0,97	1,47	2,02	14,5	16,2	15,8	1,94	1,95	1,77	7,46
4,54	3,06	1,00	1,45	1,95	13,3	17,1	14,3	2,04	2,58	1,76	7,82
4,39	2,92	1,05	1,41	1,88	12,7	17,4	13,6	2,08	2,99	1,74	7,97
4,06	2,68	1,07	1,40	1,75	11,8	17,8	12,9	2,13	3,91	1,73	7,72
3,61	2,57	1,09	1,47	1,68	10,3	18,1	11,7	2,11	4,32	1,72	7,32
3,48	2,39	1,13	1,54	1,61	9,71	18,5	11,2	2,05	4,58	1,70	6,90
3,34	2,32	1,17	1,58	1,48	9,01	18,7	10,7	2,02	4,72	1,68	5,59
3,00	2,25	1,29	1,59	1,43	7,61	18,9	9,94	1,96	4,59	1,67	5,57
2,91	2,16	2,01	1,58	1,38	7,02	19,1	9,56	1,95	4,17	1,66	4,77
2,74	2,12	2,65	1,56	1,34	5,87	19,2	8,87	1,93	3,94	1,65	4,39
2,67	2,09	3,44	1,53	1,42	5,39	19,3	8,24	1,91	3,68	1,64	4,05
2,63	2,04	4,80	1,48	1,47	4,92	19,2	7,66	1,86	3,19	1,63	3,46
2,56	2,02	5,24	1,45	1,50	4,14	18,9	7,34	1,83	2,96	1,62	3,24

EMISIONES O ₂ GRAND VITARA (% Volumen)											
2,54	2,01	5,49	1,43	1,43	3,82	18,5	7,06	1,81	2,77	1,61	3,08
2,49	1,99	5,50	1,37	1,41	3,53	17,5	6,53	1,76	2,43	1,60	2,89
2,44	1,98	5,36	1,35	1,39	3,03	16,9	6,25	1,75	2,34	1,59	2,82
2,39	1,99	4,89	1,34	1,35	2,87	16,3	5,67	1,73	2,27	1,60	2,64
2,23	2,07	4,63	1,28	1,34	2,76	15,0	5,32	1,72	2,35	1,63	2,57
2,16	2,20	4,34	1,25	1,32	2,68	14,4	4,25	1,71	2,52	1,65	2,46
2,08	2,85	3,80	1,17	1,31	2,65	13,0	3,97	1,70	2,77	1,75	2,26
1,93	3,35	3,55	1,13	1,30	2,53	12,4	3,69	1,69	2,80	1,87	2,16
1,88	3,44	3,33	1,09	1,20	2,48	11,8	3,41	0,67	2,72	2,01	2,07
1,78	3,53	2,93	1,02	1,16	2,41	10,7	4,02	1,66	2,62	2,25	1,92
1,76	3,54	2,78	0,99	1,12	2,36	10,3	4,72	1,64	2,53	2,35	1,86
1,74	3,54	2,40	0,96	1,05	2,40	9,55	5,59	1,62	2,37	2,41	1,81
1,76	3,43	2,28	0,90	1,04	2,61	8,96	7,71	1,59	2,31	2,47	1,77
1,79	3,29	2,07	0,88	1,03	3,11	8,51	9,89	1,58	2,26	2,48	1,81
1,82	3,22	1,98	0,83	1,04	3,34	8,33	12,0	1,56	2,25	2,50	1,83
1,84	3,07	1,90	0,81	1,09	3,53	7,79	12,8	1,55	2,24	2,51	1,87
1,85	3,01	1,77	0,80	1,12	3,81	7,95	14,2	1,53	2,23	2,53	1,92
1,92	2,93	1,71	0,77	1,14	3,91	7,87	14,8	1,49	2,20	2,55	1,95
1,97	2,81	1,66	0,76	1,15	4,02	7,74	15,1	1,47	2,19	2,56	1,98
1,99	2,75	1,57	0,75	1,21	4,05	7,70	14,9	1,44	2,17	2,52	2,01
2,00	2,69	1,54	0,73	1,26	4,06	7,67	14,3	1,39	2,16	2,46	2,02
2,01	2,60	1,38	0,72	1,33	3,99	7,62	13,5	1,36	2,12	2,32	2,01
2,00	2,55	1,29	0,71	1,34	3,90	7,59	11,5	1,35	2,10	2,23	1,97
1,98	2,51	1,25	0,70	1,35	3,65	7,57	10,5	1,48	2,07	2,13	1,95
1,94	2,42	1,21	0,71	1,34	3,53	7,52	8,65	2,17	1,99	1,90	1,93
1,92	2,37	1,14	0,75	1,32	3,40	7,49	7,82	2,34	1,94	1,79	1,85
1,91	2,27	1,11	0,82	1,31	3,14	7,46	7,10	2,53	1,82	1,70	1,82
1,87	2,23	0,09	0,91	1,30	3,01	7,41	5,88	2,56	1,76	1,49	1,74
1,85	2,20	1,05	0,93	1,28	2,90	7,38	5,40	2,59	1,72	1,40	1,72
1,83	2,12	1,03	0,92	1,27	2,72	7,32	4,95	2,63	1,63	1,31	1,69
1,82	2,09	0,98	0,91	1,25	2,63	7,30	4,15	2,67	1,61	1,30	1,66
1,79	2,06	0,96	0,89	1,24	2,48	7,28	3,82	2,88	1,85	1,29	1,67
1,78	2,01	0,94	0,86	1,23	2,41	7,25	3,53	3,12	2,03	1,26	1,69
1,76	1,99	0,90	0,84	1,26	2,34	7,24	3,08	3,43	2,19	1,24	1,70
1,75	1,98	0,89	0,82	1,33	2,24	7,21	2,92	4,48	2,40	1,23	
1,74	1,97	0,93	0,79	1,39	2,18	6,92	2,75	5,17	2,45	1,28	
1,73	1,93	1,01	0,77	1,54	2,14	6,65	2,94	5,96	2,47	1,42	
1,72	1,86	1,12	0,72	1,68	2,03	5,91	3,87	7,58	2,46	1,45	

EMISIONES O ₂ GRAND VITARA (% Volumen)										
1,71	1,74	1,15	0,70	1,88	1,99	5,54	4,47	8,34	2,40	1,48
1,70	1,70	1,16	0,69	2,63	1,91	5,15	5,39	9,64	2,36	1,75

