



Programa Clima y Aire limpio  
en Ciudades de América Latina

# INVENTARIO DE EMISIONES MAQUINARIA MÓVIL NO DE CARRETERA

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo  
y la Cooperación COSUDE

  
swisscontact

Aliosha Reinoso D.  
Consultor CALAC+  
[aliosha.reinoso@geasur.cl](mailto:aliosha.reinoso@geasur.cl)

**METODOLOGÍA  
PARA EL CÁLCULO  
DE EMISIONES**





# DEFINICIONES DE MOTORES ESTACIONARIOS Y NO DE CARRETERA

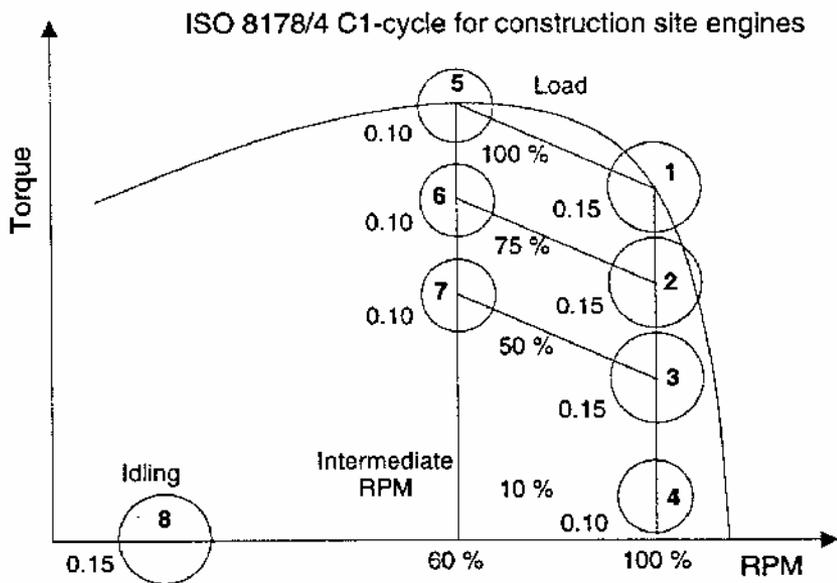


# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

<b>Reporte Técnico</b>	<b>Ver en Bibliografía</b>
<b>Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Compression-Ignition Engines</b>	[EPA2014b]
<b>Median Life, Annual Activity and Load Factor Values for Nonroad Engine Emissions Modeling</b>	[EPA2008]
<b>User's Guide for the Final NONROAD2005 Model</b>	[EPA2005]
<b>Calculation of Age Distributions in the Nonroad Model: Growth and Scrappage</b>	[EPA2005-A]
<b>Geographic Allocation of Nonroad Engine Population Data to the State and County Level</b>	[EPA2005-B]
<b>Nonroad Engine Growth Estimates</b>	[EPA2005-C]



# POTENCIA NOMINAL



«potencia neta»: la **potencia** del motor en kW obtenida en un **banco de pruebas** en el **eje del cigüeñal**, o su equivalente, medida conforme al método de medición de la potencia de motores de combustión interna especificado en el Reglamento de la CEPE n.o 120.

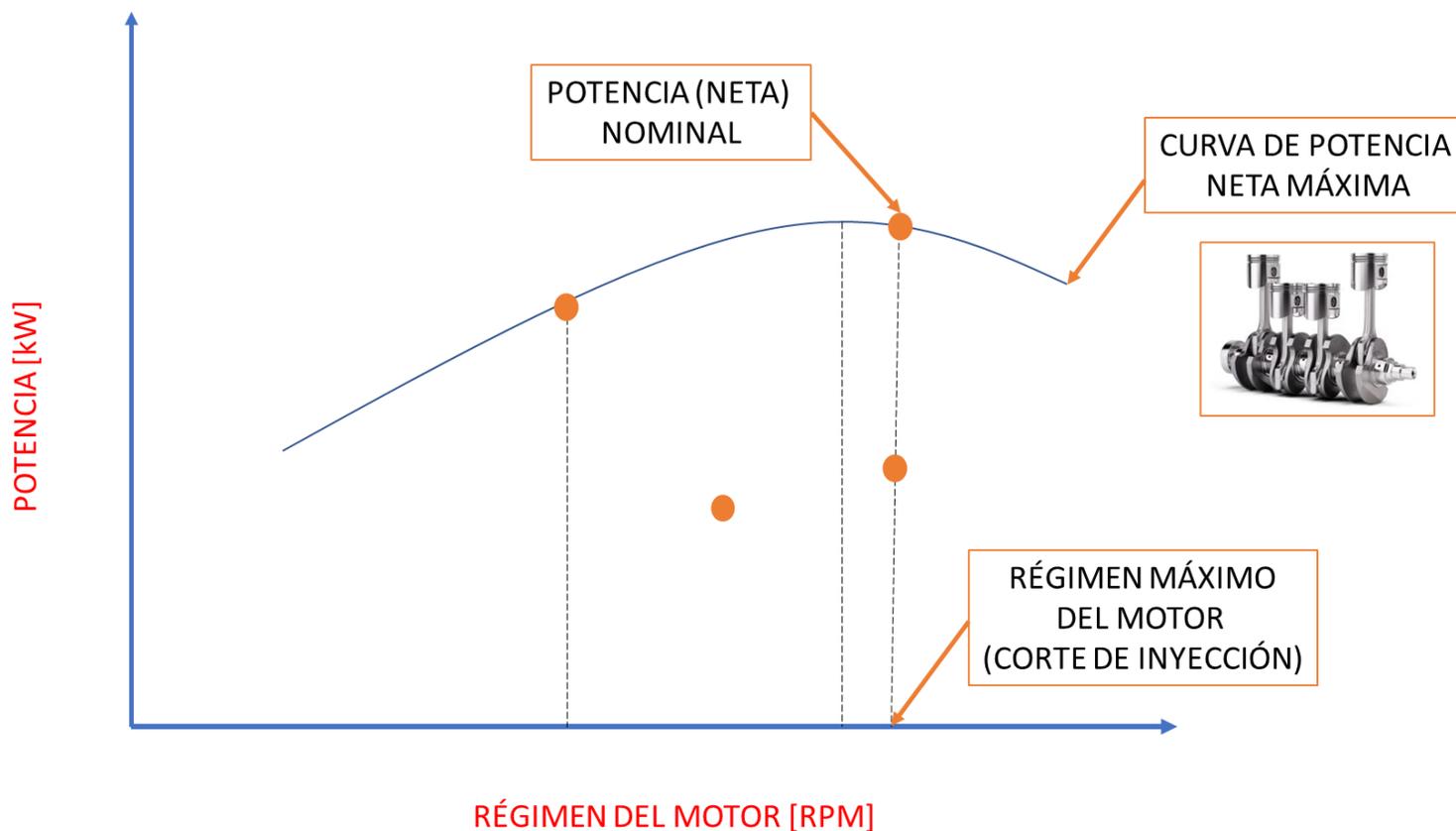
«potencia neta nominal»: la **potencia neta** en kW declarada por el fabricante de un motor a **régimen nominal**

«régimen nominal»: el **régimen máximo del motor** a plena carga que permita el regulador, tal como lo diseñe el fabricante, o, en caso de que no haya regulador, **el régimen al que se obtenga la potencia neta máxima** del motor, tal como lo especifique el fabricante

Torque, %	100	75	50	25	10	100	75	50	25	10	0
RPM	Velocidad Nominal					Velocidad Intermedia					Ralentí
Vehículos Fuera de Ruta											
Tipo C1	0.15	0.15	0.15	-	0.10	0.10	0.10	0.10	-	-	0.15
Tipo C2	-	-	-	0.06	-	0.02	0.05	0.32	0.30	0.10	0.15



# POTENCIA NOMINAL



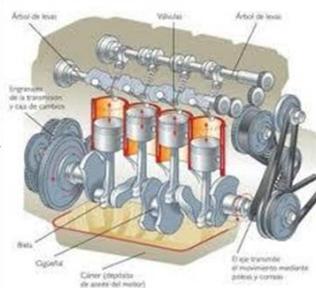


# POTENCIA NOMINAL

## COMBUSTIBLE



## PERDIDAS TÉRMICAS



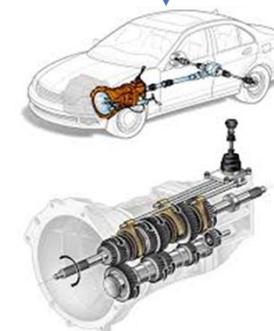
## PERDIDAS MECÁNICAS CIGUEÑAL



- La potencia medida al eje del motor por un dinamómetro de motor es mayor a la medida por un dinamómetro de chasis, en la rodadura del neumático.



## PÉRDIDAS POR RODADURA



## PERDIDAS MECÁNICAS TRANSMISIÓN



# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

- Cálculo de las emisiones de la flota a partir del nivel de actividad en horas anuales de uso y su tasa de emisión

$$E = NA \cdot Pot \cdot FC \cdot FE_{aj}$$

NA: Nivel de Actividad de la maquinaria en [hrs/año]

Pot: Potencia (neta máxima) nominal de la maquinaria en [kW]

FC: Fracción promedio de la potencia nominal en la que funciona el motor de la maquinaria.

Fe<sub>aj</sub>: Tasa de emisión del contaminante por unidad de energía consumida por el motor en [gr/kW-hr]



# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

$$E_{[i,j]} = \left[ \frac{kW - hr}{año} \right] \cdot \left[ \frac{gr}{kW - hr} \right] = \left[ \frac{gr}{año} \right]$$

- $j$  : Cualquier máquina  $j$ , entre 1 y  $N$ , de una flota de  $N$  máquinas.
- $i$  : Indicación para el contaminante  $i$ .
- $E_{[i,j]}$  : Emisiones anuales del contaminante  $i$  de la máquina  $j$  en [gr/año].
- $NA_j$  : Nivel de Actividad de la máquina  $j$  en [hrs/año]
- $Pot_j$  : Potencia nominal de la maquina  $j$  en [kW]
- $FC_j$  : Fracción promedio de la potencia nominal a la que funciona el motor de la maquina  $j$ .
- $FE_{0,[i,j]}$  : Factor de emisión del motor de la máquina  $j$ , para el contaminante  $i$ , con cero horas de uso, en [gr/kW-hr].
- $FAT_{[i,j]}$  : Factor de ajuste transitorio para el contaminante  $i$  en la máquina  $j$ .
- $FD_{[i,j]}$  : Factor de deterioro para el contaminante  $i$  de la máquina  $j$ .
- $SMP_j$  : Corrección del  $MP$  por contenido de azufre en el combustible de la máquina  $j$  ( $SMP=0$ , para otros contaminantes distintos de  $MP$ ).



# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

$$E_{[i,j]} = NA_{[j]} \cdot Pot_{[j]} \cdot FC_{[j]} \cdot (FE_{0[i,j]} * FAT_{[i,j]} * FD_{[i,j]} - SMP_{[i,j]})$$

$$E_{[sub,i]} = \sum_j [NA_{[sub]} \cdot Pot_{[sub,j]} \cdot FC_{[sub]} \cdot (FE_{0[sub,i]} \cdot FAT_{[sub,i]} \cdot FD_{[sub,i]} - SMP_{[sub,i]})]$$

*Sub* : Índice que señala al subsegmento de la flota con iguales atributos

técnicos: rango de potencia, tipo de motor, tipo de maquinaria, nivel de emisiones y edad.



# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

$$E_{[sub,i]} = [NA_{[sub]} \cdot FC_{[sub]} \cdot (FE_{0[sub,i]} \cdot FAT_{[sub,i]} \cdot FD_{[sub,i]} - SMP_{[sub,i]})] \cdot N_{sub} \sum_j \left[ \frac{Pot_{sub,j}}{N_{sub}} \right]$$

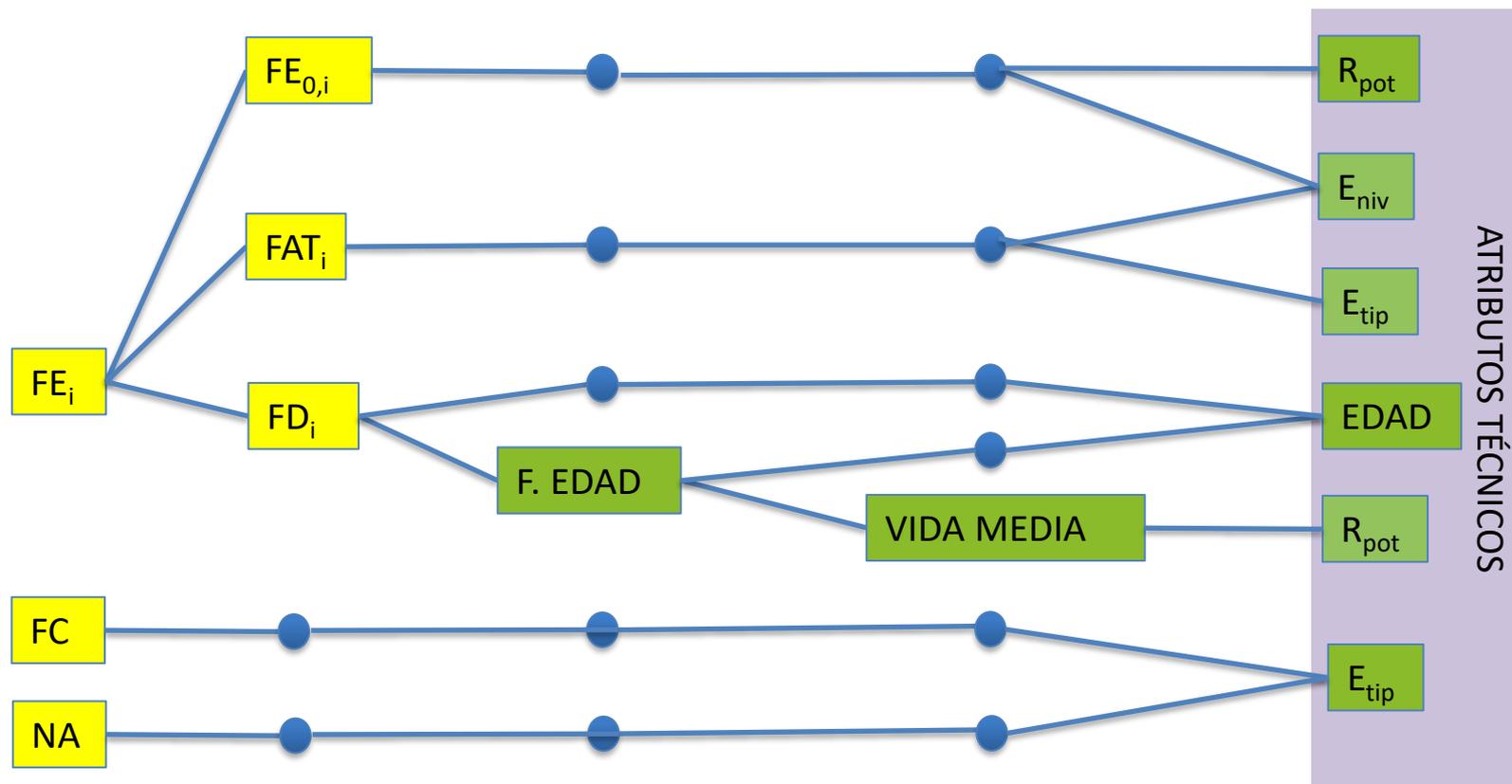
$$E_{[sub,i]} = [N_{sub} \cdot NA_{[sub]} \cdot \overline{Pot}_{[sub]} \cdot FC_{[sub]} \cdot (FE_{0[sub,i]} \cdot FAT_{[sub,i]} \cdot FD_{[sub,i]} - SMP_{[sub,i]})]$$

*Sub:* Índice que señala al subsegmento de la flota con iguales atributos  
técnicos: rango de potencia, tipo de motor, tipo de maquinaria, nivel de emisiones y edad.



# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

$$E_{[sub,i]} = [N_{[sub]} \cdot NA_{[sub]} \cdot \overline{Pot}_{[sub]} \cdot FC_{[sub]} \cdot (FE_{0[sub,i]} \cdot FAT_{[sub,i]} \cdot FD_{[sub,i]} - SMP_{[sub,i]})]$$





# PREGUNTA



# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

	ORIGEN	RUBRO	Etip	Rpot	Rpot2	AÑO.FABRICACION	Nsub	Pot	Eniv
1	Brasil	Agrícola-Forestal	CARGADOR FRONTAL	37 = kW < 56	37 = kW < 56	2005	2	37.0000	Sin norma
2	Brasil	Agrícola-Forestal	COSECHADORA	130 = kW < 225	130 = kW < 300	2000	10	136.5556	Sin norma
1123	Eeuu	Agrícola-Forestal	TRACTOR AGRÍCOLA	56 = kW < 75	56 = kW < 75	1995	3	61.0000	Sin norma
1124	Eeuu	Agrícola-Forestal	TRACTOR AGRÍCOLA	56 = kW < 75	56 = kW < 75	1996	2	61.0000	Sin norma
1211	Eeuu	Agrícola-Forestal	TRACTOR AGRÍCOLA	75 = kW < 130	75 = kW < 130	1989	1	75.0000	Sin norma
1212	Eeuu	Agrícola-Forestal	TRACTOR AGRÍCOLA	75 = kW < 130	75 = kW < 130	1994	1	82.0000	Sin norma
1213	Eeuu	Agrícola-Forestal	TRACTOR AGRÍCOLA	75 = kW < 130	75 = kW < 130	1998	1	108.0000	Sin norma
1214	Eeuu	Agrícola-Forestal	TRACTOR AGRÍCOLA	75 = kW < 130	75 = kW < 130	2000	2	108.0000	Sin norma
5001	Paises Sin Normativa	Agrícola-Forestal	COSECHADORA	130 = kW < 225	130 = kW < 300	1998	1	165.0000	Sin norma
5002	Paises Sin Normativa	Agrícola-Forestal	COSECHADORA	130 = kW < 225	130 = kW < 300	2004	5	165.0000	Sin norma
5003	Paises Sin Normativa	Agrícola-Forestal	COSECHADORA	130 = kW < 225	130 = kW < 300	1987	1	165.0000	Sin norma
10001	Europa	Minería	CARGADOR FRONTAL	225 = kW < 450	130 = kW < 300	2012	2	237.0000	Tier 3
10002	Europa	Minería	CARGADOR FRONTAL	37 = kW < 56	37 = kW < 56	2005	2	37.3000	Tier 1
10003	Europa	Minería	CARGADOR FRONTAL	37 = kW < 56	37 = kW < 56	2006	1	40.6500	Tier 1
10004	Europa	Minería	CARGADOR FRONTAL	37 = kW < 56	37 = kW < 56	2007	1	44.0000	Tier 1





# EJEMPLO: PASO 1

sub	Rubro	Etip	Rpot [kW]	Año	Edad [años]	N <sub>sub</sub>	Pot <sub>sub</sub> [kW]	E <sub>niv</sub>
1	Construcción	Excavadora	130 ≤ kW < 225	2012	4	47	136,4	Tier 3
2	Construcción	Excavadora	130 ≤ kW < 225	2009	7	25	145,3	Tier 2
3	Construcción	Excavadora	75 ≤ kW < 130	2009	7	12	122,7	Tier 2
4	Construcción	Motoniveladora	130 ≤ kW < 225	2012	4	50	184,3	Tier 3
5	Construcción	Motoniveladora	75 ≤ kW < 130	2012	4	38	89,5	Tier 3

- Considera flota, descontada la chatarrización, al año 2015.

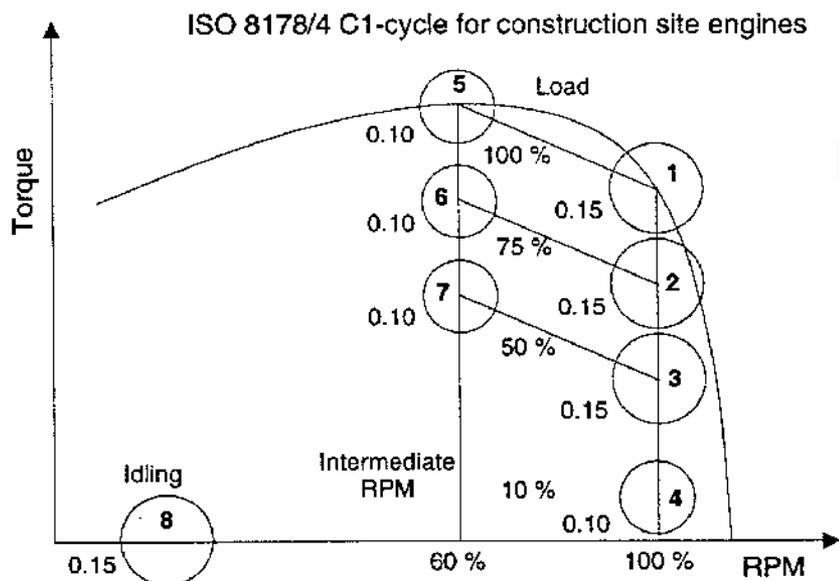
$$E_{[sub,i]} = [N_{[sub]} \cdot NA_{[sub]} \cdot \overline{Pot}_{[sub]} \cdot FC_{[sub]} \cdot (FE_{0[sub,i]} \cdot FAT_{[sub,i]} \cdot FD_{[sub,i]} - SMP_{[sub,i]})]$$

**FACTOR DE  
EMISION  
ESTACIONARIO DE  
HORA CERO**





# FACTOR DE EMISIÓN ESTACIONARIO NUEVO



➔  $FE_o$  [gr/kW-h]

➔ BSFC [gr/kW-h]

- Uso de los resultados de las mediciones de la certificación de tipo de los motores nuevos.
- Uso de los valores de emisión que establece la norma.

