

INFORME PROYECTOS— 2025

**DISMINUCIÓN DE COV DEL INTERIOR DE AUTOMÓVILES Y OTROS
PRODUCTOS DE MOVILIDAD
“AUTOCOV”**

Informe: Final de Resultados

Número de proyecto: 22500008

Expediente: IMAMCA/2025/2

Duración: Del 01/01/2025 al 31/12/2025

Coordinado en AIDIMME por: Pablo Rodríguez Abad



GENERALITAT
VALENCIANA

IVACE+i

INSTITUTO VALENCIANO
DE COMPETITIVIDAD
E INNOVACIÓN

AIDIMME
Instituto Tecnológico

ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS DEL PROYECTO	1
2. RESULTADOS OBTENIDOS.....	4
3. ACTIVIDADES REALIZADAS, DESARROLLO DEL PROYECTO.....	5
3.1. MAPEADO DE LAS CONDICIONES DE ENSAYO EN EL INTERIOR DE LA CÁMARA.....	5
3.2.- MEDICIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN VEHÍCULOS.....	12
3.3. COMPARACIÓN MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE FORMALDEHÍDO: DNPH FRENTE A MÉTODOS HÚMEDOS.	23
3.4. DETERMINACIÓN DE EMISIONES DE COV EN COMPONENTES DE VEHÍCULOS.	27
4. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	28
5. ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍA.....	29

1. Introducción, objetivos del proyecto

En las últimas décadas, la sociedad ha experimentado un importante cambio en su estilo de vida, pasando aproximadamente el 90% de su tiempo en espacios cerrados (viviendas, oficinas, escuelas, etc.). Esta tendencia ha convertido a la Calidad del Aire Interior (CAI) en un factor determinante para el bienestar y la salud pública. Entre los contaminantes más críticos que degradan este entorno se encuentran los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

Los compuestos orgánicos volátiles son compuestos de naturaleza orgánica que, como su nombre indica, evaporan a bajas temperaturas, emitiéndose al ambiente. Estos compuestos emitidos se pueden acumular en ambientes de interior donde no exista una buena circulación de aire limpio, pudiendo afectar a la salud de las personas que se encuentren en dichos espacios.

Estos compuestos son emitidos por casi todo aquello que nos rodea (materiales de construcción, mobiliario, productos de limpieza, equipos electrónicos, etc.). Tanto los materiales naturales de naturaleza orgánica, como aquellos productos sometidos a un proceso industrializado, son susceptibles a emitir COV. Sin embargo, cada uno de estos compuestos se comporta de forma diferente en nuestro organismo.

Por supuesto, no todos los COV son perjudiciales para la salud, sin embargo, el control de la concentración de estos compuestos en aire es de gran importancia.

Por eso, en los últimos años han ido surgiendo nuevas legislaciones que se centran en la emisión de este tipo de compuestos y se centran no solo en qué compuestos son los que se emiten, sino además, en la concentración máxima permitida en aire que se puede generar.

Algunas de estas legislaciones pueden ser:

- La Unión Europea tiene un enfoque preventivo muy estricto, centrado en restringir los COV en el origen.
 - **Directiva 2004/42/CE:** esta legislación limita la cantidad total de COV en pinturas, barnices y productos de renovación del acabado de vehículos.
 - **Reglamento REACH (CE nº 1907/2006)**
 - **Reglamento (UE) 2023/1464:** establece límites estrictos a las emisiones de formaldehído en artículos de consumo y materiales derivados de la madera.
 - **Legislaciones nacionales:** algunos países como Francia (décret 2011-312) obligan a etiquetar los materiales de construcción con una clase de emisión basada en su impacto en el aire interior.

- En Estados Unidos la regulación es una combinación de estándares federales de protección ambiental y guías de salud ocupacional.
 - **Estándares de la EPA para el Aire Interior:** establece límites en la emisión de compuestos orgánicos totales para ambientes de interior.
 - **California (CARB):** El estado de California históricamente tiene normativas mucho más estrictas que el resto del país.
- China ha actualizado recientemente las normativas debido a sus altos niveles de contaminación urbana.
 - **GB/T 18883-2022:** es el estándar nacional para la calidad del aire interior en el país y especifica parámetros químicos, físicos y biológicos estrictos para edificios residenciales y de oficina.

En este proyecto nos centraremos en el estudio de las emisiones que se producen en el interior de la cabina de los vehículos, ya que en estos podemos pasar gran cantidad de tiempo, en un ambiente reducido que acumula muchos compuestos orgánicos volátiles. Hay que tener en cuenta que estos COV no hacen referencia a aquellos que se derivan de la combustión del combustible, ya que en un vehículo que funcione en condiciones adecuadas estos productos se expulsarán directamente por el tubo de escape, sino a aquellos compuestos químicos emitidos por los componentes que se encuentran en el interior de la cabina (espumas, tapicería, plásticos, etc.) o por aquellos que pueden llegar a la cabina por los conductos de ventilación, como por ejemplo las rejillas de la calefacción o el aire acondicionado.

Con esto en mente, nos planteamos los siguientes objetivos en el proyecto:

- Evaluación de la emisión de COV en el interior de coches.
- Mapeado de concentraciones de COV en el interior de cámaras para comprobar la distribución de las mismas.
- Equivalencia de diferentes métodos de evaluación de COV, incluyendo metodología láser y HPLC.
- Equivalencia entre la medida de COV del vehículo entero y por componentes.

Las mediciones de COV generalmente se realizan en el interior de cámaras climáticas donde tanto la temperatura como la humedad deben ser perfectamente controladas. Esto es así tanto en las normas de referencia para la medición de COV (ISO 16000) como en la norma específica para la medición de COV en vehículos (ISO 12219-1). Es por ello, que teniendo en cuenta que el principal objetivo del proyecto es la determinación de la emisión de COV en el interior de vehículos, un factor importante es cerciorarse que la cámara donde se realizarán las evaluaciones cumple los requisitos para su uso.

Además de ello, aunque el procedimiento estándar de medición de COV es mediante el uso de cromatografía líquida y gaseosa para la determinación de las concentraciones,

en los últimos años se están poniendo en el mercado equipos que pueden realizar estas mediciones a través de otras tecnologías. En este caso, vamos a comparar los resultados obtenidos mediante la metodología estándar en la determinación de formaldehído (derivatización con dinitrofenilhidrazina, DNPH) con una nueva tecnología de determinación por láser.

Por último, intentaremos comprobar de dónde provienen las emisiones que aparecen en el interior de las cabinas de los vehículos. Para ello analizaremos los componentes por separado (tapicería, plásticos) mediante métodos normalizados de emisión de COV, intentando comprobar cual de ellos es el que más aporta a la emisión total.

2. Resultados obtenidos

Del desarrollo de proyecto, teniendo en cuenta los objetivos planteados, podemos extraer los siguientes resultados:

- Se ha determinado la emisión de COV en tres vehículos, dos coches y una furgoneta *camperizada (antes de su matriculación)*, siendo las emisiones notoriamente más elevadas en el caso del vehículo nuevo.
- Se han mapeado las condiciones de humedad y temperatura dentro de la cámara en diversos puntos, demostrando que la cámara se mantiene homogénea en sus condiciones durante todo el proceso de medida.
- Se han realizado diferentes ensayos para comprobar la idoneidad de la medida por método húmedo (método de la acetilacetona y el método láser) frente al método estandarizado mediante HPLC, obteniéndose peores resultados en los métodos no normalizados para este tipo de ensayos.
- Se han realizado medidas de emisiones de COV tanto en los componentes de un vehículo nuevo como en el vehículo completo, determinando el orden de emisiones derivados de cada uno de los componentes.

