



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

MASTER UNIVERSITARIO EN
GESTION DE LA PRL, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE

**Evaluación de la exposición a contaminantes
químicos en el sector de las ITV's**

Autora:

Calvo Olmos, Inés

Tutora de Empresa:

Hernández Marcos, Noelia

Grupo ITEVELESA, S.L.

Tutora Académica:

Pérez Rueda, María de los Ángeles

Departamento CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF

Área Ingeniería Mecánica

Valladolid, 5 Julio y 2021.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría transmitir mis sinceros agradecimientos a mi tutora de prácticas de la empresa GRUPO ITELEVESA, S. L., Noelia Hernández Marcos, por haberse interesado por mi formación durante el periodo en el que he estado realizando dichas prácticas curriculares, habiendo sido fundamental su colaboración, con dedicación y profesionalidad, en el enfoque del presente Trabajo de Fin de Máster. Señalar que todo momento me he sentido acompañada, lo que me ha facilitado la continuidad necesaria para llegar a concluir el trabajo que presento.

No puedo olvidar tampoco la ayuda personal que durante este curso y finalmente durante la ejecución de este Trabajo, me han ofrecido tanto mi familia, como mis compañeros de Máster.

Por último y no menos importante, quiero dejar constancia de mi agradecimiento personal a mi tutora de la Universidad, María de los Ángeles Pérez Rueda, por haberse comprometido al supervisar el presente Trabajo.



Resumen

El presente Trabajo Fin de Máster recoge la evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el sector de las ITV's, realizada durante mi periodo de prácticas en los centros de trabajo pertenecientes al Grupo ITEVELESA S.L., cuya actividad básica es la realización de inspecciones técnicas de vehículos (ITV), administrativamente obligatorias.

Durante estas prácticas he colaborado con la Responsable del Servicio de Prevención del grupo realizando diversas tareas. El objetivo de este trabajo es evaluar la exposición de los trabajadores, durante su prestación de servicios, a los diversos contaminantes a los que se exponen, para lo cual es necesario conocer todo el procedimiento que conlleva su actividad, debiendo determinar las sustancias que procede medir y elegir los métodos de muestreo idóneos, para por último establecer los procedimientos más adecuados para concluir la valoración de los resultados obtenidos.

Palabras Clave

Inspección Técnica de Vehículos. Actividad de los trabajadores. Evaluación de contaminantes. Exposición. Métodos de muestreo.

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1.	Motivo.....	6
1.2.	Tutor de la empresa.....	6
1.3.	Tutor de la UVA.....	6
2.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	7
2.1.	Justificación del proyecto.....	7
2.2.	Objetivo general	7
2.3.	Objetivos específicos.....	7
3.	ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA	8
4.	ANÁLISIS DE CONTAMINANTES EN EL SECTOR DE AUTOMATIZACIÓN.....	9
4.1.	¿Qué sustancias emiten los vehículos?.....	9
4.2.	Red de Control de la Contaminación Atmosférica del Ayuntamiento de Valladolid (RCCAVA)	10
4.3.	Contaminantes a evaluar.....	12
5.	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DEL GRUPO ITEVELESA S, L.....	13
6.	ESTRATEGIA DE MEDICIÓN DE LOS CONTAMINANTES.....	15
6.1.	Métodos de toma de muestra y análisis.....	15
6.2.	Criterios de valoración	16
6.3.	Comparación de la concentración ambiental con los valores límite	17
6.4.	Equipos utilizados.....	19
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
7.1.	Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono.....	20
7.2.	Monóxido de Nitrógeno y Dióxido de Nitrógeno	24
7.3.	Negro de humo.....	28
7.4.	Análisis de los resultados	31
8.	VISIÓN FUTURA.....	32
8.1.	Sistemas de depuración de gases	32
8.2.	Humos gases considerados como cancerígenos	32



9. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	37
10. CONCLUSIONES FINALES EXTRAÍDAS.....	38
11. BIBLIOGRAFÍA	40
Anexo I. MÉTODOS DE MUESTREO.....	42

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivo

El presente Proyecto de Fin de Máster es el resultado de las prácticas curriculares profesionales realizadas durante la estancia en el Grupo Itevelesa S.L., en las instalaciones del Polígono de San Cristóbal, Valladolid.

Durante el desarrollo de las mismas, he realizado labores que me han servido para completar mi formación del Máster Oficial en Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, Calidad y Medio Ambiente, impartido durante el curso académico 2020/2021 en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid, habiendo despertado mi interés concreto por los riesgos laborales que los trabajadores que prestan servicios en las estaciones de itv tienen al verse expuestos a las sustancias contaminantes que producen de los vehículos en el transcurso de su inspección técnica.

En la presente memoria técnica se recoge la evaluación de esta exposición a productos químicos, realizada durante mi periodo de prácticas en el Grupo Itevelesa S.L., en el que además he llevado a cabo otras muchas actividades como, por ejemplo:

- Investigación diaria de los accidentes que tienen lugar en las instalaciones de ITV
- Evaluación de Riesgos en diferentes centros de inspección de vehículos.
- Gestión del programa para la Coordinación de Actividades Empresariales (CAE)
- Desarrollo de cursos de formación
- Revisión de Fichas de Seguridad de determinados productos.
Evaluación de exposición de contaminantes químicos junto al técnico del Servicio de Prevención Ajeno de la empresa.

1.2. Tutor de la empresa

La tutora de la empresa en estas prácticas ha sido Noelia Hernández Marcos responsable del Servicio de Prevención Propio del Grupo Itevelesa, S.L.

1.3. Tutor de la UVA

El tutor académico designado por la Universidad de Valladolid es María de los Ángeles Pérez Rueda como miembro de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid perteneciente al departamento de CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF.



2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1. Justificación del proyecto

El presente informe tiene por objeto atender la necesidad de evaluar la exposición a contaminantes químicos que sufren los trabajadores de la empresa.

Con el propósito final de dar cumplimiento a lo establecido por la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular, a lo estipulado por el Real Decreto 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

2.2. Objetivo general

Los objetivos generales del presente trabajo de fin de máster son:

- Identificar y evaluar los riesgos a la exposición a contaminantes que tienen los trabajadores encargados de llevar a cabo las inspecciones, principalmente en el momento en el que realizan la medición de gases, para minimizar y controlar los resultados negativos de esta exposición.
- Establecer las medidas preventivas pertinentes y las prioridades de actuación en función de las consecuencias y resultados del estudio.
- Conocer y comprender el proceso global de una evaluación de contaminantes químicos, desde la medición y toma de muestras hasta el análisis final de los resultados.

Dicha evaluación no es un fin en sí misma, sino un medio para alcanzar un fin. Es decir, principalmente se busca controlar los riesgos para evitar daños a la salud, garantizando la protección de los trabajadores durante su prestación de servicios, siendo también de interés el ahorro costos sociales, sanitarios y económicos al país y a la propia empresa.

2.3. Objetivos específicos

- Determinar cuáles son los principales contaminantes en la empresa.
- Aportar datos sobre la exposición de los trabajadores a los diferentes contaminantes químicos.
- Proponer una serie de medidas preventivas que permitan el control de la exposición en función de los resultados.

3. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA

Este Trabajo de Fin de Máster se estructura siguiendo los pasos que se han realizado durante el estudio de contaminantes.

En primer lugar, se ha realizado un análisis de los posibles contaminantes que podemos encontrar en la salida del tubo de escape de los vehículos, con el objetivo de definir y conocer que contaminantes se deben medir.

Una vez identificados los contaminantes, se ha procedido a estudiar la situación real de la empresa, por lo que se detalla una descripción de la misma y se estudia el número de trabajadores implicados, tratando de definir el Grupo de Exposición Similar siguiendo las indicaciones de la norma UNE EN 689:2019+AC sobre la exposición en el lugar de trabajo, medición de la exposición por inhalación de agentes químicos, que define la estrategia para verificar la conformidad con los valores límites de exposición profesional (Límites de Exposición Profesional (LEP) para Agentes Químicos en España 2021).

A continuación, se define la estrategia de medición empleada para los distintos contaminantes, así como los equipos utilizados teniendo en cuenta las condiciones de realización del muestreo (hora, duración de las pruebas, condiciones del centro de trabajo, etc.).

Por último, se muestran los resultados obtenidos junto con los criterios de evaluación ambiental y se discuten los resultados realizando una valoración del riesgo que suponen los diferentes contaminantes analizados.

Finalmente, se procederá a elaborar las conclusiones finales obtenidas durante el proceso de elaboración del presente trabajo, donde se comentará la viabilidad económica del proyecto y se valorarán las posibles líneas futuras del trabajo, así como un estudio de la situación futura.



4. ANÁLISIS DE CONTAMINANTES EN EL SECTOR DE AUTOMATIZACIÓN

4.1. ¿Qué sustancias emiten los vehículos?

Entre sus emisiones al exterior nos encontramos con dos tipos de sustancias contaminantes. En primer lugar, están las emisiones causantes del efecto invernadero, con consecuencias medioambientales a escala global. En segundo lugar, nos encontramos aquellas que contribuyen a la concentración local de gases y partículas contaminantes.

Con respecto a las primeras, el gas de efecto invernadero (GEI) que más repercute en el problema del cambio climático es el dióxido de carbono, para el que todavía no hay ninguna tecnología que corrija sus efectos adversos. La principal fuente de emisión del CO₂ a la atmósfera es la quema de combustibles fósiles y biomasa (gas natural, petróleo, combustibles, leña) en procesos industriales, transporte, y actividades domiciliarias (cocina y calefacción).

En cuanto a los principales contaminantes atmosféricos de concentración local ligados al tráfico, destacan el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles, y en menor medida el dióxido de azufre.

La acumulación de partículas en el aire es otra de las consecuencias contaminantes, a cuya formación contribuye en gran medida la emisión de óxido nítrico, si bien existen otras muchas fuentes de partículas.

Con todas estas sustancias contaminantes tienen que relacionarse los trabajadores que prestan servicios en las estaciones de itv.

Es importante destacar que dependiendo el tipo de vehículo la contaminación es diferente, de ahí, el popular debate sobre las diferencias de contaminación entre los diferentes tipos de vehículo. Por ejemplo, en la Imagen 1 se puede observar la composición de los gases de escape en función del tipo de vehículo, gasolina o motores diésel (Alonso, 2013).

