

**DECISIÓN DE EJECUCIÓN (UE) 2016/362 DE LA COMISIÓN****de 11 de marzo de 2016****relativa a la aprobación, en el marco del Reglamento (CE) n.º 443/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, del tanque de almacenamiento de entalpía de MAHLE Behr GmbH & Co. KG como tecnología innovadora para la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos****(Texto pertinente a efectos del EEE)**

LA COMISIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,

Visto el Reglamento (CE) n.º 443/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, por el que se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de los turismos nuevos como parte del enfoque integrado de la Comunidad para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos ligeros <sup>(1)</sup>, y en particular su artículo 12, apartado 4,

Considerando lo siguiente:

- (1) El proveedor MAHLE Behr GmbH & Co. KG (en lo sucesivo, el «Solicitante») presentó el 29 de abril de 2015 una solicitud con el fin de que se aprobara como tecnología innovadora un tanque de almacenamiento de entalpía. De conformidad con el artículo 4 del Reglamento de Ejecución (UE) n.º 725/2011 de la Comisión <sup>(2)</sup>, se procedió a evaluar si esa solicitud estaba o no completa. La Comisión detectó que en la solicitud inicial faltaban algunos datos importantes y pidió así al Solicitante que los facilitara. El Solicitante transmitió la información requerida el 27 de mayo de 2015. Tras comprobarse que la solicitud había quedado completada, el plazo para su evaluación por la Comisión se inició el día siguiente al de la recepción oficial de la información que faltaba, es decir, el 28 de mayo de 2015.
- (2) La solicitud ha sido evaluada de conformidad con el artículo 12 del Reglamento (CE) n.º 443/2009, con el Reglamento de Ejecución (UE) n.º 725/2011 y con las orientaciones técnicas para la preparación de las solicitudes de aprobación de tecnologías innovadoras según el Reglamento (CE) n.º 443/2009 (en lo sucesivo, «orientaciones técnicas», versión de febrero de 2013) <sup>(3)</sup>.
- (3) La solicitud tiene por objeto un tanque de almacenamiento de entalpía que reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de combustible tras el arranque en frío de un motor de combustión interna gracias al calentamiento más rápido de este.
- (4) La Comisión considera que la información facilitada en la solicitud demuestra que se cumplen los criterios y condiciones contenidos en el artículo 12 del Reglamento (CE) n.º 443/2009 y en los artículos 2 y 4 del Reglamento de Ejecución (UE) n.º 725/2011.
- (5) El Solicitante ha demostrado, de conformidad con lo previsto en el artículo 2, apartado 2, letra a), del Reglamento de Ejecución (UE) n.º 725/2011, que en el año de referencia de 2009 no se instalaron tanques de almacenamiento de entalpía en más del 3 % de los turismos nuevos matriculados.
- (6) El Solicitante ha utilizado un procedimiento de ensayo completo ajustado a las orientaciones técnicas y ha definido el vehículo de referencia como aquel que lleva instalado un tanque de almacenamiento de entalpía desactivado.
- (7) El Solicitante ha facilitado una metodología para someter a ensayo la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. La Comisión considera que esa metodología cumple lo dispuesto en el artículo 6 del Reglamento de Ejecución (UE) n.º 725/2011 dado que arroja resultados verificables, repetibles y comparables y permite demostrar de forma realista y con una alta significación estadística los positivos efectos que tiene la tecnología innovadora en las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- (8) En este contexto, el Solicitante ha demostrado satisfactoriamente que la reducción de emisiones que se obtiene con el tanque de almacenamiento de entalpía es de no menos de 1 g de CO<sub>2</sub>/km.

<sup>(1)</sup> DO L 140 de 5.6.2009, p. 1.

<sup>(2)</sup> Reglamento de Ejecución (UE) n.º 725/2011 de la Comisión, de 25 de julio de 2011, por el que se establece un procedimiento de aprobación y certificación de tecnologías innovadoras para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los turismos, de conformidad con el Reglamento (CE) n.º 443/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo (DO L 194 de 26.7.2011, p. 19).

