



Curso de Especialización en Control de Polvo y Derrames

Clase 01: Introducción, Material
Particulado y Marco Regulatorio



Introducción



El control del polvo en el ambiente minero es uno de los desafíos más persistentes y críticos que enfrenta la industria minera hoy en día.



Este problema no solo afecta la salud de los trabajadores y las comunidades cercanas, sino que también tiene consecuencias ambientales y económicas significativas.

Es importante destacar que los sistemas actualmente empleados en la minería suelen tener una eficiencia muy baja para el control local (en el sitio específico) y carecen de efectividad en el control global (a nivel de toda la zona afectada).



La persistencia en aplicar los mismos sistemas tradicionales en minería para el control de polvo, a pesar de su fracaso, no nos llevará a disminuir el polvo fugitivo y, menos aún, el PM10.



Objetivo

Este curso tiene como objetivo proporcionar herramientas fundamentales para el desarrollo de soluciones reales y sostenibles a nivel de especialización en el tema, que permitan controlar de manera eficiente el material particulado y los derrames, tanto en plantas existentes como en proyectos en desarrollo.

Alcance

Este curso de especialización está dirigido a estudiantes, técnicos, ingenieros en los siguientes sectores:

Mantenibilidad y confiabilidad

Operación de plantas

Diseño sistemas de control de polvo

Higiene y seguridad ocupacional

Medio Ambiente

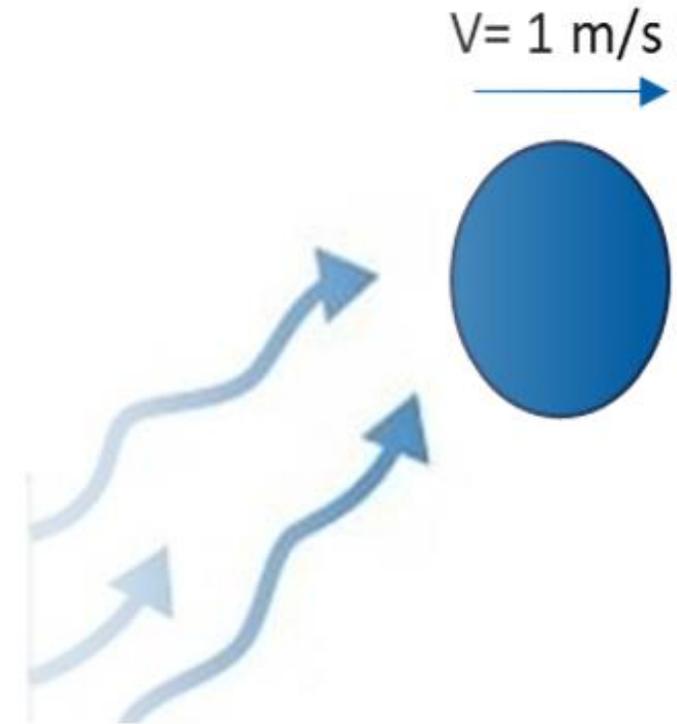
Protección de incendios



Definiciones de Particulado

Polvo o material particulado (MPS o TPS) es la dispersión de partículas sólidas en el ambiente. inferiores a 100 micrones, que se logran mantener en suspensión con una velocidad aproximada de 4 km/h (1 m/s). puede decantar a pocos metros de la fuente emisora o a varios kilómetros.

