

# GUÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA



---

**Capítulo: 4. Resuspensión por Tránsito de Vehículos.**

**Versión: Octubre 2020.**

---

---

## ÍNDICE

Índice .....	1
4 Resuspensión por tránsito de vehículos.....	2
4.1 Tránsito de vehículos por caminos no pavimentados.....	2
4.2 Tránsito de vehículos por vías pavimentadas .....	4
4.3 Cálculo del número de viajes.....	5
Bibliografía.....	6

---

Créditos imagen de portada: "Truck coming" de Arthur Chapman, licencia CC BY-NC-SA 2.0 |

## 4 RESUSPENSIÓN POR TRÁNSITO DE VEHÍCULOS

### 4.1 TRÁNSITO DE VEHÍCULOS POR CAMINOS NO PAVIMENTADOS

Cuando un vehículo transita por un camino no pavimentado, la fuerza de las ruedas causa pulverización de las partículas superficiales, las cuales son levantadas por el movimiento rotatorio de las ruedas en combinación con la turbulencia generada por el paso del vehículo. Respecto a lo anterior, se pueden distinguir dos factores de emisión, dependiendo si se transita por un camino industrial, dominado por vehículos pesados (peso promedio sobre 2,7 [t]), o uno público, dominado por vehículos livianos (peso promedio menor a 2,7 [t]). Estos factores de emisión pueden observarse en la Tabla 4.1 y la Tabla 4.2.

**TABLA 4.1. FACTOR DE EMISIÓN PARA EL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS POR CAMINOS NO PAVIMENTADOS INDUSTRIALES DOMINADOS POR VEHÍCULOS PESADOS**

Fórmula <sup>1</sup>	Unidad	Parámetros
$fe = k \times 281,9 \left(\frac{s}{12}\right)^{0,9} \left(\frac{W}{2,72}\right)^{0,45}$	[g/km]	k MP10: 1,5. k MP2,5: 0,15. s: contenido de material fino en la superficie [%]. Valor por defecto: 8,5. W: peso promedio de la flota que transita por las vías [t].

El peso promedio de la flota, para un determinado camino no pavimentado y año cronológico, se calcula mediante la Ec. 1:

$$W = \frac{\sum_i^n [\bar{P}_i \times Nv_i]}{\sum_j^n Nv_j} \quad \text{EC. 1}$$

Dónde:

- $W$ : Peso promedio de la flota que transita por un determinado camino y año cronológico, en [t].
- $\bar{P}_i$ : Promedio entre el peso con y sin carga (en [t]), del vehículo que hace un determinado tipo de viaje i. Por ejemplo, un tipo de viaje puede ser el traslado de escombros en el año 1 del proyecto.
- $Nv_i$ : Número de viajes del tipo de viaje i, en el año cronológico en cuestión.
- $Nv_j$ : Número de viajes del tipo de viaje j, en el año cronológico en cuestión.
- $n$ : Cantidad de tipos de viajes en el año cronológico en cuestión.

<sup>1</sup> (EPA, 2006), ec. 1a.

**TABLA 4.2. FACTOR DE EMISIÓN PARA EL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS POR CAMINOS NO PAVIMENTADOS PÚBLICOS DOMINADOS POR VEHÍCULOS LIVIANOS**

Fórmula <sup>2</sup>	Unidad	Parámetros
$fe = \frac{k \times 281,9 \left(\frac{s}{12}\right) \left(\frac{S}{48,28}\right)^{0,5}}{\left(\frac{M}{0,5}\right)^{0,2}} - C$	[g/km]	k MP10: 1,8. k MP2,5: 0,18. C MP10: 0,132493 C MP2,5: 0,101484 s: contenido de material fino en la superficie [%]. Valor por defecto: 8,5. M: Humedad del material superficial [%]. Valor por defecto: 6,5%. S: velocidad media vehicular [km/h].

Para considerar el efecto de las lluvias, se puede aplicar un factor<sup>3</sup> de 0,953, obtenido mediante la Ec. 2, que corresponde a su vez a la ecuación (2) presentada en (EPA, 2006).

$$\text{Factor de corrección por lluvia camino no pavimentado} = 1 - \frac{P}{365} \quad \text{EC. 2}$$

Donde P corresponde al número de días en el año con precipitaciones superiores a 0,254 [mm].