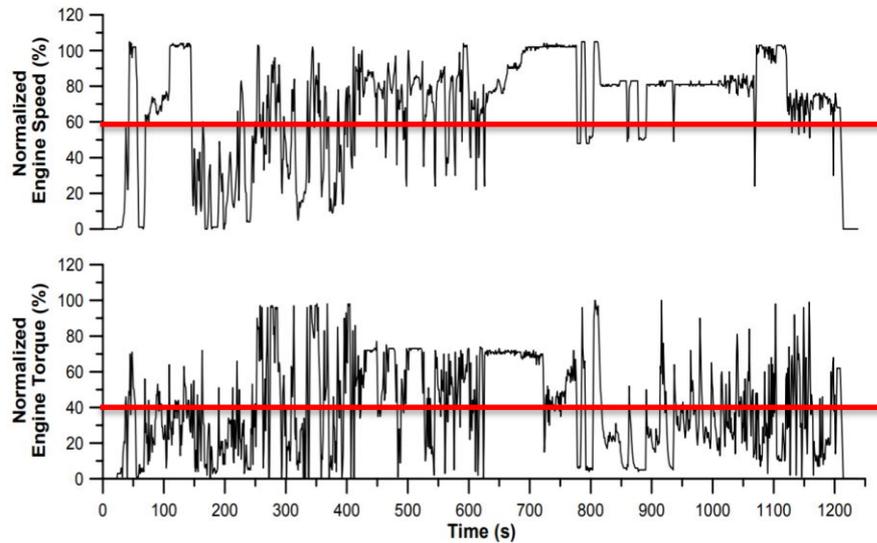
Torque, %	100	75	50	25	10	100	75	50	25	10	0
RPM	Velocidad Nominal					Velocidad Intermedia					Ralentí
Vehículos Fuera de Ruta											
Tipo C1	0.15	0.15	0.15	-	0.10	0.10	0.10	0.10	-	-	0.15
Tipo C2	-	-	-	0.06	-	0.02	0.05	0.32	0.30	0.10	0.15

$$Fe = \frac{C * V * \rho}{Pot * t}$$



# FACTOR DE EMISIÓN TRANSIENTE NUEVO

NON ROAD TRANSIENT CYCLE (NRTC)



➔  $FE_o$  [gr/kW-h]  
➔ BSFC [gr/kW-h]

- Para norma de emisiones Tier 4

$$Fe = \frac{C * V * \rho}{Pot * t}$$





# FACTOR DE EMISIÓN ESTACIONARIO NUEVO

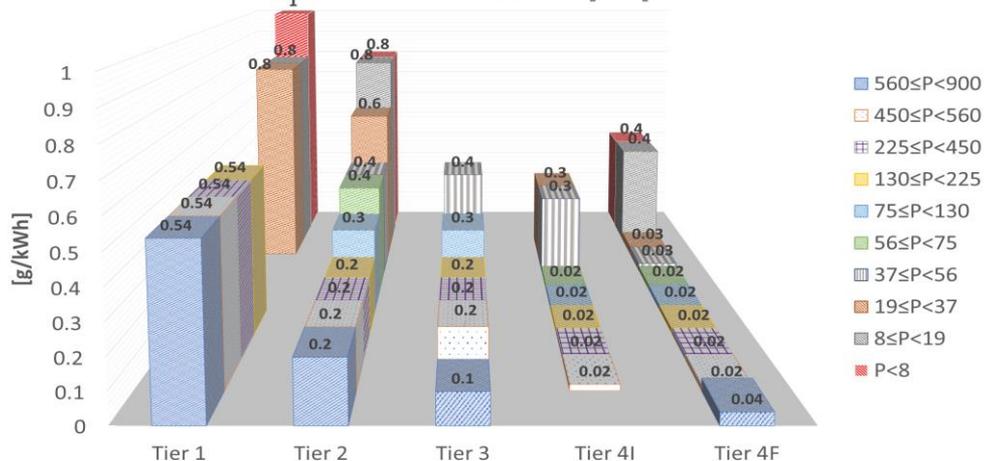
## Modificaciones al Motor

Sistema de inyección

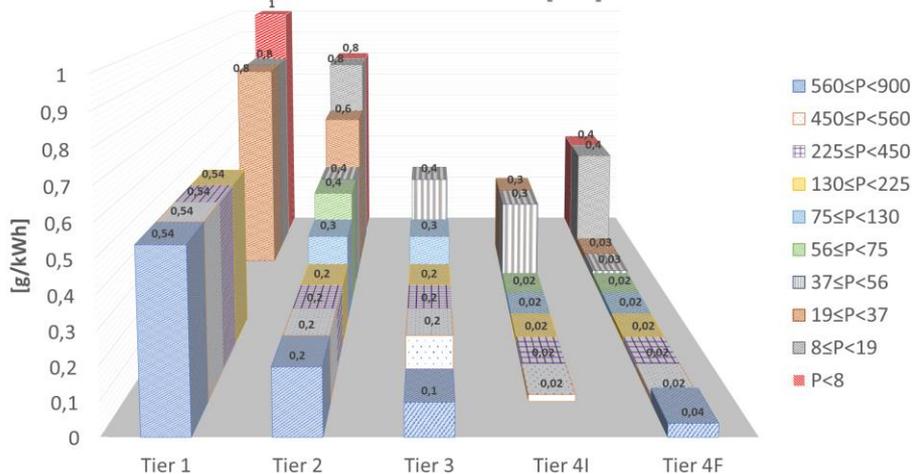
Turbocargador

EGR

LÍMITE DE MP DE LA EPA PARA MMFR  
POR RANGO DE POTENCIA P [KW]



LÍMITE DE MP DE LA EPA PARA MMFR  
POR RANGO DE POTENCIA P [KW]



## Post Tratamiento

DOC

DPF

SCR



## TECNOLOGÍAS DE CONTROL

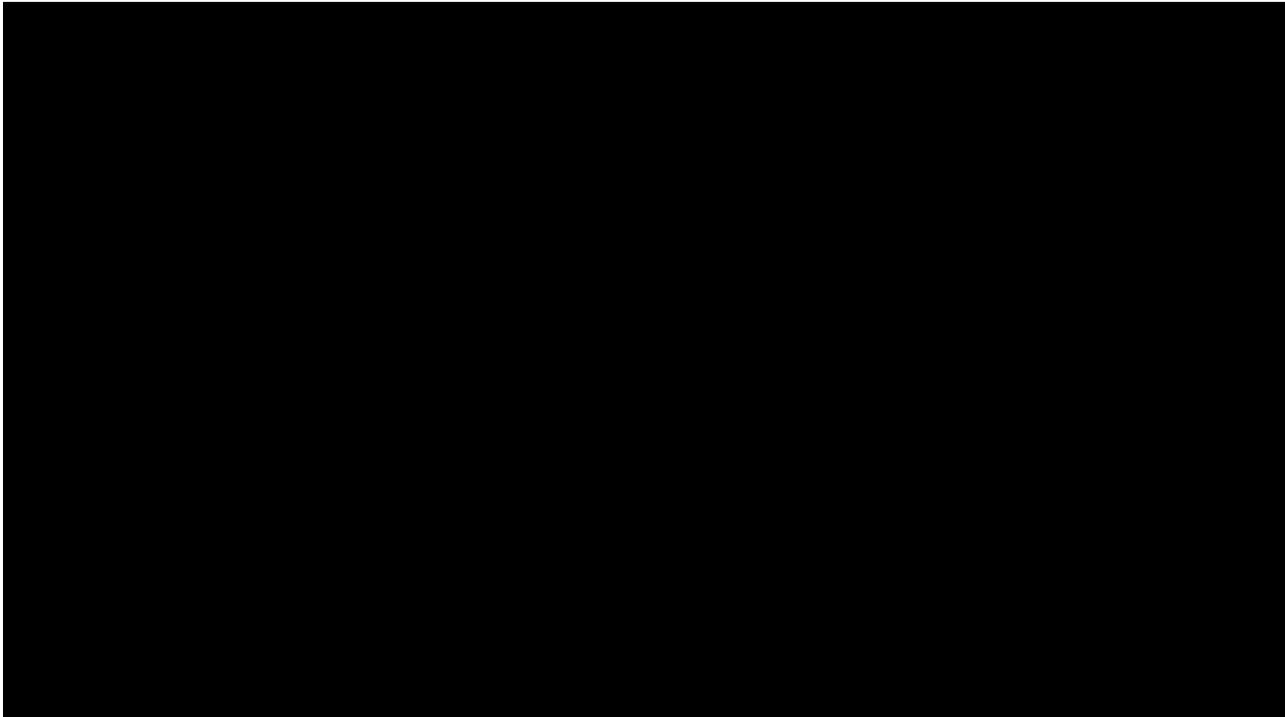
- Sistema de inyección de alta presión Common Rail, permite reducir la masa de MP (mezcla aire/combustible homogénea), NOx (punto de inyección-temperatura), HC (punto de inyección), etc.





## TECNOLOGÍAS DE CONTROL

- Sistema DPF-CRT, reduce CO, HC, MP y partículas ultrafinas.





## TECNOLOGÍAS DE CONTROL

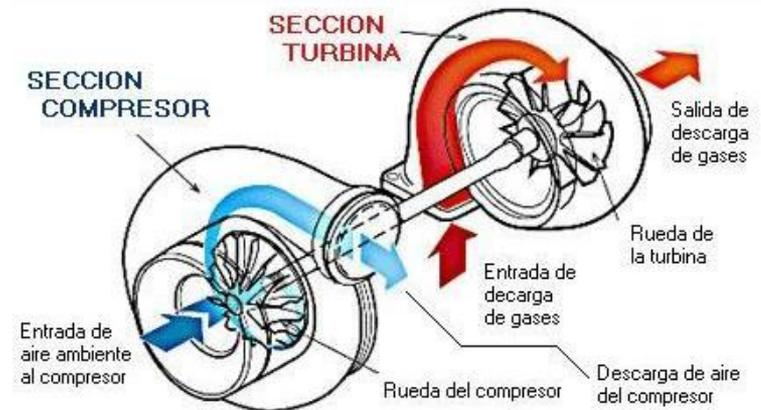
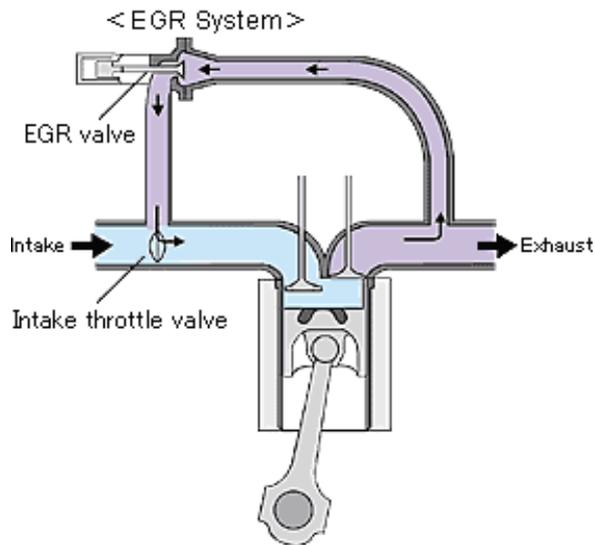
- Sistema SCR (Selective Catalytic Converter) para la reducción del NO<sub>x</sub>.





# TECNOLOGÍAS DE CONTROL

- Sistema EGR (Exhaust Gas Recirculation) para reducción de NO<sub>x</sub>.
- Turbocargador mejora relación aire combustible.



- Calor específico

- Aire de admisión a presión.



# TECNOLOGÍAS DE CONTROL

Stage IIIA/Tier 3	Stage IIIB/Tier 4i	Stage 4/Tier 4f
<b>Sistema de inyección</b>	<b>Convertidor de Oxidación Diésel</b>	<b>Convertidor de Oxidación Diésel</b>
<b>Turbocargador</b>	<b>Filtro de Partículas Diésel</b>	<b>Filtro de Partículas Diésel</b>
<b>Recirculación de Gases de Escape</b>	<b>Reducción Catalítica Selectiva</b>	<b>Reducción Catalítica Selectiva</b>
<b>Modificaciones al motor</b>		

- Stage IIIB/Tier 4i: (SCR) – (EGR+DOC+DPF)
- Stage 4/Tier 4f: (EGR+SCR) – (EGR+DOC+DPF+SCR)
- Sólo 50% de estas aplicaciones llegó a usar DPF → Stage V:  $NP \leq 1 \cdot 10^{12}$



# FACTOR DE EMISIÓN VALORES

- Factor de emisión según rango de potencia y nivel de emisiones

Potencia Motor [kW]	Estándar de Emisiones	BSFC [g/kW- hr]	Factor de Emisión [g/kW-hr]			
			HC	CO	NOx	PM
>130 A 225	Tier 0	221	0.9119	3.6208	11.2378	0.5391
	Tier 1		0.4144	1.0031	7.4789	0.3379
	Tier 2		0.4144	1.0031	5.3641	0.1770
	Tier 3		0.2467	1.0031	3.3526	0.2012
	Tier 4IA		0.1529	2.2020	3.3083	0.1448
	Tier 4IB		0.0107	0.3312	1.4751	0.0148
	Tier 4IC		0.0148	0.0697	1.4966	0.0013
	Tier 4ID		0.0375	0.0000	0.1475	0.0094
	Tier 4FB		0.0107	0.0268	0.1985	0.0121
	Tier 4FC		0.0148	0.2870	1.5462	0.0000

NOTA 1: Se utiliza Tier 0 para denominar todas las máquinas sin cumplimiento de norma de emisiones (anteriores a Tier 1)

Índice	DPF	SCR
A	No	No
B	No	Si
C	Si	No
D	Si	Si

EPA	Stage
Tier 0	Pre Stage 1
Tier 1	Stage 1
Tier 2	Stage 2
Tier 3	Stage 3A
Tier 4 Interim	Stage 3B
Tier 4 Final	Stage 4



## FACTOR DE EMISIÓN VALORES

- Fracción de carbono negro (CORINAIR)

Tecnología	Diesel < 130 kW		Diesel ≥ 130 kW	
	f-BC	+/- (%)	f-BC	+/- (%)
<1981	0.55	10	0.50	20
1981-1990	0.55	10	0.50	20
1991-Stage I	0.55	10	0.50	20
Stage I	0.80	10	0.70	20
Stage II	0.80	10	0.70	20
Stage IIIA	0.80	10	0.70	20
Stage IIIB, no DPF	0.80	50	0.70	20
Stage IIIB, DPF	0.15	50	0.15	20
Stage IV, no DPF	0.80	50	0.70	30
Stage IV, DPF	0.15	50	0.15	30
Stage V	0.15	50	0.15	30



## FACTOR DE EMISIÓN VALORES

- Factor de emisión de CO<sub>2</sub>

$$FE_{CO_2} = (BSFC - FE_{HC}) \cdot 0,87 \cdot (44/12)$$

$EF_{CO_2}$  : Factor de emisión de CO<sub>2</sub> en [g/kW-hr].