3. Actividades realizadas, desarrollo del proyecto

3.1. Mapeado de las condiciones de ensayo en el interior de la cámara

Para la determinación de compuestos orgánicos volátiles en vehículos existen procedimientos normalizados que indican las condiciones necesarias para realizar el ensayo de forma eficiente.

Para la realización de este proyecto nos hemos basado en la norma ISO 12219-1 *“Interior air of road vehicles – Part 1: Whole vehicle test Chamber – Specification and method for the determination of volatile organic compounds in cabin interiors”*, ya que es la norma indicada en el Reglamento REACH (CE nº 1907/2006) para la determinación de formaldehído en vehículos.

En esta norma se indica que la medición se debe realizar dentro de una cámara climática en la que se introduce el vehículo donde las condiciones de humedad, temperatura y radiación lumínica están totalmente controladas.

Los análisis se van a realizar en una cámara climática de 60 m³ que cuenta con las dimensiones adecuadas para introducir un vehículo. Esta cámara es capaz de mantener temperaturas entre 20 y 50 °C y humedades de entre 40-70%. Además, dispone de lámparas de radiación IR que permite simular la radiación solar mientras se están realizando las mediciones.



Figura 1.- Cámara climática de 60 m³.

Antes de realizar ningún ensayo con vehículos, nos dispusimos a comprobar que la cámara en la que se realizarán los ensayos con vehículos cumple las condiciones adecuadas en todo el habitáculo.

Por ello se realiza una verificación del funcionamiento de la cámara controlando la humedad y la temperatura en su interior.

Para ello, debido al tamaño de la cámara, se decide realizar el calibrado en dos zonas diferenciadas de la misma, dividiéndola en zona 1, la más próxima a la puerta de entrada de los vehículos, y zona 2, alejada de la puerta de entrada y junto a los ventiladores de distribución del aire. En la siguiente imagen se ven las zonas indicadas.

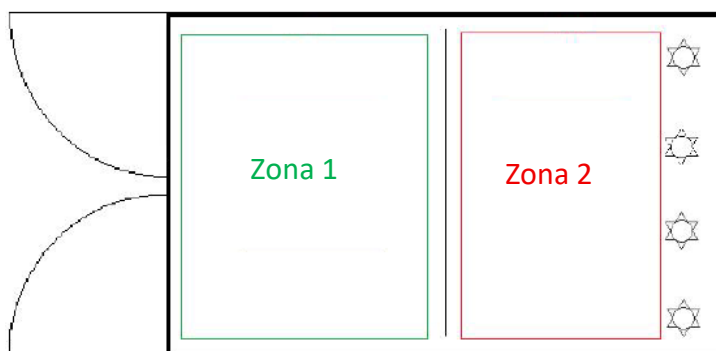


Figura 2.- Zonas de calibración de la cámara.

Asimismo, dentro de cada zona se dispusieron 18 sensores de temperatura y humedad, distribuidos de la siguiente forma: un sensor en el centro geométrico del área de ensayo, otro a un metro de esta en dirección a la puerta de la cámara, otros ocho en la continuación por cada lado en las diagonales, manteniéndose cada uno de ellos a una distancia nominal de (100 ± 10) mm de cualquier pared interior del recinto de ensayo, y los otros ocho en la mitad del recorrido entre el sensor central y cada uno de los otros ocho sensores dispuestos en las aristas, imaginando el área cúbica de uso. En la figura 3 se muestra de forma gráfica esta distribución.

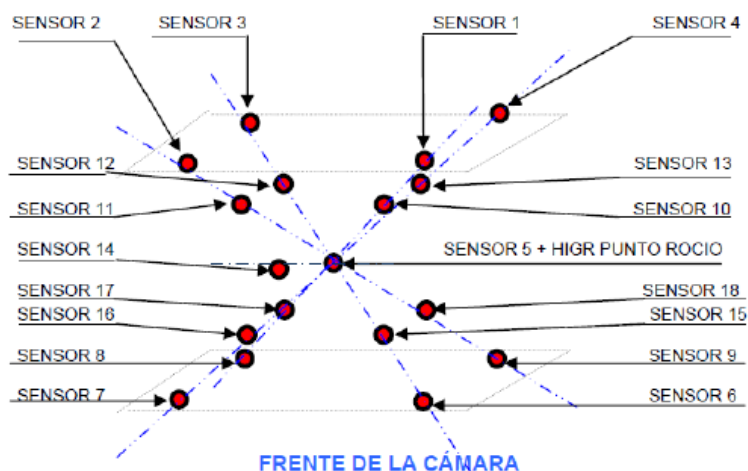


Figura 3.- Distribución de los sensores en cada zona de medida

La verificación de la cámara se realizó bajo las condiciones de 25°C y 50 % de humedad, ya que son las condiciones indicadas en la norma de ensayo ISO 12219-1 para la determinación de COV en cabinas de vehículos.

Para este proceso, vamos a estudiar tanto la estabilidad como la uniformidad de las condiciones. Estas se definen como:

- Estabilidad o desviación temporal de temperatura o humedad: valor dado por la sonda ubicada en el centro del área de ensayo de los intervalos de temperatura o humedad (máximo – mínimo), tomados en un periodo de 30 minutos, dividido por 2.
- Uniformidad o desviación espacial de temperatura o humedad: es la diferencia entre los valores máximo y mínimo de temperatura o humedad entre dos sondas distintas, tomando para ello los valores medios de las 30 lecturas registradas durante 30 minutos.

En las siguientes tablas, se muestran los datos extraídos de cada uno de los sensores introducidos en cada zona de la cámara, tanto de humedad como de temperatura, así como los datos de estabilidad como de uniformidad de cada uno de ellos.

Resultados de la zona de medida 1

Sensor	Temperatura referencia (°C)	Lectura instrumento (°C)	Corrección (°C)	Valor máximo (°C)	Valor mínimo (°C)	Desviación estándar (°C)	Incertidumbre (k = 2) (°C)
1	23,93	24,1	-0,17	23,98	23,91	0,02	± 0,64
2	23,67	24,1	-0,43	23,70	23,65	0,01	± 0,64
3	23,79	24,1	-0,31	23,84	23,77	0,02	± 0,64
4	24,21	24,1	+0,11	24,32	24,11	0,05	± 0,64
5	23,38	24,1	-0,72	23,44	23,31	0,04	± 0,64
6	23,69	24,1	-0,41	23,73	23,67	0,01	± 0,64
7	23,56	24,1	-0,54	23,59	23,54	0,02	± 0,64
8	23,63	24,1	-0,47	23,65	23,60	0,02	± 0,64
9	23,70	24,1	-0,40	23,72	23,68	0,01	± 0,64
10	23,91	24,1	-0,19	23,92	23,89	0,01	± 0,64
11	23,78	24,1	-0,32	23,80	23,77	0,01	± 0,64
12	23,50	24,1	-0,60	23,53	23,49	0,01	± 0,64
13	23,59	24,1	-0,51	23,62	23,58	0,01	± 0,64
14	23,71	24,1	-0,39	23,74	23,68	0,01	± 0,64
15	23,72	24,1	-0,38	23,74	23,70	0,01	± 0,64
16	23,47	24,1	-0,63	23,51	23,46	0,01	± 0,64
17	23,65	24,1	-0,45	23,68	23,63	0,01	± 0,64
18	23,65	24,1	-0,45	23,69	23,62	0,02	± 0,64

Tabla 1.- Verificación de la temperatura en la zona 1 de la cámara.

Estabilidad ± (°C)	Incertidumbre (k = 2) (°C)	Uniformidad (°C)	Incertidumbre (k = 2) (°C)
0,07	± 0,10	0,83	± 0,35

Tabla 2.- Datos de estabilidad y uniformidad de temperatura en la zona 1 a 25°C y 50 % HR.