<sup>(3)</sup> <https://circabc.europa.eu/w/browse/42c4a33e-6fd7-44aa-adac-f28620bd436f>

- (9) Dado que el tanque de almacenamiento de entalpía no está activado durante el ensayo de homologación de tipo en materia de emisiones de CO<sub>2</sub> previsto en el Reglamento (CE) n.º 715/2007 del Parlamento Europeo y del Consejo <sup>(1)</sup> y en el Reglamento (CE) n.º 692/2008 de la Comisión <sup>(2)</sup>, la Comisión confirma que la tecnología en cuestión no se encuentra cubierta por el ciclo de ensayo normalizado.
- (10) Dado que el conductor no es el que decide si activar o no el tanque de almacenamiento de entalpía, la Comisión estima que es el fabricante el que debería considerarse responsable de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivada de la utilización de la tecnología innovadora.
- (11) La Comisión observa que el informe de verificación ha sido elaborado por un organismo autorizado independiente, el TÜV SÜD Auto Service GmbH, y que dicho informe respalda las conclusiones contenidas en la solicitud.
- (12) En estas condiciones, la Comisión opina que no hay ningún motivo para oponerse a la aprobación de la tecnología innovadora en cuestión.
- (13) En lo concerniente a la determinación del código general de ecoinnovación que haya de utilizarse en los documentos de homologación de tipo con arreglo a los anexos I, VIII y IX de la Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo <sup>(3)</sup>, es necesario concretar el código específico que deba emplearse para la tecnología innovadora aprobada por la presente Decisión,

HA ADOPTADO LA PRESENTE DECISIÓN:

#### *Artículo 1*

1. Queda aprobado como tecnología innovadora acorde con el artículo 12 del Reglamento (CE) n.º 443/2009 el tanque de almacenamiento de entalpía que se describe en la solicitud de la sociedad MAHLE Behr GmbH & Co. KG.
2. La reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> resultante de la utilización del tanque de almacenamiento de entalpía se determinará utilizando la metodología que se indica en el anexo.
3. El código específico de ecoinnovación que deberá figurar en los documentos de homologación de tipo que se utilizarán para la tecnología innovadora aprobada por la presente Decisión de Ejecución será «18».

#### *Artículo 2*

La presente Decisión entrará en vigor a los veinte días de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.

Hecho en Bruselas, el 11 de marzo de 2016.

Por la Comisión  
El Presidente  
Jean-Claude JUNCKER

---

<sup>(1)</sup> Reglamento (CE) n.º 715/2007 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2007, sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros (Euro 5 y Euro 6) y sobre el acceso a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos (DO L 171 de 29.6.2007, p. 1).

<sup>(2)</sup> Reglamento (CE) n.º 692/2008 de la Comisión, de 18 de julio de 2008, por el que se aplica y modifica el Reglamento (CE) n.º 715/2007 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros (Euro 5 y Euro 6) y sobre el acceso a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos (DO L 199 de 28.7.2008, p. 1).

<sup>(3)</sup> Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos (Directiva marco) (DO L 263 de 9.10.2007, p. 1).

## ANEXO

**METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> OBTENIDA CON LA  
TECNOLOGÍA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ENTALPÍA**

## 1. INTRODUCCIÓN

Para determinar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que pueda atribuirse al uso de la tecnología del tanque de almacenamiento de entalpía o sistema EST (Enthalpy Storage Tank), será necesario establecer lo siguiente:

- a) el procedimiento de ensayo que deba emplearse para determinar las curvas de enfriamiento del vehículo de referencia (vehículo equipado con un tanque de almacenamiento de entalpía desactivado) y del vehículo ecoinnovador;
- b) el procedimiento de ensayo que haya de aplicarse para determinar las emisiones de CO<sub>2</sub> a diferentes temperaturas del refrigerante del motor en el arranque;
- c) el procedimiento de ensayo que deba seguirse para establecer la temperatura teórica del motor tras la descarga del sistema EST;
- d) el procedimiento de ensayo que tenga que aplicarse para determinar el beneficio del arranque en caliente;
- e) las fórmulas que deban utilizarse para determinar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>;
- f) las fórmulas que hayan de emplearse para calcular el error y la significación estadísticos de los resultados.