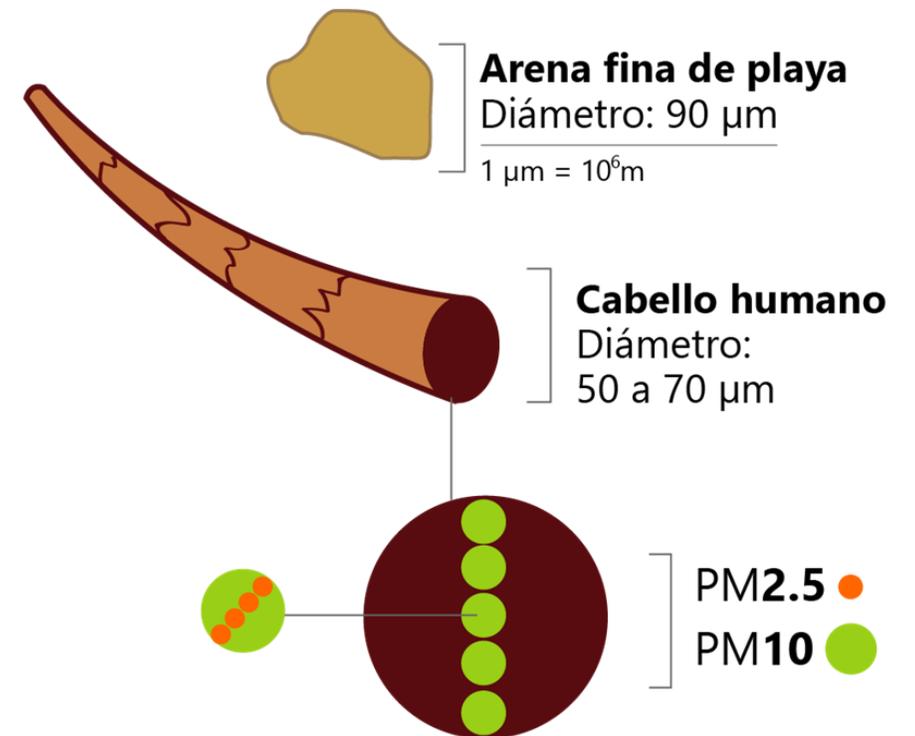
Polvo visible es el mayor a 40 micrones. Como referencia el cabello humano tiene un espesor aproximado de 70 micrones.



Definiciones de Particulado

Polvo o material particulado (MPS o TPS) es la dispersión de partículas sólidas en el ambiente. inferiores a 100 micrones, que se logran mantener en suspensión con una velocidad aproximada de 4 km/h (1 m/s). puede decantar a pocos metros de la fuente emisora o a varios kilómetros.

Polvo visible es el mayor a 40 micrones. Como referencia el cabello humano tiene un espesor aproximado de 70 micrones.



PM10 (inhalable) es el particulado que ingresa por la fosa nasal y queda en el tórax. VL=MP10: 0,03 m/s (0,108 km/h)

PM5 (respirable) es la fracción peligrosa para la salud, no sedimenta y permanece más en el aire y puede penetrar al pulmón. VL=0,007 m/s (0,025 km/h)