$BSFC$  : Consumo de combustible en [g/kW-hr].

$EF_{HC}$  : Factor de emisión de HC en [g/kW-hr].

$0,87$  : Fracción en masa de carbono en el diésel.

$44/12$  : Proporción entre la masa del CO<sub>2</sub> y su masa de carbono.

- Factor de emisiones de HC del cárter:
  - 2% del  $FE_0$  de HC (hasta Tier3).
  - 0% Tier4 en adelante.



## PREGUNTA 2

- ¿Puede ocurrir que el Factor de Emisión un motor Tier 2 sea menor MP que el de una motor más moderno Tier 3?, ¿Por qué?

1. No puede ocurrir.
2. Porque los factores de emisión de hora cero se calculan a partir de las mediciones de certificación y para la certificación el límite Tier 2 y Tier 3 son iguales.
3. Porque los motores Tier 3 tuvieron que ajustar levemente al aumento las emisiones de MP para favorecer la reducción de Nox.
4. 2 y 3.



## EJEMPLO: PASO 2

sub	Rubro	Etip	Rpot [kW]	Año	Edad [años]	N <sub>sub</sub>	Pot <sub>sub</sub>	Eniv	FE <sub>0sub,mp</sub> [g/kW-hr]
1	Construcción	Excavadora	130 ≤ kW < 225	2012	4	47	136,4	Tier 3	0,2012
2	Construcción	Excavadora	130 ≤ kW < 225	2009	7	25	145,3	Tier 2	0,1770
3	Construcción	Excavadora	75 ≤ kW < 130	2009	7	12	122,7	Tier 2	0.2414
4	Construcción	Motoniveladora	130 ≤ kW < 225	2012	4	50	184,3	Tier 3	0,2012
5	Construcción	Motoniveladora	75 ≤ kW < 130	2012	4	38	89,5	Tier 3	0,2950

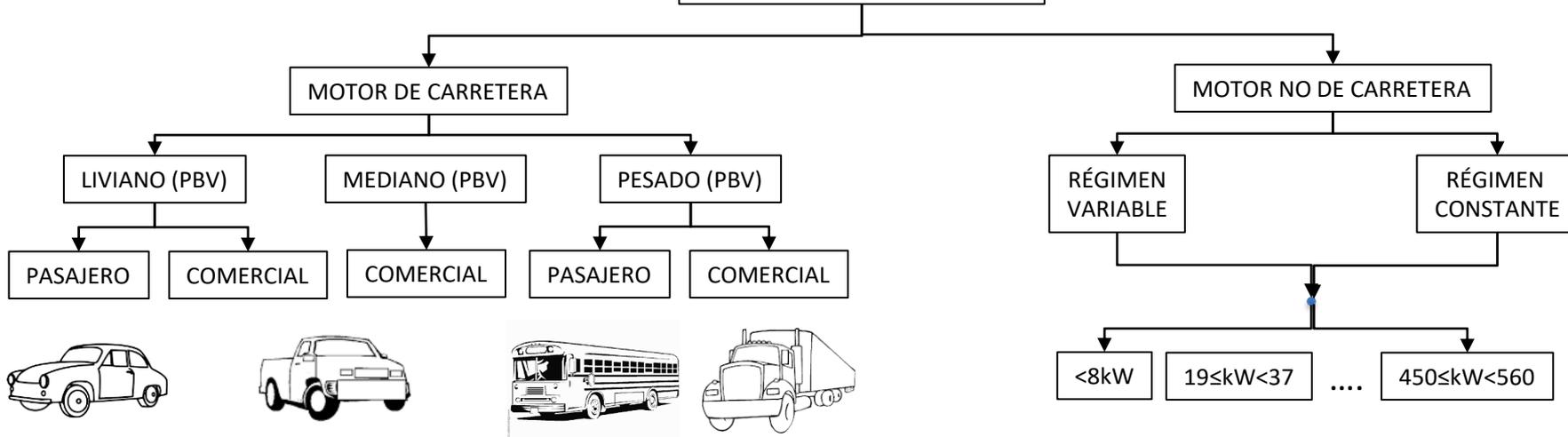
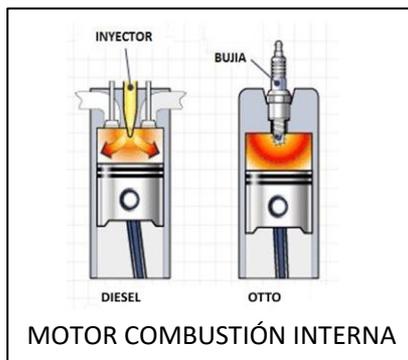
$$E_{[sub,i]} = [N_{[sub]} \cdot NA_{[sub]} \cdot \overline{Pot}_{[sub]} \cdot FC_{[sub]} \cdot (FE_{0[sub,i]} \cdot FAT_{[sub,i]} \cdot FD_{[sub,i]} - SMP_{[sub,i]})]$$

**DEFINICIONES DE  
MAQUINARIA  
MÓVIL NO DE  
CARRETERA**





# EMISIONES DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA EN FUENTES MÓVILES





# DEFINICIONES DE MOTORES ESTACIONARIOS Y NO DE CARRETERA

- **Máquina estacionaria:**

“Una máquina destinada a ser instalada de forma permanente en un lugar durante su primer uso y no destinada a moverse, por carretera ni en otro medio, salvo durante el envío desde el lugar de fabricación al lugar de su primera instalación” (REGLAMENTO (UE) 1628/2016).

➔ **Motor Estacionario**

- **Máquina móvil no de carretera:**

“Una máquina móvil, un equipo transportable o un vehículo con o sin carrocería o con o sin ruedas, no destinado al transporte de pasajeros o de mercancías por carretera, incluidas las máquinas instaladas en el bastidor de vehículos destinados al transporte por carretera de pasajeros o de mercancías” (REGLAMENTO (UE) 1628/2016).

➔ **Motor No de Carretera (NRE)**



# DEFINICIONES DE MOTORES ESTACIONARIOS Y NO DE CARRETERA (continuación)

- **Motor no de carretera:**

1. Cualquier motor de combustión interna (exceptuado los de carretera, aviones, locomotoras, marinos, entretenición, etc.):
  - i. En o sobre un equipo que es auto propulsado o sirve el doble propósito de propulsarse a si mismo y realizar otra función (tal como tractores de jardín, buldóceres, grúas móviles); o
  - ii. En o sobre un equipo que está destinado a ser propulsado mientras realiza su función (tales como cortadoras de césped y podadoras); o
  - iii. Que, por sí mismo o como parte de un equipo, es portátil o transportable, entendiéndose diseñado para ser y capaz de ser llevado o movido desde un lugar a otro. Indicios de transportabilidad incluyen, pero no se limitan a, ruedas, patines, asas de transporte, plataforma rodante, remolque o plataforma (CFR40.Part89.§89.2).



**Equipo no de carretera**



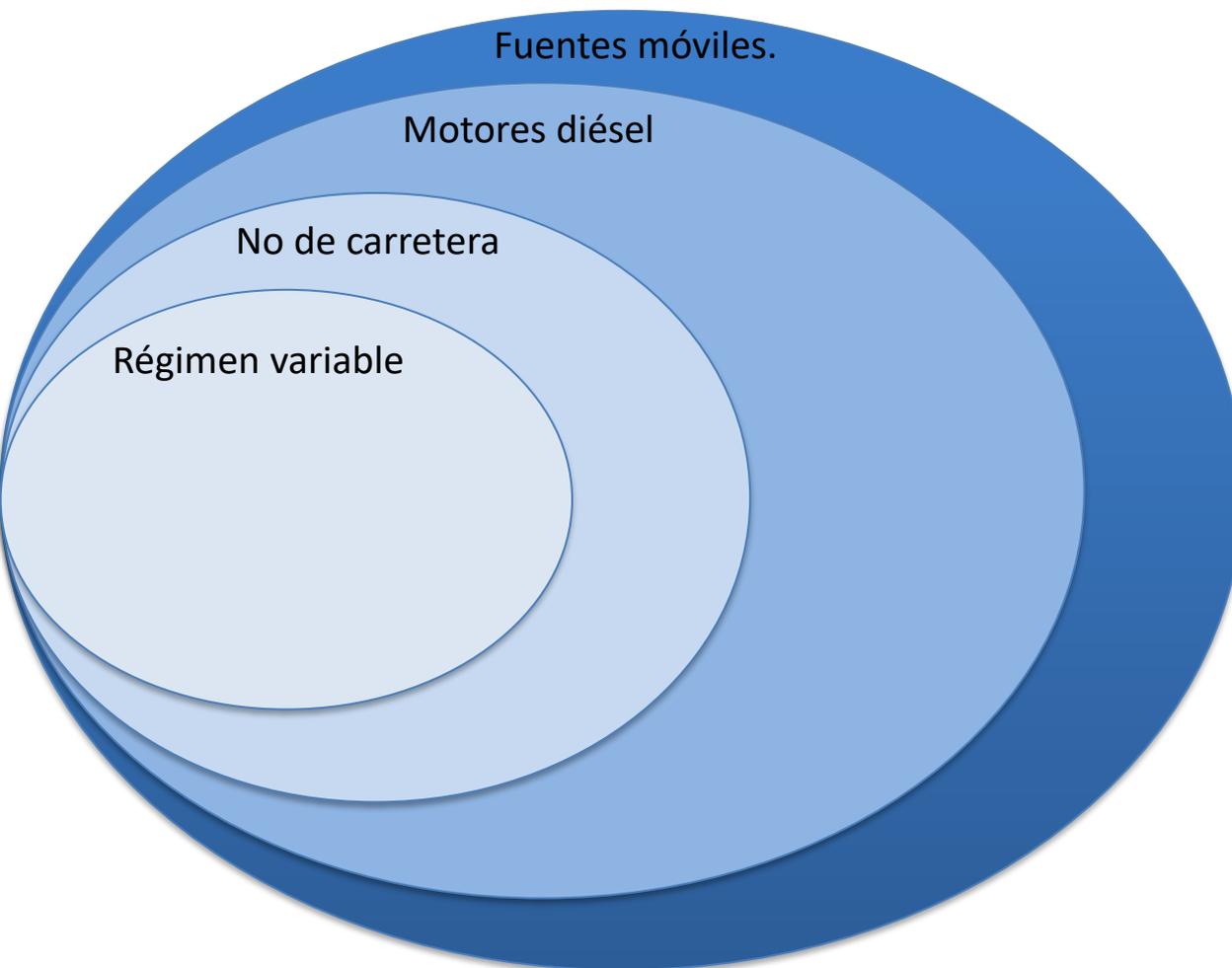
# PREGUNTA

**ALCANCES DE LA  
METODOLOGÍA  
PROPUESTA**





# ALCANCES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA





## ALCANCES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA (continuación)

- **Máquina móvil no de carretera**, con motores de encendido por compresión (**Diésel**), de **régimen variable**, con potencias **entre  $\geq 19$  kW y  $\leq 560$  kW**, destinados a los rubros de la **construcción, minería, agricultura, silvicultura** e **industria**, aptos para desplazarse sobre el suelo.
- **Excluye:**
  - Equipos de régimen estacionario (bombas, generadores, compresores).
  - Equipos de jardinería (cierras eléctricas, cortadoras de pasto, etc.).
  - Equipos recreacionales (motos de nieve, carros de golf, vehículos especiales).
  - Equipos aeropuertos, equipos ferroviarios, equipos marinos.
  - Motores encendidos por chispa (Otto).