Para el **nivel de actividad** se deben considerar tanto los caminos no pavimentados internos como los externos, además de los viajes de ida y vuelta de cada vehículo. También se debe adjuntar una tabla que contenga todos los caminos no pavimentados, junto con sus distancias. Y por último, para justificar los kilómetros de cada camino, se debe adjuntar un mapa en formato KMZ en donde aparezcan todos los caminos no pavimentados, procurando que concuerden los nombres de los caminos tanto en el informe como en el archivo KMZ.

Cabe señalar que, en consideración con la escasez hídrica de la Región, se privilegiará la aplicación de supresor de polvo como abatimiento por sobre las actividades de humectación, siempre y cuando no se infrinjan normativas vigentes al respecto. Además, solo se podrá considerar abatimiento en caminos no pavimentados al interior del sitio del proyecto, y en caso de hacerlo, deberá presentar un Programa de Aplicación y Seguimiento, que contemple reportar los medios de verificación de su ejecución a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) a través del Sistema de Seguimiento Ambiental, al cual se accede a mediante la página web <http://www.sma.gob.cl>, según lo establecido en la Resolución Exenta N°223, de 2015, de la SMA. Este deberá contener objetivos, acciones, frecuencia de aplicación, responsable,

<sup>2</sup> (EPA, 2006), ec. 1b.

<sup>3</sup> Este factor se calculó con información de las precipitaciones del año 2019 de la estación ubicada en Quinta Normal, de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC).

ficha de registro, medios de verificación, indicadores, entre otros contenidos especificados en los artículos 14 y siguientes de la citada resolución.

## 4.2 TRÁNSITO DE VEHÍCULOS POR VÍAS PAVIMENTADAS

Corresponde a la resuspensión de las partículas presentes en los caminos pavimentados, debido al paso de vehículos. La carga superficial es alimentada por diversas fuentes, como por ejemplo: derrame de material, arrastre de partículas desde caminos no pavimentados, erosión del viento, degradación del pavimento, etc. A continuación, en la Tabla 4.3 se presenta el factor de emisión correspondiente a esta actividad.

**TABLA 4.3. FACTOR DE EMISIÓN PARA EL TRÁNSITO DE VEHÍCULOS POR CAMINOS PAVIMENTADOS**

Fórmula <sup>4</sup>	Unidad	Parámetros
$fe = k \times (sL)^{0,91} (W \times 1,1023)^{1,02}$	[g/km]	<p>k MP10: 0,62 g/km. k MP2,5: 0,15 g/km.</p> <p>sL: carga superficial de finos [g/m<sup>2</sup>]. Valores por defecto<sup>5</sup>: 2,4 – para vías con flujo inferior a 500 vehículos día. 0,7 – para vías con flujo entre 500 y 10.000 vehículos día. 0,3 – para vías con flujo superior a 10.000 vehículos día.</p> <p>W: peso promedio en toneladas de los vehículos que transitan por las vías. Por defecto se puede usar un valor de 8 [t].</p>

Para considerar el efecto de las lluvias, se puede aplicar un factor<sup>6</sup> de 0,988, obtenido mediante la Ec. 3, que corresponde a su vez a la ecuación (2) presentada en (EPA, 2011).

$$\text{Factor de corrección por lluvia camino pavimentado} = 1 - \frac{P}{4 \times 365} \quad \text{EC. 3}$$

Donde P corresponde al número de días en el año con precipitaciones superiores a 0,254 [mm].

El **nivel de actividad** equivale a la suma de los kilómetros recorridos por los vehículos del proyecto, en las vías de cada rango de flujo vehicular. De esta manera, se deben calcular las emisiones por rango de flujo de forma separada, puesto que tienen distintos factores de emisión. Para lo anterior, se debe presentar una tabla con cada ruta, separada por tramos según sus flujos. Como ejemplo de formato, se presenta la Tabla 4.4. Por último, al igual que para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados, para justificar los kilómetros de cada trayecto estos se deben incluir en un mapa formato KMZ, procurando que concuerden los nombres de los caminos tanto en el informe como en el archivo KMZ.

<sup>4</sup> (EPA, 2011), ec. 1.

<sup>5</sup> (SEREMI MA RM, 2012).