Tabla 31. Tabla de resultados O₂ Grand Vitara

8.4.4.10. GRAFICA DE RESULTADOS O₂

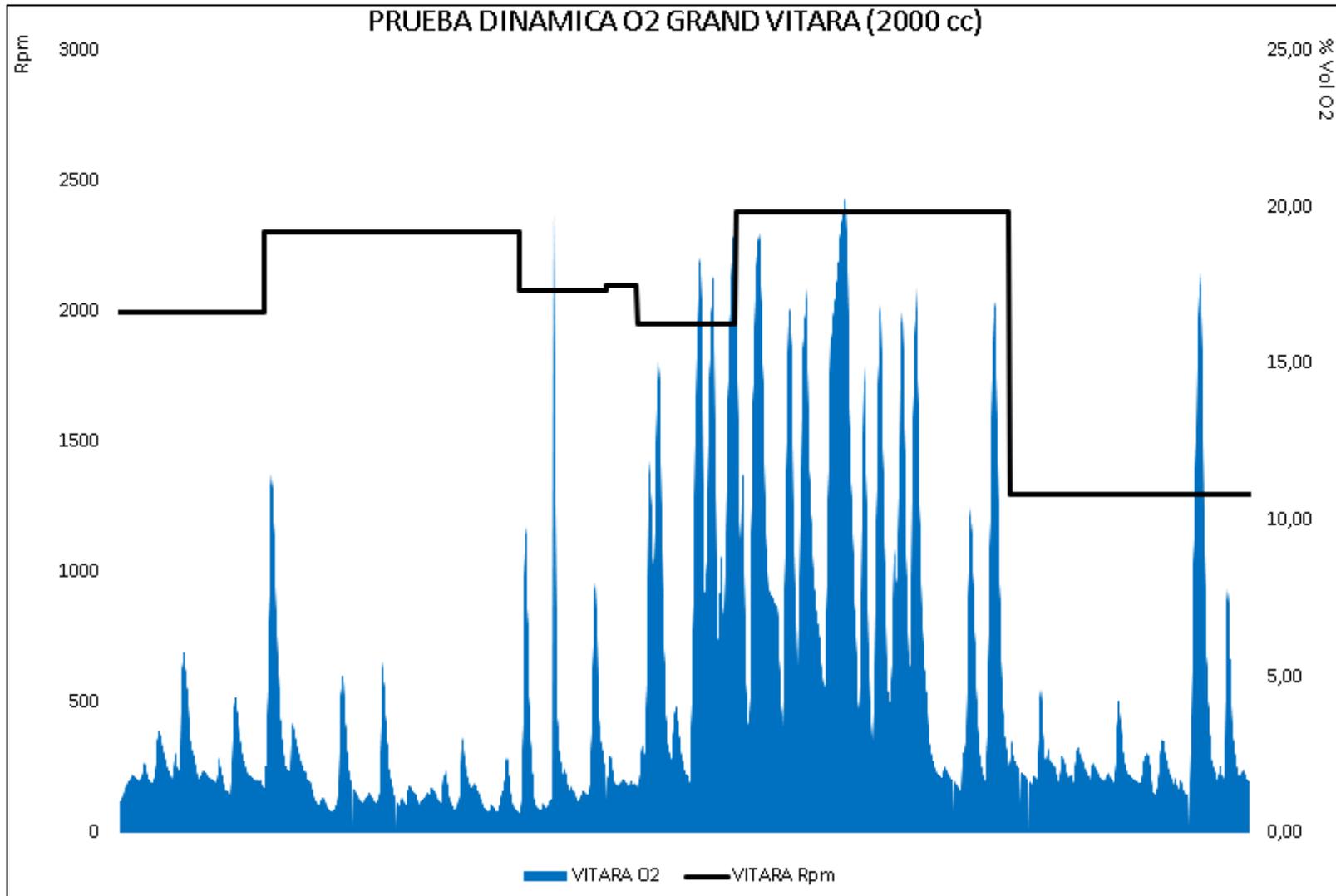


Ilustración 71. Resultados O₂ Grand Vitara

8.4.4.11. TABLA DE RESULTADOS λ

ZONA LAMBDA GRAND VITARA											
0,873	1,069	1,000	0,942	0,995	1,009	1,139	2,808	1,562	3,506	1,047	1,027
0,885	1,061	1,009	0,962	1,002	1,012	1,137	2,594	1,535	3,177	1,056	1,025
0,886	1,058	1,010	0,966	1,015	1,014	1,132	2,182	1,514	4,209	1,053	1,022
0,903	1,057	1,007	0,967	1,031	1,019	1,134	1,959	1,495	4,328	1,060	1,032
0,905	1,053	0,973	0,963	1,038	1,020	1,117	1,734	1,546	4,548	1,057	1,035
0,922	1,048	0,971	0,964	1,051	1,025	1,190	1,570	1,562	---	1,063	1,044
0,927	1,045	0,970	0,972	1,050	1,031	1,108	1,463	1,763	4,822	1,061	1,056
0,945	1,042	0,921	0,978	1,045	1,036	1,105	1,437	1,819	3,632	1,062	1,064
0,948	1,039	0,918	0,969	1,040	1,035	1,095	1,318	2,224	3,431	1,063	1,070
0,967	1,037	0,886	0,972	1,002	1,038	1,092	1,299	2,312	2,173	1,064	1,081
0,969	1,036	0,876	0,986	0,994	1,037	1,088	1,248	2,470	2,655	1,063	1,084
0,987	1,035	0,854	0,987	0,943	1,038	1,086	1,189	3,180	2,177	1,064	1,089
0,989	1,036	0,845	0,988	0,925	1,037	1,082	1,149	3,397	2,113	1,062	1,095
0,990	1,035	0,829	0,995	0,882	1,038	1,081	1,143	4,039	2,033	1,063	1,098
1,005	1,031	0,822	0,996	0,894	1,037	1,075	1,154	4,384	1,777	1,060	1,094
1,007	1,030	0,810	1,002	0,865	1,028	1,073	1,196	4,360	1,713	1,058	1,089
1,016	1,022	0,807	1,005	0,839	1,011	1,072	1,315	4,423	1,536	1,057	1,088
1,019	1,021	0,805	1,006	0,828	1,009	1,068	1,438	3,343	1,476	1,055	1,082
1,028	1,010	0,807	1,005	0,827	1,012	1,065	1,521	3,429	1,401	1,053	1,080
1,030	1,030	0,823	1,013	0,826	1,014	0,062	1,904	2,619	1,331	1,048	1,075
1,037	1,033	0,822	1,015	0,825	1,025	1,061	2,013	2,526	1,288	1,046	1,074
1,038	1,104	0,838	1,016	0,819	1,030	1,060	2,234	2,039	1,268	1,037	1,072
1,045	1,118	0,845	1,020	0,818	1,045	1,061	2,081	1,959	1,217	1,035	1,067
1,047	1,130	0,864	1,024	0,813	1,091	0,060	3,098	1,858	1,204	1,025	1,066
1,054	1,137	0,869	1,023	0,810	1,136	1,051	3,395	1,609	1,162	1,032	1,062
1,057	1,133	0,888	1,028	0,807	1,201	1,052	3,618	1,542	0,150	1,029	1,060
1,062	1,131	0,893	1,024	0,806	1,311	1,032	3,976	1,446	1,129	1,035	1,058
1,065	1,130	0,910	1,026	0,805	1,400	1,031	4,173	1,357	1,113	1,037	1,057
1,069	1,120	0,911	1,024	0,810	1,497	1,002	4,533	1,310	1,106	1,039	1,055
1,070	1,117	0,912	1,026	0,813	1,547	1,000	4,496	1,252	1,102	1,040	1,054
1,067	1,107	0,921	1,019	0,821	1,571	0,998	4,718	1,246	1,095	1,043	1,050
1,064	1,101	0,922	1,024	0,830	1,528	1,018	4,589	1,234	1,086	1,042	1,047
1,063	1,099	0,923	1,031	0,840	1,527	1,092	4,473	1,260	0,081	1,045	1,040
1,062	1,092	0,926	1,032	0,845	1,504	1,131	4,245	1,281	1,071	1,044	1,039
1,061	1,087	0,939	1,037	0,860	1,409	1,202	4,180	1,322	1,066	1,048	1,036
1,059	1,094	0,941	1,038	0,865	1,386	1,357	3,409	1,491	1,054	1,051	1,041

ZONA LAMBDA GRAND VITARA											
1,058	1,084	0,956	1,034	0,883	1,328	1,469	3,215	1,569	1,050	1,052	1,043
1,057	1,089	0,957	1,032	0,886	1,280	1,657	2,770	1,797	1,035	1,053	1,045
1,056	1,083	0,971	1,020	0,896	1,241	1,929	2,990	2,026	1,037	1,056	1,043
1,054	1,084	0,980	1,015	0,897	1,192	2,288	2,140	2,480	1,036	1,059	1,040
1,053	1,080	0,995	1,016	0,895	0,172	2,697	1,910	2,788	1,049	1,060	1,038
1,052	1,074	1,057	1,023	0,885	1,157	3,287	1,814	3,525	1,068	1,063	1,037
1,053	1,071	1,086	1,024	0,877	1,134	3,433	1,739	3,719	1,073	1,062	0,035
1,054	1,072	1,109	1,013	0,875	1,126	4,702	1,587	---	1,081	1,064	1,029
1,055	1,070	1,165	1,011	0,868	1,190	4,832	1,536	3,957	1,080	1,061	1,022
1,058	1,071	1,183	1,009	0,865	1,113	---	1,441	3,727	1,074	1,062	1,025
1,061	1,068	1,179	0,996	0,860	1,107	4,182	0,410	2,848	1,067	1,060	1,032
1,064	1,067	1,178	0,995	0,857	1,102	4,094	1,375	2,579	1,063	1,059	1,035
1,068	1,066	1,187	0,985	0,854	1,095	3,559	1,322	2,160	1,054	1,057	1,036
1,072	1,064	1,170	0,984	0,848	1,091	2,452	1,297	2,067	1,055	1,055	1,032
1,077	1,063	1,160	0,978	0,843	1,087	2,183	1,274	1,764	1,052	1,054	1,031
1,082	1,062	1,151	0,977	0,845	1,079	1,757	1,246	1,694	1,055	1,053	1,030
1,083	1,060	1,142	0,972	0,886	1,076	1,629	1,231	1,612	1,053	1,051	1,025
1,084	1,106	1,144	0,971	0,918	1,069	1,536	1,208	1,418	1,056	1,050	1,027
1,075	1,059	1,122	0,961	1,001	1,066	1,443	1,192	1,411	1,054	1,049	1,024
1,074	1,058	1,090	0,958	1,118	1,064	1,442	1,188	1,328	1,055	1,048	1,025
1,062	1,057	1,069	0,957	1,259	1,057	1,431	1,168	1,295	1,056	1,047	1,022
1,046	1,056	1,026	0,968	1,433	1,056	1,512	1,166	1,271	1,057	1,048	0,024
1,041	1,055	1,017	0,979	1,575	1,052	1,541	1,162	1,222	1,056	1,047	1,023
1,031	1,054	0,996	1,001	1,566	1,050	1,606	1,152	1,206	1,057	1,046	1,022
1,029	1,053	0,989	1,003	1,660	1,051	1,820	1,148	1,190	1,056	1,045	1,024
1,027	1,052	0,983	1,018	1,530	1,069	1,947	1,141	1,164	1,055	1,046	1,026
1,026	1,051	0,982	1,020	1,504	0,079	2,229	1,138	1,156	1,054	1,047	1,027
1,028	1,052	0,989	1,028	1,400	1,084	2,454	1,132	1,146	1,051	1,048	1,028
1,027	1,051	1,000	1,031	1,367	1,083	3,084	1,133	1,128	1,050	1,050	1,029
1,028	1,055	0,997	1,025	1,311	1,058	3,508	1,125	1,123	1,048	1,054	1,030
1,031	1,056	1,009	1,024	1,240	1,038	4,293	1,132	1,108	1,047	1,058	1,031
1,034	1,057	1,007	1,011	1,184	0,034	4,430	1,106	1,103	1,046	1,062	1,032
1,035	1,050	1,014	1,006	1,135	1,015	---	1,112	0,091	1,042	1,064	1,034
1,039	1,051	1,011	1,001	1,073	1,010	3,697	1,100	1,088	1,040	1,065	1,036
1,041	1,047	1,010	0,961	1,054	1,001	3,314	1,106	1,079	1,039	1,066	1,047
1,034	1,049	1,009	0,958	0,972	0,998	2,471	1,107	1,069	1,040	1,067	1,056
1,042	1,047	1,008	0,914	0,957	0,995	2,194	1,108	1,070	1,039	1,065	1,108
1,039	1,039	1,011	0,902	0,944	0,999	1,828	1,109	1,067	1,041	1,064	1,138