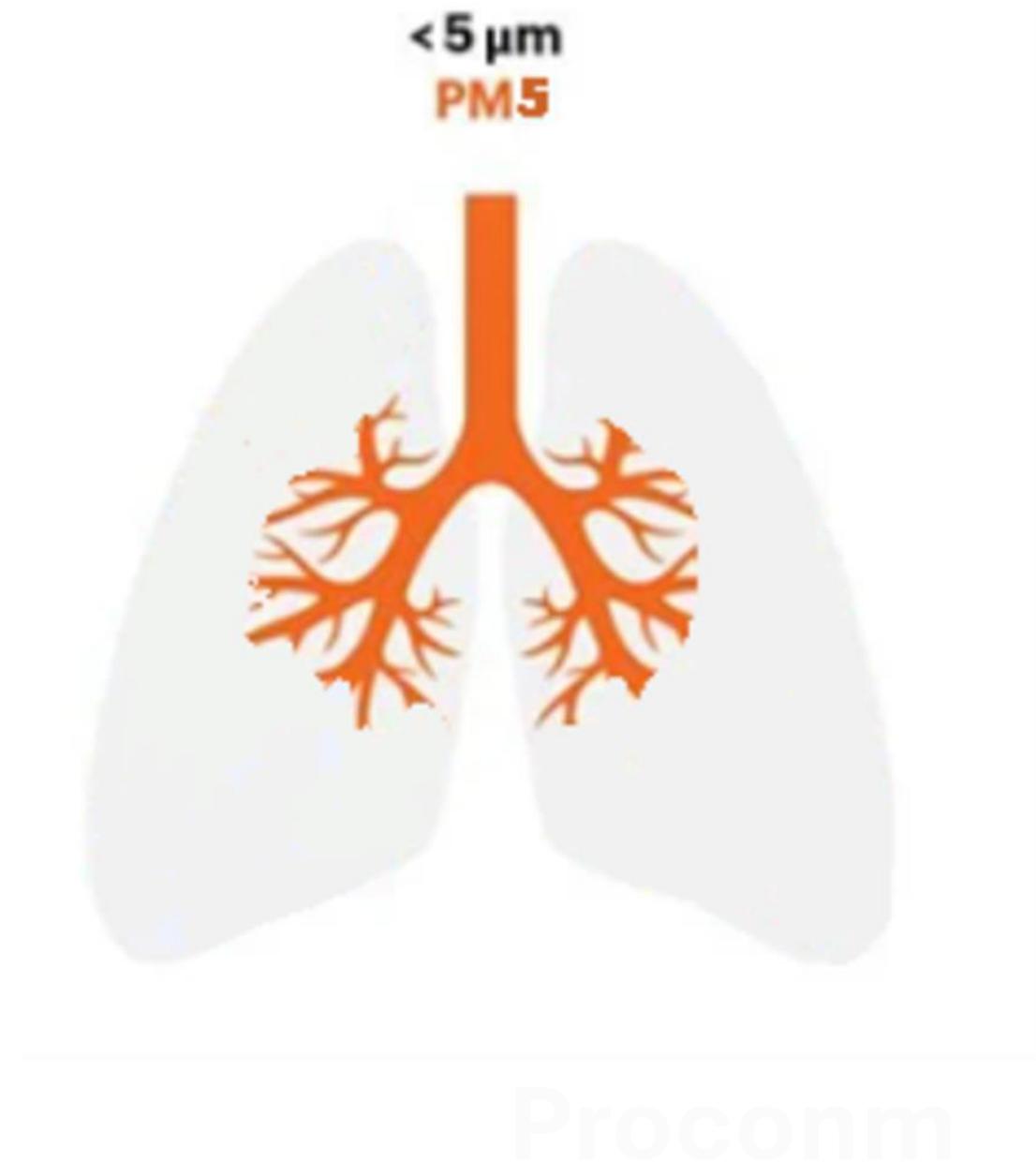
PM2.5 (fino respirable) es el particulado más peligroso para la salud ya que puede penetrar los conductos de menor diámetro en los pulmones, los alveolos. VL=0,002 m/s (0,007 km/h)



PM5 (respirable) es la fracción peligrosa para la salud, no sedimenta y permanece más en el aire y puede penetrar al pulmón. VL=0,007 m/s (0,025 km/h)

PM2.5 (fino respirable) es el particulado más peligroso para la salud ya que puede penetrar los conductos de menor diámetro en los pulmones, los alveolos. VL=0,002 m/s (0,007 km/h)

Polvo silicógeno es el que tiene un 1% o más de sílice libre cristalizada en la fracción respirable MP5



PM5 (respirable) es la fracción peligrosa para la salud, no sedimenta y permanece más en el aire y puede penetrar al pulmón. $V_L=0,007$ m/s (0,025 km/h)

PM2.5 (fino respirable) es el particulado más peligroso para la salud ya que puede penetrar los conductos de menor diámetro en los pulmones, los alveolos. $V_L=0,002$ m/s (0,007 km/h)

Polvo silicógeno es el que tiene un 1% o más de sílice libre cristalizada en la fracción respirable MP5



PM5 (respirable) es la fracción peligrosa para la salud, no sedimenta y permanece más en el aire y puede penetrar al pulmón. $VL=0,007$ m/s (0,025 km/h)

PM2.5 (fino respirable) es el particulado más peligroso para la salud ya que puede penetrar los conductos de menor diámetro en los pulmones, los alveolos. $VL=0,002$ m/s (0,007 km/h)