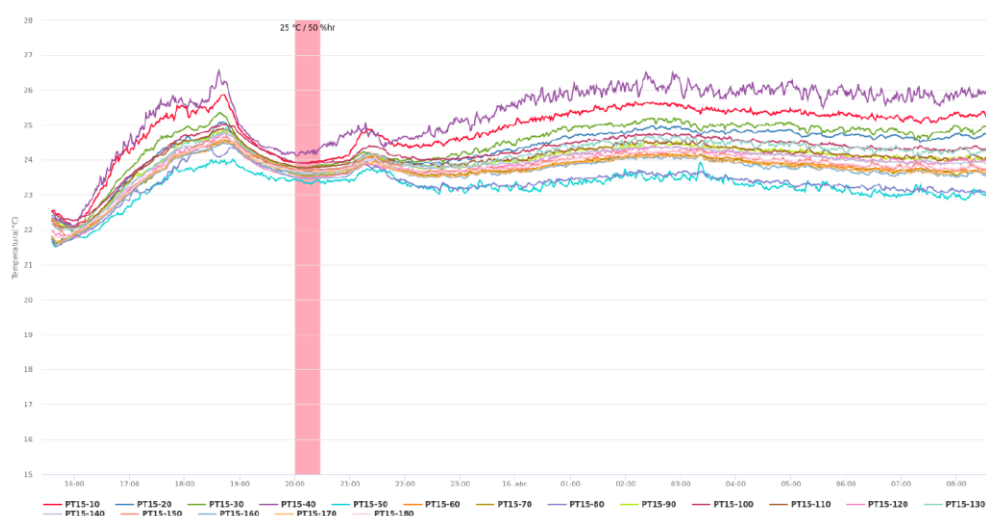


Figura 4.- Gráfica completa de temperatura de la zona 1

Sensor	Humedad referencia (%HR)	Lectura instrumento (%HR)	Corrección (%HR)	Valor máximo (%HR)	Valor mínimo (%HR)	Desviación estándar (%HR)	Incertidumbre (k = 2) (%HR)
1	56,2	52,8	+3,4	56,6	56,0	0,19	± 4,0
2	57,1	52,8	+4,3	57,5	56,9	0,21	± 4,0
3	56,7	52,8	+3,9	57,1	56,4	0,21	± 4,0
4	55,3	52,8	+2,5	55,7	54,8	0,23	± 4,0
5	58,1	52,8	+5,3	58,6	57,8	0,29	± 4,0
6	57,0	52,8	+4,2	57,4	56,8	0,20	± 4,0
7	57,5	52,8	+4,7	57,8	57,3	0,21	± 4,0
8	57,3	52,8	+4,5	57,6	57,1	0,21	± 4,0
9	57,0	52,8	+4,2	57,3	56,9	0,17	± 4,0
10	56,3	52,8	+3,5	56,6	56,2	0,18	± 4,0
11	56,7	52,8	+3,9	57,1	56,6	0,19	± 4,0
12	57,7	52,8	+4,9	58,0	57,5	0,20	± 4,0
13	57,4	52,8	+4,6	57,7	57,2	0,19	± 4,0
14	57,0	52,8	+4,2	57,4	56,8	0,20	± 4,0
15	57,0	52,8	+4,2	57,3	56,8	0,19	± 4,0
16	57,8	52,8	+5,0	48,1	57,6	0,21	± 4,0
17	57,2	52,8	+4,4	57,5	57,0	0,20	± 4,0
18	57,2	52,8	+4,4	57,6	56,9	0,24	± 4,0

Tabla 3.- Verificación de la humedad en la zona 1 de la cámara.

Estabilidad ± (%HR)	Incertidumbre (k = 2) (%HR)
0,42	± 0,32

Uniformidad (%HR)	Incertidumbre (k = 2) (%HR)
2,8	± 2,4

Tabla 4.- Datos de estabilidad y uniformidad de humedad en la zona 1 a 25°C y 50 % HR.

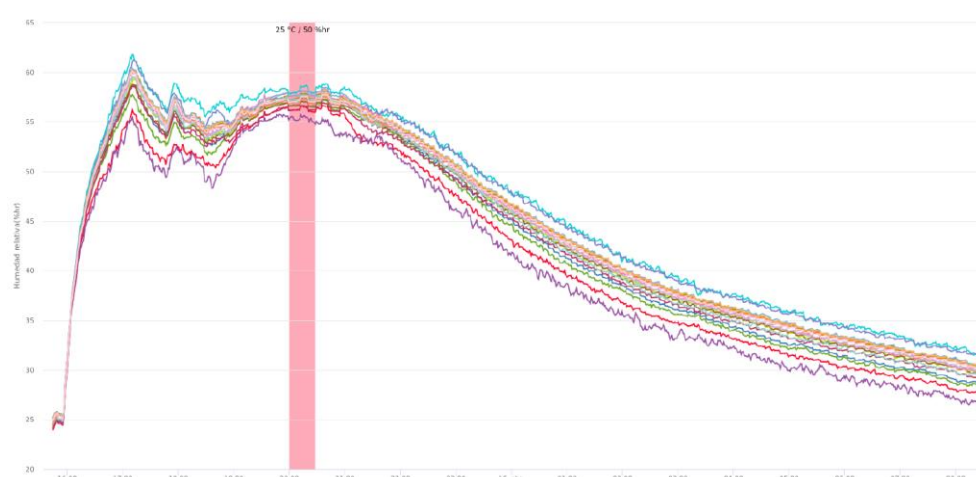


Figura 5.- Gráfica completa de humedad de la zona 1

Resultados de la zona de medida 2

Sensor	Temperatura referencia (°C)	Lectura instrumento (°C)	Corrección (°C)	Valor máximo (°C)	Valor mínimo (°C)	Desviación estándar (°C)	Incertidumbre (k = 2) (°C)
1	24,03	24,1	-0,07	24,08	23,98	0,03	± 0,52
2	23,75	24,1	-0,35	23,79	23,71	0,02	± 0,52
3	23,70	24,1	-0,40	23,73	23,67	0,02	± 0,52
4	23,64	24,1	-0,46	23,70	23,59	0,03	± 0,52
5	23,67	24,1	-0,43	23,71	23,65	0,02	± 0,52
6	23,46	24,1	-0,64	23,57	23,39	0,04	± 0,52
7	23,68	24,1	-0,42	23,70	23,63	0,02	± 0,52
8	23,68	24,1	-0,42	23,73	23,67	0,02	± 0,52
9	23,56	24,1	-0,54	23,59	23,52	0,02	± 0,52
10	23,73	24,1	-0,37	23,79	23,69	0,03	± 0,52
11	23,70	24,1	-0,40	23,73	23,68	0,02	± 0,52
12	23,69	24,1	-0,41	23,70	23,67	0,01	± 0,52
13	23,71	24,1	-0,39	23,73	23,69	0,01	± 0,52
14	23,69	24,1	-0,41	23,74	23,66	0,02	± 0,52
15	23,52	24,1	-0,58	23,56	23,45	0,03	± 0,52
16	23,70	24,1	-0,40	23,73	23,67	0,01	± 0,52
17	23,67	24,1	-0,43	23,69	23,63	0,02	± 0,52
18	23,51	24,1	-0,59	23,60	23,45	0,04	± 0,52

Tabla 5.- Verificación de la temperatura en la zona 2 de la cámara.

