

# **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS APLICADAS**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO  
SUZUKI SZ EN CICLOS DE CONDUCCIÓN DINAMOMÉTRICOS”**

Realizado por:

**DANIEL ESTEBAN PUEBLA MOLINA**

Director del proyecto

**Edilberto Antonio Llanes Cedeño, PhD.**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:  
[danielepuebla@gmail.com](mailto:danielepuebla@gmail.com)

Quito, 12 de octubre de 2021

# **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

## **DECLARACIÓN JURAMENTADA**

Yo, DANIEL ESTEBAN PUEBLA MOLINA, con cédula de identidad # 1719812529 declaro bajo juramento que el trabajo desarrollado a continuación es de autoría propia, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

**FIRMA**

1719812529

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO  
SUZUKI SZ EN CICLOS DE CONDUCCIÓN DINAMOMÉTRICOS”**

Realizado por:

**DANIEL ESTEBAN PUEBLA MOLINA**

Como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

ha sido dirigido por el profesor

**EDILBERTO ANTONIO LLANES CEDEÑO**

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.



FIRMA

# **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

## **PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes

**DIEGO BUSTAMANTE**

**JAIME MOLINA**

Después de revisar el trabajo presentado,

Lo han calificado como apto para su defensa oral ante

El tribunal examinador

FIRMA

FIRMA

Quito, 12 de octubre de 2021

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a:

A Dios, quien fue el que me guío por el buen camino, me dio fuerzas para continuar con mi carrera y no desmayarme ante las adversidades.

A mis padres René y Cristina quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

Mi hermano René por ser mi mentor e inspiración día a día, quien me enseñó que con el trabajo y perseverancia se encuentra el éxito.

Mi hermano menor y mi mundo entero, Mateo, por todo tu cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis profesores y mis amigos, por brindarme su apoyo cuando más las necesite, por extender su mano en momentos difíciles y por el cariño brindado cada día, siempre los llevaré en mi corazón.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## INDICE GENERAL

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK.....	1
Resumen.....	13
Introducción.....	15
Materiales y Métodos.....	23
Área de estudio .....	23
Vehículo de prueba .....	24
Equipos empleados en las pruebas.....	25
Protocolo de Pruebas Estáticas .....	31
Protocolo de Pruebas Dinámicas .....	33
Protocolo para Pruebas de Torque y Potencia .....	35
Diseño Experimental.....	38
Resultados y Discusión.....	41
Resultados de Pruebas estáticas con ciclo japonés 10-15 .....	41
Emisiones de gases pruebas estáticas.....	41
Resultados de Pruebas estáticas con ciclo NEDC.....	48
Emisiones de gases pruebas dinámicas.....	54
Resultados de Pruebas dinámicas con ciclo japonés 10-15.....	54
Análisis de Superficie para factor de CO con ciclo japonés 10-15 .....	59
Análisis de Superficie para factor de HC con ciclo japonés 10-15 .....	60
Análisis de Superficie para factor de NOx con ciclo japonés 10-15 .....	60
Resultados de Pruebas dinámicas con ciclo NEDC .....	61

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

Análisis de Superficie para factor de CO con ciclo NEDC .....	66
Análisis de Superficie para factor de HC con ciclo NEDC .....	66
Análisis de Superficie para factor de NOx con ciclo NEDC .....	67
Comparación de Factor CO .....	69
Comparación de Factor HC .....	71
Comparación de Factor NOx .....	73
Resultados de Pruebas de Torque y Potencia .....	74
Tratamiento 1 .....	75
Tratamiento 2 .....	76
Tratamiento 3 .....	77
Tratamiento 4 .....	78
Análisis de Superficie de Torque del Vehículo .....	79
Análisis de Superficie de Potencia del Vehículo .....	81
Conclusiones .....	84
BIBLIOGRAFIA .....	85
ANEXOS .....	89

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Ubicación de CCICEV</i> .....	24
<b>Figura 2</b> Vehículo de Prueba .....	24
<b>Figura 3</b> Vehículo de Prueba .....	25
<b>Figura 4</b> Analizador de gases combinado para gasolina MAHA MGT5 .....	26
<b>Figura 5</b> <i>Dinamómetro de chasis</i> .....	27
<b>Figura 6</b> <i>Ventilador de aire refrigerante</i> .....	28
<b>Figura 7</b> <i>Caja de interfaces</i> .....	28
<b>Figura 8</b> <i>Sistema de extracción de gases de escape</i> .....	29
<b>Figura 9</b> <i>Pinza trigger</i> .....	29
<b>Figura 10</b> <i>Sonda de temperatura de aceite</i> .....	30
<b>Figura 11</b> <i>Sonda de gases de combustión</i> .....	30
<b>Figura 12</b> <i>Tanque de presión de combustible</i> .....	31
<b>Figura 13</b> <i>Ingreso a fosa de revisión</i> .....	33
<b>Figura 14</b> <i>Sistema de encendido de motor</i> .....	33
<b>Figura 15</b> <i>Sujeción del automóvil al dinamómetro</i> .....	34
<b>Figura 16</b> <i>Dinamómetro de rodillo</i> .....	37
<b>Figura 17</b> <i>Hardware de dinamómetro de rodillos</i> .....	37
<b>Figura 18</b> <i>Software de dinamómetro de rodillos</i> .....	37
<b>Figura 19</b> <i>Prueba Estática. Tratamiento 1</i> .....	42
<b>Figura 20</b> <i>Prueba Estática. Tratamiento 2</i> .....	44
<b>Figura 21</b> <i>Prueba Estática. Tratamiento 5</i> .....	45
<b>Figura 22</b> <i>Prueba Estática. Tratamiento 6</i> .....	47
<b>Figura 23</b> <i>Prueba Estática. Tratamiento 3</i> .....	48
<b>Figura 24</b> <i>Prueba estática. Tratamiento 4</i> .....	50
<b>Figura 25</b> <i>Prueba estática. Tratamiento 7</i> .....	51



## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

<b>Figura 26</b> <i>Prueba estática. Tratamiento 8</i> .....	53
<b>Figura 27</b> <i>Pruebas Dinámicas. Tratamiento 1</i> .....	55
<b>Figura 28</b> <i>Pruebas dinámicas. Tratamiento 2.</i> .....	56
<b>Figura 29</b> <i>Pruebas Dinámicas. Tratamiento 5</i> .....	57
<b>Figura 30</b> <i>Pruebas Dinámicas. Tratamiento 6</i> .....	58
<b>Figura 31</b> <i>Análisis de superficie, Factor de CO. Ciclo japonés, prueba dinámica</i> .....	59
<b>Figura 32</b> <i>Análisis de superficie, Factor de HC. Ciclo japonés, prueba dinámica</i> .....	60
<b>Figura 33</b> <i>Análisis de superficie, Factor de NOx. Ciclo japonés, prueba dinámica</i> ...	61
<b>Figura 34</b> <i>Pruebas Dinámicas. Tratamiento 3</i> .....	62
<b>Figura 35</b> <i>Pruebas Dinámicas. Tratamiento 4</i> .....	63
<b>Figura 36</b> <i>Pruebas Dinámicas. Tratamiento 7</i> .....	64
<b>Figura 37</b> <i>Pruebas Dinámicas. Tratamiento 8</i> .....	65
<b>Figura 38</b> <i>Análisis de superficie, Factor de CO. Ciclo NEDC, prueba dinámica</i> .....	66
<b>Figura 39</b> <i>Análisis de superficie, Factor de HC. Ciclo NEDC, prueba dinámica</i> .....	67
<b>Figura 40</b> <i>Análisis de superficie, Factor de NOx. Ciclo NEDC, prueba dinámica</i> .....	68
<b>Figura 41</b> <i>Comparación Caja y bigote de factor CO.</i> .....	70
<b>Figura 42</b> <i>Comparación caja y bigote de factor HC</i> .....	72
<b>Figura 43</b> <i>Comparación caja y bigote de factor NOx</i> .....	74
<b>Figura 44</b> <i>Pruebas de Torque y Potencia. Tratamiento 1</i> .....	75
<b>Figura 45</b> <i>Pruebas de Torque y Potencia. Tratamiento 2</i> .....	76
<b>Figura 46</b> <i>Pruebas de Torque y Potencia. Tratamiento 3</i> .....	77
<b>Figura 47</b> <i>Pruebas de Torque y Potencia. Tratamiento 4</i> .....	78
<b>Figura 48</b> <i>Análisis de superficie de Torque</i> .....	79
<b>Figura 49</b> <i>Contornos de la superficie de respuesta de Torque</i> .....	80
<b>Figura 50</b> <i>Comparación Caja y Bigote de Torque del vehículo</i> .....	81
<b>Figura 51</b> <i>Análisis de superficie de Potencia</i> .....	82

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

<b>Figura 52</b> <i>Contornos de superficie de Potencia</i> .....	82
<b>Figura 53</b> <i>Comparación Caja y Bigote de Potencia del vehículo</i> .....	83
<b>Figura 54</b> Dinamómetro de Chasis LPS 3000 .....	93
<b>Figura 55</b> EQUIPO DE MEDICION DE GASES CONTAMINANTES MAHA MGT 5 .....	95
<b>Figura 56</b> DATOS TECNICOS MAHA MGT 5.....	96

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Características del Analizador de gases.....	26
<b>Tabla 2</b>	<i>Especificaciones técnicas del dinamómetro de Chasis LPS3000.....</i>	27
<b>Tabla 3</b>	Bomba externa.....	31
<b>Tabla 4</b>	Variables de respuesta del diseño experimental emisiones contaminantes.....	38
<b>Tabla 5</b>	Variables de respuesta del diseño experimental emisiones contaminantes.....	38
<b>Tabla 6</b>	Formación de los tratamientos.....	39
<b>Tabla 7</b>	Variables de respuesta del diseño experimental de torque y potencia .....	40
<b>Tabla 8</b>	Variables de respuesta del diseño experimental de torque y potencia .....	40
<b>Tabla 9</b>	Formación de los tratamientos.....	41
<b>Tabla 10</b>	Rangos de eficiencia de tratamientos (de menor a mayor) de factor de CO .	69
<b>Tabla 11</b>	Rangos de eficiencia de tratamientos (de menor a mayor) de factor de HC .	71
<b>Tabla 12</b>	Rangos de eficiencia de tratamientos (de menor a mayor) de factor de NOx	73
<b>Tabla 13</b>	Rangos de eficiencia de tratamientos (de menor a mayor) de Torque .....	80
<b>Tabla 14</b>	Rangos de eficiencia de tratamientos (de menor a mayor) de Potencia .....	83
<b>Tabla 15</b>	<i>Tratamiento 1. Pruebas Dinámicas – Extra – Sin A/C – Ciclo Japonés 10-15</i> .....	89
<b>Tabla 16</b>	<i>Tratamiento 2. Pruebas Dinámicas – Extra – Con A/C – Ciclo Japonés 10-15</i> .....	89
<b>Tabla 17</b>	<i>Tratamiento 5. Pruebas Dinámicas – Súper – Sin A/C – Ciclo Japonés 10-15</i> .....	90
<b>Tabla 18</b>	<i>Tratamiento 6. Pruebas Dinámicas – Súper – Con A/C – Ciclo Japonés 10-15</i> .....	90
<b>Tabla 19</b>	<i>Tratamiento 3. Pruebas Dinámicas – Extra –Sin A/C – Ciclo Europeo .....</i>	90
<b>Tabla 20</b>	<i>Tratamiento 4. Pruebas Dinámicas – Extra – Con A/C – Ciclo Europeo .....</i>	91
<b>Tabla 21</b>	<i>Tratamiento 7. Pruebas Dinámicas – Súper – Sin A/C – Ciclo Europeo.....</i>	91

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

<b>Tabla 22</b> <i>Tratamiento 8. Pruebas Dinámicas – Súper – Con A/C – Ciclo Europeo .....</i>	91
<b>Tabla 23</b> <i>Tratamiento 1. Torque y Potencia – Extra – Sin A/C.....</i>	92
<b>Tabla 24</b> <i>Tratamiento 2. Torque y Potencia – Extra – Con A/C .....</i>	92
<b>Tabla 25</b> <i>Tratamiento 3. Torque y Potencia – Súper – Con A/C.....</i>	92
<b>Tabla 26</b> <i>Tratamiento 4. Torque y Potencia - Súper - Sin A/C .....</i>	93

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Resumen

De acuerdo a los datos obtenidos en los últimos años se puede apreciar que debido al aumento del parque automotor se evidencia un mayor porcentaje de emisiones contaminantes hacia el medio ambiente; el presente trabajo de investigación tiene como finalidad Evaluar los factores de emisiones de gases, torque y potencia al emplear el aire acondicionado y las gasolinas principales comercializadas en Ecuador (extra y súper), por medio de Ciclos simulados en dinamómetro de Chasis-Ciclo (japonés 10-15 y Ciclo NEDC), para la identificación de la mejor variante en los parámetros analizados. Para el estudio se empleó el laboratorio del Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares-CCICEV, instalaciones que pertenecen a la Escuela Politécnica Nacional. Se utilizaron dos tipos de combustible; extra 87 octanos y súper 92 octanos, tomándose en cuenta el aire acondicionado del vehículo (con/sin funcionamiento); utilizándose dos ciclos de conducción, el japonés 10-15 y el europeo (NEDC). Como consecuencia de los ensayos realizados en un dinamómetro de chasis para los tratamientos establecidos, los mejores resultados se obtuvieron para T7 (combustible súper, sin aire acondicionado y el Ciclo europeo) y el T5 (combustible súper, sin aire acondicionado y el Ciclo japonés 10-15). Se establece que el tratamiento con menor eficacia es el T2 (combustible extra, con aire acondicionado y ciclo japonés 10-15).

**Palabras claves:** Emisiones contaminantes, Ciclo Japonés, Ciclo NEDC, Torque, Potencia, Aire acondicionado, combustible, octanaje.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## ABSTRACT

According to the data obtained in recent years, it can be seen that due to the increase in the number of vehicles, a higher percentage of polluting emissions into the environment is evident; the purpose of this research work is to evaluate the factors of gas emissions, torque and power when using air conditioning and the main gasolines marketed in Ecuador (extra and super), by means of simulated cycles in Chassis-Cycle dynamometer (Japanese 10-15 and NEDC Cycle), to identify the best variant in the parameters analyzed. For the study, the laboratory of the Technology Transfer Center for Training and Research in Vehicle Emission Control (Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares-CCICEV), facilities belonging to the Escuela Politécnica Nacional (National Polytechnic School), was used. Two types of fuel were used; extra 87 octane and super 92 octane, taking into account the vehicle's air conditioning (with/without operation); two driving cycles were used, the Japanese 10-15 and the European (NEDC). As a result of the tests carried out on a chassis dynamometer for the established treatments, the best results were obtained for T7 (super fuel, without air conditioning and the European Cycle) and T5 (super fuel, without air conditioning and the Japanese 10-15 Cycle). The treatment with the lowest efficiency was T2 (extra fuel, with air conditioning and Japanese cycle 10-15).

**Keywords:** Pollutant emissions, Japanese cycle, NEDC cycle, Torque, Power, Air conditioning, fuel, octane.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Introducción

Los vehículos que circulan en el Distrito Metropolitano de Quito provocan una gran cantidad de emisiones contaminantes como el monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), estos compuestos combinados con material particulado generan un gran problema de contaminación ambiental al igual que complicaciones de salud pública (Caiza Jácome y Portilla Aguilar, 2011).

En el Ecuador, según datos proporcionados por la INEC (2019) se identifica un crecimiento del parque automotor, lo que influye de manera directa en el aumento de contaminación ambiental, esto se evidencia en la cantidad de emisiones contaminantes que se expulsan a la atmósfera y en el impacto a la salud pública.

Según datos obtenidos por la AEADE (2021), las ventas en el sector automotriz presentaron un incremento acelerado en comparación al año anterior. El crecimiento interanual alcanzó entre un 160 % al 176 % de vehículos livianos.

La contaminación ambiental es un problema muy serio en la actualidad, se encuentra relacionada con la emisión de hidrocarburos que están presentes en los combustibles; el HC, NO<sub>x</sub>, CO y CO<sub>2</sub> son emisiones vehiculares que influyen en los diversos factores contaminantes.

De acuerdo a lo mencionado por GEOECUADOR (2008) se establece que la presencia de gases contaminantes influye en el efecto invernadero lo que causa mayores problemas en las zonas de afección tanto a nivel de salud de los habitantes como a nivel ambiental.

## **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

Es importante indicar que algunas de las emisiones, específicamente el NO<sub>x</sub> se incrementa gracias a la influencia de la temperatura de la combustión, así como al nivel de oxígeno que se encuentra en el combustible.

Dentro de las normativas ambientales que rigen en el Distrito Metropolitano de Quito existen algunas que son las que permiten evaluar y mantener bajo estrictos parámetros de control las emisiones contaminantes que son emitidas por vehículos a gasolina. Entre ellas se menciona la Revisión Técnica Vehicular que no es más que un proceso de mantenimiento e inspección que se realiza a los vehículos con la intención de identificar los niveles de emisiones y así establecer el estado mecánico del auto. En el país se usan combustibles que son gasolina (súper y extra), diésel y GLP (Espinoza & Guayanlema, 2017). La gasolina extra tiene un octanaje de 85-87 y la súper un octanaje de 92, de acuerdo a estos datos y tomando en cuenta lo analizado por Guzmán et al., (2018) y Llanes et al., (2018) se puede determinar que la gasolina súper es menos contaminante que la extra y posee mayor rendimiento que ésta.

De acuerdo a lo mencionado por el Ministerio del Ambiente de Ecuador (2014), es importante establecer normativas a nivel ambiental y de control para minimizar la contaminación producida por los motores de los vehículos.

La norma de calidad de medio ambiente permite establecer los valores óptimos y permisibles para identificar los parámetros de contaminantes en la atmósfera, esto durante la prueba de muestreo aplicada al vehículo.

Países como Estados Unidos, Japón y Europa han establecidos normativas que permitan la homologación vehicular con el fin de minimizar las emisiones de gas contaminantes producidas por los mismos.



## **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

Los gases emitidos por los vehículos son la causa principal de contaminación ambiental en las ciudades, más es imposible limitar el incremento del parque automotor, por este motivo es necesario establecer normativas que permitan el manejo adecuado de los gases contaminantes para optimizar su funcionalidad y disminuir la contaminación ambiental (Recalde, 2015).

Algunos países han generado reglamentaciones que han sido tomados por otros para homologar el uso de los vehículos. Entre los más usados se pueden mencionar a las normativas de requerimiento de la EPA, son conocidas también como LEV; estas son aplicadas de acuerdo a los indicativos de California. Sin embargo en Europa se aplican las normas conocidas como EURO (Secretaría de Ambiente, 2019).

La Agencia de Protección Ambiental, que por sus siglas se conocen como EPA, es la encargada de establecer los parámetros de emisiones contaminantes dentro de los Estados Unidos. Los parámetros mencionados son muy rígidos y se las denomina Tier. Desde el año 1994 hasta 1997 las normas Tier han sufrido una serie de cambios por lo que han sido suprimidas de forma gradual.

En el año 2004 se aplica las normas Tier II, fueron usadas al 100 % hasta el año 2009, se restringió un 50 % de las indicaciones de la Tier I. En el año 2013 se realiza un nuevo reajuste y se establece la norma Tier III, la misma tiene una vigencia desde el 2017 hasta el 2025 (Recalde, 2015).

Las normas americanas de emisiones de gases implementadas por California tienen amplia aplicabilidad a nivel nacional e internacional, las mismas son generadas por la California Air Resources Board (CARB) y presentan parámetros que deben ser cumplidos por los fabricantes de vehículos. Estas normativas incluso han sido tomadas en cuenta por la Unión Europea para el desarrollo de sus parámetros en el desarrollo de las normas de emisiones.

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

Al hablar de las normas europeas se identifica que estas son normativas que permiten la venta de vehículos mediante el establecimiento de límites aceptables para las emisiones de gases de combustión dentro de la Unión Europea (Recalde, 2015).

Estas normas han sufrido una serie de cambios a lo largo de los años y van desde la Euro 0 hasta la Euro VI, tienen como finalidad tener un control sobre las emisiones de hidrocarburos (H), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y material particulado. Mediante la aplicación correcta de la presente normativa se logra mantener un control sobre la emisión de gases, es indispensable realizar un estudio de ensayos controlados con la finalidad de establecer parámetros correctos de aplicación.

La evolución de las normas Euro se detallan a continuación

<b>EURO 0:</b>	después de 1988
<b>EURO I:</b>	para pasajeros, desde 1993 (directiva CEE 91/441)
<b>EURO II:</b>	para pasajeros, desde 1996 (directiva CEE 94/12 & 96/69)
<b>EURO III:</b>	para cualquier vehículo, desde 2000 (directiva CEE 98/69)
<b>EURO IV:</b>	para cualquier vehículo, desde 2005 (directiva CEE 98/69 & 2002/80)
<b>EURO V:</b>	para cualquier vehículo, desde 2009 (COM (2005) 683)
<b>EURO VI:</b>	para cualquier vehículo, desde 2014 (COM (2005) 683)

Si se analizan las normas nacionales, es el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) el encargado de establecer los parámetros de normalización, certificación y metrología necesarios para identificar los valores aceptables de emisiones de gases. Mediante la aplicación de la norma NTE INEN 2204:2002 se establece los valores aceptables para minimizar las emisiones contaminantes de gases emitidas por los motores vehiculares, estas normativas se fundamentan en regulaciones aplicadas en las normas americanas y europeas pero aplicadas a la realidad ecuatoriana (NTE INEN 2204, 2016).