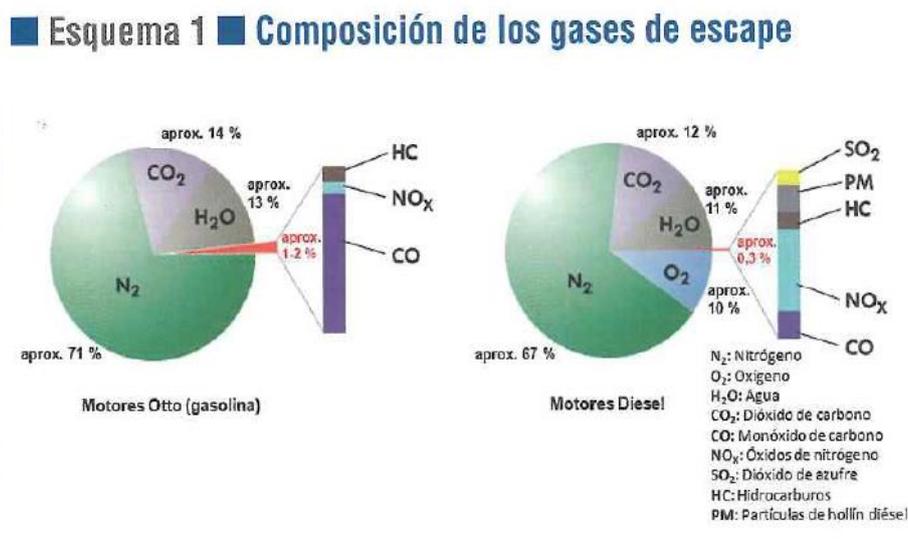


Imagen 1. Comparación de emisiones. Extraído de: <http://prevencion.umh.es>

4.2. Red de Control de la Contaminación Atmosférica del Ayuntamiento de Valladolid (RCCAVAL)

Con el objetivo de completar el análisis de las sustancias que emiten los vehículos para conocer que debemos medir para el estudio del presente proyecto sobre la exposición de los trabajadores de la empresa, se ha analizado los contaminantes atmosféricos controlados por la RCCAVA (Red de Control de la Contaminación Atmosférica del Ayuntamiento de Valladolid) en cumplimiento con el Real Decreto 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire.

Los contaminantes atmosféricos controlados por la RCCAVA son los siguientes (Ayuntamiento de Valladolid, s.f.):

➤ Dióxido de Azufre

El dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro no inflamable con un olor penetrante que irrita los ojos. Además, es un gas corrosivo que combinado con el vapor de agua presente en la atmósfera produce lluvia ácida.

Los mayores problemas generados por el dióxido de azufre aparecen en las ciudades donde se utiliza el carbón como combustible para la calefacción doméstica. Sin embargo, el uso doméstico del carbón en las ciudades y en las centrales generadoras de energía eléctrica se encuentra en franca recesión, de esta forma las emisiones de dióxido de azufre han disminuido en la mayoría de las naciones europeas.



➤ Material Particulado

La materia particulada presente en la atmósfera, varía ampliamente en su composición química y física en función de la fuente emisora y del tamaño de la partícula emitida.

La principal fuente de partículas primarias son los procesos de combustión, en particular de la combustión del carbón. En las ciudades europeas el material particulado generado en procesos de combustión procede tanto de los sistemas de calefacción de edificios como de las emisiones generadas por el tráfico rodado con una especial importancia en los motores de ciclo diésel con tecnologías de motor anteriores al año 2000.

Los tamaños del material particulado emitido por los motores se sitúa dentro de la fracción PM 2,5 y este tamaño de partículas se encuentra íntimamente asociado a problemas de salud dado que entre sus efectos aparecen impactos claros sobre las enfermedades cardíacas y pulmonares.

➤ Óxidos de Nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno se forman durante los procesos de combustión a elevadas temperaturas por la oxidación del nitrógeno del aire o presente en el combustible. La fuente principal de óxidos de nitrógeno, óxido nítrico NO y dióxido de nitrógeno NO₂ procede directamente del tráfico rodado, siendo este responsable de aproximadamente la mitad de las emisiones en Europa.

Estos óxidos producen una enorme variedad de impactos sobre la salud y el medio ambiente.

➤ Monóxido de Carbono

Según la RCCAVA, el monóxido de carbono es un gas incoloro, prácticamente inodoro, sin sabor y sin capacidad irritante. Se forma a partir del quemado incompleto de combustibles en condiciones de mala ventilación: las gasolinas, carbón vegetal, humos procedentes de madera, etc. El gas de escape de los automóviles contiene diferentes cantidades de monóxido de carbono.

➤ Ozono

El ozono troposférico, también conocido como ozono de baja cota, O₃, a diferencia de los otros contaminantes, no es emitido directamente a la atmósfera, sino que se trata de un contaminante secundario producido por la reacción entre el dióxido de nitrógeno

Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el sector de las ITV's.

NO₂, los hidrocarburos HCn y la radiación. El ozono puede irritar los ojos y los conductos pulmonares causando dificultades respiratorias e incrementando la susceptibilidad de las personas a las infecciones pulmonares.

➤ Benceno, Tolueno, Xileno

Existen dos grandes grupos de hidrocarburos involucrados en la contaminación urbana, los compuestos orgánicos volátiles COV y los hidrocarburos policíclicos aromáticos PAH. Los COV se encuentran ligados a las emisiones de los escapes de automóviles, como resultado de combustiones incompletas de las gasolinas, también resultan de las emisiones de disolventes, y de las mismas gasolinas en sus procesos de transporte y distribución a las estaciones de servicio.

4.3. Contaminantes a evaluar

Una vez realizado el estudio inicial de los contaminantes que emiten los vehículos y teniendo otros dos aspectos importantes:

1. Se ha comprobado que contaminantes se miden en las propias pruebas realizadas durante el proceso de inspección técnica de vehículos, concretamente en el momento de efectuar la prueba de emisiones de gases.
2. Finalmente, para decidir que contaminantes evaluar se han tenido en cuenta los estudios realizados con anterioridad en ITEVELESA. Tras revisar estos informes se ha observado que los inspectores no se encuentran en situación de riesgo ante contaminantes como benceno, tolueno, plomo o formaldehido.

Concluyendo que, por interés en el proceso de prestación de servicios laborales, para la elaboración del presente trabajo se ha decidido evaluar el riesgo de los siguientes contaminantes:

- Dióxido de carbono y monóxido de carbono
- Dióxido de nitrógeno y monóxido de nitrógeno
- Negro de humo

5. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DEL GRUPO

ITEVELESA S, L.

La empresa GRUPO ITEVELESA, S. L., con CIF B84751536, se dedica a la realización de inspecciones técnicas de vehículo, teniendo centros de trabajo en gran parte del territorio nacional.

En concreto, la evaluación de contaminantes de este proyecto se ha desarrollado en el centro de trabajo situado en el Polígono Industrial ctra. Villalpando II en Medina de Rioseco, Valladolid (Ver Imágenes 2 y 3).



Imagen 2. ITV Medina de Rioseco, Red Itevelesa (Elaboración Propia)



Imagen 3. Parcela estación ITV (Elaboración Propia)

La inspección de los vehículos es realizada por el inspector. El procedimiento de trabajo seguido por el inspector de ITV es el siguiente, el vehículo se desplaza a lo largo de la línea de inspección y el inspector acompaña al vehículo por el lado izquierdo, realizando las diferentes pruebas:

Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el sector de las ITV's.

- **Inspección visual:** Se identifica el vehículo comprobando que la marca, tipo, número de bastidor y matrícula coinciden con los datos que aparecen en la documentación del mismo. Se revisa el estado del interior (funcionamiento de puertas, ventanillas y cierres, anclaje de cinturones de seguridad, espejo retrovisor, visibilidad en general, apoyacabezas, aristas y volante) y del exterior (las placas de matrícula, espejos retrovisores, limpiaparabrisas y guardabarros).

A continuación, se verifica la alineación de las luces de largo y corto alcance, y la intensidad e inclinación del haz luminoso. Además, se comprueba el correcto funcionamiento de las restantes indicaciones luminosas y de señalización.

- En un segundo nivel, le toca el turno al estado del **sistema de frenos** de ambos ejes. Con la ayuda de un frenómetro de rodillo se comprueba las fuerzas de frenado entre ruedas de un mismo eje.
- A continuación, el vehículo se sitúa sobre un **foso** donde gracias a unas placas de detección, se comprueban las posibles holguras en la dirección y todos sus elementos.
- Por último, se verifica el depósito de combustible, el líquido de frenos, el tubo de escape, la transmisión, posibles pérdidas de aceite, deterioro de componentes mecánicos, nivel de ruidos y **emisión de gases contaminantes**. En esta ITV, la prueba de emisión Está integrada dentro de la misma línea de inspección.

Durante la inspección, el motor del vehículo solo permanece encendido una parte del tiempo, mientras se realiza la prueba del frenómetro y en la prueba de emisiones de gases. La duración de la jornada de trabajo en esta estación es de 7 horas y 15 minutos de lunes a viernes en horario de mañana (9:00 a 13:30 h) y tardes (16:00 a 18.45 h).

El objeto de este informe es evaluar la exposición, en el puesto de trabajo de Inspector, a los diferentes contaminantes seleccionados con anterioridad, tanto durante las pruebas de emisión de gases como durante las distintas pruebas realizadas en el resto de la línea de emisión.

La nave cuenta con ventilación natural, a través de los portones que permanecen en todo momento abiertos. En la zona donde se realiza la prueba de emisiones cuentan además con un extractor que se conecta al tubo de escape del vehículo (Ver Imagen 4).

Además, dentro de las normas de procedimiento implantadas por la empresa se encuentra la de apagar los motores de los vehículos en todas aquellas pruebas en las que no sea necesario mantenerlo encendido.

En la Imagen 5 se puede observar la ITV de Medina de Rioseco, con los diferentes equipos y los portones abiertos para asegurar la ventilación natural del centro de trabajo:



Imagen 4. Extractor Prueba de emisiones de gases (Elaboración Propia)



Imagen 5. Ventilación natural de la nave (Elaboración Propia)

6. ESTRATEGIA DE MEDICIÓN DE LOS CONTAMINANTES

6.1. Métodos de toma de muestra y análisis

En la captación del contaminante y su posterior análisis, en el estudio se han tenido en cuenta los siguientes métodos de toma de muestras y análisis (Ver Tabla 1), los cuales se encuentran adjuntos como anexos en el presente proyecto:

Determinación	Métodos de Toma de Muestras y Análisis	Técnica Analítica	Elementos de Captación
Óxidos de Carbono	Equipos de medición de lectura directa		
Óxidos de Nitrógeno	NTP 171	Espectrofotometría	Tubo tamiz molecular
Materia particulada (Negro de humo)	NIOSH 5000	Gravimetría	Portafiltro IOM de plástico+ filtro de fibra de vidrio 25 mm 1vm

Tabla 1. Métodos de toma de muestras (Elaboración Propia)

6.2. Criterios de valoración

En cuanto a los valores de exposición ambiental o límites de exposición profesional adoptados como referencia, se han seguido los criterios establecidos en el Anexo I del Real Decreto 374/01 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos.