Estabilidad ± (°C)	Incertidumbre (k = 2) (°C)	Uniformidad (°C)	Incertidumbre (k = 2) (°C)
0,03	± 0,10	0,57	± 0,35

Tabla 6.- Datos de estabilidad y uniformidad de temperatura en la zona 2 a 25°C y 50 % HR

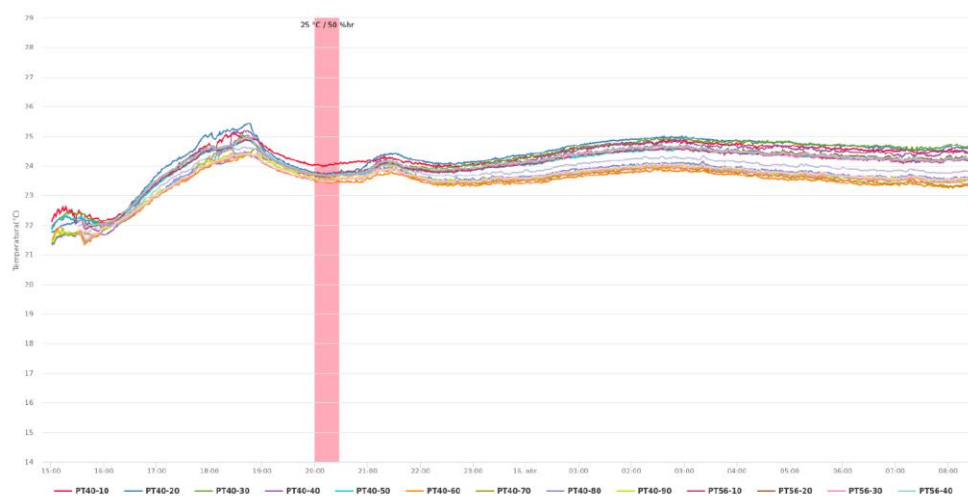


Figura 6.- Gráfica completa de temperatura de la zona 2

Sensor	Humedad referencia (%HR)	Lectura instrumento (%HR)	Corrección (%HR)	Valor máximo (%HR)	Valor mínimo (%HR)	Desviación estándar (%HR)	Incertidumbre (k = 2) (%HR)
1	55,4	52,8	+2,6	55,6	55,1	0,14	± 2,6
2	56,3	52,8	+3,5	56,5	56,0	0,14	± 2,6
3	56,5	52,8	+3,7	56,7	56,2	0,14	± 2,6
4	56,7	52,8	+3,9	57,0	56,4	0,15	± 2,6
5	56,6	52,8	+3,8	56,8	56,2	0,14	± 2,6
6	57,3	52,8	+4,5	57,6	56,9	0,22	± 2,6
7	56,6	52,8	+3,8	56,8	56,3	0,15	± 2,6
8	56,5	52,8	+3,7	56,7	56,2	0,14	± 2,6
9	57,0	52,8	+4,2	57,2	56,6	0,17	± 2,6
10	56,4	52,8	+3,6	56,6	56,1	0,15	± 2,6
11	56,5	52,8	+3,7	56,7	56,2	0,14	± 2,6
12	56,5	52,8	+3,7	56,7	56,3	0,13	± 2,6
13	56,5	52,8	+3,7	56,7	56,2	0,14	± 2,6
14	56,5	52,8	+3,7	56,7	56,2	0,16	± 2,6
15	57,1	52,8	+4,3	57,4	56,8	0,18	± 2,6
16	56,5	52,8	+3,7	56,7	56,2	0,12	± 2,6
17	56,6	52,8	+3,8	56,8	56,3	0,15	± 2,6
18	57,1	52,8	+4,3	57,4	56,7	0,20	± 2,6

Tabla 7.- Verificación de la humedad en la zona 2 de la cámara.

Estabilidad ± (%HR)	Incertidumbre (k = 2) (%HR)
0,26	± 0,31

Uniformidad (%HR)	Incertidumbre (k = 2) (%HR)
1,9	± 1,4

Tabla 8.- Datos de estabilidad y uniformidad de humedad en la zona 2 a 25°C y 50 %HR.

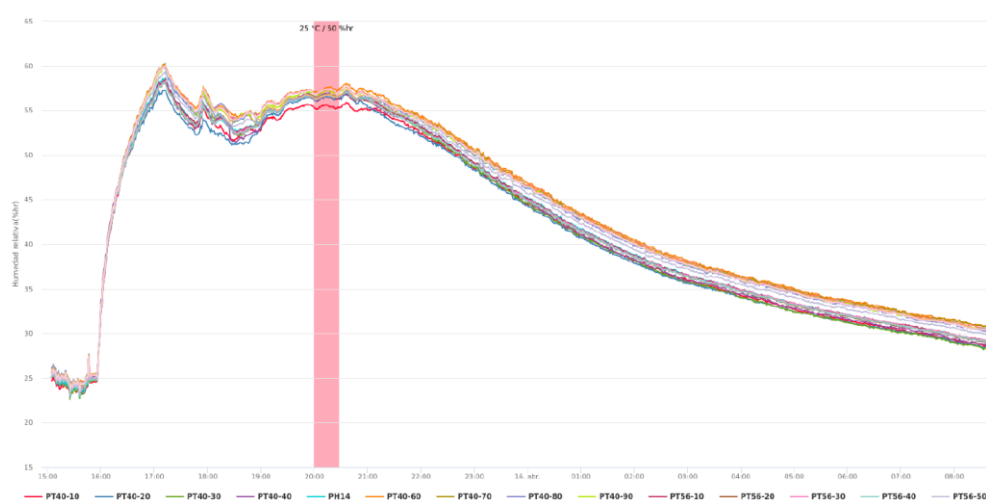


Figura 7.- Gráfica completa de humedad de la zona 2

Como se puede comprobar, las desviaciones tanto de la humedad como la temperatura en ambas zonas tienen variaciones bajas frente a los valores indicados por la cámara. En la siguiente tabla se muestra un resumen de dichas variaciones:

	Zona 1		Zona 2	
Temperatura cámara (°C)	Temperatura máxima total (°C)	Temperatura máxima total (°C)	Temperatura máxima total (°C)	Temperatura máxima total (°C)
24,1	24,32	23,31	24,08	23,39
Humedad cámara (%HR)	Humedad máxima total (%HR)	Humedad máxima total (%HR)	Humedad máxima total (%HR)	Humedad máxima total (%HR)
52,8	58,6	54,8	57,6	55,1

Tabla 9.- Desviaciones de humedad y temperatura de la cámara.

Con estas variaciones en mente y teniendo en cuenta que la norma de ensayo para cabinas de vehículos indica que la temperatura se tiene que mantener, en su rango más estricto, entre 23 °C y 25 °C, y la humedad debe cumplir con (50 ± 10) %HR, podemos tener la certeza de que la cámara mantiene las condiciones necesarias para el desarrollo de los ensayos a vehículos, además de que no existen variaciones importantes dentro del volumen de la misma.

3.2.- Medición de compuestos orgánicos volátiles en vehículos

Las medidas de emisiones de COV en vehículos se ha realizado siguiendo las condiciones indicadas en la norma ISO 12219-1. En ella se indica que el vehículo debe introducirse dentro de la cámara climática y se simula diferentes condiciones en las que se puede encontrar, denominándose estas condiciones como Modo Ambiental, que simula condiciones estándar de humedad y temperatura, Modo Aparcamiento, que pretende simular condiciones de un coche detenido bajo el sol, y el Modo Conducción, el cual simula el coche en movimiento. Además de estos, existe un Modo de Preparación, que es simplemente un acondicionamiento de la muestra antes de comenzar la primera toma de muestra.

En la tabla mostrada a continuación se resume las condiciones de ensayo para la determinación de COV en vehículos.