## **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

De acuerdo a lo establecido por Quirama et al. (2020) se identifica la importancia de los ciclos de conducción ya que los mismos permiten establecer los parámetros de conducción para conocer de manera real el consumo de emisiones de gases, energía y combustible. Estos ciclos permiten, mediante diferentes velocidades realizar los patrones de conducción.

Ecuador en el año 2002 incluyó el ciclo de prueba FTP 75 a la norma NTE INEN 2204 aplicable a vehículos livianos- medianos que usan gasolina (INEN, 2017). Los ciclos de conducción permiten la realización de una homologación de normativas para que puedan ser usados en diferentes lugares.

Según un estudio realizado por Joumard et al. (2006) se establece que los ciclos de conducción toman en cuenta factores como velocidad, frenado y aceleración; los mismos simulan un manejo en zonas urbanas y en carreteras, así se logra identificar la cantidad de emisiones contaminantes que se producen en cada situación, identificando que cuando se realiza un manejo en autopista se presenta una menor cantidad de contaminación.

Las variables que se toman en cuenta al realizar los ciclos de conducción son la velocidad tanto máxima como media, tiempo o duración, aceleración, entre otros. De igual manera influyen factores como tipo de automóvil, tráfico, tipo de terreno; esto según un análisis realizado por Jiménez-Alonso et al. (2013).

Según Costas (2011) el Ciclo NEDC New European Driving Cycle es un tipo de homologación que se encuentra principalmente en Europa. Este ciclo permite identificar el consumo de emisiones dentro del campo urbano, y rural. No tiene relación alguna con los ciclos japonés y norteamericano, por este motivo los valores que se obtienen son diferentes en cuanto a los antes mencionados.

## **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

Las pruebas que se realizan para la medición de este ciclo se las realizan en un espacio cerrado, a una temperatura y presión establecida. Las condiciones para el vehículo, previo a la aplicación de la prueba es que el mismo se encuentre a una temperatura entre 20 y 24 °C durante un tiempo aproximado de 6 a 7 horas. El kilometraje óptimo se encuentra entre los 3 000 y 15 000 km., no interfieren condiciones externas como la resistencia del aire y la inclinación del terreno; en lo que se refiere al peso, este se lo simula mediante el uso de rodillos.

Para la aplicación del presente ciclo es necesario la presencia de un conductor y el vehículo se ubica sobre unos rodillos, el mismo presenta 22 posiciones determinadas y son escogidas en función al peso, esto permite simular el impacto en el consumo.

Todo el proceso tiene una duración de 20 minutos aproximadamente y corresponde a un recorrido de 11 kilómetros y 7 metros, estableciendo que la velocidad media es de 35 km/h (Costas, 2011).

De acuerdo a lo mencionado por DieselNet (2013) el Ciclo Japonés 10-15, este ciclo se usa básicamente en Japón y permite identificar el consumo de combustible, así como las emisiones en vehículos ligeros. La prueba 10-15 se desprende del ciclo de 10 modos, se aumenta un segmento de 15 modos a una velocidad máxima de 70 km/h.

La aplicación de este ciclo de manera completa necesita de ciertos parámetros de medición como que exista una secuencia de 15 minutos de calentamiento a 60 km/h y en un segmento de 15 modos, esto se hace por tres ocasiones usando segmentos de 10 modos y un segmento de 15 modos.

En las pruebas de torque y potencia el uso del dinamómetro de rodillos permite obtener las curvas de potencia, par torsor y sobre todo para poder determinar los parámetros de funcionamiento.

## **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

El dinamómetro de rodillo es una herramienta que facilita el rodamiento de un vehículo dentro de un taller donde existen velocidades establecidas que trabajan a un mayor o menor pendiente de frenado estableciendo resultados de manera gráfica.

De igual manera esta herramienta permite identificar las características del motor bajo los lineamientos planteados por el fabricante, así como las modificaciones electrónicas y mecánicas que se hayan planteado para mejorar el rendimiento del motor (Castillo, 2017).

De acuerdo a un estudio realizado por Mensing et al., (2014) se identifica que cuando se presenta un vehículo con un alto rendimiento por parte del motor se nota un aumento de las emisiones contaminantes, así como del consumo de combustible esto debido al tiempo empleado en el desarrollo de este proceso.

Cuando se usa el aire acondicionado se nota una pérdida de potencia y energía, un mayor consumo de combustible y lógicamente un exceso de producción de gases contaminantes. Pero sin duda alguna es un factor que facilita la comodidad del conductor y sus acompañantes en momentos determinados de uso del vehículo, principalmente cuando existen condiciones climáticas adversas.

Las emisiones contaminantes que se ubican en la atmósfera son en gran cantidad compuestos químicos, los mismos que se transforman en sustancias nocivas para la salud de las personas; por este motivo es importante establecer medidas que ayuden a controlar la emanación de dichos gases al ambiente, limitando el porcentaje de estas sustancias en la atmosfera mediante un análisis de los sistemas de alimentación de combustible, escape y encendido (Mata, 2005).

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

Tomando en cuenta lo anteriormente analizado se plantea el siguiente cuestionamiento como hipótesis: *El uso del aire acondicionado automotriz incide en los factores de emisión y los parámetros de torque y potencia.*

De acuerdo a lo mencionado se establece como objetivo general: Evaluar los factores de emisiones de gases, torque y potencia al emplear el aire acondicionado y las gasolinas principales comercializadas en Ecuador (extra y súper), por medio de Ciclos simulados en dinamómetro de Chasis-Ciclo (japonés 10-15 y Ciclo NEDC), para la identificación de la mejor variante en los parámetros analizados.

Los objetivos específicos son: (1) Determinar las concentraciones de emisiones usando los ciclos japoneses 10-15 y Ciclo NEDC aplicando el aire acondicionado y variando el combustible (extra y súper) para para la determinación de los factores de emisiones. (2) Determinar el rendimiento de motor, torque y potencia al emplear el aire acondicionado y variándose el combustible, mediante la aplicación del dinamómetro automotriz para la determinación de la mejor variante en relación a eficiencia y rendimiento vehículo. (3) Realizar cuadros comparativos entre los diferentes tratamientos por medio de la aplicación de software estadístico para la propuesta de la mejor variante.

# **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

## **Materiales y Métodos**

En la siguiente investigación se aplicó un análisis cuantitativo, esto con la finalidad de, por medio de los datos obtenidos en el estudio, identificar los valores de las emisiones contaminantes que se expulsan al ambiente; esto tomando en cuenta los combustibles usados y las condiciones planteadas de aire acondicionado.

De igual manera, al usar laboratorios y equipos en el desarrollo de la investigación, se establece que el estudio es también experimental; ya que por medio de estas ayudas técnicas se logra obtener datos más precisos sobre la funcionalidad del vehículo en determinadas circunstancias.

## **Área de estudio**

El presente trabajo de estudio fue realizado en los laboratorios del Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares-CCICEV, instalaciones que pertenecen a la Escuela Politécnica Nacional; las mismas permiten una mejor obtención de datos y análisis de ellas tomando en consideraciones condiciones específicas en cada tratamiento planteado.

Se encuentra ubicado en el Centro Norte de la ciudad de Quito, tiene una altitud de 2808 msnm, presenta una temperatura que fluctúa entre los 18 °C a los 25 °C. Como se indica en la figura 1.

Los datos de latitud  $0^{\circ} 12.31.80'S$  y de longitud  $78^{\circ} 29.10.97'O$ .

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Figura 1.

*Ubicación de CCICEV*



## Vehículo de prueba

Para el desarrollo de este estudio se utilizó un vehículo Suzuki Gran Vitara SZ NEXT SPORT AC 2.0/4\*2/MT como se identifica en la figura 2 y 3. Es un vehículo con tecnología que facilita un mejor desenvolvimiento mecánico y un consumo de combustible más eficiente. Se prioriza la comodidad, seguridad y confort de los ocupantes del vehículo.

## Figura 2

*Vehículo de Prueba*





# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Figura 3

*Vehículo de Prueba*



El vehículo antes de ser sometido a las pruebas dinámicas, estáticas, torque y potencia ingresa a un chequeo mecánico para que todas las condiciones de funcionamiento y manejo de automóvil se encuentren en perfecto estado.

El cambio de aceite, de filtros de aire y de combustible, chequeo de sistema de inyección, presión de neumáticos son aspectos que deben encontrarse en buenas condiciones antes de iniciar la investigación propuesta.

### **Equipos empleados en las pruebas**

Los equipos que se usaron en la realización de las pruebas de medición de emisiones están ubicados en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares- CCICEV de la Escuela Politécnica Nacional, estos son:

*Analizador de gases combinado para gasolina MAHA MGT5-* Con este equipo se puede medir las concentraciones de emisiones contaminantes en automóviles a gasolina, en condiciones determinadas, figura 4. Las características que mantiene este equipo se

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

pueden observar en la Tabla 1, en el Anexo E –E2 se pueden observar las especificaciones del equipo.

**Figura 4**

*Analizador de gases combinado para gasolina MAHA MGT5*



**Tabla 1**

*Características del Analizador de gases*

<b>Gases analizables</b>	<b>CO, CO2, HC, O2, NO</b>
<b>Deriva del margen de medición</b>	Inferior a +/- 0,6 % del valor final del alcance
<b>Valor Lambda</b>	Margen indicador: 0,500 – 9,999 w Resolución: 0,001 w
<b>Cantidad total de flujo</b>	Máx. 3,5 l/min – min.1,5 l/min
<b>Caudal – gas de medición</b>	Máx. 2,5 l/min – bomba de membrana
<b>Presión de servicio</b>	750 – 1100 mbar
<b>Fluctuación de la presión</b>	Máx. errores 0,2% con fluctuaciones de 5 kPa
<b>Alimentación</b>	85 V – 280 V ; 50 Hz ; 65W/12V-24DC
<b>Temperatura de servicio</b>	+ 5 ° - + 45 °C • tolerancia ± 2 °C
<b>Dimensiones</b>	560 x 240 x 300 mm 4.3.2

*Dinamómetro de chasis LPS3000.*- Este equipo facilita la medición del torque y potencia del motor de un automóvil, en condiciones definidas; de igual manera se realiza el test de opacidad dinámica Lug Down, simulador de carga, mediciones de la elasticidad de un motor, control de tacómetro, consumo de combustible, análisis de emisiones contaminantes, figura 5. Sus elementos principales son:

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

- Consola de mando
- Juego de rodillos R200/1
- Ventilador de aire refrigerante
- Cajas de interfases- sonda de temperatura de aceite
- Sistema de extracción de gases de escape

**Figura 5**

*Dinamómetro de chasis.*



A continuación, en la Tabla 2 se identifican algunas características del dinamómetro de Chasis LPS3000 y las especificaciones detalladas las encontramos en el Anexo D.

**Tabla 2**

*Especificaciones técnicas del dinamómetro de Chasis LPS3000*

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR</b>
Revoluciones del motor	0-10000 rpm
Precisión potencia de rueda +/-	2% del valor de la medición
Tensión de alimentación	400V/50 Hz
Potencia de rueda	30-máx. 400kW

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

---

Velocidad de prueba máx.	200 km/h
Fuerza de tracción máxima	15000 N
Carga máxima por eje (t)	15
Diámetro mínimo de rueda para ensayar	12”

---

**Fuente:** M.G.C.KG. “LPS 3000 para camiones, ed, 2005-11-24

*Ventilador de Refrigerante.* Este equipo facilita el mantenimiento de la temperatura estable para el funcionamiento del automóvil Figura 6, ya que emite refrigerante al sistema de refrigeración del vehículo y al convertidor catalítico.

### **Figura 6**

*Ventilador de aire refrigerante*



*Cajas Interfaces.* - Las medidas que se registran en las pruebas son guardadas en las cajas de interfaces, de igual manera se ubican los números de revoluciones, parámetros medioambientales y temperatura de aceite de motor, ver Figura 7.

### **Figura 7**

*Caja de interfaces*



## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

*Sistema de Extracción.* - Las emisiones contaminantes de los gases de escape son eliminadas mediante un sistema de extracción, estas se producen durante el proceso de ejecución de las pruebas, ver figura 8.

### Figura 8

*Sistema de extracción de gases de escape*



*Pinza Trigger.* - Tiene como funcionalidad el registrar el número de revoluciones que realiza el motor mediante la ayuda de un cable de encendido, esta pinza permite tomar la señal de alta tensión que pasa desde el distribuidor a un cilindro, las ondas pasan a través de la pinza y llegan a la caja de interfaces donde se convierten en señal de rpm, Figura 9.

### Figura 9

*Pinza trigger*



## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

*Sonda de temperatura de aceite.* - Las mediciones se deben realizar cuando el motor haya alcanzado la temperatura óptima de trabajo, esta sonda establece la temperatura adecuada del aceite durante la prueba, Figura 10.

### **Figura 10**

*Sonda de temperatura de aceite*



*Sonda de gases de combustión.* -Esta sonda permite la recolección de emisiones que se producen en el motor Figura 11 y son enviadas al analizador de gases.

### **Figura 11**

*Sonda de gases de combustión*



*Tanque externo de combustible.* - Es un tanque que reemplaza al tanque interno de combustible, su funcionalidad es poder identificar con facilidad el consumo de combustible por el vehículo en el transcurso de la prueba. Es un purificador del sistema

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

de inyección del motor, de fácil conexión ya que la misma se hace en base a acoples adaptables entre el equipo y los ductos de combustible, ver Figura 12

**Figura 12**

*Tanque de presión de combustible*



En la Tabla 3 se establecen las características del Tanque externo de combustible.

**Tabla 3**

*Bomba externa*

<b>Cantidad de llenado máxima</b>	<b>5 litros</b>
<b>Contenido total del deposito</b>	7 litros
<b>Sobrepresión admisible de servicio</b>	7 bares
<b>Peso de la unidad</b>	4.5 kg
<b>Dispositivo de seguridad</b>	Válvula de seguridad
	Manómetro
	Válvula de descarga de presión

Fuente: Recalde (2015)

### **Protocolo de Pruebas Estáticas**

Para la realización de las pruebas estáticas es necesario realizar algunas acciones que permiten la ejecución de los mismos. Es necesario preparar con anticipación el vehículo para poder obtener buenos resultados. Según:

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

- Realizar una revisión al sistema de escape estableciendo que el mismo se encuentre completamente cerrado, que no presenten fugas o algún tipo de daño.
- El automóvil debe encontrarse en buen estado mecánico y encontrarse abastecido de combustible, en el presente caso de estudio se utilizó la gasolina extra y gasolina súper.
- El vehículo debe encontrarse en un espacio abierto como se aprecia en la figura 13.
- Encender el vehículo.
- La palanca de cambios se debe encontrar en posición neutro.
- El freno manual debe encontrarse accionado.
- Ubicar una sonda de temperatura en la bayoneta de aceite.
- Ubicar una pinza, propia del tacómetro, en el sistema de encendido del motor, Figura 14.
- Colocar, prender y afirmar la sonda del analizador de gases MAHA MGT5 a la salida del tubo de escape del automóvil.
- Colocar el ducto encargado de succionar los gases.
- Facilitar que el motor del auto logre la temperatura de funcionamiento normal (95°C).
- Estabilizar el motor e iniciar la prueba en ralentí durante un tiempo de 30 segundos.
- Estabilizar y accionar el acelerador para realizar la prueba de 2500 rpm, esto hasta que el motor alcance las condiciones necesarias, se lo debe hacer por un tiempo de 30 segundos.
- Recoger los resultados obtenidos
- Se debe repetir el procedimiento por dos veces más
- Desconectar los equipos



# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 13**

*Ingreso a fosa de revisión.*



**Figura 14**

*Sistema de encendido de motor.*



## **Protocolo de Pruebas Dinámicas**

Las pruebas dinámicas permiten la medición de las emisiones de contaminantes en autos a gasolina, el proceso también se lo realizó en el CICCEV ya que es necesario contar con software específicos, personal capacitado y espacio adecuado para la realización de la misma.

Dentro de los equipos que se necesitan para el desarrollo de la prueba se mencionan:

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

- Analizador de gases MAHA MGTE5
- Equipo para procesamiento de información (computador)
- Ventilador de refrigeración radial
- Juego de rodillos

Las pruebas dinámicas permiten el cálculo de las emisiones contaminantes y concentraciones de CO, CO<sub>2</sub>, HC y NO<sub>x</sub> esto en conjunto con el O<sub>2</sub> y el factor  $\lambda$  que son identificados cada 0.1 segundos en un tiempo de ciclo de 240 segundos.

Se deben realizar los siguientes pasos:

- Identificar las condiciones óptimas del vehículo
- Identificar el buen estado del sistema de escape (sin fugas ni perforaciones)
- Controlar la presión de llantas del vehículo principalmente las delanteras, tomando en cuenta las especificaciones del fabricante. Se debe tomar en cuenta en nivel de desgaste de las mismas.
- Realizar un anclaje del vehículo al dinamómetro como se muestra en la Figura 15.

### **Figura 15**

*Sujeción del automóvil al dinamómetro.*



## **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

- Colocar y asegurar la sonda del analizador de gases MAHA MGT5 a la salida del tubo de escape.
- Ubicar el ducto para aspirar los gases de escape.
- Ubicar la sonda de temperatura en la bayoneta de medición de aceite del motor.
- Instalar la pinza del equipo de medición (tacómetro) en el sistema de encendido del motor.
- Prender el auto, calentar el motor hasta llegar a la temperatura óptima de operación 95°C.
- Desconectar el climatizador o aire acondicionado.
- Accionar el freno de estacionamiento del vehículo e instalar el ventilador del dinamómetro.
- Dado el inicio, el operador indica al conductor que siga la trayectoria del ciclo en el monitor, realizando acción de acelerar y frenar según se indique para que mantenga el rango permitido para el desarrollo de la prueba.
- Recoger los datos obtenidos en el computador.
- Estabilizar el vehículo y luego apagar el motor.
- Se repite el procedimiento por dos ocasiones más.
- Desconectar los equipos.

### **Protocolo para Pruebas de Torque y Potencia**

Para el desarrollo de la prueba de torque y potencia en el vehículo escogido, se siguen los siguientes pasos:

- Identificar el diámetro de los neumáticos del vehículo y el peso de las mismas.
- Colocar las ruedas del vehículo sobre el rodillo del dinamómetro.
- Establecer la alineación de los neumáticos de acuerdo a la transmisión del vehículo y a los rodillos del dinamómetro.

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

- Colocar los sistemas de seguridad para garantizar la inmovilidad del vehículo y realizar los trabajos con tranquilidad.
- Asegurar el vehículo con cintas para evitar que el vehículo se salga del espacio determinado para la prueba.
- Medición de presión de neumáticos, estableciendo un peso de 30PSI para cada llanta.
- Realizar una conexión a tierra del equipo en uso (dinamómetro de rodillos), esto para evitar problemas de corriente, Figura 16-18.
- Realizar un acople entre el sistema de escape y el dispositivo encargado de recolectar los gases producidos por la combustión del vehículo, aquí se identifica un sensor de oxígeno encargado de analizar los gases generados en la combustión, de igual manera identifica la presencia en mayor o menor cantidad de oxígeno en el escape, cualquier alteración señala aumento o disminución de combustible en la mezcla.
- Comprobar la relación de cambio y transmisión de la unidad, la misma es 1:1
- En las tres pruebas de torque y potencia es necesario calentar los neumáticos y establecerla a una temperatura media de 65° a 70°, es la temperatura ideal para la realización de las pruebas respectivas. La temperatura de la transmisión y el motor también se la controló para la realización de la prueba.
- Poner en funcionamiento el ventilador de refrigeración
- Iniciar la prueba de torque y potencia. El conductor acelera el vehículo a fondo hasta llegar a la velocidad deseada, se la conoce como “corte de rpm”
- Al llegar al corte de rpm el conductor debe pisar el embrague cuando la marcha esta puesta. El banco de potencia desacelera hasta detenerse. Los resultados se generan en una pantalla para que el operador proceda al análisis de los mismos pues se toman las vueltas generadas por el motor.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 16**

*Dinamómetro de rodillo*



**Figura 17**

*Hardware de dinamómetro de rodillos*



**Figura 18**

*Software de dinamómetro de rodillos.*



# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Diseño Experimental

Mediante el uso de herramientas como el Excel y *Statgraphics Centurion XVI* se realiza el diseño factorial multinivel para la valoración de las emisiones de gases contaminantes del automotor, los aspectos que se toman en cuenta son el combustible, aire acondicionado y ciclos de conducción. En cada uno de ellos se identifican dos niveles, así como se detalla en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Variables de respuesta del diseño experimental emisiones contaminantes*

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>	<b>Designación</b>
Combustible	Extra	1
	Súper	2
Aire acondicionado	Sin A/C	1
	Con A/C	2
Ciclos	Japonés 10-15	1
	Europeo	2

Fuente: Puebla (2021)

En la Tabla 5 se identifica las variables de respuesta de emisiones contaminantes, las mismas son: Factor CO, Factor HC y Factor NOx.

