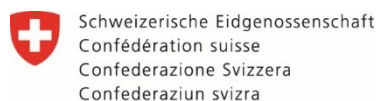


Herramientas para el cálculo de emisiones y análisis costo-beneficio de estrategias de reducción en vehículos y maquinaria



Embajada de Suiza en el Perú

Hub Regional Lima COSUDE



CALAC+ es un programa de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) y es ejecutado por Swisscontact.



Objetivo general

Promover los motores sin hollín y con bajas emisiones de carbono en los sistemas de transporte público y en las máquinas móviles no de carretera.



Transporte urbano
más limpio



Incubadora de políticas
para maquinaria móvil
no de carretera



Cooperación
regional y global

Ciudades donde interviene el proyecto

Ciudad de México



www.ciudadmexico.com.mx/ www.guiamexico.com.mx/

Bogotá



www.transmilenio.gov.co/

Lima



www.metropolitano.com.pe/

Santiago



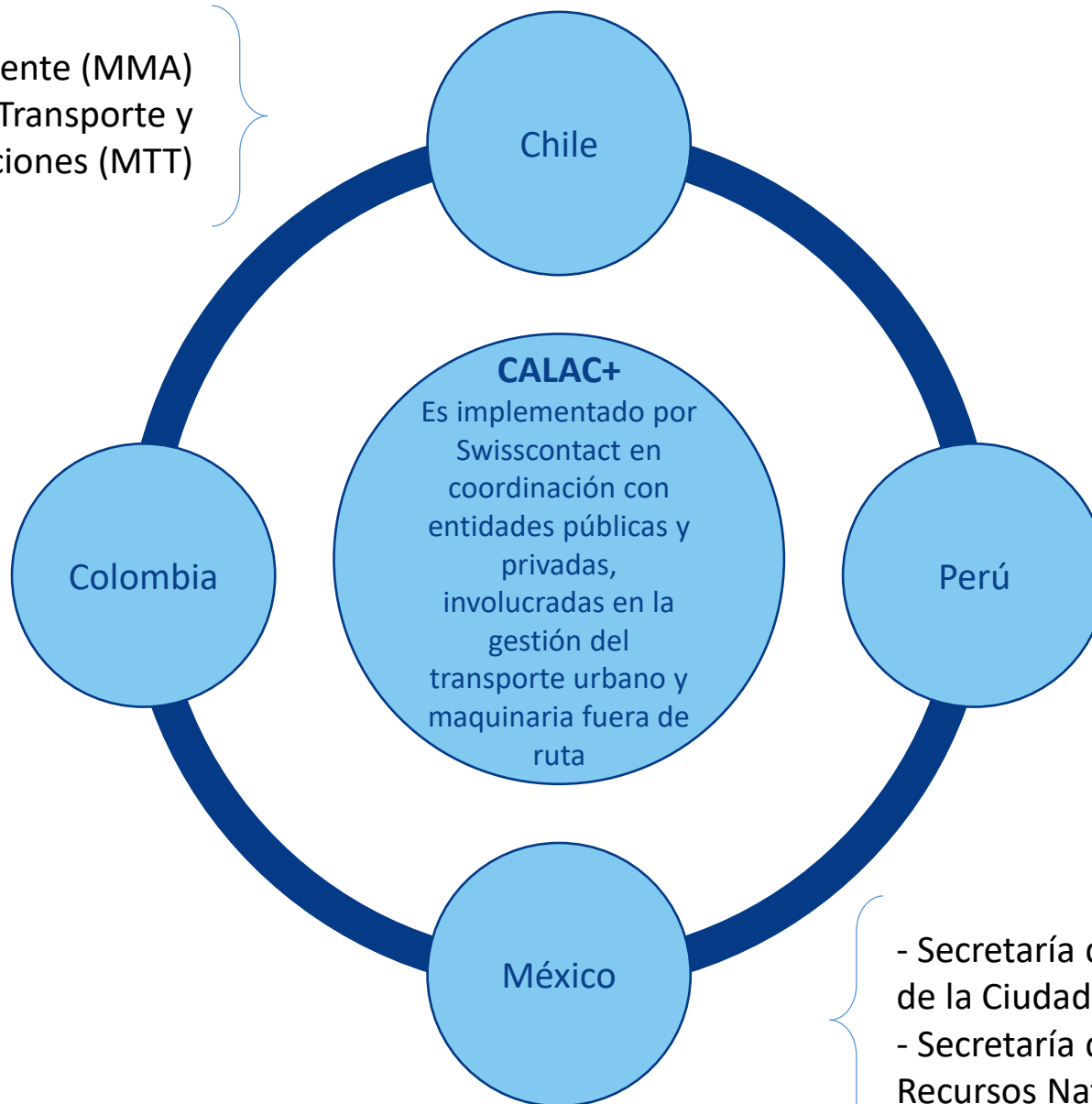
www.transantiago.cl/

www.viarural.cl/

Principales socios

- Ministerio del Medio Ambiente (MMA)
- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT)

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente)
- Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA)



- Ministerio del Ambiente (MINAM)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Herramientas para el cálculo de emisiones y análisis costo-beneficio

CALMAQ 

*Calculadora de
Emisiones de Maquinaria*



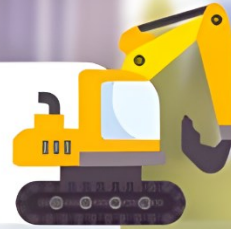
HEBASH 

*Beneficio por cambios
en la calidad del aire.*



HEMAQ 

*Costo-Beneficio de
Escenarios Normativos
para Maquinaria.*

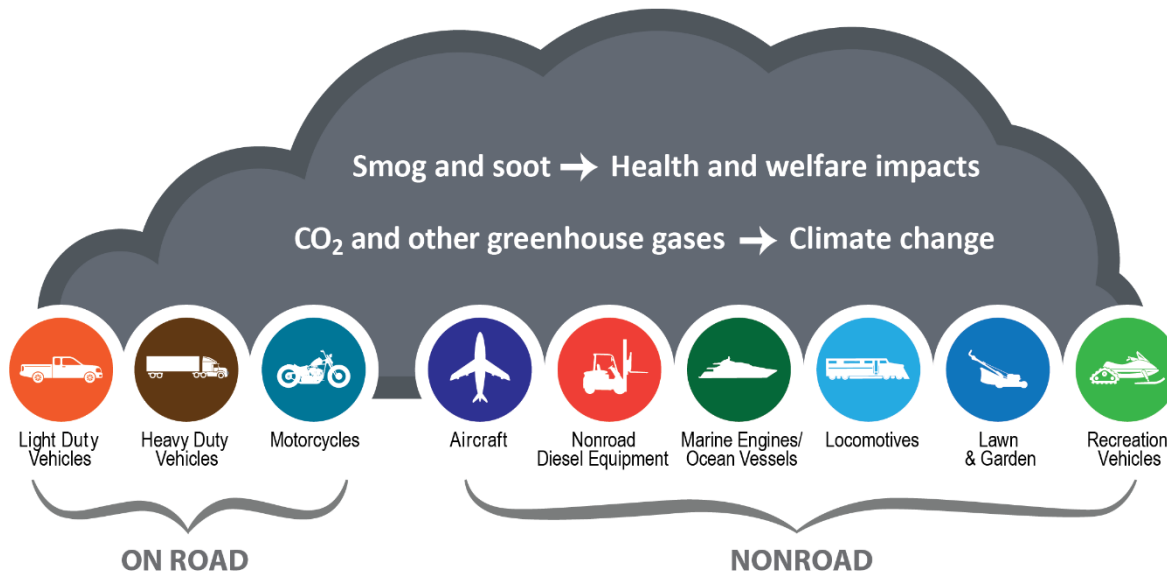


HETRANS 

*Costo-Beneficio de Escenarios
de EURO VI/6, Vehículos
Eléctricos y Etiquetado Vehicular.*