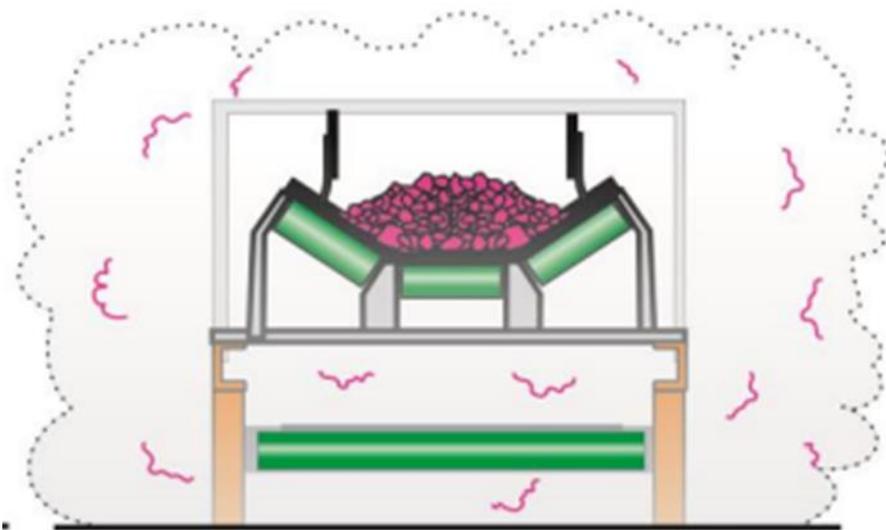
Polvo silicógeno es el que tiene un 1% o más de sílice libre cristalizada en la fracción respirable MP5



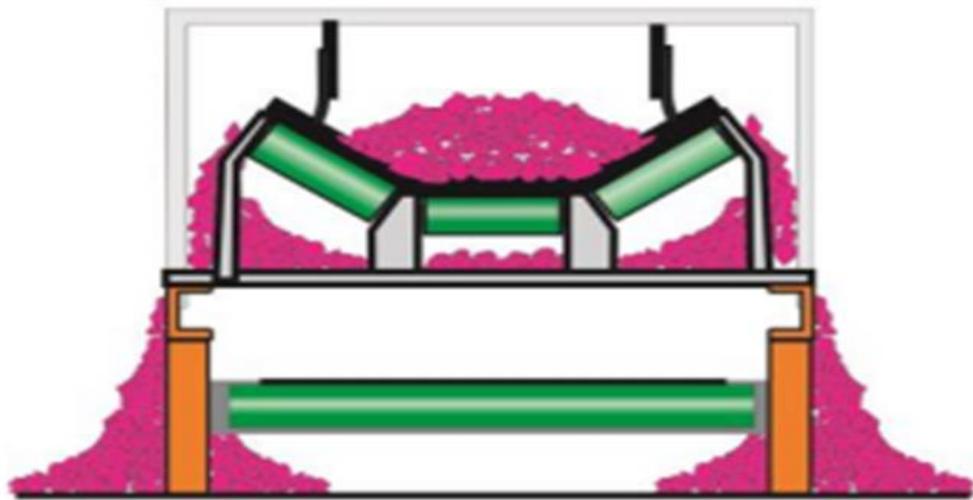
Photos by NIOSH



Polvo fugitivo: es el material particulado no controlado que escapa al ambiente desde una fuente generadora o del confinamiento poco eficiente o inexistente.



Airborne dust



Spillage

Derrames: es el material no controlado (polvo o colpas) que escapa a zona aledaña, al piso o queda adherido a componentes. El barro adherido es una eterna fuente emisora de aire contaminado

Definiciones de Velocidad Límite o Terminal

Velocidad terminal o límite es la velocidad máxima que alcanza un cuerpo moviéndose en el aire bajo la acción de la gravedad. Es decir, cuando la aceleración es cero o la resistencia del aire o arrastre iguala a la gravedad.

La velocidad límite para flujo laminar se puede obtener con la ecuación o ley de Stokes o en laboratorio. Y para flujo turbulento con la ecuación para la fuerza de arrastre de Rayleigh.



Definiciones de Velocidad Límite o Terminal

Velocidad terminal o límite es la velocidad máxima que alcanza un cuerpo moviéndose en el aire bajo la acción de la gravedad. Es decir, cuando la aceleración es cero o la resistencia del aire o arrastre iguala a la gravedad.

La velocidad límite para flujo laminar se puede obtener con la ecuación o ley de Stokes o en laboratorio. Y para flujo turbulento con la ecuación para la fuerza de arrastre de Rayleigh.