**Tabla 5**

*Variables de respuesta del diseño experimental emisiones contaminantes*

<b>Respuesta</b>	<b>Unidades</b>
Factor CO	g/km
Factor HC	g/km
Factor NOx	g/km

Fuente: Puebla (2021)

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

En la Tabla 6 se identifica los diversos Tratamientos que se utilizaron en los ensayos de emisiones contaminantes. El estudio y cotejo de los resultados se realizó empleando el software *Statgraphics Centurión XVI*, dentro del mismo se maneja el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95,0 % de confianza.

**Tabla 6**

*Formación de los tratamientos*

<b>N°</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aire acondicionado</b>	<b>Ciclos</b>
T1	Extra (1)	Sin aire (1)	Japonés 10-15 (1)
T2	Extra (1)	Con aire (2)	Japonés 10-15 (1)
T3	Extra (1)	Sin aire (1)	Europeo (2)
T4	Extra (1)	Con aire (2)	Europeo (2)
T5	Súper (2)	Sin aire (1)	Japonés 10-15 (1)
T6	Súper (2)	Con aire (2)	Japonés 10-15 (1)
T7	Súper (2)	Sin aire (1)	Europeo (2)
T8	Súper (2)	Con aire (2)	Europeo (2)

Fuente: Puebla (2021)

Con el uso de las herramientas antes mencionadas se realiza el diseño factorial multinivel para la valoración de torque y potencia del automotor, los aspectos que se toman en cuenta son el combustible y aire acondicionado. En cada uno de ellos se identifican dos niveles, así como se detalla en la Tabla 7.

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Tabla 7**

*Variables de respuesta del diseño experimental de torque y potencia*

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>	<b>Designación</b>
Combustible	Extra	1
	Súper	2
Aire acondicionado	Sin A/C	1
	Con A/C	2

Fuente: Puebla (2021)

En la Tabla 8 se identifica las variables de respuesta de torque y potencia.

**Tabla 8**

*Variables de respuesta del diseño experimental de torque y potencia*

<b>Respuesta</b>	<b>Unidades</b>
Torque	N*m
Potencia	kW

Fuente: Puebla (2021)

En la Tabla 9 se identifica los diversos Tratamientos que se utilizaron en los ensayos de torque y potencia. El estudio y cotejo de los resultados se realizó empleando el software Statgraphics Centurión XVI, dentro del mismo se maneja el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95,0 % de confianza.



# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Tabla 9**

*Formación de los tratamientos*

<b>Nº</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aire acondicionado</b>
T1	Extra (1)	Sin aire (1)
T2	Extra (1)	Con aire (2)
T3	Súper (2)	Con aire (1)
T4	Súper (2)	Sin aire (2)

Fuente: Puebla (2021)

## **Resultados y Discusión**

A continuación, se analizan los resultados obtenidos en las pruebas de emisiones de gases dinámicos, estáticos y pruebas de torque y potencia al desarrollarlo con los ciclos NEDC y japonés 10-15 y utilizando dos combustibles; en los cuales se determina los factores contaminantes CO, HC y NO<sub>x</sub> y el torque y potencia máximo en cada uno de los ciclos y alternando el combustible.

### **Resultados de Pruebas estáticas con ciclo japonés 10-15**

#### *Emisiones de gases pruebas estáticas*

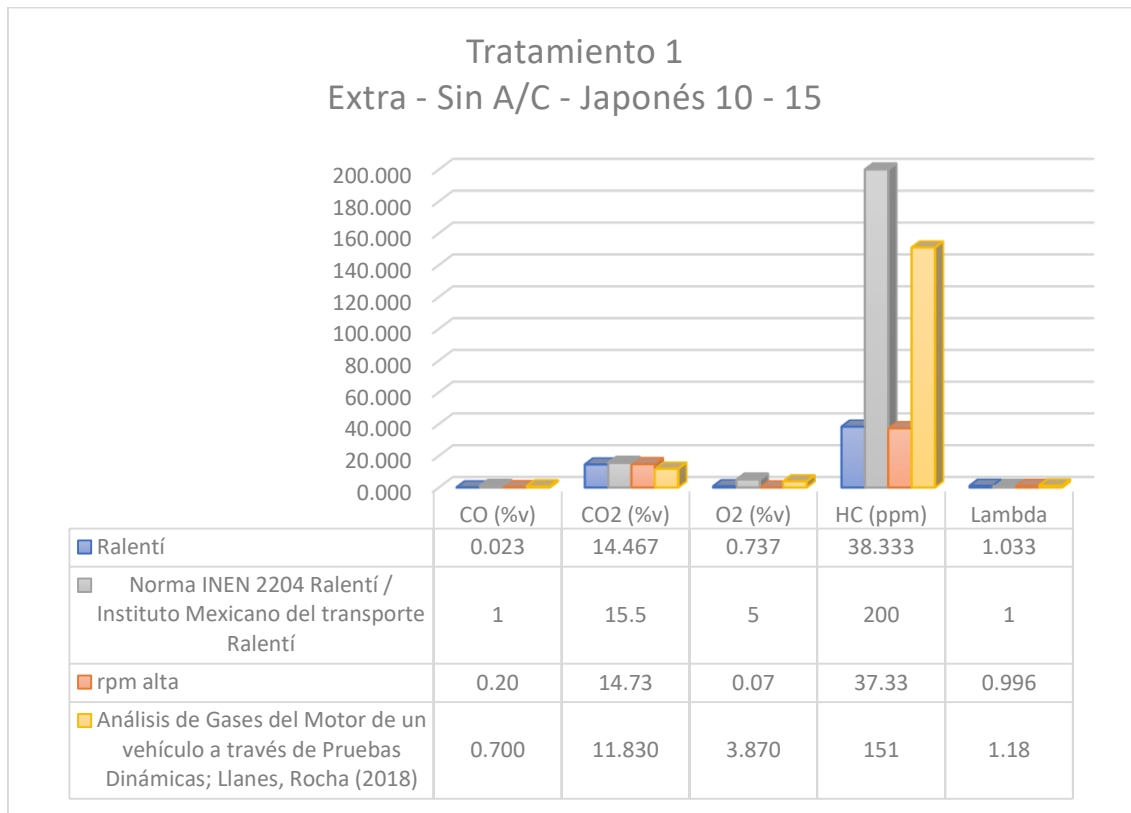
##### **Tratamiento 1**

Los valores obtenidos al realizar las pruebas estáticas de emisiones de gases en el ciclo japonés 10-15, se indican en la figura 19, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente. En este Tratamiento se utiliza el combustible Extra y sin presencia de Aire Acondicionado.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 19**

*Prueba Estática. Tratamiento 1*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 19, se nota claramente las concentraciones de CO, cuando el vehículo se encuentra ralenti el porcentaje se mantiene en 0.023% y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido es de 1% ayudando a verificar que se encuentren dentro sus límites , pero al analizar las concentraciones a rpm alta se visualiza un aumento al 0.2%, según Llanes, Rocha (2018) en un análisis a un vehículo Nissan Sentra 1.6 a 2500 rpm presentan un 0.7%. En las emisiones de CO<sub>2</sub>, presenta un valor en ralenti de 14.467 % y como menciona Sánchez Vela (2019) en Revisión de la Normativa Internacional sobre Límites de Emisiones Contaminantes de Vehículos de Carretera se permite un máximo de 15.5%, al momento de analizar las concentraciones en rpm alta se obtiene un valor de 14.73% , por otro parte en el artículo de Llanes,

## **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

Rocha (2018) menciona obtener un valor de 11.83%. En las concentraciones de O<sub>2</sub>, el valor en ralentí obtenido en el tratamiento es de 0.737% y según el Instituto Mexicano del Transporte no debe exceder de un 5%, al examinar su comportamiento en rpm alta disminuye a 0.07% y en el estudio desarrollado por Llanes, Rocha (2018) presentan un porcentaje de 3.87%. Para las emisiones de HC, en ralentí presentan 38.33 ppm para el tratamiento y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido de concentraciones de HC es de 200 ppm y al verificarlo en rpm alta tenemos un valor de 37.33 ppm.

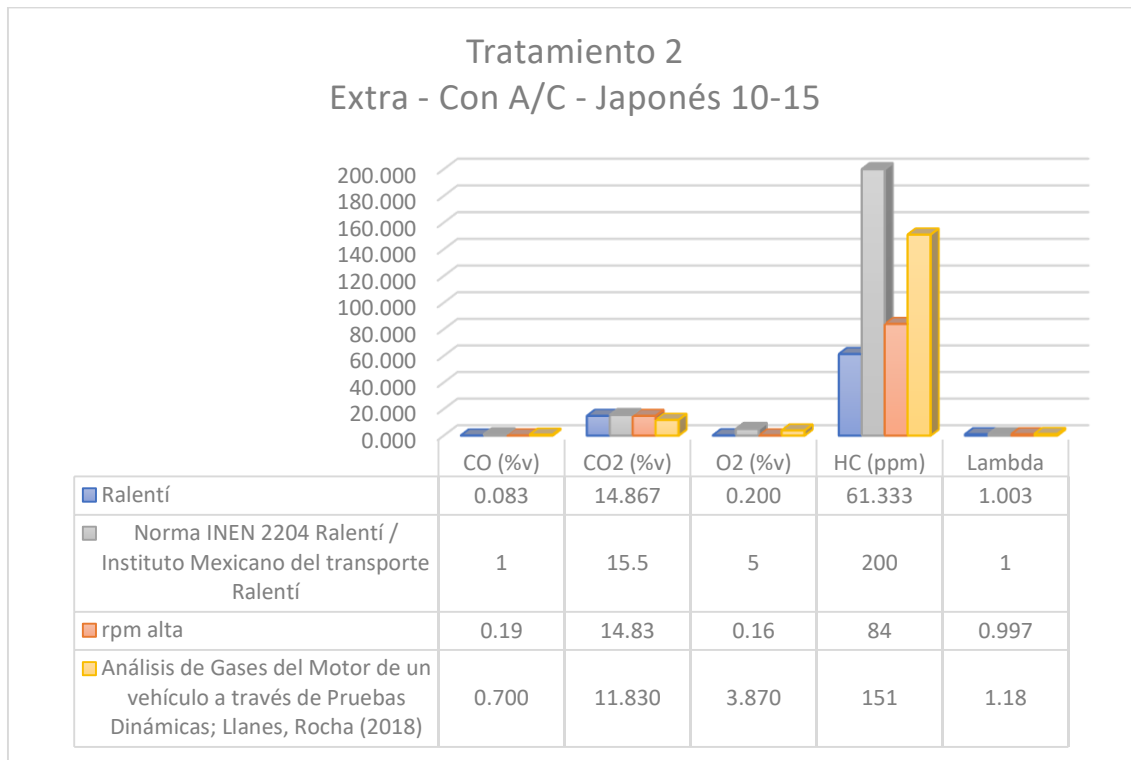
### **Tratamiento 2**

Los valores obtenidos al realizar las pruebas estáticas de emisiones de gases en el ciclo japonés 10-15 empleando el tratamiento 2 el cual consta de utilizar combustible Extra y con presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 20, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 20**

*Prueba Estática. Tratamiento 2*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 20, se nota claramente las concentraciones de CO, cuando el vehículo se encuentra ralenti el porcentaje se mantiene en 0.083% y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido es de 1% ayudando a verificar que se encuentren dentro sus límites , pero al analizar las concentraciones a rpm alta se visualiza un aumento al 0.19%, según Llanes, Rocha (2018) en un análisis a un vehículo Nissan Sentra 1.6 a 2500 rpm presentan un 0.7%. En las emisiones de CO<sub>2</sub>, presenta un valor en ralenti de 14.867% y como menciona Sánchez Vela (2019) en Revisión de la Normativa Internacional sobre Límites de Emisiones Contaminantes de Vehículos de Carretera se permite un máximo de 15.5%, al momento de analizar las concentraciones en rpm alta se obtiene un valor de 14.83% , por otro parte en el artículo de Llanes, Rocha(2018) menciona obtener un valor de 11.83%. En las concentraciones de O<sub>2</sub>, el

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

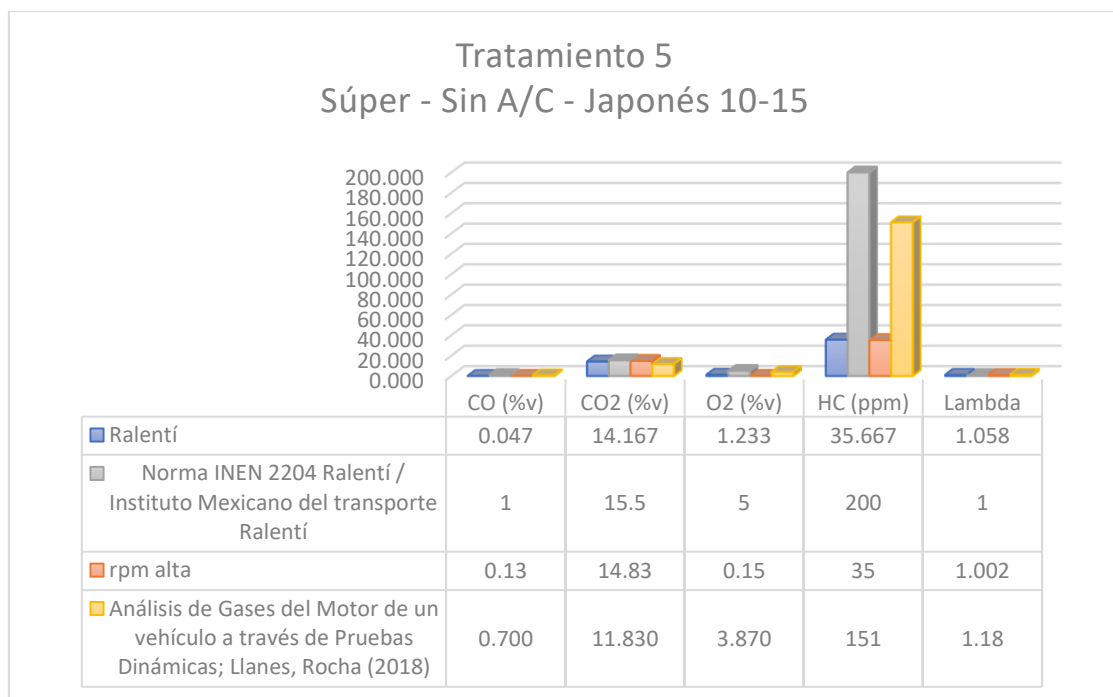
valor en ralentí obtenido en el tratamiento es de 0.2% y según el Instituto Mexicano del Transporte no debe exceder de un 5%, al examinar su comportamiento en rpm alta disminuye a 0.16% y en el estudio desarrollado por Llanes, Rocha (2018) presentan un porcentaje de 3.87%. Para las emisiones de HC, en ralentí presentan 61.33 ppm para el tratamiento y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido de concentraciones de HC es de 200 ppm y al verificarlo en rpm alta tenemos un valor de 84 ppm.

### Tratamiento 5

Los valores obtenidos al realizar las pruebas estáticas de emisiones de gases en el ciclo japonés 10-15 empleando el tratamiento 5 el cual consta de utilizar combustible Súper y sin presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 21, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente.

**Figura 21**

*Prueba Estática. Tratamiento 5*



Fuente: Puebla (2021)

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

En la figura 21, se nota claramente las concentraciones de CO, cuando el vehículo se encuentra en ralentí el porcentaje se mantiene en 0.047% y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido es de 1% ayudando a verificar que se encuentren dentro de sus límites, pero al analizar las concentraciones a rpm alta se visualiza un aumento al 0.13%, según Llanes, Rocha (2018) en un análisis a un vehículo Nissan Sentra 1.6 a 2500 rpm presentan un 0.7%. En las emisiones de CO<sub>2</sub>, presenta un valor en ralentí de 14.167% y como menciona Sánchez Vela (2019) en Revisión de la Normativa Internacional sobre Límites de Emisiones Contaminantes de Vehículos de Carretera se permite un máximo de 15.5%, al momento de analizar las concentraciones en rpm alta se obtiene un valor de 14.83%, por otro parte en el artículo de Llanes, Rocha(2018) menciona obtener un valor de 11.83%. En las concentraciones de O<sub>2</sub>, el valor en ralentí obtenido en el tratamiento es de 0.1233% y según el Instituto Mexicano del Transporte no debe exceder de un 5%, al examinar su comportamiento en rpm alta aumenta a 0.15% y en el estudio desarrollado por Llanes, Rocha (2018) presentan un porcentaje de 3.87%. Para las emisiones de HC, en ralentí presentan 35.667 ppm para el tratamiento y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido de concentraciones de HC es de 200 ppm y al verificarlo en rpm alta tenemos un valor de 35 ppm.

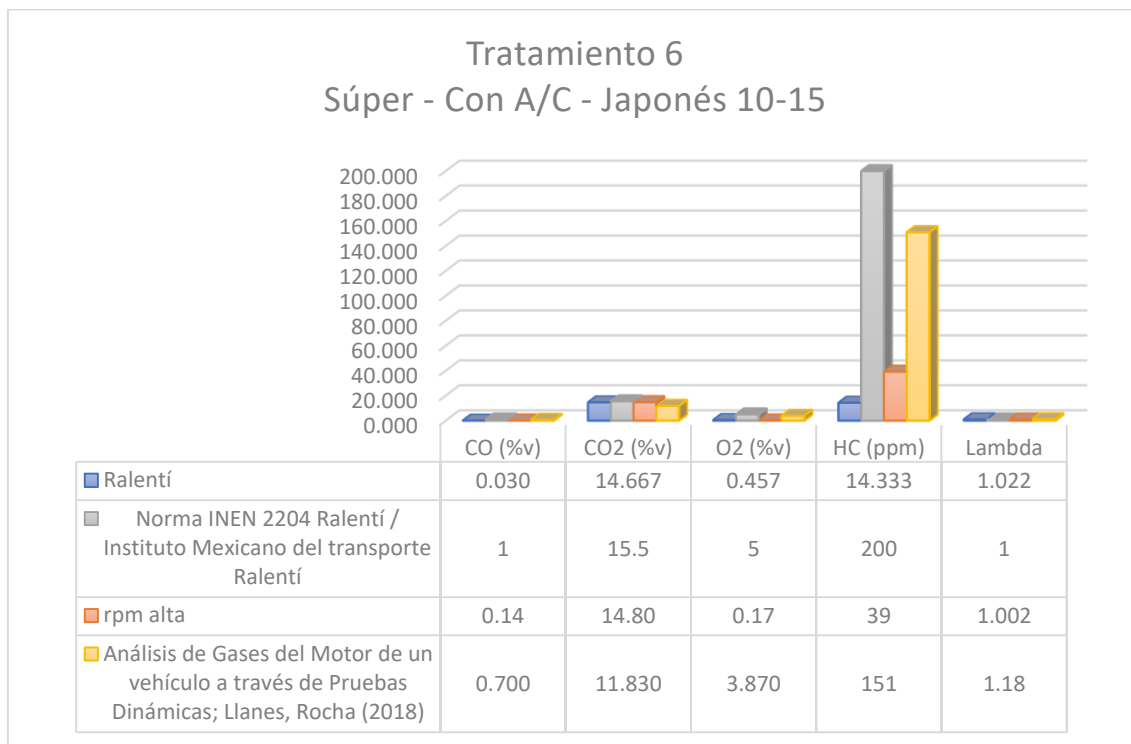
### **Tratamiento 6**

Los valores obtenidos al realizar las pruebas estáticas de emisiones de gases en el ciclo japonés 10-15 empleando el tratamiento 6 el cual consta de utilizar combustible Súper y con presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 22, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 22**

*Prueba Estática. Tratamiento 6*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 22, se nota claramente las concentraciones de CO, cuando el vehículo se encuentra ralenti el porcentaje se mantiene en 0.030% y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido es de 1% ayudando a verificar que se encuentren dentro sus límites , pero al analizar las concentraciones a rpm alta se visualiza un aumento al 0.14%, según Llanes, Rocha (2018) en un análisis a un vehículo Nissan Sentra 1.6 a 2500 rpm presentan un 0.7%. En las emisiones de CO2, presenta un valor en ralenti de 14.667% y como menciona Sánchez Vela (2019) en Revisión de la Normativa Internacional sobre Límites de Emisiones Contaminantes de Vehículos de Carretera se permite un máximo de 15.5%, al momento de analizar las concentraciones en rpm alta se obtiene un valor de 14.80% , por otro parte en el artículo de Llanes, Rocha(2018) menciona obtener un valor de 11.83%. En las concentraciones de O2, el valor en ralenti obtenido en el tratamiento es de 0.457% y según el Instituto Mexicano

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

del Transporte no debe exceder de un 5%, al examinar su comportamiento en rpm alta disminuye a 0.17% y en el estudio desarrollado por Llanes, Rocha (2018) presentan un porcentaje de 3.87%. Para las emisiones de HC, en ralentí presentan 14.333ppm para el tratamiento y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido de concentraciones de HC es de 200 ppm y al verificarlo en rpm alta tenemos un valor de 39 ppm.