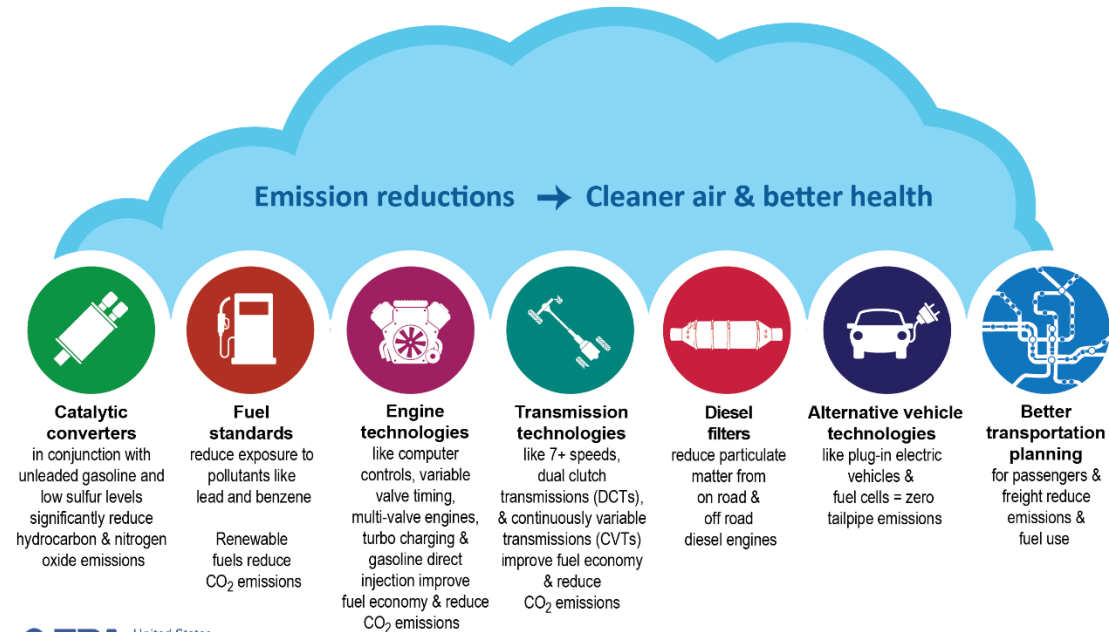
Generalidades – Fuentes móviles



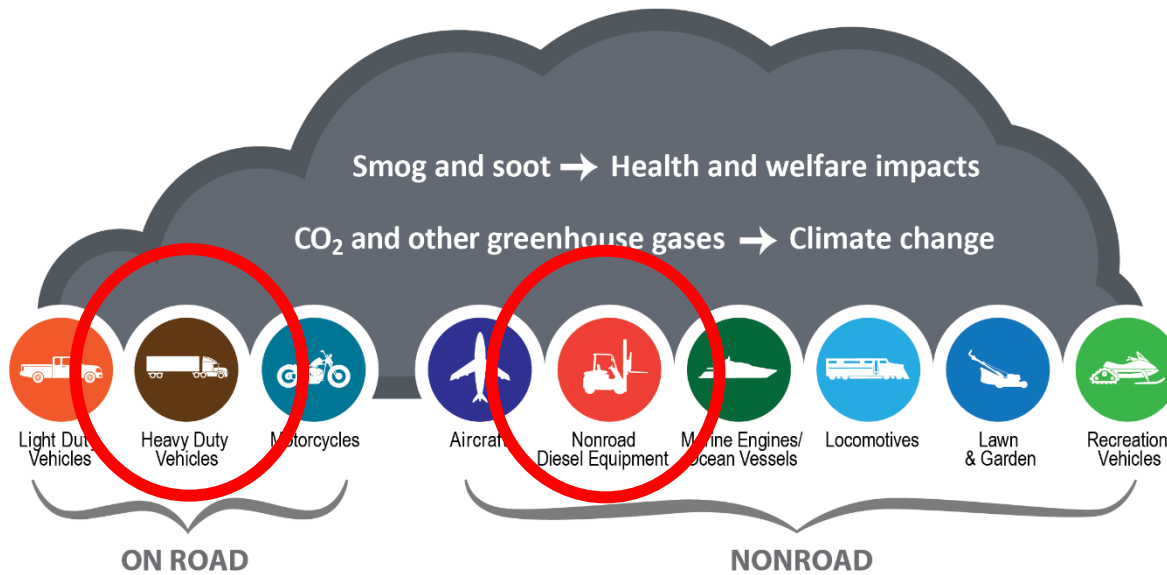
Source:

<https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/overview-air-pollution-transportation>

Solutions for Transportation Air Pollution



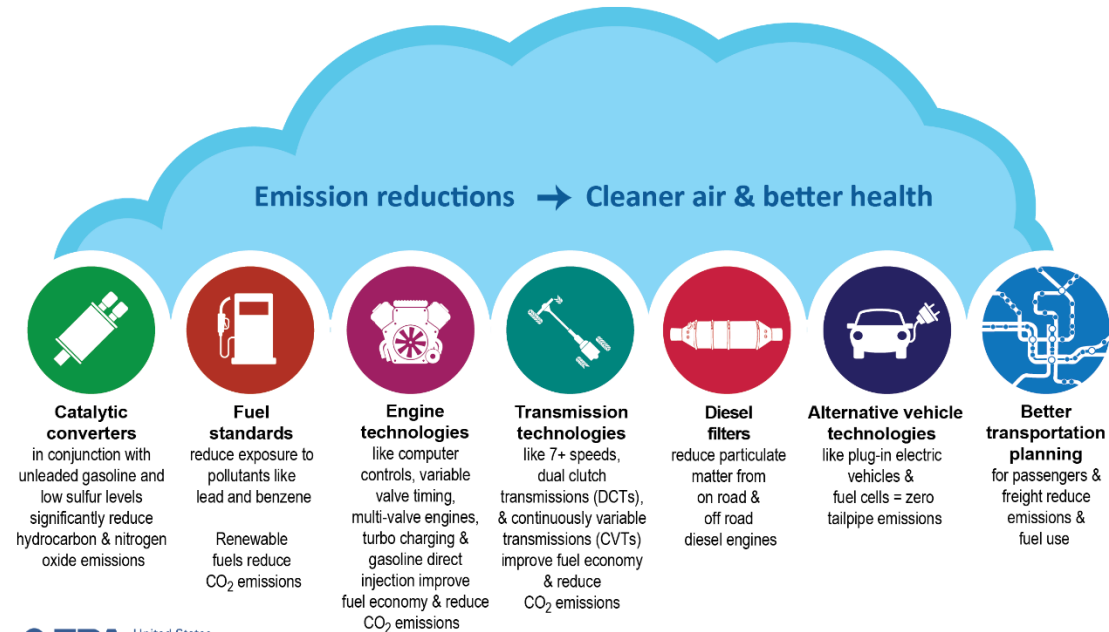
Generalidades – Fuentes móviles



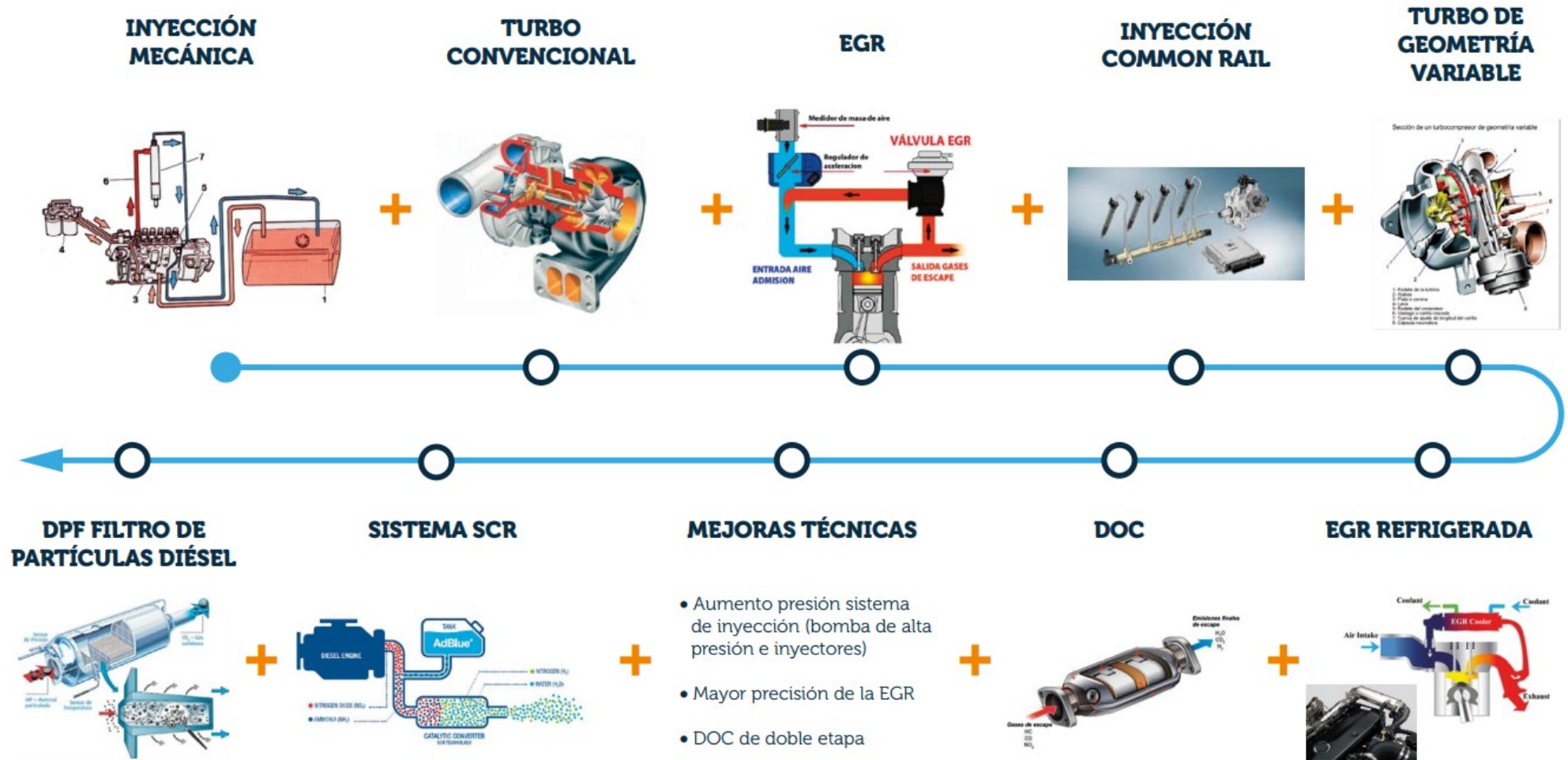
Source:

<https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/overview-air-pollution-transportation>

Solutions for Transportation Air Pollution

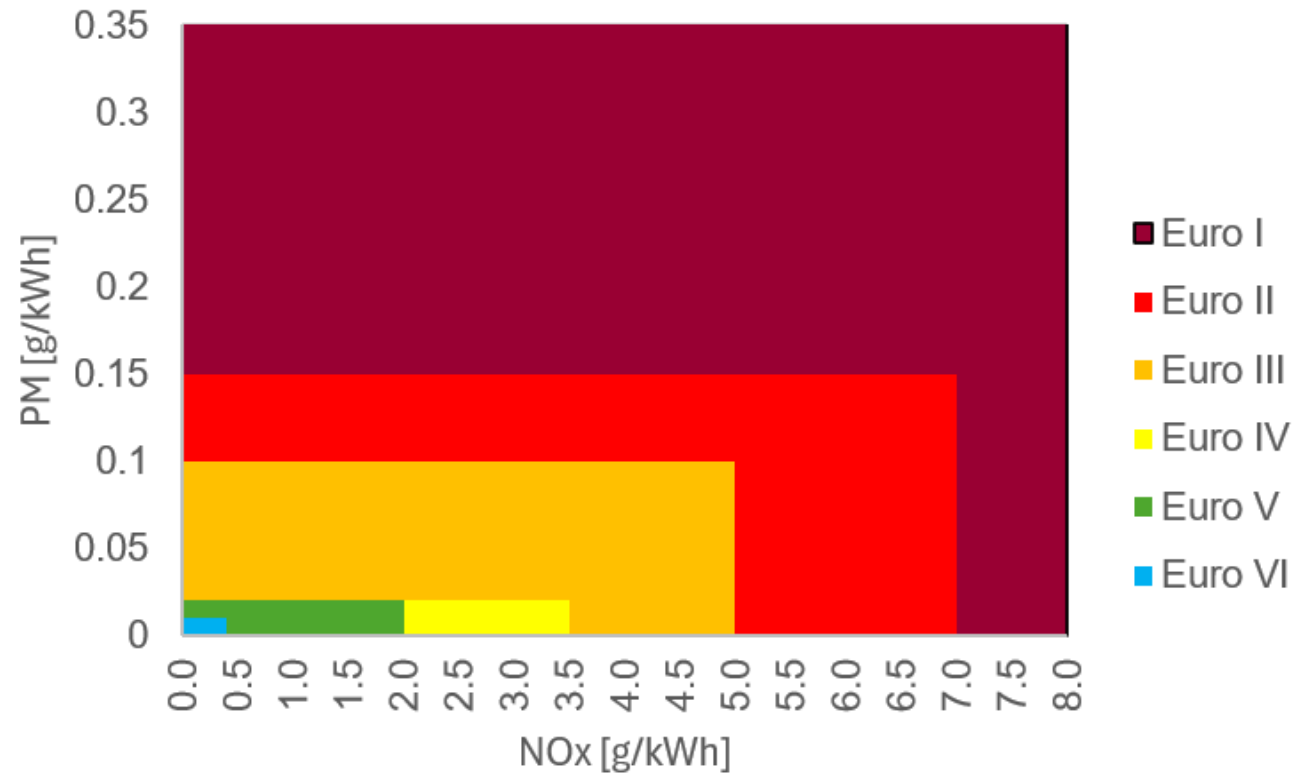


Generalidades – FM de carretera



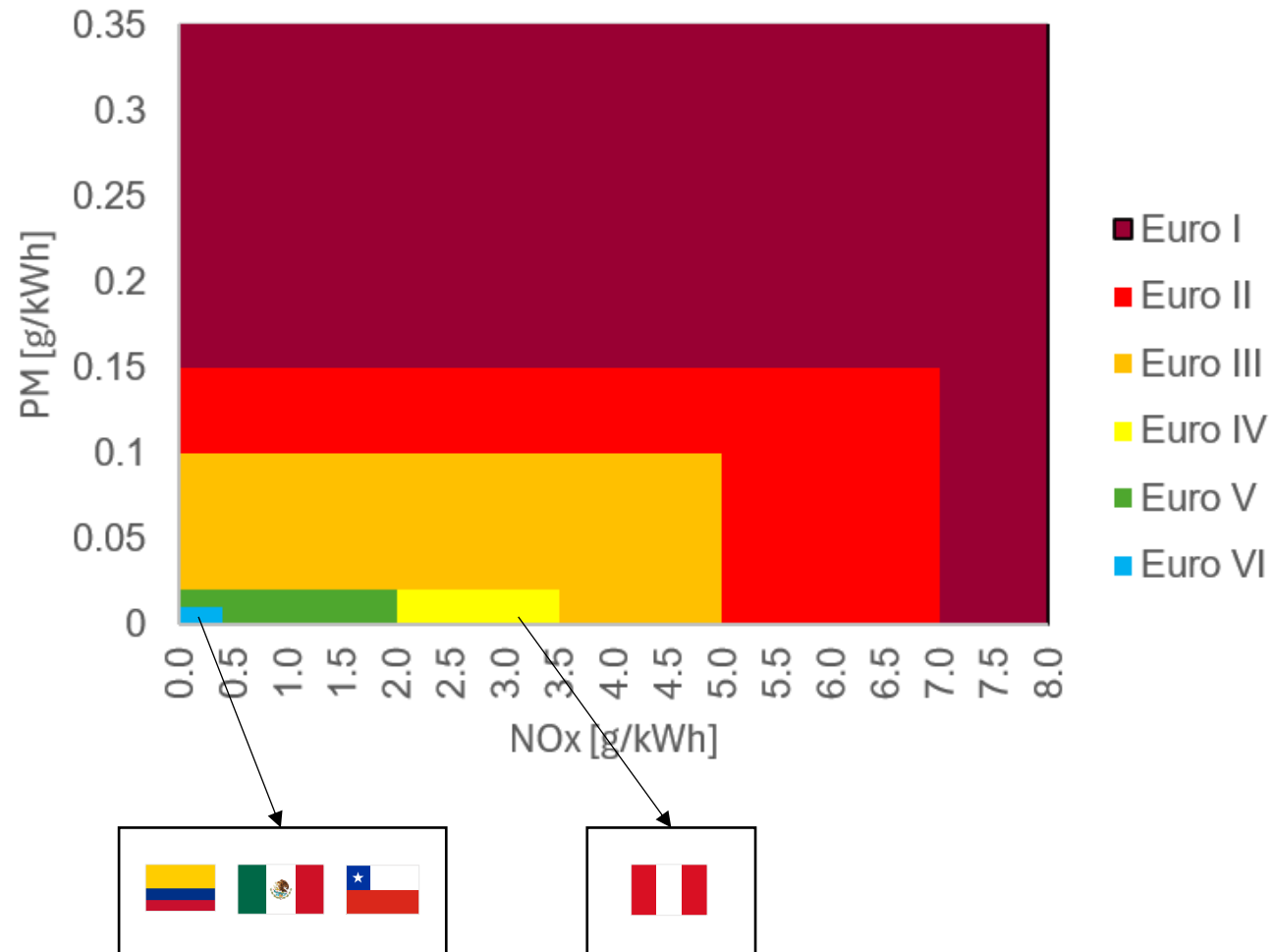
Generalidades – FM de carretera

Evolución en estándares de emisión para vehículos pesados

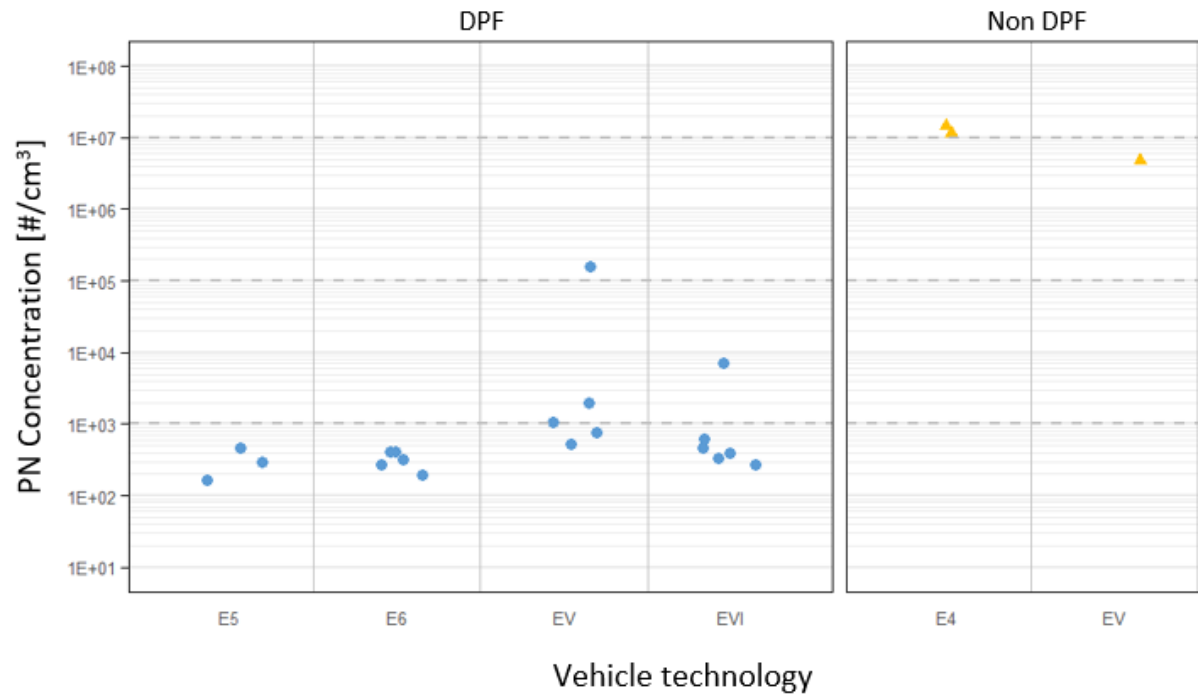


Generalidades – FM de carretera

Evolución en estándares de emisión para vehículos pesados



Generalidades – FM de carretera



Source: CALAC+, 2025



Tubo de escape de vehículo con filtro de partículas