## ALCANCES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA (continuación)

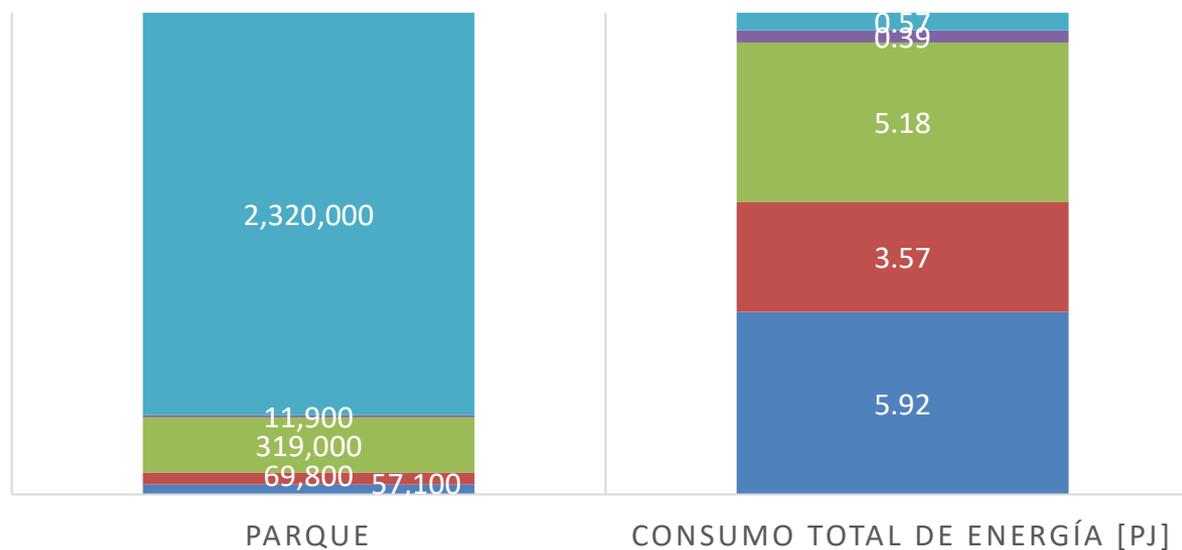
- La MMNC de los rubros construcción, industria, agricultura y forestal representan el 87% y 94% de las emisiones de NOx y MP, respectivamente (White Paper, ICCT, 2016).
- En MMNC, los motores diésel representan más del 80% del consumo de combustible (Inventario Suizo, FOEN 2015)
- Se utiliza el rango definido para la norma europea hasta Stage IV (Diésel  $\geq 19$  kW y  $\leq 560$  kW; Gasolina  $\leq 19$  kW).
- Motores a gasolina son muy numerosos, pero de menor actividad y menor tamaño.
- El alcance se ajusta a los rubros priorizados para la implementación de la normativa prevista.



# ALCANCES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA (continuación)

## DISTRIBUCIÓN DE PARQUE Y CONSUMO COMBUSTIBLE

■ Construcción ■ Industria ■ Agricultura ■ Forestal ■ Jardín/Recreación



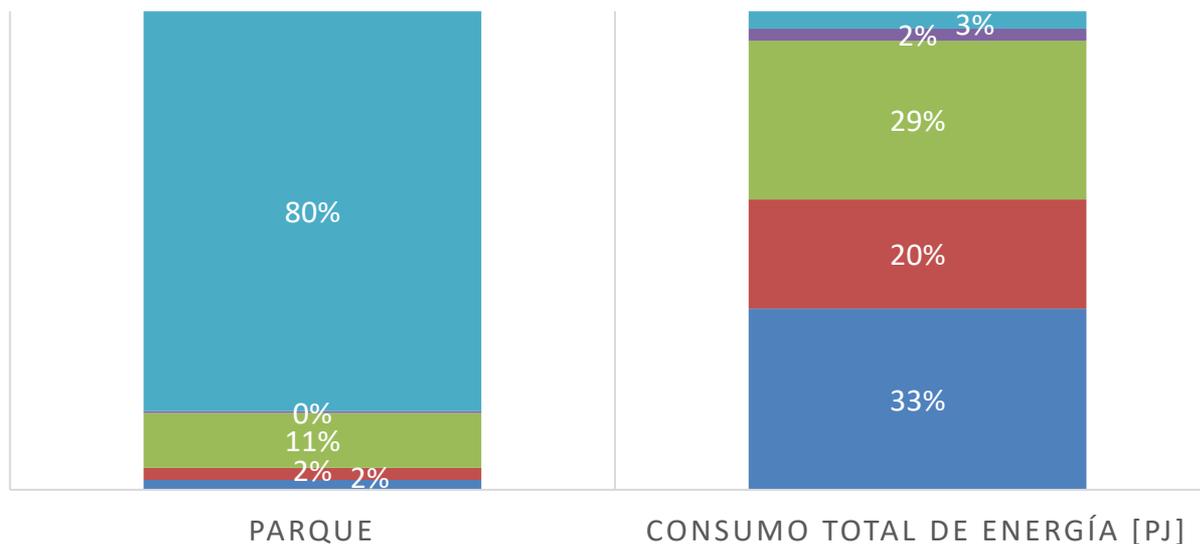
Fuente: [FOEN 2015]



# ALCANCES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA (continuación)

## DISTRIBUCIÓN DE PARQUE Y CONSUMO COMBUSTIBLE

■ Construcción ■ Industria ■ Agricultura ■ Forestal ■ Jardín/Recreación



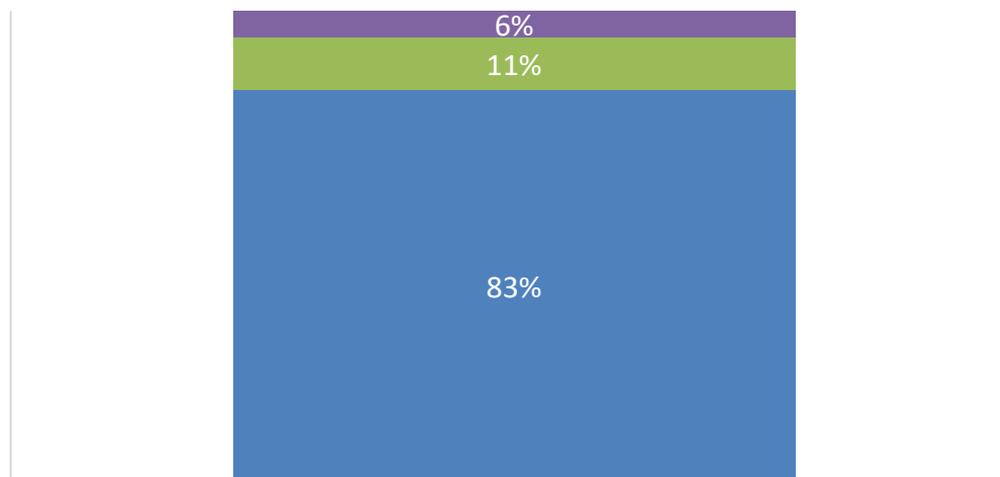
Fuente: [FOEN 2015]



# ALCANCES DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA (continuación)

## DISTRIBUCIÓN CONSUMO DE COMBUSTIBLE

■ Diesel ■ Gasolina ■ Gas

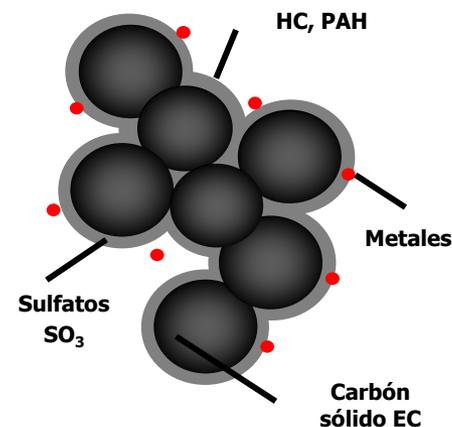
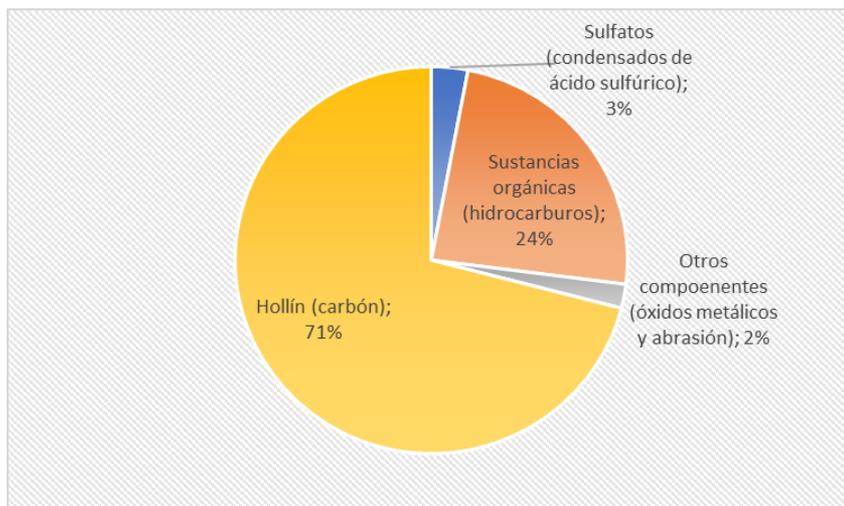


CONSUMO COMBUSTIBLES [PJ]

Fuente: [FOEN 2015]