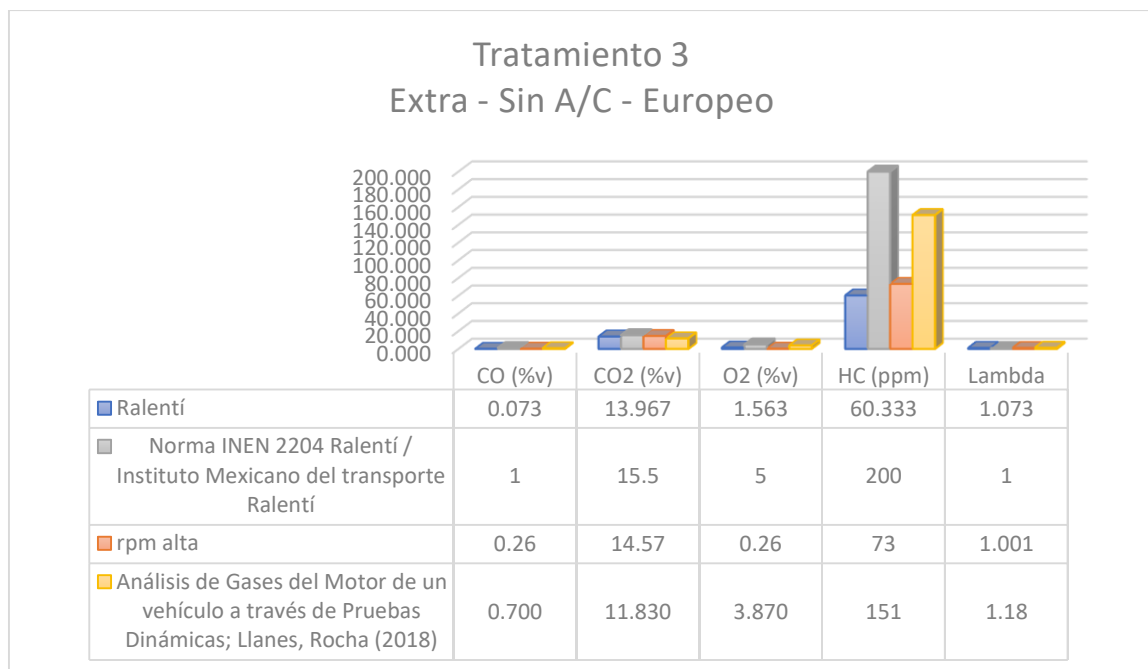
### Resultados de Pruebas estáticas con ciclo NEDC

#### Tratamiento 3

Los valores obtenidos al realizar las pruebas estáticas de emisiones de gases en el ciclo NEDC empleando el tratamiento 3 el cual consta de utilizar combustible Extra y sin presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 23, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente.

**Figura 23**

*Prueba Estática. Tratamiento 3*



Fuente: Puebla (2021)



## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

En la figura 23, se nota claramente las concentraciones de CO, cuando el vehículo se encuentra en ralentí el porcentaje se mantiene en 0.073% y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido es de 1% ayudando a verificar que se encuentren dentro de sus límites, pero al analizar las concentraciones a rpm alta se visualiza un aumento al 0.26%, según Llanes, Rocha (2018) en un análisis a un vehículo Nissan Sentra 1.6 a 2500 rpm presentan un 0.7%. En las emisiones de CO<sub>2</sub>, presenta un valor en ralentí de 13.967% y como menciona Sánchez Vela (2019) en Revisión de la Normativa Internacional sobre Límites de Emisiones Contaminantes de Vehículos de Carretera se permite un máximo de 15.5%, al momento de analizar las concentraciones en rpm alta se obtiene un valor de 14.57%, por otro parte en el artículo de Llanes, Rocha(2018) menciona obtener un valor de 11.83%. En las concentraciones de O<sub>2</sub>, el valor en ralentí obtenido en el tratamiento es de 1.563% y según el Instituto Mexicano del Transporte no debe exceder de un 5%, al examinar su comportamiento en rpm alta disminuye a 0.26% y en el estudio desarrollado por Llanes, Rocha (2018) presentan un porcentaje de 3.87%. Para las emisiones de HC, en ralentí presentan 60.333ppm para el tratamiento y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido de concentraciones de HC es de 200 ppm y al verificarlo en rpm alta tenemos un valor de 73 ppm.

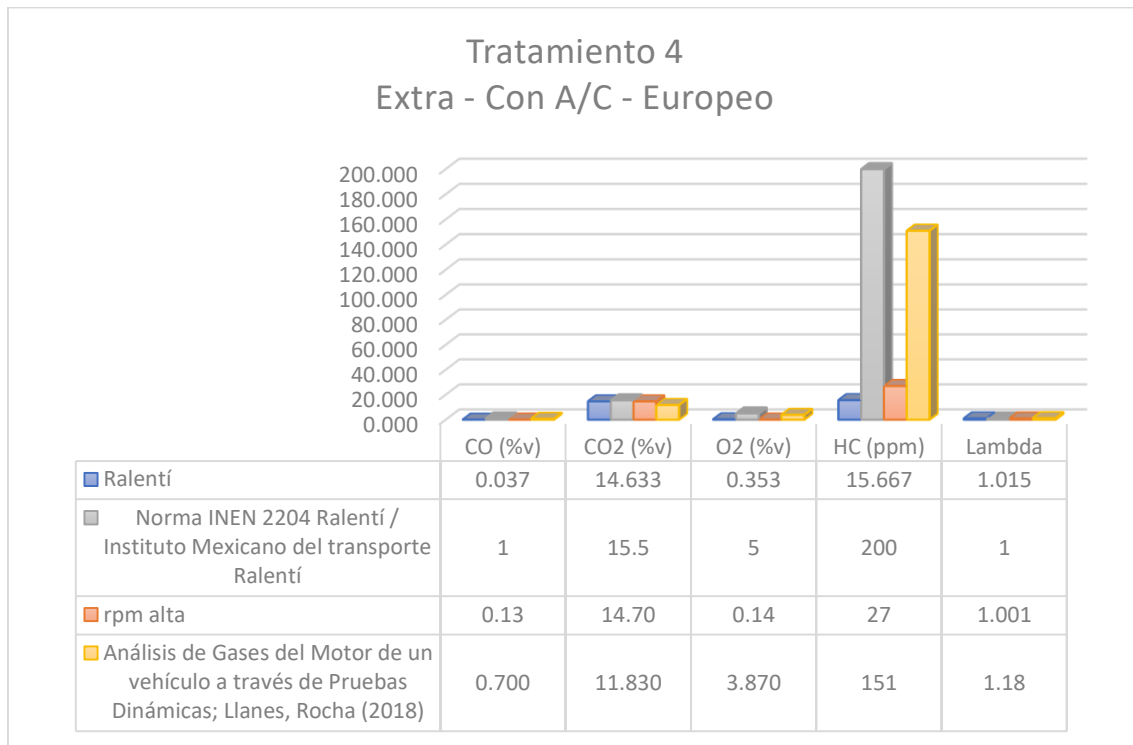
### **Tratamiento 4**

Los valores obtenidos al realizar las pruebas estáticas de emisiones de gases en el ciclo NEDC empleando el tratamiento 4 el cual consta de utilizar combustible Extra y con presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 24, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 24**

*Prueba estática. Tratamiento 4*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 24, se nota claramente las concentraciones de CO, cuando el vehículo se encuentra ralenti el porcentaje se mantiene en 0.037% y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido es de 1% ayudando a verificar que se encuentren dentro sus límites , pero al analizar las concentraciones a rpm alta se visualiza un aumento al 0.13%, según Llanes, Rocha (2018) en un análisis a un vehículo Nissan Sentra 1.6 a 2500 rpm presentan un 0.7%. En las emisiones de CO2, presenta un valor en ralenti de 14.633% y como menciona Sánchez Vela (2019) en Revisión de la Normativa Internacional sobre Límites de Emisiones Contaminantes de Vehículos de Carretera se permite un máximo de 15.5%, al momento de analizar las concentraciones en rpm alta se obtiene un valor de 14.70% , por otro parte en el artículo de Llanes, Rocha(2018) menciona obtener un valor de 11.83%. En las concentraciones de O2, el valor en ralenti obtenido en el tratamiento es de 0.353% y según el Instituto Mexicano del Transporte

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

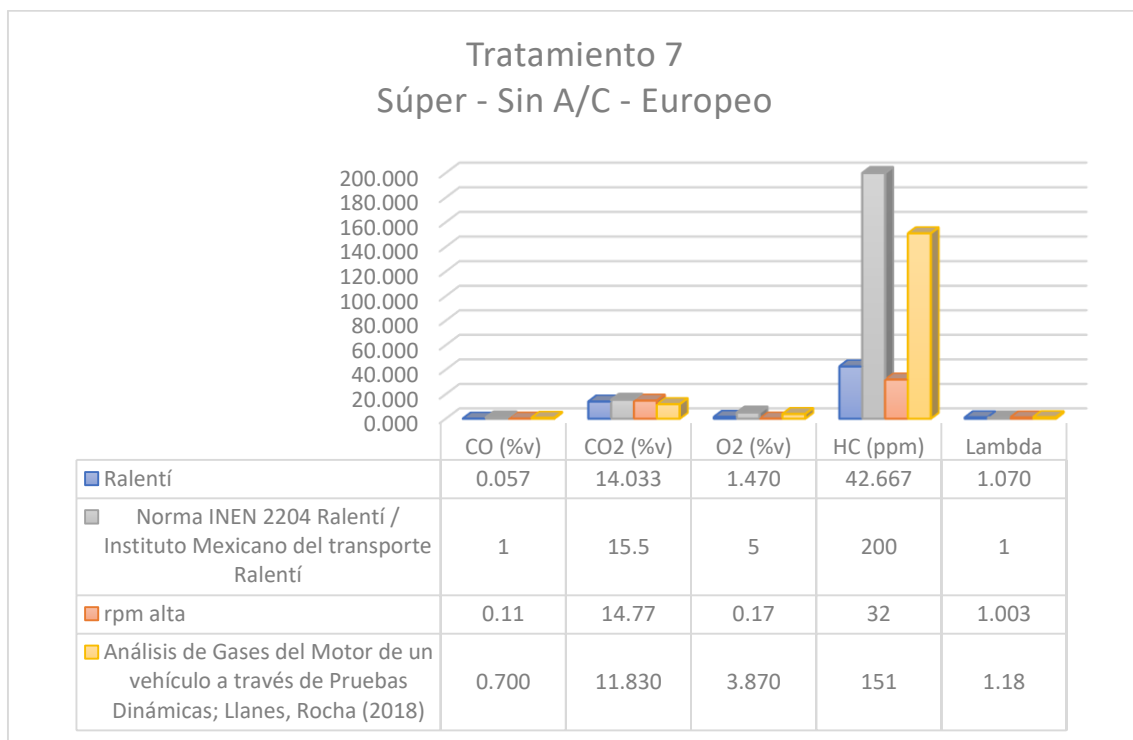
no debe exceder de un 5%, al examinar su comportamiento en rpm alta disminuye a 0.14% y en el estudio desarrollado por Llanes, Rocha (2018) presentan un porcentaje de 3.87%. Para las emisiones de HC, en ralentí presentan 15.667ppm para el tratamiento y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido de concentraciones de HC es de 200 ppm y al verificarlo en rpm alta tenemos un valor de 27 ppm.

### Tratamiento 7

Los valores obtenidos al realizar las pruebas estáticas de emisiones de gases en el ciclo NEDC empleando el tratamiento 7 el cual consta de utilizar combustible Súper y con presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 25, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente.

**Figura 25**

*Prueba estática. Tratamiento 7*



Fuente: Puebla (2021)

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

En la figura 25, se nota claramente las concentraciones de CO, cuando el vehículo se encuentra en ralentí el porcentaje se mantiene en 0.057% y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido es de 1% ayudando a verificar que se encuentren dentro de sus límites, pero al analizar las concentraciones a rpm alta se visualiza un aumento al 0.11%, según Llanes, Rocha (2018) en un análisis a un vehículo Nissan Sentra 1.6 a 2500 rpm presentan un 0.7%. En las emisiones de CO<sub>2</sub>, presenta un valor en ralentí de 14.033% y como menciona Sánchez Vela (2019) en Revisión de la Normativa Internacional sobre Límites de Emisiones Contaminantes de Vehículos de Carretera se permite un máximo de 15.5%, al momento de analizar las concentraciones en rpm alta se obtiene un valor de 14.77%, por otro parte en el artículo de Llanes, Rocha(2018) menciona obtener un valor de 11.83%. En las concentraciones de O<sub>2</sub>, el valor en ralentí obtenido en el tratamiento es de 1.470% y según el Instituto Mexicano del Transporte no debe exceder de un 5%, al examinar su comportamiento en rpm alta disminuye a 0.17% y en el estudio desarrollado por Llanes, Rocha (2018) presentan un porcentaje de 3.87%. Para las emisiones de HC, en ralentí presentan 42.667ppm para el tratamiento y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido de concentraciones de HC es de 200 ppm y al verificarlo en rpm alta tenemos un valor de 32 ppm.

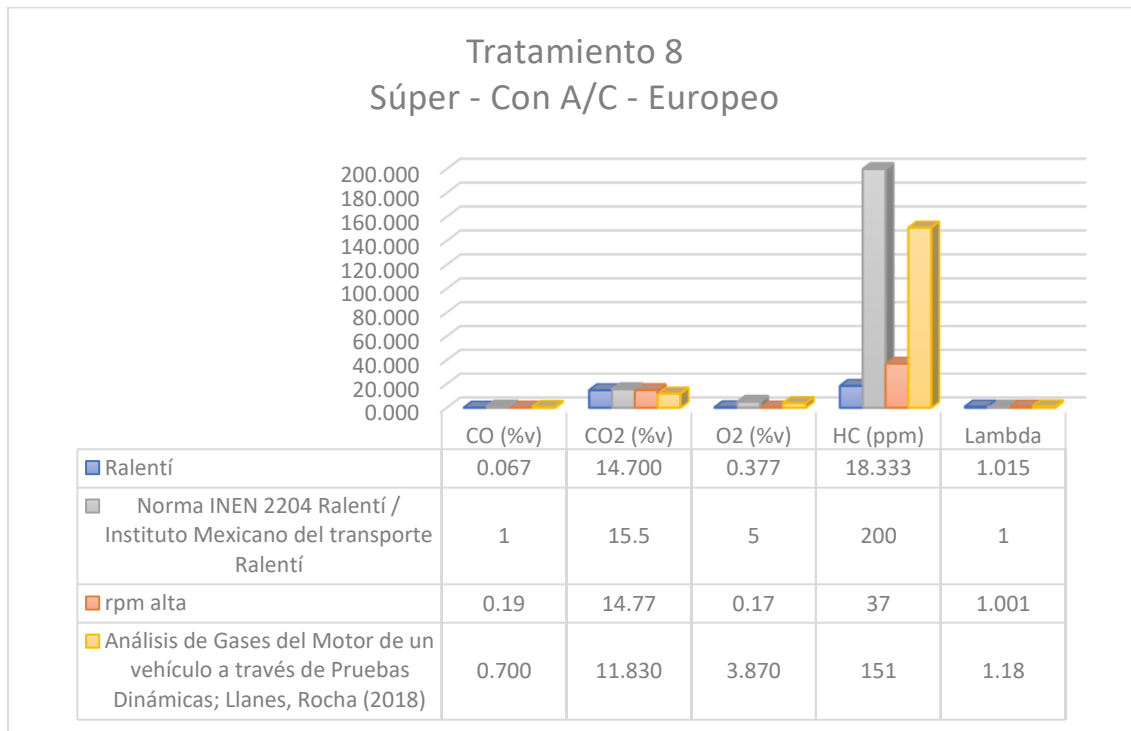
### **Tratamiento 8**

Los valores obtenidos al realizar las pruebas estáticas de emisiones de gases en el ciclo NEDC empleando el tratamiento 8 el cual consta de utilizar combustible Extra y sin presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 26, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 26**

*Prueba estática. Tratamiento 8*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 26, se nota claramente las concentraciones de CO, cuando el vehículo se encuentra ralenti el porcentaje se mantiene en 0.067% y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido es de 1% ayudando a verificar que se encuentren dentro sus límites , pero al analizar las concentraciones a rpm alta se visualiza un aumento al 0.19%, según Llanes, Rocha (2018) en un análisis a un vehículo Nissan Sentra 1.6 a 2500 rpm presentan un 0.7%. En las emisiones de CO2, presenta un valor en ralenti de 14.700% y como menciona Sánchez Vela (2019) en Revisión de la Normativa Internacional sobre Límites de Emisiones Contaminantes de Vehículos de Carretera se permite un máximo de 15.5%, al momento de analizar las concentraciones en rpm alta se obtiene un valor de 14.77% , por otro parte en el artículo de Llanes, Rocha(2018) menciona obtener un valor de 11.83%. En las concentraciones de O2, el valor en ralenti obtenido en el tratamiento es de 0.377% y según el Instituto Mexicano

## **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

del Transporte no debe exceder de un 5%, al examinar su comportamiento en rpm alta disminuye a 0.17% y en el estudio desarrollado por Llanes, Rocha (2018) presentan un porcentaje de 3.87%. Para las emisiones de HC, en ralenti presentan 18.333ppm para el tratamiento y según NTE INEN 2204 (2016) el valor máximo permitido de concentraciones de HC es de 200 ppm y al verificarlo en rpm alta tenemos un valor de 37 ppm.

### **Emisiones de gases pruebas dinámicas**

#### ***Resultados de Pruebas dinámicas con ciclo japonés 10-15***

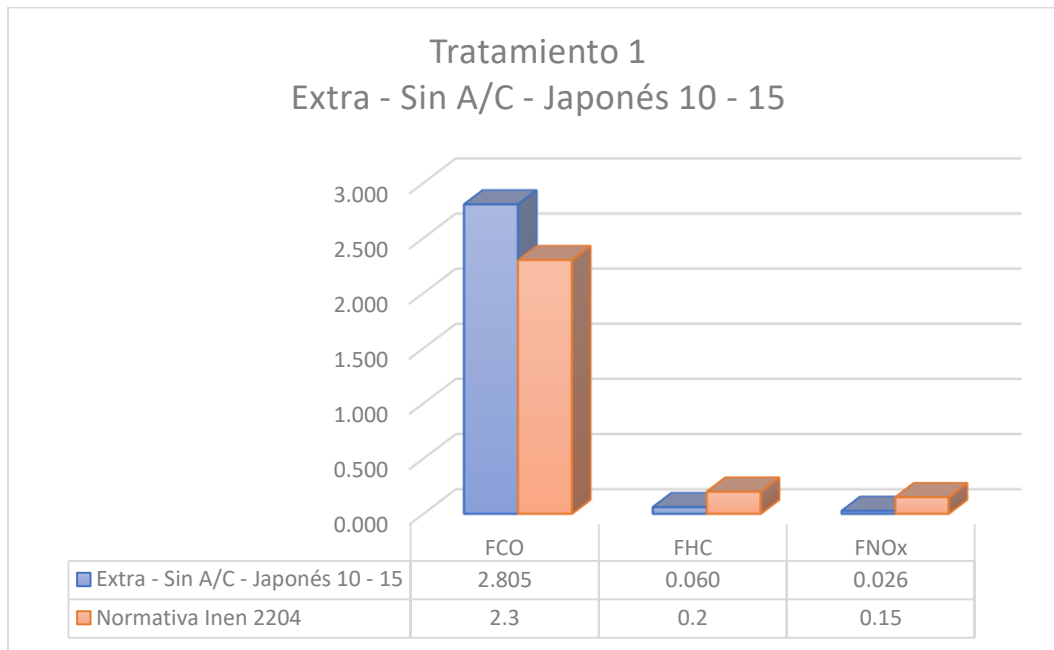
##### **Tratamiento 1**

Los valores obtenidos al realizar las pruebas dinámicas de emisiones de gases se desarrollan con el ciclo japonés 10-15 empleando el tratamiento 1 el cual consta de utilizar combustible Extra y sin presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 27, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 27**

*Pruebas Dinámicas. Tratamiento 1*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 27 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 1 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Extra y no se emplea el uso de Aire acondicionado, para el factor de CO en el tratamiento se presenta un valor de 2.805 gr/km y según NTE INEN 2204 (2016) el límite máximo permitido es de 2.3 gr/km. En el factor de HC al desarrollar la prueba se obtiene un valor de 0.060 gr/km y la norma menciona que es apto un límite máximo de 0.2 gr/km. En los factores de NOx después del realizar la prueba nos muestra un valor de 0.026 gr/km , por otra parte en la NTE INEN 2204 (2016) nos presenta que el valor máximo para este factor es de 0.15 gr/km.