Tubo de escape de vehículo sin filtro de partículas

Generalidades – MMNC



https://en.wikipedia.org/wiki/Non-road_engine#/media/File:Non-road_engines.jpg

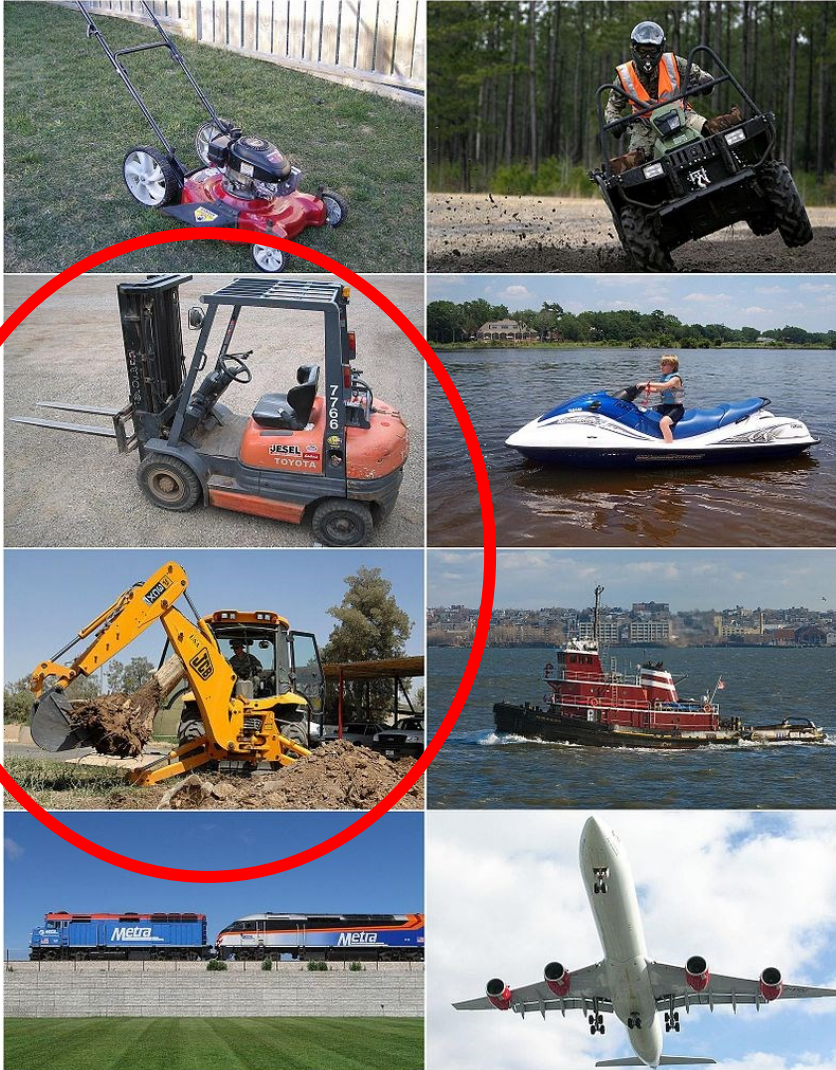


<https://spanish.dieselpowergeneratorset.com/>



<https://elespecial.com/tanques-causan-alarma-en-zimbabue-un-dia-despues-de-amenaza-de-jefe-militar>

Generalidades – MMNC



<https://spanish.dieselpowergeneratorset.com/>



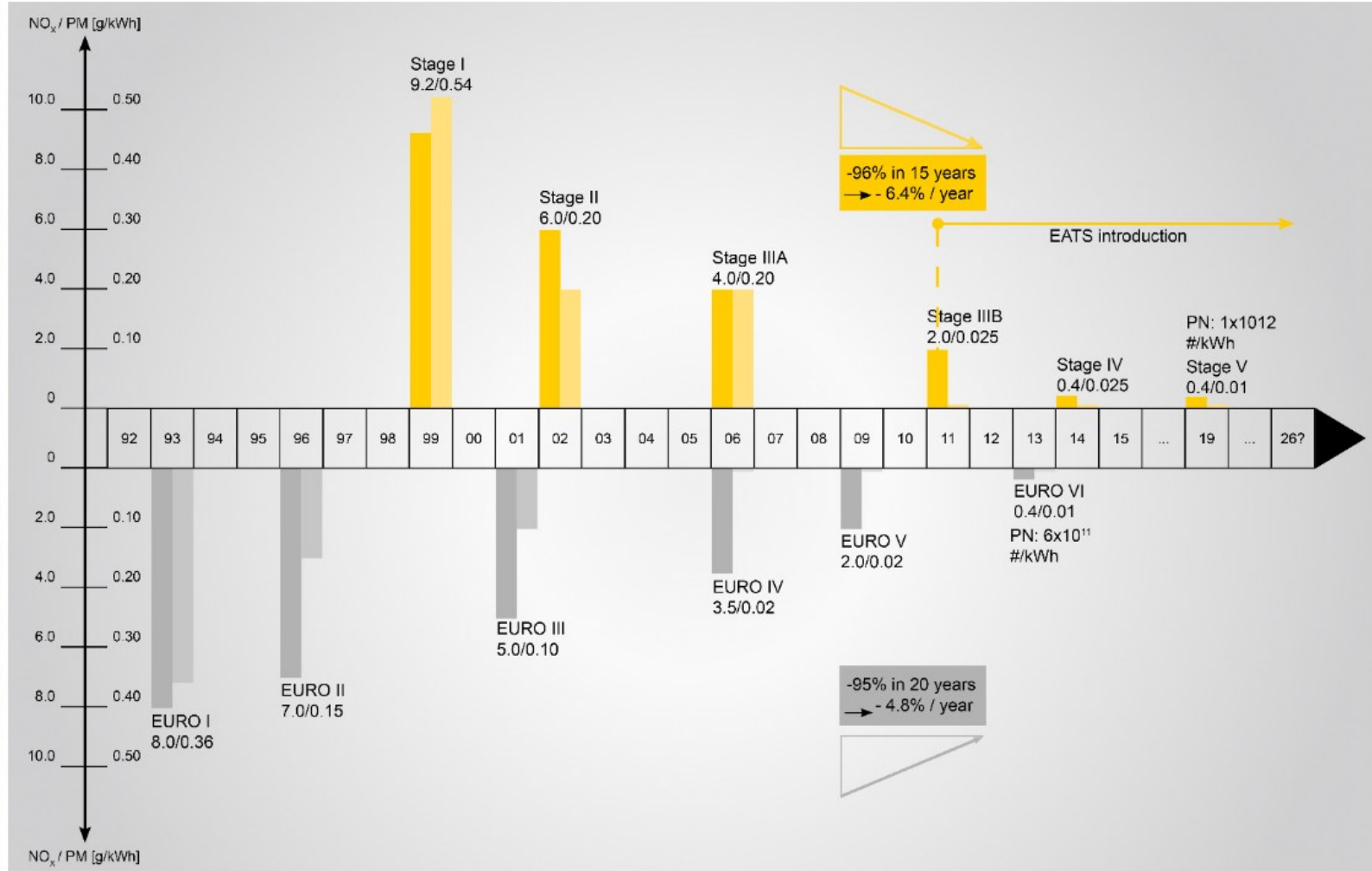
<https://elespecial.com/tanques-causan-alarma-en-zimbabue-un-dia-despues-de-amenaza-de-jefe-militar>