ZONA LAMBDA GRAND VITARA											
1,049	1,035	1,013	0,870	0,888	0,998	1,744	1,143	1,063	1,040	1,061	1,181
1,062	1,034	1,006	0,858	0,880	1,007	1,509	1,185	1,061	1,042	0,059	1,322
1,073	1,040	1,005	0,835	0,851	1,006	1,447	1,228	1,060	1,043	1,056	1,391
1,084	1,042	0,993	0,827	0,547	1,007	1,379	1,428	1,059	1,041	1,055	1,558
1,090	1,045	0,991	0,811	0,847	1,005	1,328	1,540	1,057	1,039	1,053	1,731
1,092	1,046	0,990	0,807	0,840	1,004	1,316	1,645	1,056	1,032	1,052	2,025
1,000	1,045	0,979	0,806	0,833	1,008	1,360	2,051	1,054	1,023	1,051	2,240
1,100	1,043	0,978	0,800	0,836	1,014	1,442	2,245	1,055	1,024	1,050	2,756
1,099	1,042	0,972	0,814	0,839	1,016	1,507	2,900	1,050	1,027	1,048	2,870
1,106	1,039	0,970	0,813	0,840	1,019	1,555	3,148	1,051	1,033	1,047	3,706
1,105	1,035	0,972	0,829	0,839	1,021	1,551	3,498	1,049	1,036	1,042	3,824
1,113	1,036	0,978	0,835	0,841	1,022	1,546	3,768	0,050	1,040	1,043	4,043
1,110	1,034	0,979	0,857	0,840	1,021	1,461	3,665	1,049	1,039	1,036	---
1,113	1,033	0,980	0,864	0,841	1,022	1,423	3,674	1,048	1,038	1,033	4,561
1,109	1,028	0,984	0,890	0,849	1,026	1,381	3,543	1,047	1,036	1,021	4,417
1,105	1,031	0,985	0,895	0,857	1,029	1,378	3,497	1,048	1,025	1,008	3,343
1,101	1,046	0,991	0,925	0,859	1,031	1,380	3,561	1,047	1,026	1,026	3,125
1,098	1,069	0,993	0,929	0,871	1,032	1,454	3,553	1,046	1,027	1,032	2,526
1,096	1,127	1,004	0,932	0,875	1,033	1,552	3,584	1,047	1,035	1,050	2,351
1,097	1,194	1,003	0,955	0,890	1,034	1,730	3,900	1,046	1,040	1,072	2,034
1,090	1,242	1,009	0,956	0,893	1,031	1,802	3,979	1,047	1,050	1,089	1,976
1,089	1,416	1,010	0,967	0,904	1,024	2,333	4,323	1,045	1,051	1,101	1,713
1,085	1,474	1,011	0,962	0,903	1,020	2,328	4,398	1,051	1,053	1,116	1,666
1,082	1,559	1,012	0,960	0,902	1,022	3,036	4,540	1,053	1,051	1,120	1,612
1,079	1,869	1,013	0,952	0,903	1,027	3,178	4,505	1,059	1,035	1,124	1,466
1,077	2,036	1,012	0,956	0,907	1,026	3,458	4,629	1,064	1,030	1,123	1,423
1,076	2,093	1,005	0,995	0,906	1,025	4,492	4,654	1,068	1,005	1,131	1,331
1,073	2,129	1,003	1,013	0,908	1,029	4,874	---	1,071	1,000	1,122	1,298
1,070	2,144	0,993	1,050	0,904	1,028	---	4,515	1,072	0,987	1,127	1,260
1,069	2,005	0,992	1,058	0,902	1,030	3,911	4,271	1,069	0,985	1,116	1,216
1,066	1,880	0,998	1,064	0,882	1,028	3,528	3,059	1,064	0,983	1,150	1,191
1,063	1,852	1,002	1,080	0,876	1,027	2,402	2,858	1,063	0,991	1,105	1,178
1,061	1,708	0,990	1,095	0,849	1,028	2,186	2,303	1,060	1,006	0,098	1,143
1,057	1,677	0,966	1,081	0,840	1,029	1,888	2,160	1,059	1,010	1,091	1,131
1,054	1,562	0,964	1,086	0,839	1,030	1,664	2,023	1,058	1,019	1,086	1,119
1,053	1,536	0,953	1,071	0,813	1,031	1,636	1,782	1,056	1,016	1,078	1,101
1,047	1,505	0,951	1,063	0,817	1,025	1,597	1,687	1,055	1,025	1,074	1,094
1,048	1,390	0,950	1,057	0,824	1,026	1,697	1,614	1,052	1,057	1,069	1,083

ZONA LAMBDA GRAND VITARA											
1,052	1,345	0,954	1,047	0,848	1,032	1,730	1,491	1,050	1,076	1,058	1,079
1,057	1,306	0,966	1,042	0,861	1,035	1,932	1,442	1,048	1,134	1,050	1,074
1,061	1,273	0,968	1,039	0,893	1,036	1,988	1,363	1,047	1,154	1,047	1,070
1,073	1,256	0,982	1,038	0,900	1,041	2,042	1,322	1,046	1,183	1,037	1,068
1,081	1,220	0,985	1,036	0,934	1,043	1,879	1,299	1,044	1,182	1,034	1,067
1,085	1,207	0,998	1,039	0,938	1,038	1,842	1,253	1,043	1,200	1,028	1,062
1,092	1,180	0,999	1,035	0,964	1,032	1,669	1,239	1,041	1,183	1,027	0,060
1,091	1,157	1,000	1,038	0,965	1,031	1,572	1,227	1,040	1,162	1,026	1,055
1,085	1,138	1,004	1,033	0,966	0,029	1,465	1,196	1,039	1,144	1,027	1,054
1,079	1,120	1,042	1,036	0,983	1,030	1,375	1,184	1,040	0,131	1,032	1,050
1,075	1,111	1,078	1,039	0,984	1,033	1,311	1,160	1,039	1,097	1,038	1,045
1,052	1,090	1,131	1,033	0,993	0,990	1,276	1,129	1,041	1,087	1,045	1,036
1,049	1,084	1,226	1,030	0,994	0,968	1,191	1,105	1,039	1,080	1,044	1,037
1,028	1,071	1,266	1,031	---	0,969	1,170	1,063	1,040	1,062	1,051	1,039
1,019	1,066	1,270	1,034	3,645	0,956	1,148	1,049	1,042	0,059	1,050	1,046
1,041	1,063	1,281	1,039	3,506	0,954	1,125	1,044	1,041	1,057	1,051	1,056
1,056	1,057	1,255	1,043	2,076	0,953	1,106	1,022	1,040	1,064	1,053	1,057
1,080	1,056	1,237	1,042	1,897	0,963	1,113	1,028	1,042	1,074	1,054	1,058
1,125	1,053	1,209	1,044	1,712	0,976	1,137	1,079	1,039	1,084	1,056	1,060
1,155	1,054	1,193	1,042	1,389	0,991	1,201	1,131	1,029	1,085	1,055	1,057
1,176	1,056	1,160	1,041	1,313	0,998	1,334	1,222	1,026	1,070	1,054	1,052
1,224	1,058	1,147	1,040	1,203	1,016	1,486	1,461	1,025	1,064	1,053	1,051
1,236	1,059	1,133	1,038	1,173	1,026	1,570	1,628	1,023	0,046	1,052	1,047
1,262	1,061	1,109	1,037	1,149	1,019	1,977	1,921	1,020	1,037	1,051	1,044
1,279	1,054	1,094	1,030	1,122	1,018	2,078	2,310	1,018	1,024	1,050	1,046
1,267	1,056	1,079	1,027	1,114	1,015	2,257	2,716	0,019	1,019	1,049	1,049
1,279	1,049	1,072	1,012	1,107	1,022	2,911	3,061	1,017	1,011	1,048	1,097
1,259	1,058	1,064	1,008	1,094	1,085	3,170	2,931	1,023	1,009	1,049	1,127
1,242	1,075	1,059	0,982	1,089	1,127	3,988	2,997	1,049	1,016	1,048	1,258
1,234	1,090	1,054	0,979	1,085	1,202	4,502	2,403	1,059	1,025	1,047	1,313
1,207	1,109	1,051	0,931	1,077	1,346	---	2,354	1,065	1,026	1,048	1,388
1,199	1,116	1,049	0,924	1,074	1,454	4,020	2,272	1,072	1,037	1,047	1,510
1,177	1,121	1,046	0,921	1,068	1,679	3,787	1,827	1,067	1,036	1,046	1,536
1,167	1,128	1,048	0,879	1,058	1,952	3,028	1,734	1,069	1,044	1,047	1,509
1,149	1,132	1,043	0,878	1,059	2,068	2,601	1,510	1,061	1,043	1,046	1,483
1,141	1,130	1,039	0,853	1,057	2,139	2,288	1,430	1,064	1,048	1,045	1,412
1,131	1,132	1,028	0,852	1,061	2,010	1,996	1,353	1,068	1,046	1,044	1,388
1,112	1,126	1,026	0,846	1,064	2,002	1,838	1,264	1,089	1,044	1,043	1,300

ZONA LAMBDA GRAND VITARA											
1,108	1,123	1,008	0,841	1,067	1,778	1,744	1,222	1,100	1,043	1,044	1,277
1,099	1,117	1,006	0,840	1,062	1,740	1,590	1,199	1,198	1,038	1,043	1,215
1,096	1,113	1,004	0,844	1,058	1,676	1,526	1,143	1,241	1,036	1,044	1,196
1,093	1,108	0,974	0,846	1,048	1,580	1,437	1,125	1,315	0,032	1,045	1,169
1,094	1,104	0,973	0,845	1,041	1,544	1,396	1,099	1,499	1,028	1,044	1,137
1,092	1,100	0,940	0,852	1,031	1,524	1,357	1,073	1,591	1,018	1,043	1,109
1,088	1,097	0,935	0,856	1,027	1,528	1,307	1,052	1,770	1,029	1,044	1,101
1,084	1,098	0,911	0,885	1,019	1,580	1,287	1,042	1,848	1,038	1,045	1,086
1,070	1,093	0,907	0,898	1,016	1,606	1,275	1,038	1,842	1,046	1,040	1,081
1,066	1,095	0,903	0,910	1,014	1,825	1,244	1,053	1,892	1,057	1,041	1,069
1,062	1,091	0,904	0,909	1,006	1,876	1,237	1,116	1,807	1,059	1,042	1,065
1,050	1,089	0,910	0,911	1,011	2,273	1,217	1,184	1,803	1,057	1,038	1,060
1,048	1,085	0,909	0,908	1,013	2,349	1,215	1,239	1,695	1,055	1,042	1,039
1,039	1,081	0,921	0,900	1,016	2,523	1,205	1,489	1,674	1,053	1,043	1,034
1,038	1,078	0,925	0,899	1,015	3,018	1,200	1,575	1,551	1,048	1,055	1,019
1,041	1,076	0,947	0,891	1,019	3,227	1,192	2,033	1,527	1,053	1,059	1,011
1,044	1,073	0,949	0,879	1,018	3,412	1,190	2,150	1,495	1,050	1,062	1,004
1,045	1,072	0,957	0,878	1,023	3,641	1,183	2,380	0,400	1,052	1,066	1,001
1,046	1,071	0,950	0,875	1,022	3,252	1,180	3,093	1,370	1,049	1,068	0,998
1,050	1,068	0,948	0,885	1,027	3,300	1,178	3,407	1,319	1,043	1,067	0,999
1,053	1,065	0,920	0,890	1,032	2,713	1,168	4,170	1,272	1,040	1,066	1,004
1,056	1,056	0,914	0,906	1,031	2,673	1,166	4,681	1,243	0,037	1,070	1,015
1,058	1,054	0,887	0,912	1,019	2,210	1,154	4,328	1,227	1,025	1,069	1,016
1,061	1,051	0,880	0,906	1,018	2,154	1,153	4,501	1,186	1,023	1,074	1,028
1,057	1,037	0,879	0,902	1,003	2,076	1,150	3,493	1,173	1,015	1,073	1,032
1,053	1,035	0,862	0,879	1,000	1,770	1,145	3,432	1,136	1,012	1,078	1,042
1,052	1,030	0,861	0,872	0,998	1,714	1,150	2,628	1,124	1,011	1,082	1,044
1,050	1,029	0,860	0,871	0,991	1,575	1,138	2,552	1,101	1,012	1,077	1,054
1,048	1,026	0,878	0,841	0,990	1,475	1,142	2,113	1,081	1,020	1,072	1,060
1,047	1,033	0,893	0,840	0,984	1,395	1,111	2,041	1,058	1,021	1,067	1,061
1,048	1,038	0,924	0,820	0,985	1,316	1,094	1,946	1,055	1,028	1,064	1,064
1,046	1,037	0,932	0,813	0,988	1,268	1,087	1,686	1,044	1,031	1,038	1,065
1,048	1,031	0,968	0,799	0,989	1,243	1,063	1,604	1,046	1,038	1,034	1,063
1,047	1,028	0,971	0,792	0,997	1,185	1,059	1,491	1,045	1,040	1,012	1,062
1,048	1,020	0,972	0,784	0,999	1,169	1,042	1,389	1,042	1,046	1,002	1,061
1,050	1,015	0,997	0,781	1,004	1,147	1,029	1,327	1,044	1,045	0,984	1,053
1,049	1,007	1,014	0,776	1,010	1,120	1,038	1,246	1,039	1,046	0,979	1,052
1,048	1,004	1,020	0,774	1,016	1,102	1,106	1,224	1,041	1,042	0,988	1,043