## 2. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

**Símbolos latinos**

$B_{TA}$	— Emisiones de CO <sub>2</sub> del vehículo en las condiciones de homologación de tipo [g CO <sub>2</sub> /km]
$C_{CO_2}$	— Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> [g CO <sub>2</sub> /km]
CO <sub>2</sub>	— Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub> (T <sub>k</sub> )	— Media aritmética de las emisiones de CO <sub>2</sub> del vehículo medida utilizando el ciclo NEDC, a una temperatura ambiente de 14 °C y a unas temperaturas del refrigerante del motor en el arranque T <sub>k</sub> [g CO <sub>2</sub> /km]
$d_{eng}$	— Coeficiente de disminución de la temperatura de la curva de enfriamiento del refrigerante del motor [1/h]
$d_{EST}$	— Coeficiente de disminución de la temperatura de la curva de enfriamiento del EST [1/h]
EST	— Tanque de almacenamiento de entalpía
K	— Ratio efectiva de las inercias térmicas [-]
m	— Número de mediciones de la muestra
NEDC	— Nuevo ciclo de conducción europeo
NP(T <sub>ti</sub> <sup>eng</sup> )	— Potencial de consumo de combustible normalizado a la temperatura del refrigerante del motor en el arranque en los tiempos de estacionamiento seleccionados t <sub>i</sub> [-]
pt	— Tiempo de estacionamiento [h]
T <sub>eng</sub>	— Temperatura del refrigerante del motor durante el tiempo de estacionamiento [°C]
T <sub>engmod</sub>	— Temperatura teórica del refrigerante del motor tras la descarga del sistema EST [°C]
T <sub>EST</sub>	— Temperatura del refrigerante EST durante el tiempo de estacionamiento [°C]

$T_{\text{cold}}$	— Temperatura en el arranque en frío [°C], que es de 14 °C
$T_{\text{hot}}$	— Temperatura en el arranque en caliente [°C], que es la temperatura que alcanza el refrigerante al final del ciclo NEDC
SOC	— Estado de carga eléctrica
$SVS_{\text{pt}}$	— Participación en el reparto del tiempo de estacionamiento [%], tal y como se indica en el Cuadro 6
$WF_{\text{ti}}$	— Coeficiente de ponderación para el tiempo de estacionamiento $t_i$ [%], tal y como se indica en el Cuadro 3

## Índices

El índice  $t_i$  remite a los tiempos de estacionamiento seleccionados que se definen en el Cuadro 1.

El índice  $j$  remite a las mediciones de la muestra.

El índice  $k$  remite a las temperaturas del refrigerante del motor en el arranque.

### 3. DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS DE ENFRIAMIENTO Y DE LAS TEMPERATURAS

Las curvas de enfriamiento se determinarán experimentalmente para el refrigerante del motor del vehículo de referencia y para el del vehículo ecoinnovador. Las mismas curvas serán aplicables a las variantes de los vehículos que presenten la misma capacidad térmica, la misma configuración del compartimento del motor, el mismo aislamiento térmico del motor y el mismo sistema EST. Los ensayos experimentales consistirán en la realización de mediciones continuas de las temperaturas representativas del refrigerante del motor y del refrigerante almacenado en el sistema EST por medio de termopares a una temperatura ambiente constante de no menos de 14 °C durante 24 horas. Llevando a cabo consecutivamente un número suficiente de ensayos NEDC, el motor se calentará, antes de pararlo, hasta que el refrigerante alcance la temperatura máxima. Tras el preacondicionamiento, se desconectará el encendido y se retirará la llave de contacto. El capó del vehículo se cerrará completamente y se cortará cualquier sistema de ventilación artificial que esté situado dentro de la celda de ensayo.

Las curvas de enfriamiento resultantes de la medición convergerán por medio del cálculo matemático que se describe en las Fórmulas 1 y 2 para el motor y para el sistema EST, respectivamente.

#### Fórmula 1

$$T_{\text{pt}}^{\text{eng}} = T_{\text{cold}} + (T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}})e^{-d_{\text{eng}} \cdot \text{pt}}$$

#### Fórmula 2

$$T_{\text{pt}}^{\text{EST}} = T_{\text{cold}} + (T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}})e^{-d_{\text{EST}} \cdot \text{pt}}$$

Para ajustar las curvas, se utilizará el método de los mínimos cuadrados. A tal fin, no deberán tenerse en cuenta los datos de la medición de la temperatura de al menos los 30 primeros minutos siguientes a la parada del motor, dado que la temperatura del refrigerante registra un comportamiento atípico tras haberse desconectado el sistema de refrigeración.

La temperatura del motor en condiciones de tiempo de estacionamiento específicas ( $T_{\text{ti}}^{\text{eng}}$ ) se calculará utilizando la Fórmula 1 y se indicará en el Cuadro 1.