Generalidades – MMNC



130<kW<560

>3.5t

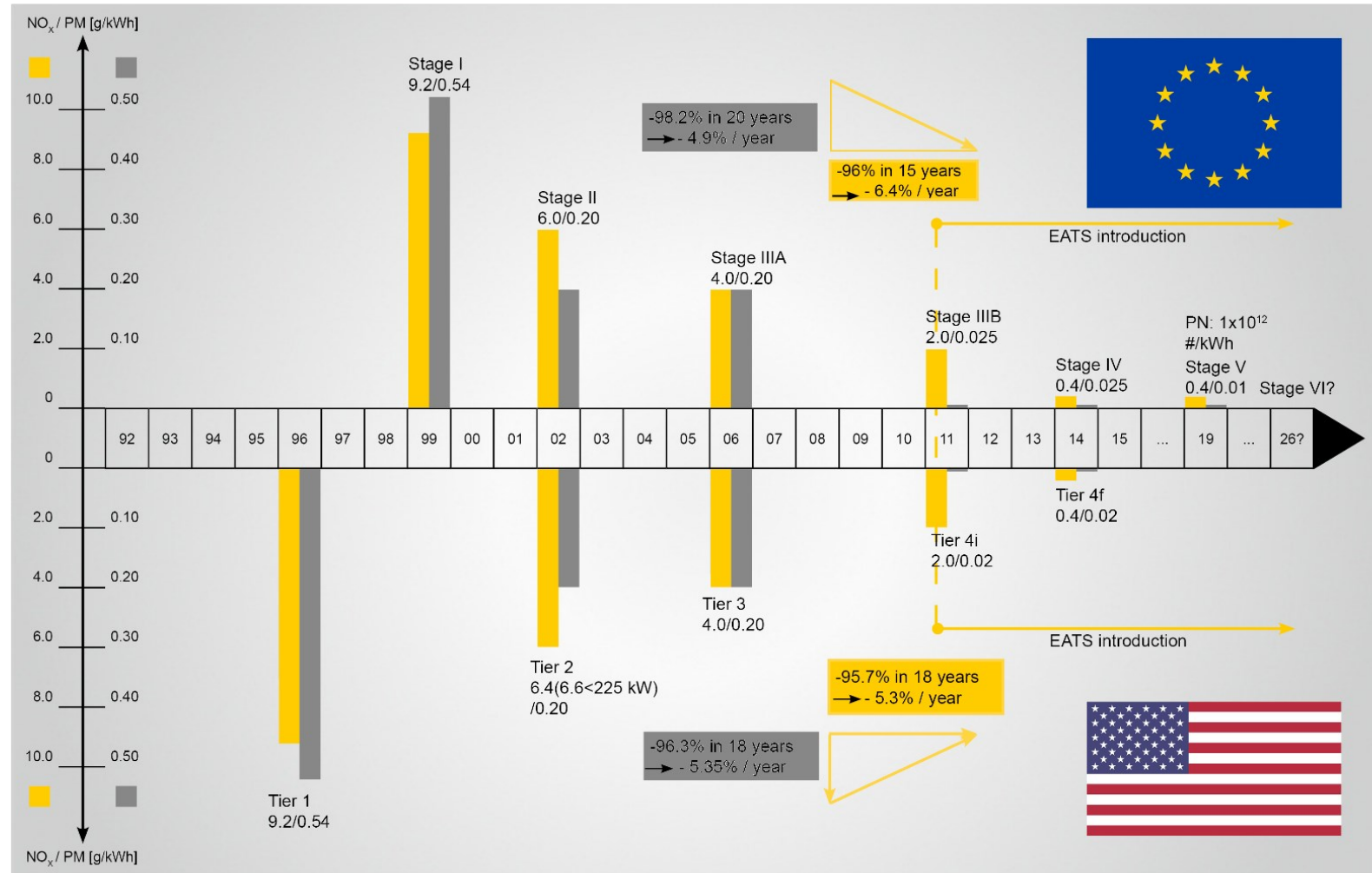


Pictures and graphic, courtesy of LIEBHERR, F. Juassi The term “Off-highway” was changed for “Non-Road” in the original version.

Generalidades – MMNC



130<KW<560

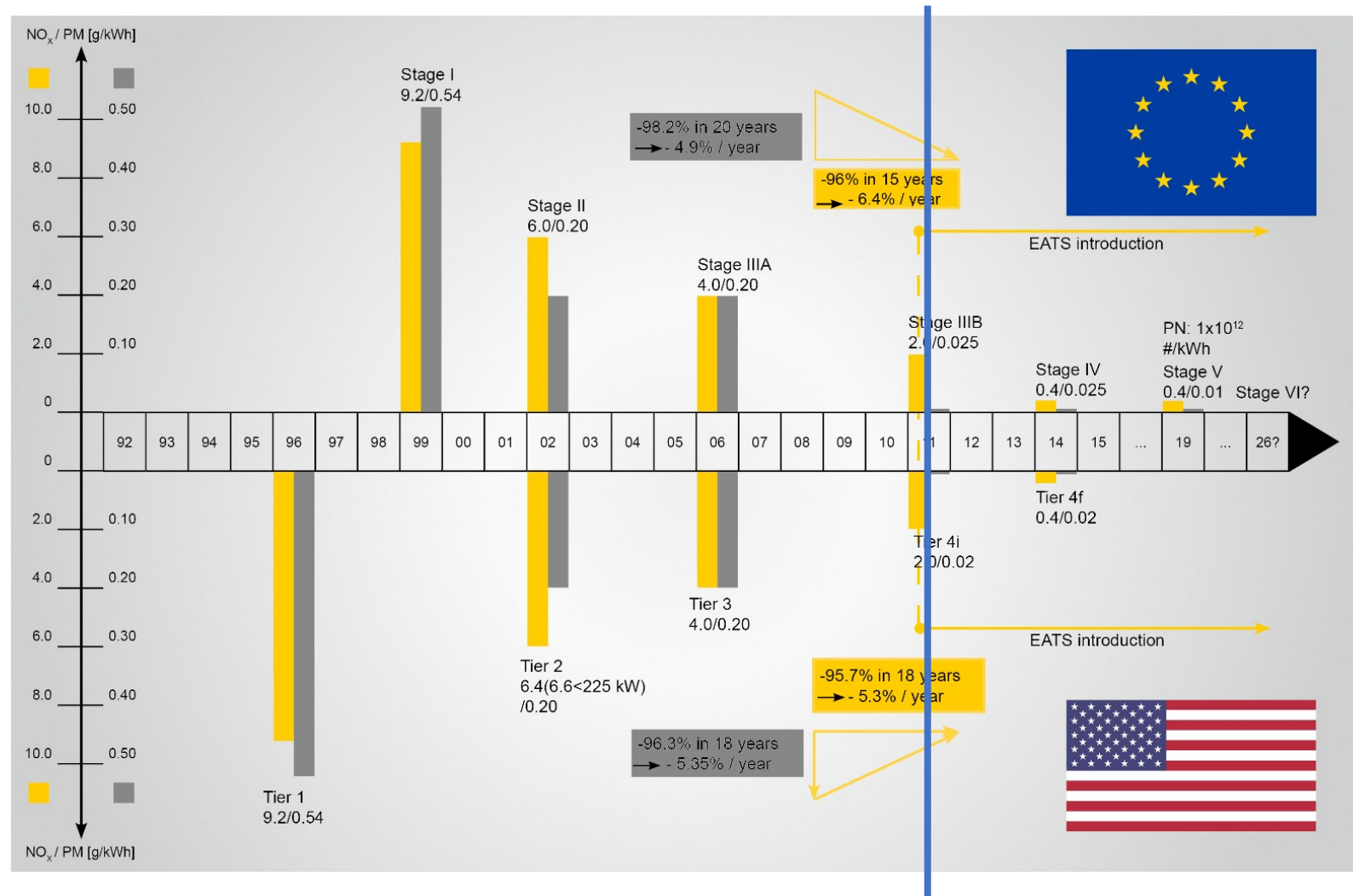


Pictures and graphic, courtesy of LIEBHERR, F. Juassi.