ZONA LAMBDA GRAND VITARA											
1,050	0,994	1,017	0,773	1,017	1,097	1,168	1,207	1,038	1,031	0,989	1,042
1,051	0,992	1,016	0,789	1,022	1,092	1,253	1,175	1,039	1,029	0,998	1,041
1,052	0,991	1,017	0,790	1,026	1,090	1,490	1,171	1,038	1,026	0,999	1,040
1,051	0,983	1,016	0,830	1,029	1,083	1,628	1,164	1,037	0,016	1,007	1,041
1,048	0,982	1,020	0,833	1,030	1,080	1,892	1,153	0,038	1,019	1,015	1,042
1,047	0,977	1,018	0,872	1,028	1,077	2,213	1,152	1,046	1,015	1,019	1,043
1,039	0,973	1,017	0,890	1,029	1,069	2,685	1,161	1,099	1,030	1,013	1,044
1,031	0,969	0,994	0,918	1,031	1,071	3,140	1,186	1,132	1,026	1,015	1,045
1,035	0,968	0,991	0,924	1,033	1,076	3,778	1,234	1,184	1,033	1,017	1,046
1,049	0,978	0,951	0,952	1,034	1,106	3,879	1,267	1,341	1,037	1,019	1,048
1,056	0,980	0,945	0,956	1,033	1,112	4,240	1,431	1,421	1,038	1,022	1,050
1,061	0,982	0,911	0,977	1,034	1,126	4,122	1,491	1,625	1,039	1,025	1,051
1,070	0,992	0,908	0,979	1,029	1,134	4,212	1,584	1,828	1,044	1,030	
1,069	0,994	0,907	0,983	1,030	1,141	3,548	1,610	2,210	1,043	1,032	
1,067	0,998	0,917	0,986	1,014	1,142	3,448	1,618	2,487	1,051	1,031	

Tabla 32. Tabla de resultados λ Grand Vitara

8.4.4.12. GRAFICA DE RESULTADOS λ

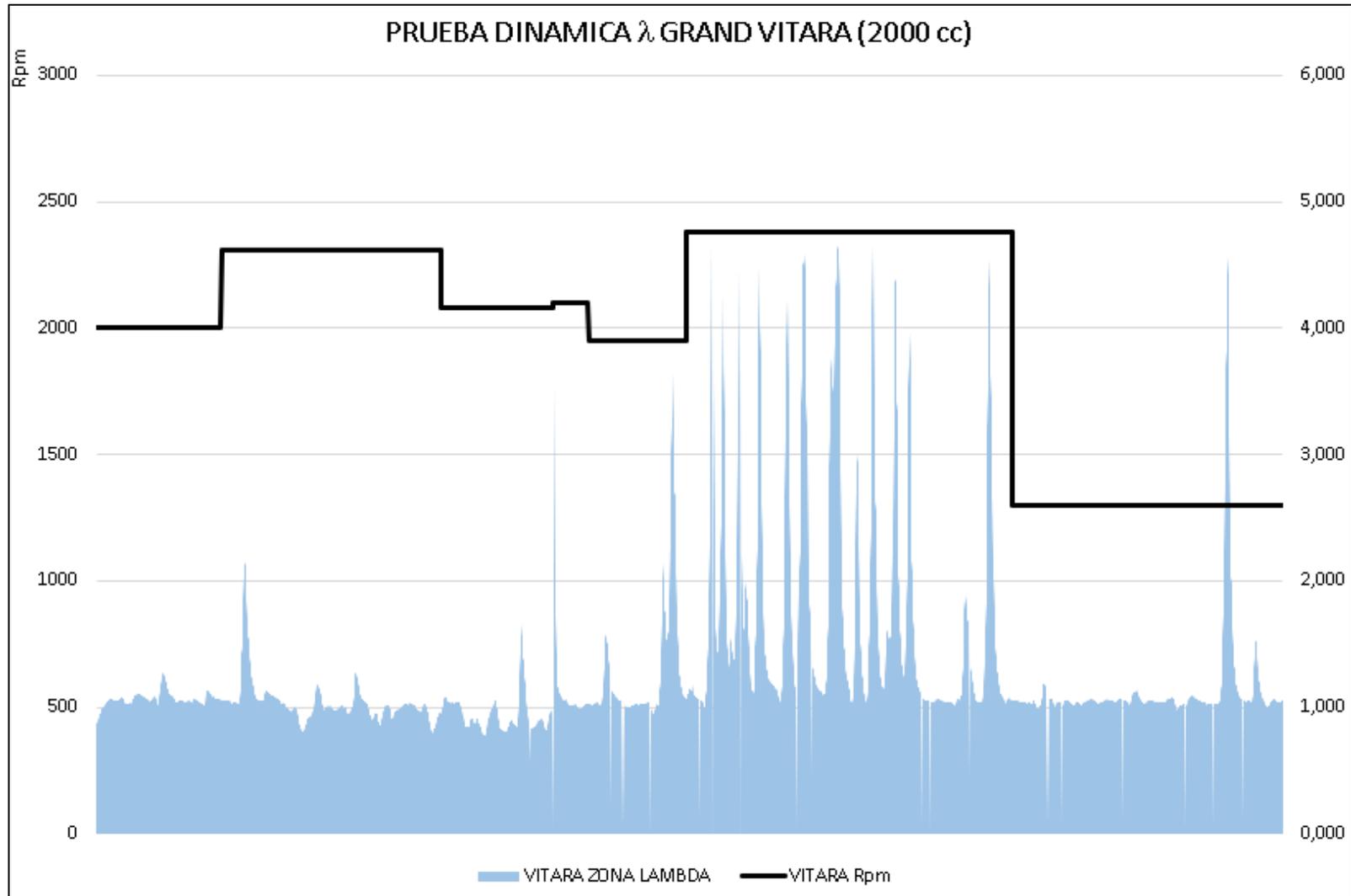


Ilustración 72. Resultados λ Grand Vitara

8.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presenta un análisis de los datos y valores que fueron obtenidos gracias a las pruebas que se realizaron. Para realizar el análisis de las gráficas de resultados, es muy importante tener en cuenta que las gráficas representan la cantidad de emisiones que produce un carro cuando se somete a ciertas condiciones, estas condiciones se ven representadas en las revoluciones del motor que fueron sacadas por promedio de las revoluciones que se presentaron en ciertos intervalos de tiempo.

8.5.1. ANÁLISIS KIA PICANTO

Después de realizar las pruebas se observaron los siguientes comportamientos en las emisiones presentes en los gases de escape en el Kia Picanto:

- Se puede observar que los valores del monóxido de carbono CO, se mantuvieron en un rango aceptable pues la mayoría de los valores estuvieron entre 0 y 1%, es decir que en general este índice de emisiones está dentro de un rango aceptable, sin embargo, también se observa que en ciertos puntos hay un incremento del valor de esta emisión.
- Al observar la gráfica de comportamiento del CO₂ se puede observar que en general el comportamiento de este se mantuvo en su mayoría por encima del 12%, esto quiere decir que, en la mayor parte del recorrido realizado por este vehículo, se presentó un buen funcionamiento del motor, sin embargo, también se puede observar que en algunas partes estos valores de CO₂ disminuyen notablemente, por lo que vemos que en los mismos puntos de las otras emisiones los valores aumentan.
- En cuanto a la cantidad de hidrocarburos HC se puede observar que la gran mayoría de los valores que se ven en esta grafica son menores a 200 ppm, por lo cual se puede decir que estos valores se encuentran en un rango de valores aceptables, pero en otros puntos esos valores aumentan.
- Por último, la gráfica de la zona lambda nos deja ver que en la mayor parte del recorrido la mezcla estuvo en los valores cercanos a 1 y se puede observar que a pesar de que hay una variación de estos valores la mayoría no aumentan ni disminuyen en gran manera, sin embargo, en pocos puntos de la prueba este valor si tiene un aumento considerable.

Además, si se revisan las ecuaciones realizadas para cada uno de los vehículos, en el caso del Kia Picanto, se puede observar por ejemplo que en cuanto al valor real de la mezcla aire combustible y la teórica o estequiométrica no existe una gran diferencia y esto se ve reflejado en que existe un exceso de aire, pero no es un valor tan elevado. También se puede apreciar un valor aproximado de la cantidad de emisiones de NO_x presente en los gases de escape, sin embargo, hay que tener en cuenta que este valor es un valor teórico, pero da una idea de cómo podría ser el valor de esta emisión en este vehículo.

Finalmente, en la ilustración 72 se realiza una comparación porcentual del comportamiento de las emisiones del Kia Picanto, en esta se puede ver que las zonas que tienen color son los valores que

representan valores aceptables de esa emisión, teniendo en cuenta esto se puede observar que en el caso de este vehículo los valores de las emisiones de CO y de HC aceptables tienen un porcentaje alto en comparación a los valores que tuvieron un incremento y se pasaron del rango máximo del 2% y de las 100 ppm del monóxido y de los hidrocarburos respectivamente.