## **Tratamiento 2**

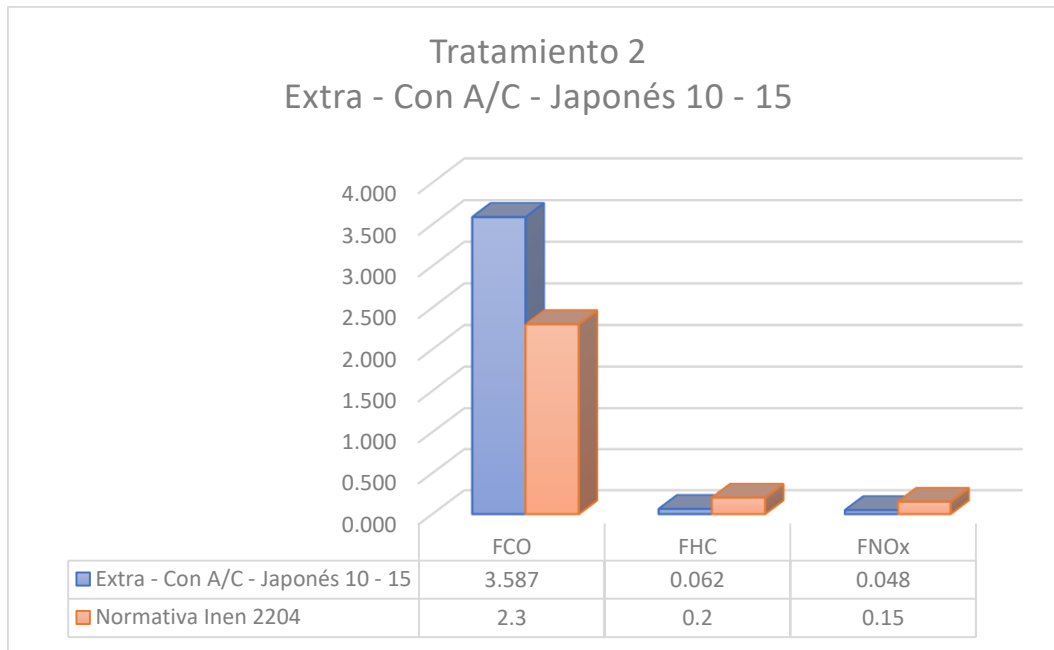
Los valores obtenidos al realizar las pruebas dinámicas de emisiones de gases se desarrollan con el ciclo japonés 10-15 empleando el Tratamiento 2 el cual consta de utilizar combustible Extra y con presencia de Aire Acondicionado como se indican en la

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

figura 28, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente.

### Figura 28

*Pruebas dinámicas. Tratamiento 2.*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 28 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 2 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Extra y se emplea el uso de Aire acondicionado, para el factor de CO en el tratamiento se presenta un valor de 3.587 gr/km y según NTE INEN 2204 (2016) el límite máximo permitido es de 2.3 gr/km. En el factor de HC al desarrollar la prueba se obtiene un valor de 0.062 gr/km y la norma menciona que es apto un límite máximo de 0.2 gr/km. En los factores de NOx después del realizar la prueba nos muestra un valor de 0.048 gr/km , por otra parte en la NTE INEN 2204 (2016) nos presenta que el valor máximo para este factor es de 0.15 gr/km.



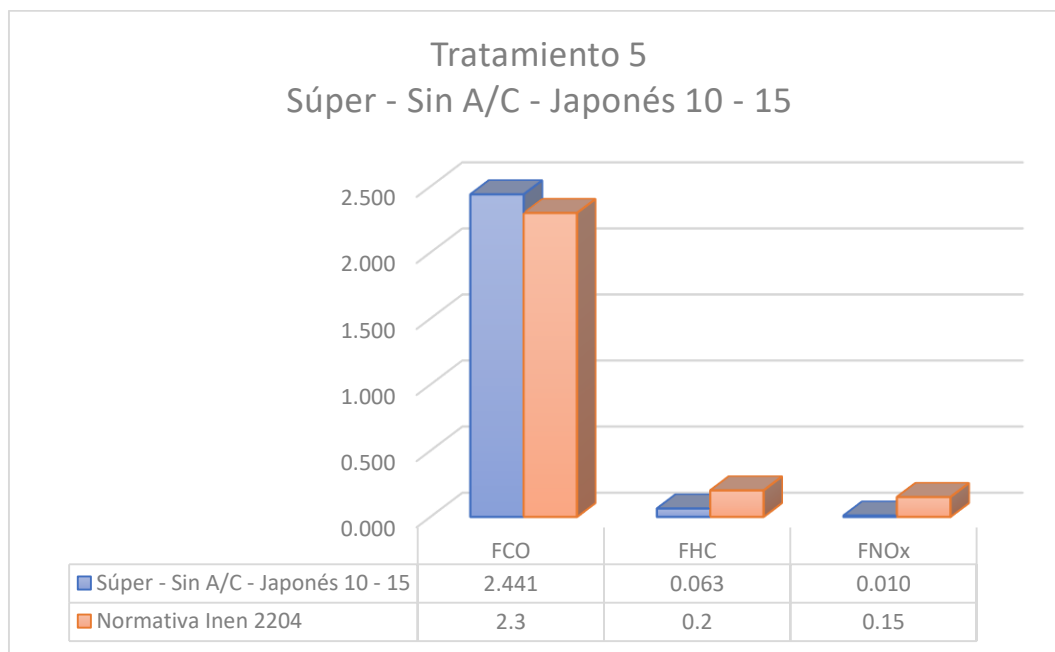
# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Tratamiento 5

Los valores obtenidos al realizar las pruebas dinámicas de emisiones de gases se desarrollan con el ciclo japonés 10-15 empleando el Tratamiento 5 el cual consta de utilizar combustible Súper y sin presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 29, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente.

### Figura 29

*Pruebas Dinámicas. Tratamiento 5*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 29 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 5 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Súper y no se emplea el uso de Aire acondicionado, para el factor de CO en el tratamiento se presenta un valor de 2.441 gr/km y según NTE INEN 2204 (2016) el límite máximo permitido es de 2.3 gr/km. En el factor de HC al desarrollar la prueba se obtiene un valor de 0.063 gr/km y la norma menciona que es apto un límite máximo de 0.2 gr/km. En los factores de NOx después

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

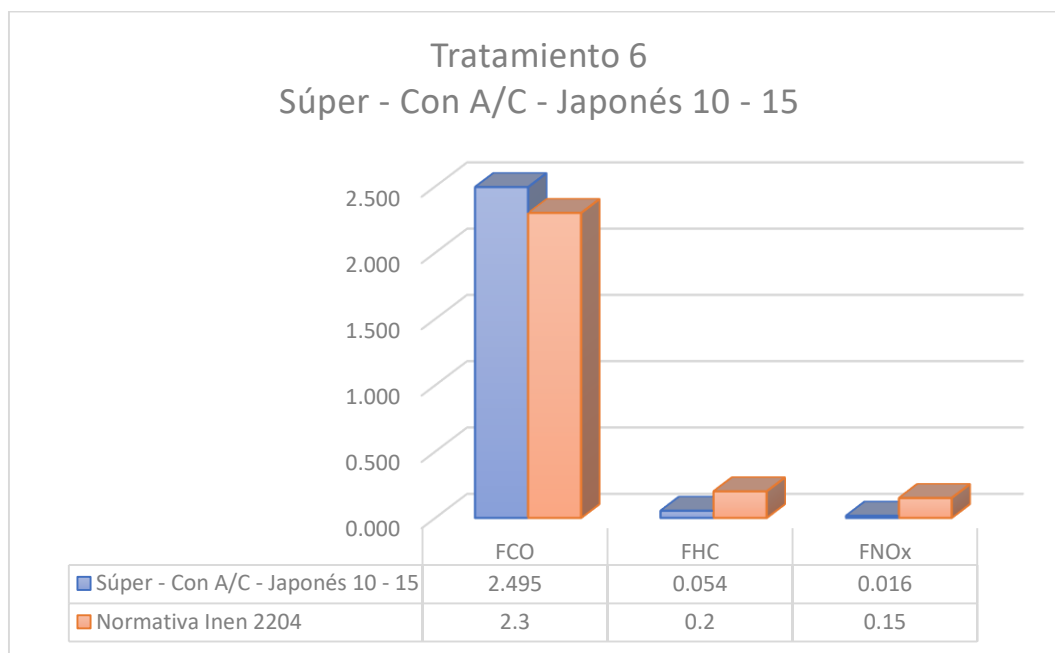
del realizar la prueba nos muestra un valor de 0.010 gr/km , por otra parte en la NTE INEN 2204 (2016) nos presenta que el valor máximo para este factor es de 0.15 gr/km.

### Tratamiento 6

Los valores obtenidos al realizar las pruebas dinámicas de emisiones de gases se desarrollan con el ciclo japonés 10-15 empleando el Tratamiento 6 el cual consta de utilizar combustible Súper y con presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 30, tomando en cuenta el protocolo de pruebas estáticas mencionado previamente.

### Figura 30

*Pruebas Dinámicas. Tratamiento 6*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 30 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 6 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Súper y se emplea el uso de Aire acondicionado, para el factor de CO en el tratamiento se presenta un valor de 2.495 gr/km y según NTE INEN 2204 (2016) el límite máximo permitido es de 2.3 gr/km. En

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

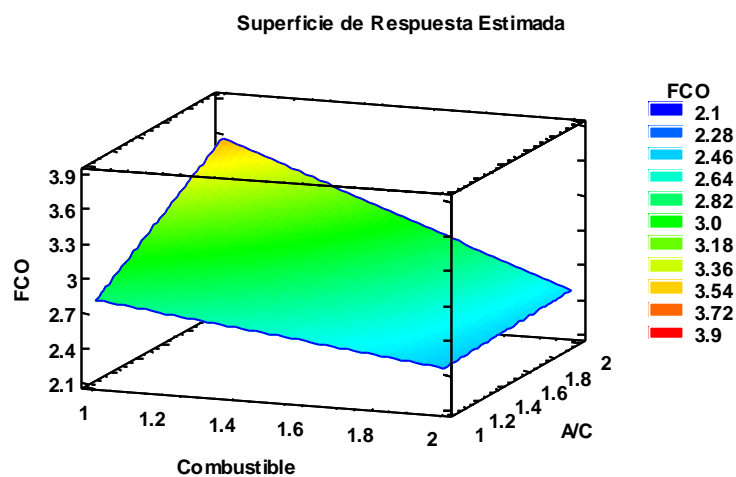
el factor de HC al desarrollar la prueba se obtiene un valor de 0.054 gr/km y la norma menciona que es apto un límite máximo de 0.2 gr/km. En los factores de NOx después del realizar la prueba nos muestra un valor de 0.016 gr/km , por otra parte en la NTE INEN 2204 (2016) nos presenta que el valor máximo para este factor es de 0.15 gr/km.

### Análisis de Superficie para factor de CO con ciclo japonés 10-15

En la figura 31 se presenta que la mejor configuración utilizada para obtener un valor bajo en las emisiones de CO es el tratamiento 5, el cual es combustible súper y sin presencia de aire acondicionado. Según Pérez Darquea (2018) se indica que el utilizar combustible súper se obtiene un menor porcentaje en emisiones de CO en relación con otros combustibles.

#### Figura 31

*Análisis de superficie, Factor de CO. Ciclo japonés, prueba dinámica.*



Fuente: Puebla (2021)

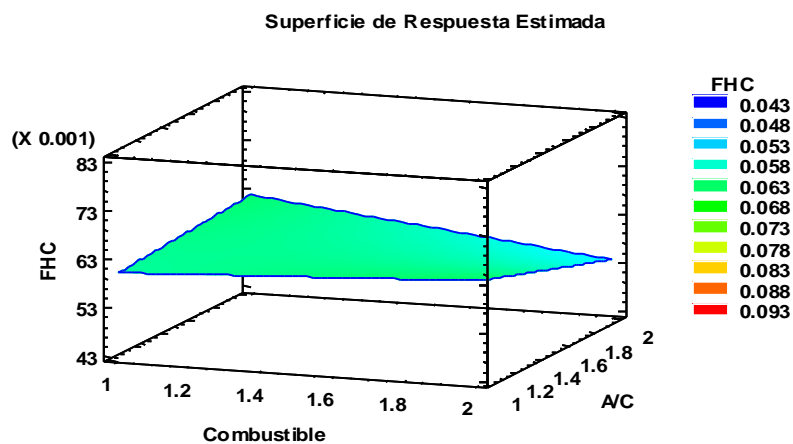
# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Análisis de Superficie para factor de HC con ciclo japonés 10-15

En la figura 32 se presenta que la mejor configuración utilizada para obtener un valor bajo en las emisiones de HC es el tratamiento 6, el cual es combustible súper y con presencia de aire acondicionado. Según Pérez & Diego (2018) menciona que el uso de combustible Súper reduce las emisiones de HC sobre otros combustibles.

**Figura 32**

*Análisis de superficie, Factor de HC. Ciclo japonés, prueba dinámica.*



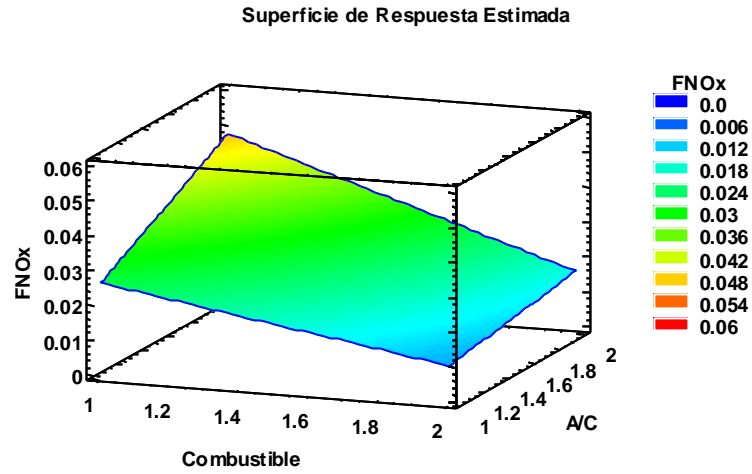
Fuente: Puebla (2021)

## Análisis de Superficie para factor de NOx con ciclo japonés 10-15

En la figura 33 se presenta que la mejor configuración utilizada para obtener un valor bajo en las emisiones de NOx es el tratamiento 5, el cual es combustible súper y sin presencia de aire acondicionado. Según Ana Elizabeth Checa Ramírez (2020) menciona que el uso de combustible Súper reduce las emisiones de NOx sobre otros combustibles.

**Figura 33**

*Análisis de superficie, Factor de NOx. Ciclo japonés, prueba dinámica.*



Fuente: Puebla (2021)

## Resultados de Pruebas dinámicas con ciclo NEDC

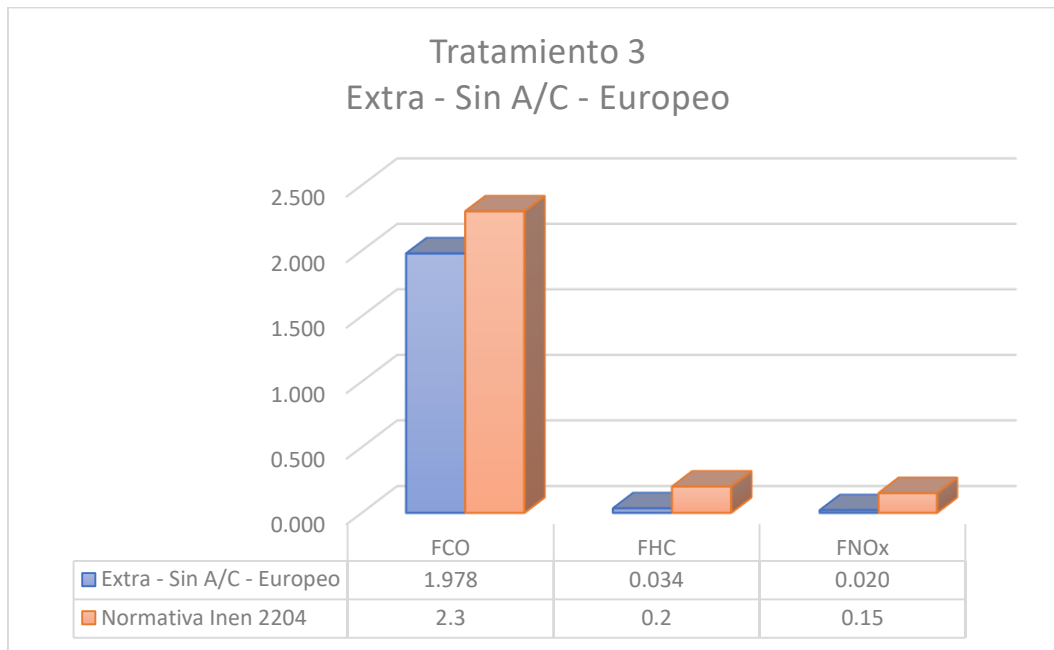
### Tratamiento 3

Los valores obtenidos al realizar las pruebas dinámicas de emisiones de gases se desarrollan con el ciclo NEDC empleando el tratamiento 3 el cual consta de utilizar combustible Extra y sin presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 34, tomando en cuenta el protocolo de pruebas dinámicas mencionado previamente.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 34**

*Pruebas Dinámicas. Tratamiento 3*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 34 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 3 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Extra y no se emplea el uso de Aire acondicionado, para el factor de CO en el tratamiento se presenta un valor de 1.978 gr/km y según NTE INEN 2204 (2016) el límite máximo permitido es de 2.3 gr/km. En el factor de HC al desarrollar la prueba se obtiene un valor de 0.034 gr/km y la norma menciona que es apto un límite máximo de 0.2 gr/km. En los factores de NOx después del realizar la prueba nos muestra un valor de 0.020 gr/km , por otra parte en la NTE INEN 2204 (2016) nos presenta que el valor máximo para este factor es de 0.15 gr/km.

## **Tratamiento 4**

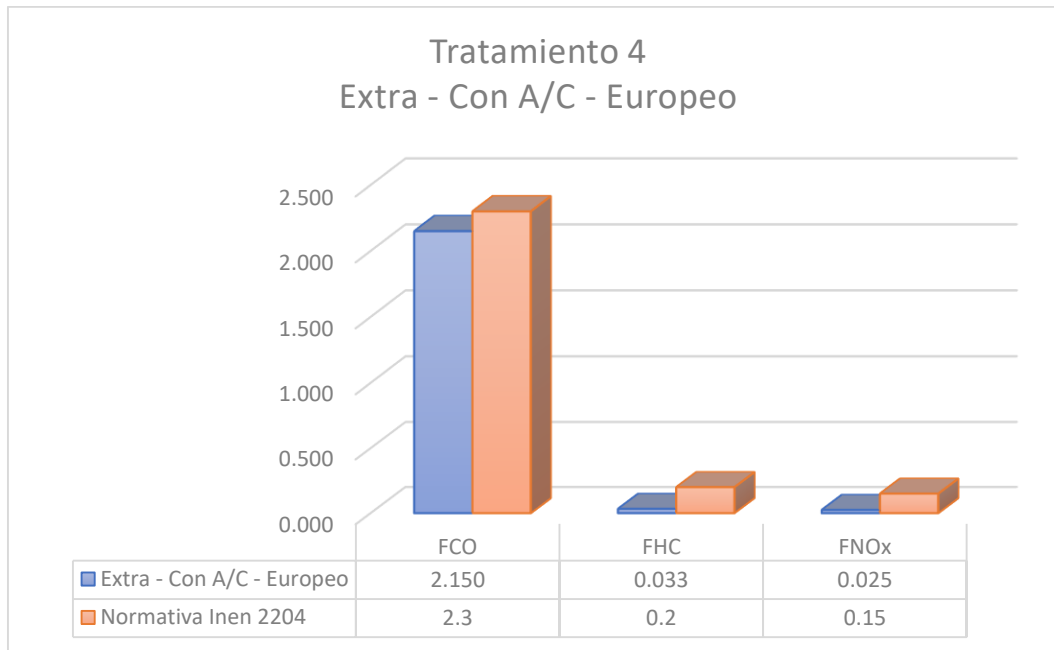
Los valores obtenidos al realizar las pruebas dinámicas de emisiones de gases se desarrollan con el ciclo NEDC empleando el Tratamiento 4 el cual consta de utilizar

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

combustible Extra y con presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 35, tomando en cuenta el protocolo de pruebas dinámicas mencionado previamente.

**Figura 35**

*Pruebas Dinámicas. Tratamiento 4*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 35 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 4 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Extra y se emplea el uso de Aire acondicionado, para el factor de CO en el tratamiento se presenta un valor de 2.150 gr/km y según NTE INEN 2204 (2016) el límite máximo permitido es de 2.3 gr/km. En el factor de HC al desarrollar la prueba se obtiene un valor de 0.033 gr/km y la norma menciona que es apto un límite máximo de 0.2 gr/km. En los factores de NOx después del realizar la prueba nos muestra un valor de 0.025 gr/km , por otra parte en la NTE INEN 2204 (2016) nos presenta que el valor máximo para este factor es de 0.15 gr/km.