Generalidades – MMNC



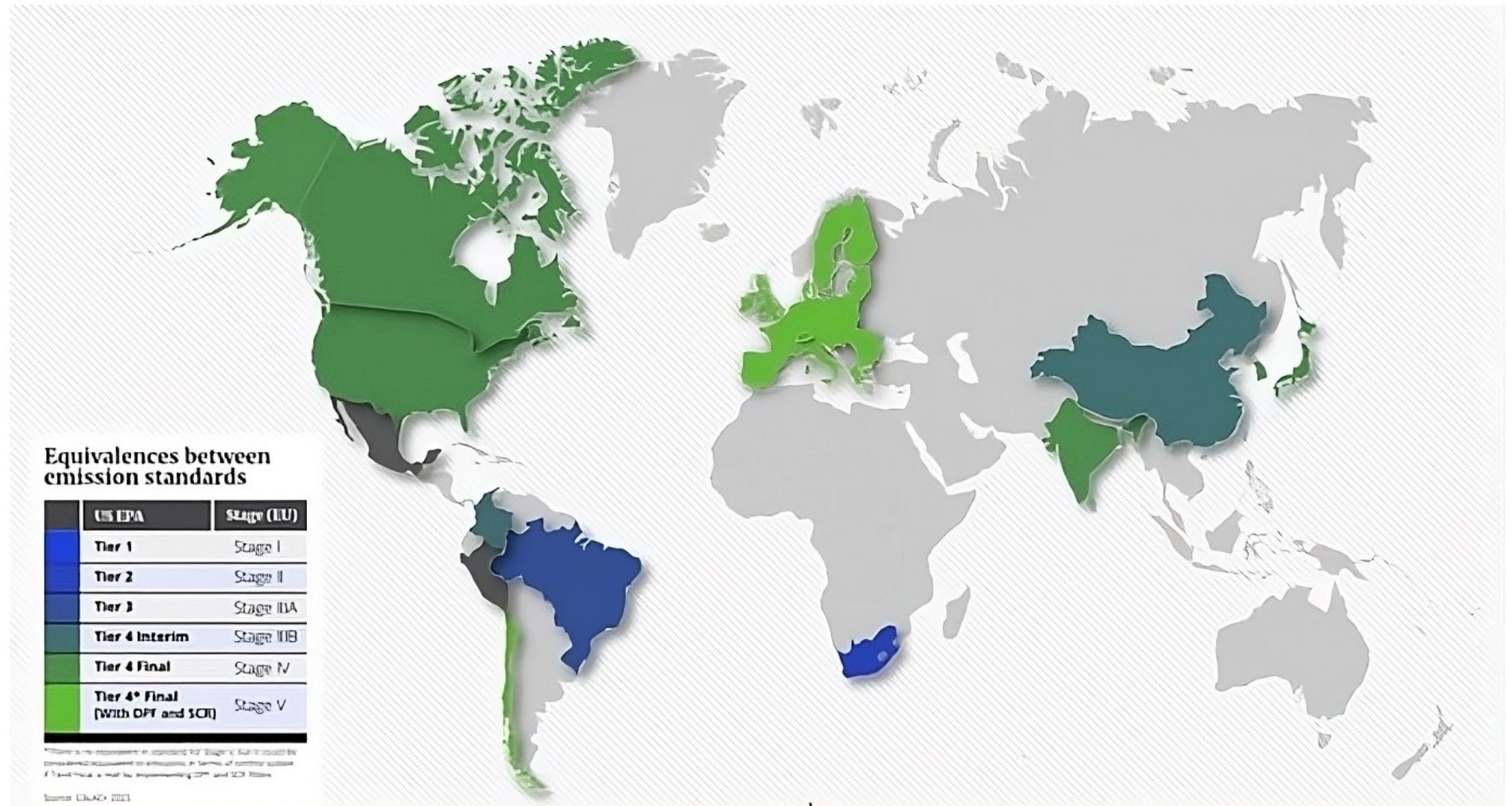
130<KW<560



Pictures and graphic, courtesy of LIEBHERR, F. Juassi.



Generalidades – estándares en maquinaria a nivel mundial



Volviendo a las herramientas

CALMAQ 

*Calculadora de
Emisiones de Maquinaria*



HEBASH 

*Beneficio por cambios
en la calidad del aire.*



HEMAQ 

*Costo-Beneficio de
Escenarios Normativos
para Maquinaria.*

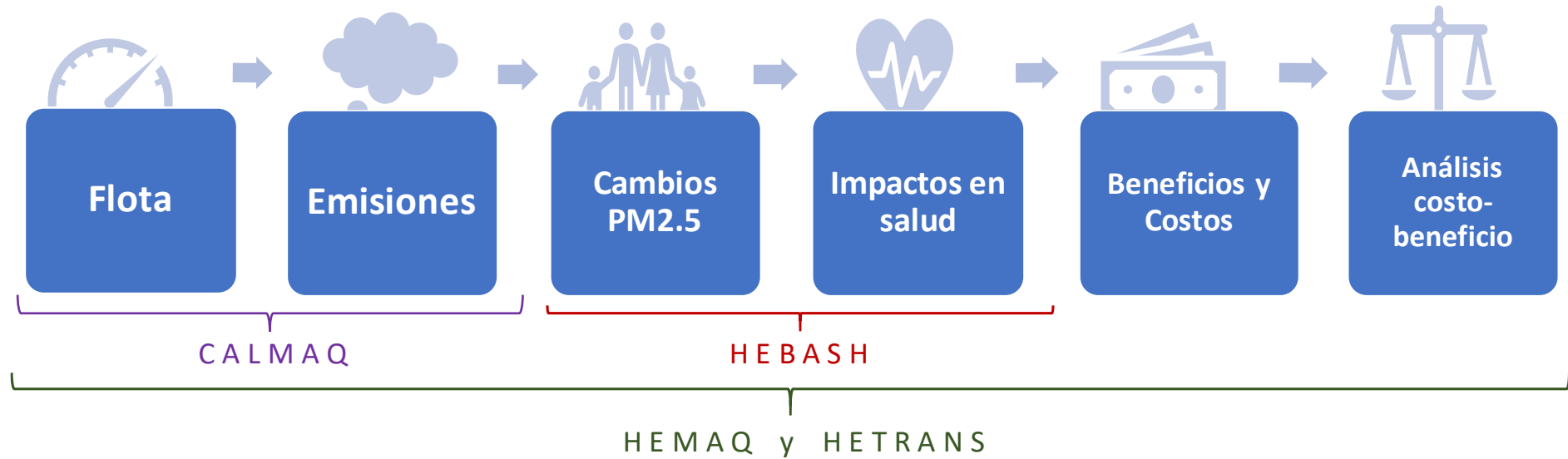


HETRANS 

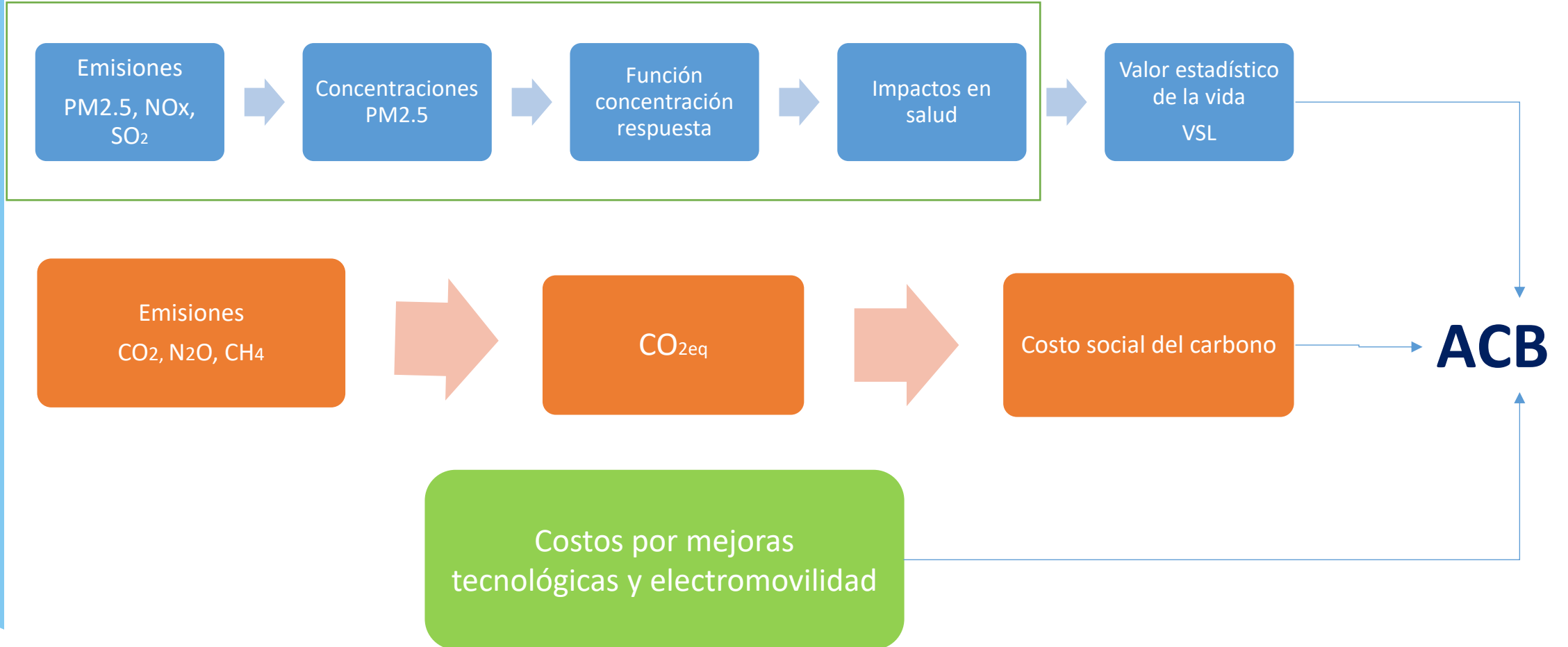
*Costo-Beneficio de Escenarios
de EURO VI/6, Vehículos
Eléctricos y Etiquetado Vehicular.*



Herramientas para el cálculo de emisiones y análisis costo-beneficio



Herramientas – Esquema general



¿Cómo se han usado?