En ausencia de tales valores de exposición ambiental, se toman como referencia los publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España", tal como indica el citado R.D. 374/01.

A continuación, en la Tabla 2, se detallan los valores límite a considerar teniendo en cuenta los contaminantes presentes:

Agentes Químicos	VLA-ED		VLA-EC		Observaciones
	ppm	mg/m3	ppm	mg/m3	
Materia particulada (Negro de humo)	---	3,5	---	---	---
Dióxido de Nitrógeno (.)	0,5	0,96	1	1,91	VLI
Monóxido de Nitrógeno (.)	2	2,5	---	---	VLI
Dióxido de Carbono	5000	9150	---	---	VLI
Monóxido de Carbono	20	23	100	117	VLI, TRIA, VLB, r

(.) Para este agente existe un periodo transitorio, que terminará, a más tardar, el 21 de agosto de 2023, para los sectores de la minería subterránea y la construcción de túneles. Durante dicho periodo transitorio, los Estados miembros podrán seguir aplicando el valor límite nacional vigente el 1 de febrero de 2017. Se reevaluará su aplicabilidad en dichos sectores

Tabla 2. Valores Límite Ambiental (Elaboración Propia)

Siendo:

- VLA-ED: Valor Límite Ambiental – Exposición Diaria, que representa la concentración media ponderada en tiempo para una jornada de trabajo estándar de 8 h/día y 40 h/semana, a la cual la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos adversos para la salud.
- VLA-EC: Valor Límite Ambiental – Exposición Corta, que representa la concentración media ponderada para cortos periodos de exposición (máximo 15 minutos) a la cual puede estar expuesta la mayoría de los trabajadores sin sufrir efectos adversos para su salud.
- VLB: Agente químico que tiene Valor Límite Biológico específico.
- VLI: Agente químico para el que la UE estableció en su día un valor límite indicativo.



- r: Sustancia que tiene establecidas restricciones a la fabricación, comercialización o el uso en términos especificados del “Reglamento CE nº 1907/2006 sobre Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias y preparados químicos” (REACH) de 18 de diciembre 2006.
- TR1A: Sustancia de las que se sabe que son tóxicas para la reproducción humana. La clasificación en la categoría 1ª se basa fundamentalmente en la existencia de pruebas en humanos.

6.3. Comparación de la concentración ambiental con los valores límite

Según la norma UNE-EN 689:2019- Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional, se define un índice de exposición (I) al agente químico como:

$$I = \frac{E}{VLA} \quad (1)$$

Siendo:

- E: la concentración de la exposición laboral, o concentración ambiental ponderada en el tiempo, determinada y analizada a partir de las muestras tomadas en la empresa.
- VLA: el valor límite ambiental de exposición profesional, del contaminante establecido, siguiendo el criterio marcado en el apartado “Criterio de valoración”, como valor de referencia para la evaluación y control de los riesgos inherentes a la exposición a los agentes químicos presentes en el puesto de trabajo.

La aplicación de los valores límite de exposición en el ambiente de trabajo para trabajos con exposición diferente a las 8h/día o 40h/semana requiere una consideración especial para proteger a los trabajadores en su correcta medida.

Referiremos la exposición diaria de cada trabajador (E) como la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real referida a una jornada estándar de 8 diarias:

$$E = \frac{\sum C_i \cdot t_i}{8} \quad (2)$$

Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el sector de las ITV's.

Siendo:

- C_i : concentración del agente químico en el ambiente de trabajo durante la tarea o proceso "i".
- t_i : tiempo de exposición (en horas) para la tarea o proceso muestreado "i".

Del mismo modo cuando se trata de valorar exposiciones, el índice de exposición se definirá como la relación entre las concentraciones obtenidas durante mediciones de 15 minutos, y el valor límite VLA-EC:

$$ED = \frac{\sum C_i \cdot t_i}{15} \quad (3)$$

Teniendo en cuenta estas definiciones, el Índice de Exposición se expresa como:

$$I = ED/VLA_{ED} \text{ ó } I = EC/VAL_{EC} \quad (4)$$

Dependiendo de que estemos comparando, los resultados con los límites de exposición diario, o de exposición corta, respectivamente.

Además, la norma UNE-EN 689:2019 propone la siguiente estrategia para la comparación de la exposición:

I) Prueba preliminar

En primer lugar, deben elegirse un número suficiente de trabajadores a muestrear dentro de un Grupo de Exposición Similar o GES. Un GES es un grupo de trabajadores que tienen el mismo perfil general de exposición para el agente o agentes químicos objeto de estudio, debido a la similitud y frecuencia de las tareas desarrolladas, atendiendo a los materiales y procesos con los que trabajan, y a la similitud de la forma con la que realizan las tareas concretas de su prestación de servicios.

La prueba preliminar requiere de tres a cinco mediciones válidas de la exposición de trabajadores pertenecientes a un Grupo de Exposición Similar-GES.

- a) Si todos los resultados estén por debajo de:
- 1) $I=0,1$ para un conjunto de 3 mediciones de la exposición, o
 - 2) $I=0,15$ para un conjunto de 4 mediciones de la exposición, o
 - 3) $I=0,2$ para un conjunto de 5 mediciones de la exposición, entonces se considera que el VLA no se supera: **Conformidad**.



- b) Si uno de los resultados es mayor que el VLA, se considera que el VLA se supera: **No conformidad.**
- c) Si todos los resultados están por debajo del VLA y un resultado por encima de 0,1 VLA (del conjunto de tres resultados) o 0,15 VLA (del conjunto de cuatro resultados) o 0,2 VLA (del conjunto de cinco resultados), no es posible concluir sobre la conformidad con el VLA: **No decisión.** En esta situación se deben llevar a cabo mediciones adicionales de la exposición.

II) Prueba estadística

Una vez realizadas las mediciones adicionales, se realizará una prueba estadística para comprobar si las exposiciones del GES cumplen con el valor límite. La prueba debe medir, con al menos el 70% de confianza, si menos del 5% de las exposiciones en el GES superan el índice de exposición $I=1$.

6.4. Equipos utilizados

En primer lugar, para evaluar la exposición de los trabajadores a monóxido y dióxido de carbono se ha seguido el criterio de efectuar muestreos mediante el empleo de equipos de medición de lectura directa capaces de proporcionar de manera inmediata las concentraciones existentes de monóxido y dióxido de carbono.

Para el resto de contaminantes que se evaluaron (Óxidos de Nitrógeno y Negro de Humo) se emplean elementos de captación los cuales se alojaron en portafiltros y, unidos mediante tubos flexibles a bombas de muestreo personal. Las bombas utilizadas se detallan en la tabla 3:

BOMBA	MARCA	ELEMENTO DE CAPTACIÓN	CALIBRACIÓN CAUDAL MEDIO (L/min)
BOMBA B1	GILIAN	TUBO TAMIZ MOLECULAR	0,05
BOMBA B2	GILIAN	TUBO TAMIZ MOLECULAR	0,05
BOMBA B3	GILIAN	TUBO TAMIZ MOLECULAR	0,05
BOMBA ALTO CAUDAL 1	GILIAN	Filtro de membrana de PVC de 37 mm 5 m	2
BOMBA ALTO CAUDAL 2	GILIAN	Filtro de membrana de PVC de 37 mm 5 m	2
BOMBA ALTO CAUDAL 3	GILIAN	Filtro de membrana de PVC de 37 mm 5 m	2
BOMBA ALTO CAUDAL 4	GILIAN	Filtro de membrana de PVC de 37 mm 5 m	2
BOMBA ALTO CAUDAL 5	GILIAN	Filtro de membrana de PVC de 37 mm 5 m	2
BOMBA ALTO CAUDAL 6	GILIAN	Filtro de membrana de PVC de 37 mm 5 m	2

Tabla 3. Equipos utilizados durante el Análisis (Elaboración Propia)

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, para todos los contaminantes muestreados se han estudiado 3 jornadas de trabajo diferentes en cumplimiento con la norma anteriormente mencionada.

La duración de los muestreos ha sido considerada para seleccionar un periodo de referencia y obtener mediciones válidas, representativas a la exposición de los inspectores.

Se ha elegido el puesto de trabajo de Inspector como GES (Grupo de Exposición Similar) ya que, como anteriormente se ha señalado, acompañan al vehículo durante todo el proceso de revisión técnica, realizando las diferentes pruebas y sufriendo una exposición similar a los posibles agentes nocivos.

Una vez determinado el GES se ha seleccionado el número de trabajadores pertenecientes al mismo para asegurar que los resultados son representativos del conjunto del GES.

Por último, hay que destacar que, durante la realización del muestreo, como consecuencia de la COVID-19 y las restricciones establecidas, los inspectores utilizan EPR (Equipos de Protección Respiratoria), por lo que los resultados de las mediciones no corresponden a la concentración inhalada por los trabajadores.

7.1. Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono

Como se ha indicado anteriormente en la presente memoria, para analizar la exposición a estos contaminantes se han empleado equipos de medición directa (Ver Imagen 6), lo cual facilita conocer la concentración de los mismos sin necesidad de pasar por laboratorio, y ahorrando costes a la empresa.



Imagen 6. Equipo de medición CO y CO₂ (Elaboración Propia)



En las tablas 4, 5 y 6 se muestran los resultados obtenidos en las tres jornadas de trabajo examinadas. Además, se indica los puntos de medición de las diferentes medidas, ya que puede ser de utilidad para estudios posteriores.