Cuadro 1

#### Temperatura del motor en condiciones de tiempo de estacionamiento seleccionadas

Tiempo de estacionamiento seleccionado ( $t_i$ )	$t_1$	$t_2$	$t_3$
$\text{pt}$ [h]	2,5	4,5	16,5
$T_{\text{ti}}^{\text{eng}}$ [°C]			

4. DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> A Diferentes Temperaturas Del Refrigerante En El Arranque

Las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de combustible del vehículo deberán medirse de conformidad con el anexo 6 del Reglamento CEE/ONU n.º 101 (Método de medición de las emisiones de dióxido de carbono y del consumo de combustible de los vehículos que funcionan únicamente con un motor de combustión interna). El procedimiento tendrá que modificarse de acuerdo con lo siguiente:

1. la temperatura ambiente en la celda de ensayo será inferior a 14 °C;
2. las cinco temperaturas del refrigerante en el arranque deberán ser las siguientes: T<sub>cold</sub>, T<sub>hot</sub>, T<sub>t1</sub><sup>eng</sup>, T<sub>t2</sub><sup>eng</sup> y T<sub>t3</sub><sup>eng</sup>.

Los ensayos podrán realizarse en cualquier orden. Será posible también efectuar uno o dos ensayos NEDC de preacondicionamiento entre los diferentes ensayos. Deberá garantizarse [por ejemplo, por medio de la señal de la red CAN (*controller area network*)] que, después de cada ensayo, la variación del estado de carga eléctrica (SOC) de la batería de arranque se sitúe en torno al 5 %. Este dato se consignará por escrito.

El procedimiento de ensayo completo se repetirá al menos tres veces (es decir, m ≥ 3). Las medias aritméticas de los resultados (emisiones de CO<sub>2</sub>) en cada una de las temperaturas del refrigerante del motor en el arranque (T<sub>k</sub>) se calcularán utilizando la Fórmula 3 y se indicarán en el Cuadro 2.

Fórmula 3

$$\text{CO}_2(T_k) = \frac{\sum_{j=1}^m \text{CO}_2(T_k)_j}{m}$$

donde: k = 1, 2 ..., 5

$$T_1 = T_{\text{cold}}$$

$$T_2 = T_{\text{hot}}$$

$$T_3 = T_{t1}^{\text{eng}}$$

$$T_4 = T_{t2}^{\text{eng}}$$

$$T_5 = T_{t3}^{\text{eng}}$$

Cuadro 2

**Emisiones de CO<sub>2</sub> a diferentes temperaturas del refrigerante del motor en el arranque**

Temperatura del refrigerante del motor en el arranque T <sub>k</sub>	T <sub>cold</sub>	T <sub>hot</sub>	T <sub>t1</sub> <sup>eng</sup>	T <sub>t2</sub> <sup>eng</sup>	T <sub>t3</sub> <sup>eng</sup>
CO <sub>2</sub> (T <sub>k</sub> ) [g CO <sub>2</sub> /km]					

## 5. DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA TEÓRICA DEL MOTOR TRAS LA DESCARGA DEL SISTEMA EST

Atendiendo a los resultados de los ensayos que contempla el punto 4 anterior y que se recogen en el Cuadro 2, se calculará utilizando la Fórmula 4 el potencial de consumo de combustible normalizado NP(T<sub>ti</sub><sup>eng</sup>) en las condiciones de tiempo de estacionamiento seleccionadas que figuran en el Cuadro 1.

Fórmula 4

$$\text{NP}(T_{ti}^{\text{eng}}) = \frac{\text{CO}_2(T_{\text{cold}}) - \text{CO}_2(T_{ti}^{\text{eng}})}{\text{CO}_2(T_{\text{cold}}) - \text{CO}_2(T_{\text{hot}})}$$

A continuación, se aplicará la Fórmula 5 para calcular la temperatura teórica del refrigerante del motor tras la descarga del sistema EST en las condiciones de tiempo de estacionamiento seleccionadas T<sub>ti</sub><sup>engmod</sup>.

Fórmula 5

$$T_{ti}^{\text{engmod}} = (2^{\text{NP}(T_{ti}^{\text{eng}})} - 1) \cdot (T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}) + T_{\text{cold}}$$

La ratio relativa de las inercias térmicas K<sub>ti</sub> en las condiciones de tiempo de estacionamiento seleccionadas se determinará utilizando la Fórmula 6.



## 6. DETERMINACIÓN DEL BENEFICIO DEL ARRANQUE EN CALIENTE

El beneficio del arranque en caliente (HSB) del vehículo equipado con la tecnología se determinará experimentalmente utilizando la Fórmula 9. Este valor indica la diferencia de emisiones de CO<sub>2</sub> que se registra entre un ensayo NEDC con arranque en frío y un ensayo NEDC con arranque en caliente en relación con el resultado del arranque en frío.