- Los 4 países cuentan con inventarios de emisión para MMNC



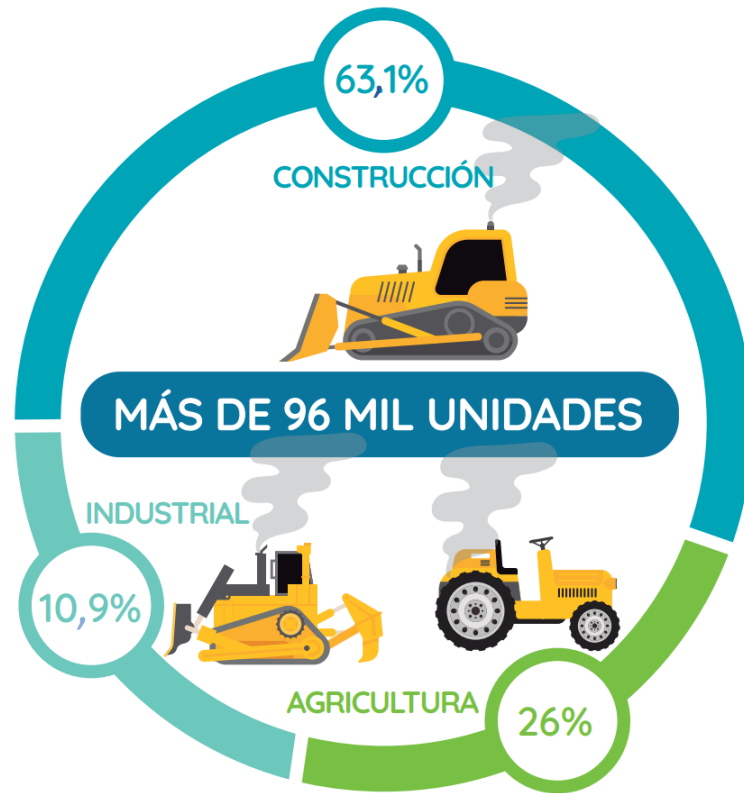
https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/inventario_de_emisiones_maquinaria_movil_no_de_carretera.pdf



<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/INVENTARIO-DE-EMISIONES-DE-FMFC.pdf>

¿Cómo se han usado?

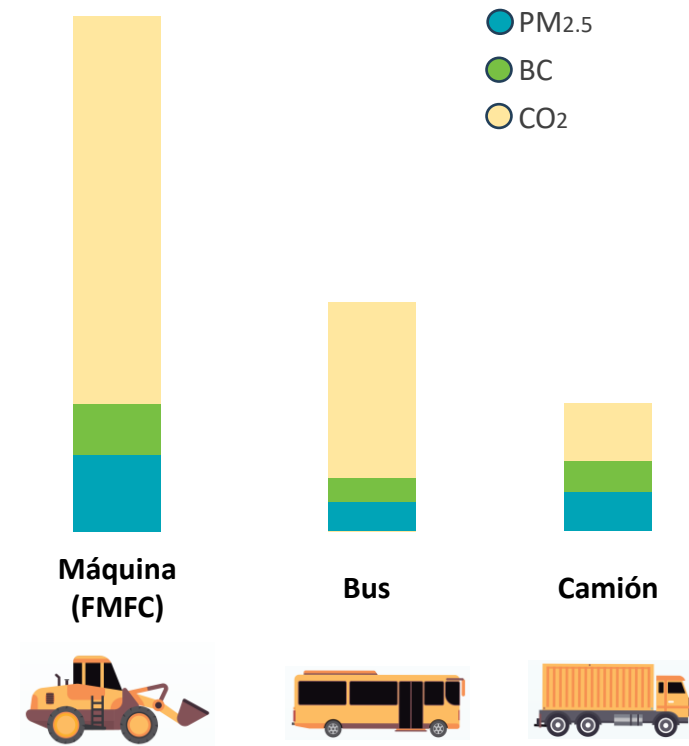
- Ejemplo resultado para Colombia



Más del 90% de la maquinaria en Colombia opera a Diésel

Una máquina emite **2.2 veces más** CO₂ que un bus y **6.3 veces más** que un camión

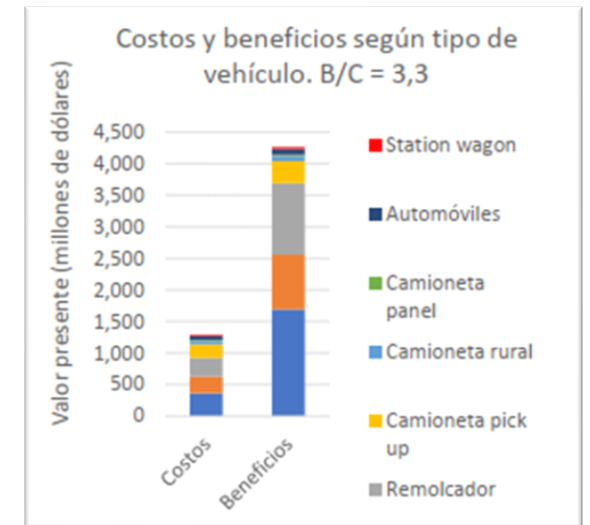
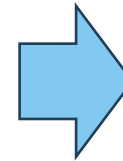
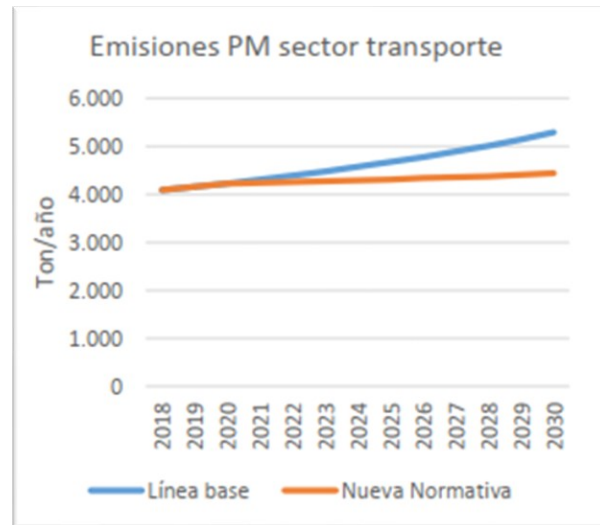
En el caso de PM es más de 3 veces las emisiones directas en tubo e escape



¿Cómo se han usado?

- Se han realizado análisis costo beneficio de medidas regulatorias

p.e. En Perú se realizó la evaluación de impactos para escenarios Euro VI



Regulaciones en MMNC



PROY-NOM-174 de FMFC

<https://diariooficial.gob.mx/normasOficiales/9438/semarnat/semarnat.html>



Borrador regulatorio



Resolución 762 de 2022
Minambiente

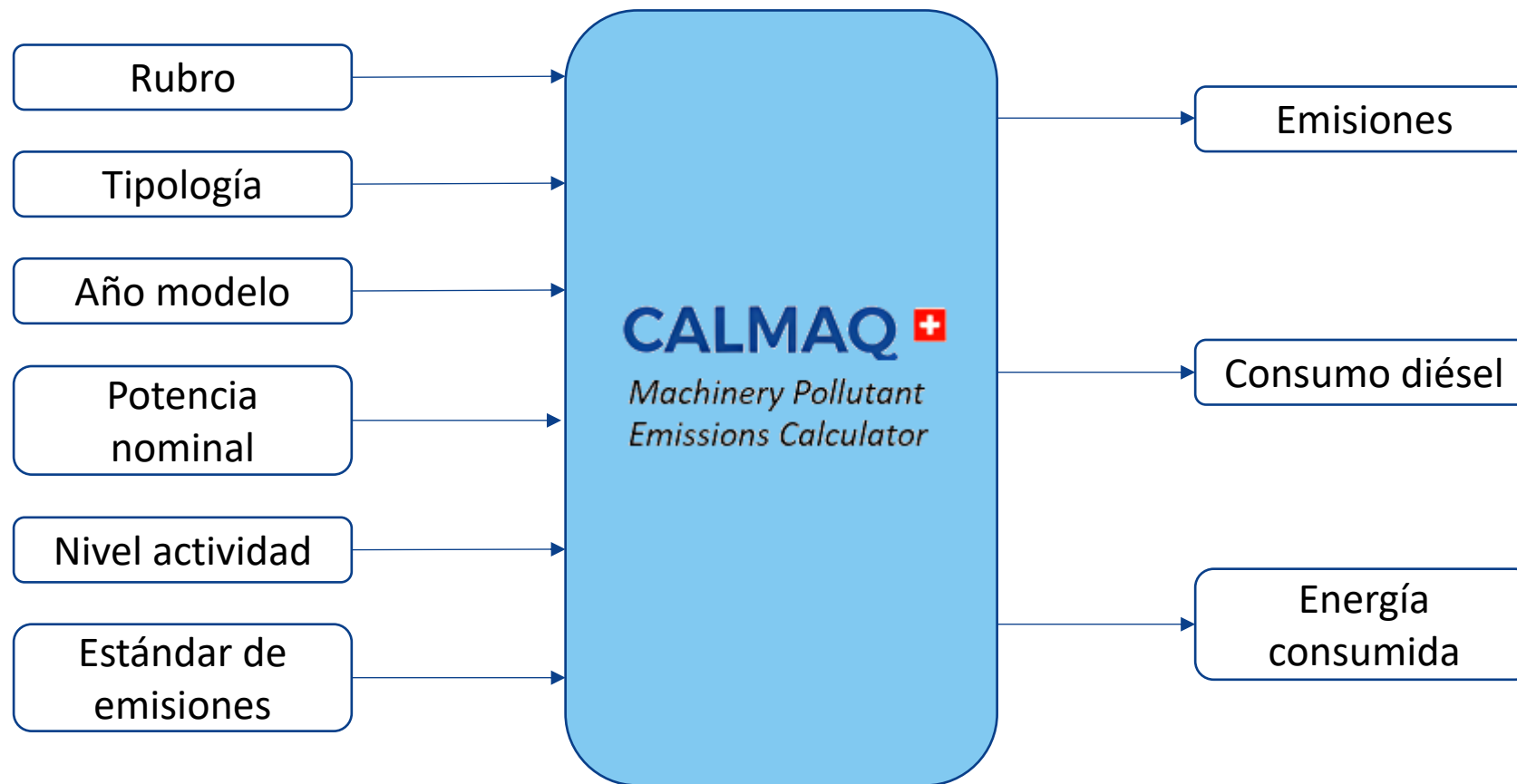
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/09/Resolucion-762-de-2022.pdf>