Fecha		25/05/2021	
Número de medición	Punto de medición	Dióxido de carbono (ppm)	Monóxido de carbono (ppm)
1	Prueba de emisiones de gases	513	2
2	Prueba de emisiones de gases	433	1
3	Prueba de emisiones de gases	374	1
4	Prueba de emisiones de gases	478	4
5	Prueba de emisiones de gases	367	0
6	Prueba de emisiones de gases	377	0
7	Prueba de emisiones de gases	671	1
8	Prueba de emisiones de gases	381	6
9	Prueba de emisiones de gases	386	0
10	Prueba de emisiones de gases	388	1
11	Prueba de emisiones de gases	407	0
12	Prueba de emisiones de gases	434	7
13	Prueba de emisiones de gases	478	3
14	Prueba foso	432	0
15	Prueba foso	394	9
16	Prueba foso	407	0
17	Prueba foso	423	0
18	Prueba foso	361	0
19	Prueba foso	407	0
20	Prueba foso	595	2
21	Inspección visual	333	3
22	Frenómetro	341	2
23	Prueba foso	405	0
24	Inspección visual	343	0
25	Frenómetro	399	1
Concentración pond. (ppm)		421,08	1,72

Tabla 4. Resultado obtenidos Jornada 1 [Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono]

(Elaboración Propia)

Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el sector de las ITV's.

Fecha		26/05/2021	
Número de medición	Tipo de vehículo	Dióxido de carbono (ppm)	Monóxido de carbono (ppm)
1	Frenómetro	358	0
2	Prueba foso	756	3
3	Prueba de emisiones de gases	661	1
4	Frenómetro	499	0
5	Prueba foso	593	0
6	Prueba de emisiones de gases	543	2
7	Frenómetro	343	3
8	Prueba foso	494	2
9	Prueba de emisiones de gases	629	5
10	Frenómetro	395	0
11	Prueba foso	465	2
12	Prueba de emisiones de gases	761	2
13	Frenómetro	431	0
14	Prueba foso	547	3
15	Prueba de emisiones de gases	548	2
16	Frenómetro	478	2
17	Prueba foso	589	3
18	Prueba de emisiones de gases	431	2
19	Frenómetro	446	2
20	Prueba foso	732	5
21	Prueba de emisiones de gases	551	0
22	Frenómetro	367	1
23	Prueba foso	524	1
24	Prueba de emisiones de gases	418	0
25	Frenómetro	328	5
26	Prueba foso	431	4
27	Prueba de emisiones de gases	432	1
28	Inspección visual	223	2
29	Inspección visual	269	1
Concentración pond. (ppm)		491,10	1,86

Tabla 5. Resultado obtenidos Jornada 2 [Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono]

(Elaboración Propia)

Fecha		27/05/2021	
Número de medición	Tipo de vehículo	Dióxido de carbono (ppm)	Monóxido de carbono (ppm)
1	Prueba de emisiones de gases	487	1
2	Prueba de emisiones de gases	481	2
3	Prueba de emisiones de gases	401	0
4	Prueba de emisiones de gases	419	0
5	Prueba de emisiones de gases	677	3
6	Prueba de emisiones de gases	707	2
7	Prueba foso	533	5
8	Inspección visual	369	3
9	Inspección visual	440	0
10	Frenómetro	352	0
11	Frenómetro	341	1
12	Frenómetro	363	2
13	Prueba foso	525	2
14	Prueba foso	544	0
15	Prueba foso	521	1
16	Prueba foso	443	4
17	Prueba foso	435	3
Concentración pond. (ppm)		472,82	1,71

Tabla 6. Resultado obtenidos Jornada 3 [Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono]

(Elaboración Propia)

Analizando los resultados y teniendo en cuenta la concentración media obtenida en cada una de las diferentes jornadas, siguiendo el proceso descrito en el apartado 6.3 del presente trabajo, se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 7:

AGENTE MUESTREADO		Dióxido de Carbono			
Nº	Cantidad muestreada (ppm)	VLA_ED (ppm)	Tiempo de exp.	ED	I
1	421,08	5000	7	368,445	0,074
2	491,10		7	429,715517	0,086
3	472,82		7	413,720588	0,083

AGENTE MUESTREADO		Monóxido de Carbono			
Nº	Cantidad muestreada (ppm)	VLA_ED (ppm)	Tiempo de exp.	ED	I
1	1,72	20	7	1,505	0,075
2	1,86		7	1,62931034	0,081
3	1,71		7	1,49264706	0,075

 Tabla 7. Resultados mediciones de CO₂ Y CO (Elaboración Propia)

Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el sector de las ITV's.

Observando estos resultados podemos concluir que tras realizar la prueba preliminar según la Norma UNE-EN 689:2019 para los dos contaminantes, Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono, los resultados de las tres mediciones son inferiores a 0,1 VLA por lo que se considera conforme.

Aunque los resultados se consideran conformes, se recomienda que con una prioridad de 12 meses se realicen nuevas mediciones con el objetivo de poder completar la prueba estadística.

7.2. Monóxido de Nitrógeno y Dióxido de Nitrógeno

Para muestrear el Monóxido de Nitrógeno y Dióxido de Nitrógeno, se ha empleado el fundamento analítico según la Nota Técnica de Prevención número 171 (Ver Anexo I).

Este método consiste en hacer pasar un volumen de aire conocido a través de un tubo absorbente de tres secciones. En la primera sección se retiene el dióxido de nitrógeno. En la segunda sección, un oxidante convierte el monóxido de nitrógeno en dióxido de nitrógeno que es retenido en la tercera sección. Ya en el laboratorio, la primera y tercera sección del tubo se extraen con una solución de forma separada y se estudia el contaminante a través de un espectrofotómetro.

En la Imagen 7 se puede observar el tubo absorbente y la toma de muestras con un tubo absorbente a través de una bomba de captación:

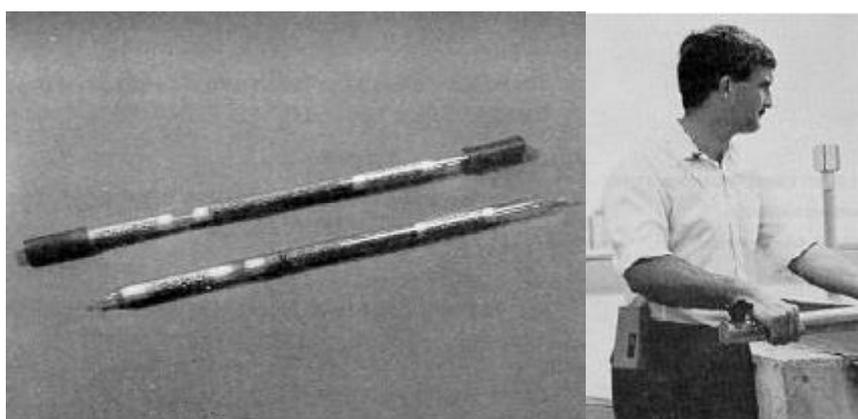


Imagen 7. Método de muestreo Óxidos de Nitrógeno (Extraído de: NTP 171)



Una vez comentado el método de análisis empleado, a continuación, se muestran los resultados obtenidos en las tres jornadas de trabajo en las tablas 8, 9 y 10, respectivamente:

JORNADA 1			
AGENTE MUESTREADO		DIÓXIDO DE NITRÓGENO	
Cant. Detectada	Tiempo	Caudal	C=Conc. Ambiental
mg/muestra	min	L/min	mg/m3
< 0,00000125	20	0,050	0,00125
< 0,00000125	19	0,050	0,00132
< 0,00000125	16	0,050	0,00156
< 0,00000125	20	0,050	0,00125
< 0,00000125	17	0,050	0,00147
< 0,00000125	18	0,050	0,00139
< 0,00000125	16	0,050	0,00156
< 0,00000125	15	0,050	0,00167
< 0,00000125	20	0,050	0,00125
< 0,00000125	20	0,050	0,00125
< 0,00000125	18	0,050	0,00139
< 0,00000125	19	0,050	0,00132
< 0,00000125	20	0,050	0,00125
< 0,00000125	18	0,050	0,00139
< 0,00000125	16	0,050	0,00156
< 0,00000125	15	0,050	0,00167
< 0,00000125	19	0,050	0,00132
< 0,00000125	15	0,050	0,00167
< 0,00000125	18	0,050	0,00139
Concentración media ponderada			0,001416369
AGENTE MUESTREADO		MONÓXIDO DE NITRÓGENO	
Cant. Detectada	Tiempo	Caudal	C=Conc. Ambiental
mg/muestra	min	L/min	mg/m3
< 0,00000125	20	0,050	0,00125
< 0,00000125	19	0,050	0,00132
< 0,00000125	16	0,050	0,00156
< 0,00000125	20	0,050	0,00125
< 0,00000125	17	0,050	0,00147
< 0,00000125	18	0,050	0,00139
< 0,00000125	16	0,050	0,00156
< 0,00000125	15	0,050	0,00167
< 0,00000125	20	0,050	0,00125
< 0,00000125	20	0,050	0,00125
< 0,00000125	18	0,050	0,00139
< 0,00000125	19	0,050	0,00132
< 0,00000125	20	0,050	0,00125
< 0,00000125	18	0,050	0,00139
< 0,00000125	16	0,050	0,00156
< 0,00000125	15	0,050	0,00167
< 0,00000125	19	0,050	0,00132
< 0,00000125	15	0,050	0,00167
< 0,00000125	18	0,050	0,00139
Concentración media ponderada			0,001416369

Tabla 8. Análisis Óxidos de Nitrógeno en ITV, Jornada 1 (Elaboración Propia)

Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el sector de las ITV's.