# EMISIONES DIÉSEL: IMPACTO EN LA SALUD Y CAMBIO CLIMÁTICO

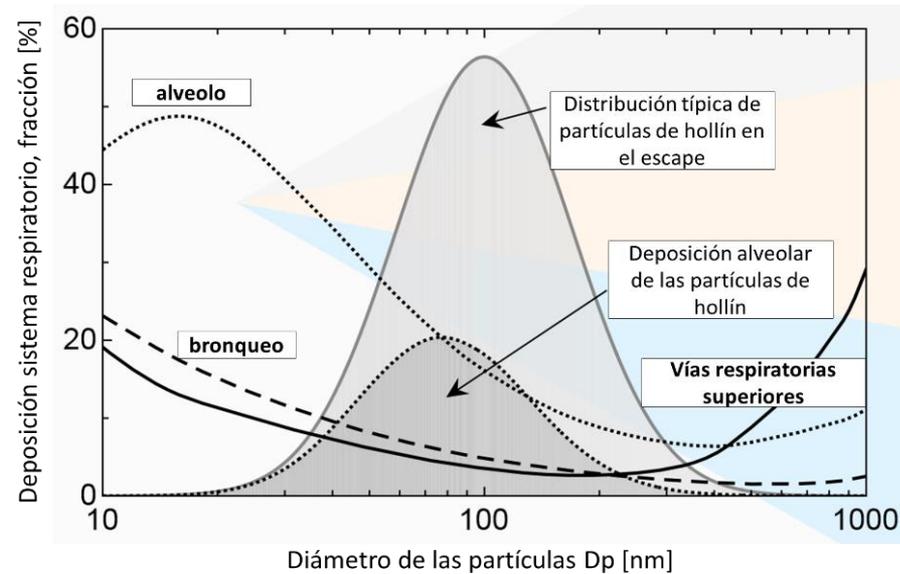
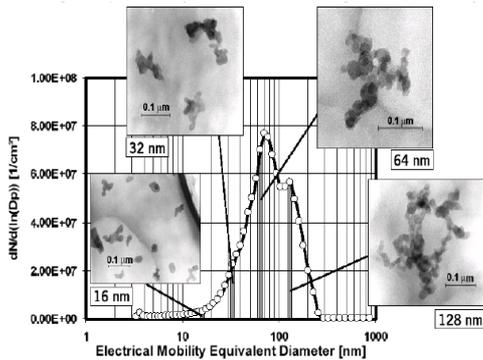
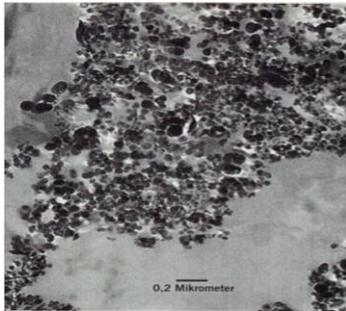


**Hollín:** Pequeñas partículas de carbón sólido (20-30 nm) que se forman en el proceso de combustión y que luego se aglomeran en partículas de mayor tamaño (~100 nm). Forma parte de la fracción insoluble del MP.

**Volátiles:** Sustancias en fase líquida producto de la condensación de hidrocarburos no quemados (parte de la fracción orgánica soluble) y sulfatos producidos a partir del contenido de azufre del combustible (parte de la fracción soluble en agua).

**Cenizas y otros:** Partículas sólidas formadas por óxidos de metal (cenizas), provenientes del lubricante u otros aditivos del combustible, y por las partículas de abrasión del motor (pistones). Al igual que el hollín forman parte de la fracción insoluble.

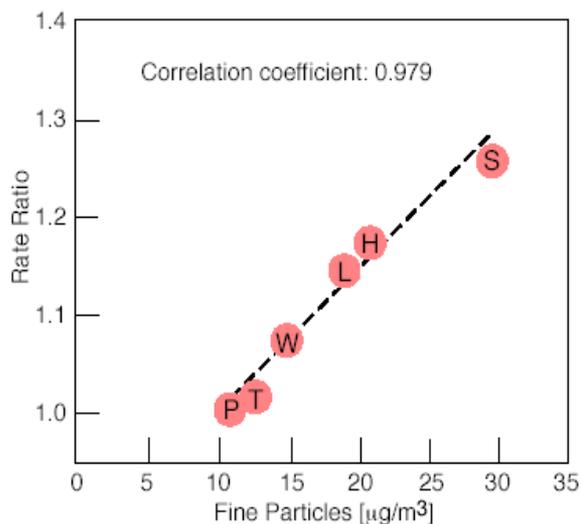
# EMISIONES DIÉSEL: IMPACTO EN LA SALUD Y CAMBIO CLIMÁTICO



Deposición de las partículas de hollín en los pulmones y su distribución de tamaño (Derecha).

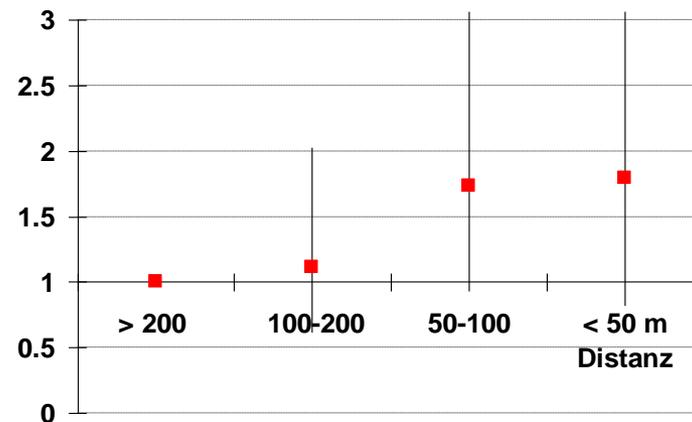


# EMISIONES DIÉSEL: IMPACTO EN LA SALUD Y CAMBIO CLIMÁTICO



Fuente: Dockery NEJM 1993

**Mayor correlación con mortalidad es de partículas**



Fuente: Hoffmann 2006

**Riesgo de ataques cardiacos se duplica cerca de las autopistas con presencia de Black Carbon**



# EMISIONES DIÉSEL: IMPACTO EN LA SALUD Y CAMBIO CLIMÁTICO

## Hollín (Black Carbón)

International Agency for Research on Cancer



PRESS RELEASE  
N° 213

12 June 2012

### IARC: DIESEL ENGINE EXHAUST CARCINOGENIC

Lyon, France, June 12, 2012 -- After a week-long meeting of international experts, the International Agency for Research on Cancer (IARC), which is part of the World Health Organization (WHO), today classified diesel engine exhaust as carcinogenic to humans (Group 1), based on sufficient evidence that exposure is associated with an increased risk for lung cancer.

**Table 8.A.6:** GWP and GTP from the literature for BC and OC for time horizons of 20 and 100 years. For the reference gas CO<sub>2</sub>, RE and IRF from AR4 are used in the calculations. The GWP100 and GTP100 values can be scaled by 0.94 and 0.92, respectively, to account for updated values for the reference gas CO<sub>2</sub>. For 20 years the changes are negligible.

	GWP		GTP	
	H = 20	H = 100	H = 20	H = 100
BC total, global <sup>a</sup>	3200 (270–6200)	900 (100–1700)	920 (95–2400)	130 (5–340)
BC (4 regions) <sup>d</sup>	1200 ± 720	345 ± 207	420 ± 190	56 ± 25
BC global <sup>a</sup>	1,600	460	470	64
BC aerosol-radiation interaction -albedo, global <sup>b</sup>	2,900 ± 1,500	830 ± 440		
OC global <sup>a</sup>	-240	-69	-71	-10
OC global <sup>b</sup>	-160 (-60, -320)	-46 (-18, -92)		
OC (4 regions)	-160 ± 168	-46 ± 20	-55 ± 16	-7.3 ± 2.1

Notes:

(a) Fuglestad et al. (2010)

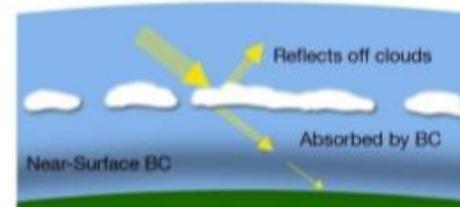
(b) Bond et al. (2011). Uncertainties for OC are asymmetric and are presented as ranges.

(c) Bond et al. (2013). Metric values are given for total effect.

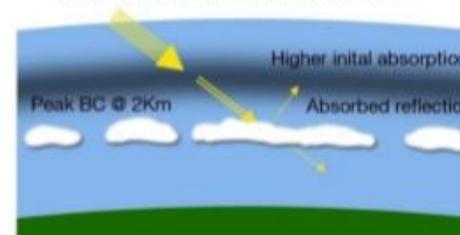
Source: IPCC AR5 WG1, Chapter 8, 2013

### Atmósfera alta

Traditional View: Peak Black Carbon Close to Surface



New Findings: Peak Black Carbon at 2Km



Science Daily, United Nations Environment Program Nov 2008

- **Primer lugar en mortalidad por contaminación atmosférica – Organización Mundial de la Salud (2012)**
- **Segundo lugar en Potencial de Calentamiento Global (GWP) – Bond et al. (2013)**



# PREGUNTA

**PANORÁMICA DE  
LA METODOLOGÍA  
DE CÁLCULO**



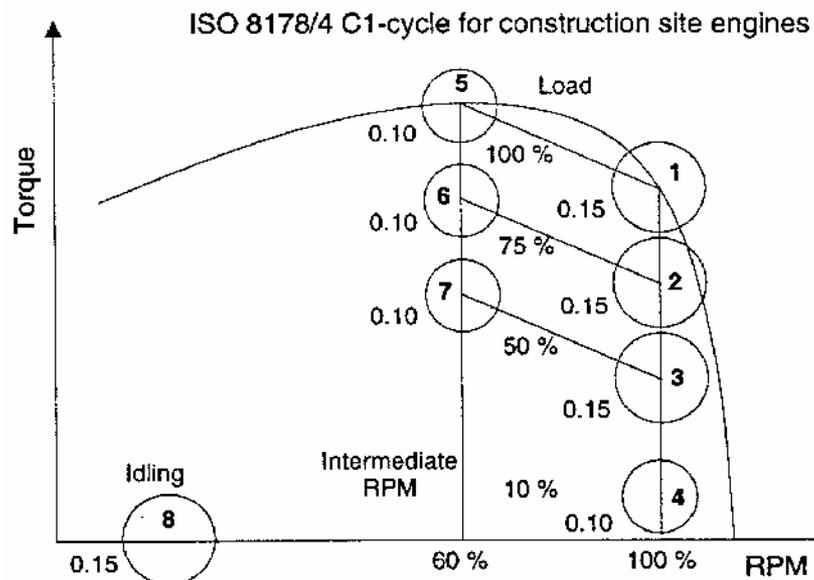


# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES





# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES



«potencia neta»: la potencia del motor en kW obtenida en un banco de pruebas en el eje del cigüeñal, o su equivalente, medida conforme al método de medición de la potencia de motores de combustión interna especificado en el Reglamento de la CEPE n.o 120.

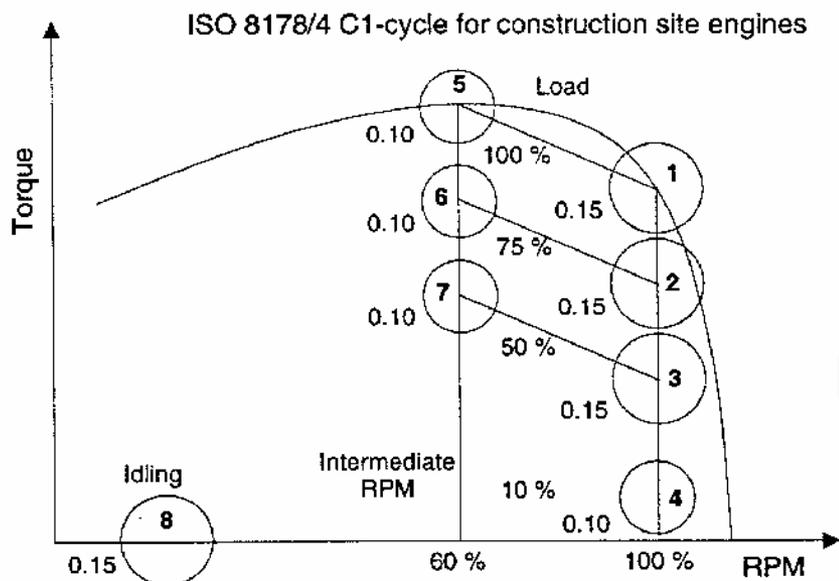
«potencia neta nominal»: la potencia neta en kW declarada por el fabricante de un motor a régimen nominal

«régimen nominal»: el régimen máximo del motor a plena carga que permita el regulador, tal como lo diseñe el fabricante, o, en caso de que no haya regulador, el régimen al que se obtenga la potencia neta máxima del motor, tal como lo especifique el fabricante

Torque, %	100	75	50	25	10	100	75	50	25	10	0
RPM	Velocidad Nominal					Velocidad Intermedia					Ralentí
Vehículos Fuera de Ruta											
Tipo C1	0.15	0.15	0.15	-	0.10	0.10	0.10	0.10	-	-	0.15
Tipo C2	-	-	-	0.06	-	0.02	0.05	0.32	0.30	0.10	0.15



# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES



➔  $FE_o$  [gr/kW-h]

$$Fe = \frac{C * V * \rho}{Pot * t}$$



# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

$$E = N * NA \cdot Pot \cdot FC \cdot (FE_0 * FAT * FD - SMP)$$

- E* : Emisiones de la flota de MMNC.
- NA* : Nivel de Actividad de la maquinaria en [hrs]
- Pot* : Potencia nominal de la maquinaria en [kW]
- FC* : Fracción promedio de la potencia nominal en la que funciona el motor de la maquinaria.
- FE<sub>0</sub>* : Factor de emisión del motor con cero horas de uso en [gr/kW-hr].
- FAT* : Factor de ajuste transiente (excepto motores > Tier4/StageIV).
- FD* : Factor de deterioro.
- SMP* : Corrección por contenido de azufre en el comb.



# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

## Atributos de la flota relevantes para la caracterización de las emisiones:

Rpot	Rango de potencia al que pertenece la maquinaria según su potencia nominal del motor en [kW].
Mtip	Por chispa (Otto) o por compresión (Diésel). También según el tipo de combustible (gasolina, GNC/GLP, Diésel).
Etip	El tipo de maquinaria (o equipo), corresponde a las tipologías estandarizadas en la metodología [NR2005]. Por ejemplo: Bulldozer, Cargador Frontal, Excavadora, etc.
Eniv	Tecnología de control de emisiones que a su vez determinan las tasas de emisión del contaminante (Factores de Emisión).
Edad	La edad de la maquinaria.



# METODOLOGÍA CÁLCULO EMISIONES

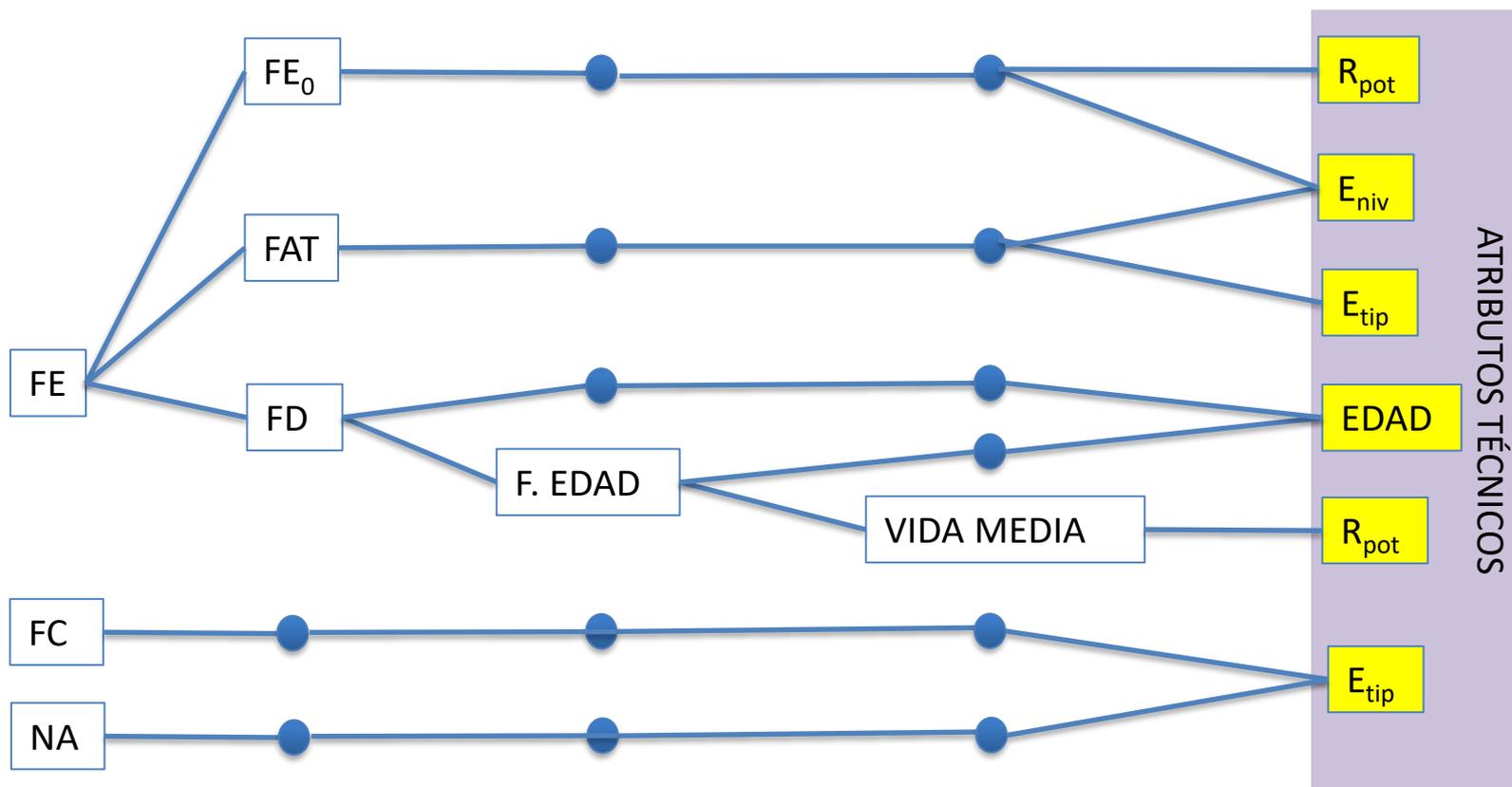


Diagrama de relaciones entre las variables de cálculo de emisiones y los atributos de la flota



# PREGUNTA

**ESTRUCTURA DE  
LAS BASES DE DATO  
DE ADUANAS**





# CONVENIO INTERNACIONAL DEL SISTEMA ARMONIZADO DE DESIGNACIÓN Y CODIFICACIÓN DE MERCANCÍAS





## CONVENIO INTERNACIONAL DEL SISTEMA ARMONIZADO DE DESIGNACIÓN Y CODIFICACIÓN DE MERCANCÍAS



- [http://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/instrument-and-tools/hs\\_nomenclature\\_previous\\_editions/hs\\_nomenclature\\_table\\_2012.aspx](http://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/instrument-and-tools/hs_nomenclature_previous_editions/hs_nomenclature_table_2012.aspx)
- <https://www.aduana.cl/arancel-aduanero-vigente/aduana/2016-12-30/090118.html>



# CONVENIO INTERNACIONAL DEL SISTEMA ARMONIZADO DE DESIGNACIÓN Y CODIFICACIÓN DE MERCANCÍAS

Capítulo	Cap_descrip	Partida	Part_descrip	Q
84	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos	8408	Motores de émbolo (pistón) de encendido por compresión (motores diésel o semi-diésel).	41
84	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos	8412	Los demás motores y máquinas motrices	3
84	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos	8426	Grúas y aparatos de elevación sobre cable aéreo; puentes rodantes, pórticos de descarga o manipulación, puentes grúa, carretillas puente y carretillas grúa.	2176
84	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos	8427	Carretillas apiladoras; las demás carretillas de manipulación con dispositivo de elevación incorporado.	29094
84	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos	8428	Las demás máquinas y aparatos de elevación, carga, descarga o manipulación (por ejemplo: ascensores, escaleras mecánicas, transportadores, teleféricos).	3871
84	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos	8429	Topadoras frontales (buldóceres), topadoras angulares («angledozers»), niveladoras, traíllas («scrapers»), palas mecánicas, excavadoras, cargadoras, palas cargadoras, compactadoras y apisonadoras (aplanadoras), autopropulsadas.	49128
84	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos	8430	Las demás máquinas y aparatos para explanar, nivelar, traillar («scraping»), excavar, compactar, apisonar (aplanar), extraer o perforar tierra o minerales; martinetes y máquinas para arrancar pilotes, estacas o similares; quitanieves.	5914
84	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos	8432	Máquinas, aparatos y artefactos agrícolas, hortícolas o silvícolas, para la preparación o el trabajo del suelo o para el cultivo; rodillos para césped o terrenos de deporte.	3037
84	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos	8433	Máquinas, aparatos y artefactos de cosechar o trillar, incluidas las prensas para paja o forraje; cortadoras de césped y guadañadoras; máquinas para limpieza o clasificación de huevos, frutos o demás productos agrícolas, excepto las de la partida 84.37.	4386
84	Reactores nucleares, calderas, máquinas, aparatos y artefactos mecánicos; partes de estas máquinas o aparatos	8479	Máquinas y aparatos mecánicos con función propia, no expresados ni comprendidos en otra parte de este Capítulo.	453



# CONVENIO INTERNACIONAL DEL SISTEMA ARMONIZADO DE DESIGNACIÓN Y CODIFICACIÓN DE MERCANCÍAS



Capítulo	Cap_descrip	Partida	Part_descrip	Q
87	Vehículos automóviles, tractores, velocípedos y demás vehículos terrestres; sus partes y accesorios	8701	Tractores (excepto las carretillas tractor de la partida 87.09).	33909
87	Vehículos automóviles, tractores, velocípedos y demás vehículos terrestres; sus partes y accesorios	8704	Vehículos automóviles para transporte de mercancías	3689
87	Vehículos automóviles, tractores, velocípedos y demás vehículos terrestres; sus partes y accesorios	8709	Carretillas automóvil sin dispositivo de elevación de los tipos utilizados en fábricas, almacenes, puertos o aeropuertos, para transporte de mercancías a corta distancia; carretillas tractor de los tipos utilizados en estaciones ferroviarias; sus partes.	177
87	Vehículos automóviles, tractores, velocípedos y demás vehículos terrestres; sus partes y accesorios	8716	Remolques y semirremolques para cualquier vehículo; los demás vehículos no automóviles; sus partes.	1