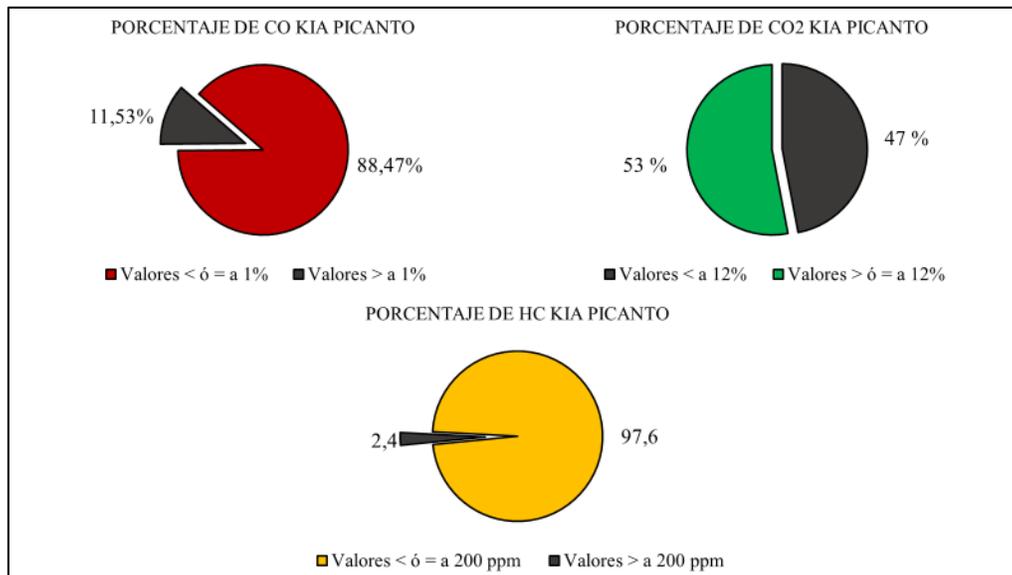


Ilustración 73. Comparacion de porcentajes de emisiones Kia Picanto

8.5.2. ANÁLISIS RENAULT LOGAN

Después de realizar las pruebas se observaron los siguientes comportamientos en las emisiones presentes en los gases de escape en el Renault Logan:

- Se puede observar que los valores del monóxido de carbono CO, en este caso los valores variaron mucho, sin embargo la mayor parte de estos valores se mantuvo en un rango máximo del 1%, es decir que en general este índice de emisiones está en un rango aceptable, sin embargo, también se observa que en ciertos puntos esta emisión se mantuvo no se mantuvo en un rango aceptable, pero a comparación del resto de la prueba este valor no se elevó demasiado.
- Al observar la gráfica de comportamiento del CO₂ se puede observar que en general el comportamiento de este está un poco por debajo del 12%, esto quiere decir que, en la mayor parte del recorrido realizado por este vehículo, se presentó un buen funcionamiento del motor, sin embargo, también se puede observar que en algunas partes estos valores de CO₂ disminuyen notablemente, por lo que vemos que en los mismos puntos de las otras emisiones los valores aumentan, a pesar de esto la diferencia entre los valores bajos y los valores altos no tuvieron mucha variación.
- En cuanto a la cantidad de hidrocarburos HC se puede observar que la gran mayoría de los valores que se ven en esta grafica son menores a 200 ppm, por lo cual se puede decir

que estos valores se encuentran en un rango de valores aceptables, pero en otros puntos esos valores aumentan.

- Por último, la gráfica de la zona lambda nos deja ver que en la mayor parte del recorrido la mezcla estuvo en los valores cercanos a 1 y se puede observar que a pesar de que hay una variación de estos valores la mayoría no aumentan ni disminuyen en gran manera, sin embargo, en pocos puntos de la prueba este valor si tiene un aumento considerable.

Además, en el caso del Renault Logan, se puede observar por ejemplo que en cuanto al valor real de la mezcla aire combustible y la teórica o estequiométrica existe una diferencia más grande que la que existe en el Kia Picanto y esto se ve reflejado en que existe un exceso de aire, pero aun así no es un valor tan elevado. También se puede apreciar un valor aproximado de la cantidad de emisiones de NO_x presente en los gases de escape, sin embargo, hay que tener en cuenta que este valor es un valor teórico, pero da una idea de cómo podría ser el valor de esta emisión en este vehículo.

Finalmente, en la ilustración 73 se realiza una comparación porcentual del comportamiento de las emisiones del Chevrolet Grand Vitara, en esta se puede ver que las zonas que tienen color son los valores que representan valores aceptables de esa emisión, teniendo en cuenta esto se puede observar que en el caso de este vehículo los valores de las emisiones de HC aceptables tienen un porcentaje bajo en comparación a los valores que tuvieron un incremento y se pasaron del rango máximo del 1% y las emisiones de HC por el contrario tuvieron un mayor porcentaje los valores aceptables y el resto de valores superaron el valor de las 200 ppm.

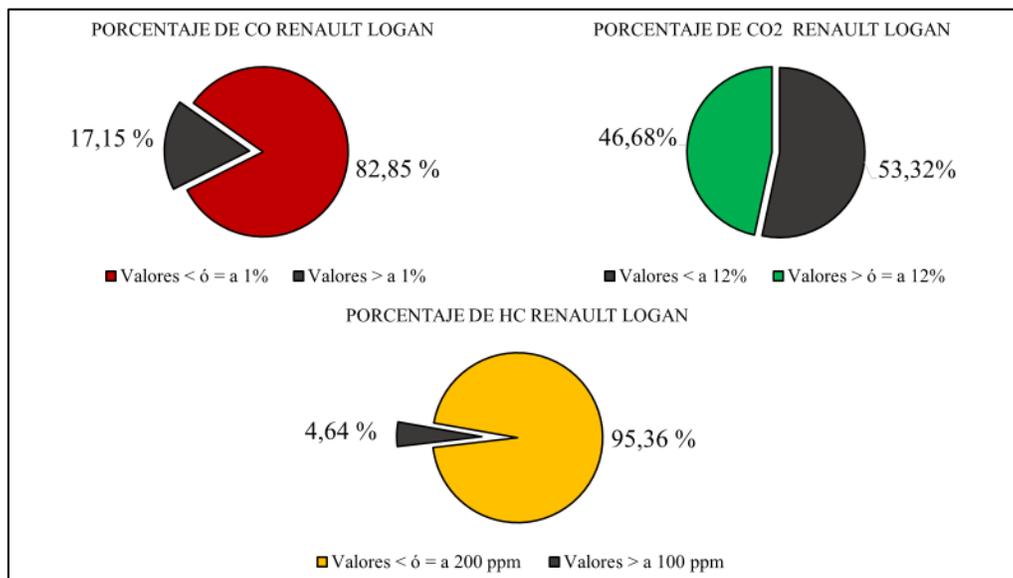


Ilustración 74. Comparación de porcentajes de emisiones Renault Logan

8.5.3. ANÁLISIS CHEVROLET GRAND VITARA

Después de realizar las pruebas se observaron los siguientes comportamientos en las emisiones presentes en los gases de escape en el Kia Picanto:

- Se puede observar que los valores del monóxido de carbono CO, a diferencia de los otros dos vehículos mantuvo un rango de valores superiores al 1%, lo cual nos indica que hay problemas en este vehículo debido a que son más los valores que están por encima de ese porcentaje que los que están dentro del rango máximo permitido.
- Al observar la gráfica de comportamiento del CO₂ se puede observar que en general el comportamiento de este se mantuvo en su mayoría por debajo del 12%, esto quiere decir que, en la mayor parte del recorrido realizado por este vehículo, se presentó un mal funcionamiento del motor, esto se ve también evidenciado en el aumento del valor de las demás emisiones.
- En cuanto a la cantidad de hidrocarburos HC se puede observar que en este vehículo existe un gran problema, pues son muy pocos los valores que están por debajo de las 100 ppm, es decir que está saliendo por los gases de escape una cantidad elevada de Hidrocarburos por lo que el vehículo no economiza y contamina demasiado.
- Por último, la gráfica de la zona lambda nos deja ver que a pesar de que durante todo el recorrido de la prueba se presentaron valores elevados de emisiones de monóxido y de hidrocarburos, esto no se debió a la mezcla pues como se observa en la gráfica esos valores estuvieron en gran parte cercanos a 1, es decir que la mezcla aire-combustible no presentaba problemas.

Además, en el caso del Chevrolet Grand Vitara, se puede observar por ejemplo que en cuanto al valor real de la mezcla aire combustible y la teórica o estequiométrica existe una diferencia mayor en comparación de los otros dos vehículos y esto se ve reflejado en que existe un exceso de aire, pero no es un valor tan elevado. También se puede apreciar un valor aproximado de la cantidad de emisiones de NO_x presente en los gases de escape, sin embargo, hay que tener en cuenta que este valor es un valor que fue teórico, pero da una idea de como podría ser el valor de esta emisión en este vehículo.

Finalmente, en la ilustración 74 se realiza una comparación porcentual del comportamiento de las emisiones del Kia Picanto, en esta se puede ver que las zonas que tienen color son los valores que representan valores aceptables de esa emisión, teniendo en cuenta esto se puede observar que en el caso de este vehículo los valores de las emisiones de CO y de HC aceptables tienen un porcentaje extremadamente bajo en comparación a los valores que tuvieron un incremento y se pasaron del rango máximo del 1% y de las 200 ppm del monóxido y de los hidrocarburos respectivamente.

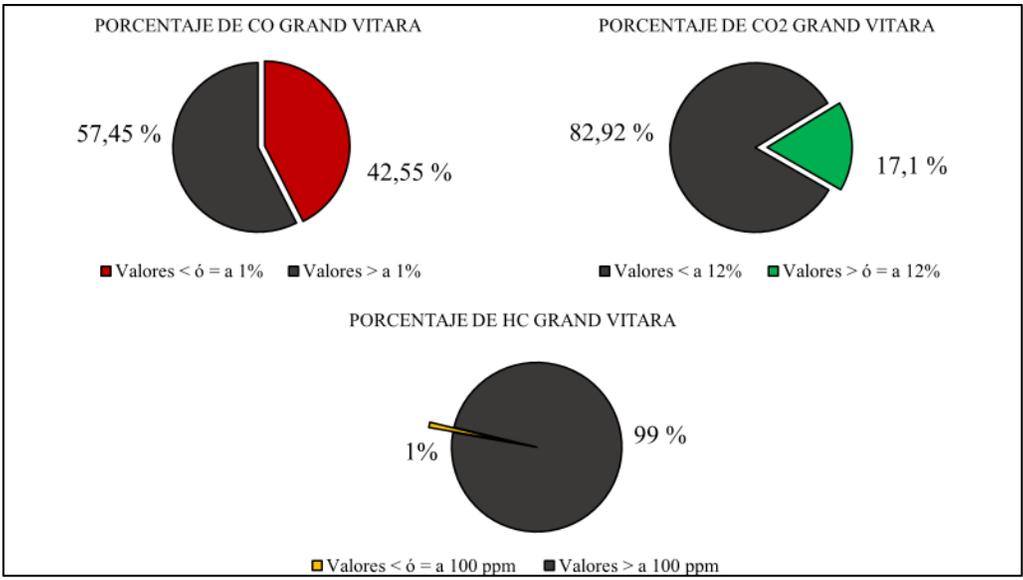


Ilustración 75. Comparación de porcentajes de emisiones Chevrolet Grand Vitara

9. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

A continuación, se menciona las diferentes fuentes de investigación que se usaron en el transcurso del proyecto para la elaboración del mismo:

9.1. FUENTES PRIMARIAS

Como fuentes primarias para el desarrollo del proyecto en cuanto a la recolección de datos y su posterior análisis se usaron fuentes primarias como lo fueron:

- A. Las lecturas individuales de cada vehículo que se obtuvieron gracias al analizador de gases BRAIN-BEE AGS 688.
- B. Un software para computador que fue conectado al analizador de gases, mediante este software se pudo realizar un control del comportamiento de las emisiones gracias a la opción de graficas.
- C. Tablas individuales de cada emisión, así como cada vehículo, estas tablas se realizaron con los datos obtenidos por el software.
- D. Y finalmente gracias a las tablas que ya se habían obtenido se procede a realizar graficas de estas, lo cual permite una mejor comprensión del comportamiento de las emisiones.