Fórmula 9

$$HSB = 1 - \frac{CO_2(T_{hot})}{CO_2(T_{cold})}$$

7. DETERMINACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

Antes de realizar el ensayo oficial de tipo I de conformidad con el Reglamento (CE) n.º 692/2008, la autoridad responsable de la homologación de tipo comprobará que la temperatura del refrigerante, incluyendo dentro del tanque de almacenamiento de entalpía, no sea superior ni inferior en más de 2 K a la temperatura ambiente. En caso de no alcanzarse esa temperatura, no podrá aplicarse al sistema EST el método para determinar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

La comprobación podrá efectuarse realizando una medición dentro del tanque de almacenamiento de entalpía (por ejemplo, por medio de un termopar) o apagando el sistema EST antes del procedimiento de acondicionamiento a fin de evitar que se almacene refrigerante caliente dentro del tanque. La temperatura dentro del tanque de almacenamiento de entalpía se registrará en el informe de ensayo.

El potencial relativo de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> ΔCO<sub>2</sub><sub>pt</sub> en diferentes tiempos de estacionamiento se calculará utilizando la Fórmula 10.

Fórmula 10

$$\Delta CO_{2pt} = 1,443 \cdot \ln \left( \frac{T_{pt}^{engmod} + T_{hot} - 2 \cdot T_{cold}}{T_{pt}^{eng} + T_{hot} - 2 \cdot T_{cold}} \right) \cdot HSB$$

Los resultados del cálculo se indicarán en el Cuadro 5.

Cuadro 5

**Potencial relativo de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> ΔCO<sub>2</sub><sub>pt</sub> en diferentes tiempos de estacionamiento**

pt [h]	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5
ΔCO <sub>2</sub> (pt) [%]												
pt [h]	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5	22,5	23,5
ΔCO <sub>2</sub> (pt) [%]												

Para calcular la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> ponderada en función de los tiempos de estacionamiento (pt) se utilizará la Fórmula 11.

Fórmula 11

$$C_{CO_2} = B_{TA} \cdot \sum_{pt=1}^{24} \Delta CO_{2pt} \cdot SVS_{pt}$$

donde:

SVS<sub>pt</sub> — Participación en el reparto del tiempo de estacionamiento [%], tal y como se indica en el Cuadro 6

Cuadro 6

## Reparto del tiempo de estacionamiento (proporción de paradas del vehículo, SVS)

pt [h]	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5
SVS <sub>pt</sub> [%]	36	13	6	4	2	2	1	1	3	4	3	1
pt [h]	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5	22,5	23,5
SVS <sub>pt</sub> [%]	1	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1

## 8. CÁLCULO DEL ERROR ESTADÍSTICO

Será preciso cuantificar los errores estadísticos que presenten los resultados de la metodología de ensayo por causa de las mediciones. Por cada uno de los ensayos que se realicen en las diferentes temperaturas del refrigerante del motor en el arranque, deberá calcularse la desviación típica de la media aritmética por medio de la Fórmula 12.

Fórmula 12

$$S_{CO_2(T_k)} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (CO_2(T_k)_j - CO_2(T_k))^2}{m(m-1)}}$$

donde: k = 1, 2, ..., 5

$$T_1 = T_{\text{cold}}$$

$$T_2 = T_{\text{hot}}$$

$$T_3 = T_{t1}^{\text{eng}}$$

$$T_4 = T_{t2}^{\text{eng}}$$

$$T_5 = T_{t3}^{\text{eng}}$$

La desviación típica de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> S<sub>C<sub>CO<sub>2</sub></sub></sub> se calculará por medio de la Fórmula 13.

Fórmula 13

$$S_{C_{CO_2}} = \sqrt{\sum_{k=1}^5 \left( \frac{\partial C_{CO_2}}{\partial CO_2(T_k)} \cdot S_{CO_2(T_k)} \right)^2}$$

donde:

$$\frac{\partial C_{CO_2}}{\partial CO_2(T_k)} = B_{TA} \cdot \ln(2) \cdot SVS_{pt} \cdot \sum_{pt=1}^{24} \left[ \ln(2) \cdot HSB \cdot \frac{1}{T_{pt}^{\text{engmod}} + T_{\text{hot}} - 2 \cdot T_{\text{cold}}} \cdot (T_{\text{hot}} - T_{\text{cold}}) \cdot \sum_{i=1}^3 \left( 2^{NP(T_{ti}^{\text{eng}})} - 1 \right) \cdot \frac{1}{T_{ti}^{\text{EST}} - T_{ti}^{\text{eng}}} \cdot WF_{ti} \cdot \frac{\partial NP(T_{ti}^{\text{eng}})}{\partial CO_2(T_k)} \right] + \ln \left( \frac{T_{pt}^{\text{engmod}} + T_{\text{hot}} - 2 \cdot T_{\text{cold}}}{T_{pt}^{\text{eng}} + T_{\text{hot}} - 2 \cdot T_{\text{cold}}} \right) \cdot \frac{\partial HSB}{\partial CO_2(T_k)}$$