Modo	Modo de Preparación	Modo Ambiente				Modo Aparcamiento		Modo Conducción
Fases	Preacondicionamiento de la temperatura	Muestreo	Preacondicionamiento COV	Espera	Muestreo	Espera	Muestreo	Muestreo
Duración	24 h	30 min ^a	(30 ≤ t ≤ 60) min	(16 ± 1) h	30 min	4 h	30 min	30 min
Hora de inicio (hh:mm)	0:00	24:00	24:30	25:00 - 25:30	41:00 – 42:00	41:30	45:30	46:00
Temperatura de la cámara	(20 ≤ T ≤ 30) °C	(23,0 ≤ T ≤ 25,0) °C, lo más cercano posible a 25,0 °C				Lo más cercano posible a 25,0 °C		
Humedad de la cámara	(50 ± 10) % HR					Lo más cercano posible a 50 % HR		
Carga solar	APAGADA					(400 ± 50) W/m²		
Renovación de aire	≥ 2 h ⁻¹							
Antigüedad de la muestra	28 ± 5 días y menos de 80 km							
Puertas	CERRADAS		ABIERTAS		CERRADAS			ABIERTAS Menos de 1 min
Ventanas	CERRADAS							
Motor	APAGADO							ENCENDIDO
Climatización	APAGADA							Modo automático o frontal
Aire acondicionado	APAGADO							ENCENDIDO
Ventilador	APAGADO							Auto o máximo
Ajuste de temperatura	APAGADO							23 °C o inferior, pero no al máximo
Posición de la entrada de aire	APAGADO							Auto
Salida de la ventilación	Totalmente ABIERTA y vertical							
^a Blanco de la cámara.								

Tabla 10.- Condiciones de ensayo para la determinación de COV en cabinas de vehículos.

Del mismo modo, bajo estas líneas se resume el procedimiento de ensayo y muestreo.

Tiempo (hh:mm)	Descripción
00:00	El vehículo a analizar se introduce en la cámara de ensayo. Una vez dentro, se activan las condiciones de ensayo: entre 20 y 30 °C (lo más cercano posible a 25 °C), (50 ± 10) % HR y una renovación de aire de 2 h ⁻¹ . Se sitúa un registrador de humedad y temperatura en el lugar marcado para ello en el interior de la cámara.
24:00	Se ajusta la temperatura de ensayo a 23-25 °C (lo más cercano posible a 25 °C). Se toma muestra del fondo de cámara.
24:30	Comienza el acondicionamiento del interior del vehículo. Se abren todas las puertas de vehículo durante 30 min y se aprovecha este momento para colocar el punto de medida del interior del vehículo. Transcurrido este tiempo, se cierra el vehículo.
25:00	Se deja el vehículo durante 16 h bajo las condiciones de la cámara.
41:00	Se toma muestra del interior de la cámara, tanto para la medición de COV como para compuestos carbonílicos.
41:30	Se encienden las lámparas IR con una radiación de (400 ± 50) W/m ² , intentando mantener la humedad lo más cercano posible a 50 % HR. El vehículo se encontrará bajo esas condiciones durante 4 h.
45:30	Se toman muestras del interior de la cámara y de concentración de fondo, tanto para la medición de COV como para compuestos carbonílicos.
46:00	Se abre la puerta del conductor y se enciende el motor del coche. Se enciende el aire acondicionado a 23 °C a la velocidad más baja. Si no tiene aire acondicionado, se sitúa la ventilación de aire a máximo rendimiento con aire fresco. Todo esto se debe realizar en un máximo de 60 s. Tras esto, se toman muestras del interior de la cámara y de concentración de fondo, tanto para la medición de COV como para compuestos carbonílicos.
46:30	Se detiene el vehículo y se deja de medir la humedad y temperatura de la cámara. El ensayo se da por finalizado.

Tabla 11.- Resumen de las condiciones del procedimiento experimental.

Para determinar compuestos orgánicos volátiles, estos se deben captar mediante procesos de adsorción o absorción. En el caso de los aldehídos y cetonas, estos se adsorben mediante un proceso de derivatización química, empleando dinitrofenilhidrazina (DNPH) como adsorbente. Éste, al entrar en contacto con el aldehído reacciona de forma irreversible, formando un derivado que luego es fácil de extraer y analizar mediante cromatografía líquida HPLC. Por su parte, el resto de COV se captan mediante Tenax por un proceso de absorción. Una vez captados estos compuestos, se pueden desorber mediante un proceso térmico y analizar mediante cromatografía de gases.

Durante la medición de COV se realizan las determinaciones indicadas por la norma. Estas son 24 mediciones, contando los distintos procedimientos de captación, los blancos realizados y la distribución que se realiza a lo largo del análisis. En la siguiente tabla se muestra el detalle de las distintas tomas de muestra que se deben realizar:

	Modo Ambiente		Modo Aparcamiento	Modo Conducción	
Cartucho de muestreo	Tenax TA	DNPH	DNPH	Tenax TA	DNPH
Compuestos medidos	COV	Compuestos carbonílicos	Compuestos carbonílicos	COV	Compuestos carbonílicos
Medida en cámara para blanco de campo	2 ^a	2 ^a			
Medida en cámara para concentración de fondo	2	2	2	2	2
Medida en vehículo	2	2	2	2	2
Medidas totales	6	6	4	4	4

^aEl blanco de campo se debe realizar como mínimo antes de cada serie de medidas (serie de medidas consecutivas de varios vehículos)

Tabla 12.- Número de muestras a tomar durante el análisis.

Una vez definidas las muestras que se van a realizar, es importante tener en cuenta la posición donde se van a llevar a cabo estas medidas, ya que las cabinas de los vehículos son espacios heterogéneos donde cada punto no se comporta de forma similar a otro. Es por ello, que nos centraremos en la medida del aire alrededor del conductor, ya que es él quien va a estar siempre subido al vehículo.

En las siguientes imágenes se muestran las posiciones de los puntos de muestreo, tanto

de las concentraciones en el interior del vehículo como las del exterior que se toman como blanco de fondo.

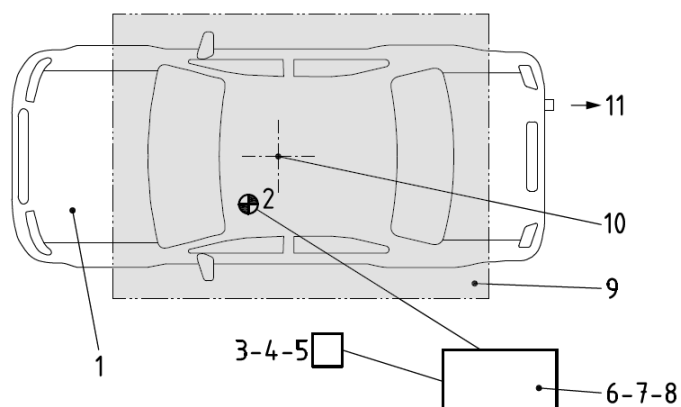


Figura 8.- Posicionamiento del vehículo en la cámara y puntos de medida.

donde,

- 1 vehículo de ensayo
- 2 punto de muestreo del vehículo
- 3 punto de muestreo de la cámara, a 1 m del vehículo, 1 m sobre el suelo
- 4 punto de medida de la temperatura de la cámara
- 5 punto de medida de la humedad de la cámara
- 6 sistema de captación de aire
- 7 muestra de fondo, 2 tubos y dos cartuchos, siendo una de respaldo
- 8 blanco de campo
- 9 área de carga solar, área uniforme que se extiende 0,5 m más allá de los cristales del vehículo
- 10 punto de medida de la carga solar
- 11 escape de humo

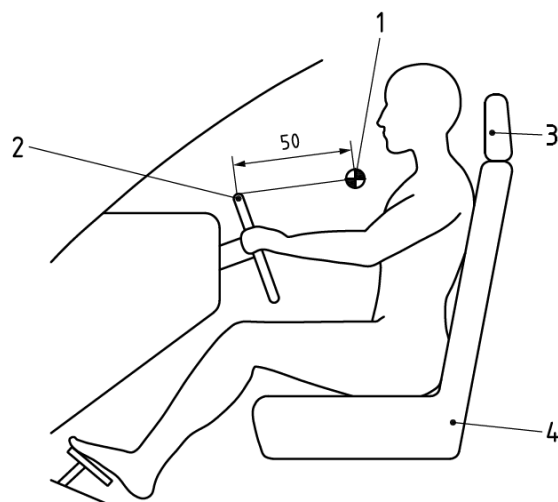


Figura 9.- Posicionamiento de la toma de muestra en el interior de la cabina del vehículo.