9.2. FUENTES SECUNDARIAS

Para la recolección de información que forma parte del proyecto se usaron fuentes secundarias en las cuales se consultó información pertinente y relacionada con los temas, esta información fue extraída principalmente de páginas web en las que se encontró información que fue útil para poder complementar el proyecto con lo realizado en las pruebas.

10. RECURSOS

Para poder llevar a cabo el proyecto fue muy importante contar con los recursos que se mencionan a continuación, estos recursos comprenden los recursos de índole financiero, humano y administrativos.

10.1. RECURSOS FINANCIEROS

Para la realización de este proyecto se contó con los recursos financieros que están relacionados en la tabla 33. con el fin de poderlo llevar a cabo:

RECURSOS FINANCIEROS	
Elemento	Precio
Préstamo analizador de gases	\$500.000
Préstamo de dos vehículos	\$20.000
Cable USB tipo A/B para impresora	\$10.000
Gasolina	\$30.000
Cinta gris industrial	\$8.000
Amarres plásticos 8 unidades	\$1200

Tabla 33. Recursos financieros

10.2. RECURSOS MATERIALES

Para poder llevar a cabo las pruebas necesarias para la elaboración del proyecto fue necesario contar con los recursos materiales que se puede observar en la Tabla 35. En la que se pueden ver los recursos usados:

RECURSOS MATERIALES
Tres vehículos (Kia Picanto, Renault Logan y Grand Vitara)
Analizador de gases BRAIN-BEE AGS 688
Cable de poder para el analizador de gases
Cable USB de impresora
Sonda extractora de gases
Sensores para analizador de gases

Computador
Batería de los vehículos
Software para el analizador de gases
Gasolina para los vehículos
Amarres plásticos
Juego de llaves y de copas
Cinta industrial gris
Convertor de voltaje DC a AC
Cables de conexión del convertor
Cables para extensión desde la batería al convertor
Cinta aislante negra

Tabla 34. Recursos materiales

10.3. RECURSOS HUMANOS

Para la elaboración del proyecto se hace necesario contar con recursos humanos que se encargaran de llevar a cabo el proyecto, en la Tabla 35. Se presenta a las personas que hicieron parte del proyecto y su labor en el mismo.

RECURSOS HUMANOS	
NOMBRE	LABOR
Richard Steven Bustacara Rodríguez	Estudiante Tecnología en Mecánica automotriz (Elaboración del proyecto)
Ing. Vladimir Silva Leal	Tutor
Ing. David Barón	Tutor
Ing. Nohemy Bustacara	Colaboración en aspectos de presentación del proyecto
Fabian Olarte	Estudiante Tecnología en Mecánica automotriz (Colaboración para la realización de las pruebas)

Tabla 35. Recursos Humanos

10.4. RECURSOS ADMINISTRATIVOS

Para poder llevar a cabo este proyecto fue muy importante la colaboración de la universidad ECCI, debido a que prestaron la herramienta necesaria para realizar las pruebas y permitieron el fácil acceso a la comunicación con los profesores para poder resolver dudas y recibir asesorías y también fue importante la colaboración de la empresa AUTOTOOLS quienes prestaron el equipo analizador de gases que era tan importante para realizar las pruebas.

11. CRONOGRAMA

En la tabla 36. Se puede observar el cronograma de actividades elaborado a partir de los objetivos del proyecto, cada objetivo cuenta con actividades realizadas con el fin de cumplir con los objetivos, además cuenta con la fecha de inicio y de final, así como la duración en días de esa actividad. Además, en la Ilustración 76. Se puede observar el cronograma de manera gráfica, además se presenta con cada una de las actividades del cronograma, así como las fechas y los encargados de realizar esa actividad.

ANÁLISIS DE EMISIONES EN VEHÍCULOS SOMETIDOS A IGUALES CONDICIONES						
ACTIVIDADES		INICIO	DURACIÓN	FINAL	ENCARGADO	
OBJETIVO GENERAL	DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS EMISIONES EN UN VEHÍCULO DE COMUSTION INTERNA CON ENCENDIDO PROVOCADO POR CHISPA TENIENDO EN CUENTA QUE A LOS VEHÍCULOS A LOS QUE SE LES VAN A REALIZAR LAS PRUEBAS SON SOMETIDOS A LAS MISMAS CONDICIONES BAJO UN TRAYECTO CONOCIDO.					
	ACTIVIDAD 1	MEDIANTE LA INFORMACIÓN RECOPIADA EN EL TRABAJO ESCRITO DETERMINAR CUÁLES SON LOS FACTORES DETERMINANTES PARA QUE UN VEHÍCULO TENGA EMISIONES DE GASES.	1-ago-17	365	31-jul-18	RICHARD BUSTACARA
	ACTIVIDAD 2	REALIZAR UNA LISTA CON LOS FACTORES DETERMINANTES CON EL FIN DE TENERLA EN CUENTA AL REALIZAR LAS PRUEBAS.	1-mar-18	94	2-jun-18	RICHARD BUSTACARA
	ACTIVIDAD 3	MEDIANTE ESTA LISTA DETERMINAR A QUÉ FACTORES SE VAN A SOMETER LOS VEHÍCULOS ESTABLECIDOS PARA LA PRUEBA CON EL FIN DE RECOLECTAR DATOS.	2-jun-18	4	5-jun-18	RICHARD BUSTACARA
	ACTIVIDAD 4	REALIZAR PRUEBAS USANDO LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS EN CADA VEHÍCULO Y TENIENDO EN CUENTA LA INFORMACION Y LAS TABLAS QUE SE FUERON RECOLECTANDO EN LA ELABORACION DEL PROYECTO ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS EMISIONES HACIENDO USO DE LAS GRAFICAS Y EL TRABAJO ESCRITO.	6-jun-18	56	31-jul-18	RICHARD BUSTACARA
OBJETIVO ESPECÍFICO 1	ANALIZAR LA INFORMACIÓN OBTENIDA GRACIAS A LA INVESTIGACIÓN REALIZADA CON LA TOMA DE LAS PRUEBAS PERTINENTES EN LOS VEHÍCULOS QUE VAN A SER TOMADOS COMO MUESTRA PARA EL PROYECTO Y PODER HACER UN ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.					
	ACTIVIDAD 5	REALIZAR CONSULTAS EN LIBROS Y PÁGINAS DE INTERNET PARA EXTRAER LA INFORMACIÓN NECESARIA PARA ELABORAR EL PROYECTO.	1-ago-17	304	31-may-18	RICHARD BUSTACARA
	ACTIVIDAD 6	REALIZAR EXTRACCIONES DE MATERIAL COMO LIBROS O CONSULTAS DE LA BIBLIOTECA PÚBLICA O DE LA UNIVERSIDAD.	1-ago-17	61	30-sep-17	RICHARD BUSTACARA
	ACTIVIDAD 7	SOLICITAR AL MAESTRO INFORMACIÓN PERTINENTE PARA LOGRAR COMPLEMENTAR LOS CONTENIDOS DEL PROYECTO.	1-ene-18	188	7-jul-18	RICHARD BUSTACARA - DAVID BARÓN
	ACTIVIDAD 8	ELABORAR EL TRABAJO ESCRITO CON TODOS LOS CONTENIDOS, INVESTIGACIONES Y OTROS MEDIOS QUE PERMITAN COMPLETAR EL TRABAJO ESCRITO.	1-ago-17	365	31-jul-18	RICHARD BUSTACARA
	ACTIVIDAD 9	REVISIÓN Y CORRECCIÓN DEL TRABAJO ESCRITO CON EL FIN DE REALIZAR CORRECCIONES O COMPLEMENTAR LA INFORMACIÓN DEL MISMO.	1-feb-18	181	31-jul-18	VLADIMIR SILVA - DAVID BARÓN - RICHARD BUSTACARA
	ACTIVIDAD 10	REALIZAR LAS DEBIDAS CORRECCIONES DEL TRABAJO.	1-jun-18	61	31-jul-18	RICHARD BUSTACARA
	ACTIVIDAD 11	REALIZAR LAS PRUEBAS EN LO VEHÍCULOS.	6-jun-18	1	6-jun-18	RICHARD BUSTACARA - FABIAN OLARTE

ANÁLISIS DE EMISIONES EN VEHÍCULOS SOMETIDOS A IGUALES CONDICIONES						
OBJETIVO ESPECÍFICO 2	RELACIONAR LOS DATOS RECOLECTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS CON LA INFORMACIÓN OBTENIDA Y DETERMINAR CÓMO INFLUYEN LOS FACTORES A LOS QUE SE SOMETEN LOS VEHÍCULOS Y COMO VARÍAN SEGÚN SU CILINDRAJE					
	ACTIVIDAD 12	COMPLETAR LAS TABLAS REALIZADAS CON LOS DATOS QUE SE VAYAN OBTENIENDO A MEDIDA QUE SE VAN REALIZANDO LAS PRUEBAS	7-jun-18	55	31-jul-18	RICHARD BUSTACARA
	ACTIVIDAD 13	TENIENDO EN CUENTA LA INFORMACIÓN OBTENIDA GRACIAS A LAS INVESTIGACIONES Y LOS DATOS RECOLECTADOS MEDIANTE LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS COMPARAR LOS DATOS PARA PODER DETERMINAR LOS FACTORES QUE INFLUYEN PARA QUE LOS RESULTADOS SEAN LOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS.	1-jul-18	10	10-jul-18	RICHARD BUSTACARA
	ACTIVIDAD 14	DETERMINAR SEGÚN LOS DATOS OBTENIDOS COMO AFECTAN LAS CONDICIONES ALAS QUE SE SOMETIERON LOS VEHICULOS CON EL ÍNDICE DE SUS EMISIONES Y SU COMPORTAMIENTO.	10-jul-18	22	31-jul-18	RICHARD BUSTACARA
OBJETIVO ESPECÍFICO 3	UTILIZAR LAS HERRAMIENTAS DEL LABORATORIO DE INYECCIÓN Y SINCRONIZACIÓN DE LA UNIVERSIDAD ECCI PARA PODER LLEVAR A CABO LAS MEDICIONES NECESARIAS DE LA CANTIDAD DE EMISIONES PRODUCIDAS POR LOS VEHÍCULOS ELEGIDOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.					
	ACTIVIDAD 15	GENERAR LOS ESPACIOS NECESARIOS PARA PODER REALIZAR LAS PRUEBAS PERTINENTES PARA REALIZAR EL PROYECTO	6-jun-18	1	6-jun-18	UNIVERSIDAD ECCI -RICHARD BUSTCARA - FABIAN OLARTE
	ACTIVIDAD 16	SOLICITAR EL PRÉSTAMO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS NECESARIOS PARA PODER REALIZAR LAS CONEXIONES Y ADAPTACIONES PARA REALIZAR LAS PRUEBAS	6-jun-18	1	6-jun-18	RICHARD BUSTACARA - FABIAN OLARTE - DAVID BARON
	ACTIVIDAD 17	PRESTAR LAS HERRAMIENTAS Y EQUIPOS PARA LLEVAR A CABO LAS PRUEBAS	6-jun-18	1	6-jun-18	UNIVERSIDAD ECCI
	ACTIVIDAD 18	REALIZAR EL ANÁLISIS DE GASES A LOS VEHÍCULOS ESTABLECIDOS COMO MUESTRA PARA RECOLECTAR LOS DATOS NECESARIOS	6-jun-18	1	6-jun-18	RICHARD BUSTACARA - FABIAN OLARTE