<sup>6</sup> Este factor se calculó con información de las precipitaciones del 2019 de la estación ubicada en Quinta Normal de la DMC.

**TABLA 4.4. EJEMPLO DE TABLA DE RUTAS**

Ruta	Tramo de ruta	Kilómetros	Flujo
<b>Ruta 1</b>	Calle a – Calle b	(kilómetros del tramo)	(A, B o C)
<b>Ruta 1</b>	Calle b – Calle c	...	...
...	...	...	...
<b>Ruta n</b>	...	...	...

Dónde:

- Flujo A: inferior a 500 [veh/día].
- Flujo B: entre 500 y 10.000 [veh/día].
- Flujo C: superior a 10.000 [veh/día].

### 4.3 CÁLCULO DEL NÚMERO DE VIAJES

Tanto para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados como pavimentados, el **número de viajes** para el traslado de un determinado material, se obtiene de la siguiente manera:

- En primer lugar, se divide el volumen de material a transportar, por la capacidad en metros cúbicos del camión que lo transporta, luego, este resultado se debe redondear al entero superior.
- De forma paralela, se dividen las toneladas de material a transportar, por la capacidad en toneladas del camión que lo transporta, y al igual que en el caso anterior, este resultado se redondea al entero superior.
- Finalmente, el número de viajes de ida corresponde al máximo entre los dos resultados obtenidos anteriormente, puesto que de esta manera se asegura que no se sobrepase la capacidad de los vehículos, tanto en volumen como en peso. Para obtener los viajes de ida y vuelta, se debe multiplicar el valor obtenido por dos.

Cabe señalar, que para el cálculo del número de viajes de tierra y escombros se debe considerar un esponjamiento del 20% y 40%, respectivamente, acorde a lo señalado en la Tabla 2 de (INN Chile, 2000).

Para presentar la información de forma ordenada, por un lado, se deben reportar en una tabla todos los vehículos que se utilizarán en el proyecto, indicando tara (peso de un vehículo sin carga), capacidad volumétrica (en [m<sup>3</sup>]), capacidad másica (en [t]), y peso promedio entre vehículo cargado y descargado (como ejemplo, ver Tabla 4.5). Y por otro, en una segunda tabla, se deben mostrar los distintos materiales a transportar en cada año, más sus volúmenes, densidades, pesos, vehículos que los transportan, ruta utilizada para su transporte, y número de viajes ida y vuelta (como ejemplo, ver Tabla 4.6).

**TABLA 4.5. EJEMPLO DE TABLA DE VEHÍCULOS DEL PROYECTO**

Vehículo	Tara [t]	Capacidad [m <sup>3</sup> ]	Capacidad [t]	Peso Bruto [t]	Peso promedio [t]
<b>Vehículo 1</b>	(Tara vehículo 1 [t])	(Capacidad vehículo 1 [m <sup>3</sup> ])	(Capacidad vehículo 1 [t])	(Tara [t] + Capacidad [t])	(Tara [t] + Capacidad [t])/2
...	...	...	...	...	...
<b>Vehículo n</b>	...	...	...	...	...

**TABLA 4.6. EJEMPLO DE TABLA DE MATERIALES**

Material	Año	Volumen	Densidad	Peso	Vehículo	Ruta	N° de viajes (ida y vuelta)
<b>Material 1</b>	1	(Volumen material 1, año 1)	(Densidad material 1)	(Peso material 1, año 1)	(Vehículo material 1)	(Ruta material 1)	(N° de viajes material 1, año 1)
<b>Material 1</b>	2	(Volumen material 1, año 2)	(Densidad material 1)	(Peso material 1, año 2)	(Vehículo material 1)	(Ruta material 1)	(N° de viajes material 1, año 2)
...	...	...	...	...	...	...	...
<b>Material n</b>	...	...	...	...	...	...	...

## BIBLIOGRAFÍA

**EPA** Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42, 5th Edition, Ch.13.2.1 Paved Roads. - 2011.

**EPA** Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP 42, 5th Edition, Ch.13.2.2 Unpaved Roads. - 2006.

**INN Chile** NCh 353.Of2000 "Construcción - Cubicación de obras de edificación - Requisitos". - 2000.

**SEREMI MA RM** Guía para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Proyectos Inmobiliarios para la Región Metropolitana. - 2012.