JORNADA 2				
AGENTE MUESTREADO		DIÓXIDO DE NITRÓGENO		
Cant. Detectada	Tiempo	Caudal	C=Conc. Ambiental	
mg/muestra	min	L/min	mg/m3	
< 0,00000125	19	0,050	0,00132	
< 0,00000125	20	0,050	0,00125	
< 0,00000125	17	0,050	0,00147	
< 0,00000125	15	0,050	0,00167	
< 0,00000125	19	0,050	0,00132	
< 0,00000125	18	0,050	0,00139	
< 0,00000125	20	0,050	0,00125	
< 0,00000125	20	0,050	0,00125	
< 0,00000125	17	0,050	0,00147	
< 0,00000125	14	0,050	0,00179	
< 0,00000125	15	0,050	0,00167	
< 0,00000125	20	0,050	0,00125	
< 0,00000125	16	0,050	0,00156	
< 0,00000125	17	0,050	0,00147	
< 0,00000125	17	0,050	0,00147	
< 0,00000125	20	0,050	0,00125	
< 0,00000125	19	0,050	0,00132	
< 0,00000125	15	0,050	0,00167	
< 0,00000125	18	0,050	0,00139	
Concentración media ponderada			0,00143	
AGENTE MUESTREADO		MONÓXIDO DE NITRÓGENO		
Cant. Detectada	Tiempo	Caudal	C=Conc. Ambiental	
mg/muestra	min	L/min	mg/m3	
< 0,00000125	19	0,050	0,00132	
< 0,00000125	20	0,050	0,00125	
< 0,00000125	17	0,050	0,00147	
< 0,00000125	15	0,050	0,00167	
< 0,00000125	19	0,050	0,00132	
< 0,00000125	18	0,050	0,00139	
< 0,00000125	20	0,050	0,00125	
< 0,00000125	20	0,050	0,00125	
< 0,00000125	17	0,050	0,00147	
< 0,00000125	14	0,050	0,00179	
< 0,00000125	15	0,050	0,00167	
< 0,00000125	20	0,050	0,00125	
< 0,00000125	16	0,050	0,00156	
< 0,00000125	17	0,050	0,00147	
< 0,00000125	17	0,050	0,00147	
< 0,00000125	20	0,050	0,00125	
< 0,00000125	19	0,050	0,00132	
< 0,00000125	15	0,050	0,00167	
< 0,00000125	18	0,050	0,00139	
Concentración media ponderada			0,00143	

Tabla 9. Análisis Óxidos de Nitrógeno en ITV, Jornada 2 (Elaboración Propia)



JORNADA 3				
AGENTE MUESTREADO		DIÓXIDO DE NITRÓGENO		
Cant. Detectada	Tiempo	Caudal	C=Conc. Ambiental	
mg/muestra	min	L/min	mg/m3	
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	19	0,050	0,00132
<	0,00000125	18	0,050	0,00139
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	19	0,050	0,00132
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	19	0,050	0,00132
<	0,00000125	18	0,050	0,00139
<	0,00000125	18	0,050	0,00139
<	0,00000125	17	0,050	0,00147
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	19	0,050	0,00132
<	0,00000125	15	0,050	0,00167
Concentración media ponderada				0,00129
AGENTE MUESTREADO		MONÓXIDO DE NITRÓGENO		
Cant. Detectada	Tiempo	Caudal	C=Conc.	
mg/muestra	min	L/min	mg/m3	
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	19	0,050	0,00132
<	0,00000125	18	0,050	0,00139
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	19	0,050	0,00132
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	19	0,050	0,00132
<	0,00000125	18	0,050	0,00139
<	0,00000125	18	0,050	0,00139
<	0,00000125	17	0,050	0,00147
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	20	0,050	0,00125
<	0,00000125	19	0,050	0,00132
<	0,00000125	15	0,050	0,00167
Concentración media ponderada				0,00129

Tabla 10. Análisis Óxidos de Nitrógeno en ITV, Jornada 3 (Elaboración Propia)

Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el sector de las ITV's.

Posteriormente se ha calculado el Índice de Exposición (I) resultante para en cada una de las tres jornadas teniendo en cuenta la Exposición Diaria y el Valor Limite Ambiental de cada contaminante (Ver tabla 11):

MONÓXIDO DE NITROGENO				
Concentración media ambiental	VLA_ED	Tiempo Exposición	ED	I
mg/m3	mg/m3	h	mg/m3	
0,001416369	2,5	7	0,001239	0,00050
0,00143		7	0,001253	0,00050
0,00129		7	0,001128	0,00045

DIÓXIDO DE NITRÓGENO				
Concentración media ambiental	VLA_ED	Tiempo Exposición	ED	I
mg/m3	mg/m3	h	mg/m3	
0,001416369	0,96	7	0,001239	0,0013
0,00143		7	0,001253	0,0013
0,00129		7	0,001128	0,0012

Tabla 11. Resultados mediciones de Óxidos de Nitrógeno

Observando estos resultados podemos concluir que tras realizar la prueba preliminar según la Norma UNE-EN 689:2019, nos encontramos en la misma situación que para los Óxidos de Carbono estudiados anteriormente. Por lo tanto, se deben realizar nuevas mediciones con el objetivo de completar la prueba estadística definida en el apartado 6.3 del presente estudio.

7.3. Negro de humo

Para este contaminante se presupone desde el inicio que los inspectores tienen una elevada exposición, por lo que se realiza directamente la prueba estadística estudiando seis jornadas distintas para comprobar si las exposiciones del GES cumplen con el VLA.

Por lo tanto, se debe medir, con al menos el 70% de confianza, si menos del 5% de las exposiciones del GES exceden el VLA, para ello realizamos la prueba estadística con Shapiro Wilk, la cual frecuentemente se usa para contrastar la normalidad de un conjunto de datos.

Para realizar esta prueba se ha empleado como herramienta un calculador facilitado por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) para la gestión de cálculos complejos como este.

El calculador aplica la prueba de Shapiro–Wilk para determinar a qué tipo de distribución se ajustan mejor los datos introducidos en cumplimiento con la Norma UNE 689:2019 y si no se ajustan a una distribución normal o log-normal indica que la situación es no-evaluable.

A continuación, se adjunta un resumen de los resultados obtenidos con el calculador del INSST. En primer lugar, en la Tabla 12 (12.1 y 12.2) se pueden observar los Datos de Partida de la prueba, es decir, los resultados de las mediciones que se han realizado. Se realizaron 6 mediciones, en diferentes jornadas de trabajo.

Jornada 1:		
Negro de humo (VLAED: 3,5 mg/m ³ , Tiempo de exposición: 420 min)		
Muestra/s	Tiempo de muestreo	Concentración
Muestra 1	406 min	0,1379 mg/m ³
Tiempo total de muestreo:	Exposición Diaria ED	Índice de exposición
406 min	0,12066 mg/m ³	0,03448
Jornada 2:		
Muestra/s	Tiempo de muestreo	Concentración
Muestra 1	354 min	0,0508 mg/m ³
Tiempo total de muestreo:	Exposición Diaria ED	Índice de exposición
354 min	0,04445 mg/m ³	0,01270
Jornada 3:		
Muestra/s	Tiempo de muestreo	Concentración
Muestra 1	417 min	0,4305 mg/m ³
Tiempo total de muestreo:	Exposición Diaria ED	Índice de exposición
417 min	0,37669 mg/m ³	0,10763
Jornada 4:		
Muestra/s	Tiempo de muestreo	Concentración
Muestra 1	360 min	0,1361 mg/m ³
Tiempo total de muestreo:	Exposición Diaria ED	Índice de exposición
360 min	0,11909 mg/m ³	0,03403

Tabla 12.1. Mediciones Negro de Humo (Documento INSST)

Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el sector de las ITV's.

Jornada 5:

Muestra/s	Tiempo de muestreo	Concentración
Muestra 1	365 min	0,2904 mg/m ³
Tiempo total de muestreo:	Exposición Diaria ED	Índice de exposición
365 min	0,25410 mg/m ³	0,07260

Jornada 6:

Muestra/s	Tiempo de muestreo	Concentración
Muestra 1	412 min	0,1905 mg/m ³
Tiempo total de muestreo:	Exposición Diaria ED	Índice de exposición
412 min	0,16669 mg/m ³	0,04763

Tabla 12.2. Mediciones Negro de Humo (Documento INSST)

A continuación, se validan los resultados obtenidos y el Grupo de Exposición Similar, en conformidad del Apartado 5.4 de la Norma UNE-EN 689:2019 + AC (Ver Imagen 8)

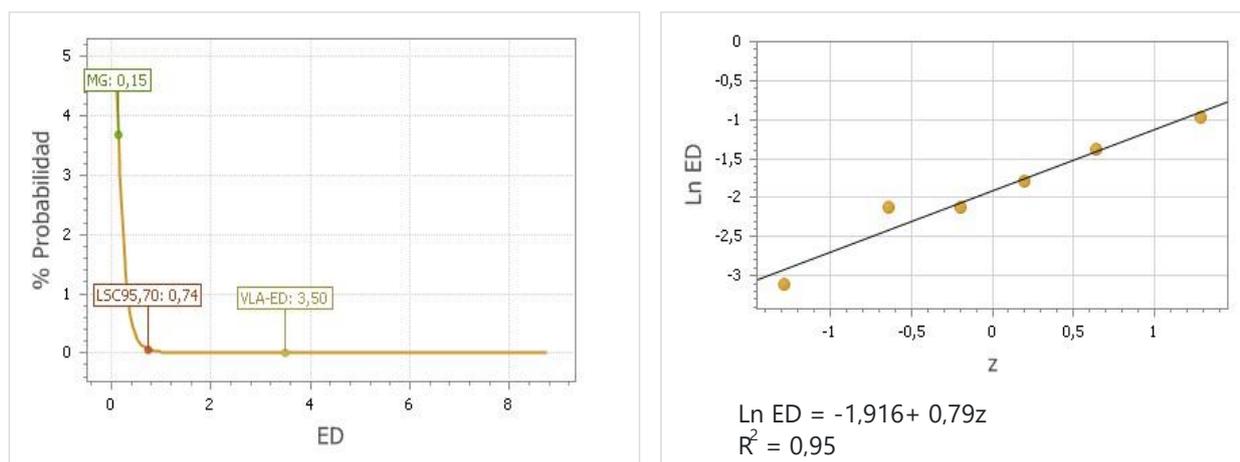


Imagen 8. Distribución Log-Normal de los resultados (Documento INSST)

En el gráfico de la izquierda (Imagen 8) se observan los valores obtenidos tras realizar la prueba estadística. Además, observando el gráfico de la parte derecha, podemos concluir que los resultados obtenidos durante el análisis se asemejan claramente a una distribución log-normal, por lo tanto, se puede afirmar que todos los individuos o inspectores pertenecen al mismo GES.

Respecto del Negro de Humo los inspectores se encuentran en situación de conformidad, es decir, puede considerarse que es improbable que se superen el valor límite ambiental de referencia. La concentración ambiental muestreadas son significativamente inferiores a los valores límite.

Teniendo en cuenta el Anexo I de la Norma UNE-EN 689:2019 para 6 mediciones muestreadas, se debe determinar las variables U_r y U_t para concluir el análisis de los resultados.

Como se observa en la Imagen 9 el propio calculador empleado nos facilita el valor de estas variables:

RESULTADO

Nivel de exposición
ACEPTABLE

La exposición al agente químico es inferior al VLA-ED de acuerdo con las condiciones de conformidad establecidas en el TEST ESTADÍSTICO para la evaluación de la exposición a agentes químicos en la Norma UNE-EN 689:2019.

DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL	ESTADÍSTICOS	PRUEBA ESTADÍSTICA
W (Shapiro-Wilk) = 0,961 $W_{\text{crítico}}$ = 0,788	MG = 0,1472 DSG = 2,089	$LSC_{36, 20}$ = 0,74 U_R = 4,30 U_T = 2,187

Sugerencia: Realizar nuevas mediciones para evaluar la exposición de una o más jornadas de trabajo en un periodo máximo de 36 meses.

Imagen 9. Resultados Negro de Humo (Documento INSST)

Por lo tanto, podemos afirmar que como $U_r > U_t$ nos encontramos en situación de conformidad. Además, debido a los resultados obtenidos se deben realizar nuevas mediciones para evaluar la exposición en un periodo máximo de 36 meses (3 años).

7.4. Análisis de los resultados

Una vez realizadas las mediciones y analizado los resultados se puede concluir que, en el caso de monóxido de carbono, dióxido de carbono y los óxidos de nitrógeno se deberán realizar otras tres mediciones en un periodo de 12 meses, con el objetivo de completar con esas nuevas mediciones la prueba estadística y poder determinar la periodicidad con la que se debe revisar estas mediciones.

En el caso de Negro de Humo, como se ha indicado anteriormente, se ha completado la prueba estadística y se ha llegado a la conclusión que se debe repetir las mediciones en 36 meses.

Los niveles de riesgo para todos los contaminantes son bajos estando siempre por debajo del valor límite. Esto puede variar cuando se realicen modificaciones en las condiciones de trabajo, por lo que se debe reevaluar la exposición desde el inicio siempre que varíen las condiciones de trabajo.

8. VISIÓN FUTURA

8.1. Sistemas de depuración de gases

En primer lugar, en la actualidad, cada vez proliferan más las denominaciones encabezadas con la palabra “blue” entre los coches diésel. La causa de esto es la entrada en vigor de la norma Euro 6 que limita las emisiones contaminantes permitidas para los motores.

Todo apunta que con la llegada de la norma Euro 6.2 prácticamente todos los vehículos diésel lleven algún tipo de sistema de depuración de gases. Ya desde la Euro 5, algunos los motores diésel llevan incorporados uno de estos sistemas, consiste en el denominado **Adblue**, un aditivo de urea que se inyecta en los gases de escape de estos vehículos, rompiendo las partículas de Óxidos de Nitrógeno, generando menos cantidad de estos productos contaminantes.

Esta situación de creciente desarrollo tecnológico favorece la exposición de los trabajadores de ITV's, ya que si con el paso de los años aumenta la cantidad de vehículos que lleven incorporado este tipo de sistemas de depuración, se reducirá considerablemente las exposiciones de los inspectores a los Óxidos de Nitrógeno.

Por lo tanto, si la evaluación de contaminantes, realizada en el presente Trabajo de Fin de Máster, se repitiese años más tarde, se prevé que la exposición sería mucho menor para los inspectores del grupo.

8.2. Humos gases considerados como cancerígenos

El 12 de mayo de 2012 la OMS publicó en su nota de prensa nº 213 anunciando que los gases de escape de los motores diésel se clasifican como cancerígenos para los seres humanos (Grupo 1).

En igual sentido, en el año 2019 se publicó la Directiva Europea 2019/130, que modifica Directiva 2004/37/CE, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo para incluir en su Anexo I los siguientes puntos:

- «7. Trabajos que supongan exposición cutánea a aceites minerales previamente utilizados en motores de combustión interna para lubricar y refrigerar los elementos móviles del motor.
- Trabajos que supongan exposición a emisiones de motores diésel.»

Recientemente, el 15 de junio de este año, se ha traspuesto esta Directiva en el RD 427/2021, por el que finalmente se modifica el RD 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, en el cual se añaden en su anexo I los dos puntos anteriores.

Además, en el anexo III se añade un valor límite de exposición profesional diaria para las emisiones de motores diésel de 0.05 mg/m³ medidos como carbono elemental (aplicable a partir del 21/02/2023, excepto para la minería subterránea y la construcción de túneles en las que se aplicara a partir del 21/02/2026).

En la Imagen 10, se puede observar de manera resumida la cronología definida anteriormente:



Imagen 10. Cronología de los humos diésel como agentes cancerígenos (Elaboración propia)

Las consecuencias de esto concretamente para el Grupo ITEVELESA, son muy diversas y de gran importancia, ya que hasta día de hoy los contaminantes de los humos de escape han sido considerados contaminantes químicos, y a partir de ahora deben tratarse como agentes cancerígenos.

Esto implica que en lugar de medir Negro de Humo, gracias a la evolución del conocimiento científicos, se sabe que es más preciso evaluar la materia particulada de los humos gases, midiendo la cantidad de exposición a Carbono elemental en el trabajo.

Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el sector de las ITV's.

El Grupo ITEVELESA durante el periodo en cual he estado realizando las prácticas ha realizado las primeras mediciones piloto, para evaluar en que situación se encuentran, realizando mediciones de Carbono Elemental en diversos centros de trabajo.

Además, se debe destacar que los conocimientos científicos actuales no permiten identificar niveles de exposición seguros por debajo de los cuales no exista riesgo de que los agentes mutagenos y la mayoría de los cancerigenos produzcan sus efectos característicos sobre la salud. Por ello, en este caso, los límites de exposición no deben ser considerados como una garantía para la protección de la salud, sino como unas referencias máximas para la adopción de las medidas de protección, prevención y control del ambiente de los puestos de trabajo.

Modificación de interés es también que en la actualidad se entiende como persona expuesta a cualquier trabajador que, de modo continuo u ocasional, manipule o pueda entrar en contacto directo o indirecto con el agente.

Esto significa que la exposición no hay que considerarla únicamente en el puesto de trabajado de los inspectores, como se ha considerado en este proyecto, ya que dentro de las ITV's existen distintas categorías profesionales, incluidos el personal de oficinas y administración, que por su ubicación, aunque no realicen las tareas propias de inspección de vehículos, acceden a la nave de manera ocasional.

Para contemplar las consecuencias de esta modificación normativa, se ha realizado un estudio del RD 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, con el objetivo de definir las numeros consecuencias que conlleva este cambio normativo.

En la Tabla 13 se puede contemplar de manera resumida las conclusiones obtenidas en dicho análisis. En la columna de la izquierda se encuentran las obligaciones del RD 665/1997, y en el lado derecho se observa las modificaciones que conllevan para la empresa.



Obligaciones del RD 665/1997	Consecuencias para el sector de ITV
ART 3- IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGO	
Se procederá, a evaluar, el grado y la duración de la exposición de los trabajadores. La evaluación deberá repetirse periódicamente.	Mediciones de C elemental en todas las ITVs realizados por Servicio de Prevención (especialidad Higiene). Estas mediciones en la actualidad suponen un elevado desembolso económico.
ART 5- PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN	
El empresario debe:	
1. Sustituir el cancerígeno	Mientras existan coches diésel en circulación, esto no será posible en ITV
2. Si no es posible el punto 1, se debe garantizar la producción y utilización en sistema cerrado	Para conseguir sistema cerrado → Extracción directamente conectada al tubo/s de escape del vehículo durante todo el proceso de inspección (sistemas móviles por carril).
3. Si no es posible punto 2 (ni 1) garantizar nivel de exposición tan bajo como sea técnicamente posible	
Además se deben aplicar estas medidas:	
a. Limitar las cantidades del agente cancerígeno	Se debe contemplar si se puede limitar el % de vehículos diésel/día a inspeccionar
b. Diseñar procesos de trabajo y medidas técnicas con el objeto de reducir al mínimo la formación de agentes cancerígenos.	Para reducir la formación → parar el motor del vehículo diésel siempre que sea posible (aumento de tiempos de inspección).
c. Limitar al menor número posible los trabajadores expuestos o que puedan estarlo.	En la actualidad TODOS (cuyo centro de trabajo sea una ITV) están expuestos: inspectores, ingenieros, administrativos, etc.
d. Evacuar agentes cancerígenos con extracción localizada o ventilación general.	Se podría establecer trabajar SIEMPRE con los portones abiertos, aunque esto en determinadas épocas del año conlleve inconvenientes: corrientes de aire, frío deslumbramientos debidos al sol, lluvia.
e. Utilizar los métodos de medición más adecuados, en particular para una detección inmediata de exposiciones anormales debidas a imprevistos o accidentes.	Se estudiará si existen en el mercado detectores de este cancerígeno
f. Medidas de protección colectiva o si no es posible, medidas de protección individual.	Colectivas → ventilación, extracción. Individuales → uso de Equipos de Protección Respiratoria
g. Medidas higiénicas, en particular la limpieza regular de suelos, paredes y demás superficies.	Planificar limpieza de instalaciones.
h. Delimitar las zonas de riesgo, estableciendo una señalización adecuada y permitir el acceso a las mismas solo al personal que deba operar en ellas.	Todos los boxes, líneas de inspección e incluso la parcela exterior es "zona de riesgo" → así que no es posible delimitar.

Evaluación de la exposición a contaminantes químicos en el sector de las ITV's.

<p>i. Instalar dispositivos de alerta para los casos de emergencia que puedan ocasionar exposiciones anormalmente altas.</p>	<p>La empresa debe estudiar si existen en el mercado detectores de este cancerígeno</p>
<p>ART 6- MEDIDAS DE HIGIENE PERSONAL Y DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL</p>	
<p>Disponer de lugares separados para guardar de manera separada las ropas de trabajo o de protección y las ropas de vestir.</p>	<p>Dobles taquillas por trabajador (problema de espacio en vestuarios). O taquillas con separación (mayor desembolso inicial porque supone de la sustitución de las actuales).</p>
<p>Los trabajadores dispondrán, dentro de la jornada laboral, de diez minutos para su aseo personal antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo.</p>	<p>En cualquiera de los casos (turno partido o continuo) supone 20 minutos de jornada efectiva dedicadas al aseo.</p>
<p>El empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo</p>	<p>Contrato con empresa para lavado y distribución posterior (lavandería). Otra opción posible sería lavarla en la propia ITV, instalando lavadora, secadora y contratando personal que se encargue de estas tareas.</p>
<p>ART 8- VIGILANCIA DE LA SALUD</p>	
<p>El empresario garantizará una vigilancia adecuada y específica de la salud de los trabajadores</p>	<p>El Ministerio de Sanidad es quien debe elaborar el Protocolo de Salud a aplicar en relación a estos cancerígenos. Una vez lo haga, los Servicios Médicos del SPA deben aplicar este protocolo al personal expuesto: esto puede suponer un coste añadido (en función de las pruebas que se deban realizar). Además, el reconocimiento médico pasa a ser OBLIGATORIO para los trabajadores.</p>
<p>ART 9- DOCUMENTACIÓN</p>	
<p>El empresario está obligado a disponer de una lista actualizada de los trabajadores expuestos (indicando la exposición a la cual hayan estado sometidos) que debe conservarse 40 años después de terminada la exposición.</p>	

Tabla 13. Consecuencias del cambio normativo



9. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Durante todo el proyecto se han descrito diferentes métodos de análisis de muestras, que suponen un importante desembolso económico para cualquier empresa el llevarlos a la práctica. Además, con la aplicación de la Norma UNE-EN 689:2019, la cantidad y frecuencia de muestras que se deben realizar es mucho mayor, ofreciendo una mayor garantía de protección de los trabajadores, pero incrementando notablemente el referido coste económico para la empresa.