Tabla 36. Cronograma

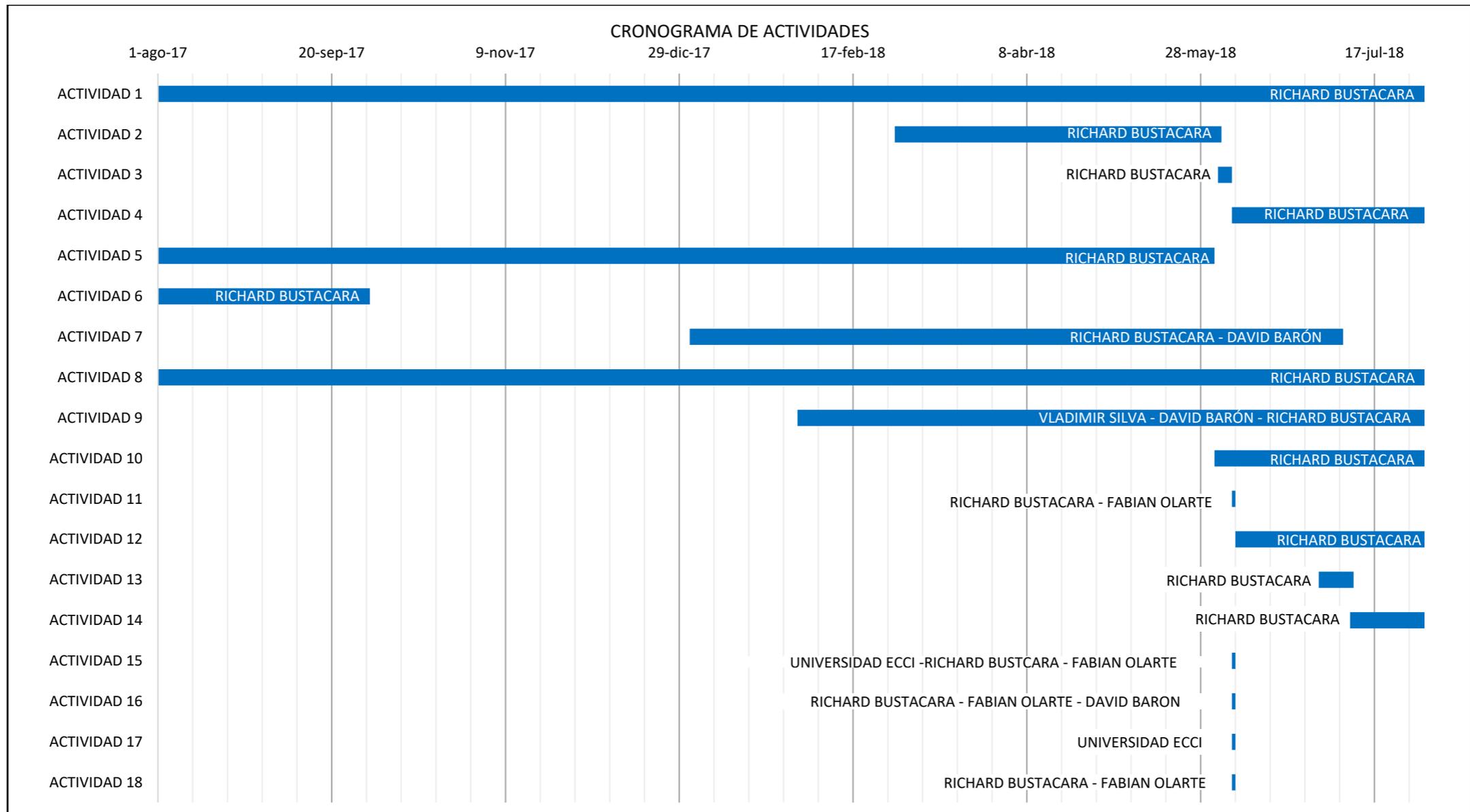


Ilustración 76. Cronograma

12. ANEXOS

 BrainBee® ANÁLISIS GASES ESCAPE <small>AUTOMOTIVE</small>		
ANALIZADOR	AGS-688	CUENTARREVOLUCIONES
Número de serie :	130704000292	Número de serie :
PROYECTO TECNOLOGIA		
Datos del vehículo:		
Marca : KIA	Modelo : PICANTO ION	
Matricula : JCZ770	No. Chasis : KNABE511AHT300526	
Carburante : GASOLINA	Km recorridos : 74686	
Valores relevados:		
Temp. Motor [°C] :	0	
RPM [1/min] :	0	
COcorr [%Vol] :	0.35	
Lambda [-] :	1.023	
CO [%Vol] :	0.32	
CO ₂ [%Vol] :	13.5	
HC [ppmVol] :	19	
O ₂ [%Vol] :	0.66	
NO [ppmVol] :	0	
Fecha y hora prueba :	06/06/2018 12:32	
Sello		
Firma		

ANEXO 1. Pdf prueba dinámica KIA PICANTO

 BrainBee® ANÁLISIS GASES ESCAPE <small>AUTOMOTIVE</small>		
ANALIZADOR	AGS-688	CUENTARREVOLUCIONES
Número de serie :	130704000292	Número de serie :
PROYECTO TECNOLOGIA		
Datos del vehículo:		
Marca : RENAULT	Modelo : LOGAN	
Matricula : CZQ930	No. Chasis : 9FBL5RAHB8MO17651	
Carburante : GASOLINA	Km recorridos : 131328	
Valores relevados:		
Temp. Motor [°C] :	0	
RPM [1/min] :	0	
COcorr [%Vol] :	0.01	
Lambda [-] :	1.026	
CO [%Vol] :	0.01	
CO ₂ [%Vol] :	13.5	
HC [ppmVol] :	28	
O ₂ [%Vol] :	0.53	
NO [ppmVol] :	0	
Fecha y hora prueba :	06/06/2018 13:44	
Sello		
Firma		

ANEXO 2. Pdf prueba dinámica RENAULT LOGAN

 BrainBee® ANÁLISIS GASES ESCAPE <small>AUTOMOTIVE</small>		
ANALIZADOR	AGS-688	CUENTARREVOLUCIONES
Número de serie :	130704000292	Número de serie :
PROYECTO TECNOLOGIA		
Datos del vehículo:		
Marca : SUSUKI	Modelo : GRAN VITARA	
Matricula : GOB825	No. Chasis : 8LDFTL52V10002169	
Carburante : GASOLINA	Km recorridos : 258316	
Valores relevados:		
Temp. Motor [°C] :	0	
RPM [1/min] :	0	
COcorr [%Vol] :	0.71	
Lambda [-] :	1.055	
CO [%Vol] :	0.62	
CO ₂ [%Vol] :	12.4	
HC [ppmVol] :	433	
O ₂ [%Vol] :	1.79	
NO [ppmVol] :	0	
Fecha y hora prueba :	06/06/2018 15:03	
Sello		
Firma		

ANEXO 3. Pdf prueba dinámica GRAND VITARA

13. CONCLUSIONES

- Después de haber realizado las pruebas y posteriormente realizar una recolección de datos, se procedió a realizar una comparación de los datos obtenidos, la cantidad de emisiones producidas por los vehículos dan a conocer el estado de estos. Teniendo en cuenta lo anterior se pudo observar que en cada uno de los vehículos existe un comportamiento diferente.

En el caso del Kia Picanto los valores de las emisiones demuestran que este vehículo estaba en buen estado, en caso del Renault Logan a pesar de que sus valores de emisiones no estuvieron tan mal aun así se presenta una disminución en la eficiencia del motor y finalmente la Grand Vitara fue la que en peor estado se encontraba, se debe recordar que los valores de CO₂ deben de estar por encima del 12%.

Si se observa la gráfica de la ruta establecida para la prueba se puede observar que existe una altura 3001m sobre el nivel del mar y se analiza la siguiente tabla se puede ver que las emisiones máximas permitidas según la norma colombiana de CO y de HC son del 1% para el CO y de 200 ppm para los HC, teniendo en cuenta que el modelo de estos vehículos es mayor al año 2000. Ahora bien, los vehículos a los que se le realizaron las pruebas tuvieron una variación, si se observan las ilustraciones de porcentaje de emisiones se logra observar que en el caso del Kia Picanto sus índices de emisiones cumplen con la norma al igual que el Renault Logan, sin embargo, las emisiones contaminantes de la Grand Vitara están muy elevadas por lo que esta no cumple con la norma.

- Ahora bien, los valores de la Grand Vitara analizados con el equipo Brain Bee aumentaron mucho sus valores con respecto a los valores del Kia Picanto y del Renault Logan. En cuanto a las emisiones de CO el Kia se presentó un 88,47%, el Logan un 82,85% y la Vitara un 42,55% dentro del rango máximo permitido por la norma del 1% y el resto corresponde a los valores que exceden ese límite. En cuanto a las emisiones de HC el Kia se presentó un 97,6%, el Logan un 95,36% y la Vitara un 1% dentro del rango máximo permitido por la norma del 1% y el resto corresponde a los valores que exceden ese límite. En cuanto a los valores de CO₂ que nos representan un valor de rendimiento del motor, el Kia se presentó un 53,32%, el Logan un 53% y la Vitara un 1% dentro del rango máximo permitido por la norma del 17,1 y el resto corresponde a los valores que exceden ese límite.

