

Antecedentes para orientar la incorporación de un límite permisible ponderado de material particulado diésel en lugares de trabajo en Chile

Background to guide the incorporation of a weighted permissible limit of particulate diesel material in places of work in Chile

Christian Albornoz V¹, Rolando Vilasau D¹

1. Sección Riesgos Químicos, Subdepartamento de ambientes laborales, Departamento de Salud ocupacional, Instituto de Salud Pública de Chile.

Christian Albornoz Villagra, calbornoz@ispch.cl

Las emisiones generadas durante el proceso de combustión de los motores diésel son una mezcla compleja de gases, vapores y de material particulado diésel (MPD), cuyo origen son partículas de carbón conocidas como hollín. Las partículas de carbón son extremadamente pequeñas (diámetro de 0,01 a 0,08 μm y aglomeradas de 0,08–1 μm), y se componen principalmente de un núcleo de carbono elemental (CE), el cual, comprende entre el 40–80% de la masa de partículas sobre la cual son adsorbidas cientos de sustancias orgánicas, algunas potencialmente dañinas para la salud (1). Más aún, considerando que el material particulado diésel (MPD) fue reconocido en 1988 como posible cancerígeno en humanos Grupo 2A (2), y como cancerígeno para humanos Grupo 1, en 2012, por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) (3).

En el ámbito ocupacional, los motores diésel son ampliamente utilizados para el transporte, suministro de energía y actividades donde se utilizan vehículos y maquinarias alimentadas principalmente por petróleo diésel. La exposición ocupacional se produce a través de la inhalación del MPD, pudiendo ocurrir en diferentes rubros como: minería, trabajos de construcción, conductores profesionales, agricultura,

silvicultura, manejo de residuos, entre otros.

Es necesario destacar que la proporción de material particulado realmente inhalado es multifactorial, dependiendo así de variables como: velocidad y dirección del viento próximo al trabajador(a) expuesto(a), cadencia respiratoria, vía de inhalación (nariz o de la boca), concentración ambiental y una característica no menos importante, como el tamaño de las partículas (4). Este último punto es de especial cuidado, puesto que, el MPD está constituido por partículas muy pequeñas, cuyas propiedades dinámicas le confieren ciertas propiedades particulares, que son de importancia desde el punto de vista de los riesgos del trabajo. En este sentido, el parámetro de mayor influencia en relación con estas propiedades lo constituye el tamaño de las partículas. La velocidad terminal de las partículas pequeñas es muy reducida, en consecuencia, el material particulado fino suspendido en el aire puede persistir en suspensión durante largos periodos de tiempo en el volumen de aire del espacio de trabajo cercano a la fuente de emisión, o producto de las corrientes de aire ser dispersadas o transportadas desde su punto de producción hacia el resto de las áreas de trabajo. Desde el punto de vista fisiológico, estas propiedades también son de importancia, debido a que



ellas determinan fundamentalmente, la profundidad hacia la cual va a penetrar el material particulado fino, dentro de las vías respiratorias. (1)

En consecuencia, a todo lo anterior, algunos países han regulado la exposición a MPD, incorporando en sus respectivos reglamentos, límites permisibles específicos para esta sustancia, poniendo énfasis en utilizar como indicador de exposición el Carbono Elemental (CE), dado que constituye una proporción significativa de las emisiones de los motores diésel (Tabla 1). Un ejemplo de esto es la Unión Europea, quien en enero 31 de 2019 publicó en el Diario Oficial la modificación a la Directiva 2004/37/CE, en la cual se establece un valor límite para las Emisiones de Motores Diésel de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, calculado sobre la base de carbono elemental (5).

Chile no se encuentra dentro de estos países, y pese a los riesgos para la salud de los trabajadores(as), el país no cuenta con un límite permisible específico para MPD. Dado los efectos tanto a largo como a corto plazo, es apremiante regular la exposición

ocupacional a MPD, considerando los niveles de MPD adecuados para cada rubro, proceso y ambiente en el que se desarrollan estos.

Hacia la Incorporación de un Límite Permisible Ponderado Especifico para Material Particulado Diesel en Nuestra Legislación

Considerando esta falencia en la normativa chilena, es necesario incorporar en el Decreto Supremo N° 594/99, el cual aprueba el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, un Límite Permisible Ponderado (LPP) que regule la presencia de MPD en los distintos ambientes laborales. Para ello es fundamental, como primer paso, evaluar el material particulado diésel en diferentes procesos industriales en el país. De este modo, será posible determinar concentraciones de MPD a las que están expuestos los trabajadores(as), las cuales, en adición a los límites de referencia, las recomendaciones y regulaciones internacionales (específicamente

Tabla 1

Países que cuentan (2019) con un límite de exposición laboral específico para MPD y límites permisibles determinados.