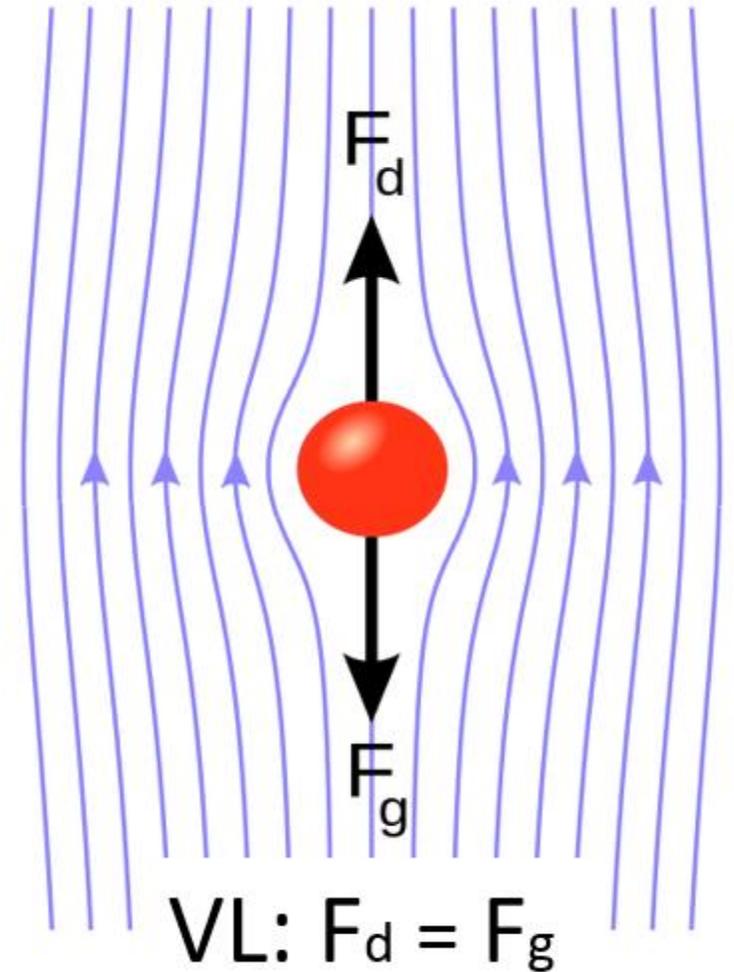
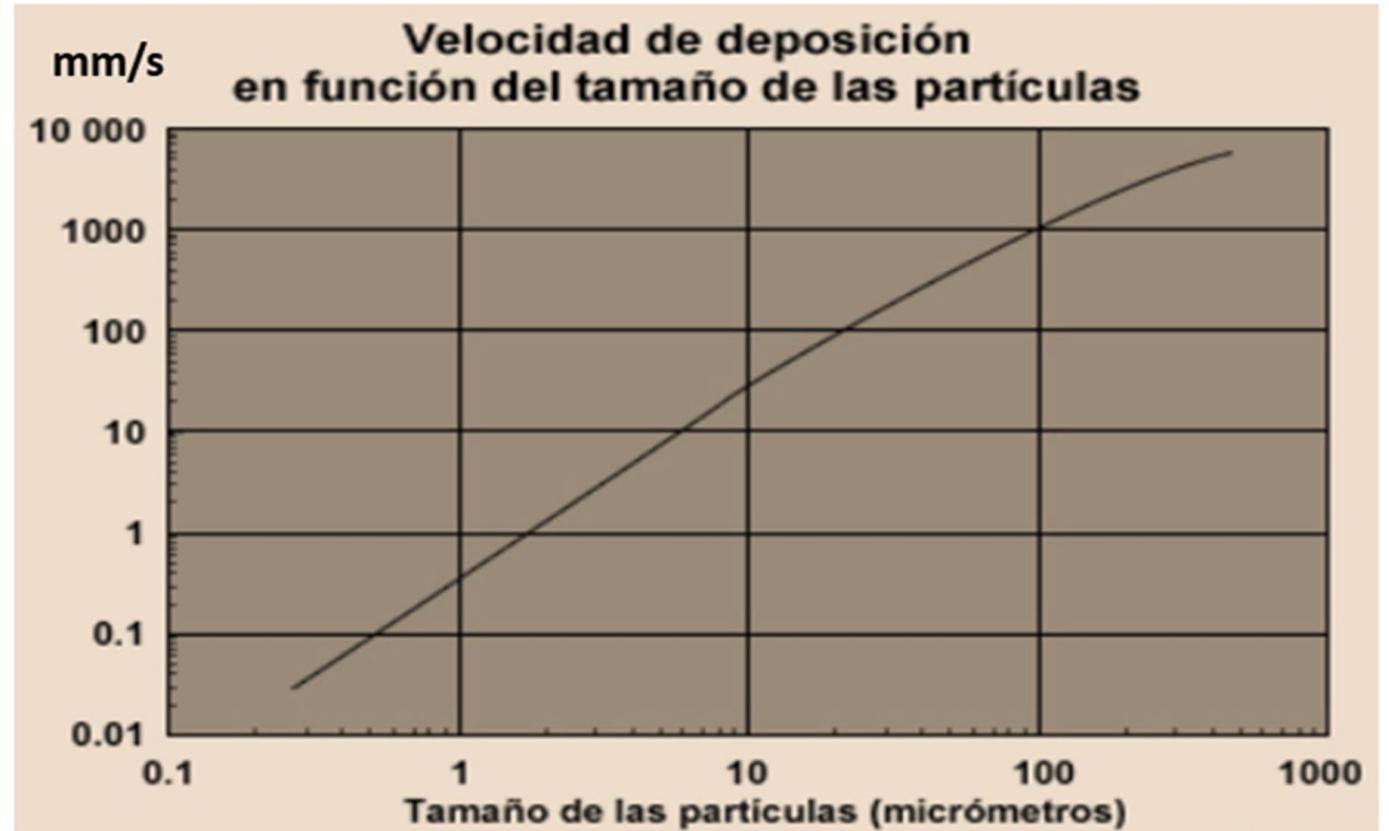