Ahora bien, lo anterior permite observar algo muy interesante, si se analizan los valores de emisiones en cada uno de los vehículos se puede observar que a medida que aumenta el cilindraje del vehículo disminuye el valor porcentual de las emisiones que cumplen con la norma, es por esto se puede ver como el Kia Picanto que solo tiene 1000 cc, es el vehículo con un mayor valor porcentual, el Renault Logan que tiene 1600 cc, disminuye un poco los valores porcentuales de cada una de sus emisiones, pero no es una gran diferencia respecto al KIA y finalmente se puede observar que la Chevrolet Grand Vitara con 2000 cc fue el vehículo en el cual se presentó una cantidad muy grande de los valores que no cumplen con la norma.

Sin embargo se debe recordar que hay aspectos que pueden hacer que un vehículo contamine y aumente sus emisiones notoriamente, por ejemplo si no se realizan los cambios de marcha correctamente se aumentan las emisiones contaminantes, si se esfuerza más al motor hay un incremento de la cantidad de combustible inyectada por lo que se pudo elevar la cantidad de hidrocarburos en los vehículos, también pudo presentarse otros problemas analizados en el trabajo como el mal avance de chispa o una mala relación aire-combustible o una mala compresión del motor.

Teniendo en cuenta que el motor de estos vehículo se forzó en varias ocasiones como por ejemplo para realizar un adelantamiento y acelerar en una pendiente se puede explicar por qué en el Kia Picanto y en el Renault Logan en ciertos puntos de la prueba redujeron su rendimiento y aumentaron en el número de sus emisiones, además hay que tener en cuenta que no es lo mismo medir emisiones a la altura de Bogotá que medirlas a la altura de la ruta establecida que en este caso fue la Calera con una altura promedio de 3001 m sobre el nivel del mar.

Sin embargo al revisar el índice de emisiones de la Grand Vitara se puede observar que estos valores ya están muy elevados respecto a la norma en cuanto a CO y HC, pues tienen una disminución enorme en cuanto al valor porcentual de los valores aceptados por la norma, estos valores tan elevados se pueden deber a la falta de mantenimiento o de recambio del catalizador o daños en sensor de oxígeno por lo que se ven tan disparadas las emisiones de CO y HC y una exagerada en el rendimiento del motor.

- Se puede concluir que las herramientas utilizadas para la realización de las pruebas fueron las adecuadas, dentro de las herramientas principales usadas para realizar las pruebas estuvieron el analizador de gases, el conversor de voltaje y el computador, pues permitieron realizar las conexiones pertinentes, además permitieron realizar una recolección de datos cómoda teniendo en cuenta que no hubo necesidad de grabar con alguna cámara al analizador para observar los valores y el comportamiento de la gráfica si no que gracias al computador se pudo grabar la pantalla y tener mejor acceso a esa información, finalmente se determinó que hubiera sido importante haber podido contar con el sensor de NOX para haber tenido el valor de esta emisión que también es importante analizar.

Los pasos principales para la obtención de resultados en las pruebas fueron los siguientes:

- a) Instalación del software
- b) Conexión del inversor a la batería
- c) Conexión de los elementos del analizador
- d) Conexión del analizador al escape
- e) Conexión del analizador al inversor
- f) Conexión del analizador al computador
- g) Inicio del recorrido
- h) Grabación de pantalla con Power Point

En la anterior ilustración se puede observar el esquema de conexión para la realización de las pruebas, en este se puede observar que el inversor se conecta a la batería con sus respectivos cables positivo y negativo, después se puede conectar el analizador de gases al inversor que ya está recibiendo corriente directamente de la batería, por esto es tan importante que el vehículo este en encendido para no descargar la batería y finalmente se pueden realizar las demás conexiones para llevar a cabo la prueba.

14. REFERENCIAS

- Anonimo. (s.f.). *INTERPRETACIÓNANÁLISISGASES1.pdf*. Obtenido de <http://descarbonizadoras.com/wp-content/uploads/2015/06/INTERPRETACI%C3%93NAN%C3%81LISISGASES1.pdf>
- ANONIMO. (s.f.). *Pregúntele a un astrónomo de Spitzer - Radiación Infrarroja*. Obtenido de <http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/ask/radiation.html>
- Autocosmos. (2018). *KIA Picanto 1.0L 2016*. Obtenido de <https://www.autocosmos.com.co/catalogo/2016/kia/picanto/10l/161021>
- automotriz, m. (2018). *mecanicoautomotriz.org*. Obtenido de MANUAL: CONTROL DE EMISIONES EN MOTORES DE GASOLINA - FUNCIONAMIENTO: <https://www.mecanicoautomotriz.org/1185-manual-control-emisiones-motores-gasolina-funcionamiento>
- automotriz, m. (2018). *mecanicoautomotriz.org*. Obtenido de MANUAL DE SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES: <https://www.mecanicoautomotriz.org/44-manual-sistema-control-emisiones>
- automotriz, m. (2018). *mecanicoautomotriz.org*. Obtenido de MANUAL DE EMISIONES DE GASES DE ESCAPE DE VEHÍCULOS: <https://www.mecanicoautomotriz.org/397-manual-volkswagen-emisiones-gases-escape-vehiculos>
- Belen Storani. (s.f.). *Combustión, monóxido de carbono*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos96/combustion-monoxido-carbono/combustion-monoxido-carbono.shtml>
- Coches.net. (2018). *SUZUKI Grand Vitara 2.0*. Obtenido de https://www.coches.net/fichas_tecnicas/suzuki/grand_vitara/4x4/ficha-tecnica-suzuki-grand-vitara-2.0-128cv-3p-gasolina-34279220010302-fft.aspx
- COSMOS, A. (2018). *Renault Logan Dynamique 1.6L 2014*. Obtenido de Ficha técnica del Renault Logan Dynamique 1.6L 2014: <http://www.ve.autocosmos.com/catalogo/2014/renault/logan/dynamique-16l/155334>
- Definición ABC. (2018). *Definición de Comburente*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/ciencia/comburente.php>
- Definición y Que Es. (2014). *ELECTRODO*. Obtenido de <http://definicionyque.es/electrodo/>
- Diaz, P. (17 de Agosto de 2017). *NTC 4983 2012 Gases Gas Gasolina*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/134771410/NTC-4983-2012-Gases-Gas-Gasolina>
- FullMecanica. (2014). *Mezclas ricas y pobres*. Obtenido de <http://www.fullmecanica.com/definiciones/m/917-mezclas-ricas-y-pobres>
- GOOGLE. (2018). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/@4.6635813,-74.0484063,3a,75y,59.84h,76.35t/data=!3m6!1e1!3m4!1sMJEM4ho7mEKyn0ijEsyL7w!2e0!7i13312!8i6656>
- HERBI, S. i. (17 de AGOSTO de 2017). *Imágenes de GOOGLE*. Obtenido de [http://www.impresoras.nom.es/impresora-termica/](data:image/jpeg;base64,/9j/4AAQSkZJRgABAQAAQABAAD/2wCEAAkGBxMTEhUTEhEVEBUVFXUWGBUXFhUXEhYaFRUXFygYGBUYHSggGBsnHRcWITEhJiorLjAuF8zODMtNygTLisBCgoKDg0OFxAPGy4gHSUtLzc3LTcvLTI3Kyw3OC0rNzcrNys3Ky0tLTIvKy8xKy0tNzctNzcrLSSyLTcrKzItLf/AABEIAKAAoAMBIGACEQEDEQH/IMPRESORAS. (2018). <i>Impresoras Térmicas</i>. Obtenido de <a href=)
- Info Taller. (2017). *¿Qué es y cómo funciona la válvula PCV?* Obtenido de https://www.infotaller.tv/electromecanica/funciona-valvula-PCV_0_1174982492.html
- Ing. Néstor Raúl Fonseca e Ing. José Mauricio Zabala. (2012). *GUÍA DE LABORATORIO INYECCIÓN Y SINCRONIZACIÓN*. Bogotá: ECCI.
- Jairo Tomala. (13 de Marzo de 2017). *COMBUSTIÓN COMPLETA E INCOMPLETA*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/341765374/Combustion-Completa-e-Incompleta>
- José Antonio Martínez. (17 de noviembre de 2017). *La válvula EGR: qué es, funcionamiento y averías*. Obtenido de <https://www.actualidadmotor.com/valvula-egr-que-es-funcionamiento-averias/>
- Jose Luis Bernal Villamizar Ing Mecánico. (s.f.). *INYECCION ELECTRONICA DE GASOLINA*. Obtenido de ANALISIS DE GASES: [file:///C:/Users/steve/Downloads/Analisis+de+gases%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/steve/Downloads/Analisis+de+gases%20(1).pdf)
- Lozano Cely, H. M. (17 de AGOSTO de 2017). *NTC 5375_2da Actualizacion_20.10*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/56651574/NTC-5375-2da-Actualizacion-20-10>

- Mercedes Yolanda Rafael Morales & Andrés Hernández Guzmán. (2014). *CARACTERIZACIÓN DE UN MOTOR*. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
- Moises Irazabal. (11 de Julio de 2014). *Manual AGS 688*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/233449336/Manual-AGS-688>
- MOTORGIGA. (2018). *ALEACIÓN - Definición - Significado*. Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/aleacion-definicion-significado/gmx-niv15-con117.htm>
- MOTORGIGA. (2018). *Mezcla Estequiométrica*. Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/mezcla-estequiometrica>
- Oscar Castellero Mimenz. (2018). *Los 15 tipos de investigación (y características)*. Obtenido de <https://psicologiyamente.net/miscelanea/tipos-de-investigacion>
- PROFESOR EN LINEA. (2015). *Concepto de Oxidación*. Obtenido de <http://www.profesorenlinea.cl/Quimica/Oxidacion.htm>
- SA, T. e. (17 de AGOSTO de 2017). *Imágenes de GOOGLE*. Obtenido de <http://www.tersa.com.ni/wp-content/uploads/2016/03/CINTAS-DE-AMARRE6BLANCO-PROFER-100UNI.jpg>
- Stephen R. Turns. (2000). *AN INTRODUCTION TO COMBUSTION "Concepts and Applications"*. McGraw-Hill Higher Education.
- Talleres Y Repuestos. (2018). *Que es el canister y donde está ubicado*. Obtenido de <https://www.talleresyrepuestos.com/512-cvbcvb>
- Wikipedia. (2 de mayo de 2016). *Especie química*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Especie_qu%C3%ADmica