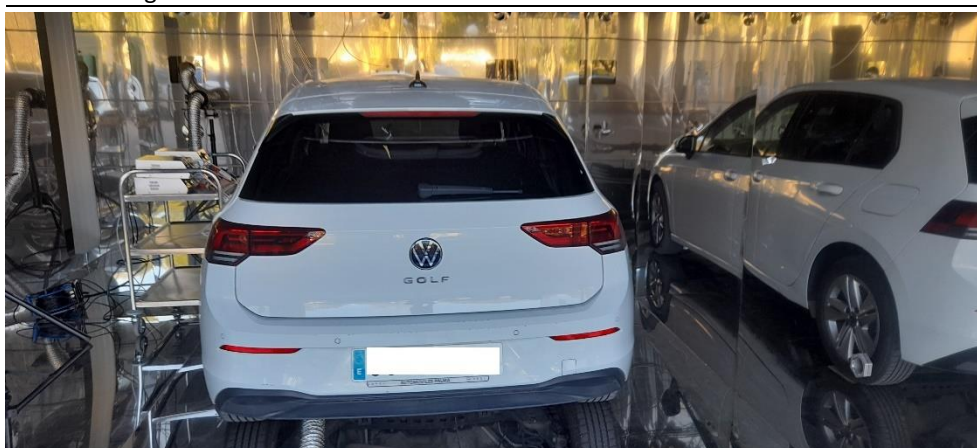
Donde,

- 1 punto de muestreo del vehículo, a 50 cm desde la parte superior del volante a la parte inferior del reposacabezas.
- 2 volante, en la posición más elevada.
- 3 reposacabezas en el punto más bajo.
- 4 asiento en la posición más alejada y baja con el respaldo a unos 90° de la parte inferior del asiento.

Bajo estas condiciones, se han determinado las emisiones de tres vehículos, de diferentes marcas y años de matriculación. Los tres vehículos analizados han sido los que se muestran a continuación:



Marca / Modelo	Año matriculación	Cuentakilómetros (km)
Volkswagen Passat	2021	67 463



Marca / Modelo	Año matriculación	Cuentakilómetros (km)
Volkswagen Golf	2023	47 430



Marca / Modelo	Año matriculación	Cuentakilómetros (km)
Ford Tourneo	Sin matricular	14

Figura 10.- Vehículos analizados

De las muestras ensayadas, hay que destacar que el Ford Tourneo se trata de una furgoneta *camperizada*. La parte trasera de la misma está ya adaptada, teniendo bancadas, revestimientos de suelo y armarios. Esto es de especial importancia, ya que el comportamiento del mismo frente a las emisiones puede variar.



Figura 11.- Vista de la zona trasera del vehículo Ford Tourneo *camperizado*.

Tras realizar el análisis en los tres modos (ambiente, aparcamiento y conducción) se obtienen los resultados que se muestran a continuación.

RESULTADOS VOLSKWAGEN PASSAT

Compuesto	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Modo Ambiente	Modo Aparcamiento	Modo Conducción
Formaldehído	13	32	56
Acetaldehído	19	31	90
Tolueno	6	-	4
m,p-Xileno	5	-	6
2-Butoxietanol	8	-	13
1,4-Diclorobenceno	2	-	< 2
COVT	135	-	349

Tabla 13.- Resultados del vehículo Volkswagen Passat.

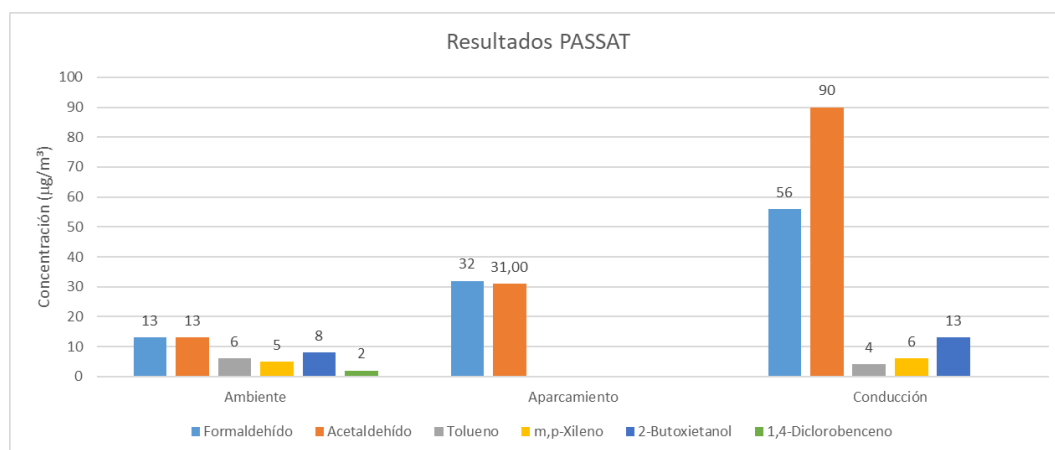


Figura 11.- Gráfica de resultados del Volkswagen Passat.

RESULTADOS VOLSKWAGEN GOLF

Compuesto	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Modo Ambiente	Modo Aparcamiento	Modo Conducción
Formaldehído	13	25	6
Acetaldehído	26	31	13
Tolueno	20	-	7
Etilbenceno	50	-	7
m,p-Xileno	53	-	12
o-Xileno	26	-	6
2-Butoxietanol	13	-	8
1,2,4-Trimetilbenceno	76	-	32
COVT	4689	-	1809

Tabla 14.- Resultados del vehículo Volkswagen Golf.

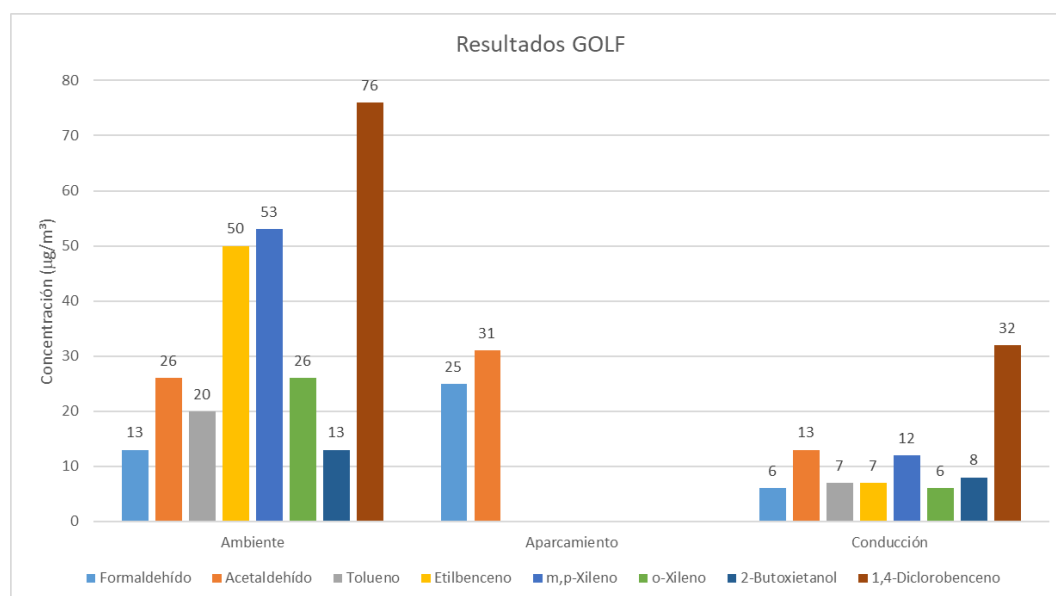


Figura 12.- Gráfica de resultados del Volkswagen Golf.