Diagrama COMET - Zender

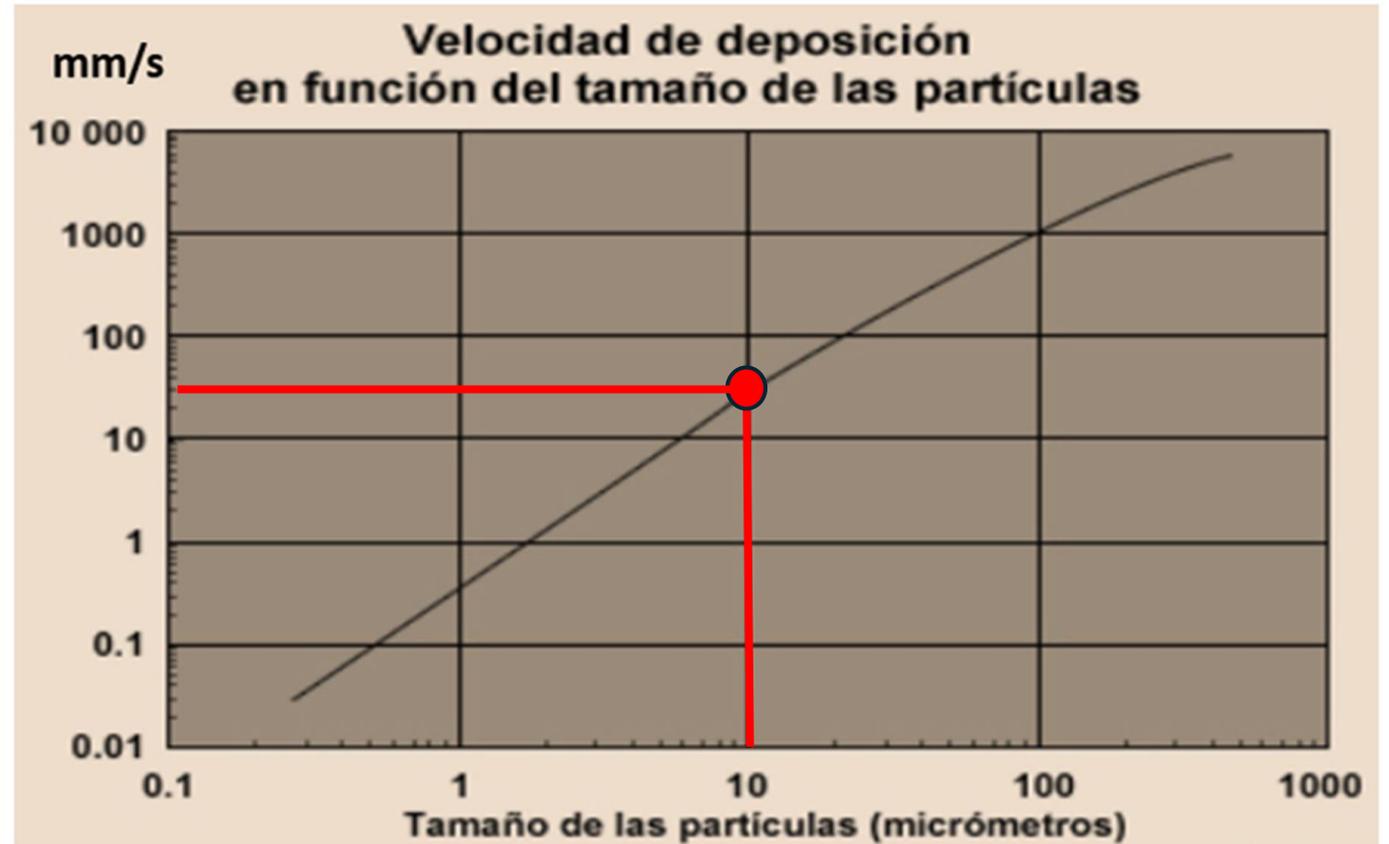
- El programa COMET [1] es una organización dedicada a la educación y capacitación en USA, que construyó este diagrama de velocidad límite en función del tamaño de partícula, a partir del modelo predictivo desarrollado por Zender [2] para el clima. Es decir, que considera huracanes, aire muy turbulento.