$$\frac{\partial \text{HSB}}{\partial \text{CO}_2(\text{T}_{\text{hot}})} = - \frac{1}{\text{CO}_2(\text{T}_{\text{cold}})}$$

$$\frac{\partial \text{HSB}}{\partial \text{CO}_2(\text{T}_{\text{cold}})} = \frac{\text{CO}_2(\text{T}_{\text{hot}})}{\text{CO}_2(\text{T}_{\text{cold}})^2}$$

$$\frac{\partial \text{HSB}}{\partial \text{CO}_2(\text{T}_{\text{ti}}^{\text{eng}})} = 0$$

$$\frac{\partial \text{NP}(\text{T}_{\text{ti}}^{\text{eng}})}{\partial \text{CO}_2(\text{T}_{\text{hot}})} = \frac{\text{NP}(\text{T}_{\text{ti}}^{\text{eng}})}{\text{CO}_2(\text{T}_{\text{cold}}) - \text{CO}_2(\text{T}_{\text{hot}})}$$

$$\frac{\partial \text{NP}(\text{T}_{\text{ti}}^{\text{eng}})}{\partial \text{CO}_2(\text{T}_{\text{hot}})} = \frac{\text{CO}_2(\text{T}_{\text{cold}}) - \text{CO}_2(\text{T}_{\text{hot}})}{[\text{CO}_2(\text{T}_{\text{cold}}) - \text{CO}_2(\text{T}_{\text{hot}})]^2}$$

$$\frac{\partial \text{NP}(\text{T}_{\text{ti}}^{\text{eng}})}{\partial \text{CO}_2(\text{T}_{\text{ti}}^{\text{eng}})} = - \frac{1}{\text{CO}_2(\text{T}_{\text{cold}}) - \text{CO}_2(\text{T}_{\text{hot}})}$$

#### 9. SIGNIFICACIÓN ESTADÍSTICA

Deberá demostrarse por cada tipo, variante y versión de los vehículos equipados con el sistema EST que el error en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que se haya calculado con la Fórmula 13 no es superior a la diferencia entre la reducción total y el umbral de reducción mínima que dispone el artículo 9, apartado 1, del Reglamento (UE) n.º 725/2011 (véase la Fórmula 14).

Fórmula 14

$$\text{MT} \leq \text{C}_{\text{CO}_2} - \text{S}_{\text{C}_{\text{CO}_2}} - \Delta \text{CO}_{2\text{m}}$$

donde:

MT: Umbral de reducción mínima [g CO<sub>2</sub>/km], que es de 1 g CO<sub>2</sub>/km

ΔCO<sub>2m</sub>: Coeficiente de corrección de CO<sub>2</sub> debido al aumento de masa resultante de la instalación del sistema EST. Para el coeficiente ΔCO<sub>2m</sub>, se utilizarán los datos del Cuadro 7.

Cuadro 7

#### Coeficiente de corrección de CO<sub>2</sub> debido al aumento de masa

Tipo de combustible	Coeficiente de corrección de CO <sub>2</sub> debido al aumento de masa (ΔCO <sub>2m</sub> ) [g CO <sub>2</sub> /km]
Gasolina	0,0277 · Δm
Diésel	0,0383 · Δm

En el Cuadro 7, Δm es el aumento de masa que se produce como resultado de la instalación del sistema EST. Se trata de la masa del sistema EST cargado completamente de refrigerante.

---

#### 10. EQUIPAMIENTO DE VEHÍCULOS CON EL SISTEMA EST

La autoridad responsable de la homologación de tipo deberá certificar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que arrojen las mediciones a las que se someta el sistema EST utilizando la metodología de ensayo descrita en el presente anexo. En caso de que la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> se sitúe por debajo del umbral que contempla el artículo 9, apartado 1, del Reglamento (UE) n.º 725/2011, se aplicará lo dispuesto en su artículo 11, apartado 2, párrafo segundo.

---