RESULTADOS FORD TOURNEO

Compuesto	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Modo Ambiente	Modo Aparcamiento	Modo Conducción
Formaldehído	61	148	42
Acetaldehído	50	66	43
Tolueno	37	-	31
Etilbenceno	65	-	105
m,p-Xileno	157	-	231
o-Xileno	59	-	95
Estireno	304	-	398
1,2,4-Trimetilbenceno	24	-	38
COVT	4813	-	8490

Tabla 15.- Resultados del vehículo Ford modelo Tourneo.

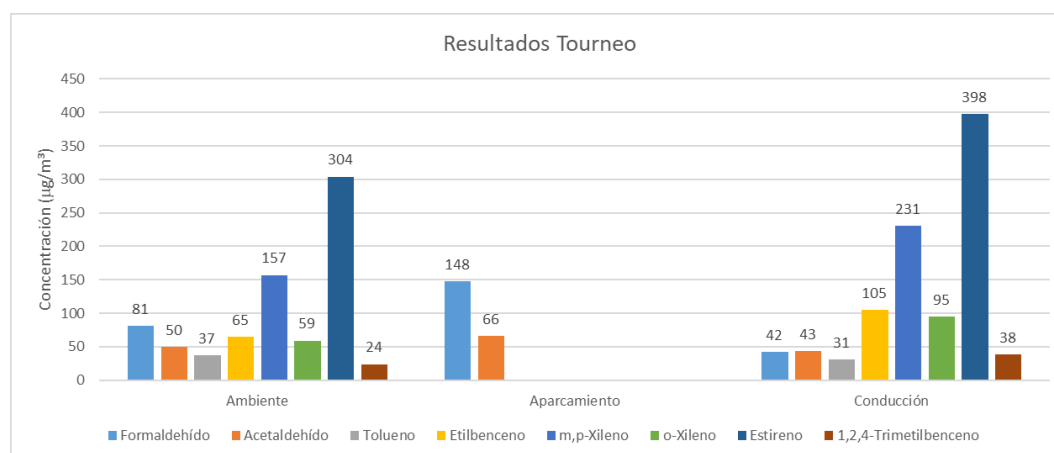


Figura 13.- Gráfica de resultados del Ford Tourneo.

Como se puede ver en los resultados obtenidos, la emisión de compuestos orgánicos volátiles depende en gran medida del año de matriculación. Si nos fijamos en la emisión de COV Totales, se puede comprobar que a medida que el vehículo es más nuevo las emisiones son mucho mayores, pasando de una emisión en modo conducción de 349 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un vehículo matriculado en el año 2021 frente a los 8490 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un vehículo aún no matriculado. Esto tiene sentido, ya que las emisiones van decayendo con el tiempo, los compuestos volátiles derivados del proceso de producción y aquellos que se añaden al finalizar el mismo, tales como abrillantadores, ambientadores, etc.) se emiten poco a poco hasta que dejan de estar presente en el vehículo. A partir de entonces, solo aquellos que derivan de procesos de descomposición de los componentes presentes en la cabina podrán ser detectados.

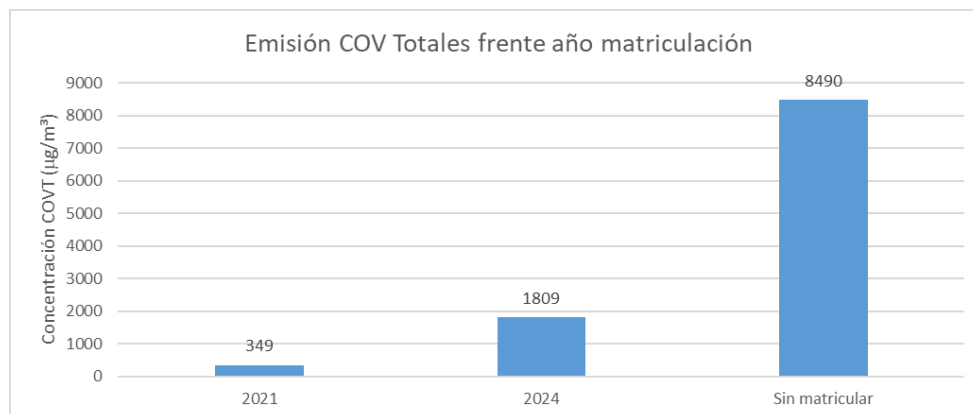


Figura 14.- Evolución de emisión de COVT respecto al año de matriculación.

Por otro lado, también se puede comprobar que tras un periodo de estancia de un vehículo bajo la radiación solar (modo aparcamiento), las emisiones de COV aumentan significativamente. En este caso solo se analizan los aldehídos, pero en los tres vehículos se comprueba que aumenta significativamente las emisiones.

Tampoco se debe olvidar el hecho de que el vehículo que da emisiones más elevadas tiene una cabina más grande y además está *camperizada*, teniendo un mayor número de elementos potencialmente más emisivos.

3.3. Comparación método de determinación de formaldehído: DNPH frente a métodos húmedos.

La determinación de la concentración de los aldehídos y cetonas cuando se analizan COV se realiza, como se ha comentado anteriormente, mediante un proceso de captación en aire de los mismos mediante un adsorbente denominado dinitrofenilhidrazina (DNPH). Por este proceso, se hace pasar el aire contaminado a través de un cartucho que está compuesto de una mezcla de DNPH y sílice, siendo esta última la encargada de proporcionar acidez al medio. En el interior del cartucho se produce de forma instantánea la reacción, obteniéndose el derivado que posteriormente podrá ser analizado mediante un proceso cromatográfico por HPLC.

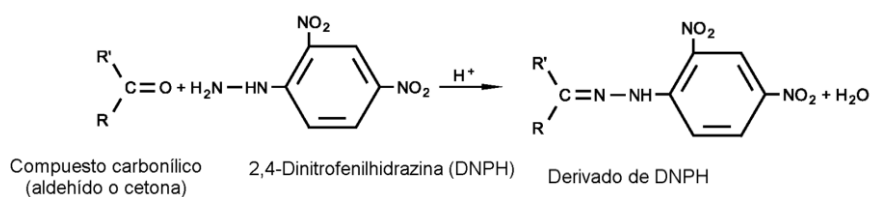


Figura 15.- Reacción química entre el compuesto carbonílico y el DNPH.

Gracias a este proceso de derivatización del carbonilo, estos COV pasan a ser detectables mediante detectores UV-Vis, lo que facilita el proceso de determinación y cuantificación.

El mayor inconveniente de este método es que requiere equipamiento costoso y de técnicos especializados en el manejo de dicho análisis. Sin embargo, existen otros métodos normativos de determinación de aldehídos más sencillos.

Uno de los métodos más empleados es la reacción de Hantzsch, en la que el aldehído o cetona, disuelto en agua tras la captación de la muestra, reacciona con acetilacetona y acetato amónico generando un compuesto que puede ser analizado mediante espectrofotometría. Como ventaja, éste es un proceso rápido y simple que el anterior. Por contra, los límites de cuantificación son más elevados en el método cromatográfico.