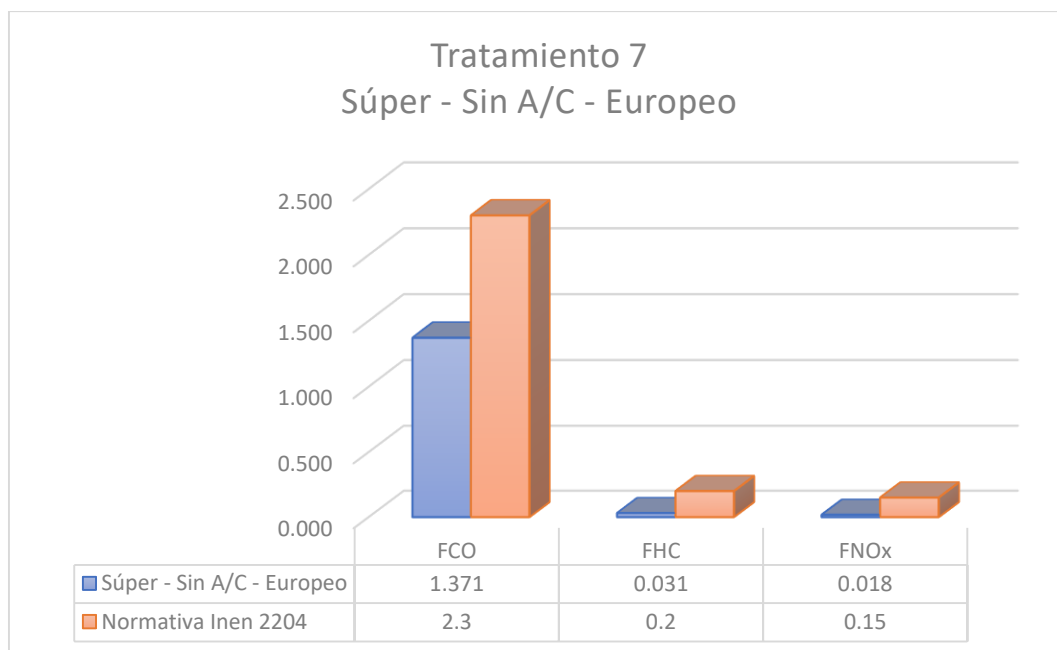
# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Tratamiento 7

Los valores obtenidos al realizar las pruebas dinámicas de emisiones de gases se desarrollan con el ciclo NEDC empleando el Tratamiento 7 el cual consta de utilizar combustible Súper y sin presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 36, tomando en cuenta el protocolo de pruebas dinámicas mencionado previamente.

**Figura 36**

*Pruebas Dinámicas. Tratamiento 7*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 36 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 7 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Súper y no se emplea el uso de Aire acondicionado, para el factor de CO en el tratamiento se presenta un valor de 1.371 gr/km y según NTE INEN 2204 (2016) el límite máximo permitido es de 2.3 gr/km. En el factor de HC al desarrollar la prueba se obtiene un valor de 0.031 gr/km y la norma menciona que es apto un límite máximo de 0.2 gr/km. En los factores de NOx después



## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

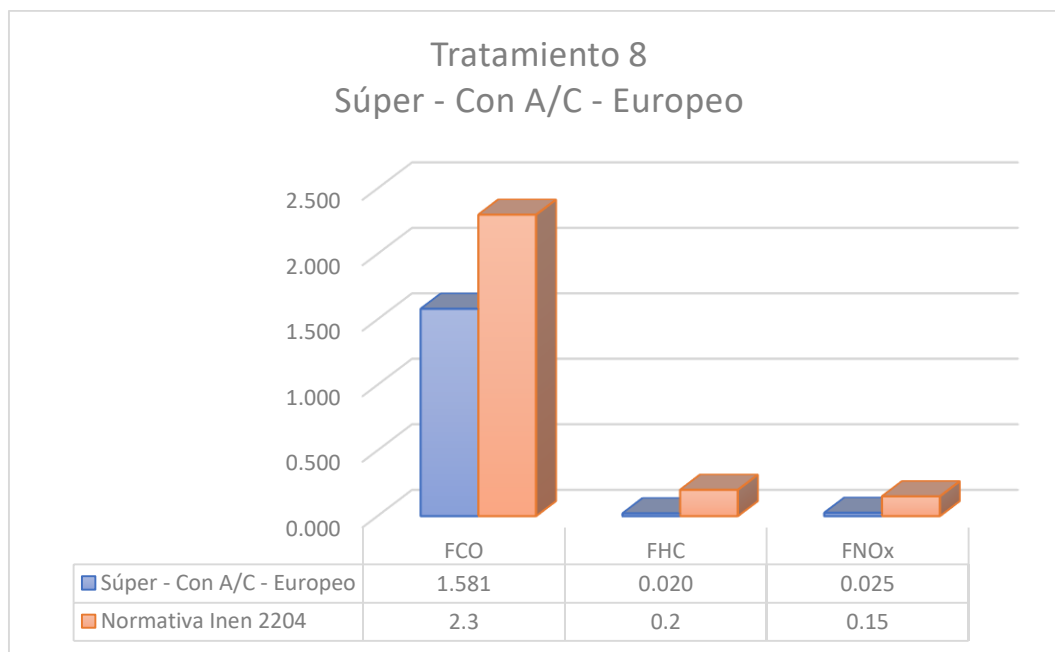
del realizar la prueba nos muestra un valor de 0.018 gr/km , por otra parte en la NTE INEN 2204 (2016) nos presenta que el valor máximo para este factor es de 0.15 gr/km.

### Tratamiento 8

Los valores obtenidos al realizar las pruebas dinámicas de emisiones de gases se desarrollan con el ciclo NEDC empleando el Tratamiento 8 el cual consta de utilizar combustible Súper y con presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 37, tomando en cuenta el protocolo de pruebas dinámicas mencionado previamente.

### Figura 37

*Pruebas Dinámicas. Tratamiento 8*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 37 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 8 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Súper y se emplea el uso de Aire acondicionado, para el factor de CO en el tratamiento se presenta un valor de 1.581 gr/km y según NTE INEN 2204 (2016) el límite máximo permitido es de 2.3 gr/km. En el factor de HC al desarrollar la prueba se obtiene un valor de 0.020 gr/km y la norma

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

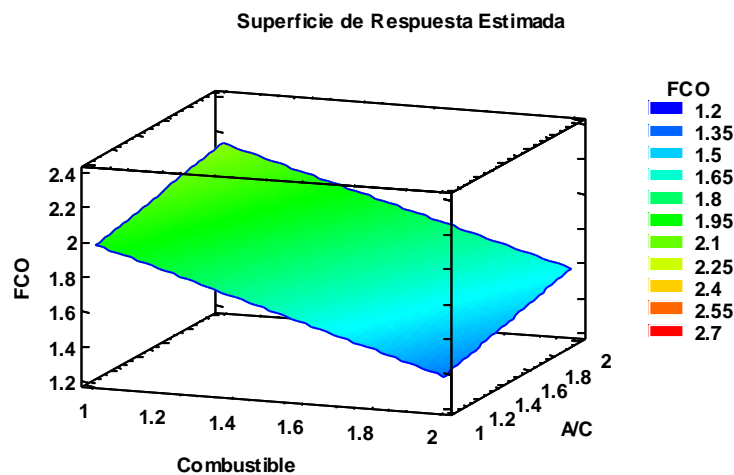
menciona que es apto un límite máximo de 0.2 gr/km. En los factores de NOx después del realizar la prueba nos muestra un valor de 0.025 gr/km , por otra parte en la NTE INEN 2204 (2016) nos presenta que el valor máximo para este factor es de 0.15 gr/km.

### Análisis de Superficie para factor de CO con ciclo NEDC

En la figura 38 se presenta que la mejor configuración utilizada para obtener un valor bajo en las emisiones de CO es el tratamiento 7, el cual es combustible súper y sin presencia de aire acondicionado. Como menciona Guzmán (2018) en el cual indica que el utilizar combustible súper se obtiene un menor porcentaje en emisiones de CO en relación con otros combustibles.

### Figura 38

*Análisis de superficie, Factor de CO. Ciclo NEDC, prueba dinámica*



Fuente: Puebla (2021)

### Análisis de Superficie para factor de HC con ciclo NEDC

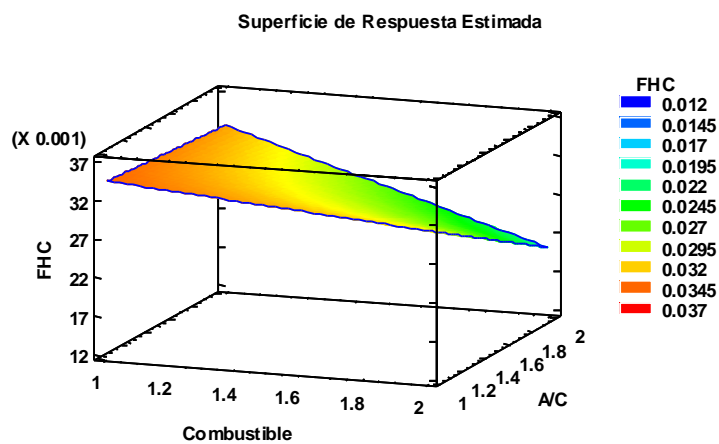
En la figura 39 se presenta que la mejor configuración utilizada para obtener un valor bajo en las emisiones de HC es el tratamiento 8, el cual es combustible súper y

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

con presencia de aire acondicionado. De acuerdo a lo expresado por Pérez & Diego (2018) indica que el utilizar combustible súper se obtiene un menor porcentaje en emisiones de HC en relación con otros combustibles.

### Figura 39

*Análisis de superficie, Factor de HC. Ciclo NEDC, prueba dinámica*



Fuente: Puebla (2021)

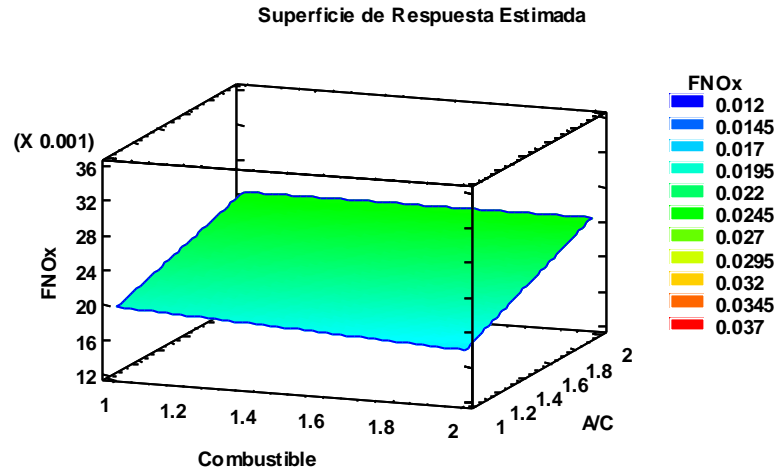
### Análisis de Superficie para factor de NOx con ciclo NEDC

En la figura 40 se presenta que la mejor configuración utilizada para obtener un valor bajo en las emisiones de NOx es el tratamiento 7, el cual es combustible súper y con presencia de aire acondicionado. Según Guzmán (2018) indica que el utilizar combustible súper se obtiene un menor porcentaje en emisiones de NOx en relación con otros combustibles.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 40**

*Análisis de superficie, Factor de NOx. Ciclo NEDC, prueba dinámica*



Fuente: Puebla (2021)

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Comparación de Factor CO

En la Tabla 10 se establecen los parámetros de medición de mayor a menor de acuerdo a la efectividad y eficiencia de los distintos tratamientos empleados en el presente estudio de emisión de gases, en el presente caso se analiza el CO.

**Tabla 10**

*Rangos de eficiencia de tratamientos (de menor a mayor) de factor de CO*

<hr/>			
	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos</i>
<hr/>			
<i>Homogéneos</i>			
<hr/>			
T7	3	1.37133	X
T8	3	1.581	X
T3	3	1.978	X
T4	3	2.15033	X
T5	3	2.44067	X
T6	3	2.49533	X
T1	3	2.80467	X
T2	3	3.587	X

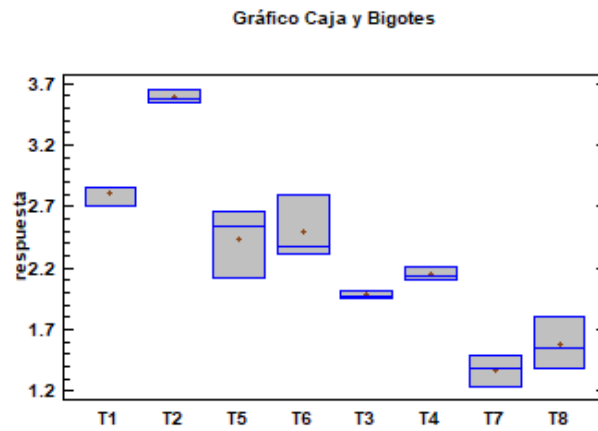
---

Fuente: Puebla (2021)

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 41**

*Comparación Caja y bigote de factor CO.*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 41, se observa que el Factor de Emisión del CO para los tratamientos 1 (Extra - Sin A/C - japonés 10 – 15) y 2 (Extra - Con A/C - japonés 10 – 15) se encuentran en 2,804 gr/km y 3,587 gr/km siendo los tratamientos que presentan una mayor cantidad de emisiones, por otra parte, los tratamientos 7 (Súper - Sin A/C – europeo) y 8 (Súper - Con A/C – europeo) emiten una media de 1,37 km/gr y 1,58 km/gr siendo los tratamientos que menos agentes contaminantes emiten de CO.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Comparación de Factor HC

En la Tabla 11 se establecen los parámetros de medición de mayor a menor de acuerdo a la efectividad y eficiencia de los distintos tratamientos empleados en el presente estudio de emisión de gases, en el presente caso se analiza el HC.

**Tabla 11**

*Rangos de eficiencia de tratamientos (de menor a mayor) de factor de HC*

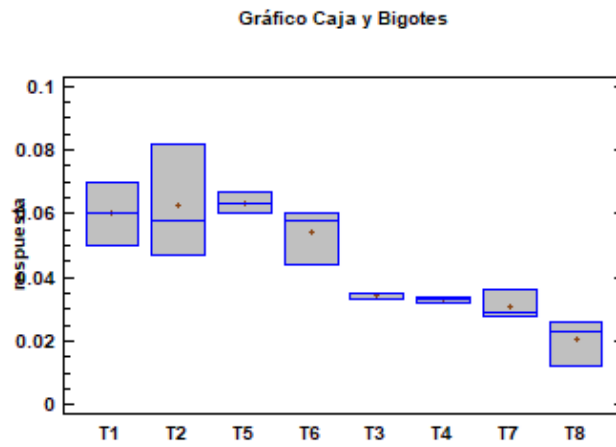
	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos</i>
			<i>Homogéneos</i>
T8	3	0.0203333	X
T7	3	0.031	X
T4	3	0.033	X
T3	3	0.0343333	X
T6	3	0.054	X
T1	3	0.06	X
T2	3	0.0623333	X
T5	3	0.0633333	X

Fuente: Puebla (2021)

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 42**

*Comparación caja y bigote de factor HC*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 42, se observa que el Factor de Emisión del HC para los tratamientos 5 (Súper - Sin A/C - japonés 10 – 15) y 2 (Extra - Con A/C - japonés 10 – 15) se encuentran en 0,0633 gr/km y 0,0623 gr/km siendo los tratamientos que presentan una mayor cantidad de emisiones, por otra parte, los tratamientos 8 (Súper - Con A/C – europeo) y 7 (Súper - Sin A/C – europeo) emiten una media de 0,0203 km/gr y 0,031 km/gr siendo los tratamientos que menos agentes contaminantes emiten de HC.



# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Comparación de Factor NOx

En la Tabla 12 se establecen los parámetros de medición de mayor a menor de acuerdo a la efectividad y eficiencia de los distintos tratamientos empleados en el presente estudio de emisión de gases, en el presente caso se analiza el NOx.

**Tabla 12**

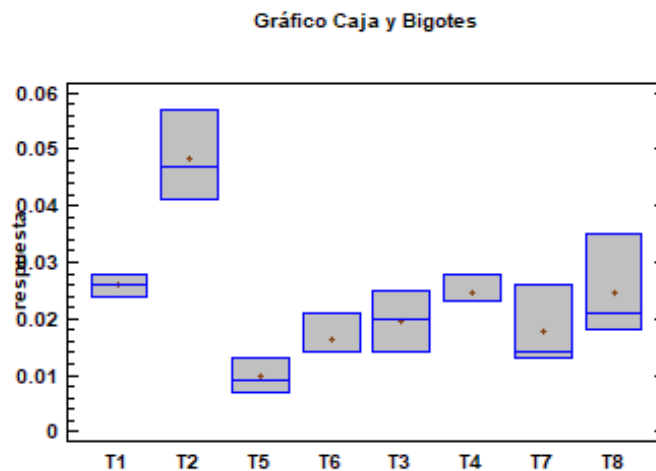
*Rangos de eficiencia de tratamientos (de menor a mayor) de factor de NOx*

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos</i>
			<i>Homogéneos</i>
T5	3	0.00966667	X
T6	3	0.01633333	XX
T7	3	0.01766667	XX
T3	3	0.01966667	XX
T4	3	0.02466667	X
T8	3	0.02466667	X
T1	3	0.026	X
T2	3	0.04833333	X

Fuente: Puebla (2021)

**Figura 43**

*Comparación caja y bigote de factor NOx*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 43, se observa que el Factor de Emisión del NOx para los tratamientos 2 (Extra - Sin A/C - japonés 10 – 15) y 1 (Extra - Con A/C - japonés 10 – 15) se encuentran en 0,0483 gr/km y 0,026 gr/km siendo los tratamientos que presentan una mayor cantidad de emisiones, por otra parte, los tratamientos 5 (Súper - Sin A/C - japonés 10 – 15) y 6 (Súper - Con A/C - japonés 10 – 15) emiten una media de 0,0096 km/gr y 0,0163 km/gr siendo los tratamientos que menos agentes contaminantes emiten de NOx.

## **Resultados de Pruebas de Torque y Potencia**

Los valores obtenidos para determinar el torque y la potencia del vehículo se indican en las figuras 44-47, tomando en cuenta el protocolo de pruebas de Torque y Potencia mencionado previamente.

En los resultados se dispone de 4 tratamientos, en lo cual lo que varía es el tipo de combustible y si se utiliza o no el aire acondicionado del vehículo.

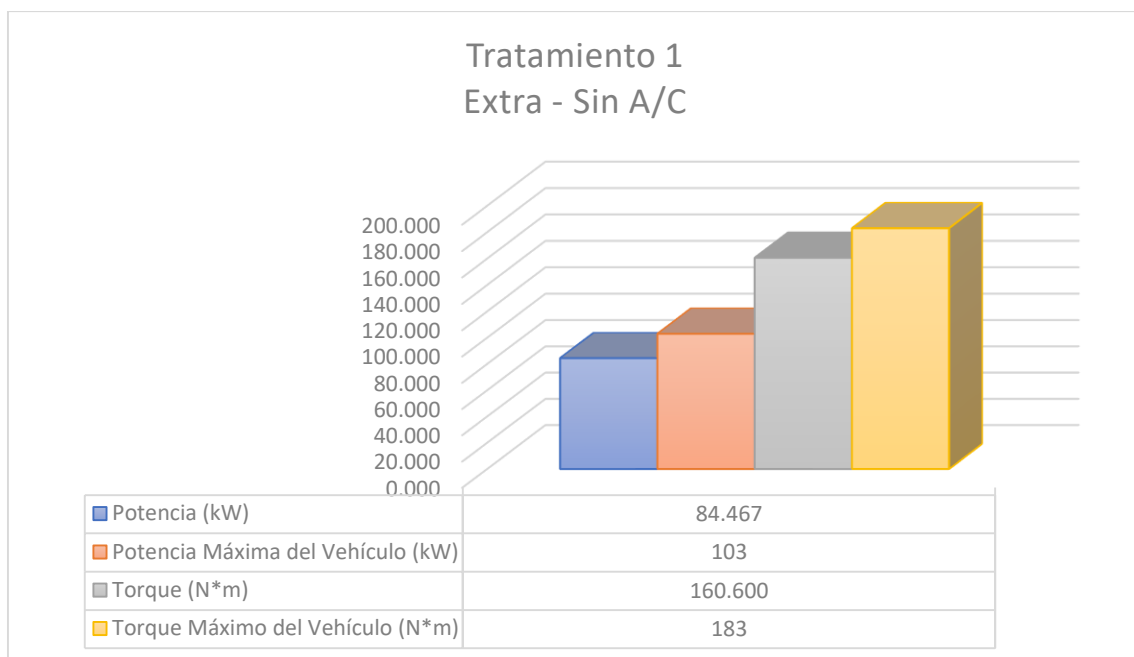
# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Tratamiento 1

Los valores obtenidos al realizar las pruebas de Torque y Potencia se desarrollan con el Tratamiento 1 el cual consta de utilizar combustible Extra y sin presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 44, tomando en cuenta el protocolo de pruebas de Torque y Potencia mencionado previamente.

### Figura 44

*Pruebas de Torque y Potencia. Tratamiento 1*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 44 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 1 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Extra y no se emplea el uso de Aire acondicionado, al analizar la potencia del vehículo en los ensayos se obtiene un valor de 84,46 kW y la potencia máxima del vehículo según la ficha técnica es de 103 kW. Para el análisis del Torque, en los ensayos desarrollados en el laboratorio se obtiene un valor de 160,6 N\*m y en la ficha técnica del vehículo menciona que su torque máximo es de 183 N\*m.