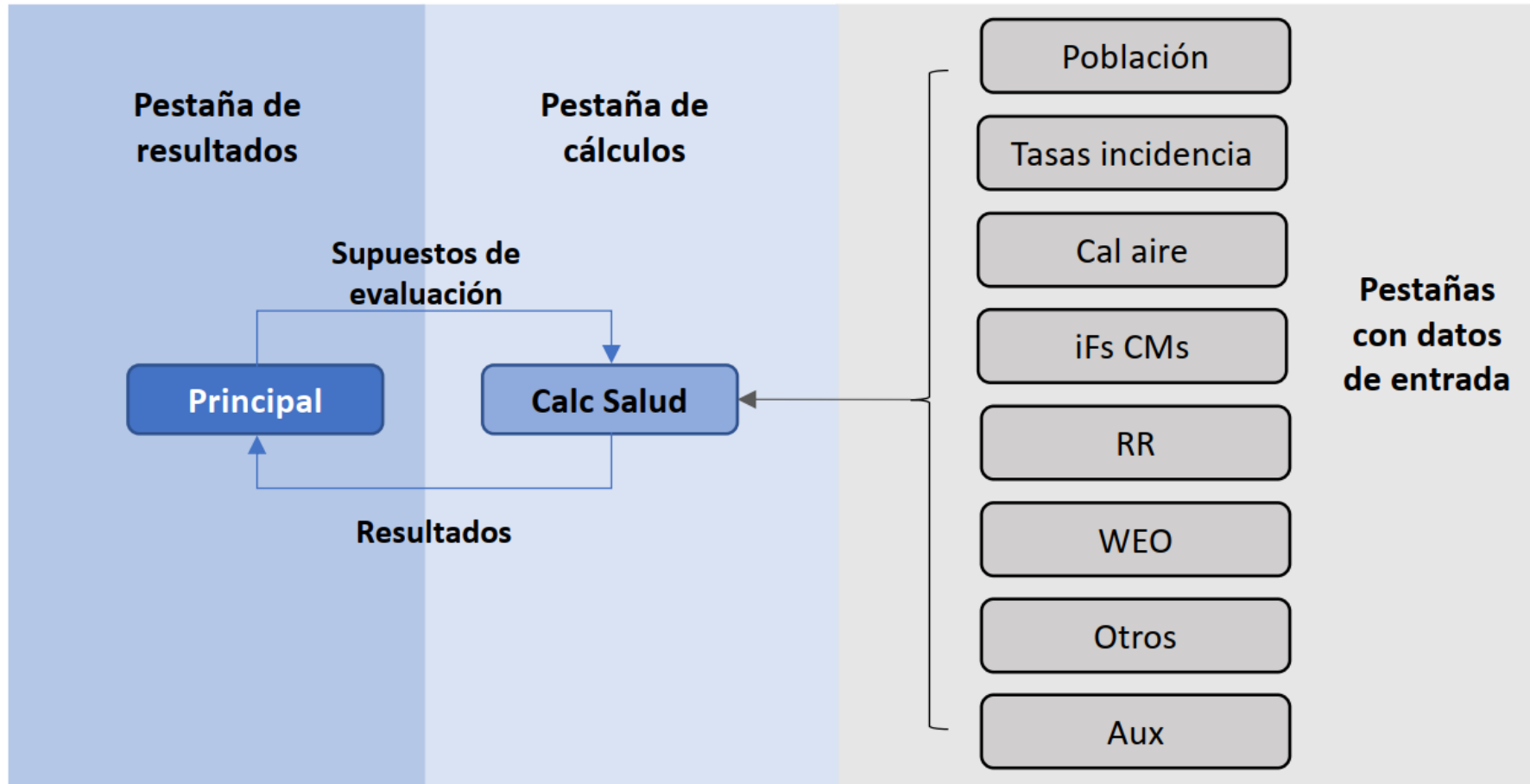
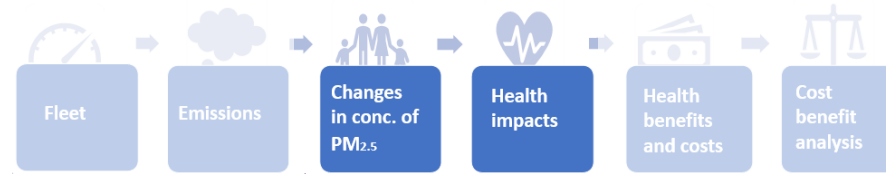


Decreto Supremo MMA 39 - 2020

<https://bcn.cl/35yaf>







HEMAQ+



HEMAQ+
Cost-Benefit Analysis for
Machinery Regulatory
Scenarios

- Ciudad en análisis
- Escenario normativo
- Flota maquinaria
- Nivel de actividad
- Factores emisión
- Riesgo Relativo (salud)
- Valor de la vida estadística
- Precio social del CO2
- Tasa de descuento
- Horizonte temporal de evaluación
- Relación emisión concentración
- Costos unitarios



**Procesamiento de
información y
cálculos en HEMAQ**



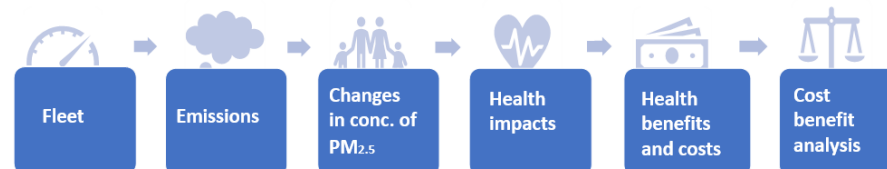
- Emisiones
- Concentraciones PM2.5
- Mortalidad y DALYs
- Beneficios en salud
(mortalidad evitada)
- Beneficios CO2 evitado
- Costos inversión
- Costos O&M
(o ahorros)



**Indicadores análisis
costo - beneficio**



HETRANS+



HETRANS+
 Cost-Benefit Analysis for Buses
 Regulatory Scenarios
 (Euro standards/Electromobility)

- Ciudad en análisis
- Escenario normativo
- Escenario electro movilidad
- Escenario etiquetado (Bogotá)
- Características flota vehicular
- Nivel de actividad
- Retiro vehicular
- Factores emisión
- Riesgo Relativo (salud)
- Valor de la vida estadística
- Precio social del CO2
- Tasa de descuento
- Horizonte temporal de evaluación
- Relación emisión concentración
- Costos unitarios



Procesamiento de información y cálculos en HETRANS



- Emisiones
- Concentraciones PM2.5
- Mortalidad y DALYs
- Beneficios en salud (mortalidad evitada)
- Beneficios CO2 evitado
- Costos inversión normativa
- Costos inversión electro movilidad
- Costos O&M Adblue
- Costos O&M Mantenimiento DPF
- Ahorros combustibles, norma Euro VI y electro movilidad



Indicadores análisis costo - beneficio

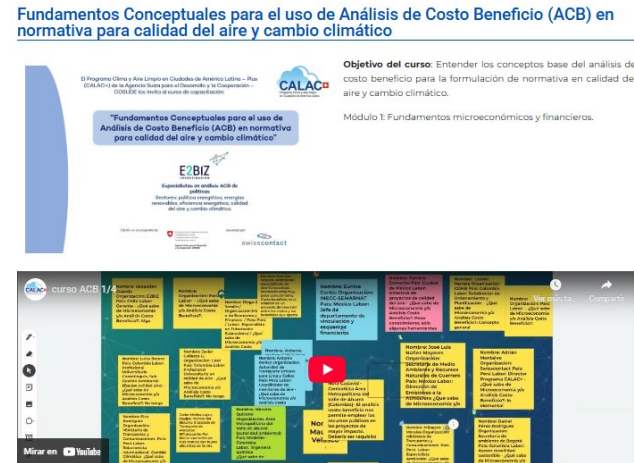


Herramientas están documentadas

Guías de uso



Videos de capacitación



Referencias detalladas

Enfermedad	Edad	Hoek et al. 2013	Burnett et al. 2018	GBD 2015-2016 ³	GBD 2017	GBD 2019
Causas naturales	30+	✓				
Enfermedad coronaria (IHD)*	25+		✓		✓	✓
Derrame cerebral (Stroke)*	25+		✓		✓	✓
Infecciones respiratorias bajas (LRI)	25+		✓			
	0-4**			✓		
	todas				✓	✓
Cáncer al pulmón	25+		✓	✓	✓	✓
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (COPD)	25+		✓	✓	✓	✓
	todas					
Diabetes Mellitus tipo 2	25+				✓	✓

Curso asíncrono de 20 horas disponible próximamente en la página de CALAC+ y Minambiente



Programa Clima y Aire limpio
en Ciudades de América Latina

¡Gracias!



CALAC+ es un programa de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación –
COSUDE y es ejecutado por Swisscontact.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE



programacalac.com



[@CALACplus](https://www.facebook.com/CALACplus)



[@Calacplus](https://twitter.com/Calacplus)