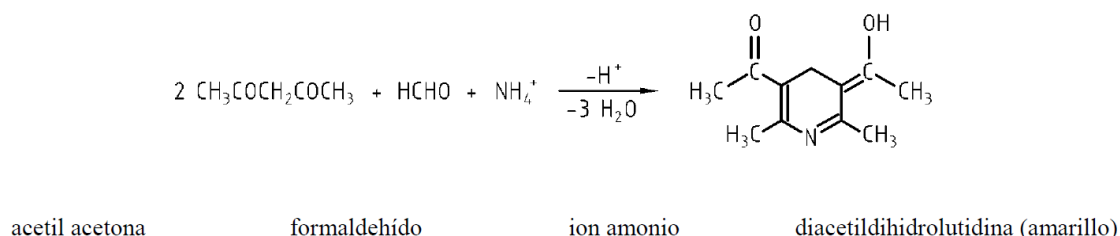


Figura 16.- Esquema de reacción de Hantzsch.

Otra metodología más innovadora es la espectroscopia por láser. Este método, aceptado en la norma EN ISO 12460-3 en el año 2024, es capaz de detectar mediante láser la presencia de aldehídos en aire. Su mayor ventaja es que no se genera ningún tipo de residuo químico y además tiene una alta precisión. Sin embargo, esta técnica es difícil de calibrar, por lo que se debe verificar cada cierto tiempo frente a otros métodos.

Teniendo esto en cuenta, se han realizado análisis de aire para determinar formaldehído durante los procesos de análisis de los vehículos. De esta forma, se pueden comparar los resultados entre las diferentes técnicas.

A continuación, se muestran los resultados de las muestras tomadas durante las medidas de los vehículos:



Figura 17.- Resultados de emisión de formaldehído mediante el método por láser.

Los resultados obtenidos no son buenos, ya que se observa que la sensibilidad de la metodología no es suficiente para determinar las concentraciones de las emisiones que se producen en los vehículos. Como se puede ver en la siguiente tabla, mientras que los valores de emisión de formaldehído son relativamente bajos según la determinación mediante DNPH, los resultados obtenidos mediante láser son del orden de entre 100 y 500 veces mayores.

Vehículo	Modo de medición	Metodología DNPH [HCHO] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Metodología láser [HCHO] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Volkswagen Passat	Modo Ambiente	13	6583
	Modo Aparcamiento	32	7283
	Modo Conducción	56	13783
Volkswagen Golf	Modo Ambiente	13	6733
	Modo Aparcamiento	25	7883
	Modo Conducción	6	7317
Ford Tourneo	Modo Ambiente	61	7083
	Modo Aparcamiento	148	12167
	Modo Conducción	42	9633

Tabla 15.- Comparación de resultados entre metodología DNPH y láser.

Resultados similares se obtienen cuando se emplea el método de la reacción de Hantzsch. La disparidad de los valores obtenidos frente al DPHN son menores que en el caso del láser, sin embargo, siguen divergiendo de forma notable. Por ello, se llega a la conclusión que ninguno de los métodos empleados es válido para sustituir el método normativo para la determinación de aldehídos en aire.

Vehículo	Modo de medición	Metodología DNPH [HCHO] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Metodología láser [HCHO] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Volkswagen Passat	Modo Ambiente	13	534
	Modo Aparcamiento	32	733
	Modo Conducción	56	1241
Volkswagen Golf	Modo Ambiente	13	1087
	Modo Aparcamiento	25	652
	Modo Conducción	6	451
Ford Tourneo	Modo Ambiente	61	5188
	Modo Aparcamiento	148	8924
	Modo Conducción	42	6971

Tabla 16.- Comparación de resultados entre metodología DNPH y la reacción de Hantzsch.

3.4. Determinación de emisiones de COV en componentes de vehículos.

La determinación de emisiones dentro de vehículos se ha centrado en la comparación de los resultados obtenidos en el Ford Tourneo *camperizado* frente a los tableros derivados de la madera que se han introducido en su interior para realizar dicha modificación.

Estos tableros son tableros MDF producidos con cola de fenol-formaldehído. En general, este tipo de resinas proporciona emisiones bajas, lo que ayuda a que las emisiones del conjunto del vehículo sean menores.

En cuanto a los compuestos diana en los que nos centraremos, nos vamos a basar en la determinación de formaldehído emitido por estos tableros, ya que en general, es el componente que más emite este tipo de muestras.

Para ello, la determinación se realizará mediante el método definido en la norma EN 717-1. Según este método, la muestra se analiza en condiciones controladas de humedad, temperatura y renovación de aire. Bajo estas condiciones se busca determinar la emisión cuando se alcanza el estado estacionario, siendo el tiempo máximo de 28 días de análisis.

Bajo esta premisa, se han analizado 8 tableros producidos con fenol – formaldehído como resina, con espesores que varían entre los 8 y los 13 mm. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tablero	[HCHO] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MDF 13 mm	67
MDF 8 mm	48
MDF 12 mm	106
MDF 8 mm	108
MDF 12 mm	95
MDF 8 mm	37
MDF 10 mm	59
MDF 8 mm	48

Tabla 17.- Resultados de emisión de formaldehído en tableros.

Los valores de emisión de estas muestras son relativamente altas para este tipo de tableros. Esto sin duda contribuye a las altas emisiones de compuestos orgánicos volátiles en la determinación total del vehículo. Aún así, hay que tener en cuenta la presencia de muchos más componentes dentro del vehículo (plásticos, espumas, textiles, etc.) que aumentan estas emisiones.

4. Resumen y conclusiones

La emisión de compuestos orgánicos potencialmente perjudiciales para la salud es un tema que en los últimos años está tomando relevancia. Es por ello que están apareciendo diferentes legislaciones que tratan de limitar y controlar la emisión de estos en ambientes de interior.

Uno de estos ambientes donde podemos pasar un gran número de horas es la cabina de los vehículos. Es por ello, que el presente proyecto trata de determinar las emisiones que se generan en estos ambientes.

En este proyecto se ha analizado las emisiones de COV de tres vehículos diferentes, determinándose que existe una relación entre el año de producción del vehículo y el grado de emisiones presentes. Esto es, cuando más nuevo es el vehículo mayores emisiones de COV presenta.

Para averiguar la procedencia de estas emisiones, se han analizado componentes de la cabina del vehículo. En este caso, al tratarse de un vehículo *camperizado* se han ensayado tableros de similar naturaleza de los que se encuentran en su interior, comprobando que parte de esas emisiones provienen de estas materias primas. Aun así, solo estos tableros no explican las elevadas emisiones que se observan, por lo que habría que comprobar el resto de materiales que componen la cabina.

Por último, se ha intentado comparar el resultado obtenido en las emisiones de formaldehído de los diferentes vehículos al emplear procedimiento analítico normativo frente a otros alternativos, descartándose su empleo al tener una menor sensibilidad a bajas concentraciones.

5. Anexos y bibliografía

Unión Europea. *Directiva 2004/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre emisiones de COV debidas al uso de disolventes.*

U.S. EPA. *Technical Overview of Volatile Organic Compounds.* Office of Radiation and Indoor Air (2025).

National Standards of PR China. *GB/T 18883-2022: Standards for indoor air quality.*

EN ISO 12219-1 (2021). Interior air road vehicles. Part 1: Whole vehicle test chamber – Specification and method for the determination of volatile organic compounds in cabin interiors.

ISO 16000-3 (2022). Indoor air – Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor and test chamber air – Active sampling method.

UNE-EN ISO 12460-3 (2024). Tableros derivados de la madera. Determinación de la emisión de formaldehído. Parte 3: Método de análisis de gas.

ISO 16000-6. Indoor air – Part 6: Determination of organic compounds (VVOC, VOC, SVOC) in indoor and test chamber air by active sampling on sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS FID.

UNE-EN 717-1 (2006). Tableros derivados de la madera. Determinación de la emisión de formaldehído. Parte 1: Emisión de formaldehído por el método de la cámara.

AIDIMME

Instituto Tecnológico

Domicilio fiscal —

C/ Benjamín Franklin 13. (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —

Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es
www.aidimme.es