**ESTRUCTURA DE  
LAS BASES DE DATO  
DE ADUANAS**





# ESTRUCTURA BASE DE DATOS ADUANAS

[1]	"Id"	"Codigo"	"Fuera.de.rura"
[4]	"FECHA_ACEPTACION"	"ADUANA"	"NOMBRE_IMPORTADOR"
[7]	"RUT_IMPORTADOR"	"DIG_VERIF_IMPORTADOR"	"PAIS_ORIGEN"
[10]	"PA_ADQ"	"PUERTO_EMBARQUE"	"PUERTO_DESEMBARQUE"
[13]	"FECHA_RECEPCION_ALMACENAJE"	"FECHA_RETIRO_MERCANCIA"	"FECHA_DOCUMENTO_TRANSPORTE"
[16]	"REGIMEN_IMPORTACION"	"CODIGO_BANCO_COMERCIAL"	"FORMA_PAGO_COBERTURA"
[19]	"CODIGO_MONEDA"	"CODIGO_CLAUSULA_COMPRA"	"NRO_TOTAL_ITEMS"
[22]	"VALOR_FOB"	"CODIGO_FLETE"	"VALOR_FLETE"
[25]	"TOTAL_BULTOS"	"CODIGO_SEGURO"	"VALOR_SEGURO"
[28]	"TOTAL_PESO"	"VALOR_CIF"	"NRO_INFORME_IMPORTACION"
[31]	"FECHA_INFORME_IMPORTACION"	"IDENTIFICACION_BULTOS1"	"IDENTIFICACION_BULTOS2"
[34]	"IDENTIFICACION_BULTOS3"	"IDENTIFICACION_BULTOS4"	"IDENTIFICACION_BULTOS5"
[37]	"IDENTIFICACION_BULTOS6"	"TIPO_BULTO1"	"CANTIDAD_BULTO1"
[40]	"TIPO_BULTO2"	"CANTIDAD_BULTO2"	"TIPO_BULTO3"
[43]	"CANTIDAD_BULTO3"	"TIPO_BULTO4"	"CANTIDAD_BULTO4"
[46]	"TIPO_BULTO5"	"CANTIDAD_BULTO5"	"TIPO_BULTO6"
[49]	"CANTIDAD_BULTO6"	"TIPO_BULTO7"	"CANTIDAD_BULTO7"
[52]	"TIPO_BULTO8"	"CANTIDAD_BULTO8"	"NRO_ITEM"
[55]	"NOMBRE_MERCANCIA"	"ATRIBUTO1"	"ATRIBUTO2"
[58]	"ATRIBUTO3"	"ATRIBUTO4"	"ATRIBUTO5"
[61]	"ATRIBUTO6"	"CLAVE_ECONOMICA"	"SIGNO_AJUSTE"
[64]	"MONTO_AJUSTE_ITEM"	"CANTIDAD_MERCANCIAS"	"MERMAS"
[67]	"CODIGO_UNIDAD_MEDIDA"	"PRECIO_UNITARIO_FOB"	"CODIGO_ARANCEL_ALADI"
[70]	"NRO_CORRELATIVO_ARANCEL"	"NRO_ACUERDO_COMERCIAL"	"CODIGO_OBSERVACION1"
[73]	"DESCRIPCION_OBSERVACION1"	"CODIGO_OBSERVACION2"	"DESCRIPCION_OBSERVACION2"
[76]	"CODIGO_OBSERVACION3"	"DESCRIPCION_OBSERVACION3"	"CODIGO_OBSERVACION4"
[79]	"DESCRIPCION_OBSERVACION4"	"CODIGO_ARANCEL"	"VALOR_ITEM"
[82]	"PORCENTAJE_ADVALOREM"	"CODIGO_CUENTA_ADVALOREM_ITEM"	"MONTO_CUENTA_ADVALOREM_ITEM"
[85]	"PORCENTAJE_OTRO1"	"CODIGO_CUENTA_OTRO1"	"SIGNO_VALOR1"
[88]	"MONTO_IMPUESTO_OTRO1"	"PORCENTAJE_OTRO2"	"CODIGO_CUENTA_OTRO2"
[91]	"SIGNO_VALOR2"	"MONTO_IMPUESTO_OTRO2"	"PORCENTAJE_OTRO3"
[94]	"CODIGO_CUENTA_OTRO3"	"SIGNO_VALOR3"	"MONTO_IMPUESTO_OTRO3"
[97]	"PORCENTAJE_OTRO4"	"CODIGO_CUENTA_OTRO4"	"SIGNO_VALOR4"
[100]	"MONTO_IMPUESTO_OTRO4"	"VALOR_FOB_ITEM"	"VALOR_FLETE_ITEM"
[103]	"VALOR_SEGURO_ITEM"	"PRECIO_UNITARIO_CIF"	



# CONVENIO INTERNACIONAL DEL SISTEMA ARMONIZADO DE DESIGNACIÓN Y CODIFICACIÓN DE MERCANCÍAS



	FECHA_ACEPTACION	NOMBRE_IMPORTADOR	RUT_IMPORTADOR	PAIS_ORIGEN	VALOR_FOB	TOTAL_PESO
1	2013-01-02 08:55:08	RAFAEL SILVA PENA	6998529	225	7500.0	7000.0
2	2013-01-02 09:20:04	X	0	220	51050.0	4813.9
3	2013-01-02 09:47:11	DERCO MAQ. S.A.	96545450	220	78691.5	11148.0
4	2013-01-02 09:47:11	DERCO MAQ. S.A.	96545450	220	78691.5	11148.0
5	2013-01-02 09:47:11	DERCO MAQ. S.A.	96545450	220	78691.5	11148.0

	IDENTIFICACION_BULTOS1	CANTIDAD_BULTO1	NOMBRE_MERCANCIA
1	VIN:1PT01ANH4V9007151	1 SIN-CODIGO	;SEMIRREMOLQUE;TRAILMOBIL;REEFER A
2	SIMMA S/A	PARCIAL 1/2	; CARRETA DE PERFORACION DE ROCA;P
3	DERCOMAQ S.A.	3 MF290/4	; TRACTOR-D; AGCO-F; AGRICOLA MF29
4	DERCOMAQ S.A.	3 MF290/4	; TRACTOR-D; AGCO-F; AGRICOLA MF29
5	DERCOMAQ S.A.	3 MF290/4	; TRACTOR-D; AGCO-F; AGRICOLA MF29

	ATRIBUTO1	ATRIBUTO2	ATRIBUTO3
1	NO 2007;DISPOSICION DE EJES (D -8), CAPACIDAD DE CARGA 25 TON	, PESO BRUTO VEHICULAR 32.000	
2	W HIDROPNEUMATICA-F; MODELO PW H-5000; LAS DEMAS MAQUINAS PAR	A PERFORACION, DE USO INDUSTRI	
3	0/4; COLOR ROJO, NO. SERIE 290 4357687 NO. MOTOR RS60153B5060	76W ANO 2012 PBV 3716 KGS.	
4	0/4; COLOR ROJO, NO. SERIE 290 4357686 NO. MOTOR RS60153B5060	39W ANO 2012 PBV 3716 KGS.	
5	0/4; COLOR ROJO, NO. SERIE 290 4357688 NO. MOTOR RS60153B5060	79W ANO 2012 PBV 3716 KGS.	

MF: MASSEY FERGUSON

# ARMONIZACIÓN DE TIPOS DE MAQUINARIA





# ARMONIZACIÓN DE TIPOS DE MÁQUINARIA

**Tabla 1: Tipologías y definiciones maquinaria no de carretera**

Tipología	Definición	Homologación Aduana	Ilustración de referencia
Asfaltadora	Maquinaria autopropulsada usada para pavimentar.	Pavimentadora, Terminadora, Maquina asfaltadora.	
Barredora	Vehículos de barrido autopulsado.	Barredora	
Bulldozer	Es un tipo de niveladora que empuja y excava la tierra (No es posible cargar materiales sobre camiones tolva). Es utilizada principalmente en construcción y minería.	Topadora frontal, bulldozer	
Camión fuera de carretera	Grandes camiones de volteo, para su uso fuera de carretera.	Camión volquete, Camión volteador, camión tolva y Dumper con potencias superiores a 50 kW	



# ARMONIZACIÓN DE TIPOS DE MÁQUINARIA

Cargador de troncos	Equipos de uso forestal, normalmente parecen ser excavadoras o cargadores con pinzas de agarre que suelen cargar troncos enteros, para el transporte.	Cargador de troncos, arrastrador de troncos	
Cargador frontal	Carga frontal con una cuchara de montaje frontal para sacar con pala, aunque puede utilizar otros accesorios en lugar de un cubo.	Cargador, cargador frontal	
Cosechadora	Equipo para la siega destinados a cosechar y enfardar	Cosechadora, maquina cosechadora, trilladora	
Dumper	Pequeños cargadores o camiones, para espacios confinados y de carga ligera. Se utilizan normalmente para proyectos de construcción pequeños.	Dumper con potencias menores a 50 kW.	
Excavadora	Excavadoras de ruedas o de orugas, diseñadas principalmente para excavar con una cuchara o cubo.	Excavadora	
Grúa horquilla	Grúas horquillas utilizadas en almacenes, bodegas, industrias y otros fines generales. Para levantar materiales.	Montacargas, grúa horquilla pertenecientes al rubro industrial	



# ARMONIZACIÓN DE TIPOS DE MÁQUINARIA

<p>Grúa horquilla todo terreno</p>	<p>Se pueden confundir con los montacargas típicos, pero poseen ruedas más robustas para trabajo todoterreno. Utilizadas en construcción, minería, forestal y agricultura.</p>	<p>Grúas Horquillas, montacargas pertenecientes al construcción, minería, forestal y agricultura</p>	
<p>Grúa telescópica</p>	<p>Grúas autopulsadas que usan cables de elevación. No confundir con equipamientos montados en camiones u otros equipos de uso en carretera.</p>	<p>Grúa telescópica, grúas.</p>	
<p>Minicargador</p>	<p>Es un cargador frontal más pequeño que utiliza un cubo como accesorio principal. Puede utilizar otros equipamientos como un perforador.</p>	<p>Minicargador</p>	
<p>Miniexcavadora</p>	<p>Generalmente montada sobre cadenas es una máquina autopulsada diseñada principalmente para excavar con una cuchara.</p>	<p>Miniexcavadora</p>	
<p>Motoniveladora</p>	<p>Utilizadas para preparar un sitio, sobre todo un camino para la pavimentación.</p>	<p>Motoniveladora</p>	



# ARMONIZACIÓN DE TIPOS DE MÁQUINARIA

Manipulador	Maquinaria autopropulsada para la manipulación de objetos en altura.	Manipulador telescópico, manipulador	
Otros equipos agrícolas	Otros tipos diferentes de equipos especiales de cultivo y uso agrícola no especificados anteriormente (Vendimiadora, recolectores, sembradora).	Recolector agrícola, sembradora, sacudidor, máquina vendimiadora	
Otros equipos de construcción	Clasifica a los equipos no categorizado anteriormente utilizados en el rubro de la construcción.	Tiendetubo	
Otros equipos en minas subterráneas	Clasifica a los equipos no categorizado anteriormente utilizados para realizar túneles especialmente diseñado trabajar en espacios confinados (Máquina para hacer túneles)	Máquina tunelera, máquina para hacer túneles	
Perforador	Equipos de perforación autopropulsados utilizados para el movimiento de tierra.	Perforadora, perforador	



# ARMONIZACIÓN DE TIPOS DE MÁQUINARIA

## AGRÍCOLA

Cosechadora

Deshojadora

Desmalezador

Maquina Vendimiadora

Plataforma Telescópica

Recolector Agrícola

Sacudidor

Sembradora

Tractor

Trilladora

Zanjadora

## MINERÍA

Minicargador

Bulldozer

Camión Tolva

Cargador Frontal

Dumper

Excavadora

Grúa Horquilla

## FORESTAL

Arrastrador De Tronco

Cargador De Troncos

Grúa Telescópica

Rodillo

Tractor



# ARMONIZACIÓN DE TIPOS DE MÁQUINARIA

## CONSTRUCCIÓN

Asfaltadora

Bulldozer

Cargador Frontal

Dumper

Excavadora

Grúa Horquilla

Grúa Telescópica

Manipulador

Maquina Para Hacer Túneles

Minicargador

Miniexcavadora

Motoniveladora

Perforador

Plataforma Telescópica

Retroexcavadora

Rodillo

Tiendetubo

Zanjadora

## INDUSTRIA

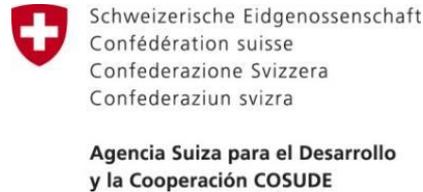
Grúa Horquilla

Cargador Frontal

Grúa Telescópica

Manipulador

Plataforma Telescópica



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

### Contacto CALAC+:

Santiago Morales – Coordinador Regional de Políticas Maquinaria Móvil No de Carretera CALAC+  
[Santiago.morales@swisscontact.org](mailto:Santiago.morales@swisscontact.org)

### Consultor CALAC+:

Aliosha Reinoso D.  
[aliosha.reinoso@geasur.cl](mailto:aliosha.reinoso@geasur.cl)



[www.programacalac.com](http://www.programacalac.com)



@CALACplus



@Calacplus