País	Institución, Agencia o Normativa	Límite Permisible	Tipo de Carbono
Reino Unido	<i>Health & Safety Executive (HSE)</i>	$<150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *	CE
Estados Unidos	<i>Mine Safety and Health Administration (MSHA)</i>	$127 \mu\text{g}/\text{m}^3$ **	CE
Francia	<i>Valeurs limites d'exposition aux postes de travail (2016)</i>	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	CE
Unión Europea	Parlamento Europeo	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	CE
Australia	<i>Australian Institute of Occupational Hygienists (AIOH)</i>	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	CE
Finlandia	<i>Finnish Institute of Occupational Health</i>	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ***	CE
		$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ****	

*: Minería. **: Minería Subterránea. ***: Industria en general. ****: Minería subterránea y construcción de túneles.

Comunidad Europea, Australia y Estados Unidos), permitirá establecer un LPP para el país.

En base a la literatura, regulaciones internacionales y realidad nacional, un criterio técnicamente viable para ser incorporado en una propuesta del LPP específico para MPD en el país, es la regulación de dos límites de exposición: uno para industria general (superficie) y otro para minería subterránea o construcción de túneles, como es el caso de Finlandia. El potencial de exposición a MPD en faenas subterráneas es mayor que en industrias que trabajan en la superficie, dado que los ambientes subterráneos son espacios reducidos en donde circulan y operan diferentes tipos de vehículos y maquinarias alimentados principalmente por petróleo diésel. Estos lugares de trabajo por lo general tienen una ventilación restringida, por lo que las partículas emitidas por los motores diésel tienden a aumentar su concentración de manera acelerada si no hay reposición del volumen de aire del lugar de trabajo (6), condición totalmente opuesta en trabajos al aire libre en el cual el volumen de control no tiene límite.

Por otro lado, el carbono elemental (CE) constituye una proporción significativa de las emisiones de los motores diésel, siendo probablemente el mejor marcador o indicador de exposición a MPD. Las mediciones en base a este son: específicas y se asocian directamente a la combustión de motores diésel; adecuadas en cuanto a que se piensa que el CE ultrafino presente en el MPD es el principal causante de los problemas de salud asociados en exposiciones a largo plazo; y representativas de las partículas de diésel que son extremadamente finas y con muy poca masa. En consecuencia, la medición de CE presente en el MPD es bastante representativa de los otros gases y vapores asociados a los procesos de combustión de los motores diésel. Si la concentración de CE es alta, es probable que la concentración de otros gases también sea alta, entendiéndose que no existe una correlación directa entre la presencia de CE con el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno.

Por lo tanto, se propone que una selección de un límite de exposición basado en CE es probablemente el mejor enfoque, reduciendo significativamente las posibilidades de sobreestimar la exposición, debido a

la presencia de sustancias orgánicas de otras fuentes, esto midiendo de manera independiente el CE y utilizando otros métodos de medición para monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno (7)

Desde 2015 profesionales de la Sección Riesgos Químicos del Instituto de Salud Pública de Chile, han realizado evaluaciones de MPD, y en relación a todo lo anterior se encuentran en proceso de proponer un LPP para el país, específicamente uno para trabajos en minería subterránea o construcción de túneles y otro para trabajos en superficie o industria en general.

Es imperioso regular la exposición ocupacional a MPD, concientizar al respecto y visibilizar la exposición a MPD como problema de salud pública, para lo cual es fundamental la sinergia entre la investigación realizada desde la academia y la de las instituciones públicas.

REFERENCIAS

1. Health and Safety Executive. Controlling and monitoring exposure to diesel engine exhaust emissions in non-coal mines. 2004;44(0):1, 2, 3, 5, 7.
2. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Espanya). Seguridad y salud en el trabajo: revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Insht [Internet]. 2013;68. Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/PUBLICACIONES PERIODICAS/Rev_INSHT/2013/73/SST_73_enlaces2.pdf
3. Silverman DT, Samanic CM, Lubin JH, Blair AE, Stewart PA, Vermeulen R, et al. The diesel exhaust in miners study: A nested case-control study of lung cancer and diesel exhaust. *J Natl Cancer Inst.* 2012;104(11):855–68.
4. Martí Veciana A. NTP 731: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (I): aspectos generales. *Inst Nac Segur e Hig en el Trab* [Internet]. 2004;(I). Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_731.pdf
5. Directiva Parlamento Europeo. DIRECTIVA (UE) 2019/130 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. *Diario Oficial de la Unión Europea.*; 2019.
6. NSW D of PI. Guideline for the management of diesel engine pollutants in underground environments. 2008;2320(02):10, 11, 12, 13.
7. Grenier M, Gangal M, Goyer N, McGinn S, Penney J, Vergunst J. Sampling for Diesel Particulate Matter in Mines IRSST. *Diesel Emiss Eval Progr.* 2001;(October):1–33.