Durante la evaluación de la exposición a contaminante químicos, se ha muestreado Óxidos de Carbono mediante equipos de medición directa, y se ha señalado que estos instrumentos de medida abaratan el coste económico, ya que las medidas realizadas con estos equipos no necesitan pasar por un laboratorio para poder obtener conclusiones.

Al analizar la visión futura se ha señalado que en los próximos estudios se medirá Carbono Elemental en lugar de Negro de Humo. Este tipo de análisis requiere de técnicas muy precisas en el laboratorio y en la actualidad hay muy pocos centros que se dediquen a este análisis, por lo que el coste puede ser muy elevado. Hay que tener en cuenta que la empresa cuenta con numerosos centros de trabajo y se debe analizar la exposición en cada uno de ellos.

Podemos concluir que, la nueva Norma UNE-EN 689:2019, asegura mayor seguridad desde el punto de vista de la higiene a los trabajadores, pero supone un mayor coste económico, lo que limita la aplicabilidad en las PYMES y en ocasiones puede provocar un menor interés por realizar mediciones.

10. CONCLUSIONES FINALES EXTRAÍDAS

A partir de los objetivos detallados inicialmente, se exponen las siguientes conclusiones:

En este trabajo fin de máster se ha realizado la evaluación de la exposición a contaminantes químicos de los inspectores de Grupo Itevelesa de manera existosa.

Se ha desarrollado un estudio de contaminantes en el sector de la automoción para averiguar que contaminantes emiten los vehículos por el tubo de escape de interés para los riesgos laborales. Para ello se han sacado conclusiones de diferentes fuentes y finalmente se ha decidido analizar la exposición a Óxidos de Carbono, Óxidos de Nitrogeno y Negro de Humo.

Para poder desarrollar el análisis con el método de evaluación de la exposición vigente, se ha estudiado en profundidad la Norma UNE-EN 689:2019, observando que requiere mayor número de mediciones y la realización de cálculos estadísticos complejos.

Se ha investigado los métodos más adecuados para la medida de la exposición para los diferentes contaminantes comprendiendo todo el proceso de tomas de muestras que conllevan.

Para el análisis del Negro de Humo se ha empleado un calculador del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, para realizar la prueba estadística según la norma anteriormente mencionada, descubriendo las ventajas de este tipo de herramientas para simplificar el proceso de evaluación de la exposición de contaminantes.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten afirmar que la exposición de los inspectores no supone un riesgo para su salud ya que los valores obtenidos para los contaminantes estudiados se consideran conformes.

Se observa que el presupuesto que conllevan estos estudios es alto. Esto se debe a que la mayoría de tomas de muestras requieren cada vez procesos más complejos y posteriormente su análisis en el laboratorio.

Finalmente, se ha analizado las modificaciones futuras en los resultados de este estudio por lo que a partir de este proyecto se establecen ciertas líneas de investigación que pueden seguirse para profundizar en las evaluaciones de exposición a contaminantes



químicos en este sector, atendiendo a los nuevos estudios científicos que se aporten y a la nueva normativa reguladora que vaya apareciendo.

Por una parte, el análisis de la exposición a contaminantes deberá reconsiderarse en unos años debido a la incorporación de nuevas tecnologías que minimizan la emisión de contaminantes de los vehículos. En la actualidad se cree que estas favorecerán a la minimización de la exposición.

Por otro lado, se debe profundizar el análisis de los humos diésel como agentes cancerígenos, realizando mediciones de Carbono Elemental para evaluar la exposición, no siendo suficiente cumplir con el Valor Límite Ambiental establecido, sino perseguir un nivel de riesgo de exposición tan bajo como técnicamente se posible.

Finalmente, hay que destacar que también podría resultar interesante el estudio de contaminantes en función del tipo de vehículo que sea inspeccionado, teniendo en cuenta el modelo, la antigüedad y otras características propias, para conseguir delimitar ante que vehículos tienen mayor peligro de exposición los inspectores y poder aplicar medidas preventivas.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, M. B. (Julio de 2013). La emisión de aerosoles de partículas y gases en motores de diésel. núm 73. *Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. INSHT*. Recuperado el 13 de Julio de 2021, de <http://prevencion.umh.es/files/2013/01/emision-de-aerosoles-de-particulas-y-gases-en-motores-de-di%C3%A9sel.pdf>
- Ayuntamiento de Valladolid. (s.f.). *RCCAAV, Red de Control de la Contaminación Atmosférica del Ayuntamiento de Valladolid*. Recuperado el 12 de Junio de 2021, de <https://www.valladolid.es/es/rccava/contaminantes>
- Escandón, L. A. (2019). Acerca de la prueba estadística de la UNE-EN 689:2019. *prevencionar.com*, 15. Recuperado el 15 de Mayo de 2021, de https://www.slideshare.net/Prevencionar/acerca-de-la-prueba-estadstica-de-la-uneen-689-2019?from_action=save
- Europea, D. O. (s.f.). *Directiva (UE) 2019/130 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de enero de 2019, por la que se modifica la Directiva 2004/37/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos*.
- Industrial, A. E. (2019). *UNE-EN 689: Contexto de su aplicación*. Recuperado el 20 de Junio de 2021, de <https://www.icasst.es/documents/6980596/8498027/3-1+UNE+689-2018.pdf>
- INSHT. (s.f.). *Guía Técnica para la evaluación y prevención de Los reisos relacionados con a exposición durante el trabajo*.
- INSST. (s.f.). *Herramientas de prevención de riesgos laborales*. Recuperado el 6 de Mayo de 2021, de <https://herramientasprl.insst.es/Agentesqu%C3%ADmicosEvaluaci%C>
- INSST. (s.f.). *Límites de Exposición Profesional (LEP) para Agentes Químicos en España 2021*.
- Ley 31/1995. (s.f.). *de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. núm. 269*. Recuperado el 28 de Mayo de 2021, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
- Ministerio de Industria, C. y. (2020). *Manual de Procedimiento de Inspección de Estaciones ITV*.
- Real Decreto 374/2001. (s.f.). *de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. núm. 104, pp. 15893-15899*. Recuperado el 29 de Mayo de 2021, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2001-8436>



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Anexo I. MÉTODOS DE MUESTREO

NTP 171: Toma de muestras de dióxido y monóxido de nitrógeno



Norme d'échantillonnage pour oxyde et peroxyde d'azote
Standard sampling method for nitric oxide and nitric dioxide

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Redactor:

Asunción Freixa Blanxart
Lda. Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO - BARCELONA

Objetivo

Indicar el método para la toma, transporte y conservación del dióxido y monóxido de nitrógeno, así como el fundamento del método analítico, su margen de aplicación y sus limitaciones.

Fundamento del método analítico

Un volumen conocido de aire se hace pasar a través de un tubo absorbente de tres secciones. En la primera sección un absorbente sólido impregnado de trietanolamina retiene el dióxido de nitrógeno, aunque no el monóxido de nitrógeno. En la segunda sección un oxidante convierte el monóxido de nitrógeno en dióxido de nitrógeno que es retenido en la tercera sección, constituida por un absorbente sólido impregnado de trietanolamina, idéntico a la primera.

La primera y tercera sección del tubo se extraen con una solución de trietanolamina separadamente. Una parte alícuota de los mismos se hace reaccionar con N-(1-naftil) etilendiamina, formándose un complejo coloreado.

Se mide la absorbencia en un espectrofotómetro UV-Visible o colorimétrico a 540 nm.

Campo de aplicación

Abarca el área de la higiene industrial en lo que respecta a la captación y posterior determinación de dióxido y monóxido de nitrógeno cuando coexisten en el ambiente.

El margen de trabajo recomendado para un volumen de aire de 1 litro significa que puede determinarse una concentración de NO₂ entre 4,2 y 42 mg/m³ y una concentración de NO entre 2,7 y 27,4 mg/m³ (factor de conversión NO₂/NO = 1,53).

El límite de detección para una muestra de 1 litro es 2 mg/m³ para NO₂ y 1,4 mg/m³ para NO.

Inconvenientes y limitaciones

Los niveles de humedad elevados reducen considerablemente la eficacia de la captación.

Cuando la cantidad de NO presente en el ambiente es superior a 50 ppm, la eficacia de captación disminuye.

Equipo y material de muestreo

Bomba de aspiración

Bomba para muestreo personal y ambiental, cuyo caudal se mantenga dentro del valor determinado con una exactitud de ±5%.

La calibración de la bomba debe realizarse con el mismo tipo de soporte o unidad de captación, con el fin de que la pérdida de carga sea similar a la que se tendrá en el muestreo.

Unidad de captación.

Tubo absorbente.

Las características del tubo absorbente utilizado son: 175 mm de longitud, 7 mm de diámetro y 3 secciones conteniendo 400 mg absorbente/1600 mg óxido/400 mg absorbente. (Fig. 1)

Soporte para tubos.

Tubo flexible.

Cronómetro.

Termómetro y manómetro.

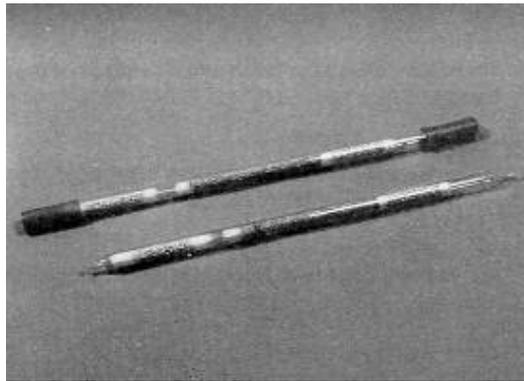


Fig. 1: Tubo adsorbente

Condiciones de muestreo

La muestra de aire se toma a un caudal de 0,05 lpm.