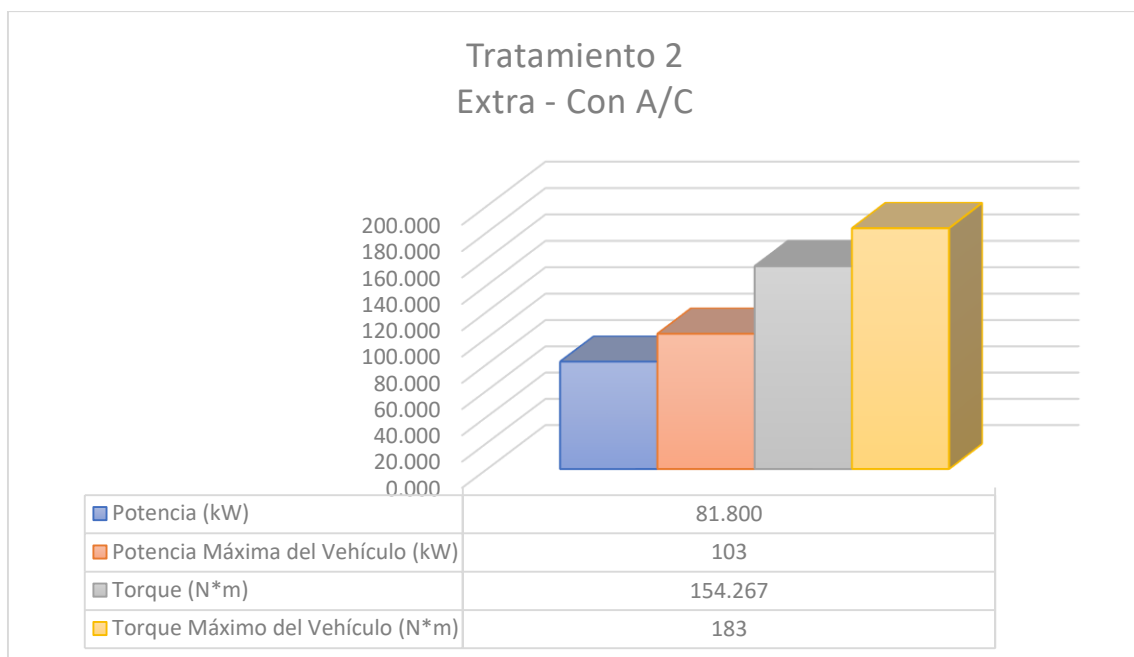
# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Tratamiento 2

Los valores obtenidos al realizar las pruebas de Torque y Potencia se desarrollan con el Tratamiento 2 el cual consta de utilizar combustible Extra y con presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 45, tomando en cuenta el protocolo de pruebas de Torque y Potencia mencionado previamente.

**Figura 45**

*Pruebas de Torque y Potencia. Tratamiento 2*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 45 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 2 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Extra y se emplea el uso de Aire acondicionado, al analizar la potencia del vehículo en los ensayos se obtiene un valor de 81,80 kW y la potencia máxima del vehículo según la ficha técnica es de 103 kW. Para el análisis del Torque, en los ensayos desarrollados en el laboratorio se obtiene un valor de 154,267 N\*m y en la ficha técnica del vehículo menciona que su torque máximo es de 183 N\*m.

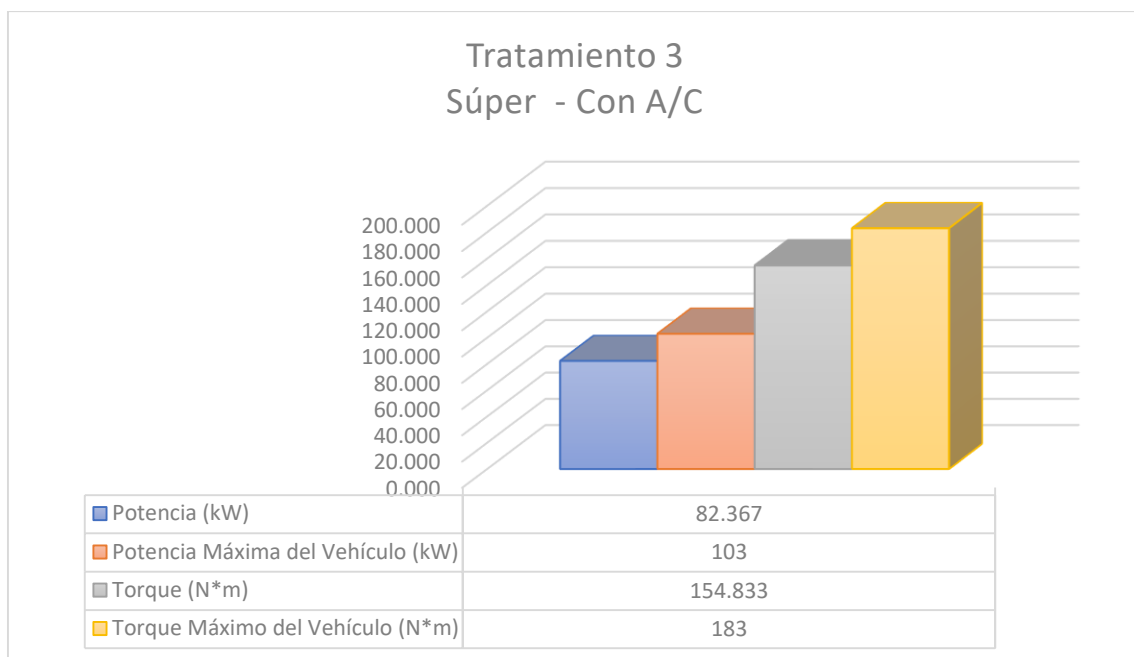
# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Tratamiento 3

Los valores obtenidos al realizar las pruebas de Torque y Potencia se desarrollan con el Tratamiento 3 el cual consta de utilizar combustible Súper y con presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 46, tomando en cuenta el protocolo de pruebas de Torque y Potencia mencionado previamente.

**Figura 46**

*Pruebas de Torque y Potencia. Tratamiento 3*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 46 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 3 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Súper y se emplea el uso de Aire acondicionado, al analizar la potencia del vehículo en los ensayos se obtiene un valor de 82,367 kW y la potencia máxima del vehículo según la ficha técnica es de 103 kW. Para el análisis del Torque, en los ensayos desarrollados en el laboratorio se obtiene un valor de 154,833 N\*m y en la ficha técnica del vehículo menciona que su torque máximo es de 183 N\*m.

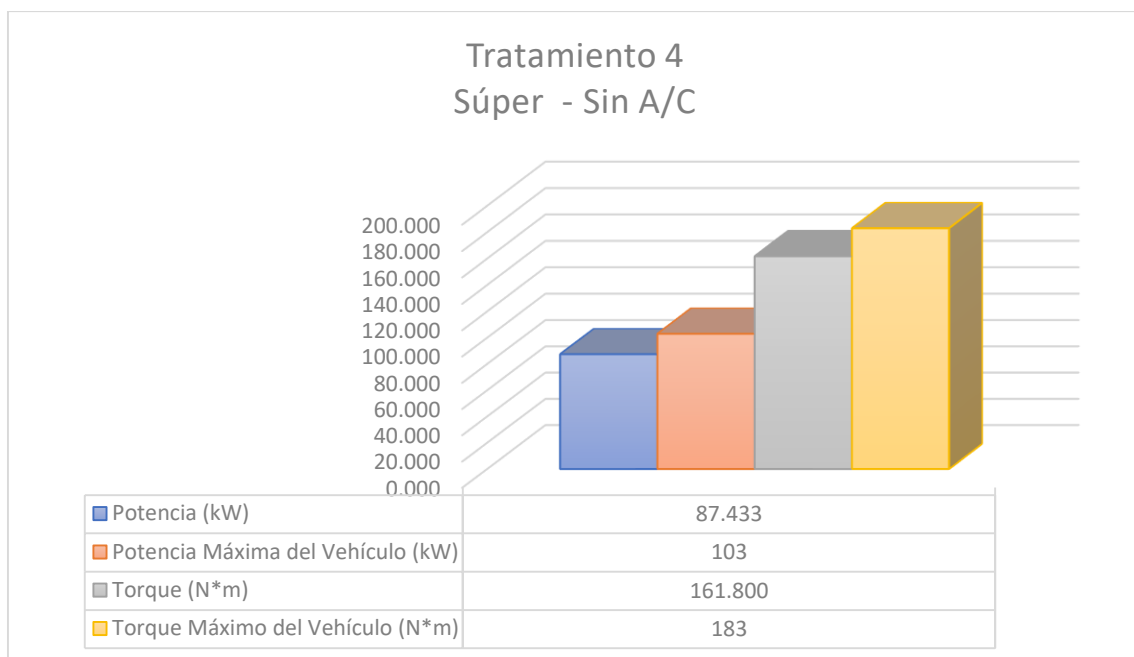
# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Tratamiento 4

Los valores obtenidos al realizar las pruebas de Torque y Potencia se desarrollan con el Tratamiento 4 el cual consta de utilizar combustible Súper y sin presencia de Aire Acondicionado como se indican en la figura 47, tomando en cuenta protocolo de pruebas en el capítulo 3.

### Figura 47

*Pruebas de Torque y Potencia. Tratamiento 4*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 47 se muestran los valores que se obtienen en el tratamiento 4 el cual se identifica que cuando se utiliza el combustible Súper y no se emplea el uso de Aire acondicionado, al analizar la potencia del vehículo en los ensayos se obtiene un valor de 87,43 kW y la potencia máxima del vehículo según la ficha técnica es de 103 kW. Para el análisis del Torque, en los ensayos desarrollados en el laboratorio se obtiene un valor de 161,80 N\*m y en la ficha técnica del vehículo menciona que su torque máximo es de 183 N\*m.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

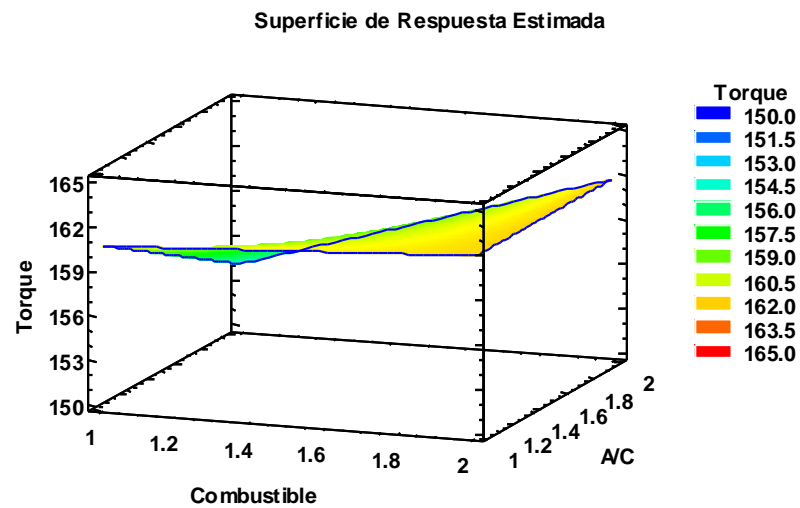
## Análisis de Superficie de Torque del Vehículo

En la figura 48 se presenta la gráfica de respuesta de superficie en la cual se analiza el Torque del vehículo en los distintos tratamientos.

En la figura 49 se presenta que la mejor configuración utilizada para obtener un valor más alto de Torque es mediante la utilización del tratamiento 4, el cual consiste de emplear combustible súper y sin presencia de aire acondicionado.

### Figura 48

*Análisis de superficie de Torque.*

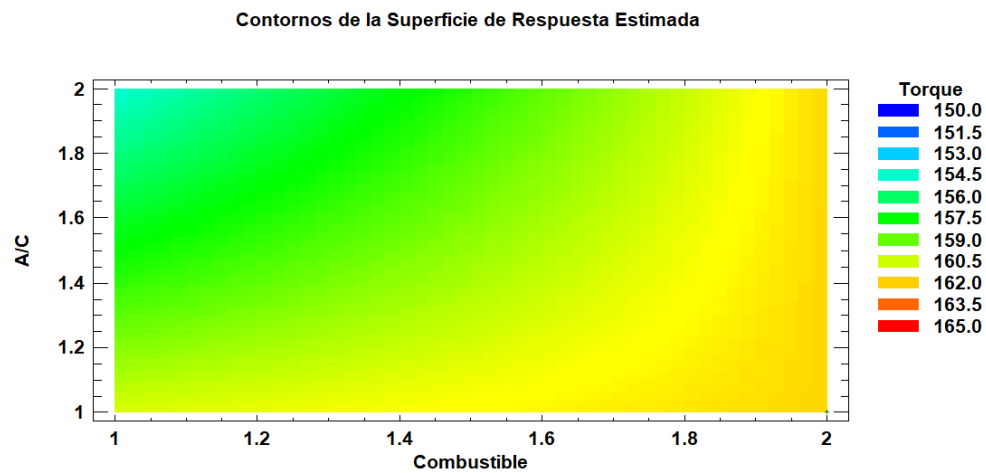


Fuente: Puebla (2021)

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 49**

*Contornos de la superficie de respuesta de Torque*



En la Tabla 13 se establecen los parámetros de medición de mayor a menor de acuerdo a la efectividad y eficiencia de los distintos tratamientos empleados en el presente estudio de Torque en el vehículo.

**Tabla 13**

*Rangos de eficiencia de tratamientos (de menor a mayor) de Torque*

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos</i>
			<i>Homogéneos</i>
T2	3	154.267	X
T3	3	154.833	X
T1	3	160.6	X
T4	3	161.8	X

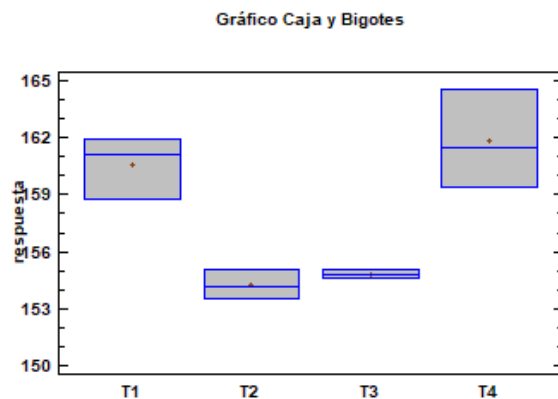
Fuente: Puebla (2021)



# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 50**

*Comparación Caja y Bigote de Torque del vehículo*



Fuente: Puebla (2021)

En la figura 50, se observa que el Torque para los tratamientos 1 (Extra - Sin A/C) y 4 (Súper - Sin A/C) se encuentran en 160,6 N\*m y 161,8 N\*m siendo los tratamientos que presentan un mejor comportamiento en los ensayos, por otra parte, los tratamientos 3 (Súper - Con A/C) y 2 (Extra - Con A/C) emiten una media de 154,83 N\*m y 154,267 N\*m siendo los tratamientos que presentan una menor eficiencia en los ensayos.

## **Análisis de Superficie de Potencia del Vehículo**

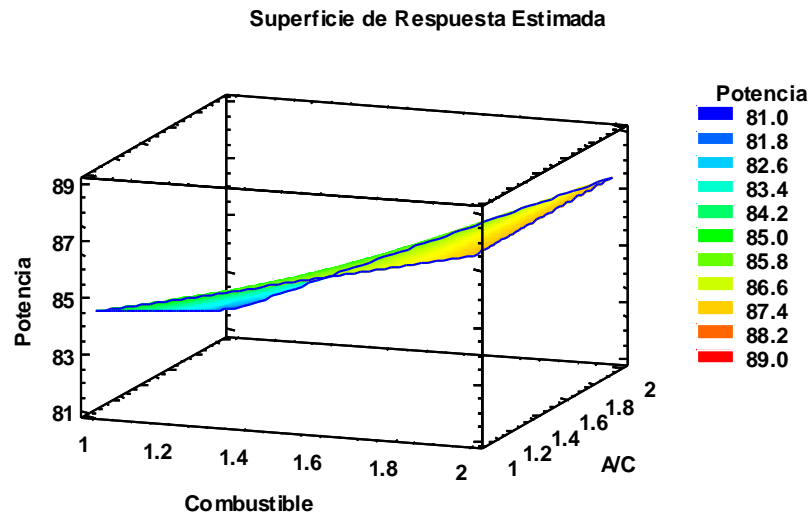
En la figura 51 se presenta la gráfica de respuesta de superficie en la cual se analiza el Potencia del vehículo en los distintos tratamientos.

En la figura 52 se presenta que la mejor configuración utilizada para obtener un valor más alto de Potencia es mediante la utilización del tratamiento 4, el cual consiste de emplear combustible súper y sin presencia de aire acondicionado.

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Figura 51**

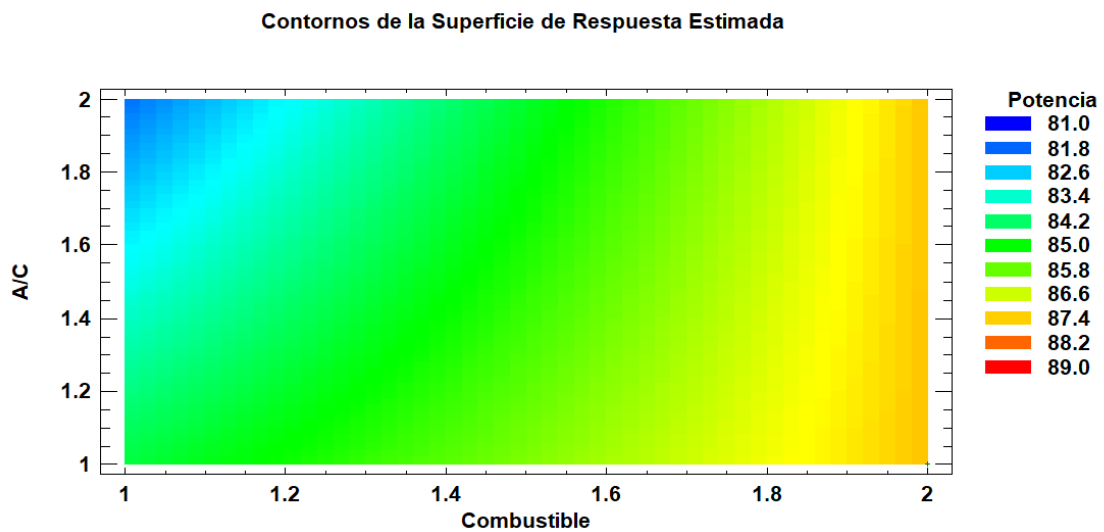
*Análisis de superficie de Potencia*



Fuente: Puebla (2021)

**Figura 52**

*Contornos de superficie de Potencia*



Fuente: Puebla (2021)

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

En la Tabla 14 se establecen los parámetros de medición de mayor a menor de acuerdo a la efectividad y eficiencia de los distintos tratamientos empleados en el presente estudio de Potencia en el vehículo.

**Tabla 14**

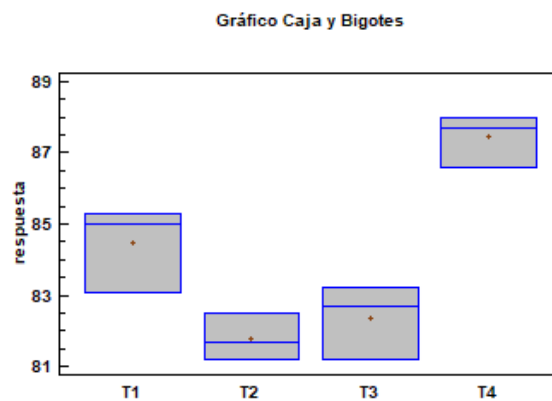
*Rangos de eficiencia de tratamientos (de menor a mayor) de Potencia*

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos</i>
			<i>Homogéneos</i>
T2	3	81.8	X
T3	3	82.3667	X
T1	3	84.4667	X
T4	3	87.4333	X

Fuente: Puebla (2021)

**Figura 53**

*Comparación Caja y Bigote de Potencia del vehículo*



Fuente: Puebla (2021)

## **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

En la figura 53, se observa que la potencia para los tratamientos 1 (Extra - Sin A/C) y 4 (Súper - Sin A/C) se encuentran en 84,46 kW y 87,43 kW siendo los tratamientos que presentan un mejor comportamiento en los ensayos, por otra parte, los tratamientos 3 (Súper - Con A/C) y 2 (Extra - Con A/C) emiten una media de 82,36 kW y 81,8 kW siendo los tratamientos que presentan una menor eficiencia en los ensayos.

### **Conclusiones**

Luego de desarrollar las pruebas estáticas se determinó que en todos los tratamientos empleados los valores obtenidos se encuentran por debajo de los límites establecidos por las normativas vigentes; esto permite establecer que los combustibles usados facilitan un buen desenvolvimiento energético del vehículo, manteniendo bajos niveles de contaminación.