Fuente: El Polvo Atmosférico, COMET Programa de USA

Diagrama COMET - Zender

- Este diagrama se recomienda para obtener la velocidad límite de los diferentes tamaños de partícula. Por ejemplo, el PM10 requiere una velocidad mínima de 30 mm/s (0,1 km/h) para no caer. Por tal motivo, es considerado no sedimentable



Fuente: El Polvo Atmosférico, COMET Programa de USA

Marco Regulatorio

Chile

- PTS o polvo total no clasificado: Decreto 594 [3]
-
- PM10: Decreto 12 [4]
-
- PM5: Decreto 594 [3]
-
- PM2.5: Decreto 12 [5]
-
- Sílice libre cristalizada: Decreto 594 [3]

USA

- PM10 y PM2.5: 40 CFR [6]
- Crystalline free silica: 29 CFR [7]

Referencias

1] El Polvo Atmosférico. Publicado por COMET, Cooperative Program for Operational Meteorology, Education and Training de USA.

[2] Mineral Dust Entrainment and Deposition (DEAD) Model: Description and 1990s Dust Climatology. Publicado el 2003 en el Journal of Geophysical Research por: Charles S. Zender, Huisheng Bian, and David Newman

[3] Decreto 594. Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo. Decreto publicado por MINSAL. Última versión abril del 2000

Decreto 594. Condiciones Sanitarias y Ambientales en los Lugares de Trabajo

[4] Decreto 12. Establece Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Respirable MP10. Decreto publicado por MINSAL en junio del 2022.

Ley Chile - Decreto 12 04-JUN-2022 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

[5] Decreto 12. Establece Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Respirable Fino MP2,5. Decreto publicado por MINSAL en mayo del 2011.

Ley Chile - Decreto 12 09-MAY-2011 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

[6] 40 CFR Part 50, Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter. Environmental Protection Agency (EPA), USA

[2020-27125.pdf \(govinfo.gov\)](#)

[7] 29 CFR 1910.1053, Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica, Occupational Safety and Health Administration (OSHA). USA

<https://www.osha.gov/silica-crystalline/general-industry-info>



¡Término de la
Clase 01!