El volumen máximo de muestreo es de 1 litro.

Procedimiento de muestreo

Colocar la bomba de aspiración convenientemente calibrada en la parte posterior de la cintura del operario a muestrear, fijándola al cinturón.

La bomba de aspiración se conecta con la unidad de captación, mediante un tubo de plástico de longitud adecuada.

El tubo de plástico se pasa desde la espalda, por debajo de uno de los brazos, y se eleva a la parte superior del pecho, fijándose por la parte de delante, a la altura de la clavícula y próxima al rostro.

A continuación se toma el tubo absorbente preparado al efecto y se rompen sus extremos de modo que queden unos orificios no inferiores a la mitad del diámetro interior del tubo.



Fig. 2: Toma de muestra con tubo adsorbente

El tubo, ya abierto, se inserta en el extremo del conducto de aspiración mediante la conexión apropiada, cuidando que quede en posición vertical.

Finalmente, se comprueba la estanqueidad de todo el montaje y se inicia la captación.

Durante el muestreo interesa vigilar periódicamente que la bomba funcione correctamente.

Transcurrido el tiempo de muestreo predeterminado se para el funcionamiento de la bomba, se retira el tubo adsorbente (cerrando sus extremos con los correspondientes tapones) y se anotan los datos del muestreo: tiempo, caudal, temperatura ambiente y presión (si no se puede averiguar la presión se estimará la altitud de la zona).

Con cada lote de muestras se adjunta como mínimo un "tubo blanco". Este tubo deberá haber seguido las mismas manipulaciones de las muestras, exceptuando el paso de aire a su través. Se etiqueta con la palabra "blanco".

Transporte y conservación

El transporte de las muestras debe efectuarse con las debidas precauciones, encaminadas a evitar cualquier tipo de modificación o alteración en las mismas (contaminación, roturas, ...).

Es recomendable que las muestras permanezcan almacenadas en nevera, en tanto no sean analizadas; no obstante las muestras pueden permanecer a temperatura ambiente durante 10 días sin que se observan variaciones en su concentración.

Bibliografía

(1) NIOSH

Nitrogen dioxide and nitric oxide in air. NIOSH. Manual of Analytical Method P&CAM 231.

(2) INSHT

Determinación colorimétrica de dióxido de nitrógeno en aire.

Madrid. INSHE Norma HA-2222. Junio/83

(3) SALUMAN, B.E.

Colorimetric microdetermination of nitrogen dioxide in the atmosphere

Anal. Chem. 1954,26,1949-1955

(4) BLACKER, H.H.

Triethanolamino for collecting nitrogen dioxide Inthe TLV range

Am. Ind. Hyg. Ass. J. 1973,34 (9) 390-395

CARBON BLACK

5000

C MW: 12.01 CAS: 1333-86-4 RTECS: FF5800000

METHOD: 5000, Issue 2

EVALUATION: FULL

Issue 1: 15 May 1989

Issue 2: 15 August 1994

OSHA : 3.5 mg/m³
NIOSH: 3.5 mg/m³ (in presence of PAHs: carcinogen/PAHs to 0.1 mg/m³, cyclohexane extractable fraction)
ACGIH: 3.5 mg/m³

PROPERTIES: solid; may contain polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH)

SYNONYMS: acetylene black; amorphous carbon; furnace black; lamp black

SAMPLING		MEASUREMENT	
SAMPLER:	FILTER (tared 5-µm PVC membrane)	TECHNIQUE:	GRAVIMETRIC (FILTER WEIGHT)
FLOW RATE:	1 to 2 L/min	ANALYTE:	airborne particulate material
VOL-MIN:	30 L @ 3.5 mg/m ³	BALANCE:	0.001 mg sensitivity; use same balance before and after sample collection
-MAX:	570 L	CALIBRATION:	National Institute of Standards and Technology, Class S-1.1 weights or ASTM Class 1 weights
SHIPMENT:	routine	RANGE:	0.1 to 2 mg per sample
SAMPLE STABILITY:	indefinitely	ESTIMATED LOD:	0.03 mg per sample
BLANKS:	2 to 10 field blanks per set	PRECISION (\hat{S}_p):	0.025 @ 3.5 mg/m ³ [1, 2]
ACCURACY			
RANGE STUDIED:	2 to 8 mg/m ³ (100-L samples)		
BIAS:	0.01%		
OVERALL PRECISION (\hat{S}_{rT}):	0.056 [1]		
ACCURACY:	± 11.0%		

APPLICABILITY: The working range is 0.5 to 10 mg/m³ for a 200-L air sample. This method is not applicable for the determination of "cyclohexane-solubles" [3]. This analysis is simple but the method is nonspecific. Information on any other particulate materials present should be assessed. The method may be extended to higher air concentrations (e.g., nuisance dust levels) by collecting a smaller sample volume [4].

INTERFERENCES: The presence of any other particulate material in the air being sampled will be a positive interference since this is a gravimetric method.

OTHER METHODS: This is Method S262 [5] in a revised format. It is similar, except for collecting device, to the method described in the carbon black criteria document [3].

EQUIPMENT:

1. Sampler: 37-mm, 5- μ m pore size PVC filter and stainless steel support screen in 37-mm, cassette filter holder (preferably, conductive).
2. Personal sampling pump, 1 to 2 L/min, with flexible connecting tubing.
3. Microbalance capable of weighing to 0.001 mg.
4. Static neutralizer; e.g. Po-210; replace nine months after production date.
5. Forceps (preferably nylon).
6. Environmental chamber or room for balance (e.g. 20 ± 1 °C and $50 \pm 5\%$ RH).

SPECIAL PRECAUTIONS: Carbon black containing polynuclear aromatic hydrocarbons (cyclohexane extractable materials) in excess of 0.1% (w/w) should be treated as a suspect carcinogen [3].

PREPARATION OF FILTERS BEFORE SAMPLING:

1. Equilibrate the filters in an environmentally controlled weighing area or chamber for at least 2 h.
NOTE: An environmentally controlled chamber is desirable, but not required.
2. Number the backup pads with a ballpoint pen and place them, numbered side down, in filter cassette bottom sections.
3. Weigh the filters in an environmentally controlled area or chamber. Record the filter tare weights, W_1 , (mg).
 - a. Zero the balance before each weighing.
 - b. Handle the filter with forceps. Pass the filter over an antistatic radiation source. Repeat this step if filter does not release easily from the forceps or if filter attracts balance pan. Static electricity can cause erroneous weight readings.
4. Assemble the filters in the filter cassettes and close firmly so that leakage around the filter will not occur. Place a plug in each opening of the filter cassette. Place a cellulose shrink band around the filter cassette, allow to dry, and mark with the same number as the backup pad.

SAMPLING:

5. Calibrate each personal sampling pump with a representative sampler in line.
6. Sample at 1 to 2 L/min for a total sample volume of 30 to 570 L. Do not exceed a filter loading of approximately 2 mg total dust. Take two to four replicate samples for each batch of field samples for quality assurance on the sampling procedures.

SAMPLE PREPARATION:

7. Wipe dust from the external surface of the filter cassette with a moist paper towel to minimize contamination. Discard the paper towel.
8. Remove the top and bottom plugs from the filter cassette. Equilibrate for at least 2 h in the balance room.
9. Remove the cassette band, pry open the cassette, and remove the filter gently to avoid loss of dust.
NOTE: If the filter adheres to underside of cassette top, gently lift using the dull side of scalpel blade. Take care not to tear the filter.

CALIBRATION AND QUALITY CONTROL:

10. Zero the microbalance before all weighings. Use the same microbalance for weighing filters before and after sample collection. Calibrate the balance with National Institute of Standards and Technology Class S-1.1 or ASTM Class 1 weights.
11. The set of replicate samples should be exposed to the same dust environment, either in a laboratory dust chamber [6] or in the field [7]. The quality control samples must be taken with the same equipment, procedures and personnel used in the routine field samples. Calculate precision from these replicates and record \bar{S}_r on control charts. Take corrective action when the precision is out of control [6].

MEASUREMENT:

12. Weigh each filter, including field blanks. Record the post-sampling weight, W_2 (mg). Record anything remarkable about a filter (e.g., overload, leakage, wet, torn, etc.).

CALCULATIONS:

13. Calculate the concentration, C (mg/m^3), of carbon black in the air volume sampled, V (L):

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \cdot 10^3, \text{ mg}/\text{m}^3.$$

where: W_1 = tare weight of filter before sampling (mg)
 W_2 = post-sampling weight of sample-containing filter (mg)
 B_1 = tare weight of blank filter (mg)
 B_2 = post-sampling weight of blank filter (mg)

EVALUATION OF METHOD:

Method S262 [5] was issued on January 30, 1976, and validated over the range 1.9 to 7.7 mg/m^3 for a 200-L sample and over the range 7.8 to 28 mg/m^3 for a 100-L sample using Vulcan XC72 (0.03- μm particle size; Cabot Corp.) in a Wright Dust Feeder [1]. Overall precision, \hat{S}_{rT} , was 0.056. Collection efficiency was between 99 and 100%.

REFERENCES:

- [1] Documentation of the NIOSH Validation Tests, S262 and S349, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-185 (1977).
- [2] Unpublished data from Non-textile Cotton Study, NIOSH/DRDS/EIB.
- [3] NIOSH Criteria for a Recommended Standard ... Occupational Exposure to Carbon Black, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 78-204, 80-88 (1978).
- [4] NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd ed., V. 3, S349, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-C (1977).

- [5] NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd ed., V. 3, S262, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-C (1977).
- [6] Bowman, J.D., D.L. Bartley, G.M. Breuer, L.J. Doemeny, D.J. Murdock. Accuracy Criteria Recommendation for the Certification of Gravimetric Coal Mine Dust Personal Samplers. U.S. Department of Health and Human Services, NTIS Pub. No. 85-222446 (1984).
- [7] Breslin, J.A., S.J. Page, R.A. Jankowski. Precision of Personal Sampling of Respirable Dust in Coal Mines, U.S. Bureau of Mines Reports of Investigations #8740 (1983).

METHOD REVISED BY:

Frank Hearl, P.E., NIOSH/DRDS; S262 and S349 originally validated under NIOSH Contract CDC-99-74-45.