De igual manera se logra establecer mediante el análisis de los distintos tratamientos empleados en las pruebas estáticas que el Tratamiento 7 (gasolina súper/sin uso de aire acondicionado/empleando el ciclo europeo) es el más eficiente, ya que en el mismo existe un menor índice de gases contaminantes (HC, CO<sub>2</sub>, CO y NO<sub>x</sub>)

Al realizar el mismo estudio de los tratamientos aplicados, se puede identificar que el Tratamiento 3 (gasolina extra/sin uso de aire acondicionado/empleando el ciclo europeo) es el que presenta una mayor cantidad de contaminación, sin exceder los límites permitidos por las normas y entes de control.

Dentro del análisis de las pruebas dinámicas se establece que el Tratamiento 7 (super/sin aire acondicionado/ciclo europeo), tomando en cuenta el factor de CO; es el que facilita una mínima contaminación, obteniendo una media de 1.37 g/km y emitiendo una menor concentración de CO.

## **EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO**

Sin embargo, se establece que el Tratamiento 2 (extra/con aire acondicionado/ciclo japonés), dentro de las pruebas dinámicas; es el que proporciona una mayor cantidad de contaminación con referencia al factor de CO. La media que se obtuvo en los ensayos realizados fue de 3.58 g/km.

Al estudiar el factor de HC se identifica que el tratamiento 8 (súper/con aire acondicionado/ciclo europeo) es el que brinda una menor contaminación identificando una media de 0.020 g/km en concentración de dicho gas; en cambio, el Tratamiento 5 (súper/sin aire acondicionado/ciclo japonés) es el que presenta un factor más alto de contaminación, obteniendo una media de 0.06 g/km.

Al verificar los valores de contaminación del factor NO<sub>x</sub>, se establece que el Tratamiento 5 (súper/sin aire acondicionado/ciclo japonés) es el que presenta una media de 0.009 g/km, siendo un valor bajo de contaminación. Sin embargo, el Tratamiento 2 (extra/aire acondicionado/ciclo japonés) con una media de 0.048 g/km es el que genera una mayor contaminación.

Dentro de las pruebas de Torque se identifica que el Tratamiento 4 (súper/sin aire acondicionado) es el más eficiente pues presenta una media de 161.8 N\*m y el menos eficaz es el Tratamiento 2 (extra/con aire acondicionado) con una media de 154.26 N\*m.

Finalmente, al hablar de Potencia se identifica que el más eficiente es el Tratamiento 4 (súper/sin aire acondicionado) con una media de 87.43 kW y el Tratamiento menos eficaz es el 2 (extra/con aire acondicionado) ya que presenta una media de 81.8 kW.

## **BIBLIOGRAFIA**

*Ana elizabeth checa ramírez. (2020).*

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

Caiza Jácome, P. G., & Portilla Aguilar, Á. A. (2011). *Determinación de la Influencia de la Altura en Emisiones Contaminantes de un Vehículo con Motor de Ciclo Otto, de Inyección Electrónica de Gasolina.*

Castillo, J., Rojas, V., & Martínez, J. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. *Revista Politécnica*, 39(1), 49–57. <https://doi.org/10.33333/rp.v39i1.719>

Costas, J. (2011). *Ciclo NEDC, o cómo entender los consumos homologados.*  
<https://www.motorpasion.com/otros/ciclo-nedc-o-como-entender-los-consumos-homologados>

DieselNet. (2013). *Emission Test Cycles: Japanese 10-15 Mode.*  
[https://dieselnet.com/standards/cycles/jp\\_10-15mode.php](https://dieselnet.com/standards/cycles/jp_10-15mode.php)

Green, J., & Sánchez, S. (2013). La calidad del aire en América Latina: Una visión panorámica. *Clean Air Institute*, 36.  
[https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion\\_atmosferica/La\\_Calidad\\_del\\_Aire\\_en\\_América\\_Latina.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/La_Calidad_del_Aire_en_América_Latina.pdf)

Guzmán, A., Cueva, E., Peralvo, A., Revelo, M., & Armas, A. (2018). *Estudio del rendimiento dinámico de un motor Otto utilizando mezclas de dos tipos de gasolinas “ Extra y Súper ” ( Study of the dynamic performance of an Otto engine using mixtures two types of “ Extra and Super ” gasolines ).* 208–220.

Instituto Nacional de ecología y cambio climático. (2017). *Elaboración y usos de inventarios de emisiones.*  
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/516/programa.html>

Llanes, Edilberto , Rocha, J. C. (2018). Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

través de Pruebas Estáticas y Dinámicas. *Ciencia UNEMI*, 11(28), 97–108.

<https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp97-108p>

MAE. (2012). *Norma Técnica Que Establece Los Limites Permisibles De Ruido*

*Ambiente Para Fuentes Fijas Y Fuentes Móviles. [en línea]. 1–23.*

[http://www.cip.org.ec/attachments/article/450/ANEXO 5 RUIDO.pdf](http://www.cip.org.ec/attachments/article/450/ANEXO_5_RUIDO.pdf)

Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2014). Libro I: Autoridad Ambiental. *Tulsma*, 1–

60.

NTE INEN 2204. (2016). Norma Técnica Ecuatoriana Ecuatoriana NTE INEN 2204.

*Inen.* [http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-](http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2204.pdf)

[INEN-2204.pdf](http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2204.pdf)

Pérez Darquea, D. G. (2018). Estudio de emisiones contaminantes utilizando

combustibles locales. *INNOVA Research Journal*, 3(3), 23–34.

<https://doi.org/10.33890/innova.v3.n3.2018.635>

Pérez, E., & Diego, D. (2018). *Estudio De Emisiones Contaminantes Utilizando*

*Combustibles Locales Study of Polluting Emissions Using Local Fuels.* 2(23), 23–

34.

Recalde, M. (2015). *Análisis de emisiones en vehículos a gasolina utilizando pruebas*

*estacionaria y dinámica mediante ciclo IM-240.*

RO-DES. (2018). *Motores gasolina, cómo funciona, ventajas y desventajas.*

<https://www.ro-des.com/mecanica/motores-gasolina/>

Sánchez, S., Green, J., Orjuela, J. P., & Klakamp, J. (2013). Metodologías para la

estimación de emisiones de transporte urbano de carga y guías para la recopilación

y organización de datos. *Clean Air Institute*, 38.

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

Sánchez Vela, L. G., Fabela Gallegos, M. de J., Flores Centeno, O., Hernández Jiménez,

J. R., Vázquez Vega, D., & Cruz Acevedo, M. E. (2019). *Revisión de la Normativa Internacional sobre Límites de Emisiones Contaminantes de Vehículos de Carretera*. 562, 83.

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt562.pdf>

Secretaría de Ambiente. (2019). *Red de Monitoreo Atmosférico*.

<http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/red-de-monitoreo>

Urbina Guzmán, A. J. (2016). *Comparación de factores de emisión vehicular al utilizar ciclos de conducción IM240 y on board en la ciudad de Quito*. 16.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15097>



# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## ANEXOS

### Anexo A

#### Resultados de Pruebas dinámicas con ciclo japonés 10-15

#### Emisiones de gases pruebas dinámicas

**Tabla 15**

*Tratamiento 1. Pruebas Dinámicas – Extra – Sin A/C – Ciclo Japonés 10-15*

Parámetro (g/km)	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
FCO	2.855	2.850	2.709	2.805
FHC	0.070	0.060	0.050	0.060
FNOx	0.028	0.026	0.024	0.026

**Tabla 16**

*Tratamiento 2. Pruebas Dinámicas – Extra – Con A/C – Ciclo Japonés 10-15*

Parámetro (g/km)	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
FCO	3.539	3.574	3.648	3.587
FHC	0.047	0.058	0.082	0.062
FNOx	0.057	0.047	0.041	0.048

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Tabla 17**

*Tratamiento 5. Pruebas Dinámicas – Súper – Sin A/C – Ciclo Japonés 10-15*

Parámetro (g/km)	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
FCO	2.123	2.660	2.539	2.441
FHC	0.060	0.063	0.067	0.063
FNOx	0.013	0.009	0.007	0.010

**Tabla 18**

*Tratamiento 6. Pruebas Dinámicas – Súper – Con A/C – Ciclo Japonés 10-15*

Parámetro (g/km)	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
FCO	2.372	2.802	2.312	2.495
FHC	0.044	0.060	0.058	0.054
FNOx	0.021	0.014	0.014	0.016

## **Anexo B**

### **Resultados de Pruebas dinámicas con ciclo NEDC**

#### **Emisiones de gases pruebas dinámicas**

**Tabla 19**

*Tratamiento 3. Pruebas Dinámicas – Extra – Sin A/C – Ciclo Europeo*

Parámetro (g/km)	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
FCO	2.015	1.967	1.952	1.978
FHC	0.033	0.035	0.035	0.034
FNOx	0.025	0.014	0.020	0.020

## EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Tabla 20**

*Tratamiento 4. Pruebas Dinámicas – Extra – Con A/C – Ciclo Europeo*

Parámetro (g/km)	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
FCO	2.129	2.215	2.107	2.150
FHC	0.034	0.032	0.033	0.033
FNOx	0.028	0.023	0.023	0.025

**Tabla 21**

*Tratamiento 7. Pruebas Dinámicas – Súper – Sin A/C – Ciclo Europeo*

Parámetro (g/km)	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
FCO	1.241	1.489	1.384	1.371
FHC	0.028	0.036	0.029	0.031
FNOx	0.026	0.014	0.013	0.018

**Tabla 22**

*Tratamiento 8. Pruebas Dinámicas – Súper – Con A/C – Ciclo Europeo*

Parámetro (g/km)	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
FCO	1.390	1.806	1.547	1.581
FHC	0.012	0.023	0.026	0.020
FNOx	0.035	0.018	0.021	0.025

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Anexo C

### Resultados de Pruebas de Torque y Potencia

**Tabla 23**

*Tratamiento 1. Torque y Potencia – Extra – Sin A/C*

Parámetro	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
Potencia (kw)	83.100	85.000	85.300	84.467
Torque (N*m)	158.8	161.1	161.9	160.600

**Tabla 24**

*Tratamiento 2. Torque y Potencia – Extra – Con A/C*

Parámetro	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
Potencia (kw)	82.500	81.200	81.700	81.800
Torque (N*m)	153.5	154.2	155.1	154.267

**Tabla 25**

*Tratamiento 3. Torque y Potencia – Súper – Con A/C*

Parámetro	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
Potencia (kw)	81.200	83.200	82.700	82.367
Torque (N*m)	154.8	154.6	155.1	154.833

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

**Tabla 26**

*Tratamiento 4. Torque y Potencia - Súper - Sin A/C*

Parámetro	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
Potencia (kw)	88.000	87.700	86.600	87.433
Torque (N*m)	159.4	161.5	164.5	161.800

## Anexo D

**Figura 54**

*Dinamómetro de Chasis LPS 3000*

### Juegos de rodillos de la serie R200

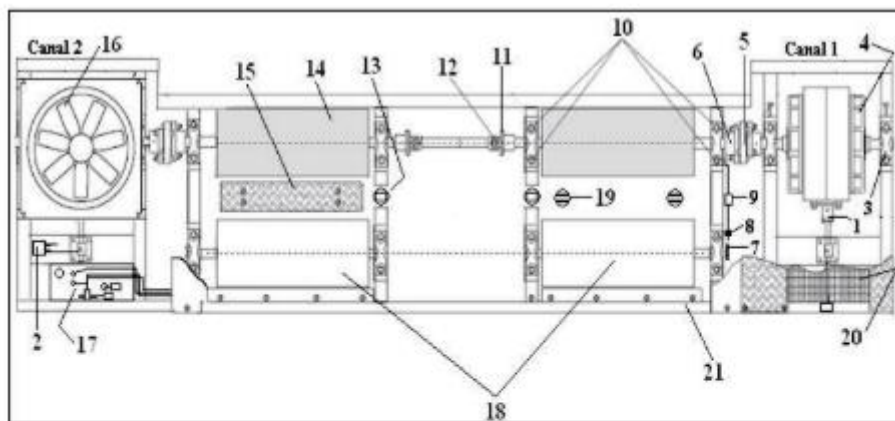
Los juegos de rodillos del LPS 3000 se componen de un bastidor autoportante con recubrimiento de polvo y rodillos metalizados con la llama.

El juego de rodillos para el LPS 3000 está disponible en diferentes versiones:

Juego de rodillos	Vehiculos de ensayo	Comentario
R200/1	Coches/Camiones/Furgonetas/Buses	Juego de rodillos cerrado
R200/1	Coches/Camiones/Furgonetas/Buses	Juego de rodillos cerrado con frenos reforzados
R200/2	Coches/Camiones/Furgonetas/Buses	Juego de rodillos dividido
R200/2	Coches/Camiones/Furgonetas/Buses	Juego de rodillos dividido con frenos reforzados

Juego de rodillos	R200/1	R200/1 reforzado	R200/2	R200/2 reforzado
Carga sobre el eje	15 t	15 t	15 t	15 t
Longitud [mm]	4550	4550	2260 por rodillo	2260 por rodillo
Ancho [mm]	1100	1100	1100	1100
Altura [mm]	625	625	865	865
Peso	aprox. 2350 kg	aprox. 2410 kg	aprox. 1250 kg por rodillo	aprox. 1310 kg por rodillo
Longitud de rodillo	900 mm	900 mm	900 mm	900 mm
Vía mín.	820 mm	820 mm	1000 mm	1000 mm
Vía max.	2620 mm	2620 mm	2800 mm	2800 mm
Diámetro mínimo de rueda para ensayar	12"	12"	12"	12"
Diámetro rodillo	318 mm	318 mm	318 mm	318 mm
Distancia entre rodillos	565 mm	565 mm	565 mm	565 mm
Sobreelevación rodillo	45 mm	45 mm	--	--
<b>Sistema de elevación con bloqueo de rodillos</b>				
Neumática				
Hidráulica	x	x	x	x
<b>Datos eléctricos</b>				
Datos corr. parásita	2 x 200 kW	2 x 330 kW	2 x 200 kW	2 x 330 kW
Alimentación	400 V / 50 Hz	400 V / 50 Hz	400 V / 50 Hz	400 V / 50 Hz
Protección por fusible	35 A lento	63 A lento	35 A lento	63 A lento
<b>Campo de indicación</b>				
Velocidad de ensayo	max. 200 km/h	max. 200 km/h	max. 200 km/h	max. 200 km/h
Potencia rueda	30 - max. 400 kW	30 - max. 660 kW	30 - max. 400 kW	30 - max. 660 kW
Fuerza de tracción	max. 15 kN	max. 25 kN	max. 15 kN	max. 25 kN
Núm. de revoluciones	10 - 10 000 rpm	10 - 10 000 rpm	10 - 10 000 rpm	10 - 10 000 rpm
Presición de medición	± 2 % del valor de medición	± 2 % del valor de medición	± 2 % del valor de medición	± 2 % del valor de medición

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO



Gases analizables	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
Rango de medición	0 - 15,00 Vol %	0 - 20,0 Vol %	0 - 2000 ppm (Hexano) 0 - 4000 ppm Propano	0 - 25,00 Vol %	0 - 5000 ppm Vol
Precisión de medida	0,06 Vol %	0,5 Vol %	12 ppm vol	0,1 Vol %	32 - 120 ppm vol según rango de medición
Principio de medida	infrarrojo	infrarrojo	infrarrojo	electro- químico	electro- químico
Resolución valores de med.	0,001 Vol %	0,01 Vol %	0,1 ppm vol	0,01 Vol %	1 ppm vol
Deriva del rango de med.	inferior a ± 0,6 % del valor final del rango de medición				
Fase de precalentamiento	min. 30 minutos, máx. 10 minutos + regulado por temperatura				
Nivel de electricidad para mediciones de gas	3 l/min				
Nivel de electricidad	automáticas, continuada +aprox. 1 l/min				
Presión de servicio	750 - 1100 mbar				
Variación de la presión	máx. Error 0,2% para variaciones de 5 kPascal				
Alimentación d. corriente	85 V - 280 V • 50 Hz • 65 W o Cable de alimentación con conexión a 10 - 42 V CC con Pinzas de apriete y diodo como protección contra polarización inversa 5 m; (batería vehículo, opcional)				
Cuentarrevoluciones p. inducción	0 - 10000 /min-1 •Resolución 1,5,10,o 50 RPM				
Temperatura de servicio	+5°C - +45°C • Desviación ±2°C				
Temperatura de almacenaje	-10°C - +60°C • Desviación±2°C				
Termómetro del aceite	+0° - +150°C •Resolución 1				
Prueba de hermeticidad	guiada por menú, 1x al día				
Prueba de HC residuales	automático				
Ajuste a cero	automático				
Calibración	Semestralmente (se necesita gas de prueba específico)				

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Anexo E

### Figura 55

#### EQUIPO DE MEDICION DE GASES CONTAMINANTES MAHA MGT 5

**Analizador de gases para vehículos a gasolina y gas  
Modelo: MGT 5**

- ▶ Equipo compacto e independiente apto para el empleo estacionario o móvil. Basado en la concepción del opacímetro MDO2 LON, es posible la combinación multifuncional para realizar el análisis de los gases de escape de motores de gasolina así como de motores Diesel.
- ▶ Amplio campo de aplicación: desde un sencillo e independiente aparato móvil con LED y terminal de mano, a un equipo conectado a un PC y equipado con un programa de fácil manejo.
- ▶ Equipo para la medición de vehículos con Gas GLP ó CNG
- ▶ Manejo fácil y cómodo, así como indicaciones de pantalla claras y estructuradas
- ▶ Un software inteligente facilita el uso adecuado, proporcionando a la vez todas las informaciones necesarias
- ▶ Concepto con visión de futuro, mediante la introducción de módulos de función, p.e. medición de las R.P.M., conexión de módulo E-OBd
- ▶ Módulos interfase con diversas posibilidades de conexión al PC y a la línea de pruebas
- ▶ Preparado para ASA /Eurosystem, Citrix
- ▶ Posibilidad de medición del NOx
- ▶ Aparato universal útil para la medición de los gases de escape de motores a gasolina
- ▶ Posibilidad de conexión a base de datos de vehículos (Opción)

Filtro de carbón activo y sensores electroquímicos de oxígeno y NOx (Opción) Módulo de RPM. Todos los componentes son de fácil acceso

Nuevo filtro con separador de agua. La condensación se elimina automáticamente.

Módulo de comunicación E-OBd

**Accesorios**

Diversas posibilidades de captación de RPM y temperatura de aceite para diversos tipos de autos

Transcurso del ensayo. Toda la información en una pantalla

Terminal de mano

Kit para OBD

**Campo de Aplicación**

Medición en automóviles

# EVALUACIÓN DEL USO DEL AIRE ACONDICIONADO EN VEHÍCULO

## Anexo E2

### Figura 56

#### DATOS TECNICOS MAHA MGT 5

##### Datos técnicos

MGT 5					
Campo de aplicación	Medición de gases de escape móvil o fija en procedimiento de corriente parcial con carga parcial en motores Otto de gasolina o gas				
Gases analizables	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>	NO opción
Alcance de medición	0 – 15,0 Vol %	0 – 20,0 Vol %	0 – 2000 ppm Vol (Hexano) 0 – 4000 ppm Vol (Propano)	0 – 25,0 Vol %	0 – 5000 ppm Vol
Exactitud de medición *	0,03 Vol %	0,5 Vol %	10 ppm Vol	0,1 Vol %	32 – 120 ppm Vol **
Resolución de datos (máx.)	0,001 Vol %	0,01 Vol %	0,1 ppm Vol	0,01 Vol %	1 ppm Vol
Principio de medición	Infrarrojos	Infrarrojos	Infrarrojos	Electroquím.	Electroquím.
Deriva del margen de medición	inferior a ±0,6 % del valor final del alcance				
Valor Lambda	margen indicador: 0,500 – 9,999 • resolución: 0,001 • calculado según Brettschneider				
Pre calentamiento	mín. 30 sec, máx 10 minutos, media 2,5 min • termoregulado				
Cantidad total de flujo	máx. 3,5 l/min • mín. 1,5 l/min				
Caudal - gas de medición	máx. 2,5 l/min • bomba de membrana				
Caudal - condensado	máx. 1 l/min • derivación permanente y automática mediante bomba separada				
Separación - condensado	sistema separador de agua con plaviómetro				
Presión de servicio	750 – 1100 mbar				
Fluctuación de la presión	máx. errores 0,2 % con fluctuaciones de 5 kPa				
Alimentación	85 – 280 V • 50 Hz • 65 W /12 – 24 V DC				
Temperatura de servicio	+5 ° – +45 °C • tolerancia ± 2 °C				
Temperatura de almacenaje	-10 ° – +60 °C • tolerancia ± 2 °C				
Comprobación hermeticidad	mediante menú • diaria				
Test de residuos HC	automático				
Balanco de cero	automático • por filtro de carbón activado				
Calibración	mediante PC • gas especial de calibración imprescindible				
Intervalo de calibración	según normas vigentes en cada país				
Interfases (opción)	LON • OBD • USB				
Dimensiones	560 x 240 x 300 mm				
Peso	aprox. 10 kg				
Cuentarrevoluciones (opción)	100 – 10 000 rpm • resolución ww. 1, 5, 10, 50 rpm • sensores diversos				
Termómetro de aceite (opción)	+0 ° – +150 °C • resolución 1 °C				
Tipo de precisión	PTB: clase 1 • OIML: clase 0				

\* absoluto, o 5% del valor medido, cuenta el valor superior \*\* dependiendo del campo de medición